Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr A1
Utgåva 4, december 2023

Termer och begrepp rörande kemikalieåtervinning samt material och svetsning

Denna rekommendation innehåller en sammanställning av de i sulfatfabrikens fackspråk vanligaste termerna och begreppen när det gäller kemikalieåtervinning, indunstning, sodapanna, kausticering och mesombränning.

Ordlistans ändamål är främst att bistå yngre eller nyanställd personal med att snabbt inhämta den betydelsen av facktermer och begrepp, som möter dem i arbetet på fabriken och i facklitteratur och utbildningsmaterial.

Ordlistan är indelad efter processområden. Inom varje processavsnitt är termer och begrepp sorterade i bokstavsordning. Många begrepp kan vara bruksspecifika och därför förekommer olika termer/begrepp men har samma betydelse.

I kapitel 7 behandlas material och svetsning med specialinriktning på sodapannor. Större delen av innehållet i detta kapitel äger dock allmän giltighet.

Hänvisningar

Beträffande benämningar på delar i sodahusaggregat, se Sodahuskommitténs rekommendation A2.

Innehållsförteckning

1	Lutar och media i återvinningsavdelningarna	3
2	Indunstningsanläggning	9
3	Sodahus	14
4	Kausticeringsanläggning	47
5	Mesabränneri	54
6	Murverk, cement och termisk isolering	57
7	Material och svetsning	60
8	Tekniska grundbegrepp	82
9	Begrepp för instrument-, styr/automation och el	89
10	Begrepp för mekaniskutrustning	92
11	Sakregister	93

1 Lutar och media i återvinningsavdelningarna

1.1 Aggregationstillstånd

Beteckning för ett ämnes tillstånd, även benämnt fas. De tre huvudtillstånden är fast form, vätska och gas.

1.2 Alkali

I sulfatfabriken avses med alkali: natriumhydroxid (NaOH), natriumsulfid (Na_2S) och natriumkarbonat (Na_2CO_3) samt motsvarande kaliumkomponenter, (KOH) osv.

1.2.1 Alkalikoncentration

Se kapitel Analyser i samband med kausticering

1.2.2 Restalkali

Mått på halten hydroxid (OH^-, NaOH) i svartlut. Bestäms med en analysmetod som definieras enl. en SCAN-standard (SCAN-N 33:94).

1.3 Barlast

Sådana substanser i lutarna som inte är önskvärda eller inte gör någon nytta i sulfat-processen. De benämns bl.a. inerter och processfrämmande grundämnen, PFG.

1.4 Baumé grad

Baumé graden, ^{O}Bé har följande matematiska definition för vätskor tyngre än vatten:

$$\text{Specifik vikt} = \frac{145}{145 - \text{grader Baumé}}$$

Specifik vikt är kvoten mellan ett ämnes densitet och ett referensämnes densitet som i detta sammanhang är vatten och med temperaturen 16 ^{O}C.

Baumé graden, ^{O}Bé brukar användas som en indirekt metod för bestämning av en luts densitet eller dess torrhalt.

1.5 Fas

Se Aggregationstillstånd.

1.6 Fasdiagram, Tillståndsdiagram

Diagram, som visar hur aggregationstillståndet hos ett ämne eller en blandning av flera ämnen beror av tryck, temperatur och kemisk sammansättning.

1.7 Gradning

Manuell, stickprovsvis mätning av densiteten hos en lut sker genom att sänka ned och avläsa en s.k. areometer i luten. Omräkning av densiteten till lutstyrka eller torrsubstanshalt samt temperaturkorrigering kan ske med hjälp av tabeller och diagram, liksom omräkning av ^{O}Bé till kg/m^3 eller t/m^3. Gradning av (eller att spindla) luten var tidigare ett enkelt sätt att mäta dess densitet – om än inte med hög precision – och att samtidigt kontrollera rimligheten av driftinstrumentens utslag.

1.8 Humus

Organiskt material som inte brutits ner fullständigt och den bruna färgen på vattnet som kommer in till en fabrik anger andelen av humusen. Humusen kommer från växter samt andra organiska föreningar i naturen.
Humussyran, som ingår som en beståndsdel i humus har syra-basegenskaper, vilket kan orsaka problem om humus kommer in i pannvattencykeln.
Svartlutrester verkar på samma sätt som humus om det kommer in i pannvattencykeln.

1.9 Inerta kemikalier

Inom skogsindustrin en benämning på kemikalier, som inte deltar i reaktionerna i sulfatprocessen, t.ex. karbonater (CO_3^{2-}), sulfater (SO_4^{2-}) och tiosulfater ($S_2O_3^{2-}$). Jfr barlast.

1.10 Inerta gaser

En gas (eller inertgas), som inte reagerar kemiskt med sin omgivning eller inte kan kondenseras. Kvävgas och illa luktande gaser från ex indunstningen kan i stort sett räknas som inerta i sodapannan (d.v.s. om man bortser från NOx-bildningen). S.k. ädelgaser är inerta gaser, ex är helium, argon.

1.11 Inkruster, utfällningar

Utfällning på värmeytorna av ett antal mer eller mindre svårlösliga oorganiska föreningar, som förekommer i lutcykeln. I vissa fall kan även intorkning/fastbränning av organiskt material förekomma. Inkruster bildas företrädesvis på ytor med hög värmebelastning. Grönlut – i synnerhet oklarnad – och tjocklut inkrusterar dock lätt mot ytor med lägre temperatur. Detta beror på lösningarnas koncentration av oorganiskt och organiskt material och deras förmåga att hålla sig i lösning.

De vanligaste förekommande inkrusterna i lutcykeln är följande:

- *Kalciumkarbonat,* $CaCO_3$
-*Natriumkalciumkarbonat, pirssonite,* $Na_2CO_3 * CaCO_3 * 2\ H_2O$
-*Natriumaluminiumsilikater,* $NaAlSiO_4 * 1/3(Na_2X)$ där X = SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, 2 OH^-, 2 HS^- m.fl.
-*Natriumkarbonatsulfat, burkeit,* $2\ Na_2SO_4 * Na_2CO_3$.

1.12 Illaluktande och giftiga svavelväteföreningar

Förkortningar som förekommer
DMDS = dimetyldisulfid $(CH_3)_2S_2$
DMS = dimetylsulfid $(CH_3)_2S$
MM = metylmerkaptan CH_3SH
Svavelväte, H_2S
Terpentin

1.13 Kemikalieåtervinning

Att ur den använda kokvätskan, svartluten, framställa ny kokvätska, vitlut.

1.14 Kemiska beteckningar för kemikalier som omnämns i rekommendationer

<u>För vattenbehandling</u>

- Dinatriumvätefosfat, Na_2HPO_4 Går även under benämningen natriumvätefosfat.
- Natriumdivätefosfat, $NaH_2\ PO_4$
- Natriumfosfat, $Na_3\ PO_4$
- Natriumtrifosfat, $Na_5P_3O_{10}$
- Hydroxylamin, H_2NOH
- Hårdhetsbildare är kalcium, Ca och magnesium, Mg. Hårdhet mäts dH0 vilket betyder ”Tyska hårdhetsgrader och är ett mått på andelen hårdhetsbildande ämnena.

<u>I processen</u>

- Natriumkarbonat, Na_2CO_3
- Natriumsulfid, Na_2S
- Natriumsulfat Na_2SO_4
- Restsyra är en biprodukt från tillverkning av klordioxid och består till står del av svavelsyra och natriumsalter.
- Sulfaminsyra har kemiska beteckningen, H_3NSO_3 och är ett vitt pulver som upplöst i vatten används för rengöring och behandling av metallytor.

1.15 Klorider

Oorganiska klorföreningar innehållande kloridjonen Cl^-, t.ex. natriumklorid (NaCl), väteklorid (HCl) och kaliumklorid (KCl).

1.16 Lut

Frätande lösning med starkt basisk reaktion (innehåller hydroxidjoner, OH^-).

1.17 Lutar – ”svarta sidan”

Med lutar- ”svarta sidan” avses lutar efter kokeriprocessen fram till förbränning i sodapannan.

1.18 Rödlut

Avlut/returlut från neutral sulfitprocessen, NSSC. Kokprocessen är baserad på lövved. (NSSC = "Neutral Sulphite Semi-chemical)

1.18.1 Spillut

Diverse lutspill - tjocklut såväl som luthaltigt vatten - i olika fabriksavdelningar. Spilluten samlas till en särskild spillutstank och späds sedan in i tunnluten.

1.18.2 Svartlut

Övergripande benämning på avluten från sulfatfabrikens kokeri. Svartluten innehåller dels brännbar, organisk substans (som lignin och hemicellulosa) som utlösts ur veden vid massakokningen, dels oorganisk substans, dvs. återstoden av de kemikalier som tillförts kokaren med vitluten.

För att närmare ange svartlutens tillstånd med avseende på torrhalt, brukar man i återvinningsavdelningarna använda nedanstående beteckningar.

- *Tunnlut* Svartlut, som från massatvätten pumpas till indunstningsanläggningen. Torrhalten är vanligen ca 14–18 %.

- *Blandlut* Tunnlut, som blandats med tjockare lut, så att torrhalten ökats till 18–22 %. Efter uppehåll för avsåpning i blandlutcisternen pumpas luten till indunstning.

- *Mellanlut* Svartlut, som indunstats till en torrhalt av ca 25–35 %.

- *Mellantjocklut* Svartlut, som indunstats till 43–57 % torrhalt, innan den förs till ”slutförtjockaren”. Denna lut är också lämpligast för blandlutberedning.

- *Tjocklut* Slutindunstad svartlut, som från indunstningen pumpas till lagring i tjocklutcisternerna. Med vanliga indunstningsanläggningar nås torrhalter upp till ca 75

%. Med trycksatta lagringssystem nås högre torrhalter.

- *Högtjocklut och Supertjocklut är begrepp som avser lutar med en torrhalt på upp till 80 % och däröver.*

- *Brännlut* Tjocklut, som efter inblandning av returaska och i förekommande fall täckningskemikalier och såpa, sprutas in och förbränns i sodapannans ugn.

1.18.3 Svartlutsåpa, svartsåpa

Blandning i svartluten av tvålar av vedens fett- och hartssyror jämte förtvålbara ämnen, som avskilts ur svartlut. Såpan förädlas i såpspjälkningsanläggningen (hartskokeriet/talloljekokeriet), vars slutprodukt kallas råtallolja.

1.18.4 Lutar- ”vita sidan”

Följande lutar - ”vita sidan” förekommer i mixeriet och betecknar således lutstocken efter sodapannan.

- *Grönlut, rålut*
- *Natronlut*
- *Oxiderad vitlut*
- *Svaglut*
- *Vitlut*

Se kapitel Kausticeringsanläggning.

1.19 Lutstock

Sammanlagd mängd lut i en sulfatfabrik, angiven såsom substansmängd aktiv (vitlut, svartlut, grönlut etc.) eller aktiverbara (Na_2S) kokvätskekomponenter. Lutstocken kan redovisas omräknad till exempelvis motsvarande NaOH-mängd eller motsvarande volym vitlut av normalstyrka.

1.20 Lutcykel, kemikaliekretslopp

Kokkemikaliernas kretslopp i fabriken.

1.21 Polysulfider

Form av natriumsulfid med proportionsvis mer svavel än hos Na_2S, t.ex. Na_2S_2, Na_2S_3 osv. I en sodapannas bädd och smälta kan små mängder polysulfider uppträda (0 – 1 vikts-%), troligen mest som Na_2S_2.

Polysulfider bildas främst i gränser av luftöverskott/luftunderskott och kan ge upphov till ”svavelkorrosion” – reagerar med järn under bildning av järnsulfid, FeS.

1.22 Processfrämmande grundämnen, PFG

Dessa processfrämmande grundämnen: aluminium(Al), kisel (Si), kalium(K), klor(Cl), och mangan (Mn), kommer in i processen till stor del via vedråvaran, processvattnet och täckningskemikalierna. PFG, främst Al och Si, kan förorsaka driftproblem, t.ex. inkruster på indunstningsapparaternas värmeytor. Kalium och klorider orsakar sänkt stelningstemperatur hos smälta och stoft, klorider dessutom korrosion.

1.23 Salt

Oorganisk metalljonförening. I kemikaliecykeln t.ex. natriumsulfat (Na_2SO_4), natrium-sulfid (Na_2S), natriumklorid (NaCl), och natriumkarbonat (Na_2CO_3).

1.24 Samåtervinning, cross recovery

Innebär att sulfitavlut (rödlut) eller liknande avlut, matas in i en sulfatåtervinning. I moderna fabriker med hög slutnings-/återvinningsgrad krävs då också att kemikalier, t.ex. SO_2 och grönlut eller soda, återförs från sulfatåtervinningen till sulfitfabriken och dess kokkemikalieberedning.

1.25 Spindling, baumémätning

Andra benämningar på gradning dvs. manuell, stickprovsvis mätning av densiteten hos en lut. Detta sker genom att sänka ned och avläsa en s.k. areometer i luten.
Se kapitel Gradning.

1.26 Sulfiditet

Se kapitel Kausticeringsanläggning.

1.27 Svavel/alkali-förhållande

Molförhållandet mellan svavel och natrium plus kalium dvs. $S/(Na_2 + K_2)$.
Förhållandet ger en god uppfattning om vitlutens sulfiditet.

1.28 Stark – och svaggaser

Stark- och svaggaser är en kortare benämning av Starka luktgaser och Svaga luktgaser. Starka luktgaser innehåller svavelväte, organiska sulfider, terpentin och metanol och halterna av de olika ämnena kan variera beroende på vedslag och processbetingelser. Halterna av brännbara ämnen i starka luktgaser ligger över den övre explosionsgränsen.
Svaga luktgaser, består – förutom av luft och vattenånga – i huvudsak av svavelväte (H2S), metylmerkaptan (MM), dimetylsulfid (DMS) och dimetyldisulfid (DMDS).

Koncentrationen av de brännbara ämnena ligger under den undre explosionsgränsen.

1.29 Torrsubstanshalt, torrhalt, TS-halt

Den viktsandelen av en lösning, t.ex. svartlut, som utgörs av torrsubstans. Definieras som kvoten av vikterna efter och före torkning. Anges i viktsprocent.

1.30 Täckningskemikalier, tillskottskemikalier

Kemikalier, som tillsätts processen för att ersätta sulfatfabrikens alkali- och svavelförluster. Exempel på täckningskemikalier är natriumsulfat (Na_2SO_4), natronlut (NaOH), natriumkarbonat (Na_2CO_3), elementärt svavel (S) och svavelsyra(H_2SO_4). Man använder också H_2SO_4 eller Na_2SO_4 från klordioxidberedning samt restlösning innehållande H_2SO_4 från hartskokeri/talloljekokeriet.

1.31 Utstötning, utblödning (av kemikalier ur processen).

Innebär att överskott av processkemikalier och/eller processfrämmande ämnen genom lämplig processåtgärd tas ut ur systemet.

Exempel: Utblödning av elfilteraska för att minska överskott av alkali eller alltför höga halter av kalium (K^+), eller klorid (Cl^-) i lutarna. (Kalium och klorid föreligger anrikade i elfilteraska och rökgasstoft.)

2 Indunstningsanläggning

2.1 Allmänna begrepp

2.1.1 Effekt, indunstningseffekt

Beteckning för ett enskilt steg i en flerstegs- (multipeleffekts) indunstningsstation. En effekt består oftast av en enda indunstningsapparat, men kan även inbegripa flera, ångsidigt parallellkopplade, indunstningsapparater.

2.1.2 Förindunstning, förindunstningsstation

Benämning på en station, vars uppgift primärt är att uppkoncentrera tunnlut till blandlutstyrka. En kokeriförindunstnig arbetar enbart inom denna torrhaltsintervall (t.ex. 16–20 %), varför benämningen blandlut då blir oegentlig, eftersom luten ifråga ej uppnått sin torrhalt genom inblandning av tjockare lut.

2.1.3 Indunstningsanläggning

Med indunstningsanläggningen – i dagligt tal ”indunstningen” – menas den fabriksavdelning i vilken vatten och andra flyktiga ämnen genom tillförsel av värmeenergi drivs av från svartluten, varigenom dess torrsubstanshalt höjs. Ändamålet med detta är att med bästa ekonomi möjliggöra lutens förbränning i sodapannan.

Indunstningsprocessen är uppdelad i flera effekter – vanligen 6 till 8. Multipeleffekts- eller flerstegsindunstning är energiekonomisk genom att färskånga endast behöver tillföras första steget, medan övriga enskilda steg tillförs lut ånga från närmast föregående steg.

2.1.4 Indunstningsapparat

Apparat för indunstning av svartluten, vanligen ingående i en indunstningsstation.

2.1.5 Indunstningskapacitet

Den maximala mängd vatten, som per tidsenhet kan förångas från svartluten vid givna (garanterade) lut- och ångdata. Kapaciteten anges vanligen som t/h förångat vatten.

2.1.6 Indunstningsstation

Om fabriksavdelningen ”indunstningen” har flera separata arbetande indunstningar, benämns dessa hellre stationer.

2.1.7 Slutindunstning (Koncentrator för svartlut)

Den del av en station där tjocklutens slutliga torrhalt uppnås.

2.1.8 Specifik värmeförbrukning

Den mängd värmeenergi, som åtgår i en indunstningsstation för att förånga en viss mängd vatten ur svartluten. Specifik värmeförbrukning anges vanligen som kJ/kg förångat vatten.

2.1.9 Specifik ytbelastning

Den mängd vatten, som per tidsenhet förångas från svartluten i en indunstningsstation räknat per kvadratmeter värmeyta.

2.1.10 Specifik ångförbrukning

Den mängd färskånga, som åtgår i en indunstningsstation för att förånga en viss mängd vatten ur svartluten och anges i kg ånga/kg förångat vatten.

2.2 Media i indunstningen

2.2.1 Färskånga

Ren processånga, som tas från fabrikens lågtrycksnät (eller mellantrycksnät) och tillförs effekt 1 i indunstningsstationen.

2.2.2 Färskångkondensat

Kondensat, bildat vid kondensering av färskånga. Detta kondensat användas normal för beredning av matarvatten.

2.2.3 Lutånga

Ånga, som vid indunstning avgår från svartlut. Lutångan är mer eller mindre förorenad.

2.2.4 Lutångkondensat

Kondensat, bildat vid kondensering av lutånga. Lutångkondensat och lutånga innehåller bl.a. svavelföreningar och metanol och är mer eller mindre giftigt och illaluktande.

2.2.5 Okondenserbara gaser

Luft och andra okondenserbara gaser, som drivs av från lut och lutångkondensat. Gaserna innehåller bl.a. svavelföreningar. De är mycket giftiga, främst på grund av andelen svavelväte (H_2S).

2.2.6 Totalt Reducerande Svavelföreningar TRS

Samlingsbegrepp för reducerande svavelföreningar som svavelväte, metylsulfid, dimetylsulfid, metylmerkaptan mfl.

2.3 Processer i indunstningen

2.3.1 Avdunstning

Avdunstning från en vätska sker spontant vid alla temperaturer och enbart från vätskeytan i motsats till kokning, som sker vid bestämd temperatur och i vätskans inre. Det värme som åtgår för avdunstningsprocessen, tas från vätskan, vars temperatur således sjunker om ingen värmetillförsel sker utifrån.

2.3.2 Avluftning

Avlägsnande av luft och andra okondenserbara gaser från indunstningsapparaturen.

2.3.3 Flashning

Förångning av en vätska genom expansion till ett lägre tryck än det som motsvarar vätskans utgångstemperatur. Principen kan användas till förindunstning (lämpligen integrerad med massakokeriet), vid slutindunstning samt i anläggningar för värmebehandling.

2.3.4 Förångning, ångbildning

En vätskas övergång till ånga (gas) vid avdunstning eller kokning. För denna process åtgår värme, s.k. ångbildningsvärme.

2.3.5 Indunstning

Indunstning av en lösning (t.ex. svartlut) är en process där lösningens koncentration ökas genom att lösningsmedlet (t.ex. vatten) förångas, medan de icke flyktiga, upplösta ämnena blir kvar.

2.3.6 Kokpunktsförhöjning

Innebär att kokpunkten för en vätska höjs om ett ämne löses i vätskan. För svartlut gäller alltså att kokpunktsförhöjningen är skillnaden mellan kokpunkterna hos lut och rent vatten vid samma tryck.

Kokpunktsförhöjningen innebär att om svartlut kokar är den avgående lutångan överhettad, dvs. dess temperatur är högre än mättningstemperaturen för rent vatten vid rådande tryck.

2.3.7 Kompressionsindunstning

Indunstning i station, där avången komprimeras till ett tryck anpassat för den värmeavgivande sidan apparaturen, varigenom avången ersätter färskånga. Vanligen arbetar stationen då i en enda effekt.
Om ånga kyls så att den kondenserar minskar dess volym snabbt, vilket kan ge upphov till undertryck i ångrummet.

2.3.8 Kondensatrening

Allt lutångkondensat i en indunstningsstation är mer eller mindre förorenat. En stations kondensat delas upp efter föroreningsgrad där det mest orena behandlas i kondensatreningen. Föroreningarna drivs av i en strippningskolonn för att sedan förbrännas (destrueras).

2.3.9 Lutförvärmning

Höjande av svartlutens temperatur genom värmeöverföring från någon lämplig ånga i stationen.

2.3.10 Såpavskiljning

Avskiljning och tillvaratagande av svartlutsåpa ur svartlut genom att såpan bräddas av, normalt från tunnlut-, blandlut- och mellanlutcisterner.
Praktiskt sker såpavskiljningen genom att man höjer nivån i den aktuella cisternen, varpå såpan bräddas av via rännor till en såpcistern. Såpavskiljning är nödvändig för att svartluten skall kunna indunstas utan skumningsproblem och inkrustering av indunstningsstation.

2.3.11 Torrsubstansöverbäring, lutöverbäring

Överbäring i indunstningsapparaten av en del av lutens torrsubstans till lutångan, resulterande i förorening av lutångkondensatet.

2.3.12 Värmebehandling

Metod att behandla tjocklut av mycket hög torrhalt i syfte att nedbringa den med torrhalten ökade viskositeten. Värmebehandling innebär att tjockluten korttids lagras under tryck vid hög temperatur, varvid torrsubstansen förändras kemiskt och viskositeten sänks. Alternativt indunstas luten vid hög temperatur och utökad uppehållstid. Den högre temperaturen kräver mellantrycksånga som färskånga i stället för lågtrycksånga.

2.3.13 Värmeöverföring

Värmeöverföring i en indunstningsapparat sker mellan kondenserande ånga på en värmeytas ena sida och kallare lut på den andra sidan. Se även avsnitt 8 Tekniska grundbegrepp.

2.4 Apparatur i indunstningen

2.4.1 Avdrivningskolonn, strippningskolonn, stripper

Apparat för rening av lutångkondensat genom tillförsel av färskånga eller lutånga och destillation av kondensatföroreningarna.

2.4.2 Expansionskärl, flashtank

Används för lut och kondensat, vars tryck – och därmed även temperatur – skall sänkas. Spontan avångning (kokning) sker då från vätskan. Kärlet dimensioneras för effektiv separering av luten från ångan.

2.4.3 Fallfilmapparat

Indunstningsapparat, där luten tillförs i toppen och rinner ned som en film utanpå värmeytan, som kan bestå av vertikala tuber eller lamellpaket. Lut och lutånga separeras i apparatens botten eller topp, beroende på utförande.

2.4.4 För- och efterkondensorer

”Ytkondensorn” är egentligen ett samlingsbegrepp för ångsidigt seriekopplade för- och efterkondensorer. Stationens avluftningar förs till efterkondensorn, vars kondensat blir kraftigt förorenat. Detta kondensat är stationens giftigaste och mest illaluktande och förs därför till kondensatreningen.

2.4.5 Kalciumdeaktivering

Utrustning för att minska halten av kalcium i svartluten med syfte att minska risken för inkrustbildning.

2.4.6 Lockmankolonn

Indunstningsapparat, som arbetar enligt principen *flashning*. Lockmankolonnen är kompakt byggd i form av en enda, mycket hög indunstningsapparat.

2.4.7 Lutförvärmare

Värmeväxlare för höjning av svartlutens temperatur. Värmande medium är lutånga eller i första effekten färskånga.

2.4.8 Lut- och kondensatavledare

Fällor som förhindrar lutånga att avgå från en indunstningsapparat med avgående lut resp. kondensat. I sin mest utvecklade form består en avledare av ett nivåkärl med reglersystem.

2.4.9 Metanolkolonn

Stripperkolonn efter avdrivarkolonnen i vilken metanol separeras från ej kondenserbara gaser.
Metanolen innehåller vanligen en del lösta illaluktande gaser och viss mängd terpentin.

2.4.10 Stigfilmapparat, Kestnerapparat

Indunstningsapparat, bestående av en vertikal tubvärmeväxlare, där färskånga eller lutånga kondenserar på tubernas utsida, medan luten kokar och stiger, delvis som en film, inuti tuberna. Luten och lutångan skiljs åt i separatorn ovanför tubpaketet.

2.4.11 Tvångscirkulationsapparat, ”slutförtjockare”

Äldre typ av indunstningsapparat, bestående av en vertikal tubvärmeväxlare, där färskånga eller lutånga kondenserar på tubernas utsida. Luten strömmar med hög hastighet inuti tuberna med hjälp av en cirkulationspump med stor kapacitet. För att begränsa energibehovet för pumpningen, har apparaten en förhållandevis liten värmeyta. Apparaten är mindre känslig för inkrustering och användes företrädesvis för slutförtjockning av svartluten.

2.4.12 Vakuumpump

Pump för borttransport av okondenserbara gaser från ytkondensorerna.

2.4.13 Ytkondensor

Värmeväxlare, där lutångan från sista effekten kondenserar på en värmeyta bestående av vattenkylda tuber eller plåtlameller. Genom lutångans kondensation skapas det undertryck, som möjliggör det för värmeöverföringen nödvändiga, stegvisa tryckfallet från första till sista indunstningseffekten.

3 Sodahus

3.1 Allmänna begrepp

3.1.1 Avgasförlust, skorstensförlust

Fritt värme i de rökgaser som avgår från sodapannans skorsten räknat från en given referenstemperatur.

3.1.2 Beräkningstemperatur

Den temperatur, som används för hållfasthetsberäkning. AFS 2016:1 Beräkningstemperaturen är alltså den materialtemperatur som fastställs bl.a. med hänsyn till de temperaturtillägg som måste göras för de delar vilka utsätts för direkt låga eller heta förbränningsgaser.

3.1.3 Beräkningstryck

Det tryck som används för hållfasthetsberäkning. Beräkningstrycket är lika med avsett högsta tillåtna tryck. AFS 2016:1

3.1.4 Betning

Kemiskt rengöringsförfarande för ångpannor, med syfte att avlägsna oxider, glödskal, valshud, rost, silikater m.m. från pannornas vattensida. Behandlingen utföres genom att en syralösning med förhöjd temperatur cirkulerar i pannan. Syralösningen är tillsatt en inhibitor, som förhindrar angrepp på det rena stålet.

3.1.5 Bränsleeffekt

Den värmeenergi, som per tidsenhet tillförs en panna med bränslet, dvs. produkten av bränsleflöde och effektivt värmevärde plus fritt värme hos bränslet. Man räknar med värmevärdet för fuktigt bränsle utom när det gäller sodapannor, där man av hävd brukar räkna med torrsubstansens effektiva värmevärde i reducerande atmosfär. Bränsleeffekten anges vanligen i MW.

3.1.6 Cirkulation, självcirkulation, naturlig cirkulation

I pannsammanhang cirkulation av pannvatten, åstadkommen på naturligt sätt genom densitetsskillnaden mellan vattnet i fallrören och den lättare ång-vattenblandningen i eldstadstuberna (stigtuberna).
Cirkulationen kyler tuberna genom att den tillför vatten och för bort alstrad ånga, vilken i ångdomen avskiljs från vattnet.
Vid uppeldning, innan ångalstring börjat, är densitetsskillnaderna små och drivkraften för självcirkulation svag.
Cirkulationens styrka kan uttryckas på flera olika sätt, ex. vis som vattenhastighet i inloppet till en ångalstrande tub, som ånghalt i den från en ångalstrande tub avgående ång-vattenblandningen eller som ett *cirkulationstal*, vanligen definierat som kvoten av tillfört vattenflöde och avgivet ångflöde i en *cirkulationskrets*, vilken kan utgöras av enstaka tuber, en tubsats, en eldstadsvägg e.dyl.

3.1.7 Daggpunkt

Den temperatur, till vilken en gas måste kylas för att utfällning av kondensat ur dess kondenserbara beståndsdelar skall ske. Kondenseringen sker vanligen på kalla ytor, men kan under vissa betingelser också ske genom bildning av vätskedroppar fritt i gasen. I rökgaser är det vattenånga och – vid svavelhaltiga bränslen – svaveltrioxid, SO_3, som kondenserar vid *vattendaggpunkten* resp. *syra daggpunkten.* Förekomst av SO_3, som höjer daggpunkten och bildar svavelsyra, H_2SO_4, vid kondensation, ökar i hög grad risken för korrosion och kladdiga beläggningar på rökgasberörda ytor. Det är därför av stor vikt att söka hålla dessa ytor, exempelvis i ekonomiserns kallaste del, vid temperaturer över syra daggpunkten. Även det kondensat som bildas vid vattendaggpunkten i en ångpanna är vanligen surt och därmed korrosivt.

3.1.8 Domnivå

Vardagligt uttryck för pannvattnets nivå i ångdomen.

3.1.9 Dosering

I pannsammanhang vanligen kontinuerlig eller intermittent tillsats av kemikalier till matarvatten och pannvatten.

3.1.10 Drag

Inom ångpannetekniken betecknar drag skillnaden i statiskt tryck mellan någon del av pannanläggningens gassida och rådande atmosfärstryck, dvs. upphovet till strömning av luft och rökgaser. Vid naturligt drag och inducerat drag uppkommer gassidigt undertryck medan forcerat drag ger upphov till gassidigt övertryck.

Balanserat drag. Råder i den punkt i en anläggning, där det statiska trycket är lika med atmosfärstrycket. Balanserat drag sägs även råda ex. vis i en sodapanneldstad, när trycket i eldstadens översta del endast obetydligt underskrider atmosfärstrycket. Balanserat drag i en ångpanneanläggning åstadkommes genom en kombination av forcerat drag, genererat av luftfläktarna, och naturligt eller inducerat drag, alstrat genom skorstensverkan men framför allt medelst rökgasfläktarna.

Forcerat drag. Avser dragförhållandena när luft eller rökgaser medelst fläkt trycks genom en anläggning, eller del av anläggning, med ett mot strömningsförlusterna svarande, avtagande övertryck.

Inducerat drag. Avser dragförhållandena när luft eller rökgaser sugs genom en anläggning, eller del av anläggning, med ett mot strömningsförlusterna svarande, tilltagande undertryck. Draget åstadkommes av naturligt drag (skorstensverkan) och konstgjort drag (fläktar, ejektorer).

Konstgjort drag. Drag, som åstadkommes medelst fläktar eller, mer sällan, ejektorer.

Naturligt drag, självdrag, skorstensverkan. Drag, som uppkommer genom skillnaden i densitet mellan ex. vis heta rökgaser i en skorsten och den kallare ytterluften. Detta resulterar, på grund av gravitationen, i en tryckskillnad, dvs. undertryck på rökgassidan. Tryckskillnaden är störst i skorstenens nedersta del (inloppet).

3.1.11 Dragförlust

Betecknar minskningen av gassidigt statiskt tryck till följd av strömningsmotstånd av olika slag då luft eller rökgaser strömmar genom en anläggning.

3.1.12 Driftparameter

Mätbar eller beräkningsbar, variabel egenskap eller företeelse (storhet), som är karakteristisk för driften ifråga.
Exempel: Tryck, temperatur, vätskenivå, torrsubstanshalt, reduktionsgrad.

3.1.13 Drifttemperatur

Vattnets eller ångans temperatur i en panna vid normal drift. Temperaturen hos pannvatten och mättad ånga varierar med panntrycket medan överhettad ångas temperatur kan variera med ångkylarens funktion eller gassidiga beläggningar i överhettaren.

3.1.14 Drifttryck, arbetstryck, domtryck

För själva pannan det tryck, som under drift råder i ångdomens ångrum. Detta tryck kan variera med pannbelastning och trycket i ångnätet.

3.1.15 Eldstadsbelastning

Till eldstaden per tidsenhet tillförd och frigjord värmeenergi, räknat per m^3 eldstadsvolym eller m^2 projicerad eldstadsyta, t.ex. per m^2 horisontell tvärsnittsyta (*bottenbelastning*). Anges i kW/m^3 resp. MW/m^2.

Som ett mått på den specifika bottenbelastningen används även pannans

torrsubstanstillförsel eller dess ångalstring per m^2 bottenyta och tidsenhet. Anges vanligen som t TS/(m^2,24h), t TS/(m^2,h) resp. t ånga/(m^2,h).

3.1.16 Eldyta

Vatten- eller ångkyld yta, vanligast bestående av tuber, där värme överföres till vattnet respektive ångan från eldflammor och heta gaser.

Vid beräkning av eldytors storlek räknar man med gasberörd, projicerad yta om värmet huvudsakligen överföres genom strålning, såsom i eldstaden. Vid värmeöverföring genom konvektion räknas vanligen med verklig, gasberörd yta.

3.1.17 Emission

Utsläpp av ämnen – ofta underförstått föroreningar – till luft och vatten. Utsläpp via rökgaserna från sodahuset är beträffande vissa ämnen underkastade restriktioner. Detta gäller stoft, (Na_2SO_4 m.fl.) svaveldioxid (SO_2), svavelväte (H_2S) och i vissa fall kväveoxider (NO_x).

3.1.18 Explosion

Kemiskt eller fysikaliskt förlopp, som kännetecknas av plötslig, mycket snabb och ljudlig volymsutvidgning av materia, förorsakande mycket snabb tryckökning och en utgående energibärande tryckvåg.
Explosioner kan vållas av exoterma kemiska processer, kärnreaktioner eller mekaniska brott.

Exempel inom sodahusområdet:

Eldstadsexplosion, gasexplosion.
Plötslig antändning av en i eldstaden ackumulerad, oförbränd, brännbar gasmassa, bestående av en viss blandning av luft och pyrolysgaser från brännlut eller brännoljegaser. En mildare eldstadsexplosion benämns vanligen *eldstadspuff*, även kallat *deflagration*, och innebär att förbränningsfrontens hastighet är lägre än ljudhastigheten. Motsatsen kallas *detonation*.

Smälta-vattenexplosion.
Fysikalisk explosion, orsakad av extremt snabb förångning av vatten, som kommer i kontakt med het, flytande smälta. Explosionen inträffar oftast inne i smältugnens botten (p.g.a. vatteninläckage), men även utanför pannan, t.ex. i smältlösaren.

Den explosiva effekten är i vissa fall mycket stor och kan, förutom att vålla materiella skador, innebära allvarlig personfara.

3.1.19 Friblåsning, ångblåsning blåsning över tak

Utblåsning av ånga över tak genom den s.k. *startångledningen.* Sker vid tillfällen då pannan genererar ånga men huvudångventilen är stängd, ex. vis vid start. Ändamålet är huvudsakligen att kyla överhettaren.

3.1.20 Generalprov (Samlingsprov)

En samling stickprov från ett materialflöde eller en material mängd, metodiskt tagna med viss frekvens under en viss tid eller motsvarande och sammanslagna till ett generalprov, vars sammansättning förutsättes vara representativ för hela materiamängden under samma tid. Sedan blandning av stickproven skett efter bestämda regler, kan prov för analys etc. tas ur generalprovet.

3.1.21 Hets

Med hets i en sodapanna menas den intensitet med vilken förbränningen sker i eldstaden. Hetsen kan avgörs genom en temperaturbedömning eller genom att mäta eller bedöma färgtemperaturen på skenet från eldstaden.

3.1.22 Högsta temperatur

Den högsta temperatur som bedöms lämplig från säkerhetssynpunkt av ackrediterat organ vid besiktning. Högsta temperatur hos vattnet eller ångan i en panna fastställs med hänsyn till materialets varmhållfasthet och med beaktande av de olika panndelarnas värmebelastning, konstruktion, tillstånd, utrustning och säkerhetsanordningar.

3.1.23 Högsta tryck

Det högsta tryck som ett ackrediterat organ vid besiktning bedömt som lämpligt ur säkerhetssynpunkt för en trycksatt anordning. Se AFS 2017:3.

3.1.24 Implosion

Plötslig sprängning eller kollaps, varvid materia sugs inåt mot ett centrum i stället för att som vid explosion spridas utåt. En implosion orsakas av ett vakuumtillstånd.

3.1.25 Jordning

Jordning innebär att man utför en elektrisk blockering av utrustning före arbetsinsats och som exempel utförs jordning av elfilter och kringutrustning med s.k. jordstav. För att förebygga olycksfall genom elektrisk ström skall alltid en s.k. jordfelsbrytare användas vid elektriska arbeten i sodahus.

3.1.26 Jäsning

Inträffar i pannan vid trycksänkning p.g.a. häftiga ånguttag e.dyl. Volymökning hos ångan orsakar jäsningen och en (falsk) hög nivå av ånga-vattenblandningen i ångdomen och stigtuber. Risk för oren ånga p.g.a. överbäring föreligger.

3.1.27 Kapacitet

Avser belastningsförmåga eller andra prestanda; beträffande sodapannan oftast dess maximala förmåga att kontinuerligt förbränna svartlut. Anges vanligen i ton förbränd torrsubstans per dygn (tTS/24h).

3.1.28 Kavitation

Uppkomst av ång- eller gasfyllda hålrum i en vätska, t.ex. bildning av ångblåsor i vatten då trycket av någon anledning sjunker till, eller underskrider, ångtrycket vid

rådande temperatur. Om trycket sedan stiger och överskrider ångtrycket, sker snabb kondensation och ångblåsorna kollapsar, imploderar, medförande kraftiga, lokala tryckstötar. Dessa kan förorsaka erosion av närbelägna material.

Exempel: Lokalt förekommer trycksänkning i inloppet till matarpumpars löphjul, vilket kan leda till driftstörande och skadlig kavitation om inte tillrinningstrycket motsvarar pumpens erforderliga NPSH (Net Positive Suction Head) , se avsnitt 3.1.40.

3.1.29 Kemisk rengöring

Bortskaffande på kemisk väg av beläggningar på pannans vattensida. Liksom vid betning företas rengöringen med inhibiterad syralösning, som cirkulerar i pannan med förhöjd temperatur. Syra behandlingen föregås ofta av en oxidationskokning vid övertryck för att beläggningarna skall överföras i en form, som är mer lättlöslig i syra.

3.1.30 Konservering, stilleståndskonservering

Metod att förhindra en avställd panna att angripas av syrgaskorrosion, s.k. stilleståndskorrosion.

Torrkonservering. Används företrädesvis vid längre avställningsperioder. Torr varmluft cirkuleras genom pannan eller också förträngs luften i pannan med kvävgas som sedan hålls under lätt övertryck.

Våtkonservering. Används mest vid kortare stillestånd, och går ut på att med olika metoder upprätthålla ett visst övertryck i pannan för att förhindra tillträde av syre. Reduktionsmedel kan tillsättas pannvattnet för att binda i vattnet löst syre. Som reduktionsmedel användes tidigare vanligen hydrazin, vilket p.g.a. risken för att det orsakar cancer idag ersätts med andra produkter.

3.1.31 Konstruktionstryck

Äldre benämning på beräkningstryck.

3.1.32 Kulsotning, hagelsotning

Sotningsmetod, som innebär att små kulor av stål eller aluminium får hagla ner över en värmeyta bestående av horisontella tuber och beläggningar avlägsnas. Kulorna kan verka slitande på tuberna. Metoden används nästan uteslutande i kamflänsekonomisrar.

3.1.33 Lansning, spettning

Avser oftast manuell rengöring av löprännor, luftportar, sprutmunstycken, gaspassager i tubsatser o.d. från beläggningar av smälta eller stoft med hjälp av för ändamålet anpassade verktyg i form av spett eller lansar.

För kontinuerlig renhållning av luftportar används även automatiska *spettningsdon*, s.k. *spettningsrobotar*.

3.1.34 Luftfaktor

Anger förhållandet mellan tillförd verklig luftmängd och teoretisk luftmängd.

3.1.35 Luftlansning

Lokal tillförsel av extra luft (tryckluft) genom ett manuellt manövrerat lansrör ex. vis till ett område i ugnen med svartnande bädd. Metoden var vanlig tidigare när brännlutens torrhalt var låg men skall undvikas p.g.a. risk för tubskador.

3.1.36 Maximal kontinuerlig last – Maximum Continuous Rating (MCR)

Enligt SS-EN 12952-7:2012 definieras MCR som den största kontinuerliga ångalstring per tidsenhet som kan genereras vid kontinuerlig drift. Definitionen är allmängiltig för alla ångalstrande pannor.

För sodapannor används ofta för MCR definitionen

Den högsta last – garanterad eller verklig – som varaktigt kan läggas på sodahusaggregatet under en bestämd tidslängd, ex. vis 12 månader, utan att förorsaka driftavbrott eller sänkt kapacitet. Max last kan anges som torrsubstans last eller ånglast.

I tekniska garantier och kontrakt för sodapannan bör MCR definieras i klartext.

3.1.37 Märkeffekt

Äldre benämning på pannans maximala kontinuerliga effekt uttryckt i MW.
Tidigare definition: ”Den största kontinuerligt uttagna effekt som pannan är konstruerad för och som framgår av pannans tillverkningsskylt”.

3.1.38 Nominell last

Den dygnslasten, angiven i ton torrsubstans (tidigare massaproduktion, t_{90}/24h), som sodahusaggregatet mestadels ligger vid eller förutsättes ligga vid under ett produktionsår. Den nominella lasten är således högre än årsmedellasten.

Begreppet nominell last, som i nedanstående bemärkelse numera är på avskrivning, härrör från tidigare förhållanden. Pannkapacitet och tekniska garantier angavs då utifrån en viss massaproduktion per dygn med standardiserade data beträffande dels svartlutens innehåll av torrsubstans per ton massa, dels torrsubstansens värmevärde. Underförstått var att sodahusaggregatet skulle dimensioneras med en icke obetydlig överkapacitet för att avverka lastökningar på grund av svängningar i massaproduktion, avvikelser i torrsubstansdata etc.

3.1.39 Nominell diameter, DN

Nominell diameter är en beteckning DN följt av ett tal, som i stort sett är ett grovt avrundat mätetal för komponentens innerdiameter i mm (även beteckningen ”anslutning” förekommer, det betecknar ett mått på ytterdiametern). Exempel: DN 100. Den nominella diametern användes tidigare för översiktlig dimensionering och som ett mått på den dimension en rörprodukt passade till.
Idag innehåller rördimensionsstandarden SS-EN 10220 ”Sömlösa och svetsade rör av stål – Dimensioner” och rörstandarden SS-EN 10216 istället en dimensionstabell med standardiserade normalvärden för ytterdiametern. Det är tre kolumner, varav kolumn 1 är avsedd för lagervaror, kolumn 2 avser beställningsvaror och den tredje kolumnen

innehåller yttermått för specialändamål. Andra tillämpliga beteckningar är ”pipe schedules” enligt amerikanska ANSI B.16.5, men de materialen har inget generellt tryckkärlsgodkännande.
Härutöver finns det mått-toleranser för produkterna, dvs hur mycket den verkliga diametern eller tjockleken får avvika från de nominella tubdimensioner man har beställt materialet efter, se t.ex. SS-EN 10216–2, § 8.7.4

3.1.40 Nominellt tryck, PN, tryckklass

Nominellt tryck betecknas PN följt av ett talvärde, som anger tryckklassen i bar. Exempel: PN 100. PN XX är beteckningen för det invändiga tryck XX, uttryckt i bar, efter vilken massproducerade rörledningskomponenter (t.ex. svetsflänsar, rörkrökar eller ventiler) är beräknade (vid en temperatur av +20°C). Viktigt! Vid temperaturer högre än 20°C kan högsta tillåtna arbetstryck för rörledningskomponenten ej utan vidare sättas lika med det nominella trycket, eftersom materialets hållfasthet sjunker med stigande temperatur. Exempel: En ventil av kolstål, PN 100, får vid drifttemperaturen 300°C ej användas för högre tryck än 80 bar(e).
Begreppet PN XX kan användas för katalogvaror, som flänsar och ventiler, men får i stor sett anses föråldrat. Vanliga tryckklasser är PN 16 för fjärrvärmerör, PN 32 för komponenter till enklare ångpannor, PN 64 eller PN 80 m.fl. för ångpannor med högre tryck

3.1.41 NPSH (Net Positive Suction Head)

Anglosaxisk fackterm, som rör centrifugalpumpar för heta vätskor, ex. vis matarpumpar, och som kan översättas till “netto positiv tillrinningshöjd”. NPSH anger hur stort totalt tryck utöver den pumpade vätskans ångbildningstryck vid rådande temperatur, som erfordras i pumpens inlopp för att undvika kavitation.

Exempel: Matarvattentanken måste placeras tillräckligt högt ovanför matarpumparna för att netto tillrinningshöjd, dvs. tillrinningshöjd minus strömningsförluster, skall motsvara pumparnas erforderliga NPSH under alla driftförhållanden.

NPSH anges i mvp (meter vätskepelare) eller i Pa.

3.1.42 Pannsten

Beläggning på pannans vattensida, i synnerhet i värmebelastade tuber. Genom att pannstenen utgör ett isolerande skikt på tubernas insida, kan tubtemperaturen komma att höjas avsevärt, vilket är ogynnsamt ur flera synpunkter. Beläggningarna avlägsnas genom kemisk rengöring.

3.1.43 Provtryck

Det tryck, som används vid tryckkontroll av ett tryckkärl.

3.1.44 Reduktionsgrad

Mått på andelen sulfider av total mängd svavelföreningar i lut eller smälta

Red.grad = Na_2S*100/ Tot Svavel (%)
Äldre definition

Red.grad = $Na_2S*100 / (Na_2S+Na_2SO_4)$ (%)

3.1.45 Stråkbildning

Lokalt stråk av genom pannan strömmande rökgaser, som har från den övriga gasmassan avvikande sammansättning, temperatur eller hastighet.

3.1.46 Skakning

Avser manuellt avlägsnande av beläggningar på exempelvis överhettar tuber genom att dessa skakas med krokförsedda lansar. I vissa fall används särskilda spel som hjälpmedel i arbetet.

3.1.47 Skumning

Skumning i ångdomen – och därmed risk för förorenad ånga – kan inträffa p.g.a. hög alkalitet (lut) i pannvattnet.
Beträffande skumning i indunstningen, se kapitel Indunstningsanläggning.

3.1.48 Smältasplittring

Ett arrangemang vid varje löpränna som splittrar/slår sönder den smältastråle som rinner ur sodapannan / löprännan. Smältasplittring utförs normalt med en kraftig ångstråle eller med svaglut.

3.1.49 Smältsodagenombrott, smältaläckage

Läckage genom ugnsbotten av het, tunnflytande sodasmälta. Inträffar vanligen p.g.a. konstruktiva brister och dålig kylning av vissa bottendelar.

3.1.50 Sodahus

Avdelning i sulfatmassafabriken, där svartluten förbränns och större delen av dess oorganiska beståndsdelar – i form av smälta eller stoft – uppsamlas för att recirkulera i processen.

3.1.51 Sotning, sotblåsning

Avlägsnande av stoftbeläggningar i överhettare, konvektionstubsatser, askfickor, rökgaskanaler etc. genom att med stor hastighet blåsa ett *sotningsmedium,* ånga, mot de ytor som behöver rengöras.

3.1.52 Spetslast

Den högsta belastning som kortvarigt kan läggas på sodahusaggregatet utan att säkerhet, ångdata och emissionsgränser åsidosätts. Begränsande för spetslastens storlek kan, förutom hjälputrustningens kapacitet, vara domtryck, ångans renhetsgrad och vattencirkulationen i pannan.
När det gäller sodapannor begränsas spetslastens varaktighet oftast av tilltagande försmutsning av värmeytorna och därmed ökande dragförluster.

3.1.53 Stickprov

Slumpvis taget prov från ett materialflöde eller en material mängd, ett slumpvis avläst mätvärde e.dyl.

3.1.54 Stofthalt

Gäller halten av stoft i rökgaserna och anges i g eller mg stoft per m^3(n) torra rökgaser.

3.1.55 Stämpning

I ångpannesammanhang menas mestadels stämpning av säkerhetsventil, dvs. att genom anbringande av en stötta eller mothåll på ventilspindeln förhindra att ventilen lättar. Får endast utföras av behörig person (besiktningsman) i samband med kontroll.

3.1.56 Sugning, kallsugning

Metod att genom eldningsstopp och öppnande av instigningsluckor o.d. låta rökgasfläktarna suga kall luft genom panna och elfilterkammare och därigenom forcera kylningen av dessa. I pannan leder avkylningen till att beläggningar i överhettar området spricker sönder och lossnar från tuberna. Kallsugning tillsammans med manuell skakning av tuberna möjliggör att under relativt korta driftstopp avlägsna besvärande igensättningar.

3.1.57 Teoretisk luftmängd, stökiometrisk luftmängd

Den beräknade luftmängd, som erfordras för fullständig förbränning av ett bränsle.

3.1.58 Torrkokning

Sjunkande vattenstånd i pannan medför att vattencirkulationen i de olika kretsarna till slut upphör och att kylningen av de berörda tryckdelarna alltmer försämras. Fortgår detta tillräckligt länge, inträffar torrkokning, varvid tryckdelarna överhettas och skadas och en tubfläkning kan bli följden. I vissa enstaka tuber kan torrkokning tänkas förekomma om vattencirkulationen genom dem upphör p.g.a. tilltäppning av något slag.

3.1.59 Trepunktsreglering

Avser vanligen det sätt på vilket *domnivåregleringen* fungerar. Nivåregulatorns utgående styrsignal bestäms av de tre mätstorheterna ångflöde, matarvattenflöde och domnivå. Styrsignalen påverkar regulatorn för matarvattenflödet, vilken i sin tur styr matarvattenreglerventilen och – i förekommande fall – matarpumpens varvtal.

3.1.60 Tripp - panntripp

Lånord från engelskan (trip). Tripp används vanligen i betydelsen plötsligt frånslag, automatisk utlösning, nödstopp, snabbstopp, snabbavstängning. Exempel: Låg domnivå kan förorsaka panntripp, övervarvtal kan göra att en ångturbin trippar.

3.1.61 Tryckhöjd, uppfordringshöjd

Betecknar tryckuppsättningen i en pump eller en fläkt, dvs. tryckskillnaden mellan tryck- och sugstuts. Tryckhöjd anges i meter vätskepelare eller Pascal.

Exempel: För en matarpump sammansätts den erforderliga uppfordringshöjden som summan av:

- skillnad mellan trycken i ångdomen och i matarvattentanken
- höjdskillnaden mellan vattenytan i ångdomen och i matarvattentanken

- erforderligt tryck för att övervinna samtliga strömningsförluster i sug- och tryckledning
- erforderligt tryck för att ge matarvattnet den aktuella strömningshastigheten.

3.1.62 Tryck/temperaturkompensering

Teknik, som används vid flödesmätning av ånga och luft m.fl. gaser, dvs. medier vars densitet i ansenlig grad påverkas av tryck och temperatur. Vid avvikelse från dimensionerande tryck- och temperaturdata, sker automatisk justering av mätvärdet.

3.1.63 Tubexplosion, tubfläkning, tubbrott

Plötslig bristning och uppfläkning av panntub, vars hållfasthet genom överhettning, godsförtunning, materialfel etc. nedsatts i sådan grad, att tuben ej längre tål panntrycket.

3.1.64 Utblåsning

Avser utblåsning av pannvatten av olika skäl.

Chockblåsning. Utblåsning, som sker för att avlägsna slam, glödskal och korrosionsprodukter från de delar av pannan där dylika partiklar samlas, ex. vis bottenlådorna. Chockblåsningen sker genom särskilda, snabbt öppningsbara utblåsningsventiler.

Diskontinuerlig bottenblåsning. Tillfällig utblåsning av pannvatten i syfte att snabbt sänka nivån, påverka pannvattenanalysen etc. Utblåsningen sker genom särskild ledning, vanligen ansluten till någon av domarna.

Kontinuerlig utblåsning. Utblåsning av en viss mängd pannvatten för att koncentrationen av i vattnet lösta ämnen och slampartiklar ej skall överskrida rekommenderade riktvärden.

3.1.65 Snabbtömning

Hastig utblåsning av vatten ur en sodapanna genom särskilda ledningar, oftast mynnande över tak. Snabbtömning företas efter nödnedeldning vid befarat eller konstaterat vattenläckage i eldstaden om flytande smälta samtidigt finns på ugnsbotten. Ändamålet är att söka undvika eller lindra en smälta-vattenexplosion som följd av läckan.

3.1.66 Vattentvättning

Upplösning och bortförsel av svåravlägsnade beläggningar, såsom stelnad smälta och sintrat stoft, genom kraftig begjutning av sodapannans värmeytor med hett vatten, huvudsakligen med användande av de vanliga sot apparaterna. Tvättningen kan även utföras med högtrycks aggregat, s.k. tvätt robot, och med speciellt utbildad personal. Vattentvättning sker med pannan avställd.

3.1.67 Verkningsgrad

Förhållandet mellan nyttiggjord och tillförd energi, exempelvis i en sodapanna, vilket kan beräknas på något olika sätt.

I Sverige beräknas verkningsgraden för sodapannor av gammal hävd som

$\eta = Å * {}_{\Delta}i\ 100 / B * H_{eff}$

Där η är verkningsgrad (%)
Å är ångalstring
$_{\Delta}i$ är entalpistegringen
B är bränslets torrsubstansflöde
H_{eff} är det effektiva värmevärdet i reducerande atmosfär

3.1.68 Värmebelastning, värmeflödestäthet

Den värmeeffekt som per ytenhet överföres till en värmeytas kylande medium. Anges oftast i kW/m^2 eldyta.

3.1.69 Värmeförluster

Tillförd men ej nyttiggjord värmeenergi.

Som värmeförluster vid sodapannedrift räknas:

- Värme för förångning av vattnet i brännluten och upphettning av denna vattenånga till avgastemperatur.
- Fritt värme i avgaser härrörande från torrsubstans inkl. sotningsånga.
- Oförbränt i rökgas (CO, H_2S; H_2) och smälta (kol).
- Utblåst pannvatten.
- Restförluster (strålning, ledning etc.)
- Smält- och upphettningsvärme (utrinnande smälta).
- Reduktionsvärme för sulfattillsats.

De bägge sista posterna kunna rubriceras som nyttiggjort processvärme.

3.1.70 Värmeväxlare

Apparat för överföring av värme från ett strömmande medium till ett annat.

3.1.71 Värmeyta

Avser vanligen värmeupptagande enhet i pannan, såsom eldstadsväggar, överhettare, tubsats, ekonomiser m.m.

3.1.72 Årsmedellast

Kvoten av total mängd förbränd torrsubstans i sodapannan under ett år och antalet driftdygn samma år. Anges i t TS/24h (ton torrsubstans per dygn).

3.1.73 Öppningstyck

Det tryck vid vilket en säkerhetsventil är inställd att öppna.

3.1.74 Överbäring

Lutdroppar eller lutrestpartiklar som rycks med rökgaserna från eldstaden till överhettare och konvektionsytor (stundom benämnt ”*carry over*”).

Uttrycket överbäring avser även vattendroppar, som av olika anledningar, ex. vis hög last, hög domnivå, skumning etc., rycks med ångan ut från ångdomen.

3.1.75 Överhettar tuber

Ångpannetuber för värmning av den producerade ångan till högre temperatur än pannvattnets mättnadstemperatur vid det aktuella trycket.

3.1.76 Överhettning

Materialöverhettning
Ångpannetuber blir överhettade om deras kylning är otillräcklig. Överhettning betyder att beräkningstemperaturen överskrids och att en rad skadliga processer påbörjas eller påskyndas. Det kan beroende på graden av överhettning – gälla korrosion eller ökad korrosionshastighet, glödskalning, omvandling av mikrostrukturen, nedsatt hållfasthet och tubbrott.

Överhettad smälta. Smälta, vars temperatur överskrider den temperatur som behövs för att den ska vara helt flytande.
Om smältan bildar en pöl, som ligger fritt exponerad för flamstrålning, kan smältan överhettas till över 1000°C.

Överhettad ånga. Ånga, vars temperatur överskrider mättningstemperaturen vid rådande tryck. Temperaturen hos utgående ånga från sodapannor ligger oftast vid ca. 450–500°C. Ångöverhettning sker för att maximera elproduktion och för att undvika vattenutfällning i ångledningar och turbin.

3.2 Media i sodahuset

3.2.1 Aska

Oorganisk rest av förbränning. I ugnar och pannor talas ofta om bottenaska, resp. flygaska. I sodapannan utgör sodahussmältan en flytande bottenaska och rökgasstoftet en flygaska.

3.2.2 Avhärdat vatten

Renvatten, vars hårdhet nedbringats genom behandling i jonbytarfilter, s.k. avhärdningsfilter, varvid kalcium- och magnesiumjoner i vattnet bytts ut mot natriumjoner.

Avhärdat vatten kan användas som spädvatten i matarvattnet för pannor med drifttryck upp emot 4–5 MPa, men anses otillräckligt för användning vid högre panntryck.

3.2.3 Avsaltat vatten

Renvatten, vars salthalt nedbringats genom behandling i jonbytarfilter av både katjon- och anjontyp, eller avsaltats medelst membranteknik. För det senare fallet erfordras i vissa fall avhärdat vatten. Halten humusämnen kan även ha minskats genom att vattnet behandlats i humusupptagande filter.

3.2.4 Såpa (Beckolja m.m.)

Såpa är en biprodukt vid framställning av sulfatmassa och är natriumtvålar av vedens fett- och hartssyror. Såpan innehåller även neutralämnen.
Dessa syror spjälkas ur såpan med svavelsyra och då erhålles tallolja.
Talloljan destilleras i de tre huvudkomponenter fett-/hartssyror samt neutralämnen.
Neutralämnena kallas i dagligt tal beckolja alternativt talloljebeck

3.2.5 Brännbar substans

Den brännbara återstoden av ett bränsle sedan aska och fukt frândragits. I den brännbara substansens elementaranalys är kol (C), väte (H), natrium (Na), svavel (S), och syre (O) de vanligaste grundämnena, dock med varierande andelar, allt efter bränsleslag.

3.2.6 Brännlut

Tjocklut, som efter inblandning av returaska och i förekommande fall täckningskemikalier och såpa, sprutas in och förbränns i sodapannans ugn. Brännluten får ej understiga en viss lägsta torrhalt för att undvika risk för smälta-vattenexplosion.

3.2.7 Bränsle

Avser i pannsammanhang organiskt eller fossilt material med kemiskt bunden energi, som vid förbränning alstrar värme för uppvärmningsändamål.

3.2.8 Bränslefukt

Bränslets innehåll av vatten, som förångas i eldstaden och avgår med rökgaserna.

3.2.9 Bädd

På smältugnens botten bildad hög av smälta, flytande och stelnad, samt koksrester. På ytan av bädden kan också finnas torkade och pyrolyserande lut partiklar. Bäddens funktion är främst att säkerställa reduktion av alkalisulfater till alkalisulfider, förbränning av kolrester (koks) samt termisk stabilitet.

3.2.10 Eldningsolja

Flytande bränsle, används för värmealstring i pannor av olika slag. Eldningsoljan framställs vid destillation av råolja (råoljeraffinering).

I Sodapannor används vanligen tung (tjock) eldningsolja, som är trögflytande och därför måste förvärmas innan den förs till brännarna. Tunn, lättflytande eldningsolja används ibland för startoljebrännarna.

3.2.11 Filteraska, filterstoft

Flygaska, som i ett elfilter efter pannan avskiljs från rökgaserna.

3.2.12 Flygaska, stoft, rökgasstoft

Finpartikulär aska, huvudsakligen bestående av natriumsulfat, Na_2SO_4, som medföljer rökgaserna från pannan.

3.2.13 Förbränningsluft

Luft som tillförs eldstaden genom särskilda öppningar, luftportar, för att täcka syrebehovet vid förbränning av tillfört bränsle.

Luftsatsning i sodapanneeldstäder sker på ett antal nivåer:

Primärluft. Tillförs bäddzonen i smältugnen, där koksförbränning sker och reducerande gaser bildas.

Sekundärluft. Tillförs eldstaden på olika höjder ovanför bädden för förbränning av de bildade, brännbara gaserna.

Tertiär- och kvartärluft. Tillförs högt upp i eldstaden med relativt högt tryck för slutförbränning av resterande brännbara gaser.

Vertikalluft. Beteckning på luftsystem där sekundär- och kvartärluft tillförs i flera höjdnivåer vanligtvis med ett fåtal stora luftportar i varje nivå så att luftstrålarna når in och fördelas över pannans tvärsnitt.

3.2.14 Hetvatten

I tryckkärlssammanhang var gränsen mellan varm- och hetvatten tidigare i Sverige 120°C enligt äldre varm- och hetvattennormer, numera gäller 110°C enligt tryckkärlsdirdktivet PED.

Anm.:
När det gäller varm- och hetvatten varierar såväl språkbruk som temperaturgränser. Således förekommer även benämningen *ljumvatten* i en del fabriker.

3.2.15 Instrumentluft, manöverluft

Används för drift av pneumatiska instrument, servodon för ventiler o.d. Instrumentluft kommer oftast från samma kompressorcentral som arbetsluft. Instrumentluftnätet är normalt prioriterat beträffande lufttillförsel och luften är alltid torkad och renad.

3.2.16 Kemiskt renat vatten

Mekaniskt renat råvatten, som genomgått kemisk fällning, s.k. flockning, varvid halten organisk substans nedbringats. Vidare har organiskt bundet järn och ämnen, som orsakar grumlighet, avlägsnats.
Exempel på användning: Tätningsvatten för pumpar, omrörare etc., till beredning av spädvatten.

3.2.17 Koks

Kol (i bädden) av koksliknande struktur – bildat genom pyrolys av organisk lutsubstans – i sodapannans bädd. Koksen är det restkol som är kvar sedan de flyktiga beståndsdelarna har avgått.

3.2.18 Kondensat

Ånga, som vid avkylning övergått till vätskefas under avgivande av värme.
Rent kondensat som återförs till matarvattenberedningen från värmeförbrukande avdelningar i fabriken, benämnes *returkondensat* och utgör i en massafabrik större delen av matarvattenbehovet.

3.2.19 Kväveoxider, NO_x

Kvävemonoxid, NO, och kvävedioxid, NO_2. Bildas vid förbränning genom två huvudmekanismer, se NO_x-bildning.

3.2.20 Läckageluft

Luft, som p.g.a. draget sugs in i pannans olika delar genom öppningar och otäta väggar. Andelen läckageluft varierar med sodapannans utförande och status; i regel torde läckageluften utgöra minst 6 % av den totalt tillförda luftmängden. En del av läckageluften till eldstaden blir till nyttig förbränningsluft, medan övrig inläckt luft till pannanläggningen – s.k. ”falskluft” eller ”tjuvluft” – inte deltar i förbränningen, utan enbart värms från pannrums- till avgastemperatur och ökar därigenom avgasförlusterna.

Inläckage av luft efter pannan, dvs. i rökgaskanaler och elfilter är negativt ur flera synpunkter, bl.a. uppstår gärna kladdiga beläggningar, korrosion, ökat fläktarbetet.

3.2.21 Matarvatten

Vatten, som beretts av kondensat och spädvatten med erforderlig kvalitet.
Matarvattnet trycks medelst matarpump in i pannan som ersättning för ångavgång och utblåst pannvatten.

3.2.22 Mekaniskt renat vatten

Råvatten, som renats mekaniskt från fasta föroreningar (partiklar), slam etc., genom silning och filtrering.
Exempel på användning: Kylvatten, brand vatten, spolvatten, i vissa fall tätningsvatten och till beredning av spädvatten.

3.2.23 Natronlut

Aktiv komponent i kokvätskan till sulfatprocessen.
NaOH-lösning kan bl.a. användas för pH-justering av tvättvätska i sodahusskrubbern.

3.2.24 Oförbränt

Brännbara beståndsdelar av tillfört bränsle, vilka bortgår från pannan utan att ha förbränts.
Fast oförbränt. Partiklar av torrsubstans (koks) som medföljer den utrinnande smältan

och ibland även rökgaserna. I flygaskan kan under vissa förhållanden finnas *sot*, dvs. finpartikulärt kol.

Gasformigt oförbränt. Oförbrända gaser i rökgaserna; vid sodapannor oftast i form av kolmonoxid (CO) och svavelväte (H_2S).

3.2.25 Oxiderande atmosfär

Gasblandning med överskott av syre.

3.2.26 Pannvatten

Vatten som under drift cirkulerar runt i pannan och som genom avkokningen kan sägas bestå av upp koncentrerat matarvatten. Pannvattnet späds kontinuerligt på med matarvatten i ångdomen. Beträffande behovet av kontinuerlig utblåsning av pannvatten, se Utblåsning.

3.2.27 Processvatten

Varm- eller hetvatten, i regel i temperaturområdet 40–80°C, som används i fabrikens olika delprocesser.

3.2.28 Pyrolysgaser

Gasblandning (kol-, svavel- och väteföreningar) bildad genom pyrolys av lutens torrsubstans i ugnen. I benämningen pyrolysgaser inbegripes även gaser från förgasning.

Se även Pyrolys och Förgasning.

3.2.29 Reducerande atmosfär

Gasblandning med överskott av reducerande gaser (kolmonoxid, vätgas, m.fl.).

3.2.30 Renvatten

Behandlat råvatten, exempelvis sandfiltrerat eller kemiskt renat vatten.

3.2.31 Returaska, returstoft

Rökgasstoft i sodapannan som avskiljts i elfilter och stoftfickor och förts till sulfatmixern.

3.2.32 Råvatten

Benämning på *grundvatten* (i ansamlingar nere i jorden) eller *ytvatten* (t.ex. vatten i sjöar och floder).
Råvattnet tas in till fabrikens pumpstation för vidare behandling och distribution till processavdelningarna. Vattenförbrukningen i en massafabrik brukar kunna vara i storleksordningen 30–50 m^3 per ton producerad massa.

3.2.33 Rökgaser

Gasblandning, som tillsammans med smälta och stoft utgör förbränningsprodukter vid luteldning.
Vid 75 % luttorrhalt består rökgaserna till ca 76 vol.% av torra gaser såsom kvävgas, koldioxid, m.fl. Resten, ca. 24 vol.-%, är vattenånga, som till större delen härrör från

vattnet i luten, men även från fukt i förbränningsluften, från vatten, som bildas vid förbränningen och dessutom sotningsånga.

3.2.34 Skrubbervatten

Varmvatten, som produceras i sodahusskrubberns värmesteg genom att tillfört kallt vatten kyler rökgaserna och får ångan i de mättade rökgaserna att kondensera. Betydande värmemängder kan på detta sätt utvinnas ur sodahusrökgaserna, dock kan varmvattentemperaturen högst bli ca 65°C.
En del stoft uppfångas och löses i skrubbervattnet, som kan vara förorenat på olika sätt.

3.2.35 Smälta, sodasmälta, sodahussmälta

Material, huvudsakligen oorganiskt (ex. vis aska, salter) i flytande form vid hög temperatur. I sodapannan uppträder smälta som flytande bottenaska innehållande natriumkarbonat (Na_2CO_3), natriumsulfid (Na_2S) och natriumsulfat (Na_2SO_4) som vanliga huvudkomponenter.

3.2.36 Soda, smältsoda

Egentligen natriumkarbonat (Na_2CO_3). Uttrycken används dock ibland – och i synnerhet förr – i sodapannesammanhang som beteckning på sodahussmälta. Stelnad smälta, med svagt rosa färg, benämns även rödsoda.

3.2.37 Spädvatten

Råvatten som efter erforderlig mekanisk och kemisk rening samt avhärdning eller totalavsaltning tillsätts matarvattnet för att täcka kondensatförluster och utblåst pannvatten.

3.2.38 Surt stoft

Bildas ur normalt rökgasstoft (Na_2SO_4) genom reaktion med SO_3 (eller SO_2 och syre vid högre halter samt vattenånga). Kemiskt sett innehåller surt stoft natriumvätesulfat ($NaHSO_4$), eller natrium-pyrosulfat ($Na_2S_2O_7$) samt ev. motsvarande kaliumföreningar. Vid upplösning i vatten visar stoftet sur reaktion, pH < 7.

3.2.39 Torrsubstans

Kvarvarande substans i ett bränsle efter avlägsnande av all fukt.
Torrsubstansen i svartlut består dels av brännbar, organisk substans, som utlösts ur veden vid massakokningen dels oorganisk substans, dvs. alla kemikalier, som tillförts kokaren.

3.2.40 Total avsaltat vatten, dejonat

Renvatten eller avhärdat vatten vars avsaltningsprocess drivits så långt det är praktiskt möjligt. Total avsaltat vatten används som spädvatten i matarvattnet för pannor med drifttryck över 4–5 MPa.

3.2.41 Tryckluft, komprimerad luft, arbetsluft, serviceluft

Väl avfuktad luft (daggpunkt ex. vis -30°C) med arbetstrycket 6–8 bar(e) för drift av pneumatiska apparater o.d.

3.2.42 Tvättvätska, skrubbervätska

Cirkulerande vätska i sodahusskrubberns tvätt steg. Rökgaserna bringas i kontakt med tvättvätskan ex. vis genom att denna spolar över ett tjockt fyllkroppslager, som gaserna måste passera eller att vätskan sprayas mot de förbiströmmande gaserna. Därvid absorberas SO_2 i tvättvätskan. Även klorider, HCl, och en del svavelväte, H_2S, avskiljs. Genom succesiv tillförsel av en avpassad mängd natronlut, NaOH, vidmakthålls pH-värdet 7 hela tiden i tvättvätskan. Vätskans densitet regleras genom viss utblödning. Vatten tillföres för att kompensera för denna och för den fukt, som tillförs rökgaserna.

3.2.43 Varmvatten

Gränsen mellan varmvatten och hetvatten går vid 110°C enligt PED. Enligt SSG, vatten, vars temperatur är högst 50°C, eftersom högre temperatur kan ge brännskador.

3.2.44 Ånga

Mättad ånga. Ånga av mättningstemperatur vid rådande tryck.

Högtrycksånga. Ånga som levereras av pannan ut till högtrycksnätet för vidare befordran till ångturbiner eller reduceringsstation. Typiska data för högtrycksånga i svenska massafabriker har varit 60 bar(e) och 450°C men moderna anläggningar byggs med data över 100 bar, 500 °C.

Lågtrycksånga. Processånga, som utgörs av mottrycksånga från turbin eller direktreducerad ånga. Konditioneras i regel till 3–5 bar(e) och 170°C.

Mellantrycksånga. Processånga, som utgörs av avtappningsånga från turbin eller direktreducerad ånga. Konditioneras i regel till 10–12 bar(e) och 200°C.

Rusånga. Ånga, som via en säkerhetsventil eller annan tryckavlastande anordning med stor hastighet strömmar ut i det fria från en ångpanna eller annan del i fabrikens ång-system. För undvikande av besvärande oljud förses utströmningsledningen med ljud-dämpare.

Sotningsånga. Ånga som tas direkt från pannan eller från högtrycksnätet. Innan ångan levereras till ångsotningssystemet, konditioneras den till ca 20 bar(e) och 350°C.

Överhettad ånga. Se Överhettning.

3.2.45 Överskottsluft

Förbränningsluftmängd som i praktisk eldning måste tillsättas i överskott, dvs. utöver den teoretiskt erforderliga mängden, för att nå ett tillfredsställande förbränningsresultat. O_2-halten eller (CO_2 + SO_2)-halten i rökgaserna utgör ett mått på mängden överskottsluft plus falskluft.

3.3 Processer i sodahuset

3.3.1 Askinblandning, sulfatinblandning

Inblandning och delvis upplösning av returaska och – i förekommande fall – rå sulfat i tjocklut, vilket sker genom omrörning i sulfatmixern.

Askinblandning kan även göras till ett lutflöde i indunstningen.

3.3.2 Avgasning

Avlägsnande av i matarvattnet lösta gaser, främst syrgas, O_2; och koldioxid, CO_2. Sker vanligen genom termisk avgasning, ex.vis genom att vattnet strilar ner över ett antal bottnar i avgasaren. Detta sker motströms en ångström, som dras av från avgasarens topp. Det finns även andra typer av termiska avgasare.

I de fall den termiska avgasningen ej är fullgod, kan som ett komplement restavgasning ske genom kemisk avgasning, dvs. genom dosering av något lämpligt syrereduktionsmedel till matarvattnet.

3.3.3 Eld

Kemisk process (förbränning), varvid ljus och värme alstras i en flamma.

3.3.4 Eldning

Kontrollerad tillförsel av bränsle och luft för att upprätthålla en optimal förbränningsprocess med hänsyn tagen även till givna emissionsgränser.

Stabil Luteldning

”Stabil luteldning” anses enligt SS-EN 12952 råda när lutlasten och ånglasten överstiger 50% av MCR ,pannans nominella last. *Se rekommendation C1.*

Nedeldning

Gradvis avtagande luteldning samt insättande av stödbränsle för nedbränning av bädden under samtidigt pågående sotning. Processen avslutas med släckning av pannan.

Nödnedeldning, forcerad nedeldning

Tvärt avbrytande av all tillförsel av bränsle och förbränningsunderhållande luft utan föregående nedbränning av bädden. Företas vid misstänkt eller konstaterat vatteninläckage i eldstaden, vid alltför låg vattennivå i pannan eller vid andra omständigheter, som kräver omedelbart eldningsstopp.

Rotationseldning

Luteldning, som sker under kraftig rotation av gasmassan i eldstadens nedre del, vilket gör att lutpartiklar kastas ut mot periferin medförande längre uppehållstid för utbränning, jämnare och plattare bädd och bättre utnyttjande av ugnstvärsnittet.

Rotationen åstadkommes genom asymmetrisk fördelning av sekundärluften vid

varje ugnsvägg. Metoden synes i vissa fall kunna ge en del väsentliga processtekniska fördelar såsom högre reduktionsgrad, minskad överbäring och minskad SO_2-emission.

Stödeldning
Tillsatseldning medelst startbrännarna för att upprätthålla och stabilisera lutförbränningen vid låg lutlast, låg luttorrhalt, svartnande bädd etc.

Tillsatseldning
Eldning av tillsatsbränsle jämte brännlut. Detta kan ske av olika skäl: ökad ångalstring ex.vis genom oljeeldning, tillvaratagande av bi- eller restprodukters förbränningsvärme eller deras alkali- och svavelinnehåll såsom sker vid eldning av svartsåpa etc. samt destruktion av gaser och restprodukter.

Uppeldning, påeldning
Eldning av stödbränsle med gradvis stegring av bränsletillförsel, eldstadstemperatur och panntryck till dess luteldning kan påbörjas.

3.3.5 Endoterm reaktion

Se kapitel Tekniska grundbegrepp.

Exempel: Reduktion av natriumsulfat med kol eller väte till natriumsulfid och koldioxid/vattenånga.

3.3.6 Exoterm reaktion

Se kapitel Tekniska grundbegrepp.

Exempel: Förbränning av väte eller organiska bränslen med syre eller luft.

3.3.7 Förbränning

Exoterm kemisk reaktion mellan syre (luft) och ett bränsle.

Förbränning i sodapannans eldstad:

Gasförbränning. Förbränning av gaser, som bildats i sodapannans smältugn genom pyrolys och förgasning.

Koksförbränning. Förbränning, främst med hjälp av primärluften, av koks i bädden.

Ofullständig förbränning. (understökiometrisk förbränning). Förbränning med för liten lufttillförsel Vid luteldning är det i praktiken ofrånkomligt att en liten andel av torrsubstansen bortgår i fast eller gasformigt tillstånd utan att ha förbränts. Se Oförbränt.

Som ett mått på ofullständig förbränning brukar man ange *förbränningsverkningsgraden*, som anger förhållandet mellan vid eldningen frigjord värmemängd och bränslets värmeinnehåll.

Slutförbränning. Betecknar dels förbränning av koksåterstoderna i bädden och dels förbränning av resterande gasformigt oförbränt i övre eldstaden, där slutförbränningen säkerställes genom tillförsel av s.k. tertiärluft med bästa möjliga gasomblandande effekt.

3.3.8 Förgasning

Omvandling av fast eller flytande bränsle eller pyrolysprodukter till gasformiga komponenter ofta med kemisk förändring, t.ex. genom partiell förbränning (begränsad syre/lufttillsats) eller reaktion med vattenånga eller koldioxid, och kan fortgå utan yttre värmetillförsel. Industriellt används ofta ”förgasning” som beteckning för hela processen från bränsle till bränngas, inbegripet eventuella pyrolyssteg. I sodapannan sker förgasning i ordets egentliga mening efter pyrolys, dels vid bäddytan, dels vid ytan av lutpartiklar i gasfasen.

3.3.9 Grönlutbildning

Sker i smältlösaren, där nedrinnande smälta – oftast splittrad i smådroppar – löses i vatten /svag lut.

3.3.10 Kemisk fällning, flockning

Metod att rena råvatten genom tillsats av flockningsmedel, oftast aluminiumsulfat ($Al_2(SO_4)_3$) samt natronlut (NaOH) för pH-justering. Därvid koncentreras de ämnen man önskar avlägsna till de flockar som bildas och som sedan avskiljs från vattnet. Se även *Kemiskt renat vatten.*

3.3.11 Kemisk reaktion

Förlopp varvid två eller flera substanser (molekyler) omvandlas till nya ämnen, reaktionsprodukter. Kan ske under avgivande av värme (exoterm reaktion) eller upptagande av värme (endoterm). Exempel på den förstnämnda typen är oxidation (förbränning) av kol: $C + O_2 \rightarrow CO_2$; exempel på den senare är reduktion av natriumsulfat med kol: $Na_2SO_4 + 2\ C \rightarrow Na_2S + 2\ CO_2$.

3.3.12 Kokning

Allmänt, se avsnitt 8 Tekniska grundbegrepp. Kokning i ångpannetuber kan ske genom:

Filmkokning, skiktkokning. Inträffar vid höga värmebelastningar och stora temperaturskillnader mellan tub vägg och vatten. Ångblåsorna bildar då en sammanhängande ångfilm, som isolerar vattnet från tubväggen, vilket höggradigt försämrar kylningen av tuben och kan leda till tubbrott.

Punktkokning. I ex. vis en värmebelastad ångpannetub bildas vid måttliga temperaturskillnader mellan tubväggen och vattnet små ångblåsor invid väggen. Blåsorna växer till och förs bort från väggen.

Volymkokning. Om i ovanstående fall vattnets medeltemperatur når kokpunkten, övergår ytkokningen till volymkokning.

Ytkokning. Om huvuddelen av vattnet i en tub har lägre temperatur än kokpunkten vid rådande tryck, fås vid tillräckligt hög värmebelastning kokning lokalt vid tubväggen. De bildade ångblåsorna kondenseras snabbt i det kallare vattnet.

3.3.13 Luftförvärmning

Förvärmning av förbränningsluft sker för att underlätta luteldningen.

3.3.14 Lutförvärmning

Syftar till att reglera brännlutens temperatur och att hålla dess viskositet och därmed droppstorleken vid splittring konstant.

3.3.15 Lutinsprutning, lutspridning

Splittring av luten till droppar och spridning av dessa över ugnstvärsnittet. Tidigare var det i vissa panntyper vanligt att en stor del av luten sprutades på eldstadsväggarna, s.k. *målning*, för att torka där och sedan falla ner på bädden.

3.3.16 Matarvattenberedning

Behandling, rening och avgasning av kondensat och den behövliga tillsatsen av spädvatten så att tillräcklig kvantitet matarvatten med lämplig kvalitet erhålles.

3.3.17 Matarvattenförvärmning

Uppvärmning av matarvatten, som pumpas genom ekonomisern. Vanligen värms vattnet i ekonomisrar till en temperatur, som ligger några tiotal grader under pannvattnets.

3.3.18 NO_x-bildning

-*Bränsle-NO_x*. Bildas genom reaktion mellan kvävehaltiga komponenter i bränslet, och luftens syre, vilket kan ske även vid relativt måttliga temperaturer 700–1200°C. Sodapannans NO_x-bildning härrör huvudsakligen från kvävet i bränslet.

-*Termisk NO_x*. Bildas genom reaktion mellan luftens kväve och syre vid hög temperatur, > 1200°C.

3.3.19 Oljeförvärmning

Förvärmning av tjock eldningsolja sker bl.a. för att uppnå rätt viskositet och möjlighet till *förstoftning* av oljan – oegentligt kallat *atomisering* – i brännaren.

3.3.20 Oxidation

Kemisk reaktion med ett oxiderande ämne, företrädesvis syre.

3.3.21 Pyrolys

Sönderdelning av organiskt material (bränsle) genom upphettning vid intet eller begränsat lufttillträde. I sodapannans eldstad sker pyrolys dels vid bäddytan dels vid ytan av lutpartiklar i gasfasen.

Det som bildas vid pyrolys är koks (kol), kolväten (vätska/tjära och gaser) och gasfor-

miga väte- och kolföreningar, samt även svavelföreningar. Se även Förgasning samt Pyrolysgaser.

3.3.22 Reduktion

Kemisk reaktion som är omvändningen av oxidation, t.ex. reduktion av natriumsulfat med kol, $Na_2SO_4 + 2\ C \rightarrow Na_2S + 2\ CO_2$.
Kol fungerar här som ett s.k. reduktionsmedel (som vid reduktionen av Na_2SO_4 själv oxideras).

3.3.23 Rökgasrening

Rening av sodapannans rökgaser från stoft, huvudsakligen natriumsulfat (Na_2SO_4) samt svaveldioxid (SO_2) och klorider (HCl m.fl).

Se Elektrofilter och Rökgasskrubber.

3.3.24 Stoftbildning

Rökgasstoftet i en sodapanna bildas i huvudsak genom en kombination av gasfasreaktioner och sublimering av alkalisalter. Det består normalt av natriumsulfat, med måttliga halter av natriumkarbonat, kaliumsulfat, kaliumkarbonat, natriumklorid, kaliumklorid och spårhalter av andra ämnen.

3.3.25 Sublimering

Direkt förångning av ett fast ämne till gasform, eller vice versa. Se även Stoftbildning.

3.3.26 Ång- och vattenseparation

Separation av ånga och vatten i den ång- och vattenblandning, som från olika stigtuber förs till ångdomen.
För effektiv vattenavskiljning sker separationen oftast i två steg i ångdomen. Första steget består vanligen av ett antal cyklonseparatorer, där huvuddelen av vattnet avskiljs. I det andra steget avskiljs vattendroppar ur ångan genom att den passerar någon form av skrubber eller demisternät före utloppen från ångdomen.

3.3.27 Ångtemperaturreglering

Reglering av utgående ångas temperatur genom kylning av ångan mellan överhettar-stegen.

3.4 Utrustning i sodahuset

Sodahusets utrustning beskrivs ingående i SHK rekommendation A2. ”Benämning på delar i sodahusaggregat”. Här följer ett urval av begrepp och benämningar men för mer detaljerad redovisning se A2.

3.4.1 Askficka

Plåtficka med brant lutande väggar för uppsamling av avskiljt stoft under tubsatser.

3.4.2 Asktransportör

Transportör av kedjetyp, populärt kallad ”redler”, för aska från elfilter och askfickor till sulfatmixer. I elfilterbottnar används *skraptransportörer.*

3.4.3 Ekonomiser, matarvattenförvärmare

Värmeyta för optimal värmeupptagning ur rökgaserna, vars temperatur sänkes till en nivå, som inte vore möjlig i själva pannan dvs. lägre än pannvattnets mättnadstemperatur.
Kamflänsekonomiser. Utföres av gjutna kamflänsrör, vanligen ståltubsinfodrade, för att tåla tryck över 50 bar(e). Rören arrangeras horisontellt i en till tre kulsotade, parallellt kopplade *ekonomiserstaplar,* där rökgaserna går i tvärström.

Stålrörsekonomiser. Utföres av släta ståltuber, i de flesta fall vertikalt arrangerade i en till tre ångsotade, seriekopplade *tubbankar* med längsströmmande rökgaser. Undantagsvis förekommer i sodapanneekonomisrar även horisontellt arrangerade ståltuber.

3.4.4 Eldstad, ugn

Det delvis slutna, avgränsade utrymmet i pannan där (lut)förbränningen sker och en stor del av den vid förbränningen frigjorda värmeenergin tas upp av de vattenkylda väggarna.

Sodapannans eldstad kan indelas i:

Nedre eldstad, smältugn. Brukar räknas som utrymmet mellan ugnsbotten och lutspridaröppningarna.
Övre eldstad. Eldstadsutrymmet mellan lutspridaröppningarna och överhettarnas nedre böjar eller näsppetsen. I övre eldstaden skall alla brännbara gaser slutförbrännas.
Överhettar utrymme. Den allra översta, ur förbränningssynpunkt inaktiva delen av eldstaden, där överhettarna är placerade.

3.4.5 Elektrofilter, elfilter

Anläggning för elektrostatisk avskiljning av stoft ur rökgaser. Filtret består av en eller flera kammare med emissionselektroder, dit gaserna leds. Till elektroderna är högspänd likström kopplad. Rökgaserna joniseras genom koronaurladdning. Stoftpartiklarna laddas och förs mot utfällningsytor, där de fastnar. Stoftet skakas sedan loss, faller ned och transporteras till sulfatmixern.

3.4.6 Fallrör

Leder pannvatten från vattendom (vid endomspannor från ångdom) ner till de olika cirkulationskretsarnas fördelningslådor.

3.4.7 Friloppsbackventil

Backventil placerad direkt vid matarpumpens tryckstuts. I händelse av att matarvattenflödet till pannan underskrider en viss minimigräns eller att matarledningen är helt avstängd, tillförsäkrar friloppsbackventilen matarpumpen det ur kylsynpunkt nödvändiga minimivattenflödet, vilket avleds till matarvattentanken.

3.4.8 Fördelningslåda

Nedre låda, till vilken en cirkulationskrets tuber är anslutna och varifrån de matas med vatten. Betecknar även den låda, från vilken ånga fördelas till en överhettares tubslingor.

3.4.9 Förregling

Säkerhetssystem av elektrisk, elektronisk eller mekanisk art, som genom villkorliga låsningar förhindrar att någonting olämpligt eller farligt sker vid handhavandet av maskiner, processanläggningar etc.

Exempel: Ett flertal startvillkor (rätt domnivå, vädrad eldstad m.fl.) skall vara uppfyllda innan oljeeldning kan påbörjas.

3.4.10 Gammastrålkälla

Kan användas bl.a. för mätning av vätskenivåer i behållare; i sodahus och indunstning även för kontinuerlig, indirekt mätning av svartlutens torrsubstanshalt. Egentligen är det svartlutens densitet som mäts. Genom att densiteten står i ett visst samband med torrsubstanshalten kan denna bestämmas, åtminstone så länge sambandet mellan densitet och torrsubstans ej förändras.

3.4.11 Gittertuber

Tuber från bakvägg och nässkärm, vilka bildar en mindre tubsats – *tubgitter* – vid gaspassagen in mot konvektionstubsatsen efter överhettaren.

3.4.12 Kalium/alkali förhållande

Kvoten K/(Na+K) mol/mol i en lut i sulfatprocessen, t.ex. i vitlut. (Kalium- och natriumhalterna kan bestämmas med någon standardmetod t.ex. med atomspektroskopi). Kaliuminnehållet påverkar i sodapannan smältans och askans egenskaper.

3.4.13 Kamrör, kamflänsrör

Rör, vilkas värmeyta förstorats genom att de försetts med kammar, kylflänsar. I sodahusanläggningar används de främst i luftförvärmare.

3.4.14 Katastrofskydd

Anordning, som känner av domnivån och som förhindrar torrkokning genom att avbryta energitillförseln till pannan om domnivån under viss tid underskrider lägsta tillåtna vattenstånd.

3.4.15 Kompound tub

Se Material och svetsning.

3.4.16 Konvektionstubsats

Relativt tätt ställda tubskärmar, som bildar en stor värmeyta, dit värmet genom konvektion överföres från rökgaserna, innan dessa lämnar pannan. Tubsatsen kan, vad rökgasföringen och om länkning av gasernas strömningsriktning beträffar, vara

arrangerad på olika sätt. Förutom tvärströmning förekommer längs strömning i ett eller två ”drag”.

3.4.17 Larm

Se även rekommendation B 14

Farolarm är ett övergripande begrepp för larm som refererar till en omedelbar och allvarlig personfara som råder på arbetsplatsen.

Förekommande *farolarm*:

Sodahuslarm:

Farolarm, som refererar till risk för smälta-vattenexplosion eller annan allvarlig personfara i sodahus. Akustiskt och optiskt utrymningslarm, som ges vid överhängande personfara, såsom vid explosionsrisk, gasutveckling och brand.

Brandlarm:

Farolarm som indikerar att det förekommer brandtillbud på arbetsplatsen. *Brandlarm* kan vara automatlarm från branddetektor eller manuellt utlöst.

Gaslarm:

Farolarm som indikerar gasutsläpp på arbetsplatsen som medför risk för förgiftning eller gasexplosion. *Gaslarm* kan vara automatlarm från gasdetektor eller manuellt utlöst. Gaslarm kan innefatta även förekomst av väsentligt ångläckage i sodahuset.

Exempel på övriga farolarm:

- Larm från *nöddusch och ögon dusch*, eller därmed liknande larm.
- *Tillträdeslarm* som indikerar att person uppehåller sig i ett larmat och avlyst område (exempel: utrymmet under pannbotten).

Processlarm

Automatiska larm från processen, vilka avges vid avvikande drift värden i syfte att uppmärksamma operatörerna om behov av åtgärd.

Säkerhetsrelaterade larm

Säkerhetsrelaterade larm är processlarm som identifierats som särskilt kritiska för säkerheten och som innebär ”en indikation om en avvikelse från avsedda driftbetingelser som kan påverka säkerheten negativt”

Larm från nöddusch och liknande larm kan vid vissa fabriker presenteras som säkerhetsrelaterade larm

Vilka larm som bör presenteras som säkerhetsrelaterade framgår under ”Larmpresentation”, avsnitt 3.2.1 och 3.2.2 i rekommendation B 14

Systemlarm

Larm som refererar till avvikelse hos processövervakningssystemet och om den ej åtgärdas kan leda till driftsproblem eller skada på anläggningen.

3.4.18 Lastbrännare

Brännare för eldningsolja (eller gas), placerade i övre eldstaden. De används för ångalstring utöver vad luteldningen ger. Lastbrännare i sodapannor är mindre vanliga i Sverige.

3.4.19 Luftfläkt, förbränningsluftfläkt

Fläkt för befordran av förbränningsluft till pannan. Allt efter det luftregister fläkten betjänar, benämns den *primärluftfläkt, sekundärluftfläkt, tertiärluftfläkt* etc. Det förekommer dock att en fläkt betjänar två luftregister,

Förbränningsluftfläktar kan vara av såväl radial- som axialtyp.

3.4.20 Luftförvärmare, luftbatteri

Värmeväxlare i vilken förbränningsluft förvärmes, vanligen till ca 150°C. Det värmande mediet kan vara matarvatten, pannvatten, mottrycks- eller lågtrycksånga. Värmeytan består av horisontella kamflänsrör, där kammarna består av ett smalt plåtband, som spirallindats på tryckkärlsrör med tämligen liten diameter.

3.4.21 Luftport

Öppning i eldstadsvägg för tillförsel av förbränningsluft på olika nivåer, se även Förbränningsluft. Varje öppning är i regel försedd med spjäll för reglering av portarean.

3.4.22 Luftregister

Plåttrumma, ofta sektionerad, placerad över en rad luftportar för distribution av förbränningsluft till ugnen. I registret finns spakar för inställning av portspjäll. Vidare finns där siktglas och rensöppningar för luftportarna samt, i förekommande fall, automatiska rensdon för luftportarna.

3.4.23 Lutförvärmare

Värmeväxlare, med ånga som värmande medium, för höjning av brännlutens temperatur, se Lutförvärmning.
Vid direktlutförvärmare, som dock numera ej är så vanliga, injiceras ånga direkt in i luten, vilket förutom temperaturhöjning även innebär en viss minskning av torrhalten.

3.4.24 Lutspruta

Röranordning med munstycke för splittring och spridning av brännlut i ugnen. Sprutan kan vara rörlig eller stillastående.

3.4.25 Löp

Kombinationen löphål – löpränna.

3.4.26 Löphål

Öppning i ugnsvägg nära botten för avrinning av smälta från ugnen.

3.4.27 Löpränna, smältränna

Till löphål ansluten ränna, i vilken smältan leds ner i smältlösaren. Rännan är vanligen gjord i stålplåt och dubbelmantlad samt vattenkyld.

3.4.28 Manhål

Oval instigningsöppning, placerad i vardera gaveln på ång- och vattendom. Ovaliteten är bl.a. betingad av att luckan måste införas genom manhålet, eftersom dess tätning är på domens insida. Luckan är alltså självtätande pga. panntrycket.

3.4.29 Matarpump

Flerstegs centrifugalpump, som trycker in matarvattnet i pannan.

3.4.30 Matarvattentank

Tank med viss uppehållstid för tillfört kondensat och spädvatten. Lågtrycksånga tillförs genom s.k. *tystkokarrörr* i tankens botten i och för avgasning och temperaturreglering av matarvattnet. På tanken finns en specialinredd *avgasare* för inkommande vatten. Se Avgasning.

3.4.31 Matarventil

Backventil närmast pannan i matarledningen. Matarventilen kan vara av avstängbar typ, men vanligen är en separat avstängningsventil placerad innanför backventilen.

3.4.32 Membranvägg

Beteckning på eldstadsvägg där plattstänger – vanligen ca 13 mm breda – är gastätt insvetsade mellan tuberna så att hela väggen utgör en sammanhängande skiva (membran).

3.4.33 Nässkärm, näsa

Utskjutande skärm eller ”näsa”, som i övergången mellan övre eldstad och överhettar utrymme stryper ner ugnsarean till ungefär hälften. Denna skärm bildas av den – i rökgasriktningen sett – bakre eldstadsväggen och tjänar till att skyla det mesta av överhettarna från strålningsvärme nerifrån eldstaden samt att distribuera rökgaserna till överhettarna på bästa sätt.

3.4.34 Pannmanometer

Mätare för ångtrycket i ångdomen.

3.4.35 Pådragsventil, huvudångventil

Avstängningsventil i utgående ångledning från pannan. Ventilen skall vara placerad så nära pannan som möjligt.

3.4.36 Refraktometer

Driftinstrument, som används i sodahus och indunstning för kontinuerlig, indirekt bestämning av torrsubstanshalten i svartlut. Refraktometern mäter ljusets brytningsindex i svartluten, vilket svarar mot dess torrsubstanshalt (egentligen endast under förutsättning att torrsubstansens sammansättning är konstant).

3.4.37 Rökgasfläkt

Fläkt för befordran av sodahusrökgaser; oftast av typ lågvarvig radialfläkt med självrensande skovlar och därigenom relativt okänslig för obalans på grund av kladdande stoft.

3.4.38 Rökgaskylare

Värmeväxlare för rökgaser efter elfilter för att tillvarata värme i rökgaserna.

3.4.39 Rökgasskrubber/Sodahusskrubber

Cylindriskt torn, genom vilket rökgaserna passerar och renas i ett *tvättsteg*. I många fall är skrubbern även utrustad med ett *värmesteg*, där varmvatten kan produceras. Beträffande funktion, se Tvättvätska och Skrubbervatten.

3.4.40 Rör, Tub

Beträffande definitioner, se avsnitt 7. Material och svetsning.

3.4.41 Samlingslåda

Övre låda, till vilken en cirkulationskrets tuber är anslutna, och som tar emot ånga-vatten-blandningen från tuberna. Betecknar även den låda där en överhettares tuber mynnar.

3.4.42 Screentubsats

Tubskärmar, i regel vattenkylda, som placeras före överhettarna, sett i gasriktningen. Ändamålet är att förutom rökgaser kyla ner stoftpartiklar under den temperatur, där de tenderar att klibba fast på efterföljande tubsektioner med tät delning.

3.4.43 Skyddstak

Anordningar och arrangemang uppe i övre eldstaden för att vid avställd panna bygga in ett tak i eldstaden. Taken, vanligen bestående av på kraftiga bärbalkar lagda aluminiumprofiler, skyddar personal, som vid underhållsarbeten o.d. befinner sig inne i ugnen, mot nedfallande kemikalieklumpar.

3.4.44 Slussapparat, cellmatare

Apparat för utmatning av stoft från askfickor och elfilter, dvs. utrymmen där undertryck råder. Apparaten är så konstruerad att utmatning av stoft kan ske utan att luft i nämnvärd mängd läcker in i askfickan eller elfiltret.

3.4.45 Smältlösare

Cistern, i vilken sodasmälta upplöses till grönlut.

Kallas i dagligt tal även *sodalösare, lösare* eller *lösartank.*

3.4.46 Smältugn

Ugn för slutförbränning av organiska beståndsdelar i avlutstorrsubstans och för smältning av uppkommen aska till sodasmälta.

3.4.47 Sodahusaggregat

Sodapanna med hjälputrustning. Till hjälputrustningen hör bl.a. ekonomiser, elektrofilter och skrubber.

3.4.48 Sodapanna, sodahuspanna

Ångpanna kombinerad med sodasmältugn för tillvaratagande av svartlutens förbränningsvärme och större delen av dess oorganiska beståndsdelar.

Sodapannor är av typen *vattenrörpannor,* dvs. pannor med litet vattenrum, där rökgaserna utvändigt bestryker tuberna, som genomströmmas av vatten.

3.4.49 Sodapannestyrning

Datoriserat styrsystem, som kontinuerligt känner av och vid behov ställer om viktiga driftparametrar för att hela tiden ge ett optimalt processresultat. Ändamålet med sodapannestyrningen är således att under vidmakthållande av hög kapacitet och tillgänglighet åstadkomma: minsta möjliga överbäring, godartat stoft (ur sotningssynpunkt), hög reduktionsgrad i smältan, hög termisk verkningsgrad, emissioner inom givna gränsvärden samt stabila förbränningsförhållanden. Styrning av sotningssystemets effektivitet kan ingå i sodapannestyrningen.

3.4.50 Sot apparat

Apparat, med upp till ca 7 m långt, utdragbart, roterande lansrör, i spetsen försett med två diametralt motstående munstycken, oftast av "de Laval" typ. Sotningsmediet, vanligen ånga, blåses ur munstyckena med överkritisk hastighet.

Apparaterna ingår i ett mer eller mindre automatiserat och styrt sotningssystem. Se Sotning och Sotningsånga.

3.4.51 Startbrännare

Brännare för eldningsolja (eller gas) med begränsad kapacitet, i regel placerade i sekundärluftnivå men ibland ännu lägre i ugnen. Förutom vid uppstart används de vid nedeldning för att bränna ner bädden. Tillfälligt kan de även användas för kompletterande värmetillförsel under luteldning, ex. vis vid låg last eller svartnande bädd.

3.4.52 Startventil, startångventil

Ventil för avblåsning av ånga ”över tak” innan pannan kopplats till ångnätet, se Friblåsning.

3.4.53 Stig tub

Värmebelastad ångpannetub, i vilken blandningen av vatten och ånga stiger uppåt mot ångdomen. Ång-vattenblandningen i stigtuberna är lättare än vattnet i falltuberna, vilket driver pannans självcirkulation.

3.4.54 Sulfatmixer

Behållare, i vilken täckningskemikalier samt stoft, som avskiljs i elektrofilter, upplöses i tjocklut.
Alternativ benämning är *sulfatblandartank, mixtank.*

3.4.55 Säkerhetsventil

Ventil som vid ett visst inställt ångtryck öppnar och blåser av ånga. Säkerhetsventilernas sammanlagda kapacitet skall vara tillräcklig för att undvika att högsta tillåtna tryck överskrids.

3.4.56 Tallriksventil

Motormanövrerad rökgasventil av kraftig konstruktion, vars huvudelement är en cirkulär, kupad stålplåt med tätningskant i periferin. Tidigare ofta benämnd *klockspjäll*.

3.4.57 Utrymningsväg

Den säkraste vägen ut från sodahuset då fara hotar. Utrymmesväg ska vara tydligt uppmärkt och fri från hinder. Se rekommendation B 2.

3.4.58 Vattendom

Cylindriskt kärl, till vilket – i förekommande fall – samtliga tuber i konvektionstubsatsen är infästa i sin nedre ände (i sådana fall är tuberna i sin övre ände infästade i ångdomen). Fallrören till screentubsats och eldstadens cirkulationskretsar utgår från vattendomen, då sådan finnes.
Numera byggs övervägande *endomspannor* vilka saknar vattendom och som har ett annorlunda arrangemang av konvektionstubsatsen.

3.4.59 Vattenståndsvisare

På ångdomen placerat, direktvisande *nivåglas* eller indirekt *nivåindikator,* neddragen till manöverplan eller manöverrum.

3.4.60 Vattenståndsmätare

Vattennivåmätare för styrning av domnivån i pannan.
Se rekommendation B 6

3.4.61 Våtutmatare

System för utmatning av ex. vis stoft från askfickor eller från elfilterbottnar, som då kontinuerligt genomströmmas av svartlut, i vilken utfallande stoft blandas och förs till sulfatmixern.

Utstötning av alkali ur kemikaliekretsloppet kan ske medelst våtutmatning genom att lösa elfilteraska i vatten, som sedan får gå till avlopp.
Se Utstötning, utblödning (av kemikalier ur processen).

3.4.62 Ångdom

Cylindriskt kärl, placerat i pannans topp för separation av ånga och vatten, som kommer från samtliga cirkulationskretsar, samt slutavskiljning av vatten från ångan innan den avgår. Domen tjänstgör också som nivåkärl för pannvattnet, som mottagningskärl för matarvatten och som fördelare av vatten till cirkulationskretsarna.

3.4.63 Ångkylare

Anordning för temperaturreglering av överhettad ånga genom kylning av densamma.

I*nsprutningskylaren* är en direkt kylare, som genom en särskild dysa sprutar total avsaltat vatten eller kondensat in i ångan.

Ytångkylaren är en indirekt kylare av typ tubvärmeväxlare med pannvatten som kylande medium. Kan vara placerad i någon av domarna eller utanför pannan i ett särskilt kärl. Ytångkylaren ersätts numera ofta av direkt kylare.

Ångkylare system Dolezal utmärks av att insprutningskondensat produceras i en kondensor, dit mättad vattenånga från ångdomen leds för att kondensera på kyltuber, som genomströmmas av matarvatten. Kondensorn kan vara placerad inne i eller utanför ångdomen. Ersätts numera ofta av insprutningskylare.

3.4.64 Ångmätare

Flödesmätare i utgående ångledning.

3.4.65 Ångpanna

Tryckkärl i vilket genom värme, som frigjorts ur bränsle (ej kärnbränsle) eller elenergi bildas vattenånga som är avsedd för användning utanför kärlet.

3.4.66 Ångpannetub

Se Material och svetsning

3.4.67 Överhettare

Utföres i sodapannor med hängande tubslingor, i vilka ångan strömmar med en hastighet av 15–20 m/s vid nominell last.
Överhettaren är vanligen indelad i minst två steg, i stort sett en konvektionsdel och en strålningsdel, med mellanliggande ångtemperering (ångkylning). Syftet med överhettaren är att förånga eventuellt medryckt fukt och att således leverera torr ånga, samt att höja ångtemperaturen och därmed även höja den termodynamiska verkningsgraden i ångturbinen.

4 Kausticeringsanläggning

4.1 Allmänt

4.1.1 Kausticeringsanläggning

Anläggning i sulfatmassafabrik där grönlutens natriumkarbonat, Na_2CO_3, omvandlas till natriumhydroxid, NaOH, som till skillnad mot Na_2CO_3 är verksam vid massakokningen.
Kausticeringsanläggningen kallas ibland mixeri. Denna benämning lever kvar från den tid då en kausticeringsanläggning huvudsakligen bestod av rörverksförsedda behållare (mixar), där bränd kalk inblandades i grönluten.

4.1.2 Mixeri

Se Kausticeringsanläggning.

4.2 Media i kausticeringen

4.2.1 Bränd kalk

Kalciumoxid, CaO, är slutprodukten från mesaombränningen i mesaugnen.

4.2.2 Grönlut, rålut

Vatten-/svaglutlösning av smälta från sodapannan. Smältan består huvudsakligen av natriumkarbonat, Na_2CO_3, och natriumsulfid, Na_2S.

4.2.3 Grönlutslam

Slam, som avskilts vid grönlutsklarning eller grönlutsfiltrering. Slammet består av processfrämmande ämnen, mesa och oförbrända kolrester från sodapannan.

4.2.4 Kalciumhydroxid, $Ca(OH)_2$

Släckt kalk reagerar med natriumkarbonat, Na_2CO_3, i grönlut till natriumhydroxid, NaOH, och kalciumkarbonat, $CaCO_3$, som här kallas mesa.

4.2.5 Kalciumoxid, CaO

Bränd kalk reagerar med vatten i grönluten och bildar kalciumhydroxid, $Ca(OH)_2$, under kraftig värmeutveckling.

4.2.6 Kalkmjölk

Blandningen av släckt kalk och grönlut/vitlut i släckare och kausticeringskärl före avskiljning av mesa i vitlutsreningen.

4.2.7 Mesa

Slam, bestående huvudsakligen av kalciumkarbonat, $CaCO_3$, bildat vid kausticering av grönlut.

4.2.8 Natriumhydroxid, natronlut

Kaustik soda, NaOH.

4.2.9 Natriumkarbonat

Soda, Na_2CO_3. Ingår i sodahussmälta.

4.2.10 Natriumsulfid

Na_2S, en av de verksamma komponenterna i sodahussmälta.

4.2.11 Oxiderad vitlut

Vitlut, vars sulfidinnehåll oxiderats med luftsyre till tiosulfat, $Na_2S_2O_3$. Den oxiderade vitluten används i stället för natriumhydroxid, NaOH, vid syrgasblekning och i vissa fabriker även i rökgasskrubbrar för att tvätta ut svaveldioxid, SO_2, se Vitlutsoxidation

4.2.12 Släckt kalk

Kalciumhydroxid, $Ca(OH)_2$.

4.2.13 Spillut

Diverse spill från vita sidan, förs från golvkanaler i återvinningsavdelningarna till en uppsamlingscistern för att sedan spädas in i svagluten.

4.2.14 Suspenderande ämnen

Partiklar i ett vätskeprov, som vid filtrering enligt en given standard kvarhålls på ett specificerat filter. I dagligt tal *”susp”.* Halten anges efter torkning vid 105°C.

4.2.15 Svaglut

Svaglut är som vitlut en alkalisk lösning och erhålls i samband med tvättning av mesan efter vitlutsberedningen. Svag-/ *tvättluten* från mesatvätten används för att lösa smältan från sodapannan i smältlösaren.

4.2.16 Vitlut

En starkt alkalisk lösning med pH ca 14. Den innehåller huvudsakligen natrium-hydroxid, NaOH, och natriumsulfid, Na_2S, eller rättare sagt natriumvätesulfid, NaHS, se Vätesulfidjon. Vitlut är avsedd som kokvätska för sulfatmassetillverkning.

4.2.17 Vätesulfidjon, HS^-

HS^- är den form, i vilken sulfiden förekommer i grönlut och vitlut. I grönluten och vitluten sönderdelas natriumsulfiden, Na_2S, genom inverkan av vatten i följande joner:

$Na_2S + H_2O$ ----> $2Na^+ + HS^- + OH^-$.

4.3 Olika processer i kausticeringen

4.3.1 Efterkausticering

Låta överskott av kalciumhydroxid, $Ca(OH)_2$, i mesan reagera med en liten mängd grönlut.

4.3.2 Filtrering

Metod att avskilja uppslammade partiklar i en vätska genom att pressa vätskan genom ett poröst material.

4.3.3 Grönlutfiltrering

Olika utvecklade metoder för att rena grönluten genom filtrering i stället för sedimenteringsklarnarna.

4.3.4 Kalksatsning

Dosering av kalk i ett visst givet förhållande till grönlutsflödet. Storleken på kalksatsningen bestäms av halten fri CaO i kalken, halten natriumkarbonat, Na_2CO_3, i grönluten och önskad kausticeringsgrad.

4.3.5 Kausticering

Behandling av grönlut med kalciumhydroxid (släckt kalk), $Ca(OH)_2$, för omvandling av grönlutens natriumkarbonat (soda), Na_2CO_3, till natriumhydroxid, NaOH.
Det är en jämviktsreaktion där kalciumhydroxiden reagerar under svag värmeförbrukning (endotermisk reaktion) med grönlutens natriumkarbonat, Na_2CO_3.
Då bildas natriumhydroxid, NaOH, och kalciumkarbonat, $CaCO_3$, mesa.

4.3.6 Klarning

Avser rening av vitlut eller grönlut medelst sedimentering i klarnare.

4.3.7 Rekausticering

Se Efterkausticering.

4.3.8 Sedimentering, bottensatsavlagring

Separering, som baseras på olika densitet hos slampartiklarna och vätskan.

4.3.9 Släckning

Kalciumoxid, CaO, reagerar först med vattnet i grönluten till kalciumhydroxid, $Ca(OH)_2$, under kraftig värmeutveckling, exotermisk reaktion.

4.3.10 Tryckkausticering

Kausticering vid ett högre tryck än vad som motsvarar den normala kokpunkten, dvs. högre än atmosfärstrycket.

4.3.11 Vitlutfiltrering

Metod att rena vitlut genom filtrering. Metoden har ersatt de beprövade sedimenteringsklarnarna.

4.3.12 Vitlutklarning

Separering av mesan från vitluten efter kausticeringsreaktionen. Processen sker genom sedimentering.

4.3.13 Vitlutsoxidation

Oxidation av vitlutens sulfidjoner (HS^-) med luftsyre till tiosulfat enligt reaktionen.

$2\ HS^- + 2O_2 \text{ ----> } S_2O_3^{2-} + H_2O$

4.4 Apparat och maskinutrustning i kausticeringen

4.4.1 Bandfilter

Bandfiltret är ett konventionellt vakuumfilter men med ett yttre system av ledvalsar. Filterduken leds från filtertrumman över ledvalsarna och sedan tillbaka till trumman efter det att den avfiltrerade mesan lämnat duken.

4.4.2 Grönlutfilter

För avskiljning av slam från grönlut används numera trycksatta filter som alternativ till klarnare eller trumfilter.

4.4.3 Kalkficka

Se Kalksilo.

4.4.4 Kalksilo

Lagringsbehållare för bränd kalk från mesaugnen.

4.4.5 Kalksläckare

Behållare för släckningen av kalk, som är första steget i omvandlingen av grönlut till vitlut.

4.4.6 Kausticeringskärl

Cylindriska behållare, där kausticeringen fullföljs. Suspensionen av lut och kalk/mesa, den s.k. kalkmjölken, rinner från kalksläckarens bräddavlopp till två eller flera serie-kopplade kärl. Suspensionen, kalkmjölken, går in i toppen och oftast via en inre ledning ut i kärlets botten. (*Suspension:* uppslamning av fasta partiklar i vätska.)

4.4.7 Klarnare

Anordning för rening av grönlut eller vitlut genom sedimentering. Cylindrisk cistern av plåt med två eller flera fack, skilda åt av en konisk mellanbotten som är öppen i mitten. Roterande skrapverk matar in det sedimenterade slammet mot mitten.

4.4.8 Mesafilter

Filter, på vilket mesa tvättas före mesabränning. Mesafilter är vanligen av typ trumfilter.

4.4.9 Mesasilo

Cistern för lagring av förtvättad mesa, försedd med anordning för att röra om den 30–40-procentiga mesanen för att hålla den i suspension.

4.4.10 Mesatvätt

Filter eller sedimenteringsklarnare för tvättning av mesa. Vitlut tvättas ur mesan genom att den först späds till låg koncentration och sedan förtjockas.

4.4.11 Pressfilter

Filter för rening av grönlut, exempelvis Laroxfiltret. Pressning och tvättning sker intermittent.

4.4.12 Skrapverk

Mekanisk anordning i klarnare och i kalksläckarens sorterardel för utmatning av sedimenterat slam.

4.4.13 Släckare

Cylindriska delen av kalksläckaren, försedd med omrörare. Se även 4.4.5 Kalksläckare

4.4.14 Släckarskrubber

Anordning där man avskiljer partiklar ur en gas genom att tvätta den med en vätska, vanligen vatten eller grönlut.

4.4.15 Sorterare

Sorteraren är en lutande ränna, som är hopbyggd med släckaren. Den har ett skrapverk eller en skruv, som transporterar ut icke reagerad kalk och annat fast material.

4.4.16 Trumfilter

Roterande perforerad plåttrumma, som är täckt med filterduk. Används för tvättning och förtjockning av mesa och grönlutsslam. Beroende på hur trumfiltrets avvattning åstadkommes skiljer man mellan

- *tryckfilter* med övertryck på trummans utsida,
- *självsugande filter* med hävertverkan inuti trumman och
- *sugfilter (vakuumfilter)* med undertryck i trumman.

4.4.17 Tryckfilter

Filter för rening av grönlut eller vitlut.

Kontinuerligt arbetande filter, som består av filterelement uppbyggda av skivor, rör eller lameller inbyggda i ett cylindriskt tryckkärl av syrafast stål.

Kassettfilter och *fallfilmsfilter* används företrädesvis på grönlut

Skivfilter används för både vit-och grönlut. I kärlets centrum finns en roterande axel med vertikala filterskivor. Exempel på tryckskivfilter är CD- och PD-filter.

Tubfilter är ett tryckfilter för rening av vitlut eller grönlut. Det består av en vertikal cylindrisk behållare med ett stort antal vertikala filterelement. Filterelementen består av ett inre perforerat syrafast rör och en yttre filterstrumpa av syntetmaterial. Exempel på tubfilter är CLARIFIL- och ECO-filter.

4.4.18 Utjämningscistern

Buffertcistern mellan smältlösaren och reningsanläggningen för utjämning av grönlutens densitet och flöde från smältlösaren samt för att ge uppslammade fasta partiklar tid att slå sig samman till större partiklar.

4.4.19 Vakuumfilter

Se avsnitt Trumfilter.

4.4.20 Vitlutfilter

För avskiljning av slam från vitlut används numera trycksatta filter som alternativ till klarnare.

4.5 Rening av grönlut och vitlut

4.5.1 Belastning

Betecknar vridmoment på skrapverk i klarnare. Indikerar om mesaskiktet (slamskiktet) på en eller flera bottnar blivit för tjockt.

4.5.2 Filtrerbarhet

Egenskap hos mesan som avgör hur svårfiltrerad den är. Filtrerbarheten är en standardiserad metod. Filtrerbarheten är en funktion av kalkens kvalitet, kalköverskottet vid kausticeringen och partiklarnas form och ytstruktur.

4.5.3 Precoat

Vid filtrering av mesa och grönlut startar man upp med att bygga upp ett mesaskikt, en s.k. precoat, vilken grönlutsslammet resp. mesan sedan filtreras på.

4.5.4 Sjunkningshastighet

Den hastighet, med vilken en partikel sjunker i en vätska. Sjunkningshastigheten är beroende av skillnaden i densitet mellan partikel och vätska, vätskans viskositet samt partikelns diameter.

4.5.5 Ytbelastning

Ytbelastningen på en klarnare beräknas som flöde per timme dividerat med cisternens tvärsnittsyta och används som ett mått för att dimensionera en sedimenteringsklarnare.

4.6 Analyser i samband med kausticering

4.6.1 Alkalikoncentration

Vanligen anges alkalikoncentrationen i g NaOH/l. Olika uttryck för koncentrationen av alkaliska beståndsdelar i kokvätska och deras definitioner är:

Aktivt alkali, AA:	$NaOH+Na_2S$
Effektivt alkali, EA:	$NaOH+ 1/2\ Na_2S$
Totalt titrerbart alkali, TTA:	$NaOH+Na_2S+Na_2CO_3$
Verksamt alkali, VA:	$NaOH+Na_2S$

Alkalibestämning sker enligt SCAN-test N:30:85

4.6.2 Fri CaO

Andelen reaktiv kalciumoxid, CaO, i mesakalken (vikt-%, SCAN-test N:25:81)

4.6.3 Kausticeringsgrad

$$\frac{NaOH \times 100}{NaOH + Na_2CO_3}\ (\%)$$ (Na_2CO_3 omräknat till NaOH)

4.6.4 Reduktionsgrad

$$\frac{\text{Svavel i } Na_2S * 100}{\text{Total svavelhalt}}\ (\%)$$

4.6.5 Slamhalt

Mängden filtrerbart ämne i en vätska. Filtreringsmetod, filtrets öppenhet samt torktid och torktemperatur är väl specificerade. Slamhalten i bl.a. vitlut och grönlut mäts regelbundet och uttrycks i mg/l.

4.6.6 Sulfiditet

Egenskap hos alkalisk kokvätska som uttrycker den relativa halten av vätesulfid, HS^-.

$$\frac{Na_2S * 100}{NaOH + Na_2S}\ (\%)$$ (Na_2S omräknat till NaOH)

5 Mesabränneri

5.1 Allmänna begrepp

5.1.1 Bollar

Snöbollsliknande klot av varierande storlek, diameter 0,5–1,5 meter. De bildas i uppvärmningszonen, oftast i samband med dåligt tvättad mesa i kombination med damning i brännzonen. Sammansättningen varierar, men består i huvudsak av kalciumkarbonat, $CaCO_3$, natriumkarbonat, Na_2CO_3, och natriumsulfat, Na_2SO_4.

5.1.2 Infodring

Ugnsröret är infodrat med olika typer av keramiskt material för att skydda plåtmanteln mot överhettning och för att hålla värmeförlusterna låga.

5.1.3 Manteltemperatur

Mantelplåtens yttemperatur. I den varma delen av ugnen är manteltemperaturen normalt 150–250°C.

5.1.4 Mesabränning, ”mesaombränning”

Syftet med mesabränningen är att från mesan utvinna bränd kalk för återanvändning i kausticeringen. Detta sker genom upphettning av mesan, vars innehåll av kalciumkarbonat, $CaCO_3$, därvid omvandlas till kalciumoxid, CaO, bränd kalk.

5.1.5 Mesaugn

En rörformad roterugn i vilken mesabränningen sker.

5.1.6 Påbränna

Beläggning på infodringen, företrädesvis i brännzonen. Beläggningens sammansättning varierar men består i huvudsak av kalciumkarbonat, $CaCO_3$, kalciumoxid, CaO, natriumsulfat, Na_2SO_4 och natriumkarbonat Na_2CO_3.

5.1.7 Reaktionsvärme

Den energimängd, som teoretiskt krävs för frigörande av koldioxid, CO_2, i kalciumkarbonat, $CaCO_3$, vid kalcineringen.

5.1.8 Reaktivitet

Mått på mesakalkens släckningshastighet.

5.1.9 Restkarbonat

Mesakalkens innehåll av kalciumkarbonat, CaCO3.

5.1.10 Ringbildning

Tjock beläggning på begränsat område i ugnen. Ringar förekommer dels i anslutning till flamman och dels i uppvärmningszonen, i uppvärmningens slutskede. Sammansättning och variation densamma som för påbränna.

5.1.11 Ugnsrotation

Ugnsröret roterar medelst en kuggväxelmotor med kuggkrans placerad ungefär på mitten av ugnsröret. Rotationshastigheten kan varieras och är normalt 1–2 varv per minut.

5.2 Media i mesabränneriet

5.2.1 Bränsle

Bränsle för mesaugnsprocessen kan vara av olika slag och tillföras ugnen antingen i flytande, fast eller gasformig fas eller i kombination.

5.2.2 Fastbränsle

Fast bränsle förekommer i form av torkat träpulver.

5.2.3 Flytande bränsle

De flytande bränslen som kommer till användning, är eldningsolja, råtallolja, tallbeck/beckolja och metanol.

5.2.4 Gasformigt bränsle

De gasformiga bränslen som används, är biogas från förgasade trädbränslen och destruktionsgaser från sulfatprocessen. I länder med tillgång till naturgas används denna.

5.2.5 Mesa

Se Kausticeringsanläggning.

5.2.6 Mesakalk (bränd kalk, osläckt kalk)

Slutprodukt från mesabränningen, huvudsakligen bestående av kalciumoxid, CaO.

5.3 Ugnszoner - processer

5.3.1 Brännzon

Den del av ugnsröret, där kalcinering och sintring sker. Brännzon ligger närmast brännaren.

5.3.2 Torkzon

Den del av ugnsröret, där mesans vatteninnehåll avdunstas. Torkzon ligger närmast ugnens inmatningsdel.

5.3.3 Kalcineringszon.

Den del av ugnsröret, där *kalcineringen* sker, dvs. omvandling av huvuddelen av mesans kalciumkarbonatinnehåll, $CaCO_3$, till kalciumoxid, CaO.

5.3.4 Kylzon

Den del av mesaugnen, där mesakalken kyles till ca 200°C med sekundärluft, som därvid uppvärmes till ca 300°C.

5.3.5 Sintringszon

Den del av ugnsröret, där mesakalken genom upphettning till ca 1100°C sintras till ärtformiga noduler. Med *sintring* menas att mesakalken upphettas till begynnande smältning och att kalkpartiklarna därigenom kittas samman. Zonen är mellan tork- respektive sintringszon.

5.3.6 Uppvärmningszon

Den del av ugnsröret, där mesans temperatur höjes till kalcineringstemperatur, ca 850°C.

5.4 Mesaugnens utrustning

5.4.1 Brännare

Anordning för kontrollerad tillförsel av bränsle och förbränningsluft (primärluft). Brännarna är ofta utformade för samtidig tillförsel av olika slag av bränslen (kombinationsbrännare).

5.4.2 Bränsletork

Anordning för torkning av trädbränsle före bearbetning och eldning.

5.4.3 Bärringar

Bärringarna har till uppgift att bära och förstyva ugnsröret samt att styra detta i axiell riktning. Mellan bärring och ugnsmantel finns ett mellanrum (bärringsglapp).

5.4.4 Bärrullar

Bärrullarna är av stål eller gjutjärn och placerade så att kontaktpunkten mellan bärrulle och bärring ligger ca 30° från ugnens vertikallinje.

5.4.5 Cyklontork

Cyklon för torkning av mesan med rökgaser innan dess inmatning i ugnsröret.

5.4.6 Förgasare

Virvelbäddsreaktor för framställning av gengas från torkat trädbränsle.

5.4.7 Kalkkylare

Anordning för kylning av mesakalk under samtidig uppvärmning av sekundärluft. Kalkkylarna kan antingen vara av typ planetkylare eller sektorkylare.

5.4.8 Kättingar

Kättingar, fästade i ugnsrörets torkzon. De är antingen slackt fästade i båda ändar diametralt i ugnssektionen (girlandhängning) eller upphängda endast i ena ändan (ridåhängning). Kättingsystemet ökar värmeöverföringen från rökgasen till mesan.

5.4.9 Lifters

Lifters består av längsgående lister, fästade i ugnsrörets insida (4-8 st.) i uppvärmningszonen. Lifters förbättrar värmeöverföringen från rökgasen till mesan.

5.4.10 Mesaugnsskrubber

Anordning där man avskiljer partiklar och ämnen i gasform (svaveldioxid, SO_2) ur avgasen från mesabränningen genom att tvätta den med vatten, vanligen pH-justerat med någon typ av alkali.

5.4.11 Roterugn

Ugnsröret består av stålplåt med varierande godstjocklek (14-70 mm) och är infodrat med eldfast keramiskt material. Röret har bärringar (2-4 st.) och vilar med dessa mot parvisa bärrullar. Ugnsrörets lutning är 1,5-4 % normalt 2-2,5 %.

5.4.12 Skärmar

Skärmarna består av runda plåtar, som sätts fast centralt i ugnsröret med kedjor. Skärmarna är placerade med ca 10 m avstånd i tork- och uppvärmningszon och förbättrar värmeöverföringen från rökgasen till mesan.

5.4.13 Tröskel

Ringformad tröskel i ugnsrörets utloppsända för erhållande av önskad uppehållstid för mesan i brännzonen.

6 Murverk, cement och termisk isolering

Såväl i mesaugnen som i sodapannan används murverk, tegel och olika typer av isolering i syfte att täta genomföringar och öppningar eller för att skydda och isolera mot höga temperaturer.
Valet av material måste ske med hänsyn både till användningstemperatur och till den specifika kemiska miljön.

6.1 Infodringsmaterial

6.1.1 Aluminatcement

Cement baserat på kalciumoxid, CaO, och aluminiumoxid, Al_2O_3. Beroende på förhållandet mellan CaO och Al_2O_3 varierar högsta användningstemperaturer över 1400°C och upp till 1750°C.

6.1.2 Basiska/sura tegel

Beroende på sammansättning betecknas eldfasta tegel som sura eller basiska (eller neutrala eller halvbasiska). Sura tegel innehåller ”sura” oxider som främst SiO_2, medan basiska tegel innehåller ”basiska” oxider, som CaO eller MgO. Det finns även neutrala och halvbasiska varianter.

6.1.3 Betong

Betong betecknar en massa, som består av ett bindemedel och en inert ballastfyllning.

6.1.4 Bränning

Upphettning till höga temperaturer av t.ex. lera eller eldfast massa, så att den hårdnar, genom sintring eller andra kemiska reaktioner. Kombinationen av tid och temperatur bestämmer hur långt reaktionen drivs i det enskilda fallet.

6.1.5 Cement

En blandning av bränd kalk, CaO, lera, vanligen $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$, och en aning gips, $CaSO_4$.
Cement reagerar med vatten så att det bildas fasta faser av typen kristallvattenhaltiga aluminatsilikater m.m. Vid temperaturer över 1200°C övergår bindningen till s.k. keramisk bindning.

6.1.6 Chamotte

Eldfast material bestående av kalcinerad lera, kaolinit, $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$. Vid bränning vid måttlig temperatur avgår kristallvattnet. Vid temperaturer över 1400 à 1500°C bildas mullit, $3Al_2O_3.2SiO_2$, och kristobalit, SiO_2.

6.1.7 Eldfast

Beteckning på material, som klarar hög värme utan att förstöras eller formförändras. I allmänhet har det en smältpunkt överstigande 1500°C.

6.1.8 Eldfasta tegel

Tegel är härdade formstycken av lera. I normalfallet har de härdats genom upphettning, se Bränning och Sintring.
Det finns också kemiskt bundna tegel, där man bundit massan med t.ex. bakelit (harts-bundna tegel).

6.1.9 Fosfatbundna massor

Massor som binds genom att fosforsyra i massan reagerar med aluminiumoxid, Al_2O_3, till aluminiumfosfat.

6.1.10 Keramik

Bränt lergods (tegel, porslin etc.).

6.1.11 Krommalmsmassa

Massa med hög halt av krom(III)oxid, Cr_2O_3.

6.1.12 Lågcementmassa etc.

Beroende på andelen cement (kalciumaluminatcement) i en eldfast massa skiljer man på:

- *Cementfri massa* (NCC) helt utan cement.
- *Konventionell eldfast massa* med ca 10–25 % cement.
- *Lågcementmassa* (LCC) med 2.5–7 % cement.
- *Ultralågcementmassa* (ULCC) med ≈ 0.5–1 % cement

6.1.13 Silikatbundna massor

Massor som binds genom att SiO_2 reagerar med massans övriga komponenter vid uppeldning eller bränning.

6.1.14 Sintring

Förändring av ett (kristallint, poröst eller pulverformigt) material eller materialblandnings struktur genom upphettning vid eller strax under smältpunkten till en fast, allteftersom allt mindre porös eller slutligen glasig slutprodukt.

Både sintring och bränning medför i regel en viss mindre volymsförlust (krympning).

6.1.15 Sprutmassa

Massa som påföres genom sprutning. Det finns cementbundna och kemiskt bundna sprutmassor.

6.1.16 Stampmassa

Halvtorr plastisk eldfast massa, som påföres genom stampning (rammning).

6.1.17 Gjutmassa

Massa som gjutes i form. Det är vanligt att massan vibreras för att den skall fylla ut ordentligt. Massor som appliceras utan vibrering kallas självflytande.

6.1.18 Täljsten

Ett mjukt eldfast skiffermineral. Bryts i Handöl i Jämtland. Tidigare använt till ugnsbottnar och löprännor.

6.2 Termisk isolering

6.2.1 Asbest

Isolermaterial framställt av serpentin/krysotil eller hornblände. Serpentinasbest anses vara värmebeständig upp till 1200°C.
Användning av asbest är sedan några år inte tillåten. För detaljer hänvisas till Arbetsmiljöverkets Författningssamling AFS 2006:1, Asbest.

6.2.2 Densitet, volymvikt

Allt efter komprimeringsgraden får produkten en högre eller lägre densitet. Med en högre densitet följer en lägre luftgenomsläpplighet samt en högre motståndsförmåga mot sammantryckning.
Ett isolermaterial med god isoleringsförmåga bör ha en förhållandevis låg densitet. För hög densitet medverkar till värmeledning, medan en för låg densitet kan möjliggöra att luften rör sig genom isoleringsmaterialet.

6.2.3 Isolertegel

Eldfasta tegel med låg värmeledningsförmåga, vilka används som värmebarriär.

6.2.4 Mineralull, stenull

Mineralullsprodukter består av mineralfibrer, vilka i vissa korningspunkter i regel är sammanbundna med härdplast. De kan även vara oljebehandlade.
Stenull sintrar vid ca 750°C och smälter vid ca 1250°C. För användning vid högre temperaturer finns särskilda produkter med ingen eller mycket liten bindemedelshalt.

6.2.5 Temperaturbeständighet

Ett materials förmåga att motstå temperatur utan att förändra egenskaper som isolerförmåga, form mm.

7 Material och svetsning

7.1 Järn och stål

Järn är ett metalliskt grundämne, nr 26 i periodiska systemet, molekylvikt 55.85, densitet 7,86 g/cm^3. Järn utgör huvudbeståndsdelen i ett stort antal legeringar som benämns som järn, gjutjärn och stål. Övriga tillsatsämnen i dessa legeringar brukar vara ämnen som kisel, mangan, kol mm. De kan vara avsiktligt tillsatta eller förekomma som föroreningar.

Kristallstrukturen för rent järn vid rumstemperatur är kubiskt ytcentrerad, vilket kallas ferrit. Vid högre temperatur omvandlas ferriten till kubiskt rymdcentrerad kristallstruktur, benämnd austenit. Temperaturgränsen beror på sammansättningen, och är för vanliga kolstål 723°C. Omvandlingen sker successivt från just 723^{o}C och uppåt mot 900^{o}C (beroende på kolhalten). Vid höga halter av vissa legeringsämnen kan man få stålet att förbli austenitiskt även vid rumstemperatur, t.ex. austenitiska rostfria stål.

Järn legerat med kol benämns beroende på kolhalten om är under eller över 2% som stål eller gjutjärn. Vissa järn med låga mängder av legeringsämnen och föroreningar benämns enbart som järn (t.ex. s.k. Armco-järn). När andelen järn i en legering är lägre än 50 %, så talar man inte längre om järn och stål, utan om t.ex. nickelbaslegeringar eller koboltbaslegeringar. Ferritstrukturen är starkt magnetisk, medan austenitstrukturen i praktiken är omagnetisk.

Eftersom järn i olika former har uråldrig användning har det omkring järnet växt fram en vokabulär som inte är helt konsekvent och som gör att de olika uttrycken kan ha en lite svävande betydelse.

7.1.1 Gjutjärn, tackjärn, råjärn

Det som normalt benämns gjutjärn, tackjärn eller råjärn är den produkt som i flytande form kommer från masugnen, där man reducerat malmen, som är en järnoxid, med kol. Gjutjärn håller högre kolhalter, normalt 2-4%, och är p.g.a. den höga kolhalten ej smid- eller svetsbart, utan gjutjärn används enbart i gjutet tillstånd. Gjutärn är också benämning på de konstruktioner man tillverkar av det flytande råjärnet sedan det fått stelna, ofta genom gjutning i sandformar.

Som ett led i jakten på att minska utsläppen av koldioxid undersöker man om man kan reducera järnoxiden med vätgas istället för med kol, för att därigenom få bukt på stålindustrins CO_2-utsläpp.

7.1.2 Stål

Formellt sett ett material med järn, Fe, som basmetall (dvs. minst 50 % järn), i allmänhet lämpat för formning i fast tillstånd, innehållande kol och andra grundämnen. Enstaka undantag finns, t.ex. ett begränsat antal kromlegerade stål, som innehåller över 2 % kol, vilket annars betecknar den formella gränsen mellan stål och gjutjärn. Rostfria material, där järnhalten understiger 50 %, brukar annars ”officiellt” inte betecknas som stål. De har inte heller materialnummer enligt SS-EN 10027-2 som börjar med siffran 1 (materialnummer av typen 1.XXXX) utan med siffran 2.

Stål framställs ur gjutjärn genom färskning (traditionellt genom t.ex. LD, Kaldo, Martinprocessen m.fl.), då kolhalten nedbringas till önskad halt. För att kallas stål skall kolhalten ligga mellan ca 0,02% (ferritfasens löslighetsgräns för kol i fast lösning) och ca 2%.
Stål med en kolhalt under 0,8% kallas undereutektoidiskt och är det vi normalt använder till konstruktionsstål och verktygstål mm.

Stål med högre kolhalt än ca 0,25% är ej svetsbara med enkla metoder, men kan i allmänhet smidas till produkter med högre hållfasthet, som t.ex. verktyg. Särskilt egg-verktyg (t.ex. rakbladstål) kräver särskilt hög sträckgräns, vilket åstadkommes med kalldeformation i kombination med en hög kolhalt (normalt upp till 0,8% C) och med tillsats av lämpliga legeringsämnen, t.ex. vanadin.

7.1.3 Härdning av stål (martensitstruktur)

En allt överskuggande faktor för hanteringen av stål är risken för härdstukturbildning, dvs den metalliska fasen martensit. Martensit är den austenit som fanns vid högre temperatur och som vid kylningen behåller sin grundläggande kristallstruktur (ytcentrerat kubiskt atomgitter) och ”fryser” in det lösta kolet i kristallstrukturen. Martensiten är instabil och omvandlas långsamt till ferritstruktur med kolet i form av utskiljda karbider. Martensiten är mycket hård och spröd och brukar vara upphov till sprickbildningar i den värmepåverkade zonen efter svetsning som inte tagit full hänsyn till härdningsrisken.

7.1.4 Järn

Beteckningen järn på en produkt brukar innebära att järnet inte är legerat med kol, utan att det föreligger som enbart ferritfas med mindre än 0,02% C och inte i kombination med utskiljda karbider.

7.1.5 Olegerat stål

I tryckkärlssammanhang m.fl. tillämpningar detsamma som kolstål. Ett olegerat kolstål innehåller fortfarande avsiktligt tillsatta ämnen som kol, kisel, mangan och i många fall en mindre mängd aluminium.

7.1.6 Kolstål

Stål med kol som väsentlig beståndsdel vid sidan om järn. Kolhalten för kolstål överstiger inte ca 1,3 % (TNC 57).

Avsiktligt tillsatta ämnen utöver kol brukar enbart vara aluminium, kisel och mangan, vilka binder syre. Genom att tillsätta kisel eller en kombination av kisel och aluminium binds syret i stålet, vilket ger stålet bättre egenskaper. Stål med kiselhalter under 0.02% brukar betecknas som otätade, stål med kiselhalter minst 0,15 %, vanligen runt 0,20 – 0,35 %, betecknas som tätade. Tryckkärlsstål är numera alltid heltätade, även om halvtätade stål tidigare förekommit. Otätade stål i den mån de längre förekommer i tryckkärlssammanhang får anses vara föråldrade och bör bytas ut.

Kolstål kan innehålla mangan i halter på upp till högst 1,40 %, som för P265GH, medan s.k. kolmanganstål har en högre högsta tillåten manganhalt, som t.ex. max 1,50 % Mn för 20MnNb6. Tidigare Svensk Standard har tillåtit halter på upp till 1,60 % Mn. Kolmanganstål med tillsatta finkornbildare, som Nb eller Ti, benämns finkornstål och brukar förekomma i hållfasthetsklasser upp till 355 N/mm^2.

För att bedöma svetsbarheten hos använda stål, se avsnitt 7.1.7.

7.1.7 Kolekvivalent

Mått på halten kol och legeringsämnen i stålet. Används för att beräkna tendensen till härdstrukturbildning vid svetsning av kolstål och låglegerade stål. Kolekvivalenten beräknas för mer vanliga stål med formeln

$$\sqrt{(\%C + \%Mn)/6 + (\%Cr + \%Mo + \%V)/10}$$

Svetsbarheten bestäms av kolekvivalenten i kombination med övriga parametrar, bl.a. godstjockleken och arbetstemperaturen (den s.k. förvärmningen), vilka avgör värmebortledningsförmågan vid svetsstället.

Beräkningsmetoder för att bedöma svetsbarhet hos de material som används i domar, lådor och tuber i sodapannor finns i SS-EN 12952-5 ”Water tube boilers and auxiliary installations – Part 5: Workmanship and construction of pressure parts of the boiler”

och SS-EN 1011-1:2009: Svetsning - Rekommendationer för svetsning av metalliska material - Del 1: Allmänna riktlinjer för bågsvetsning.

7.1.8 Legerade stål

Stål som innehåller väsentliga beståndsdelar vid sidan om järn och kol. Man skiljer vanligen mellan *låglegerat stål* och *höglegerat stål.* Gränsen mellan låglegerat och höglegerat stål går vid en sammanlagd halt av legeringsämnen, kol undantaget, av ca 5 % (TNC 57). Andra begrepp är varmhållfasta stål och rostfria stål.

7.1.9 Tryckkärlsstål

Tryckkärlsstål kan vara av vilken ståltyp som helst, vilken lämpar sig och är godkänd för tillverkning av tryckkärl. Det krävs att de är stål godkända för tryckkärlsändamål enligt harmoniserad europeisk materialstandard, firmamaterial med godkännande enligt ”European Approval”, alternativt i sista hand material som i det enskilda fallet godkänts för användning av ett ackrediterat kontrollorgan. Standarder för tryckkärlsstål är respektive delar av SS-EN 10216 för rörformiga produkter, SS-EN 10028 för plåt, SS-EN 10222 för smide och SS-EN 10213 för gjutstål. Delarna avser olika tillämpningar och grundanalyser.

Ett tryckkärlsstål skall alltid åtföljas av ett materialcertifikat, vilket styrker att det levererade materialet är ett tryckkärlsstål. Ett tryckkärlsstål skall alltid vara bedömt som lämpligt för användning till tryckkärl, vilket också skall framgå av materialcertifikatet.

7.1.10 Varmhållfast stål

Begreppet ”varmhållfasta stål” avser första hand ferritiska stål legerade med krom, molybden, vanadin samt även niob m.fl. legeringsämnen och avsedda för högtemperaturanvändning från något hundratal ^{o}C och uppåt, t.ex. det vanliga stålet 13CrMo4-5. Beroende på hur de är legerade är de dessutom avsedda för de högre temperaturer där materialkrypning förekommer. Austenitiska stål och nickelbaslegeringar är normalt ännu mer lämpliga för högtemperaturanvändning även om de normalt inte sorteras in under begreppet ”varmhållfasta stål”.

Varmhållfasta stål har vanligen begränsad svetsbarhet, vilket beror på den högre kolekvivalenten.

7.1.11 Rostfritt stål

Uttryck använt för att beteckna sådana höglegerade stål, vilka under vanligen förekommande (enklare) betingelser inte rostar. Rostfritt stål innehåller i allmänhet mer än 12 % krom, härutöver brukar andra legeringsämnen, t.ex. nickel, kunna ingå (TNC 57).

Man skiljer mellan austenitiska, ferrit-austenitiska och ferritiska rostfria stål. De är ståltyper med olika egenskaper och olika användningsområden.

Inom Skogsindustrin används övervägande mer höglegerade kvalitéer, i allmänhet minst med 17-18% Cr beroende på korrosionsbetingelserna. De kan antingen vara

austenitiska, dvs med nickelhalt från ca 8% och uppåt, eller ferrit-austenitiska, med en nickelhalt som oftast runt 4-5%. De rent ferritiska rostfria stålen har andra tillämpningar, även om undantag förekommer.

För rostfria stål inleds materialbeteckningen enl. SS-EN 10088-2 med bokstaven X, som man kan se i materialbeteckningarna för rostfria tryckkärlsrör enligt SS-EN 10216-5 (exempel XCrNiMo17-8-2). Det bör anmärkas att kolhalten i ett stort antal rostfria stål närmast är att betrakta som en förorening, som man försöker hålla så låg som möjligt. För vissa rostfria stål kan kolet dock fungera som ett legeringsämne, t.ex. för att göra materialet härdbart eller för att ge det en hög hållfasthet, t.ex. mot krypning vid hög temperatur.

7.1.12 Syrafasta stål

Äldre uttryck använt för att beteckna rostfria stål med god korrosionshärdighet mot svagare syror. Ofta menas stål av typen 17-18 % krom, 10 % nickel och minst 2 % molybden, men även andra stål med minst samma korrosionshärdighet kan betecknas som syrafasta.

De rostfria stål som vanligen benämns syrafasta erhåller normalt sin korrosions-härdighet mot syror genom att de är legerade med minst 2,0 % molybden. Korrosions-härdigheten mot låga pH förbättras med ytterligare högre molybdenhalt. I Sverige har tidigare stål med minst 2,5 % molybden (tidigare kvaliteten SS stål 2343) haft allmän användning inom Cellulosaindusrin, idag finns betydligt fler och bättre stålsorter att välja på. Varning: beteckningen ”syrafast stål” innebär inte att det är resistent i alla sura miljöer, utan valet av stålkvalitet måste styras av korrosionsmiljön i det enskilda fallet. Det är inte heller i alla miljöer som molybden förbättrar den allmänna korrosionsbeständigheten, detta gäller särskilt sulfatindustrins lutar.

7.1.13 Verktygsstål

Smidbart, men normalt ej svetsbart, stål som legeras för att få hög hårdhet för användning främst till olika verktyg. Verktygsstål kan antingen vara ett rent kolstål med hög kolhalt eller legerat med t.ex. molybden eller vanadin, som bildar finkorniga karbider i mikrostrukturen och som verkar förstärkande på de mekaniska egenskaperna.

7.1.14 Automatstål

Stål avsedd för skärande bearbetning. Genom legering med svavel eller andra liknande tillsatsämnen erhålles slagginneslutningar som verkar spånbrytande vid svarvning. Automatstålen är mindre lämpliga för svetsning och finns inte för användning i tryckkärl.

7.1.15 Materialbeteckningar och Tillståndsnummer

Det finns inom europeisk materialstandard två parallella sätt att beteckna material, dels med en bokstavs- och sifferkombination som ger en antydan om materialets sammansättning (se SS-EN 10027-1) och dels ett materialnummer av typen 1.XXXX för material som betecknas som stål (se SS-EN 10027-2) och dels 2.XXXX för material som inte är stål, t.ex. nickelbaslegeringar. Beteckningarna för de rostfria

stålen finns också förtecknade i SS-EN 10088-1 resp. i SIS/TK135. Stål accepterade för övriga tryckkärl finns förtecknade i tabell A1 i SS-EN 13445-2 och för ångpannor i motsvarande tabell i SS-EN 12952-2. Motsvarande rostfria stål har tillståndsbeteckningen ”–5”

Tidigare hade materialbeteckningarna enligt nu indragna svenska materialstandarder ett tilläggsnummer, vilket kunde beteckna olika tillverkningsmetoder, värmebehandlingstillstånd, olika kallbearbetningsgrad, genomförd provning för att uppnå status som tryckkärlsstål eller liknande.

Grundmaterialen, dvs. de olika legeringssammansättningarna, är numera betecknade med antingen det alfanumeriska systemet SS-EN 10027-1:2016, som är grundat på de dominerande ingående legeringsämnena och det numeriska systemet, SS-EN 10027-2:2016, där varje standardiserat material tilldelas ett nummer, 1.XXXX eller 2.XXXX. Härvid betecknar 1.XXXX olika stål och 2.XXXX betecknar övriga metalliska material, som nickelbaslegeringar, kopparlegeringar etc. Om de sedan är klassificerrade som tryckkärlsrör, så är de insorterade under rörstandarden för sömlösa rör SS-EN 10216-X, där -X är -2 för kolstål och varmhållfasta ferritiska stål och –5 för rostfria stål (etcetera).

Svensk materialstandard är idag baserad på europeisk standard, där det som de olika tillståndsnumren betecknade hänförs till egna standarder, samtidigt som dessa standarder, t.ex. standarden för tryckkärlsrör SS-EN 10216-2, innehåller en tabell med de olika materialsammansättningar som är standardiserade enligt den standarden.

7.2 Materialegenskaper

7.2.1 Deformationshårdnande

Den höjning av hållfastheten hos ett material, vilken uppkommer vid kall-deformation. Skillnaden mellan kalldeformation och varmdeformation är om deformationen är utförd under eller över rekristallisationstemperaturen, den temperatur där materialet rekristalliserar inom en timme.

7.2.2 Varmbearbetning

Varmvalsning, bockning, smide eller annan plastisk bearbetning av ferritiskt stål utförd med arbetsstycket vanligen uppvärmt till austenitiskt tillstånd, d.v.s. för stål till temperaturer över ca 900ºC. Varmbearbetningstemperaturen är för kolstål (för användning som ångpannetuber typ P235GH, P265GH eller motsvarande) 900-940°C, för s.k. varmhållfasta stål av typ 13CrMo4-5 eller 10CrMo9-10 eller motsvarande 900-950°C.

Bearbetas materialet vid lägre temperatur kan det behöva värmebehandlas efteråt för att inte förlora sina egenskaper. Definitionsmässigt är varmbearbetning en operation so utförs vid högre temperatur än rekristallisationstemperaturen.

7.2.3 Kallbearbetning, kalldeformation, plastisk deformation.

Plastisk deformation, vanligen utförd vid rumstemperatur. Mer precist är kallbearbetning en plastisk deformation utförd vid en temperatur som understiger rekristallisationstemperaturen.
Eftersom materialet inte ges möjlighet att rekristallisera efter den plastiska bearbetningen så kvarstår följderna av den, t.ex. lokal hårdhetshöjning (deformationshårdnande) och deformerad kornstruktur, under lång tid. Deformationshårdnandet i sig orsakas dels av felställen, som skapats i materialets kristallstruktur, som dislokationer och vakanser. Dels orsakas hårdhetshöjningen också av att kornstorleken blir finare, eftersom korngränserna fungerar på samma sätt

Kalldeformation är ett materialtillstånd som uppkommer vid deformation under rekristallisationstemperaturen. Kalldeformationstillståndet innebär i allmänhet att materialet får en förhöjning av sträckgränsen och en sänkning av deformationsreserven till brott. Materialets seghet (t.ex. enligt Charpy-V-provning) brukar också försämras.

Med plastisk deformation menas den efter avlastning kvarstående deformationen (SS 01 66 01). Ett material som deformeras under en yttre kraft undergår dels en reversibel formförändring, den elastiska deformationen, dels om belastningen är tillräckligt stor därutöver en irreversibel formförändring, den plastiska deformationen. Sedan kraften avlastats återstår den irreversibla deformationen. Ferritiska stål deformeras elastiskt upp till sträckgränsen. Är belastningen högre ”flyter det”, d.v.s. det kall deformeras, varvid den totala deformationen är summan av den elastiska deformationen och kalldeformationen. När stålet avlastas, så återgår det till spänningslöst tillstånd, nu förlängt med den plastiska deformationen, medan den elastiska deformationen är reversibel och har avlastats.

Feritiska stål vid högre temperatur och austenitiska stål har ingen utpräglad sträckgräns, utan där får materialdeformationen ett plastiskt bidrag redan från början, vilket sedan ökar i betydelse ju mer materialet deformeras.

7.3 Värmebehandling

7.3.1 Värmebehandling

Upphettning resp. kylning av material efter ett visst schema för att det skall få vissa egenskaper. Exempel på värmebehandling kan vara glödgning, seghärdning, släckglödgning, normalisering m.m.

7.3.2 Anlöpning

Värmebehandling vid viss temperatur (under rekristallisationstemperaturen) för att ge ett material vissa materialegenskaper, t.ex. avspänningsglödgning efter svetsning eller av ett gjutgods eller liknande konstruktion.

En annan form av anlöpning är värmebehandling efter härdning av ett seghärdningsstål. Härdstrukturens martensit omvandlas vid värmebehandlingen till ferrit och karbider.

7.3.3 Avspänningsglödgning

Värmebehandling efter svetsning (Post weld heat treatment, PWHT). Avsikten är att sänka restspänningsnivån och anlöpa i svetsarna eventuellt bildad härdstruktur, samtidigt som de fordrade hållfasthetsegenskaperna inte skall påverkas negativt.

7.3.4 Härdning

Värmebehandling av ett stål för att avsiktligt ge det härdstruktur (martensitbildning). Man värmer stålet så att det omvandlas till austenit, varpå man kyler det med vatten eller olja. Martensiten anlöpes vanligen efter själva härdningen, så att man får en önskad kombination av hög hårdhet och tillräcklig seghet (seghärdning).

7.3.5 Mjukglödgning

Värmebehandling av ett stål för att sfäroidisera karbiderna. En mjukglödgning ökar bearbetbarheten och sänker hårdheten. Det kan förekomma att man mjukglödgar tubändar före invalsning. Materialet upphettas då till rekristallisationstemperaturen, vilket gör mjukglödgning till en mer omfattande värmebehandling än ”anlöpning”.

7.3.6 Normalisering

Värmebehandling av ett ferritiskt stål genom upphettning till austenitområdet (ca 900°C) varefter det får svalna i luft. Efter en normalisering av ett kolstål eller ett låglegerat stål så har det återfått en ”normal” struktur, dvs. den struktur sådana stål har i leveranstillståndet.

7.4 Utförandeformer

7.4.1 Rör och rörtillverkning

Olika metoder finns för att tillverka tryckkärlsrör, se nedan.

Sömlösa rör. Rör/tub utan längsgående eller spiralgående svets, framställd genom extrudering eller genom hålvalsning. För ferritiska tryckkärlsrör gäller leveranskontroll specificerad i avsnitt 9 och 10 enligt SS-EN 10216-2, för rostfria tryckkärlsrör gäller på samma sätt motsvarande i SS-EN 10216-5.

Extruderade sömlösa rör. Det är vanligt att extruderade rör sedan också valsas till slutdimension, t.ex. med pilgervalsning över dorn. Kompoundtuber är vanligen framställda genom extrudering i kombination med finkalibrering genom pilgervalsning.

Valsade sömlösa rör. Flera olika valsningsmetoder med och utan dorn finns.

*Svetsade rör***.** Rör/tub framställd av ett bockat band, som svetsas utefter sin längd. Svetsade rör av kolstål för tryckkärl finns enligt SS-EN 10217-2, men Sodahus-

kommittén avråder från användning av sådana, åtminstone för de tuber som kommer till användning i eldstaden.

Längssvetsade rör, tillverkade av band, som bockas till rörform och får en rak längsgående svets, ofta gjord utan tillsatsmaterial. Längssvetsade rör förekommer för användning i tryckkärl, men rekommenderas inte för användning i sodapannor. . Längssvetsade rör finns standardiserade i Sverige enligt SS-EN 10217-2 för ferritiska stål.

Spiralsvetsade rör, vilka tillverkas av band som bockas till rörform och som därför får en spiralformig längsgående svets. Spiralsvetsade rör rekommenderas endast för enklare ändamål. Särskilt vid rörböjar får man höga böjspänningar i svetsarna.

Sodahuskommittén rekommenderar att man *enbart använder sömlösa* tryckkärlsrör till kritiska delar av sodapannor.

7.4.2 Tub

Svensk materialstandard använder idag bara begreppet ”rör”, däremot skiljer t.ex. ASME på ”tubes” och ”pipes”. TNC (i ”Ord och Uttryck”) begränsar ”tub” till rör som används för värmeväxling, t.ex. ångpannetuber. TNC önskar emellertid inte göra några detaljingrepp i den vildvuxna flora av detaljuttryck där orden ”rör” och ”tub” kommer till användning omväxlande om varandra. Normalt får man säga att där det står ”tub” så avses det ett rör, vanligen med vissa inte alltför omfattande dimensioner.

Dimensionering av de rör som ingår i en ångpanna sker enligt SS-EN 12952-3.

7.4.3 Ångpannetub

Tryckkärlsrör som ingår i ångpanna och som används för värmeväxling. Normalt enligt standarden SS-EN 10216-2:2013 eller som kompoundtub enligt SS-EN 12952-2, Annex C.

7.4.4 Kompoundtub

Ångpannetub som består av två koncentriska skikt med olika materialsammansättning. Kompoundtuber för sodapannor har i allmänhet ett inre skikt av kolstål eller kol-molybdenstål för vattenberörda ytor alternativt för överhettare ett inre skikt av något låglegerat varmhållfast ferritiskt stål och ett yttre skikt med ett korrosionsbeständigt höglegerat rostfritt stål eller en nickelbaslegering.

För ekonomisers har (tidigare) använts en typ av kompoundrör med ytterkomponent av gjutjärn och innerkomponent av kolstål.

7.4.5 Plåt

Material (i allmänhet en metall) i form av valsade flak. Plåt valsad på rulle förekommer också. Plåten valsas i plåtvalsverk mellan släta valsar i plåtvalsverk, varvid utgångsmaterialet, platinen, förlängs, så att plåtarna blir kraftigt rektangulära. Vid valsningen gäller det att hålla breddningen under kontroll, så att den färdiga produkten får önskade dimensioner efter kantklippningen.

7.4.6 Plåtens Z-hållfasthet

En viktig egenskap hos plåt är hållfastheten i tvärriktningen, dvs tvärs plåttjockleken. Vissa materialsammansättningar tenderar att ge laminerad plåt, dvs att plåten blir uppbyggd av successiva lager med sämre metallurgisk bindning dememellan. I extremfall kan plåten dela sig, t.ex. plåten till skotten till en oljetanker, om man ansluter vinkelställda skott från var sida.

7.4.7 Smide

Arbetsstycke som färdigställts genom plastisk bearbetning, t.ex. sänksmide eller friformssmide. Smide för tryckkärl SS-EN 10222.

7.4.8 Gjutstål

Järnlegering avsett för framställning av stålgjutgods och med lägre kolhalt än gjutjärn (TNC).

Gjutstål för tryckkärlsändamål skall vara smid- och svetsbart, vilket beroende på mängden legeringsämnen innebär att för höga kolhalter måste undvikas. T.ex. för kolstål anses stål med kolhalt högre än 0,25 % vara mindre lämpliga för svetsning och är endast tillåtna för allmänna ändamål. Exempel på tillämpningar är pumphus, ventilhus, turbinhus och liknande. Svensk standard för gjutstål för tryckkärlsändamål är de olika delarna av SS-EN 10213.

7.5 Korrosion, frätning

7.5.1 Korrosion, frätning.

Materialförlust genom kemisk upplösning av materialet under omvandling till någon korrosionsprodukt, som vanlig rost, den svampiga bruna järnhydroxiden FeOOH. Korrosion kan uppträda både som en allmän avfrätning av de korroderande ytorna, eller som en kemiskt/elektrokemiskt orsakad sprickbildning inne i materialet. Andra former av korrosion är lokal korrosion i form av punktfrätning resp. spaltkorrosion.

Vid hög temperatur sker korrosionen i form av oxidbildning på ytan, det är helt olika kemiska processer jämfört med korrosion i vätskelösning eller under fuktiga förhållanden.

7.5.2 Erosion

Materialförlust genom mekanisk nötning mot den eroderande ytan. Det handlar mycket om passivskiktets beständighet.

7.5.3 Erosionskorrosion

Angrepp till följd av samtidig mekanisk nötning (erosion) och korrosion genom inverkan av ett hastigt strömmande medium (fast medium eller vätska).
Begreppet “erosionskorrosion” används i en mängd olika sammanhang på vitt skilda korrosionsfenomen, alltså även i teoretiska förklaringsmodeller med enbart vätskeströmning och där någon mekanisk erosion (nötning) icke förekommer. Begreppet bör

användas med en viss försiktighet och man bör förklara vad man menar i det enskilda fallet.

Vid vätskeflödesbetingad erosionskorrosion (t.ex. i matarvattenledningar) bildade utbredda frätgropar har i regel de korroderade partierna blanka ytor fria från korrosionsprodukter. De är ofta underskurna i strömningsriktningen, vilket innebär att de i tvärsnitt uppvisar en underskuren ytzon pekande åt motsatt håll mot strömningen. Ibland har frätgroparna en karakteristisk hästskoform.

Erosionskorrosion påskyndas av gasblåsor eller fasta partiklar suspenderade i vätskan och som ger en mekanisk nötning av det korrosionsskyddande passivskiktet (Definition enligt SS-ISO 8044).

7.5.4 Interkristallin korrosion, korngränsfrätning

Korrosion med materialförlust som pågår i eller tätt intill korngränser (TNC 67). Korrosionen sker från ytan och inåt och efterlämnar ett uppluckrat ytskikt som saknar all mekanisk stabilitet. Interkristallin korrosion förekommer framförallt hos vissa rostfria stål, t.ex. efter svetsning (TNC 67). Är kolhalten i stålet för hög, så kan det bildas ett sammanhängande skikt av kromkarbider i korngränserna, vilket utarmar det rostfria stålet på krom intill skiktgränsen. Det utarmade skiktet är sedan inte tillräckligt beständigt, utan korrosionen fortskrider utefter korngränserna.

Rostfria tryckkärlsrör stål bör därför vara provade enligt SS EN ISO 3651-1 resp. -2 eller motsvarande.

7.5.5 Spaltkorrosion

Lokal korrosion med materialförlust som pågår i trångt vätskefyllt utrymme (TNC 67).

Spaltkorrosion orsakas i regel av luftningsceller (skillnad i koncentration av löst luft-syre), vilka uppkommer till följd av försvårad vätskeströmning i det trånga utrymmet. Spalt-korrosion kan t.ex. uppträda mellan plåtar som är pressade mot varandra och på tätningsytorna i ett flänsförband. Syret konsumeras på de fria ytorna, medan material-förlusten sker inne i spalten. Finns det klorider i fukten utanför spalten kan man få den effekten att dessa vandrar in i spalten och ger upphov till en uppkoncentrerad korrosionslösning. Spaltkorrosionen underhåller på detta sätt sig själv med syrekoncentrationscellen som drivkraft. Oftast är passivskiktet utanför spalten oskadat, medan korrosionslösningen inne i spalten är så uppkoncentrerad att passivskiktet går i lösning och den underliggande metallen blottläggs för korrosionsangreppet. Spalten och luftnignscellen utgör utgångsläget för korrosionsprocessen som sedan förstärks genom uppkoncentrationen allteftersom korrosionen fortgår.

Har man en alkalisk korrosonslösning kan spaltkorrosion orsaka sprickbildning inne i spalten framförallt om materialet är värmt från andra sidan. Då triggar man också här en uppkoncentrationsprocess, där vätskan inne i spalten blir mycket kraftigt uppkoncenterad o förhållande till omgivningen. Exempel på detta är nitade skarvar i gamla ångpannor och inpressade tuber i ångpannedomar.Spänningskorrosionen so initieras inne i spalterna kan sedan föröda det omgivande materialet ordentligt. För tubinfästningarna tillkommer det dragspänningstillstånd i dommaterialet som håller

tuberna på plats och som blir en tillkommande faktor som underlättar korrosionsangreppet.

7.5.6 Spänningskorrosion, Spänningskorrosionssprickning (lutsprödhet).

Oftast bara kallat ”spänningskorrosion”. Sprickbildning orsakad av spänningskorrosion. Spänningskorrosion uppträder i material som i korrosiv miljö utsätts för dragpåkänningar orsakade t.ex. av inre restspänning eller av en yttre belastning.(Definition enligt SS/ISO 8044). Spänningskorrosion är en funktion av dels korrrosionsmediet, dels korrosionsmiljön, dels spänningstillståndet och slutligen det till applikationen använda materialet.

Spänningskorrosionssprickning kan vara transkristallin (sprickan skär tvärs igenom metallens kornstruktur) eller interkristallin (sprickbildningen sker i korngränserna).

De medier som framförallt orsakar spänningskorrisonssprickor i stål är framförallt klorider, starkt alkalisk miljö och sulfider. Temperaturer över ca 100^{o}C är oftast nödvändiga, men spänningskorrision i mässingslegeringar kan man ha problem med redan vid rumstemperatur, där är det dessutom ammoniak och nitrater som ligger bakom sprickningen.

Alkalisk spänningskorosion i kolstål, s.k. lutsprödhet, kan man stöta på redan vid normala varma koncentrerade lutlösningar, medan alkalisk spänningskorrosion i rostfria stål kräver högre temperaturer och gärna en kombination av alkalier och sulfider. Här är den bästa beständigheten hos nickel och nickelbaslegeringar, samtidigt som de har sina svaga sidor.

Klorider är annars den mest kända riskfaktorn för spänningskorrosion i rostfritt stål, t.ex. i blekerierna, men i sodapannan är det mer sulfidhaltiga alkalilösningar som utgör den dominerrande risken.

Oavsett korrosionsmedium skall man se upp med risken för uppkoncentration av korrosionsmediet. Värmda ytor är särskilt utsatta, t.ex. centralrören i sulfatkokare, som kan bli kraftigt uppspruckna, trots att beskickningen i kokaren långtifrån är så koncentrerad att den skulle kunna ge upphov till spänningskorrosion vid den temperatur som den värmda ytan, i fallet med sulfatkokaren centralröret, håller. Uppkoncentrationen beror på termisk diffusion, korrosionsmediet diffunderar/rör sig mot den värmda ytan, resultatet blir en koncentrerad soppa som förmår att skapa stora korrosionsproblem, vare sig det sedan blir i form av spänningskorrosion eller allmän avfrätning. Med benägna för sådan här uppkoncetnration är alkalier och svavelsyra, men även vattenledningsvatten som droppar ner på en varm rörledning eller på en uppvärmd cistern kan orsaka spänningskorrosionssprickning om den är utförd i autentiskt (d.v.s. vanligt) rostfritt stål och vattenledningsvattnet inte är fritt från klorider.

7.5.7 Utmattning

Inverkan på ett material av en många gånger upprepad lastcykel. Utmattning kan leda till sprickbildning, i regel transkristallin sprickning utan kontraktion (TNC 67).

Den upprepade lasten kan bestå av enbart återkommande eller växlande drag-påkänning eller av en upprepad växling mellan drag- och tryckspänning.

7.5.8 Korrosionsutmattning

Korrosionsprocess som förekommer när material utsätts för växlande belastning i en korrosiv miljö. Korrosionen sker i samverkan med utmattning av materialet. (Definition enligt SS-EN ISO 8044).

7.5.9 Magnetitskikt

Skikt av järnoxiden Fe_3O_4 på stålyta. Vanligen menas här det oxidskikt som bildas på vatten- och ångsidan i en ångpanna.

Magnetitskiktet fungerar som en barriär mellan stålet och pannvattnet, där det skyddar det underliggande stålet mot korrosion. Magnetitskiktet består i sin tur av två skikt, det inre topotaktiska skiktet, som är det egentligen skyddande oxidskiktet och ett poröst uppbyggt yttre skikt, det epitaktiska skiktet.

Det skikt som bildas vid oxidation i luft innehåller vanligen förutom magnetitskiktet, Fe_3O_4, också ovanpå detta ett skikt av hematit, Fe_2O_3. Vid oxidation över ca 600°C bildas dessutom ett skikt av wüstit, FeO, mellan magnetitskiktet och den underliggande metallen. Ett sådant sammansatt skikt med wüstit sitter sämre fast vid underlaget och skyddar dåligt mot fortsatt oxidation.

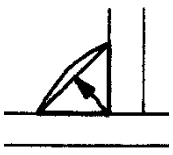
7.5.10 Glödskal

Det skikt som bildas på ett material vid korrosion vid hög temperatur. Traditionellt menas det glödskal av järnoxider (magnetit, hematit) som bildas på ytan vid upphettning av stål i luft.

7.6 Svetsning och svetsmetoder

7.6.1 a-mått

Mått på svetssträngens tjocklek vid käl svets. Måttet räknas som höjden i den i svets-strängen inskrivna triangeln.



7.6.2 Arbetstemperatur

Förhöjd arbetstemperatur innebär att man håller arbetsstycket värmt till minst denna temperatur under hela den tid som svetsningen pågår. Ibland kan det krävas ytterligare väntetid innan arbetsstycket kan tillåtas att svalna.

Förhöjd arbetstemperatur (ofta kallat: förvärmning) vid svetsning tillgrips för att motverka anmartensitbildning. Genom den högre arbetstemperaturen minskar risken för vätesprickor under svalningen efter svetsningen. Avsikten är också att mildra de uppkomna svetsspänningarna. Förvärmning torkar även upp kring svetsstället, så att hydrogenupptag i svetsgodset motverkas. Därför kan även en enkel förvärmning av ett arbetsstycke i t.ex. ett olegerat kolstål, där det knappast föreligger risk för martensitbildning, ändå göra att gasporer och liknande undvikes.

7.6.3 Arteget tillsatsmaterial

Tillsatsmaterial med samma sammansättning som det grundmaterial som skall svetsas.

7.6.4 Austenit

Form av stål (ytcentrerad kubisk gitterstruktur). Även olegerat kolstål är austenitiska i temperaturområdet 910-1400°C. Rostfria stål består även vid rumstemperatur vanligen av austenit förutsatt att de innehåller minst 8 % nickel.
Austenit är omagnetiskt.

7.6.5 Belagda elektroder

Tillsatsmaterial för svetsning i form av en kort stång/tråd med normalt 2-5 mm diameter och vilken belagts med ett skikt av slaggbildande komponenter.

7.6.6 Betyg 1-5

Tidigare använd betygsskala för bedömning av svetsar enligt International Institute of Welding (IIW). Betyg anges med färgbeteckningarna röd (1), brun (2), grön (3), blå (4) och svart (5), där (1) är sämst och (5) är bäst**.**
Numera tillämpas tabell 9-4-1 i SS-EN 12952-6 och motsvarande tabeller i normerna SS-EN 13445-6 och SS-EN 13480-6.

7.6.7 Ferrit

Form av stål (rymdcentrerat kubisk gitterstruktur). Vanliga stål med ferritisk kristallstruktur är kolstål och varmhållfasta låglegerade stål. Ett antal rostfria stål utan nickel är också ferritiska.

Stål som innehåller ferrit är magnetiska, varvid de magnetiska egenskaperna beror på andelen ferrit i mikrostrukturen, t.ex. i austenitiska ståls svetsar.

7.6.8 Ferrit-austenitiska stål

Det finns ett antal ferrit-austenitiska stål, vilka består av en blandstruktur med ungefär lika mycket ferritisk fas som austenitisk fas. Nickelhalten ligger i ett mellanområde runt 4-6%. Ferrit-austenitiska stål har en högsta användningstemperatur. Ligger användningstemperaturen över 200^{o}C à 250^{o}C bör eventuella försprödningstendenser beaktas.

7.6.9 Flamriktning

Sätt att deformera material genom uppvärmning. Genom ett genomtänkt värmningsschema kan man kompensera för redan befintliga snedheter i arbetsstycket.

7.6.10 Fogberedning

Beredning av de kanter av arbetsstycket som skall svetsas till varandra, så att de får en form som underlättar den efterföljande svetsningsoperationen.

7.6.11 Förvärmning, arbetstemperatur

Arbetstemperatur (äldre benämning: förvärmning) innebär att man värmer arbetsstycket före svetsningen, med avsikt att det även skall hålla sig minst så varmt medan svetsningen utföres. Arbetstemperatruren/förvärmningstemperaturen är den temperatur arbetsstycket har omedelbart innan svetsningsoperationen inledes.

7.6.12 Genomsvetsning

Svets, där man har smält upp tillräckligt mycket grundmaterial så att rotfel inte uppkommer.

7.6.13 Grundmaterial

Före svetsningen materialet i arbetsstycket, efter svetsningen materialet i arbetsstycket med undantag av svetsgodset.

7.6.14 Horisontalsvets

Svets i horisontalläge, svets i eller i närheten av horisontalplanet, med toppytan på arbetsstyckets ovansida. Svetsning har skett ovanifrån.

7.6.15 Häftsvets

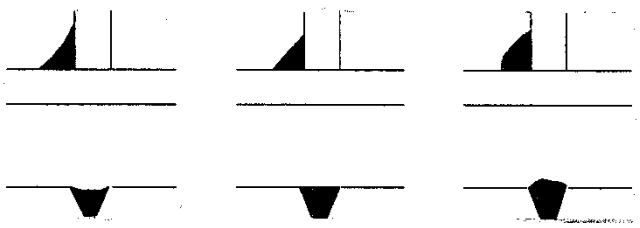
Intermittent svets avsedd för sammanhållning före svetsning.

7.6.16 Härdstruktur

Detsamma som att man har övervägande martensit i stålets mikrostruktur i ett område.

7.6.17 Insjunken svets

Svets där svetsrågens ytteryta ligger insjunken i förhållande till svetsrågens kanter. En insjunken käl svets ger ett mindre a-mått, men om a-måttet är tillräckligt är det inget fel att en käl svets är insjunken. En insjunken stumsvets är i normalfallet att betrakta som felaktigt utförd.



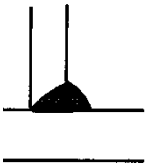
Insjunken svets struken svets rågad svets

7.6.18 Kantvinkel

Mått på lutningen på fogberedd kant som skall svetsas.

7.6.19 Käl svets

Svetsning av två arbetsstycken mot varandra, där de svetsade kanterna ligger i vinkel mot varandra (se figuren). En käl svets är inte genomsvetsad, utan har ett konstruktivt rotfel. En genomsvetsad käl svets kallas ofta K-svets eller halv K-svets.
Exempel på käl svets: Enklare avstickare till rör; svetsning av fenor till ångpannetuber. Bägge dessa svetsar utförs dock ofta som halv K-svets med genomsvetsad rot.



Exempel på halv K-svets, dvs genomsvetsad käl svets utan kvarstående rotfel: Manluckssvetsar och rörstutsar i domar är på hel K-svets, dvs man svetsar från båda hållen så att svetsgodsen möts i mitten och det inte blir något rotfel. Äldre utförande var dock vanligen med inbyggt rotfel.

7.6.20 Lucksvets

Sätt att skarva två tuber i sådana fall där skarven bara är åtkomlig från ett håll. Vid fogberedningen lämnar man en öppning vänd mot svetsaren. Tuberna svetsas ihop från insidan, varvid man arbetar genom öppningen. Därefter svetsas öppningen igen med en fogberedd lucka i form av en bit tub som passar i storlek och form till den öppning man arbetat igenom.

7.6.21 MAG-svetsning

Gasmetallbågsvetsning med en smältande trådelektrod och med en kemiskt aktiv skyddsgas (t.ex. CO_2-svetsning).

7.6.22 Manuell metallbågsvetsning

Bågsvetsning med en handhållen smältande belagd elektro

7.6.23 Martensit

Härdstruktur i stål. Martensitstrukturen är hård och spröd och orsakar lätt sprickbildning intill svetsar. Martensitens kristalluppbyggnad består av en deformerad ferritstruktur. Martensit bildas genom omvandling av austenit genom en skjuvning av atomstrukturen i samband med avsvalning från austenittemperatur (t.ex. vid svetsning i kolstål vid temperaturer över 723°C).

Martensitfasen är övermättad på kol, vilket innebär att den sönderfaller till ferrit och karbidpartiklar vid upphettning (vilket benämns anlöpning).

Seghärdade stål består av anlöpt (förmjukad) martensit.

7.6.24 MIG-svetsning

Gasmetallbågsvetsning med en smältande trådelektrod i inert skyddsgas. Svetsningen är oftast automatiserad.

7.6.25 Nästsvets

Använd ordet ”*häftsvets*” istället.

7.6.26 Omvandlingszon

Den del av den värmepåverkade zonen, där grundmaterialet genomgått fasomvandling (austenitiserats).

7.6.27 Pulverbågsvetsning

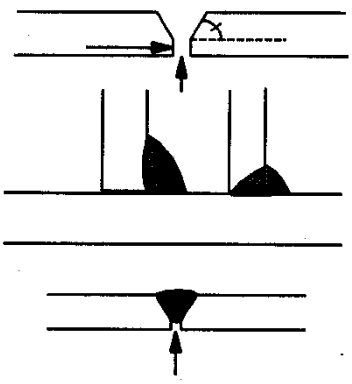
Metallbågsvetsning med trådelektrod eller bandelektrod med bågen under ett hölje av svetspulver, vilket bildar ett skyddande slaggtäcke under svetsningen.

7.6.28 Påsvetsning

Applicerande av svetsgods ovanpå annat material för att öka tjockleken eller för att få ett korrosionsbeständigt ytskikt (eller ett slitskikt).

7.6.29 Rotfel

Geometriskt fel (i form av en öppen spalt, se figuren) på baksidan av en ofullständigt genomsvetsad svets. Vid rotfel i en stumsvets kan man se kanterna av rotgapet på röntgenfilmen, eller på baksidan av svetsen om man tittar från andra sidan (vid svetsning från en sida). Rotfel kan också ligga gömt inne i svetsen (vid svetsning från båda sidor).



Stumfog med rätkant, kantvinkel, och rotgap.

Käl svets till vänster med s.k. konstruktivt rotfel.
Halv K-svets till höger.
Genomsvetsad rot.

Stumsvets med rotfel.

7.6.30 Rotgap

Avståndet mellan två fogberedda kanter som skall svetsas. Man fixerar ofta rotgapet genom att svetsa kanterna till varandra med små häftsvetsar på jämna avstånd.

7.6.31 Rågad svets

Svets där svetsrågens ytteryta är konvex. Observera att den utskjutande delen av svetsrågen inte utgör någon förstärkning. Övergången mellan svetsgods och grundmaterial bör ges en så jämn utformning som möjligt för att spänningskoncentration vid smältgränsen skall undvikas.

7.6.32 Rätkant

Del av fogberedd kant för svetsning, vilken är vinkelrät mot svetsstyckets plan.

7.6.33 Skarvsvets

Svets mellan arbetsstyckets delar.

Ordet ”*svetsskarv*” finns inte med i Svetskommissionens ordlista.

7.6.34 Skarvsvetsning

Svetsfog där bägge delarna ligger i samma plan.

7.6.35 Skyddsgas

Gas som tillförs till svetsställe för att avskärma det från omgivande atmosfär.

Aktiv gas
Skyddsgas, vilken innehåller komponenter, vilka reagerar med svetsbadet eller med o oxider på detta, t.ex. formirgas (kväve + väte) eller CO_2.
Inert gas
Skyddsgas, vilken ej reagerar med svetsbadet, t.ex. argon.

7.6.36 Spröda zoner

Vid svetsning bildas i många stål härdstruktur (martensit), vilken är känslig för sprickbildning. Martensitstrukturen avlägsnas genom anlöpning vid förhöjd temperatur.

7.6.37 Start- och stoppunkter

De ställen där man börjar och avslutar en enskild svetssträng, t.ex. vid elektrodbyte. Start- och stoppunkter brukar vara säte för svetsfel.

7.6.38 Struken svets

Svets där svetsrågens ytteryta är plan.

7.6.39 Stumfog

Svetsfog, där arbetsstyckets delar ligger i huvudsakligen samma plan.

7.6.40 Stumsvets

Svetsning mot varandra av två arbetsstycken liggande i samma plan. Ex. skarvsvetsning av rör, två plåtar i samma plan.

7.6.41 Svets

Genom svetsning åstadkommen förbindning.

7.6.42 Svetsfog

Ett för svetsning avsett, ofta särskilt utformat ställe mellan ett arbetsstyckes olika delar, vilka hålls i ett visst inbördes läge när svetsningen börjar.

Man har i Svetskommissionens ordlista definierat ordet ”svetsfog” som den del av arbetsstycket, där man avser att utföra svetsningen. Den utförda svetsen benämns ”svetsförband”. Utanför svetsområdet förekommer ett vacklande språkbruk, där ordet ”fog” kan användas både för att beteckna arbetsstället och det utförda förbandet.

7.6.43 Svetsförband

Skarvsvets jämte angränsande partier av arbetsstycket.

7.6.44 Svetsgods

Uppsmällt grundmaterial jämte eventuellt insmält tillsatsmaterial.

7.6.45 Svetsning

Hopfogning av två eller flera materialstycken genom sammansmältning till ett helt. Vanligen smälter man den blivande svetsfogens kanter, ofta tillsammans med ett tillsatsmaterial i form av tråd eller stav, varefter det uppsmälta materialet stelnar till en homogen fog mellan arbetsstyckena. Hopfogningen kan även ske genom lokal plastisk flytning respektive genom atomär diffusion.

7.6.46 Svetssträngar

Sträng av vid svetsningen uppsmält material. Det tidigare smälta materialet kommer från dels tillsatsmaterialet, dels består det också av uppsmält grundmaterial från fogkanterna.

7.6.47 Svetstråd

Tillsatsmaterial i form av tråd, för MIG och pulverbågsvetsning på rulle, för TIG-svetsning i form av ungefär halvmeterlånga längder.

7.6.48 TIG-svetsning (gas-volframsvetsning m.fl. termer)

Gasbågsvetsning med ljusbågen till en icke-smältande volframelektrod och med ett gasskydd med inert skyddsgas. Tillsatsmaterialet tillsätts som en (oftast handhållen) separat tråd. TIG-svetsning kan även ske utan tillsatsmaterial.

7.6.49 Tillsatsmaterial

Material, vanligen i form av en tråd eller en kort stav, vilket tillföres svetsfogen som utfyllnad under svetsningen (”*insmältning*-”), så att den färdiga svetsen får en eftersträvad geometri och dimension.

Vid många elektriska svetsprocesser går ljusbågen mellan tillsatsmaterialet och arbetsstycket (exempel: manuell metallbågsvetsning), vid andra kan ljusbågen gå mellan arbetsstycket och en särskild motelektrod, medan tillsatsmaterialet då kan tillföras separat (exempel: TIG-svetsning).

7.6.50 Trippelpunkt

Ställe där flera svetsar i en svetskonstruktion möts.

7.6.51 Under-uppsvets

Svets i under-uppläge, svets i eller i närheten av horisontalplanet, med toppytan på arbetsstyckets undersida. Svetsningen har skett underifrån.

7.6.52 Vertikalsvets, vertikalsvetsning

Man skiljer på:
Fallande vertikalsvets, där svetsen går lodrätt och svetsningen är utförd uppifrån och nedåt.

Liggande vertikalsvetsning med svetsskarven gående horisontellt längs med ett lodrätt arbetsstycke.

Stigande vertikalsvets, där svetsen går lodrätt och svetsningen är utförd nedifrån och uppåt.

7.6.53 Värmepåverkad zon, svetspåverkat grundmaterial, HAZ

Den del av grundmaterialet som påverkats av värmningen från svetsningen så att strukturen omvandlats (här: austenitiserats) eller påverkats (här: anlöpts) av värmet från svetsningen.

7.6.54 Värmespänning

Spänningar som uppkommer i en konstruktion på grund av termisk längdutvidgning och skillnader i temperatur mellan olika delar.
Värmespänningarna kan bli bestående sedan temperaturen i arbetsstycket utjämnats.

7.6.55 Överlegerat tillsatsmaterial

Efter svetsning består materialet i svetsgodset av en blandning av tillsatsmaterialet och av uppsmält grundmaterial från fogkanterna. I svetsgodset kan legeringsämnena vara mycket oregelbundet fördelade, så att halterna lokalt kan bli för låga. Vid vissa materialkombinationer kan det därför vara nödvändigt att använda speciella tillsatsmaterial med högre legeringsinnehåll för att svetsgodset överallt skall få en acceptabel sammansättning. Vilket tillsatsmaterial som är lämpligt att välja beror av materialkombinationen i det enskilda fallet.
Speciellt vid svetsning av kolstål och austenitiskt rostfritt stål till varandra erfordras ett överlegerat tillsatsmaterial med högre halt av krom och nickel.

7.7 Infästning av tuber i domar och lådor

7.7.1 Eftervalsning

Valsning av tubände efter det att den först invalsats och sedan tätsvetsas.

7.7.2 Invalsning (av tub)

Sätt att med plastisk bearbetning fästa ångpannetub i ett förborrat hål i en dom, låda, tubplåt eller motsvarande genom att vidga änden så att man får ett tätt klämförband mellan den vidgade tubänden och insidan av det borrade hålet. För ändamålet används speciella verktyg.

7.7.3 Kontaktvalsning

Ett första moment vid invalsning är att man ökar tubändens diameter med pressverktyget till dess att tubänden lätt fäster emot tubhålets väggar. Därefter vidtar själva invalsningen, varvid både tubänden och tubhålets väggar i normalfallet deformeras plastiskt.

7.7.4 Pressning (av tub)

Detsamma som Invalsning.

7.7.5 Stuts

(Observera stavningen!) Den del av ett rör som är fäst till en plåt av något slag (större rör, mantel, tubplåt eller liknande). Stutsen kan ofta vara enbart ett kortare rörstycke, till vilken den anslutande rörledningen svetsas eller flänsas. Även uttrycket ”*stos*” har förekommit.

I speciella fall kan stutsen vara en utsmidd del av plåten ifråga.
För dimensionering av stutsar i tryckkärl och rörledningar hänvisas till SS-EN 12952-3 resp. SS-EN 13445-3 och SS-EN 13480-3.

7.7.6 Tät svetsning

Sätt att förbättra tätheten hos en tidigare invalsad tubände genom att lägga vanligen två eller flera svetssträngar runtom tuben mellan tuben och tubplåten (domplåten). Svetsens huvuduppgift är att täta invalsningsförbandet.

Vid insvetsning av stuts eller grövre rör, som fallrör och liknande, talar man om kraftsvetsar, men det är tveksamt om det uttrycket är vedertaget. Röret är då vanligen svetsat till manteln med någon form av K-fog.

7.8 Termisk sprutning av metalliska beläggningar

7.8.1 Bindhållfasthet

Hållfastheten räknad mellan det påsprutade skiktet och substratet. Sorten för bindhållfasthet är oftast N/mm^2.

7.8.2 Bindskikt

Vid behov appliceras ett speciellt bindskikt, vanligen av nickel och aluminium, vilka tillsammans bildar Ni_3Al och NiAl. Reaktionen är exoterm, så att pulvret smälter ihop med substratet vid sprutningen.

7.8.3 Densitet

Ibland avser man med densitet motsatsen till porositet, dvs. man anger densiteten i procent (t.ex. verklig materialvolym i procent av skiktets volym).

7.8.4 Detonationssprutning

Påsprutning med detonerande gasblandning.

7.8.5 Flamsprutning

Tillsatsmaterialet i form av tråd eller pulver smälts i sprutmunstycket med en (acetylengas-) flamma och sprutas på substratet med en bärgas (vanligen tryckluft). En vanlig flamtemperatur kan vara 3100°C.

7.8.6 Fysikalisk bindning

Skiktet fäster med van der Waalskrafter till substratet.

7.8.7 Högenergiplasmasprutning

Den uttagna effekten är > 40 kW.

7.8.8 Höghastighetssprutning

Processen använder tryckluft och en bränngas blandad av oxygen och propan eller oxygen och hydrogen (knallgas!). Partikelhastigheten kan vara ca 800 m/s eller högre.

7.8.9 Kallsprutning

Arbetsstycket är inte uppvärmt. Det påsprutade skiktet består av stelnade partiklar och inte av sammansmälta metalldroppar. Skiktet och substratet är ungefär 200°C varma.

7.8.10 Ljusbågssprutning

Tillsatsmaterialet i form av tråd smälts i sprutmunstycket med värmen från en ljusbåge mellan två elektroder på var sin sida om den tråd som påsprutas. Tillsatsmaterialet slungas mot substratet med hjälp av en inert bärgas (t.ex. tryckluft). Bågtemperaturen kan vara i storleksordningen 6000°C.

7.8.11 Lågenergiplasmasprutning

Den uttagna effekten är < 40 kW.

7.8.12 Mekanisk bindning

De smälta partiklarna krymper fast på ytan.

7.8.13 Metallurgisk bindning

Grundmaterialets yta smälter upp och bildar en kontinuerlig metallisk övergång mellan substrat och påsprutat skikt. Intermetalliska faser kan förekomma i skiktet.

7.8.14 Plasmasprutning

En gasblandning (plasmagasen) drivs genom en ljusbåge och joniseras. Tillsatsmaterialet (vanligen i form av pulver) sätts till den joniserade gasen bortom ljusbågen.

7.8.15 Porositet

Förhållandet mellan porvolym och skiktvolym. Anges i procent.

7.8.16 Pulversprutning

Påsprutning av pulverformigt tillsatsmaterial.

7.8.17 Sprutavstånd

Avståndet mellan munstycke och arbetsstycke.

7.8.18 Substrat. Underlag

Det arbetsstycke man sprutar på.

7.8.19 Trådsprutning

Påsprutning med tillsatsmaterialet i form av en tråd.

7.8.20 Varmsprutning

Påsprutning, där skiktet är smält under påsprutningen. Man kan också ha en process där det påsprutade skiktet smälts efter påsprutningen.

7.8.21 Uppbyggnadspulver

Vid påsprutning av tjocka skikt på hårda substrat (hårdare än ca 45 HRC) kan det förekomma att man lägger ett mjukare skikt under det hårda för att bygga upp tjockleken. Ex: Vid reparationer av ventilsäten.

8 Tekniska grundbegrepp

8.1 Absorption

Inträngning och upptagning av vätska, gas eller energiform i ett ämne utan att någon kemisk reaktion äger rum. Exempel: Uppsugning av fukt i ved, upptagning av SO_2 i skrubbervätska, upptagning av värme i en ångpannetub.

8.2 Adsorption

Fysikalisk eller kemisk upptagning och bindning till fasta ämnens yta av molekyler eller joner från andra ämnen i vätskor och gaser. Exempel: Bindning av SO_3 i sodahusrökgas till i gasen förekommande Na_2SO_4-partiklar (verkar starkt pH-sänkande på stoftet), bindning av illaluktande eller giftiga ämnen till aktivt kol.

8.3 Alkaliseringsmedel

Kemiskt ämne som används för att pH-justera tex matar-/pannvatten eller ånga/kondensat.
Kemikalier som används är natriumhydroxid, NaOH och ammoniak,NH3. Se närmare i rekommendation C 4.

8.4 Antändningstemperatur

Är den lägsta temperatur då en bränslegas som avges från ett bränslets yta kan antändas med en extern tändkälla eller den lägsta temperatur vid vilken ett ämne eller material kan fås att brinna.
Antändningstemperatur bestäms vid standardiserad provning

Antändningstemperaturen resp. risken för gasexplosion beror på hur bränslet tillförs eller hur gasen är inblandad. För en antändningsbar gasblandning gäller ett diagram för explosionsgränsen. Se ” Gas explosion handbook”, som finns som länk på hemsidan under ”Rapporter-Övriga dokument”.

8.5 Atomiseringstryck

Vid förbränning av vätskeformiga bränslen måste bränslet finfördelas i brännarmunstycket för att förbränningen ska bli effektiv. Detta kan göras genom det tryck som man har hos det vätskeformiga ämnet eller med ånga alternativt tryckluft. Atomiseringstrycket är det tryck man måste ha för att uppnå den finfördelning som behövs.

8.6 Brännbarhetsområde

Brännbarhetsområde är den blandning av brännbar gas med luft (mätt i volymprocent brännbar gas) för ett ämne som behövs för att ämnet ska kunna brinna.
Om blandningen har för låg koncentration brännbar gas kallas blandningen mager eller att den är under explosionsgränsen. Om koncentrationen av brännbar gas istället är för hög kallas blandningen fet eller att den är över explosionsgränsen. Området mellan dessa intervall definieras som brännbarhets- eller explosionsområdet för ett brännbart ämne.

Bränsleblandningar med halter nära kring explosionsgränsen är särskilt farliga, eftersom de kan antändas okontrollerat. Ligger bränsleblandningens sammansättning väl innanför explosionsgränserna, så förbränner den direkt, är blandningen för mager eller för fet så tänder den inte heller, men en bränsleblandning strax utanför explosionsområdet kan tända spontant. En fet bränsleblandning kan bli explosiv om den späds ut med falskluft.

8.7 Decibel, dB

Decibel används för att beskriva ljudnivå eller buller. Decibel [dB] är ett logaritmiskt mått.

8.8 Densitet

Densitet är kvot mellan vikt och volym för ett ämne, t.ex. en lut. Anges enligt SI-systemet i kg/m3 och i praktiken används även t/m^3.

Lutarnas densitet är beroende av lutstyrkan och av temperaturen.

8.9 Endoterm reaktion

Kemiskt förlopp varvid vid given temperatur och värme upptas (åtgår), eller mer stringent, reaktionsprodukterna tillsammans har högre *entalpi* än utgångsämnena.

Exempel: Reduktion av natriumsulfat med kol eller väte till natriumsulfid och koldioxid/vattenånga.

8.10 Exoterm reaktion

Kemisk reaktion som vid given temperatur sker under avgivande av värme, eller mer stringent, reaktionsprodukterna tillsammans har lägre entalpi än utgångsämnena.

Exempel: Förbränning av väte eller organiska bränslen med syre eller luft.

8.11 Entalpi

Värmeinnehåll hos ett medium vid konstant tryck.

8.12 Fosfatbuffert

Ett buffertsystem, även kallat buffert är en kemikalie som gör att pH-värdet ändras mycket lite vid tillsats av måttliga mängder av en syra eller bas. En buffert håller också pH-värdet ungefärligen konstant vid spädning med vatten.

I en fosfatbuffert utgörs denna kemikalie av en blandning av natriumfosfat, natriumvätefosfat och/eller natriumdivätefosfat.

8.13 Fuktig ånga

En blandning av mättad ånga och ej förångade vätskedroppar.

8.14 Färskångsystem

Med Färskångsystem avses den processutrustning inom vilket man tillverkar ånga för en fabriks olika processavsnitt. Sodapanna, bark-/oljepanna,ev gaspanna samt mottrycksturbin och ångreducerstationer. Ångledningar kan räknas ingå i systemet.

8.15 Hide out

Hide-out är benämning för risken att fasta natriumfosfatsalt faller ut på tubväggarna vid för hög lokal värmebelastning. Fenomenet beskrivs närmare i rekommendation C4.

8.16 Jonbytare/jonbytesfilter

En jonbytare är en förening som både kan ta upp eller avge joner i en vattenlösning. Jonbytaren består av ett fast polymert ämne och är i partikelform och filtrering sker i s.k. jonbytesfilter.
Katjonbytare är negativt laddade och byter positiva joner. Ex Na+ byts mot H+

Anjonbytare är positivt laddade och byter negativa joner. Ex Cl- byts mot OH-

Blandbädd är en blandning av kat-resp. anjonbytare

Filter

- Avhärdningsfiltrets jonbytare är laddad med Na+ och byter ut de hårdhetsbildande föreningarna Ca+ och Mg+
- Humusfiltrets jonbytare tar upp humusföreningar i vattnet
- RO – filter, reverse osmos, ämnen tas upp genom s.k. osmos

Det totalavsaltade vattnet är avsaltat vatten som får en kompletterande rening i ett blandbäddfilter eller i ett RO-filter (omvänd osmos) för polering av vattenkvalitén.

8.17 Kokpunkt

Den temperatur, vid vilken ånga kan bildas i en vätska.

8.18 Kokning

Vätskans övergång till ånga under tillförsel av värme det s.k. *ångbildningsvärmet*

8.19 Kondensation

Ångans övergång till vätska under avgivande av värme, s.k. *kondensationsvärme*. Kondensation sker exempelvis på ytor, vilkas temperatur är lägre än ångans mättnings-temperatur.

8.20 Konditioneringskemikalier

Kemikalier som säkerställer eller återställer att

- Skapa en buffert mot en för kraftig ändring av pH-värdet i pannvattnet.
- Binda hårdhet.
- Justera pH-värdet i ånga och kondensat till rekommenderat intervall.

Hydroxylamin, natriumfosfat och ammoniak är exempel på sådana.

8.21 Kondensationsvärme

Den värmemängd som avges när ånga övergår till vätska. Denna värmemängd är den-samma, som åtgår vid den omvända processen, dvs. förångning.

8.22 Konduktivitet

Benämning som används för elektrisk-eller termisk ledningsförmåga. När det gäller t.ex. matarvatten, pannvatten och kondensat utgör konduktiviteten ett mått på halten lösta salter i vattnet.

8.23 Mol / molar / molalitet

En mol av ett ämne är den vikts mängd, i gram, vars mätetal är lika med ämnets molekylvikt.
Exempel: En mol vatten (H_2O) är 18,02 gram (2 x 1,008 + 16,00).
Molar eller molaritet är ett koncentrationsbegrepp och anges i antal mol per volymenhet (liter).

Molalitet är ett koncentrationsbegrepp och anges i antal mol per massenhet (kg).

8.24 Mättningstemperatur

Den temperatur, under vilken en komponent i en gas- eller ångblandning börjar kondensera. Se avsnitt Tryck/ mättningstryck.

8.25 p-alkalitet

Alkalinitet är ett mått på vattnets förmåga att tåla tillskott av vätejoner, H+, utan att reagera med en kraftig pH-sänkning, det vill säga ett mått på vattnets buffertkapacitet.

8.26 pH

Mått på en lösnings surhetsgrad (vätejonkoncentration). Lutars pH-värden ligger över 7 (basisk reaktion). Ju starkare lut, desto högre pH.

8.27 Regenerering

När en jonbytare blivit mättad med vattnets oönskade joner måste den återföras i sin ursprungliga form och processen att återföra jonbytare till sådan jonform att den åter kan användas för jonbyte kallas för regenerering. Ex, en katjonbytare tar upp natrium-,kalcium-magnesiumjoner och återförs vid regenerering med en syra med positiva vätejoner.

8.28 Sulfonsyror

Sulfonsyror är ett samlingsnamn för kolväten som innehåller en sulfonsyragrupp. De är vanligtvis starkare än sina motsvarande syror. De har den unika egenskapen att de skapar starka bindningar till proteiner och kolhydrater. Kemiskt beskrivs dessa R-HSO3 där R står för ett organiskt ämne.

8.29 Torr mättad ånga

Torr ånga vars temperatur överensstämmer med vätskans (pannvattnets) kokpunkt vid det aktuella trycket. Är ångan varmare är den överhettad och kyls den kondenseras den successivt och man får fuktig ånga.

8.30 Tixotropi

Egenskap hos vissa vätskor som gör att de kan vara geléartade (trögflytande) i normaltillstånd (vila) men blir mer lättflytande vid omrörning, dvs. då de utsätts för

skjuvkrafter. (Jfr. geléartad ”droppfri” färg.)

Svartlutar från massa kok på lövved kan vara mer eller mindre tixotropa.

8.31 Tryck

Allmänt: Kraftpåverkan genom tyngd eller rörelse.
I tekniska sammanhang ofta kraft per ytenhet, exempelvis den kraft som verkar i normalens riktning mot en yta i väggen hos ett kärl, i vilket vätska eller gasen inneslutits. Vätske- och gastryck anges i Pa (N/m2), även enheten bar (ca 105 Pa) används.

- *Absolut tryck*. Tryck över absolut vakuum.

- *Atmosfärstryck.* Rådande tryck i den omgivande atmosfären.

- *Dynamiskt tryck.* Tryckökning, som p.g.a. tröghetskrafter uppkommer då ett strömmande mediums hastighet nedbringas. Kan mätas med Prandtls rör.

- *Hydrostatiskt tryck*. Tryck, som uppkommer under en vätskeyta pga. vätskans tyngd (produkten av vätskepelarhöjd och densitet).

- *Mättningstryck.* Det högsta ångtryck, som kan råda vid en viss temperatur.Vid detta tryck säges ångan vara mättad.

- *Partialtryck.* Det tryck, som en av gaserna i en gasblandning skulle ha om denna gas ensam finge uppta blandningens volym vid oförändrad temperatur.

- *Statiskt tryck*. Det tryck som mot en tänkt ytenhet utövas av gaser eller vätskor, vilka antingen är i vila eller inte har någon hastighetskomposant i normalens riktning mot ytenheten i fråga.

- *Totaltryck.* Summan av statiskt och dynamiskt tryck i ett strömmande medium. Kan mätas med Pitotrör.

- *Undertryck, vakuum*. Tryck under rådande atmosfärstryck.

- *Övertryck*. Tryck över rådande atmosfärstryck.

8.32 Viktsprocent,V-% och Volymprocent,Vol-%

Viktprocent är ett sätt att ange blandningsförhållandet mellan olika ämnen i en blandning. Det är de ingående ämnenas viktandel av blandningens totalvikt som anges.
Volymprocent är ett sätt att ange blandningsförhållandet mellan olika ämnen i en blandning. Det är de ingående ämnenas volymsandel av blandningens totalvolym som anges.

Härutöver finns begrepp som mol-% och mol bråk.

8.33 Viskositet

Allmänt: Trögflutenhet hos en vätska eller gas. För en vätska minskar viskositeten vid stigande temperatur, medan den ökar för en gas.

Viskositeten hos svartlut är starkt beroende av torrhalt och temperatur, men även till en del av vedslaget

- *Dynamisk viskositet,* η, är proportionell mot de krafter, som beror av inre friktion i en vätska eller gas. η används ex. vis för beräkning av friktionsförluster i smörjfilmen i ett lager. SI-enheten för η är Pas (Ns/m^2).
- *Kinematisk viskositet,* υ, ($\upsilon = \eta/\varphi$, där φ är mediets densitet) används i strömnings-beräkningar.

8.34 Värmekapacitivitet, specifik värmekapacitet

Den värmemängd som åtgår för att höja temperaturen 1 grad per kg eller m^3 av ett ämne. Anges i J/(kg K) resp. J/(m^3 K).

8.35 Värme-/termiskkonduktivitet, värmeledningsförmåga, λ-värde

En för varje ämne karakteristisk konstant, som anger dess förmåga att leda värme.

Konstanten avser den värmemängd som per tids- och ytenhet leds genom en jämntjock vägg vid en temperaturskillnad mellan sidoytorna av 1 grad. Uttrycks i W/(m^2 K).

8.36 Värmevärde, bränslevärde

Ett bränsles värmevärde avser den värmemängd som per massaenhet av bränslet ifråga frigöres vid fullständig förbränning vid konstant tryck. Värmevärdet anges vanligen i kJ eller MJ per kg bränsle.

- *Kalorimetriskt värmevärde.* Kalorimetriskt värmevärde för ett bränsle bestämmes genom att med standardiserad metodik förbränna ett prov med känd massa i en bombkalorimeter. Efter förbränningen skall all bildad vattenånga ha kondenserat. Det härvid bestämda värmevärdet kallas för kalorimetriskt värmevärde och betecknas H_S eller H_{KAL}.

- *Effektivt värmevärde.* Effektivt värmevärde för ett bränsle bestämmes genom att med standardiserad metodik förbränna ett prov. Efter förbränningen skall all bildad vattenånga ha avgivits som ånga till omgivningen och antagit en viss given temperatur. Det härvid bestämda värmevärdet kallas för effektivt värmevärde och betecknas H_{eff}.

- *Torrsubstansens effektiva värmevärde i reducerande atmosfär.* Förbränning av svartlut i en sodapanneugn skiljer sig i viktiga avseenden från förbränning i en bombkalorimeter. I sodapanneugnen avgår all vid förbränningen bildad vattenånga med rökgaserna, varför dess värmeinnehåll går förlorat, i motsats till vad som är fallet i en bombkalorimeter. Vidare reduceras huvuddelen av svavlet till sulfid i

sodapanneugnens reducerande atmosfär, medan det i bombkalorimeterns oxiderande atmosfär föreligger i form av sulfat efter förbränningen.

Efter korrektion för ovanstående skillnader erhålles torrsubstansens effektiva värmevärde i reducerande atmosfär (betecknas H_j eller H_{eff}), vilket är det värde man i praktiken mest använder sig av i Sverige vid uppställande av värmebalanser för sodapannor.

8.37 Värmeöverföring, värmetransmission

Värmeöverföring sker genom *strålning, ledning* samt fri eller forcerad *konvektion.* Ofta samverkar dessa tre funktioner. Värmeöverföring i eller mellan medier förutsätter att temperaturskillnader råder.

Exempel i en panna:

- *Strålning* mellan flammor eller heta gaser och eldstadstuberna.

- *Ledning* av värme genom en ångpannetubs vägg från den värmda ytterytan till den kylda innerytan.

- *Konvektion*: Överföring av värme till tuberna i en värmeyta genom att dessa berörs av förbiströmmande heta rökgaser. Bortförsel av värme från en tubs inneryta pga. att tuben genomströmmas av vatten eller ånga.

8.38 Värmeövergångskoefficient, α-värde

Anger hur stor värmeeffekt, som genom konvektion överförs från ett medium till en yta eller tvärtom, räknat per m^2 yta och grad temperaturskillnad mellan mediet och ytan. Uttryckes i $W/(m^2 K)$.

8.39 Ångbildningsvärme, förångningsvärme, avdunstningsvärme

Den värmemängd som måste tillföras för att från vätska av ångbildningstemperatur helt överföra vätskan till mättad ånga.

9 Begrepp för instrument-, styr/automation och el

9.1 BMS

BMS (Burner Management System)
Säkerhetssystem (förreglingssystem) för brännare.

9.2 Buss

***Busskommunikation* (*Buss*)**
Datorbaserat kommunikationssystem för samtidig, kollektiv överföring av ett stort antal signaler mellan två datorbaserade system.

9.3 BPCS

BPCS," Basic Process Control System", normal processtyrning
Det system som hanterar normal processtyrning

9.4 DCS

DCS (Distributed Control System)
Datorbaserat styrsystem, innehållande reglerfunktioner, operatörsgränssnitt, larmhanteringssystem och lagringssystem för driftdata med trendvisualisering m.m.

9.5 Hårdförtrådning

Teknik för signalöverföring där förreglande givares kontaktfunktion(er) via tråd är direkt kopplad(e) till spänningsmatningskretsen för den förreglade komponenten.

9.6 I/O

Signalöverföring till (*I* står för *Input* eller *Ingång*) respektive från (*O* står för *Output* eller *Utgång*) ett datorbaserat system. Överföringen sker via en för varje signal individuell *in*-eller *utgång*.

9.7 Processorbaserat säkerhetssystem

Datorbaserat säkerhetssystem i vilket en inprogrammerad logik via utgångar påverkar de förreglade komponenterna.

9.8 Redundans

Användandet av två likadana system för en och samma uppgift. Systemen fungerar inbördes oberoende av varandra. Deras status jämförs; detta för att säkerställa funktionen.

9.9 SIS

SIS, "Safety Instrumented System", Säkerhetskritiskt instrumentsystem
En grupp av flera SIF. Det kan exempelvis avse alla SIF som skyddar ett processavsnitt, eller alla SIF som implementerats i en viss säkerhets-PLC. Det finns inga begränsningar i hur många SIF man kan ha under en SIS.

9.10 SIF

SIF, "Safety Instrumented Function", säkerhetskritisk instrumentfunktion
Instrumentfunktion (ofta förregling) som behövs för att skydda mot en specifik fara, och som tilldelats en SIL-nivå. Finns fler risker hanteras de av olika SIF.

9.11 SIL

SIL, "Safety Integrity Level", integritetsnivå

Nivån av säkerhetsklass på säkerhetsfunktionen (SIF). Motsvarar den riskreduktion som funktionen erbjuder. SIL1 innebär att säkerhetsfunktionen minskar risken till en tiondel, SIL2 minskar risken till en hundradel.

9.12 SRS

SRS "Safety requirement specification" Säkerhetskravspecifikation
Specifikation av de säkerhetskrav som ett skyddssystem skall uppfylla.

9.13 UPS

UPS (Uninterruptible Power Supply) System för att tillhandahålla avbrottsfri kraft under en begränsad tid. Vanligen batterimatad.

9.14 Reservkraft

I begreppet reservkraft innefattas här utnyttjande av fjäderkrafter för manövrering samt reserv för ordinarie el- och tryckluftförsörjning.

9.15 Favoriserat nät

Det fabriksinterna elnät eller tryckluftnät som ej blir bortkopplat vid el- eller tryckluftbrist

9.16 Momentanreserv

Reserv som säkerställer att inte kortvariga störningar på kraftförsörjningen slår igenom så att utrustningen påverkas. Detta åstadkommes genom att kraften erhålls från en ackumulator under den tid störningen pågår.

9.17 Växelriktare

Omvandlar likström till växelström.

9.18 Luftnät

Tryckluftssystem är normalt uppdelade i olika tryckluftnät beroende på luftens kvalité. Systemet kan t.ex. vara indelat i instrumentluft, manöverluft och arbetsluft. Instrumentluften har den högsta kvalitén (oljefri och daggpunkt under - 40 °C).

9.19 Instrument

PID

PID är regulatorn inom reglertekniken och består av tre element

- Proportionell förstärkning
- Integration
- Derivering

PLC

PLC (av engelska *Programmable Logic Controller*) eller programmerbart styrsystem vilket är en slags dator.

En PLC är ofta kopplad till någon form av operatörsgränssnitt, tex en operatörspanel.

POSV

Står för pilotstyrd säkerhetsventil.

SRMCR

SRMCR ”säkerhetsrelaterade mät-, kontroll- och regleranordningar”.
En brytare, som styrs av tryck, temperatur eller vätskenivå.

dP-cell

En dP-cell är ett mätinstrument som mäter differensen i tryck mellan två positioner.

Som ett ex är en nivågivare i en cistern som mäter differensen i det statiska trycket som finns i en cistern och omgivande atmosfär som sedan omvandlas i till en nivå.

10 Begrepp för mekaniskutrustning

10.1 Blindfläns

En metallplatta som monteras på ett rörs skarvfläns för att stoppa flödet i rörledningen. Fläns är en tunn krage/kant som löper längs eller runt ett föremål, oftast är flänsen av samma material som föremålet. Svetsflänsar är standardiserade flänskopplingar avsedda att svetsas till en rörände med samma diameter. Godkända svetsflänsar är dimensionerade för vissa ”standardiserade” beräkningstryck.

10.2 Deplacementpump

Kallas även förträngningspump och exempel är lobrotorpumpar, kolvpumpar, kugghjulspumpar, skruvpumpar, membranpumpar med flera och karaktäriseras av att flödet bestäms av varvtal alternativt slagfrekvens och i princip inte alls av mottrycket. För dessa pumpar är det ej lämpligt att reglera flödet med ventil på utloppet, eftersom trycket stiger okontrollerat om pumpen får arbeta mot stängd ventil.

11 Sakregister

#

λ-värde 88

A

Absolut tryck 87
Absorption 82
Adsorption 82
Aggregationstillstånd 3
Aktiv gas 77
Aktivt alkali 53
Alkali 3
Alkalikoncentration 3, 53
Alkaliseringsmedel 82
Alkalisk spänningskorrosion 71
Aluminatcement 57
a-mått 72
Anjonbytare 85
Anlöpning 66
Antändningstemperatur 83
arbetsluft 31
Arbetstemperatur 72
arbetstryck 16
Arteget tillsatsmaterial 73
Asbest 59
Aska 26
Askficka 37
Askinblandning 33
Asktransportör 38
Atmosfärstryck 87
atomisering 83
Atomiseringstryck 83
Austenit 73
Automatstål 64
Avdrivningskolonn 13
Avdunstning 11
avdunstningsvärme 89
Avgasförlust 14
Avgasning 33
Avhärdat vatten 26
Avluftning 11
Avsaltat vatten 27
Avspänningsglödgning 67

B

Balanserat drag 16
Bandfilter 50
Barlast 3
Basiska/sura tegel 58

Baumé grad 3
Beckolja 27
Belagda elektroder 73
Belastning 52
Beräkningstemperatur 14
Beräkningstryck 14
Betning 14
Betong 58
Betyg 1-5 73
Bindhållfasthet 80
Bindskikt 80
Blandbädd 85
Blandlut 6
Blindfläns 92
blåsning över tak 17
BMS 89
Bollar 54
bottenbelastning 16
bottensatsavlagring 49
BPCS 90
Brandlarm 40
bränd kalk 47, 55
Brännare 56
Brännbarhetsområde 83
Brännbar substans 27
Bränning 58
Brännlut 6, 27
Brännzon 55
Bränsle 27
Bränsleeffekt 15
Bränslefukt 27
Bränsle-NO_x 36
Bränsletork 56
bränslevärde 89
Buss 90
Bädd 27
Bärringar 56
Bärrullar 56

C

carry over 26
cellmatare 43
Cement 58
Chamotte 58
Chockblåsning 24
Cirkulation 15
cirkulationskrets 15
cirkulationstal 15
Cyklontork 56

D

Daggpunkt 15
DCS 91
Decibel,dB 84
Deformationshårdnande 65
dejonat 31
Densitet 60,81,84
Deplacementpump 93
Detonationssprutning 81
Diskontinuerlig bottenblåsning 24
Dolezal 46
Domnivå 15
domnivåregleringen 23
domtryck 17
Dosering 15
dP-cell 92
Drag 15
Dragförlust 16
Driftparameter 16
Drifttemperatur 16
Drifttryck 16
Dynamiskt tryck 87

E

Effekt 9
Effektivt alkali 53
Efterkausticering 49
Eftervalsning 80
Ekonomiser 38
Eld 33
Eldfast 58
Eldfasta tegel 58
Eldning 33
Eldningsolja 27
Eldstad 38
Eldstadsbelastning 16
Eldyta 17
Elektrofilter 38
elfilter 38
Emission 17
endomspannor 45
Endoterm reaktion 34, 84
Entalpi 84
Erosion 69
Exoterm reaktion 33, 84
Expansionskärl 13
Explosion 17
Extruderade sömlösa rör 67

F

Fallfilmapparat 13
fallfilmsfilter 51
Fallrör 38
Farolarm 40
Fasdiagram, Tillståndsdiagram 4
Fast oförbränt 29
Fastbränsle 55
Favoriserat nät 91

Ferrit 73
Filmkokning, skiktkokning 35
Filteraska 28
filterstoft 28
Filtrerbarhet 54
Filtrering 49
Flamriktning 74
Flamsprutning 81
Flashning 11
flashtank 13
flockning 35
Flygaska 28
Flytande bränsle 55
Fogberedning 74
forcerad nedeldning 33
Forcerat drag 16
Fosfatbubbert 84
Fosfatbundna massor 58
Fri CaO 53
Friblåsning 17
Friloppsbackventil 38
Frätning 69
Fuktig ånga 85
Fysikalisk bindning 81
Färskånga 10
Färskångkondensat 10
Färskångsystem 85
För- och efterkondensorer 13
Förbränning 34
Förbränningsluft 28
förbränningsluftfläkt 41
förbränningsverkningsgraden 34
Fördelningslåda 39
Förgasare 56
Förgasning 35
Förindunstning, förindunstningsstation 9
Förregling 39
Förvärmning 74
Förångning 11
förångningsvärme 90

G

Gammastrålkälla 39
Gasexplosion 17
Gasformigt bränsle 55
Gasformigt oförbränt 30
Gasförbränning 34
Gaslarm 40
Generalprov 18
Genomsvetsning 74
Gittertuber 39
Gjutjärn 61
Gjutmassa 59
Gjutstål 69
Glödskal 72
Gradning 4
Grundmaterial 74
Grönlut, rålut 7,47
Grönlutbildning 35
Grönlutfilter 50
Grönlutfiltrering 49
Grönlutslam 47

H

Hets 18
Hetvatten 28
Hide out 85
Horisontalsvets 74
Humus 4
huvudångventil 42
Hydrostatiskt tryck 87
Hårdförtrådning 90
Häftsvets 74
Härdning 61,67
Härdstruktur 74
Högenergiplasmasprutning 81
Höghastighetssprutning 81
höglegerat stål 63
Högsta temperatur 18
Högsta tryck 18
Högtjocklut 7
Högtrycksånga 32

I

Illaluktande och giftiga svavelväteföreningar 5
Implosion 18
Inducerat drag 16
Indunstning 11
Indunstningsanläggning 9
Indunstningsapparat 9
indunstningseffekt 9
Indunstningskapacitet 9
Indunstningsstation 10
Inert gas 77
Inerta gaser 4
Inerta kemikalier 4
Infodring 55
Inkruster, utfällningar 4
I/O 85
Insjunken svets 74
insmältning 79
Insprutningskylaren 46
Instrument 90
Instrumentluft 28
Interkristallin korrosion 70
Invalsning 80
Isolertegel 60

J

Jonbytare/jonbytesfilter 85
Jordning 18
Järn 61,62
Jäsning 18

K

Kalcineringszon 55
Kalciumaluminatcement 59
Kalciumdeaktivering 13
Kalciumhydroxid 47
Kalciumoxid 47
Kalium-alkali-förhållande 44
Kalkficka 50
Kalkkylare 56
Kalkmjölk 47
Kalksatsning 49
Kalksilo 50
Kalksläckare 50
Kallbearbetning 66
Kalldeformation 66
Kallsprutning 81
kallsugning 23
Kalorimetriskt värmevärde 89
Kamflänsekonomiser 38
kamflänsrör 39
Kamrör 39
Kantvinkel 75
Kapacitet 18
Kassettfilter 51
Katastrofskydd 39
Katjonbytare 85
Kausticering 49
Kausticeringsanläggning 47
Kausticeringsgrad 53
Kausticeringskärl 50
Kavitation 18
Kemiska beteckningar för kemikalier som omnämns i rekommendationer 5
Kemikalieåtervinning 5
Kemisk fällning 35
Kemisk reaktion 35
Kemisk rengöring 19
Kemiskt renat vatten 28
Keramik 58
Kestnerapparat 14
Klarnare 50
Klarning 49
Klorider 6
Kokning 35,85
Kokpunkt 85
Kokpunktsförhöjning 11
Koks 29
Koksförbränning 34
Kolekvivalent 62
Kolstål 62
Kompoundtub 39, 68
Kompressionsindunstning 12
komprimerad luft 31
Kondensat 29
Kondensation 85
Kondensationsvärme 85
Kondensatrening 12
Konditioneringskemikalier 86
Konduktivitet 86
Konservering 19
Konstgjort drag. 16
Konstruktionstryck 19
Kontaktvalsning 80
Kontinuerlig utblåsning 24
konvektion 89
Konvektionstubsats 39
korngränsfrätning 70
Korrosion 69
Krommalmsmassa 58
Kulsotning, hagelsotning 19
Kväveoxider 29
Kylzon 56
Kälsvets 75
Kättingar 57

L

Lansning, spettning 19
Larm 40
Lastbrännare 41
ledning 89
Legerade stål 63
Lifters 57
ljumvatten 28
Ljusbågssprutning 81
Lockmankolonn 13
Lucksvets 75
luftbatteri 41
Luftfaktor 19
Luftfläkt 41
Luftförvärmare 41
Luftförvärmning 36
Luftlansning 20
Luftport 41
Luftregister 41
Luftnät 91
Lut- och kondensatavledare 13
Lutcykel, kemikaliekretslopp 7
Luteldning 33
Lutförvärmare 13, 41
Lutförvärmning 12, 36
Lutinsprutning 36
lutspridning 36
Lutspruta 41
Lutsprödhet 71
Lutstock 7

Lutånga 10
Lutångkondensat 11
lutöverbäring 12
Lågcementmassa 59
Lågenergiplasmasprutning 81
låglegerat stål 63
Lågtrycksånga 32
Läckageluft 29
Löp 42
Löphål 42
Löpränna 42

M

Magnetitskikt 72
MAG-svetsning 75
Manhål 42
Manteltemperatur 54
Manuell metallbågsvetsning 75
Manöverluft 28
Martensit 75
Matarpump 42
Matarvatten 29
Matarvattenberedning 36
matarvattenförvärmare 37
Matarvattenförvärmning 36
Matarvattentank 42
Matarventil 42
Materialbeteckningar 64
Materialöverhettning 26
Maximal kontinuerlig last 20
Maximum continuous rating , (MCR) 20
Mekanisk bindning 81
Mekaniskt renat vatten 29
Mellanlut 6
Mellantjocklut 6
Mellantrycksånga 32
Membranvägg 42
Mesa 47, 55
Mesabränning 54
"Mesaombränning" 54
Mesafilter 51
Mesakalk 55
Mesasilo 51
Mesatvätt 51
Mesaugn 54
Mesaugnsskrubber 57
Metallurgisk bindning 81
Metanolkolonn 13
MIG-svetsning 76
Mineralull 60
Mixeri 47
mixtank 45
Mjukglödgning 67
Momentanreserv 91
Mol / molar /molalitet 86
mol-% 88
molbråk 88
Märkeffekt 20
Mättad ånga 32
Mättningstemperatur 86
Mättningstryck 87

N

Natriumhydroxid 48
Natriumkarbonat 48
Natriumsulfid 48
natronlut 48
Natronlut 7, 29
naturlig cirkulation 15
Naturligt drag 16
Nedeldning 33
Nedre eldstad, 38
Nominell last 20
Nominell diameter, DN 20
Nominellt tryck 21
Normalisering 67
NO_x-bildning 36
NPSH 21
NSSC 6
näsa 42
Nässkärm 42
Nästsvets 76
Nödnedeldning 33

O

Ofullständig förbränning 34
Oförbränt 29
Okondenserbara gaser 11
Olegerat stål 62
Oljeförvärmning 36
Omvandlingszon 76
Oxidation 36
Oxiderad vitlut 7, 48
Oxiderande atmosfär 30

P

p-alkalitet 86
Pannmanometer 42
Pannsten 21
Pannvatten 30
Partialtryck 87
pH 86
PID 92
PLC 92
POSV 92
Plasmasprutning 82
Plastisk deformation 66
Plåt 68

Polysulfider 7
Porositet 82
Precoat 54
Pressfilter 51
Pressning 80
Primärluft 28
Processfrämmande grundämnen, PFG 8
Processlarm 40
Processvatten 30
Provtryck 21
Pulverbågsvetsning 76
Pulversprutning 82
Punktkokning. 35
Pyrolys 36
Pyrolysgaser 30
Påbränna 54
Pådragsventil 42
påeldning 34
Påsvetsning 76

R

Reaktionsvärme 54
Reaktivitet 54
Redundans 90
Reducerande atmosfär 30
Reduktion 37
Reduktionsgrad 21, 53
Refraktometer 43
Regenerering 86
Rekausticering 49
Renvatten 30
Reservkraft 91
Restalkali 3
Restkarbonat 54
Returaska 30
returkondensat 29
returstoft 30
Ringbildning 54
Rostfritt stål 63
Rotationseldning 33
Roterugn 57
Rotfel 76
Rotgap 76
Rusånga 32
Rågad svets 77
rålut 7,47
Råvatten 30
Rätkant 77
Rödlut 6
rödsoda 34
Rökgaser 30
Rökgasfläkt 43
Rökgaskylare 43
Rökgasrening 37
Rökgasskrubber 43
rökgasstoft 28
Rör 43,67
Rörtillverkning 67

S

Salt 8
Samlingslåda 43
Samlingsprov 18
Samåtervinning, cross recovery 8
Screentubsats 43
Sedimentering 49
Sekundärluft 28
serviceluft 31
SIS 90
SIF 90
SIL 90
Silikatbundna massor 59
Sintring 59
Sintringszon 56
Sjunkningshastighet 52
självcirkulation 15
självdrag 16
självsugande filter 51
Skakning 22
Skarvsvets 77
Skarvsvetsning 77
Skivfilter 52
skorstensförlust 14
skorstensverkan 16
Skrapverk 51
Skrubbervatten 31
skrubbervätska 32
Skumning 22
Skyddsgas 77
Skyddstak 43
Skärmar 57
Slamhalt 53
Slussapparat 43
Slutförbränning 35
slutförtjockare 14
Slutindunstning 10
Släckare 51
Släckarskrubber 51
Släckning 49
Släckt kalk 48
Smide 69
Smälta 30
smältaläckage 22
Smälta-vattenexplosion 17
Smältlösare 44
smältränna 42
Smältasplittring 22
smältsoda 31
Smältsodagenombrott 22
Smältugn 44
Snabbtömning 24
Soda 30

Sodahus 22
Sodahusaggregat 44
Sodahuslarm 40
sodahuspanna 44
Sodahusskrubber 43
sodahussmälta 30
Sodapanna 44
Sodapannestyrning 44
sodasmälta 31
Sorterare 51
Sotapparat 44
sotblåsning 22
Sotning 22
Sotningsånga 32
Spaltkorrosion 70
Specifik värmeförbrukning 10
specifik värmekapacitet 88
Specifik ytbelastning 10
Specifik ångförbrukning 10
Spetslast 22
spettningsdon 19
spettningsrobotar 19
Spillut 6, 48
Spindling, baumémätning 8
Spiralsvetsade rör 68
Sprutavstånd 82
Sprutmassa 59
Spröda zoner 77
Spädvatten 31
Spänningskorrosion 71
Spänningskorrosionssprickning 71
SRS 91
Stampmassa 59
Startbrännare 44
Stark- och svaggaser 8
Startventil 44
startångventil 44
Statiskt tryck 87
stenull 60
Stickprov 22
Stigfilmapparat 14
Stigtub 45
stilleståndskonservering 19
stoft 28
Stoftbildning 37
Stofthalt 23
stripper 13
strippningskolonn 13
Struken svets 77
Stråkbildning 22
strålning 89
Stumfog 77
Stumsvets 77
Stuts 80
Stål 60
Stålrörsekonomiser. 38
Stämpning 23
Stödeldning 34
stökiometrisk luftmängd 23
Sublimering 37
sugfilter (vakuumfilter 52
Sugning 23
sulfatblandartank, 45
sulfatinblandning 33
Sulfatmixer 45
Sulfiditet 8, 53
Sulfonsyror 88
Surt stoft 31
Suspenderande ämnen 48
Suspension 50
Supertjocklut 6
Svaglut 7, 48
Svartlut 6
Svartlutsåpa, svartsåpa 7
Svavel/alkali-förhållande 8
Svensk materialstandard 65
Svets 77
Svetsade rör. 67
Svetsfog 77
Svetsförband 78
Svetsning 78
svetspåverkat grundmaterial 79
Svetssträngar 78
Svetstråd 78
syradaggpunkten 15
Syrafast stål 64
Systemlarm 41
Såpa 27
Såpavskiljning 12
Säkerhetsventil 45
Säkerhetrelaterade larm 40
Sömlösa rör 67

T

Tallriksventil 45
Temperaturbeständighet 60
Teoretisk luftmängd 23
Tertiär- och kvartärluft 28
TIG-svetsning 78
Tillsatseldning 34
Tillsatsmaterial 78
tillskottskemikalier 9
Tillståndsnummer 64
Tillträdes larm 40
Tixotropi 86
Tjocklut 6
Torkzon 55
Torr mättad ånga 86
torrhalt, ts-halt 9
Torrkokning 23
Torrkonservering 19
Torrsubstans 31
Torrsubstansens effektiva värmevärde 88
Torrsubstanshalt 9
Torrsubstansöverbäring 12

Totalavsaltat vatten 31
Totalt Reducerande Svavelföreningar TRS 11
Totalt titrerbart alkali 53
Totaltryck. 87
Trepunktsreglering 23
Tripp 23
Trippelpunkt 79
Trumfilter 51
Tryck 87
Tryck**/**temperaturkompensering 24
Tryckfilter 51
Tryckhöjd 23
Tryckkausticering 49
Tryckkärlsstål 63
Tryckluft 31
Trådsprutning 82
Tröskel 57
Tub 43
tubbrott 24
Tubexplosion 24
Tubfilter 52
tubfläkning 24
Tunnlut 6
Tvångscirkulationsapparat 14
Tvättvätska 32
tystkokarrör 42
Täckningskemikalier 9
Täljsten 59
Tätsvetsning 80

U

ugn 38
Ugnsrotation 55
Underlag 82
Undertryck 87
Under-uppsvets 79
UPS 91
Uppbyggnadspulver 82
Uppeldning 34
uppfordringshöjd 23
Uppvärmningszon 56
Utblåsning 24
utblödning 9
Utjämningscistern 52
Utmattning 71
Utrymningsväg 45
Utstötning, 9

V,W

vakuum 87
Vakuumfilter 51,52
Vakuumpump 14
Valsade sömlösa rör 67
varmbearbetning 65
Varmhållfast stål 63
Varmsprutning 82
Varmvatten 32
vattendaggpunkten 15
Vattendom 45
vattenrörpannor 44
Vattenståndsmätare 45
Vattenståndsvisare 45
Vattentvättning 24
Verkningsgrad 24
Verksamt alkali 53
Verktygsstål 64
Vertikalluft 28
Vertikalsvets 79
vertikalsvetsning 79
Viktsprocent,V-% och Volymprocent,Vol-% 87
Viskositet 88
Vitlut 7,48
Vitlutfilter 52
Vitlutfiltrering 50
Vitlutklarning 50
Vitlutsoxidation 50
Volymkokning. 35
Våtkonservering 19
Våtutmatare 45
Värmebehandling 12, 66
Värmebelastning 25
värmeflödestäthet 25
Värmeförluster 25
Värmekapacitivitet 88
Värmekondiktivitet 88
värmeledningsförmåga 88
Värmepåverkad zon, 79
Värmespänning 79
värmetransmission 89
Värmevärde 88
Värmeväxlare 25
Värmeyta 25
Värmeöverföring 12, 89
Värmeövergångskoefficient 89
Växelriktare 91
Vätesulfidjon 48

Y

Ytbelastning 52
Ytkokning 36
Ytkondensor 14
Ytångkylaren 46

Å

Ånga 32
Ång och vattenseparation 47
ångbildning 11
Ångbildningsvärme 89,90

ångblåsning 17
Ångdom 46
Ångkylare 46
Ångmätare 46
Ångpanna 46
Ångpannetub 46, 68
Ångtemperaturreglering 37
Årsmedellast 25

Ö

Öppningstyck 25
Överbäring 26
Överhettad smälta 26
Överhettad ånga. 26,32
Överhettare 46
Överhettartuber 26
Överhettarutrymme 38
Överhettning 26
Överlegerat tillsatsmaterial 80
Överskottsluft 32
Övertryck 88
Övre eldstad 38

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr A 2
Utgåva 2, 2009
(Reviderad 2012-10-31)

Benämningar på delar i sodahusaggregat

Ändamålet med denna rekommendation är att få till stånd en gemensam vokabulär inom sodahusområdet. Rekommendationen innehåller således en sammanställning av rekommenderade benämningar på sodapannans delar och detaljer. I rekommendationen anges även de regler som bör följas vid numrering av tuber, luftportar, löphål m m.

Ordlistan är systematiskt uppställd efter pannans huvuddelar, se fig.1och 2, och kompletterad med ett alfabetiskt sakregister. Benämningar av mer allmän art som ofta återfinns i flera av huvuddelarna har samlats i avsnitt 9.

Hänvisningar

I de fall då ett uppslagsord även återfinns i sodahuskommitténs rekommendation A1 anges detta med (A1) efter ordet.

Inehåll

1 Eldstad – Huvuddel 1(Figur 1 och 2). 7
1.1 Nedre ugn..... 7
1.2 Övre ugn 9
1.3 Överhettarutrymme..... 9
2 Screentubsats Huvuddel 2 (Figur 1 och 2) 11
3 Överhettare – Huvuddel 3 (Figur 1 och 2)..... 13
4 Konvektionstubsats - Huvuddel 4 (Figur 1 och 2)..... 14
5 Domar – Huvuddel 5 (Figur 1 och 2) 17
6 Ekonomiser - Huvuddel 6, (Figur 1 och 2)..... 19
7 Ej gasberörda utrymmen - Huvuddel 7 (Figur 1 och 2)..... 20
8 Övrig utrustning - Huvuddel 8 (Figur 1 och 2)..... 21
9 Allmänna benämningar..... 25
10 Sakregister 34

Sodapannans principiella uppbyggnad

Ett tvärsnitt av sodapannan, som visar dess principiella uppbyggnad och huvuddelar, framgår av figur 1-4. Moderna pannor byggda efter år 2000 görs oftast i endomsutförande, se figur 1. Tidigare pannor byggdes i regel med två domar, ång-och vattendom, med mellanliggande konvektionstubsats, se figur 2. I endomspannan (A1) har konvektionstubsats och vattendom ersatts med en konvektionsdel, som vanligen består av tubpaneler.

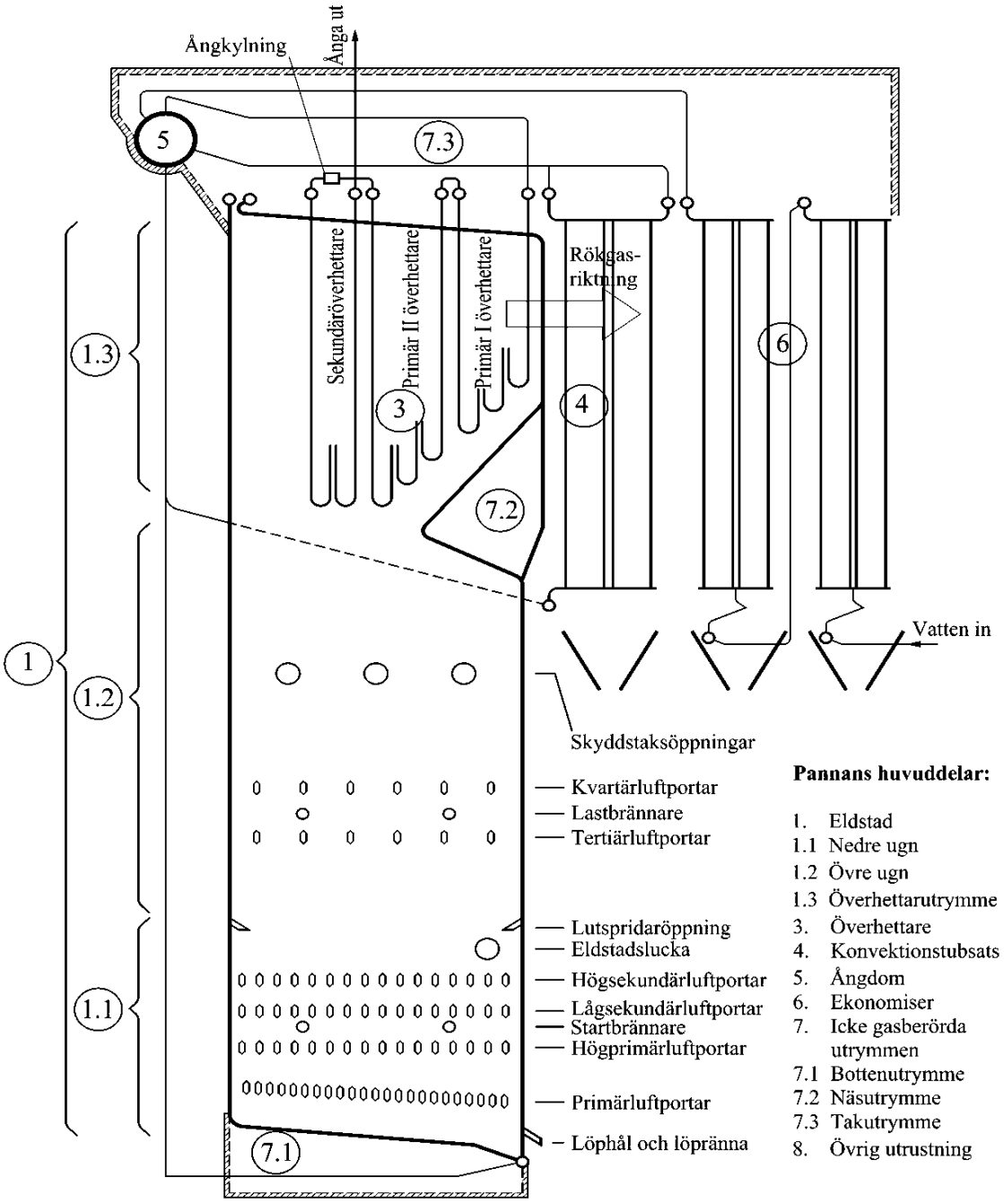


Fig. 1. Exempel på endoms sodapanna. (I detta fall utan vattenscreen).

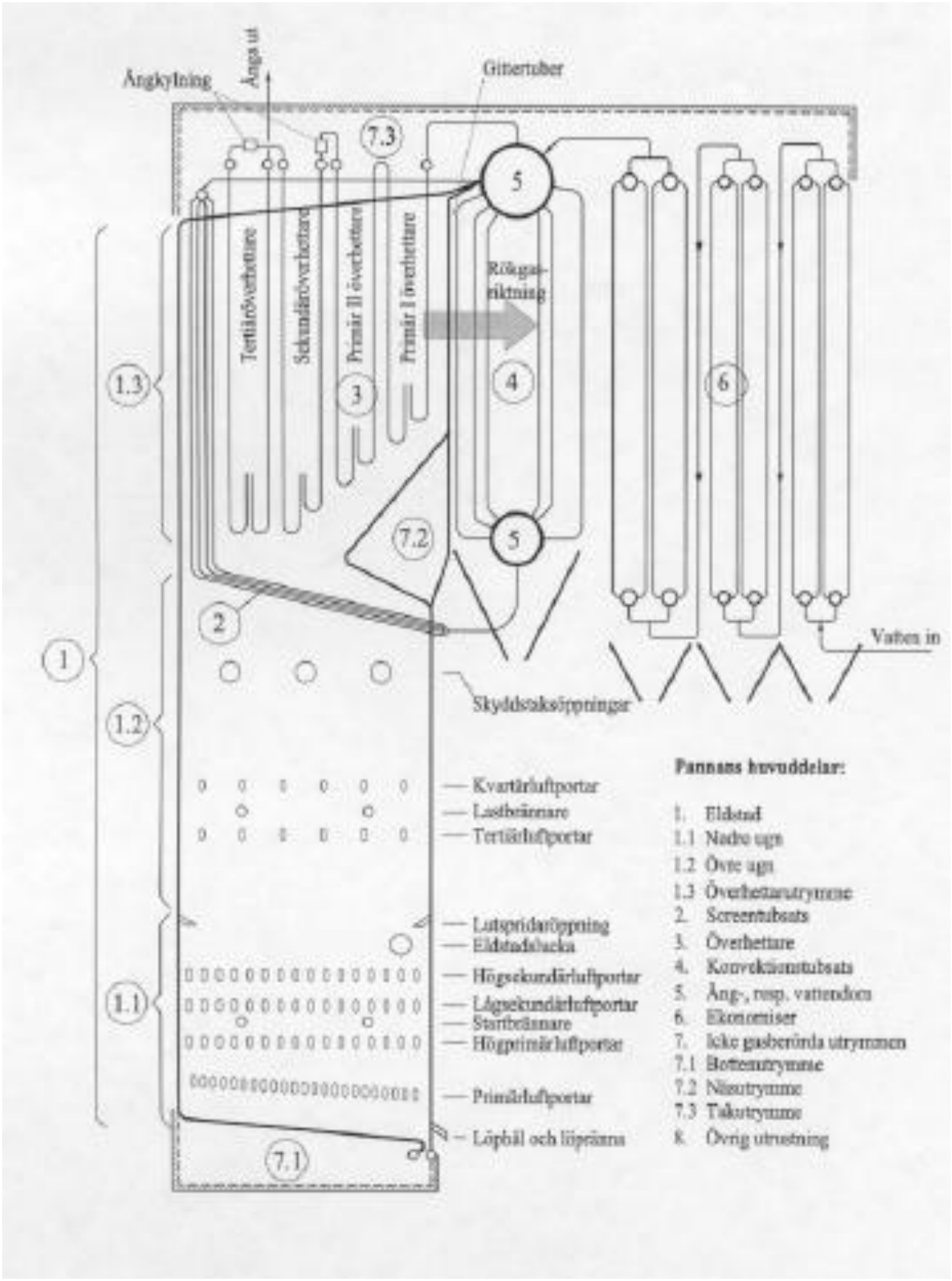


Fig. 2. Exempel på tvådoms sodapanna. (I detta fall med vattenscreen).

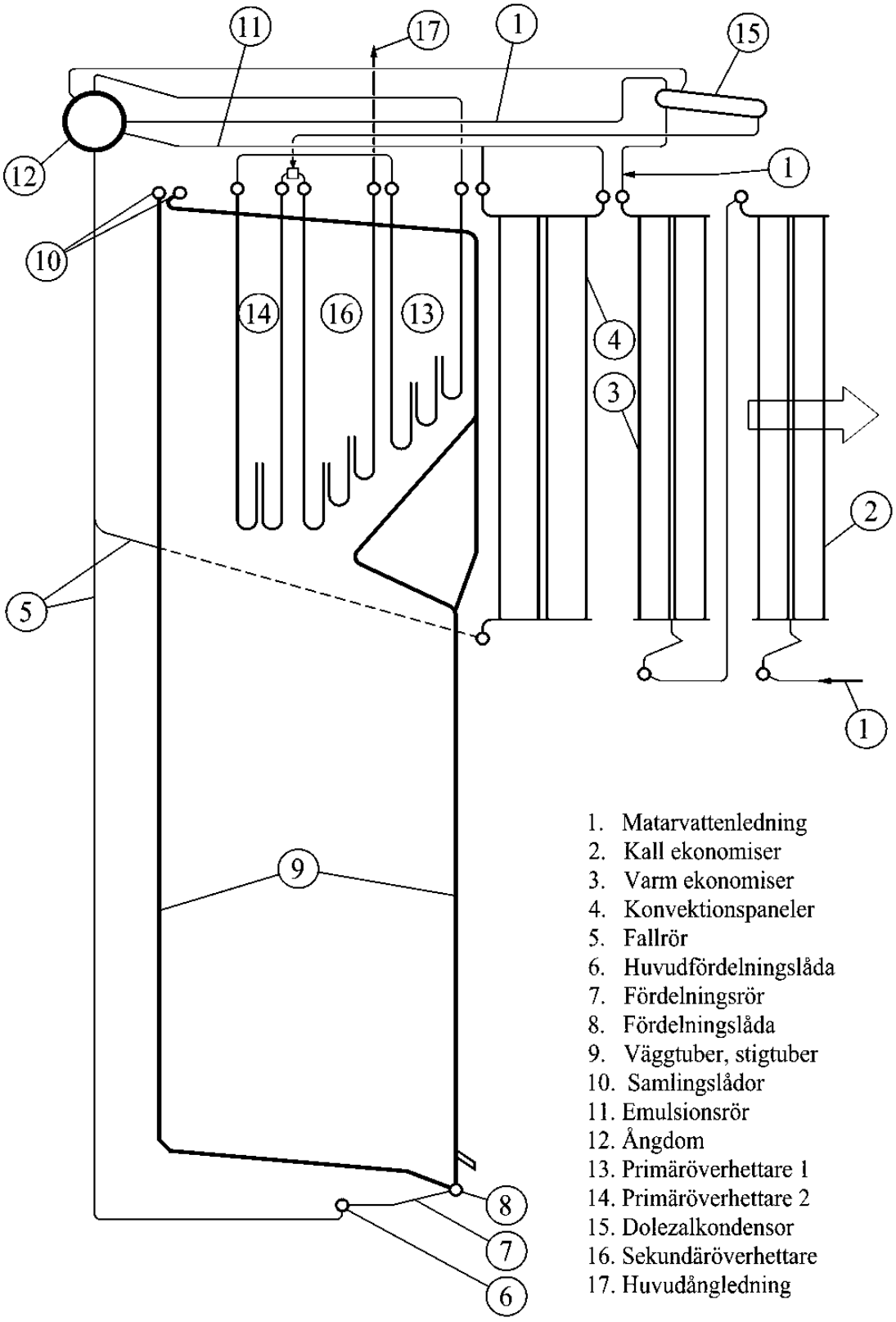


Fig 3 Ång –och vattenförande delar i endomspanna.

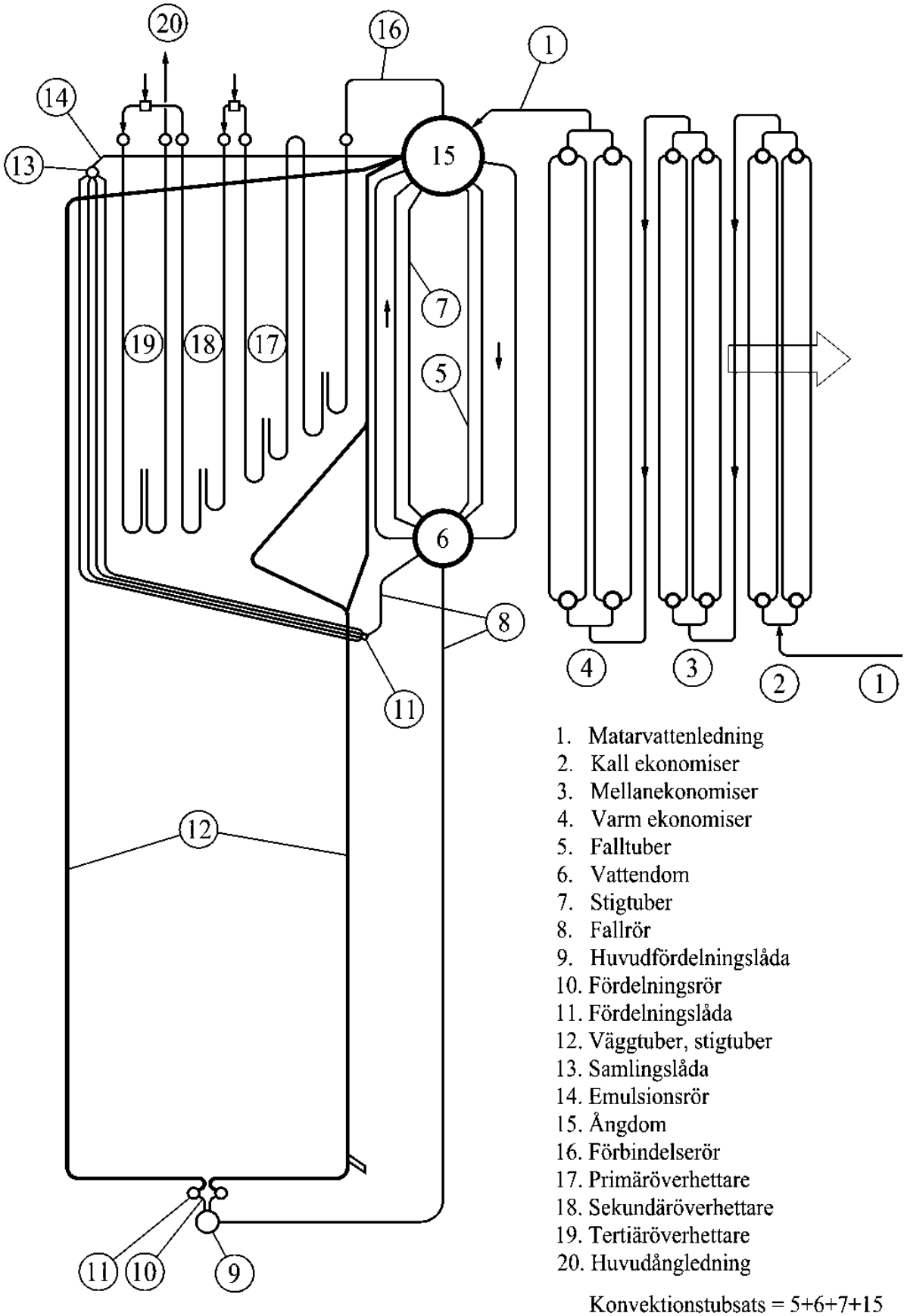


Fig4. Ång- och vattenförande delar i en tvådomspanna

1 Eldstad – Huvuddel 1(Figur 1 och 2).

Eldstad. Pannans förbränningsutrymme, som normalt även innehåller screentubsats och överhettare. Eldstaden indelas i nedre ugn, övre ugn och överhettarutrymme, se mom. 1.1-1.3.

1.1 Nedre ugn

Nedre ugn, smältugn, nedre eldstad (A1). Del av ugnen upp till lutsprutenivån, se fig. 1 och 2.

1.1.1 **Ugnsbotten, eldstadsbotten.** Botten i ugnen bildas normalt av tuber från frontvägg eller bakvägg. Man brukar skilja mellan lutande och dekanterande bottnar, se fig. 5.

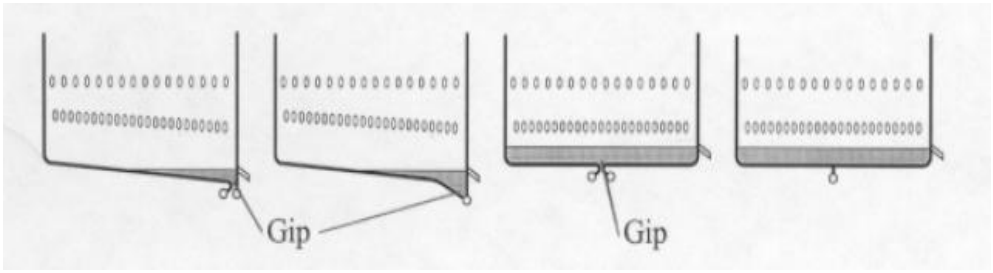


Fig. 5. Lutande botten. Dekanterande botten.

1.1.2 **Lutande botten.** I detta utförande har botten vanligen en lutning av 5 grader. Detta tillsammans med en relativt låg placering av löphålen begränsar mängden smälta på botten. Fig. 5.

1.1.3 **Dekanterande botten.** Horisontell ugnsbotten där löphålen sitter så högt att hela botten täcks av smälta. Detta begränsar värmebelastningen på botten i proportion till det frusna smältaskiktets tjocklek. Fig. 5.

1.1.4 **Fördelningslåda, bottenlåda (A1).** Nedre låda från vilken vatten fördelas till anslutna väggtuber, se fig. 3 och 4.

1.1.5 **Bottentub.** De front- eller bakväggstuber som bildar botten i ugnen.

1.1.6 **Bottenbalk.** Balk som bär upp ugnens botten.

1.1.7 **Gip.** Dike som bildas av bockade tuber, se fig. 5.

1.1.8 **Löphål (A1).** Öppning i ugnsvägg nära botten för avrinning av smälta.

1.1.9 **Löphålstub.** Tub närmast löphål.

1.1.10 **Eldstadsvägg, väggtub**, se 9 Allmänna benämningar.

1.1.11 **Luftport. (A1).** Öppning i ugnsvägg för tillförsel av förbränningsluft, se fig. 6.

1.1.12 **Luftdysa.** Plåtdysa eller gjutet munstycke placerat i luftport.

1.1.13 **Primärluftport.** Öppning för tillförsel av primärluft.

1.1.14 **Sekundärluftport.** Öppning för tillförsel av sekundärluft.

1.1.14 **Startbrännaröppning.** Öppning i ugnsvägg för startbrännare.

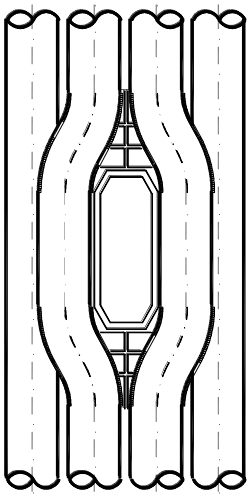


Fig 6. Luftport

1.1.15 **Kameraöppning.** Öppning i ugnsvägg för kamera. Kameran vanligen placerad för övervakning av ugnsbädden.

1.1.16 **Lutspruteöppning.** Öppning i ugnsvägg för lutinsprutning

1.1.17 **Eldstadsöppning.** Öppning för passage till ugnen.

1.1.18 **Eldstadslucka.** Lucka för eldstadsöppning.

1.1.19 **Destruktionsbrännaröppning.** Öppning för destruktionsbrännare.

1.1.20 **Bestiftning, studding.** Förhållandet att tuber försetts med tätt ställda stift som korrosionsskydd.

1.1.21 **Stift, stud.** Stålstift normalt ϕ(10-12)x20 mm, som svetsas på tuber i eldstaden för att främja uppkomsten av ett relativt tjockt fruset skikt av smälta, som ger tuberna ett korrosionsskydd, se fig. 18.

1.2 Övre ugn

Övre ugn, övre aktiv eldstad (A1). Del av ugnen från lutsprutenivån och upp till näsan.

1.2.1 **Tertiärluftport.** Öppning för tillförsel av tertiärluft.

1.2.2 **Kvartärluftport.** Öppning för tillförsel av kvartärluft.

1.2.3 **Lastbrännaröppning.** Öppning i eldstadsvägg för lastbrännare.

1.2.4 **Skyddstak.** Skyddstak monteras i övre ugnen för att skydda mot nedfallande beläggningar vid service- och inspektionsarbeten i ugnen. Skyddstaket tjänstgör även som plattform för arbetsställningar i pannans övre ugn eller överhettarutrymme.

1.3 Överhettarutrymme

Överhettarutrymme (A1). Den del av eldstaden som ligger ovanför nässpetsen. Normalt inrymmer denna del överhettarna samt större delen av screentubsatsen.

1.3.1 **Näsa (A1), nässkärm.** Utbockad tubvägg för att styra rökgasflödet och skydda överhettarna, se fig. 1 och 2.

1.3.2 **Samlingslåda, övre vägglåda.** Låda till vilken väggtuber ansluter. Från samlingslådan leds den samlade ångemulsionen via stigrör till ångdomen.

1.3.3 **Tubgitter.** Vägg nr 2:s förlängning ovanför näsan. Öppningar för rökgasflödet in mot konvektionsdelen ordnas genom att vanligen tre eller fyra tuber dras bakom varandra sett i rökgasriktningen, se fig. 1.

1.3.4 **Gittertub (A1).** Tub i vägg nr 2 över näsan, d.v.s. inom gittret, se fig. 1.

1.3.5 **Eldstadstak.** Väggtubers förlängning över överhettarutrymmet.

1.3.6 **Taktub.** Tub i eldstadstak. Utgör normalt fortsättning på väggtub**.**

1.3.7 **Takgenomföring.** Undanbockning av taktuber för att ge plats för genomföring av screen- och överhettartuber.

1.3.8 **Taktätning.** Tätning vid takgenomföring. Vanligen görs tätningen med någon gjutmassa eller i form av en tätande plåtkonstruktion (låda eller packbox).

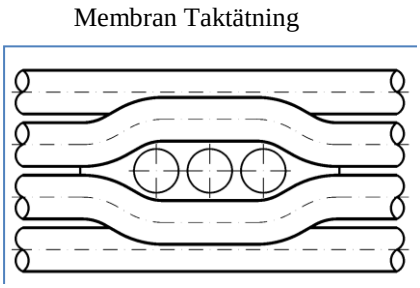


Fig. 7. Takgenomföring.

2 Screentubsats - Huvuddel 2 (Figur 1 och 2)

Screentubsats, skärmtubsats (A1). Tubskärmar som placeras före överhettarna sett i gasflödesriktningen.

2.1 **Screentub, skärmtub.** Tub i screentubsats, vanligen har tuben en vertikal och en svagt lutande del. Tuber numreras i rökgasrikningen.

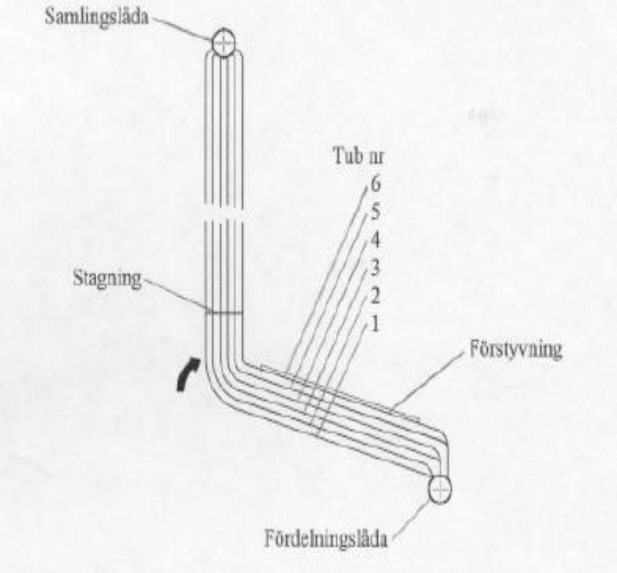


Fig. 8. Screentubskärm.

2.2 **Screentubskärm.** Tuber placerade efter varandra i rökgasriktningen som bildar en skärm. Skärmar numreras från vänster till höger sett i rökgasriktningen.

2.3 **Nedre screenlåda, fördelningslåda.** Låda för fördelning av vatten från fallrör till screentuber.

2.4 **Övre screenlåda, samlingslåda.** Låda där vatten-ångemulsionen samlas upp för att sedan gå vidare till ångdomen, se 5.2.

2.5 **Membran.** Plattstång svetsad mellan tuber i en tubskärm för att ge skärmen ökad stabilitet samt för att öka kyleffekten.

2.6 **Tubförstyvning.** Plattstång svetsad till den övre ”horisontella” tuben för att minska risken för tubdeformation genom nedfallande sodaklumpar.

3 Överhettare – Huvuddel 3 (Figur 1 och 2).

Överhettare (A1). Överhettare i sodapannor utgörs av hängande tubslingor i flera steg i vilka den mättade ångan från ångdomen överhettas.

2.1 **Primäröverhettare.** Överhettarens första steg, som ofta är uppdelat i två delar, primär-ÖH 1 och primär-ÖH 2.

2.2 **Sekundäröverhettare.** Överhettare placerad efter primäröverhettare sett i ångans flödesriktning. Primär- och sekundäröverhettare skiljs alltid åt av en ångkylare.

2.3 **Tertiäröverhettare.** Överhettare placerad efter sekundäröverhettare sett i ångans flödesriktning. Sekundär- och tertiäröverhettare skiljs alltid åt av en ångkylare.

2.4 **Överhettarskärm.** Tubskärm sammansatt av ett antal slingor. Tuberna bildar skärmar genom att de är inbördes förbundna med stag eller svets på ett antal ställen. Skärmarna numreras från vänster till höger sett i rökgasriktningen.

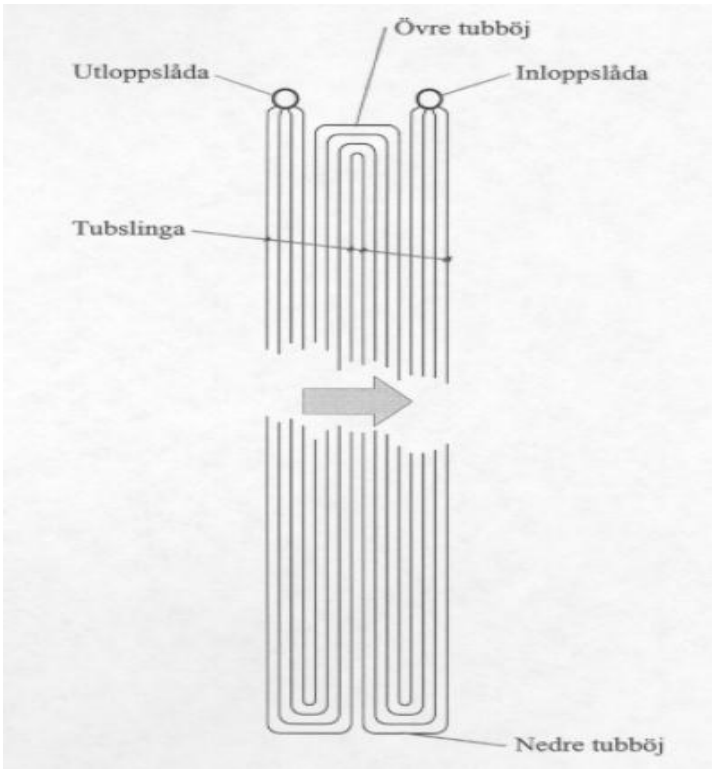


Fig. 9. Överhettarskärm.

2.5 **Överhettartub.** Tub ingående i överhettare. Val av tubmaterial baseras på den maximala ångtemperatur som överhettardelen utlagts för. Tuberna numreras i rökgasriktningen.

2.6 **Tubslinga.** Tub som består av rakdelar och böjar.

2.7 **Tubböj.** Överhettare i sodapannor är normalt uppbyggda av ett stort antal tubslingor med övre och nedre 180 graders böjar, se fig. 9.

2.8 **Överhettarpanel.** Överhettarskärm uppbyggd av tangentiellt eller relativt tätt ställda tuber, så att de bildar en skiva.

2.9 **Överhettarlåda.** Inlopps- respektive utloppslåda i överhettare, se nedan.

2.10 **Inloppslåda, fördelningslåda.** Låda för fördelning av ånga till överhettartuber, se fig. 9.

2.11 **Utloppslåda, samlingslåda.** Låda för uppsamling av ånga från överhettartuber, se fig. 9.

2.12 **Stag.** För stagning av överhettartuber inbördes används ett antal olika konstruktioner. Stagen kan vara rörliga i form av glidstag och länkstag eller fasta stag.

2.13 **Glidstag.** Stag så utformade att tuberna inbördes kan röra sig i axiell led.

2.14 **Länkstag.** I detta fall medger staget utöver rörelse i axiell led även en viss vridrörelse.

2.15 **Fast stag.** Stag av platt- eller rundstång svetsat till de två tuber som skall stagas inbördes.

4 Konvektionstubsats - Huvuddel 4 (Figur 1 och 2).

Konvektionstubsats (A1). Relativt tätt ställda tubskärmar. I tubsatsen överförs värme genom konvektion innan rökgaserna går vidare till ekonomisern. Sidoväggstuber ingår i tubsatsen i de fall de är invalsade i domarna.

I en tvådomspanna byggs tubsatsen mellan ång- och vattendom, se Figur 10.
I en endomspanna byggs konvektions-partiet vanligen av ett antal tubskärmar.

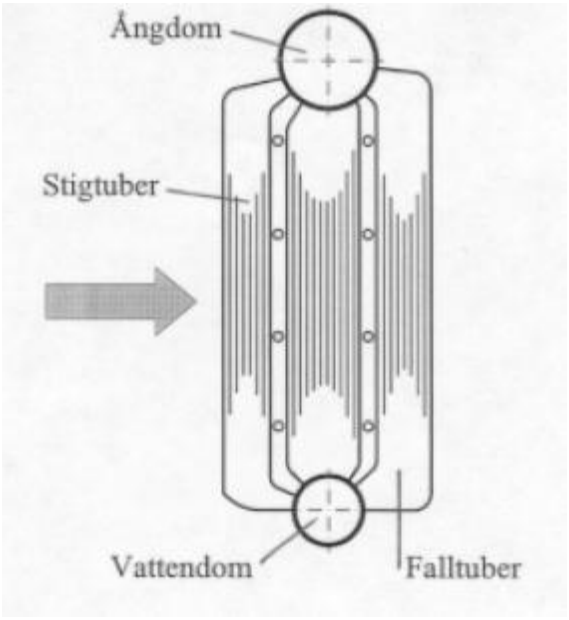


Fig. 10. Tvådoms konvektiostubsats.

4.1 **Konvektionstub.** Värmeupptagande tub i konvektionstubsats. Tuberna numreras i varje skärm i rökgasriktningen.

4.2 **Konvektionstubrad.** I tvådoms konvektionstubsats, se fig.10, brukar tubrader sett i rökgasriktningen även benämnas tubskärm. Skärmar numreras från vänster sett i rökgasriktningen.

4.3 **Stigtubsdel.** Den främre varmare delen av en tvådoms tubsats i vilken vatten-ångemulsionen strömmar uppåt.

4.4 **Stigtub.** Tub i stigtubsdelen.

4.5 **Falltubsdel.** Den bakre kallare delen i en tvådoms tubsats där det kallare pannvattnet strömmar nedåt.

4.6 **Falltub.** Tub i falltubsdelen.

4.7 **Skärmvägg.** Vägg som gjorts gastät t ex med fenade tuber eller med plåt. I tubsatser med längsströmning i två ”drag” skiljer skärmväggen stigtubsdelen från falltubsdelen.

4.8 **Konvektionstubskärm.**
I modernare pannor är ofta konvektionsdelen uppbyggd av ett antal relativt tätt ställda skärmar eller paneler med individuella lådor, se fig.11. Konvektions-skärmarna numreras från vänster sett i rökgasriktningen.

Fig.11.Konvektionstubskärm.

4.9 **Nedre skärmlåda.** Fördelningslåda till paneltuber.

4.10 **Nedre fördelningslåda, nedre konvektionslåda.**
Fördelningslåda till nedre skärmlådor.

4.11 **Övre skärmlåda.** Samlingslåda för paneltuber.

4.12 **Övre samlingslåda, övre konvektionslåda.** Samlingslåda för skärmlådor

4.13 **Vibrationsstag, klammer.** Stagning mellan tuber samt mellan paneler för att undvika svängning samt för att hålla avsedd distans mellan tuberna.

5 Domar – Huvuddel 5 (Figur 1 och 2)

5.1 **Dom.** Cylindriskt tryckkärl med relativt stor diameter, vilket ingår i pannans cirkulationskretsar.

5.2 **Ångdom (A1).** Dom placerad i pannans topp för separation av ånga från den vatten-ångemulsion som kommer från cirkulationskretsarna. En viktig funktion hos ångdomen är nivåhållningen i pannan. Till ångdomen är matarvattenrör, utgående ångrör, stigrör och fallrör anslutna, se även fig. 3 och 4.

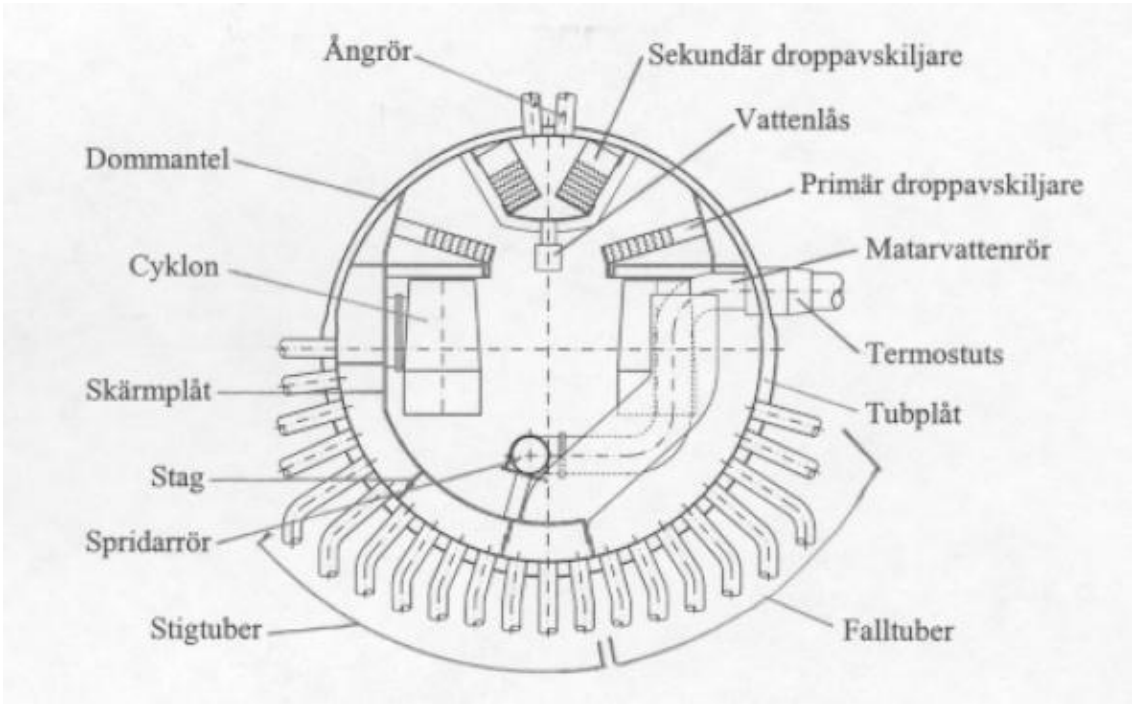


Fig. 12. Ångdom med inredning, tvådomspanna.

5.3 **Vattendom (A1).** Dom till vilken konvektionstuberna är anslutna. Från vattendomen utgår som regel fallrör till screentubsats och eldstadens cirkulationskretsar, se även fig. 6. Vissa äldre pannor har en ytångkylare placerad i vattendomen.

5.4 **Dommantel.** Cylindrisk mantel i dom.

5.5 **Tubplåt, tubsvep.** Den tjockare borrade delen av dommanteln för infästning av tuber.

5.6 **Domgavel.** Djupkupad gavel.

5.7 **Manhål (A1).** Instigningsöppning placerad i vardera domgaveln.

5.8 **Manhålslucka.** Lucka för manhål placerad på domens insida.

5.9 **Tubinvalsning, tubinpressning, tubinfästning.** Tubände infäst i dommantel genom ett speciellt valsningsförfarande. För att få extra säkerhet mot läckage i tubsätet kan tätsvetsning utföras.

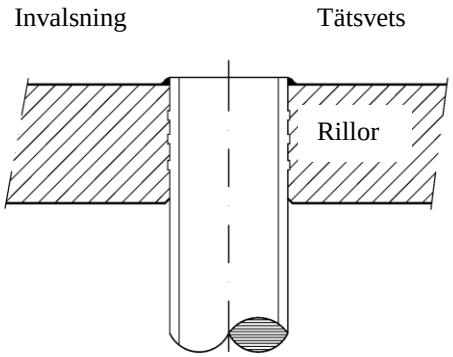


Fig. 13. Tubinvalsning i dommantel.

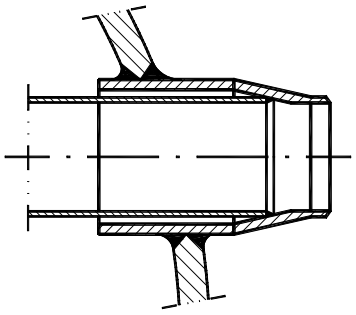


Fig. 14 Termostuts.

5.10 **Tätsvets (A1).** Svets runt invalsad tub för att minimera risken för läckage i tubinvalsningen. Vanligen läggs svetsen i två eller flera strängar mot manteln vid tubänden.

5.11 **Termostuts.** Speciellt utformad stuts som används i ledningar med flöden som har annan temperatur än dommanteln. Detta för att minimera värmespänningar, se fig.12 och 14.

5.12 **Matarvattenrör.** Rör från dommantel till spridarrör. Vanligtvis dras röret genom en termostuts i dommanteln, se fig. 12.

5.13 **Spridarrör i ångdomen.** Rör i ångdomen för fördelning av matarvattnet i domen. Röret är försett med ett stort antal hål och vanligen flänsat till matarvattenröret.

5.14 **Doseringsrör.** Invändigt rör för tillsats av kemikalier för pannvatten-behandling.

5.15 **Dominredning.** Sammanfattande benämning på olika inredningsdetaljer i domar, se fig. 12.

5.16 **Skärmplåt.** Skiljevägg för att avskilja inkommande vatten-ångemulsion från vattenrummet i ångdomen, se fig. 12.

5.17 **Cyklon.** Anordning i ångdomen för separering av vatten och ånga, se fig. 14.

5.18 **Droppavskiljare, demister.** Anordning för avskiljning av medryckta vattendroppar från utgående ånga, se fig. 12.

6 Ekonomiser - Huvuddel 6, (Figur 1 och 2)

6.1 **Ekonomiser, matarvattenförvärmare (A1).** Värmeyta för sänkning av rökgastemperaturen. För att undvika s k lågtemperaturkorrosion i ekonomiserns kallare del bör metalltemperaturen ligga väl över aktuell syradaggpunkt.

Ett flertal olika grundtyper av ekonomisrar finns, de vanligaste är:

- Kamflänsekonomiser.
- Stålrörsekonomiser i bankutförande, se fig. 15.
- Stålrörsekonomiser i panelutförande, se fig. 16.

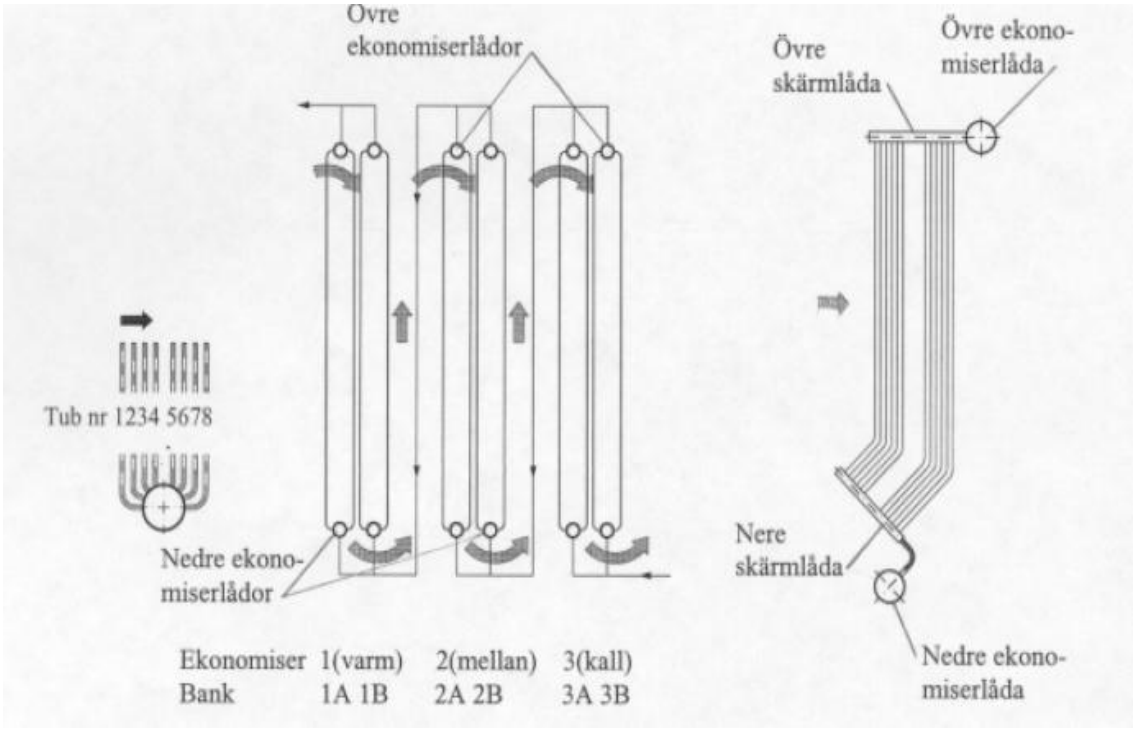


Fig. 15. Ekonomiserbankar.

Fig. 16. Ekonomiserpanel.

6.2 **Stålrörsekonomiser (A1).** Utgörs av släta eller fenade kolstålstuber, vanligtvis vertikalt arrangerade, se fig. 17 och 18.

6.3 **Ekonomiserstapel.** Kamflänsekonomisrar är vanligen uppbyggda av en eller flera parallellkopplade staplar med kamflänsrör.

6.4 **Kamrör, kamflänsrör (A1).** Gjutna kamflänsrör vanligen i kompoundutförande med en inre ståltub.

6.5 **Ekonomisertubsats.** Utgörs vanligen av två parallellkopplade ekonomiserbankar eller ett antal ekonomiserpaneler, se fig. 15 resp 16. Tubsatser numreras i rökgasriktningen, se fig. 15.

6.6 **Ekonomiserbank.** Utgörs av ett tubpaket med övre och nedre låda, se figur15.

6.7 **Ekonomiserskärm, ekonomiserpanel.** Vid ekonomisrar av paneltyp har varje enskild skärm egna fördelnings- och samlingslådor, nedre respektive övre skärmlåda. Skärmarna numreras från vänster sett i rökgasriktningen, se fig.15.

6.8 **Ekonomisertub.** Tub i ekonomiserbank eller -panel. Tuberna är normalt av kolstål och ofta försedda med påsvetsade fenor. Tuber numreras i rökgasriktningen, se fig. 15.

6.9 **Nedre skärmlåda.** Fördelningslåda i ekonomiserpanel, se fig. 16.

6.10 **Nedre ekonomiserlåda.** Fördelningslåda i stålrörsekonomiser, se fig. 15 och 16.

6.11 **Övre skärmlåda.** Samlingslåda i ekonomiserpanel, se fig. 16.

6.12 **Övre ekonomiserlåda.** Samlingslåda i stålrörsekonomiser, se fig. 15 och 16.

7 Ej gasberörda utrymmen - Huvuddel 7 (Figur 1 och 2)

Ej gasberörda utrymmen. Med detta uttryck avses olika isolerade utrymmen enligt fig. 1 och 2. Normalt skall dessa utrymmen vara försedda med instigningsöppningar och på så sätt tillgängliga för inspektion och underhåll.

7.1 **Bottenutrymme.** Isolerat utrymme under pannbotten.

7.2 **Näsutrymme, ”björnide”.** Isolerat utrymme bakom näsan.

7.3 **Takutrymme, ”penthouse”.** Isolerat utrymme över eldstad och ekonomiser. Även benämningen **inhängnad** förekommer.

8 Övrig utrustning, - Huvuddel 8 (Figur 1 och 2)

Övrig utrustning. Utrustning eller detaljer utanför själva pannkroppen.

8.1 **Matarvattentank (A1).** Bufferttank där matarvattnet behandlas genom avgasning och förvärmning.

8.2 **Matarvattenledning, mava-ledning.** Rörsystem mellan matarvattentank och ångdom inklusive reglerventil, förbindelseledningar i ekonomiser m m.

8.3 **Fallrör (A1).** Rör som leder vatten från vatten- eller ångdom till cirkulationskretsarnas fördelningslådor.

8.4 **Löprännekylning.** Utrustning för kylning av löpränna bestående av kylvattentank, rörledning, pump m m.

8.5 **Ångkylare (A1**). Anordning för temperatturreglering av överhettad ånga genom kylning av densamma. I äldre pannor förekommer ytkylare av typ tubvärmeväxlare vanligtvis i vattendomen. Numera används normalt insprutningsångkylare, typ:system Dolezal.

8.6 **Huvudångledning.** Rörledning för utgående ånga.

8.7 **Sotångledning.** Rörledning i system för sotningsånga.

8.8 **Sotapparat (A1).** Utrustning för renhållning av i huvudsak värmeytor i panna och ekonomiser.

8.9 **Lutförvärmare (A1).** Utrustning för höjning av brännlutens temperatur.

8.10 **Brännlutledning.** Rörledning i system för tillförsel av brännlut.

8.11 **Lutspruta (A1).** Utrustning för insprutning och spridning av brännlut i eldstaden.

8.12 **Startbrännare (A1).** Brännare vanligen placerad i sekundärluftnivå för uppstart och nedeldning av pannan.

8.13 **Destruktionsbrännare.** Brännare för förbränning av starka luktgaser m m, se rekommendation B 16 och C 9.

8.14 **Lastbrännare (A1).** Brännare placerad i övre ugnen för tillsatsbränsle, vanligen olja.

8.15 **Tändapparat.** Utrustning för tändning av brännare.

8.16 **Pilottändare.** Kontinuerligt brinnande tändare som stöd för brännare under start och drift, se rekommendation B 13.

8.17 **Luftfläkt, förbränningsluftfläkt (A1).** Fläkt för tillförsel av förbränningsluft till pannan.

8.18 **Luftkanal.** Plåtkanal för transport av luft till pannan.

8.19 **Luftförvärmare, luftbatteri (A1).** Värmeväxlare för förvärmning av förbränningsluft.

8.20 **Luftregister (A1).** Plåttrumma inklusive regleranordningar för distribution av förbränningsluft till eldstaden.

8.21 **Löpränna, smältränna (A1).** En vanligtvis vattenkyld plåtränna i vilken smältan rinner från ugnsbotten till smältlösaren.

8.22 **Löprännehuv.** Plåthuv som omsluter löpränna för att skydda mot stänk.

8.23 **Smältlösare, lösartank (A1).** Tank i vilken sodasmälta löses i svaglut.

8.24 **Imkondensor.** Kondensor för kylning av gaser från smältlösare.

8.25 **Rökgasfläkt (A1).** Fläkt för bortförsel av rökgaser från pannan.

8.26 **Rökgasskrubber (A1).** Torn, vanligen av plåt eller plast, för rening av rökgaser och värmeåtervinning.

8.27 **Pannstativ.** Stålstativ, vars huvudelement är pannpelare, som är uppställda på bottenplanet och når upp till pannhusets överdel. Pannstativet bär via balköverredet upp pannans vikt.

8.28 **Balköverrede.** System av balkar i vilka pannan är upphängd.

8.29 **Pannupphängning.** Balkar, stag, byglar m.m. för upphängning av eldstad, screen, överhettare och ekonomiser.

8.30 **Bärbalk.** Balk som bär upp del av pannan. Bärbalkar finns företrädesvis över pannans tak för upphängning av pannans olika delar, men kan förekomma även på andra platser såsom i näsutrymmet.

8.31 **Upphängningsstång, pendel, ”hängjärn”.** Stång ingående i anordning för upphängning av pannans olika delar.

8.32 **Dombygel.** Bygel för upphängning av ångdom och därmed även konvektionstubsats och vattendom i tvådomspannor.

8.33 **Skyddstak (A1).** Tak som temporärt installeras i övre eldstaden för skydd av personal vid underhållsarbeten i eldstaden.

8.34 **Askficka (A1).** Plåtficka för uppsamling av aska under konvektionsdel respektive ekonomiserbankar.

8.35 **Asktransportör, ”redler” (A1).** Skraptransportör bl a för utmatning ur askficka.

8.36 **Snabbtömningsledning.** Rörledning med tillhörande ventiler för tömning av vatten ur pannan i en nödsituation.

8.37 **Utblåsningstank.** Tank för uppsamling av pannvatten och kondensat.

8.38 **Provtagningskylare.** Utrustning för kylning av ång- och vattenprov.

8.39 **Elektrofilter, ”elfilter” (A1).** Anläggning för elektrostatisk avskiljning av stoft ur rökgaser.

8.40 **Rökgaskylare**. Kylare för rökgaser vid rökgaskondensering

8.41 **Askupplösningstank.** Tank för upplösning av elfilteraska med varmvatten eller lut.

8.42 **Imångskrubber**. Skrubber för tvättning av imånga från lösartank. Ofta kombinerad med värmeåtervinning.

8.43 **Spraytorn**. Se Imångskrubber.

8.44 **Bäddkamera**. Kamera för övervakning av bädden i sodapannan under drift.

8.45 **Atomisering.** (A1).Egentligen ”**Förstoftning”** innebär finfördelning av oljedroppar i oljebrännare, vanligen med ånga.

8.46 **Interlocksystem.** Låssystem för att förhindra ofrivillig öppning av ventiler eller luckor. Exempel på användning är förreglad urkoppling av tjocklutlutförvärmare för vattentvättning under drift, samt förregling av instigningsluckor till elfilter.

8.47 **Dumptank**. Uppsamlingstank för tvättvätskor och lutar som pumpas till indunstning.

9 Allmänna benämningar

Allmänna benämningar. Benämningar på delar samt begrepp som är generellt tillämpliga i pannan.

9.1 **Eldstadsvägg, tubvägg.** Vattenkyld vägg av tuber vanligtvis sammanbundna med membran eller svets. I ugnen bör väggarna vara korrosionsskyddade, numera vanligen i form av kompoundtuber. Beträffande olika väggutföranden se fig. 17.

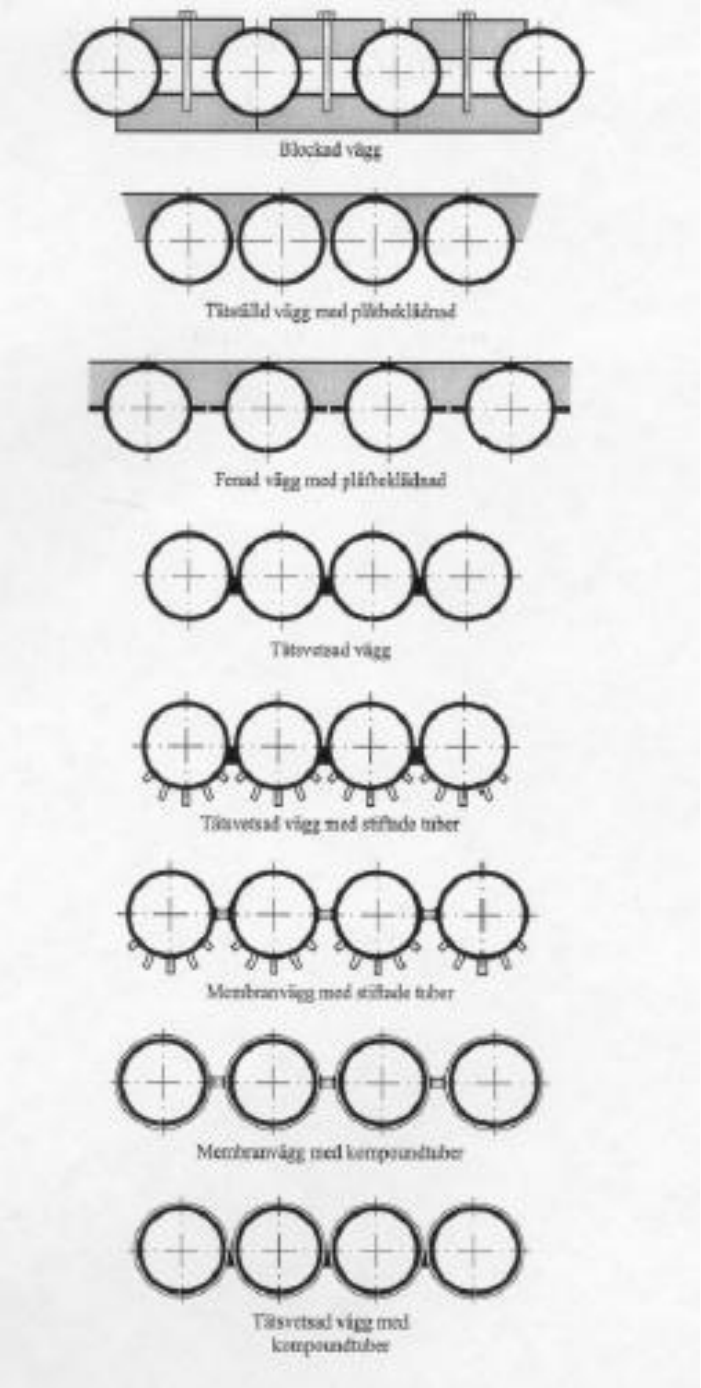


Fig. 17. Olika typer av tubväggar.

9.2 **Beträffande** numrering av tuber i eldstad och rökgasstråk se figur 18.

9.2.1 **Vägg nr 1.** Vänster vägg sett i rökgasriktningen.

9.2.2 **Vägg nr 2.** Bakvägg sett i rökgasriktningen.

9.2.3 **Vägg nr 3.** Höger vägg sett i rökgasriktningen.

9.2.4 **Vägg nr 4.** Frontvägg sett i rökgasriktningen.

Anm:

- Götaverken har av praxis benämnt väggen med löphål som frontvägg. I ett fåtal äldre pannor motsvarar det vägg nr 4, i övriga pannor vägg nr 2.

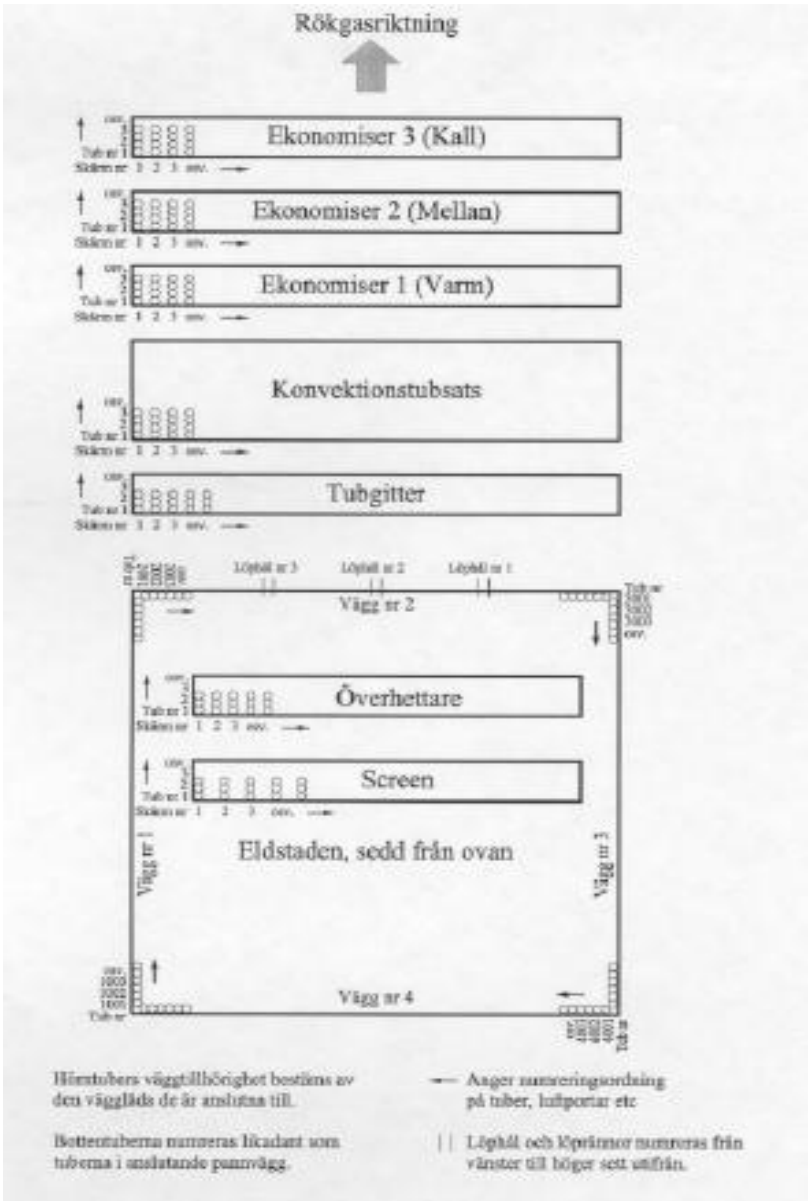


Fig. 18. Rekommenderad numrering av tuber, väggar och löphål

9.3 **Stigtub, väggtub (A1).** Tuber som ingår i pannans väggar samt i konvektionstubsatsens stigtubsdel. Tuberna bör numreras enligt de regler som anges i fig. 18. Som regel bildar front- eller bakväggens tuber botten och tak i eldstaden.

9.4 **Ångpannetub (A1).** Rör av tryckkärlskvalitet

9.5 **PED.** (A1). Benämning på EU-direktiv för dimensionering av tryckkärl.

9.6 **Kompoundtub (A1).** Ångpannetub försedd med ett yttre korrosionsskydd i rostfritt material.

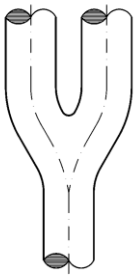
9.7 **Inåtbockad tub.** Tub bockad in mot eldstaden.

9.8 **Utåtbockad tub.** Tub bockad ut från eldstaden.

9.9 **Sidobockad tub.** Tub bockad i sidled, vid öppning av något slag, se fig. 20.

9.10 **Tubböj.** Bockad tubdel, t ex vid öppning eller vid övergång mellan bakvägg och botten.

9.11 **Byxtub.** Tubdel som utgör övergång från en tub till två tuber eller tvärt om. I väggar med byxade tuber får tuberna olika nummer över och under byxningen.



. Fig. 19. Byxtub

9.12 **Ringtub.** Tub bockad som en ring runt löphål.

9.13 **Stuts, stos, nippel (A1).** Kortare rörstycke svetsat exempelvis till dom eller låda. Till stuts kan rör, ventil eller fläns vara svetsad.

9.14 **Konad tub.** Tub som vid tillverkning eller montage konats till en annan dimension. Sett i strömnings-riktningen brukar man tala om nedkonad eller uppkonad tub.

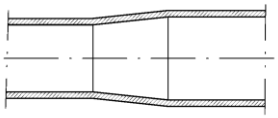


Fig. 20. Konad tub.

9.15 **Kamrör, kamflänsrör (A1).** Gjutna rör försedda med kamflänsar eller tryckkärlsrör försedda med spirallindade flänsar. För tryck över 50 bar krävs att de gjutna kamrören är infodrade med tryckkärlsrör (kompoundrör).

9.16 **Spirallindat rör.** Tryckkärlsrör med pålindad fläns för ökad värmeupptagning, används ofta i luftförvärmare.

9.17 **Instigningsöppning.** Öppning i eldstadsvägg för passage till rökgassidan.

9.18 **Instigningslucka.** Lucka för instigningsöppning.

9.19 **Inspektionsöppning.** Öppning i vägg för inspektion, lansning m m.

9.20 **Inspektionslucka.** Lucka för inspektion, lansning m m.

9.21 **Sotblåsaröppning.** Öppning med tätningsbox för sotningslans, vanligtvis i sidovägg.

9.22 **Väggenomföring.** Undanbockning av väggtuber t ex för att ge passage för screentuber eller sotblåsare.

9.23 **Membran.** Vanligen plattstång, insvetsad mellan tuber, så att en gastät vägg eller tubpanel erhålls.

9.24 **Tätningsplåt.** Plåt (eller plattstång) formad för att täta vid luftportar och mellan botten och väggar m m.

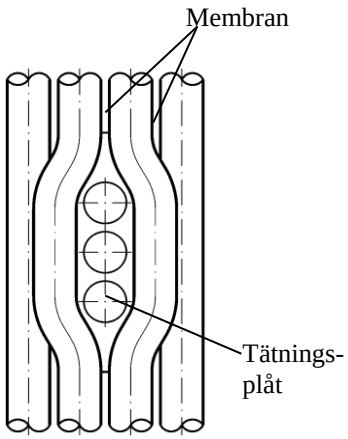


Fig. 21. Väggenomföring.

9.25 **Fena.** Plattstång eller slitsad plåt svetsad mot tuber för att fylla ut tomrum mellan glest ställda tuber eller vid undanbockade tuber, se fig. 25.

9.26 **Gräns korrosionsskyddat område.** Nivå eller gräns för korrosionsskydd.

9.27 **Gräns stiftat område.** Nivå eller gräns för bestiftning.

9.28 **Gräns kompoundområde.** Nivå eller gräns för kompoundtuber.

9.29 **Gräns metalliserat område.** Nivå eller gräns för metallisering.

9.30 **Metallisering.** Termiskt påsprutat korrosionsskydd.

9.31 **Låda.** Långsmalt cylindriskt tryckkärl (i äldre konstruktioner kan fyrkantiga lådor förekomma). I pannor används lådor för fördelning och hopsamling av vatten och ånga.

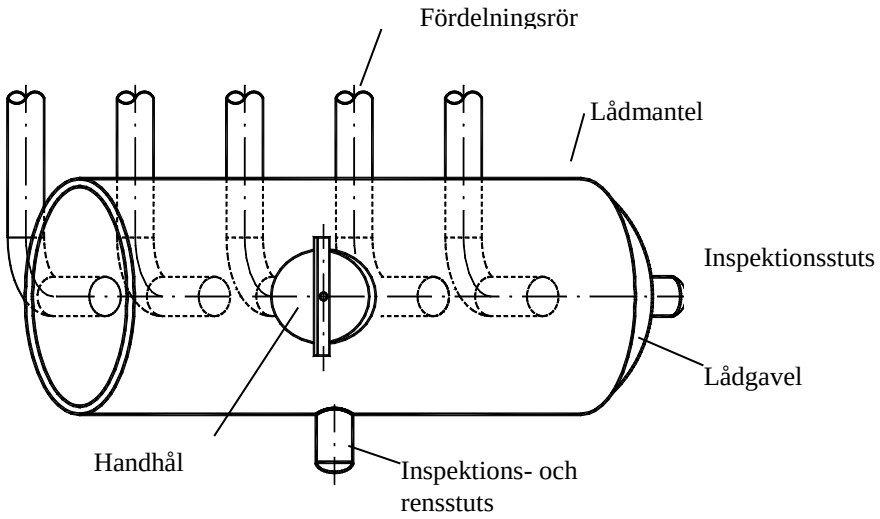


Fig. 22. Del av fördelningslåda.

9.32 **Lådmantel.** Lådans vanligen cylindriska tryckbärande del.

9.33 **Lådgavel.** Plan eller kupad tryckbärande gavel i låda.

9.34 **Handhål.** Mindre öppning t ex i låda för inspektion eller rengöring, se fig.22.

9.35 **Handhålslucka.** Oval lucka vid handhål, se fig. 22.

9.36 **Inspektionsstuts.** Stuts (nippel) svetsad till låda för inspektion eller rengöring av låda och anslutande tuber, se fig. 22.

9.37 **Rör (A1).** Normalt används begreppet rör för ledningar av olika slag. Benämningen tub avser ofta rör som används för värmeväxling, t ex ångpannetub.

9.38 **Fördelningsrör.** Rör för fördelning av t ex pannvatten.

9.39 **Rörledning, rörsystem.** Ledning eller ledningsnät för transport av exempelvis flytande och gasformiga ämnen.

9.40 **Cirkulationsledning.** Exempelvis rörledning till och från luftförvärmare.

9.41 **Förbindelserör.** Rör mellan dom och primäröverhettare eller rör mellan olika lådor m m.

9.42 **Emulsionsrör, stigrör.** Rör för transport av vatten-ångemulsion från samlingslådor till ångdom.

9.43 **Stagbalk, inhållsbalk.** Balk monterad på vägg för att staga väggen, se fig. 23.

9.44 **Dragband.** Plattstång vilken ingår som ett element i eldstadsväggens stagning, se fig. 23.

9.45 **Hake.** Förbindelseelement mellan t ex membran och balk.

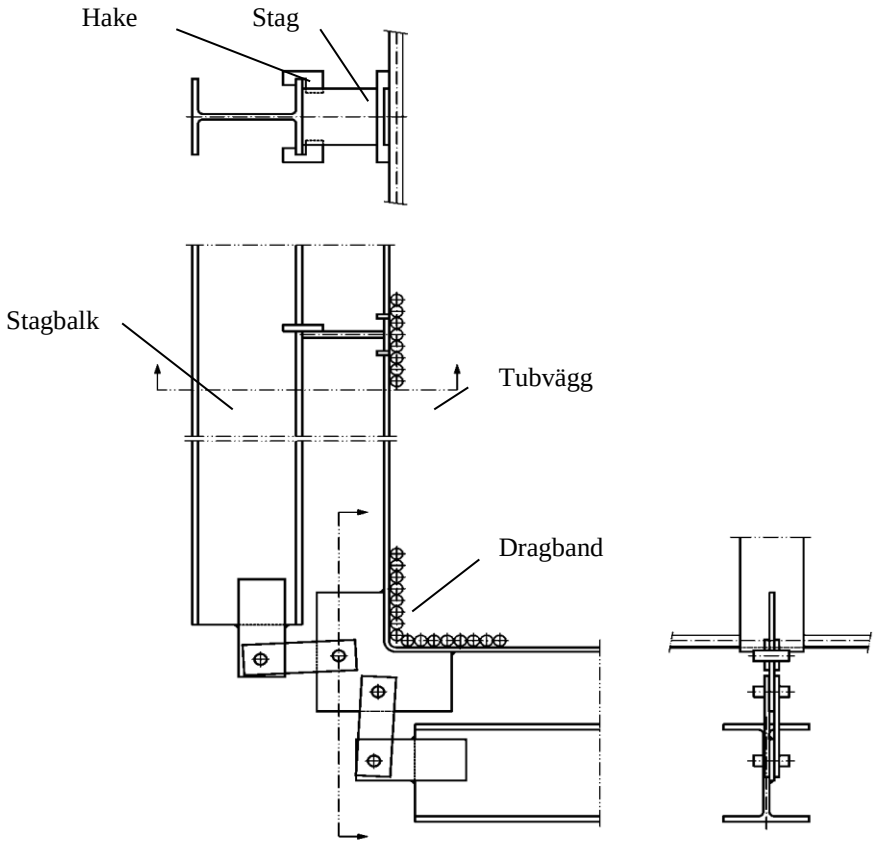


Fig. 23. Stagning av pannvägg.

9.46 **Konsol.** Konstruktionsdetalj för upphängning eller stöd av panndel.

9.47 **Fästöra, upphängningsöra.** Detalj svetsad till tub eller låda för infästning av balk eller upphängningsstång.

9.48 **Baffelplåt.** Skärm avsedd att styra strömningen av exempelvis rökgaser och ånga.

9.49 **Vibrationsstag.** Vibrationshämmande stagning av tuber genom fasta eller rörliga stag.

9.50 **Yttre plåtklädsel.** Plåtbeklädnad utanpå isolering, se fig. 24 och 25.

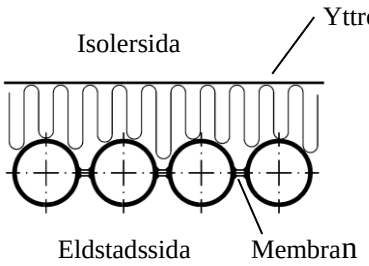


Fig 24. Membranvägg.

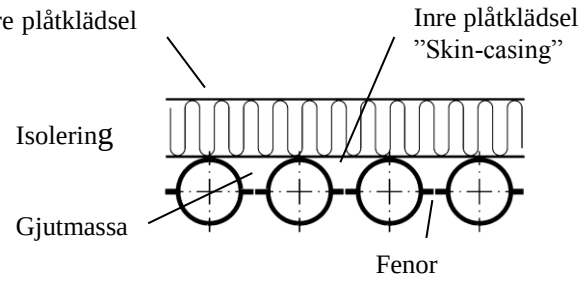


Fig. 25. Vägg med fenade tuber.

9.51 **Inre plåtklädsel, ”skin-casing.** Gastät plåtbeklädnad utanpå tubvägg eller gastätt hölje utanpå konvektions- eller ekonomisertubsatser, se fig. 25.

9.52 **Isolersida, ”kalla sidan”.** Den utvändiga ej värmebelastade, rökgasberörda sidan av en tub eller tubvägg.

9.53 **Eldstadssida, ugnssida, ”varma sidan”.** Den värmebelastade, rökgasberörda,sidan av en tub eller tubvägg.

9.54 **Tubutsida,** Tubgodsets ytteryta.

9.55 **Tubinsida.** Tubgodsets inneryta.

9.56 **Stumsvets (A1).** Svets mellan två delar som ligger i samma plan, t ex vid skarvning av två plåtar eller två tuber.

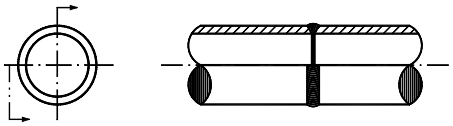


Fig. 26. Stumsvets.

9.57 **Påsvets (A1).** Skikt svetsat på tub, membran e dyl, exempelvis för att få ett bättre korrosionsskydd.

9.57.1 **Intermittent svets.** Upprepade kortare eller längre svetsar, t ex för infästning av plåtar där täthet ej krävs.

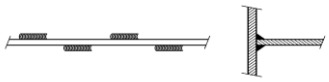


Fig. 27. Intermittent kälsvets.

9.58 **Kälsvets (A1).** Svets mellan två detaljer, där delarna ligger i vinkel mot varandra.

9.59 **Lucksvets (A1).** Förfarande som används vid skarvning av tuber i tubpaneler med tättställda tuber. Härvid kan varannan tub svetsas med normal stumfog, varefter mellanliggande tub svetsas med lucka.

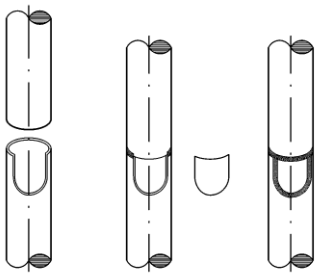


Fig. 28. Lucksvets.

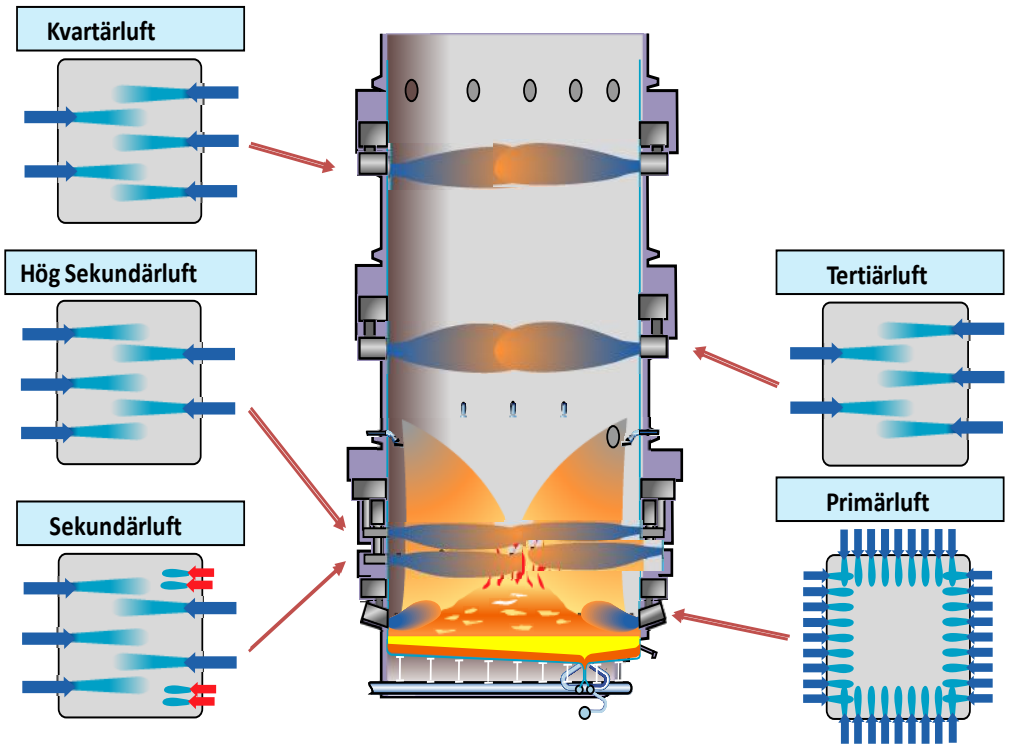
9.60 **Svaggassystem**. Lednings och säkerhetssystem för förbränning av svaga gaser från processen. Vanligtvis införs gaserna i den övre delen av ugnen se 1.2.

9.61 **Starkgassystem** Lednings- och säkerhetssystem för att förbränna illaluktande och explosiva gaser från processen. Vanligtvis införs gaserna i nedre del av ugnen se 1.1.

9.62 **Bårlucka**. Instigningsluckor med dimensioner som tillåter in- och uttransport av räddningsbår

9.63 **Vertikalluft, Flernivåluftsystem, ”Multilevel”- luftsystem”**.
Förbränningsluft , sekundär-, tertiär och kvartärluft ,se avsnitt 1.1, tillförs i flera nivåer .Ett fåtal stora luftportar i olika nivåer dimensioneras för att ge tillräcklig inträngning i eldstaden för att åstadkomma omblandning . Flernivåsystemen anses minska stråkbildning i pannan. Prinsipskiss visas i Figur 29

Exempel med Sekundärluft i två nivåer (3+2) ”intrerlaced”, Tertiärluft i en nivå (2+3) och Kvartärluft i en nivå (2+3)



Figur 29. Flernivå luftsystem, vertikalluft, multilevel luftsystem

Sida - Pkt **Sida -Pkt**

10 Sakregister

A

Askficka 23
Asktransportör 23
Askupplösningstank 24
Atomisering 24

B

Baffelplåt 31
Balköverrede 23
Bestiftning 8
björnide 21
Bottenbalk 7
bottenlåda 7
Bottentub 7
Bottenutrymme 21
Brännlutledning 22
Byxtub 27
Bårlucka 32
Bäddkamera 24
Bärbalk 23

C

Cirkulationsledning 29
Cyklon 19

D

Dekanterande botten 7
demister 19
Destruktionsbrännare 22
Destruktionsbrännaröppning 8
Dom 17
Dombygel 23
Domgavel 17
Dominredning 18
Dommantel 17
Doseringsrör 18
Dragband 30
Droppavskiljare 19
Dumptank 24

E

Ej gasberörda utrymmen 20
Ekonomiser 19
Ekonomiserstapel 20
Ekonomisertub 20
Ekonomisertubsats 20
Eldstad 7
eldstadsbotten 7
Eldstadslucka 8
Eldstadssida 31
Eldstadstak 10
Eldstadsvägg 8, 25
Eldstadsöppning 8
Elektrofilter 23
Emulsionsrör 30

F

Fallrör 21
Falltub 15
Falltubsdel 15
Fast stag. 14
Fena 28
Flernivåluftsystem 33
Fästöra 30
Förbindelserör 30
förbränningsluftfläkt 22
fördelningslåda 11, 14
Fördelningslåda 7
Fördelningsrör 29

G

Gip 7
Gittertub 9
Glidstag 14
Gräns korrosionsskyddat område 28
Gräns stiftat område 28

H

Hake 30
Handhål 29
Handhålslucka 29
Huvudångledning 21
hängjärn 23

I

Imkondensor 22
Imångskrubber 24
inhållsbalk 30
inhängnad 21
Inloppslåda 14
Inre plåtklädsel 31
Inspektionslucka 28
Inspektionsstuts 29
Inspektionsöppning 28
Instigningslucka 28

Sakregister

Sida - Pkt

Instigningsöppning 28
Interlocksystem 24
Intermittent svets 32
Inåtbockad tub 27
Isolersida 31

K

kalla sidan 31
Kameraöppning 8
kamflänsrör 20, 27
Kamrör 20, 27
klammer 16
Kompoundtub 27
Konad tub 27
Konsol 30
Konvektionstub 15
Konvektionstubrad 15
Konvektionstubsats 14
Konvektionstubskärm 16
Kvartärluftport 9
Kälsvets 32

L

Lastbrännare 22
Lastbrännaröppning 9
Lucksvets 32
luftbatteri 22
Luftdysa 8
Luftfläkt 22
Luftförvärmare 22
Luftkanal 22
Luftport 8
Luftregister 22
Lutande botten 7
Lutförvärmare 21
Lutspruta 22
Lutspruteöppning 8
Låda 29
Lådgavel 29
Lådmantel 29
Länkstag 14
Löphål 7
Löphålstub 8
Löpränna 22
Löprännehuv 22
Löprännekylning 21
lösartank 22

M

Manhål 17
Manhålslucka 17
matarvattenförvärmare 19
Matarvattenledning 21
Matarvattenrör 18
Matarvattentank 21

Sida -Pkt

mava-ledning 21
Membran 12, 28
Metallisering 28
Multilevel"- luftsystem 33

N

nedre eldstad 7
Nedre fördelningslåda 16
nedre konvektionslåda 16
Nedre screenlåda 11
Nedre skärmlåda 16, 20
Nedre ugn 7
nippel 27
Näsa 9
nässkärm 9
Näsutrymme 21

P

Pannstativ 23
Pannupphängning 23
PED 27
pendel 23
penthouse 21
Pilottändare 22
Primärluftport 8
Primäröverhettare 13
Provtagningskylare 23
Påsvets 32

R

Ringtub 27
Rökgasfläkt 22
Rökgaskylare 23
Rökgasskrubber 23
Rör 29
Rörledning 29
rörsystem 29

S

samlingslåda 12, 14
Samlingslåda 9
Screentub 11
Screentubsats 11
Screentubskärm 11
Sekundärluftport 8
Sekundäröverhettare 13
Sidobockad tub 27
skin-casing 31
Skyddstak 9, 23
Skärmplåt 18
skärmtub 11
skärmtubsats 11
Skärmvägg 15

Sakregister

Sida - Pkt

Smältlösare 22
smältränna 22
smältugn 7
Snabbtömningsledning 23
Sotapparat 21
Sotblåsaröppning 28
Sotångledning 21
Spirallindat rör 28
Spraytorn 24
Spridarrör 18
Stag 14
Stagbalk 30
Starkgassystem 32
Startbrännare 22
Startbrännaröppning 8
Stift 8
stigrör 30
Stigtub 15, 27
Stigtubsdel 15
stos 27
stud 8
studding 8
Stumsvets 31
Stuts 27
Stålrörsekonomiser 20
Svaggassystem 32

T

Takgenomföring 10
Taktub 10
Taktätning 10
Takutrymme 21
Termostuts 18
Tertiärluftport 9
Tertiäröverhettare 13
Tubböj 14, 27
Tubförstyvning 12
Tubgitter 9
tubinfästning 18
tubinpressning 18
Tubinsida 31
Tubinvalsning 18
Tubplåt 17
Tubslinga 14
Tubutsida 31
tubvägg 25
Tändapparat 22
Tätningsplåt 28
Tätsvets 18

Sida -Pkt

U

Ugnsbotten 7
ugnssida 31
Upphängningsstång 23
upphängningsöra 30
Utblåsningstank 23
Utloppslåda 14
Utåtbockad tub 27

V,W

varma sidan 31
Vattendom 17
Vertikalluft 33
Vibrationsstag 16, 31
Väggenomföring 28
väggtub 8, 27

Y

Yttre plåtklädsel 31

Å

Ångdom 17
Ångkylare 21
Ångpannetub 27

Ö

Överhettare 13
Överhettarlåda 14
Överhettarpanel 14
Överhettarskärm 13
Överhettartub 14
Överhettarutrymme 9
övre aktiv eldstad 9
Övre ekonomiserlåda 20
Övre samlingslåda 16
Övre screenlåda 12
Övre skärmlåda 16, 20
Övre ugn, ... 9
övre vägglåda 9

Meddelande från
Sodahuskommittén
(The Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee)

Nr A 3
Issue 2 – Dec. 2008

General terms for the use of the recommendations of the Sodahuskommittén

The purpose of this document is to provide guidelines as to how the recommendations of the Sodahuskommittén are to be used, and to inform on copyright-related matters.

1. The recommendations and guidelines of the Sodahuskommittén are *recommendations* – any member(s) and/or other party(ies) use them at their *own risk* and under their *own responsibility*. The Sodahuskommittén disclaims any and all responsibility for fault or damage, regardless of cause, that may ensue upon following the recommendations. The recommendations are *only* published in Swedish and are *only* applicable to the activities of Sodahuskommittén's members in Sweden and Norway.

2. The recommendations and guidelines are intended to serve as advice and support in order to promote safety upon the construction of chemical recovery boilers and their operation. The recommendations in themselves are intended for newly built boilers that make use of the best available technology. For older boilers, the recommendations constitute a frame of reference for that which can be achieved by the use of the latest technology.

3. It is up to each mill, or other party, to determine for themselves, in their risk analysis, whether or not to follow the recommendations of the Sodahuskommittén.

4. It is incumbent upon each individual mill, or other party, upon application of the recommendations, to check with the appropriate authorities that the recommendations are in compliance with the applicable legislation and any other applicable regulations.

5. The Sodahuskommittén has the copyrights to all recommendations, both those that are outdated and those that are currently applicable.

© Sodahuskommittén – Guideline No. A 3 Issue 2 – Dec. 2008
SE-169 99 Stockholm, Sweden; Org.nr. 802402-2165

Meddelande från
Sodahuskommittén

Nr A 3
Utgåva 2 – Dec. 2008

Allmänna villkor för användandet av Sodahuskommitténs rekommendationer

Sodahuskommittén vill med detta meddelande ge riktlinjer för hur rekommendationerna skall och bör användas samt informera om upphovsrättsliga frågor.

1. Sodahuskommitténs rekommendationer och riktlinjer är *rekommendationer* – varje medlem använder dem på *egen risk och eget ansvar*. Sodahuskommittén frånskriver sig från allt ansvar för fel eller skada oavsett orsak som kan följa av att rekommendationer följs. Dessa rekommendationer utges bara på svenska språket och är endast tillämpliga på medlemmarnas verksamheter i Sverige och Norge.

2. Rekommendationerna och riktlinjerna är tänkta som råd och stöd för att befrämja säkerhet vid konstruktion av sodapannor och vid sodahusdrift. Rekommendationerna i sig är tänkta att gälla för nybyggda pannor med bästa möjliga teknik. För äldre pannor utgör rekommendationerna en referensram för vad som kan uppnås med den nyaste tekniken.

3. Det är upp till varje medlem att själv, i sin riskbedömning, avgöra om man vill följa Sodahuskommitténs rekommendationer eller ej.

4. Det åligger varje enskilt bruk eller annan part att, vid tillämpningen av rekommendationerna, stämma av med tillämpliga myndigheter att rekommendationerna är i överensstämmelse med gällande lagstiftning och övriga föreskrifter.

5. Sodahuskommittén har upphovsrätten till samtliga rekommendationer, både de som utgått och de som gäller idag.

© Sodahuskommittén – Meddelande nr A 3 Utgåva 2 – Dec. 2008
169 99 Stockholm; Org.nr. 802402-2165

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 1
Utgåva10, september 2024
(2024-10-20)
Rev. p 3.11.3 2025-04-02)

Sodapannans konstruktion och utrustning

Föreliggande rekommendation B 1, Utgåva 9, bygger på och kompletterar den harmoniserade standarden SS-EN 12 952. Rekommendation B 1 behandlar konstruktion- och utrustning av sodapannan samt behandlar utförandedetaljer som i praktiken visat sig främja personsäkerhet och driftsäkerhet hos sodapannan.

De givna rekommendationerna är främst avsedda att tillämpas vid projektering av nya sodapannor, samt i samband med större ombyggnader av äldre pannor.

Rekommenderade utrustningar, samt de exempel på utförande som ges i denna rekommendation, anses av Sodahuskommittén kunna ge godtagbar säkerhet.
Denna utgåva 9 har kompletterats beträffande instrumenterade säkerhetssystem med hänvisning till standarden SS-EN 61511och rekommendation B 18, Sodapannans säkerhetssystem.

Hänvisningar

Föreskrifter
Europaparlamentets och Rådets direktiv 2014/68/EU
AFS 2023:5 Tryckbärande anordningar (Ersätter AFS 2016:1 från 1 jan 2025)
AFS 2023:11 Trycksatta anordningar (Ersätter 2017:3 från 1 jan 2025)
AFS 2013:10 Ställningar, AFS 1995:10, Manhål på vissa behållare
AFS 1981:14 Skydd mot skada genom fall
EKS 10 Boverkets konstruktionsregler
AFS 2008:3, Maskiner
AFS 2011:1, Maskiner

Standard
SS-EN 12 952, Harmoniserad Europastandardserie
SS-EN 13480, del 1-6, Standard för industriella rörledningar av metalliska material
ISO 10218-1, Säkerhetskrav för industriella robotar; robotar
ISO 10218-2, Säkerhetskrav för industriella robotar; robotsystem och integration
SFS EN ISO 13850, Safety of machinery - emergency stop functions - principles for design.
SS EN 13849-1:2008, Maskinsäkerhet - säkerhetsrelaterade delar av styrsystem - Del 1 Allmänna konstruktionsprinciper
SS EN ISO 13849-2:2012, Maskinsäkerhet - Styrsystem - Säkerhetsrelaterade delar i styrsystem - Del 2: Validering
SS-EN ISO 13855:2010, Maskinsäkerhet - Placering av tekniska skydd beroende på kroppsdelars hastigheter.

Rekommendationer

A 1 Termer och begrepp rörande kemikalieåtervinning samt material och svetsning
A 2 Benämningar på delar i sodahusaggregat
B 11 Torrhaltsbestämning på svartlut
B 17 Utformning och drift av lutsystemet
C 1 Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd
B 12 Reservkraft i Sodahuset
B 16 Destruktion av starka luktgaser, metanol och terpentin i sodapannor B 16.

Innehåll

1 Föreskrifter och standard 7

2 Projektering 7
2.1 Särskilda riskällor 7
2.2 Riskanalys 7
2.3 Cirkulationsberäkning 7

3 Sodapannan tryckbärande anordning, värmeytor 8
3.1 Pannväggar, tak, askfickor, kanaler, svaga hörn 8
3.2 Stagbalkar 8
3.3 Tuber 8
3.3.1 Tuber i väggar, botten och tak 9
3.4 Tubundanbockningar, öppningar i eldstadsväggar 9
3.5 Luckor för instigning, rengöring, inspektion, skyddstak m.m. 10
3.6 Skyddstak 10
3.6.1 Skyddstak på inskjutbara bärbalkar 10
3.6.2 Skyddstak lagt på tubskärmar 11
3.7 Arrangemang för betning och kemisk rengöring 11
3.8 Skydd mot vätskeläckage 11
3.9 Överhettare 12
3.9.1 Tubmaterial 12
3.9.2 Överhettarlådor 12
3.9.3 Ångkylare – reglering av ångtemperatur 12
3.10 Domar och lådor 12
3.10.1 Ång- och vattendomar 12
3.10.2 Lådor 13
3.11 Provuttag för ånga och vatten 13
3.11.1 Provtagning av ånga 14
3.11.2 Provtagning för vatten 14
3.11.3 Anslutning av kontrollinstrument 14
3.12 Krav på säkerhetsutrustningar 14
3.12.1 Säkerhetsventiler 14
3.12.2 Vattenståndsvisare och lägsta tillåtna vattenstånd 15
3.13 Panntrycksregulator 15
3.14 Krav på övrig pannutrustning 15
3.14.1 Utrustningar för tryck- och temperaturmätning 16
3.15 Pannans avstängning mot anslutna system (rotventiler) 16

4 Behållare, tankar 16
4.1 Reservkylvattentank 16
4.2 Tryckluftförsörjning, luftklocka 16
4.3 Smältlösare 16
4.4 Sulfatblandartank och utjämningscistern 17

5 Sodapannans hjälputrustningar 17
5.1 Matarvattenpumpar 17
5.2 Löprännor 19

5.2.1 Kylsystem för löprännor 20
5.3 Robot för löprännor 21
5.3.1 Föreskrift, standard 21
5.3.2 Säkerhetsbarriärer 21
5.3.3 Löprännerobotens styrsystem 22
5.3.4 Underhåll 22
5.3.5 Utbildning av användare av löprännerobot 22

6 Rörledningar och armatur 22
6.1 Följdvärme på rörledning 22
6.2 Matarvattenledning 22
6.3 Huvudångledning 22
6.4 Startledning (friblåsningsledning) 23
6.5 Snabbtömningsledningar 23
6.6 Ledning för kontinuerlig utblåsning 23
6.7 Ledning för diskontinuerlig utblåsning 23
6.8 Ledningar för chockblåsning av bottenlådor 23
6.9 Ångledningar till lutförvärmare och eldningsoljesystem 24
6.10 Förbindelseledningar i matarvattenförvärmare (ekonomiser) 24
6.11 Avloppsledningar 24
6.12 Lutledningar 24
6.13 Skydd av ledningar och kabelstråk 24

7 Förbränningsluftsystem 25
7.1 Luftkanaler och luftflödesmätning 25
7.2 Luftfläktar 25
7.3 Luftregister och luftportar 25
7.4 Luftförvärmare 26

8 Rökgassystem 26
8.1 Elektrofilter skydd-och säkerhetsarrangemang 26
8.1.1 Mekanisk låsning av tallriksspjäll före och efter filtren 26
8.1.2 Förregling/blockering av instigningsluckor 26
8.1.3 Säkring av personal i samband med arbete i filter 26
8.1.4 Möjlighet att kyla atmosfären i filtren på ett säkert sätt 27
8.2 Skrubber / Rökgasskrubber 27

9 Lagring av tjocklut och brännlut 28
9.1 Materialval i cisterner för tjocklut och brännlut 28
9.2 Öppen cistern 28
9.3 Trycksatt cistern 29

10 Brännlutsystemets utformning 30
10.1 Dimensionering av lutledningar 30
10.2 Material i lutledningar 31
10.3 Huvudprinciper för brännlutsystem 31
10.4 Brännlutledning 32
10.5 Ringledning och returledningar 32
10.6 Anslutningsledning för brännlut (ringledning) till lutspruta 33
10.7 Snabbstängning av luttillförseln 34
10.7.1 Ventilfunktioner 34
10.7.2 Ventiler med fjäder för öppnings- eller stängningsfunktion 35

10.7.3 Anslutningar för tvättning och dränering 35
10.7.4 Tvätt av brännlutsystem och tjocklutledningar 35
10.7.5 Ångblåsning av brännlutledningar 35
10.8 Brännlutpumpar (insprutningspumpar) 36
10.9 Lutsprutan – koppling och säkerhet 36
10.9.1 Vattenkyld lutspruta 37

11 Lutförvärmare 37
11.1 Allmänt 37
11.1.1 Indirekt lutförvärmare 37
11.1.2 Direkt lutförvärmare 38

12 Inblandning av stoft och tillsatskemikalier 38
12.1 Flytande täckningskemikalier 39
12.2 Restsyratillförsel i svartlut 39
12.2.1 Neutralisation 39
12.2.2 Tillsatsställe 39
12.2.3 Dosering 39
12.3 Svavelvätebildning 40
12.4 Såpeldning 40
12.4.1 Arrangemang för såpeldning 40

13 Oljeeldning 41
13.1 Eldningsolja, tallolja och beckolja 41
13.1.1 Spillolja 41
13.1.2 Startbrännare 41
13.1.3 Lastbrännare 41
13.1.4 Eldning genom inblandning i lut 41

14 Arrangemang för att begränsa anrikning av avvikande kemikalier 41

15 Sammankoppling av medier 42

16 Driftövervakning 44
16.1 Övervakningsutrustning 45
16.1.1 Exempel på väsentliga Instrumenterade säkerhetskretsar: 46
16.2 Larm och förreglingar i brännlutsystemet 48
16.2.1 Exempel på nödvändiga larm: 48
16.3 Lastreglering 49

17 Start-och driftvillkor samt förreglingar för sodapannan 50
17.1 Start och drift av oljebrännare 50
17.2 Startvillkor för brännlutpump 50
17.3 Start- och driftvillkor för luteldning 51
17.4 Definierade Stopp-manövrar 52
17.5 Faror som automatiskt ska aktivera ”Nödnedeldning” 52
17.6 Faror som automatiskt skall aktivera ”Stopp Förbränning” (panntripp) 53
17.7 Faror som automatiskt skall stoppa bränsletillförseln (bränsletripp), ”Stopp Allt Bränsle” 53
17.8 Faror som ska aktivera ”Stopp Lutbränsle” 54
17.9 Störningar som medför automatiska omställningar 54

18 Sodapannans säkerhetssystem 55
18.1 Instrumenterade Säkerhetsfunktioner med SIL-krav 55

19 Bildbilaga 66

1 Föreskrifter och standard

Sodapannan med alla dess hjälputrustningar skall projekteras och tillverkas i överensstämmelse med EU direktiv 2014/68/EU. Direktivet har implementerats i svensk lagstiftning genom Arbetarskyddsstyrelsens föreskrift AFS 2016:1.
Som ett sätt att uppfylla EU direktiv 2014/68/EU, vanligen kallat PED, har i fråga om vattenrörspannor och sodapannors konstruktion och utrustning europastandardserien SS-EN 12952 utarbetats.
Vad som särskilt gäller sodapannor behandlas kortfattat i ett antal bilagor (annex) till SS-EN 12 952, delarna 2, 5, 6,7 och 8.
I rekommendation F4 har sammanställts de föreskrifter och standarder som är tillämpliga för sodapannans projektering och konstruktion. Där behandlas även sodapannans riskanalys.

Det finns formellt endast en tillverkare av en tryckbärande anordning. Det är viktigt att i ett tidigt skede klargöra vem som är tillverkare och därmed har ansvaret. Tillverkaren måste ha den kompetens som krävs enligt PED för att få åta sig tillverkarrollen och CE-märka anläggningen enligt PED.
Exempel på några som kan vara tillverkare är rörentreprenören, maskinleverantören, processleverantören eller användaren av anordningen.

Sodahuskommittén rekommenderar, för att säkerställa att de grundläggande säkerhetskraven i PED alltid innehålls, att vid upphandling av tryckbärande anordningar hänvisa till gällande harmoniserade standarder, kompletterade med de rekommendationer som Sodahuskommittén utfärdat inom området.

2 Projektering

2.1 Särskilda riskällor

Vid pannans projektering skall hänsyn tas till de exceptionella risker som är förknippade med s.k. smälta-vattenexplosion som kan bli följden om vatten kommer i kontakt med sodasmältan i ugnen. Vidare måste den speciella kemikaliemiljö som råder i processen beaktas så att risker för personsäkerhet, korrosion mm inte underskattas.
I slutändan ligger det på anläggningsägaren att kunna visa upp att anläggningen är säker och att de förändringar som sker inte inverkar menligt på utrustning och arbetsmiljö.

2.2 Riskanalys

Såväl tryckkärlsdirektivet som maskindirektivet ställer krav på tillverkarens utförande av riskanalys och CE-märkning.
Vidare ställs krav på att arbetsgivaren regelbundet ska undersöka arbetsförhållanden och regelbundet bedöma vilka risker som kan förekomma i verksamheten.

Förutsättningar för och anvisningar kring utförande av riskanalysens behandlas i Sodahuskommitténs rekommendation F 4.

2.3 Cirkulationsberäkning

AFS 2017:3 deklarerar att en revision av systemet skall utföras efter väsentlig ändring eller vid väsentligen ändrade driftsförhållanden. I samband med små och/eller gradvisa

förändringar över längre tid kan detta lätt missas. Det är därför viktigt att ha genomfört en cirkulationsberäkning av anläggningen som inkluderar en tydlig känslighetsanalys. Detta för att upprätthålla medvetenheten om vad gradvisa förändringar kan medföra beträffande flöden och strömningshastigheter och den påverkan dessa ändringar kan medföra för de skademekanismer som riskerar att utvecklas i anläggningen.

3 Sodapannan tryckbärande anordning, värmeytor

3.1 Pannväggar, tak, askfickor, kanaler, svaga hörn

Eldstadens tubväggar samt väggarna i pannans bakre drag inberäknat tak, askfickor och kanaler (inkl. elektrofilterkammare) skall dimensioneras för att utan kvarstående formförändring kunna motstå de gassidiga övertryck och undertryck som maximalt kan åstadkommas med förbränningsluftfläktar och rökgasfläktar. Filtret bör dimensioneras för gastryck på -8 kPa/ +8 kPa, eller i undantagsfall, med hänsyn till att stora plåtytor används i väggarna på moderna elektrofilter, -4kPa/+8kPa, efter överenskommelse med beställaren.

Eldstaden, liksom pannan i övrigt, skall konstrueras så att följderna av en explosion blir minsta möjliga. Eldstadens övre del bör därför förses med s.k. svaga hörn, placerade på ur personskyddssynpunkt lämpliga ställen. Hörnen skall öppnas vid ett gastryck, som med tjänlig marginal överstiger det tryck som luftfläktarna kan åstadkomma i eldstaden. Öppningstrycket bör dock inte vara lägre än ovan angivna dimensioneringstryck. Vid anordnande av svaga hörn måste personskyddet noga beaktas. Sålunda skall de utrymmen, dit heta gaser kan tänkas strömma, tydligt markeras eller avskärmas.
Eldstadens nedre del skall däremot stagas extra kraftigt för att så långt det är praktiskt möjligt motstå de övertryck som uppkommer vid explosioner.

3.2 Stagbalkar

Stagbalkarna under eldstadens botten dimensioneras i enlighet med de principer som anges i moment 3.1 för eldstadens nedre del. De skall dimensioneras för att bära en vikt av minst;

$P_{min} = S_F*(2500*H+Q)$ [kg/m^2 bottenarea]
där
S_F= säkerhetsfaktor (minst 1,5);
2500*H=vikten av smälta i kg/m^2 bottenarea,
varvid H är det vertikala avståndet i meter mellan botten och primärluftportarnas mittpunkt;
Q är egenvikt i kg/m^2 hos bottnens tuber med vatten, balkar, isolering och murverk etc.
Stagbalkarna bör anordnas med relativt korta mellanrum i syfte att motverka nedböjning av tuberna mellan balkarna.

Stagbalkar för pannans och ekonomiserns väggar och tak, eldstadsbotten, askfickor etc., måste vara så infästade att expansionsrörelser hos pannans olika delar inte hindras.

3.3 Tuber

Som *ugnstuber* skall sömlösa tuber väljas. För sådana delar av pannan, från vilka utläckande vatten inte kan nå eldstaden, kan även svetsade tuber väljas.

Vid *öppningar i tubväggar* för brännare, skyddstak, sotapparater, instignings- och inspektionsluckor etc., skall öppningarna skapas genom att tuberna undanbockas.

3.3.1 Tuber i väggar, botten och tak

*Eldstadsvägg*ar, inbegripet tak och botten, bör utgöras i första hand av gastäta tubpaneler sammansatta av membrantuber, eller i andra hand, av tätställda, tätsvetsade tuber. Olika typer av tubväggar framgår av SHK:s rekommendation A 2; se även SS-EN 12952–5, annex C, figur C:1. För membrantuber gäller att membranet (fenan mellan tuberna) inte är bredare än ca 15 mm (modern design (2019) 14.5mm Andritz, Valmet 12.5mm)

Upphängnings- och stagningsdetaljer, som insvetsas mot membranvägg, bör inte svetsas mot själva tuben utan mot membranet, där så är möjligt. Om de sätts mot tuben bör man sätta en avväxlingsplåt mellan staget och tubväggen.

Väggtuberna i den aktiva eldstaden bör vara försedda med ett korrosionsskyddande yttre skikt. Tuberna kan bestå antingen av s.k. kompoundtuber) eller alternativt av kolstålstuber med ett påsvetsat skyddsskikt av lämplig stållegering, antingen runt om (s.k. spiralsvetsning).

Bottentuberna bör bestå av tätt stiftade kolstålstuber, eller för att ge längre livslängd (20-30 år) och mindre underhåll, av släta kompoundtuber med ett korrosionsskyddande skikt av högre legerat material, t.ex. Wnr 2.4856 (tex Sanicro 38).

Kompoundtuber av typ X2CrNi18-9, tidigare SS2352 bör undvikas i bottentuber på grund av risken för uppkomst av sprickor. Av samma anledning bör detta material även undvikas i membranen mellan tuberna.
Beträffande olika förekommande typer av eldstadsbottnar, se rekommendation A 2.
Eldstadens botten skall utföras så att fullgod cirkulation råder inom hela lastområdet.

Erforderligt antal *cirkulationsmätsonder* för verifiering av cirkulationen bör installeras på bottentuber och på fallrör, för detaljer se rekommendation B10. Bottentuber förses även med ett antal *termoelement* för kontroll av materialtemperatur. Termoelementen bör fördelas över pannans bredd med något termoelement vid sidoväggarna eller eljest där cirkulationen kan antas kunna svikta, se avsnitt 22 ”Driftövervakning”.

3.4 Tubundanbockningar, öppningar i eldstadsväggar

I nedre eldstadens väggar skall finnas tubundanbockningar för löprännor, primärluftportar och för bäddkameror (i regel minst två), se avsnitt ”Övervakning”.
Pannleverantörerna rekommenderar vanligtvis kompoundtuber av typ Wnr 2.4858, tex Sanicro 38, i undanbockningar för löprännor. Även tuber som spiralpåsvetsats med höglegerade tillsatsmaterial (EN 2.4856, Alloy625) förekommer. Vid val av material till primärluftportar bör hänsyn tas till risken för korrosion orsakad såväl av alkaliska saltsmältor, som spänningskorrosion och termisk utmattning. Det innebär att de vanliga kompoundtuberna med ytterskikt i typ EN 1.4306 (304L) kan vara otillräckliga. Mer beständiga kompoundrör medutvändig komponent i Wnr 2.5858 (tex Sanicro38) eller EN 2.4642 (tex Sanicro67) eller spiralpåsvetsade rör med utvändig EN 2.4856, Alloy625, är mer beständiga alternativ.

I *övre eldstaden* skall finnas tubundanbockningar för eldstadstryckets mätgivare. Lätt åtkomligt för rengöring och service arrangeras 3st. mätuttag för övervakning och reglering av eldstadstryck enligt avsnitt 16.1.

Dessutom skall finnas öppningar för gnisträkningssonder och för gastemperaturmätning.
I övre eldstaden ska även finnas luckor för skyddstak enligt nedan.

3.5 Luckor för instigning, rengöring, inspektion, skyddstak m.m.

Ett antal luckor för instigning i eldstaden skall finnas på skilda nivåer: t.ex. i nedre eldstad (eldstadslucka), i skyddstaknivå och i överhettarutrymmet. I det sistnämnda utrymmet skall instigningsluckor finnas i erforderligt antal på olika nivåer; luckorna skall där placeras på samma positioner i båda sidoväggarna. Luckor i eldstaden skall inte kylas med vatten utan - om så krävs - skyddas mot alltför hög temperatur på annat sätt. Vid användning av tunga fillerblock ska dessa säkras så att de inte vid fall in i pannan skadar pannas botten.

Ändamålsenliga luckor för inläggning och uttagning av skyddstak, se avsnitt 3.6, skall finnas. Eldstadsluckan och en instigningslucka på skyddstaknivå skall medge att en person kan transporteras ut på bår genom luckan; detsamma gäller för instigningsluckor till askfickor och liknande utrymmen. Beträffande luckstorlek o. dyl. se SS-EN 12952–7, mom. 4.6.4, AFS 1985:10 och Sodahuskommitténs rekommendation B 5.
Eldstadsluckan och instigningsluckor till skyddstaket rekommenderas ur säkerhetssynpunkt att placeras så, att de skyddas av nässkärmen mot nedfall av sodaklumpar.
Luckor för rengöring och inspektion av pannans övre delar skall finnas i tillräckligt antal och vara så utplacerade att effektiv manuell rengöring säkerställs. Beträffande skydd mot olycksfall vid handlansning, se rekommendation C 1.

3.6 Skyddstak

På lämplig nivå i eldstaden skall pannan vara utrustad och förberedd så att i samband med underhållsarbeten och inspektioner ett skyddstak skall kunna läggas in för att skydda personalen från nedfallande sodaklumpar. Angående inläggning av skyddstak, se rekommendation B 5 samt rekommendation C 1.

3.6.1 Skyddstak på inskjutbara bärbalkar

Skyddstaket skall bestå av täckande, bärande profiler, lämpligen av aluminium. I möjligaste mån skall profilerna bestå av hela längder mellan tubväggarna. Profilerna läggs på för ändamålet avsedda, inskjutbara bärbalkar. Profilerna skall säkras mot vippning, lyftning, isärglidning och andra oönskade lägesförändringar, som kan medföra fallrisker och dylikt.
Vid montering, innan alla profiler kommit på plats, skall fallskydd anordnas.
Avstånd till vägg får inte överstiga 300 mm utan att skyddsräcke anordnas.

Dimensionerande bärförmåga med avseende på utbredd last respektive punktlast beräknas med ledning av Boverkets konstruktionsregler, EKS 10, och profilleverantörens konstruktionsanvisningar.
Vid exempelvis ställningsbygge ovanpå skyddstak måste tillses att skyddstaket är dimensionerat för koncentrerad belastning från stödben eller dylikt.

Skyddstak bör dimensioneras för att uppta en utbredd nyttig last av 2 kN/m^2 (lastklass 3) om inga lastupplag förekommer och minst 3 kN/m^2 (lastklass 4) om lastupplag kan förekomma. Med lastupplag menas annan last än nedfallande sodaklumpar, ex. vis verktyg, maskiner och ställningsmaterial.

Monteringsinstruktion för skyddstaket skall finnas tillgänglig på arbetsplatsen.
Vid instigningsluckan till skyddstaket skall finnas permanenta skyltar, som tydligt anger vilka maximala belastningar taket är dimensionerat för.
Vid instigningsöppning skall dessutom anslås skylt, där det framgår vem som är ansvarig för skyddstakets montering, samt signerad checklista som visar att monteringen är kontrollerad och utförd enligt instruktion.

Skyddstakskomponenter skall förvaras skyddade från åverkan, vara tydligt markerade för identifiering och före användande granskas med avseende eventuella skador och defekter. Prefabricerade ställningskomponenter, som tillverkas i mer än 100 exemplar, skall - enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2013:4 Ställningar – vara typkontrollerade av ackrediterat organ.

3.6.2 Skyddstak lagt på tubskärmar

I vissa pannor medger tubarrangemanget att skyddstaket kan anordnas ovanpå tubskärmar i övre eldstaden, de s.k. screentuberna. I dessa fall gäller i princip samma regler, som anges i ovan, dock med undantag för tillåtna belastningar, vilka måste kontrollberäknas från fall till fall med utgångspunkt från tubskärmarnas bärförmåga utan att tillåtna påkänningar i tubmaterialet överskrids.

3.7 Arrangemang för betning och kemisk rengöring

Pannans värmeytor skall konstrueras och utrustas så att invändig betning och kemisk rengöring av tuber och lådor effektivt kan genomföras utan efterföljande skadeverkningar. Pannan skall förses med tillräckligt antal ventiler och anslutningar för påfyllning och för cirkulation av betningsvätska så att lösningen kan cirkuleras i alla delar av tryckkärlet. Möjligheterna att renspola varje tryckdel efter den kemiska rengöringen måste vara fullgoda. Instruktion för betning och kemisk rengöring, tömning av pannan och efterföljande renspolning skall finnas tillgänglig för granskning av anläggningsägaren eller hans ombud innan arbetet påbörjas.
Även neutralisation och övrigt omhändertagande av den uttömda syralösningen skall ingå i instruktionen. Vid alla arbetsmoment, särskilt vid tömning av restsyran skall även risker för bildning av svavelväte beaktas.

3.8 Skydd mot vätskeläckage

Trycksatta delar skall vara så placerade eller skyddade att de inte påverkas av utläckande vätska t.ex. från vatten- eller lutledning, vilket annars kan leda till erosion och tubläckage. Detta skall särskilt beaktas vid utformning av beklädnad av pannans utsida i området kring löprännorna, där mot alkaliska medier särskilt korrosionsbeständig täckplåt rekommenderas.

3.9 Överhettare

3.9.1 Tubmaterial

Antalet tubmaterial och tubdimensioner i överhettaren kan av praktiska skäl hållas nere.
På detta sätt förenklas lagerhållning och minskas möjligheten till misstag vid utbyte av tuber.
De hetaste överhettarsektionerna bör med jämn fördelning tvärs pannan förses med givare för mätning och övervakning av materialtemperatur in till samlingslådan.

3.9.2 Överhettarlådor

Överhettarlådor och förbindelserör mellan dessa skall dimensioneras och anordnas för jämnast möjliga fördelning av ångflödet sinsemellan tubskärmarna. I den enskilda skärmen skall ångflödet distribueras till tubslingorna på ett sätt, som ger så jämn temperaturfördelning som möjligt sinsemellan tuberna.

3.9.3 Ångkylare – reglering av ångtemperatur

Reglering av den utgående ångans temperatur bör företrädesvis ske genom direktinsprutning av vatten i den överhettade ångan. Direktinsprutning förutsätter att insprutningsvattnet hinner förångas, så att vattendroppar inte rycks med till överhettartuberna.
Insprutningsvattnet måste ha mycket låg salthalt, särskilt beträffande restalkali, och vara väl avgasat. Det kan bestå av:

- *kondensat***,** som bildats av mättad ånga från ångdomen i en *kondensor*, vars tuber genomströmmas av matarvatten som kylande medium, t ex system Dolezal, eller
- *matarvatten***,** som i så fall bör vara avsaltat i blandbäddfilter; dessutom skall vattnet vara fritt från fosfat och alkali.

Insprutningsvattnets renhet måste kontrolleras regelbundet och innehålla kraven enligt rekommendation C 4.

3.10 Domar och lådor

3.10.1 Ång- och vattendomar

Längs- och rundsvetsar i dommanteln samt *stutsinsvetsningar skall* slipas jämna på domens insida. Därigenom motverkas sprickbildning och underlättas sprickundersökning av svetsarna. Längs- och rundsvetsarnas korspunkter måste märkas med körnslag eller liknande för att de lättare skall kunna påträffas vid sprickundersökning.

Invändiga detaljer i domar skall vara lätta att montera och demontera. Mindre konstruktionsdetaljer, som kan lossna och falla ned i fallrör eller tubsystem måste säkras.

Vid ångdomar, där *vattenavskiljning från ångan* t.ex. sker med cyklonseparatorer, skall väggarna i rummet för inkommande ång-vattenblandning från stigtuber vara täta mot ångdomens övriga vattenrum.

Indirekt ångkylare samt *kondensor för direktångkylare* (insprutningsångkylare), båda av typ tubvärmeväxlare, bör helst inte placeras inne i domar, eftersom de kan hindra eller försvåra invändig besiktning. I stället bör tubvärmeväxlarna placeras i särskilda kärl utanför pannan.

Fallrörsstutsar bör ha väl avrundade kanter i inloppet för att minska strömningsförlusterna i cirkulationskretsarna. Se *Figur 1*.
För *stutsar (även manhålsringen)*, som går genom mantel- resp. gavelplåten, skall även insvetsningen vara genomgående. Se *Figur 1*.

Manhålsluckor i domar skall, där så är möjligt med hänsyn till domens dimensioner, vara upphängda på gångjärn eller motsvarande.

Hål i domar skall vara maskinbearbetade. I de fall - ex. vis manhålsöppningar - där termisk skärning måste tillgripas, skall värmepåverkat material avlägsnas (genom mekanisk bearbetning).

Invalsade tuber skall tätsvetsas på domens insida. Beträffande pressning, invalsning och tätsvetsning av tuber i domar, se även rekommendationerna A 2 och D 4.

3.10.2 Lådor

Fördelningslådor för kokytor, överhettare och matarvattenförvärmare skall vara försedda med stutsar för inspektion och rensning samt tömning och utblåsning. Utblåsningsventilerna bör inte ha mindre dimension än DN 32.

Inspektions- och rensstutsar bör förläggas så nära lådans botten som möjligt för att underlätta rensning och utspolning, vilket även gäller stutsar i lådgavlar.

Även *samlingslådor* skall förses med inspektions- och rensstutsar, bl.a. i gavlarna där så är möjligt. Dessutom skall stutsar för avluftning finnas.

Stutsar och ledningar för utblåsning och tömning samt anslutande tuber skall vara så anordnade att fullständig tömning av pannan kan ske även i trycklöst tillstånd. S.k. ”vattensäckar” med kvarstående vatten efter tömningsproceduren får inte förekomma.

I de fall *lådgavlar* svarvas av plåtmaterial, måste detta vara fritt från för lamineringar, vilket skall kontrolleras med UL-undersökning. Helst bör lådgavlar tillverkas av smide. Exempel på insvetsning av plana gavlar återfinns i SS-EN 12952–5, annex B, figur B-3.

Fördelnings- och samlingslådor skall ha tillräcklig dimension (invändig diameter) och deras inkommande fördelningsrör respektive utgående tuber, inbegripet grövre rör - såsom emulsionsrör från övre vägglådor - vara så anordnade att god fördelning av flödet sinsemellan de till lådorna anslutna tuberna säkerställs.

3.11 Provuttag för ånga och vatten

Kvalitén på matarvatten, pannvatten och ånga skall uppfylla de krav som ställs i rekommendation C 4. Utrustning i form av givare och analysinstrument för kontroll av att kraven innehålles skall därför finnas installerade. Provtagningsschema med aktuella riktvärden för vatten- och ångkvalité skall framtas vid varje anläggning.
Övervakning av nivån i ångdomen skall b1.a. ske enligt rekommendation B 6.
Matarvattenflöde, ångtryck och ångans temperatur mellan de olika överhettarytorna och efter överhettaren totalt, skall registreras.

3.11.1 Provtagning av ånga

Pannan skall vara försedd med ändamålsenlig utrustning för provtagning av ånga. För att erhålla representativa prov måste provtagningssonder, ledningar och kylare utformas och anordnas på ett erfarenhetsmässigt korrekt sätt. ISO 5667 - 7 ger råd och anvisningar om detta.
Provtagning av ånga skall kunna ske mellan ångdom och överhettare. För detta ändamål skall ett tillräckligt antal provuttag arrangeras längs domen så att en representativ mätning av ångans renhet erhålls.
Ångprov skall även kunna tas före och efter ångkylare samt på utgående ånga efter överhettaren. Se även *Figur 2*.

3.11.2 Provtagning för vatten

Ifall pannan är utrustad med direktångkylare (insprutningsångkylare) i överhettaren skall prov tas på insprutningsvattnet. Insprutningsvattnet kan även övervakas kontinuerligt, t.ex. genom ledningsförmågemätning, natriumselektiva elektroder eller liknande.

Pannvattenprov skall tas ut från vattendom, fallrör, ångdom eller annan del av pannan med representativ pannvattenkvalitet. Prov på matarvatten tas ut i matarvattenledningen före och efter doseringar/matarpumpar. Se även *Figur 3*.

3.11.3 Anslutning av kontrollinstrument

Sodahusaggregatet skall vara försett med uttag för provtagning av olika media.
Anslutningsmöjligheter skall finnas för kontrollinstrument att användas vid tillfälliga mätningar av olika driftparametrar såsom driftprov av olika slag, kontroll av driftinstrument etc.
Provuttagens och anslutningarnas utformning, antal och placering bör kontrolleras av sakkunnig person.
Impulsledningar till provuttag, givare och mätsonder ska förläggas på stabila och skyddade kabelstegar. Förläggning under utsatta områden som under pannbotten ska i möjligaste mån undvikas. Anslutningar mot tryckkärlet ska förses med avstängningsventiler s.k. rotventiler.

3.12 Krav på säkerhetsutrustningar

3.12.1 Säkerhetsventiler

Följande typer av utrustningar omnämns i SS-EN 12952–10:

a) Direktverkande säkerhetsventiler (SS-EN ISO 4126–1)
b) Hjälpstyrda säkerhetsventiler (SS-EN ISO 4126–1)
c) Tillsatsbelastade säkerhetsventiler (SS-EN ISO 4126–1)
d) Pilotstyrda säkerhetsventiler, POSV (SS-EN ISO 4126–4)
e) Styrda tryckbegränsningssystem, CSPRS (SS-EN ISO 4126–5)

Av dessa rekommenderar Sodahuskommittén att sodapannan utrustas med:

- minst två säkerhetsventiler av typ a) eller c) enligt SS-EN 12952–10, § 5.1.1. De placeras en på domen och en på eller efter överhettarens utloppslåda. Ventilen på

domen ska ha en certifierad avblåsningskapacitet på minst 75 % av pannans ångalstring och ventil efter överhettaren minst 25 % av pannas ångalstringsförmåga, kapacitet och öppningstryck anpassas så att överhettare och ångledningar under alla tänkbara förhållanden kan hållas väl kylda.

- alternativt kan användas minst en säkerhetsventil av CSPRS-typ SS-EN 12952.10, § 5.1.1, typ e) placerad på eller efter överhettarens utloppslåda. Säkerhetsventil av CSPRS-typ skall ta minst en av sina tre signaler från trycket i domen.

Ventilernas sammanlagda certifierade kapacitet skall alltid vara tillräcklig för att kunna avblåsa hela pannans ångalstringsförmåga.
Avstängningsbar ekonomiser skall ha minst en säkerhetsventil med en kapacitet inte understigande ekonomiserns maximala effekt.
Om pannan är försedd med mellanöverhettare, skall på denna finnas minst en säkerhetsventil med en kapacitet inte understigande det maximala ångflöde som mellanöverhettaren är konstruerad för.

I övrigt hänvisas till SS-EN 12952, delarna 7 och 10.

3.12.2 Vattenståndsvisare och lägsta tillåtna vattenstånd

Beträffande vattenståndsvisare: se förutom SS-EN 12952–7, mom. 5.4 och Annex A, moment A.3.6, även SHK:s rekommendation B 6 och B 7.
Angående lägsta tillåtna vattenstånd och permanent märkning av detsamma: se SS-EN 12952–7 kapitel 3.

3.13 Panntrycksregulator

Trycksvängningar i högtrycksångnätet kan förorsaka cirkulationsstörningar i pannan och därmed försämrad kylning av tuberna. Vidare kan pannan utsättas för mekaniska påfrestningar, som med tiden leder till skador och läckage.

Hur stora risker som föreligger får bedömas med hänsyn till lokala förutsättningar. Om högtrycksnätet matas med en eller flera pannor har betydelse. Om fabriken har en stor dominerande ångförbrukare, som skapar stora och snabba förändringar i ånguttag, eller om det finns flera förbrukare med en utjämnande effekt på ånguttaget påverkar också bedömningen.

För att skydda pannan mot större trycksvängningar i högtrycksnätet bör den i så fall förses med en panntrycksregulator, vilken med en reglerventil som är placerad i huvudångledningen efter pådragsventilen, säkerställer att panntrycket inte underskrider ett förutbestämt lägsta värde. Se *Figur 4*.

3.14 Krav på övrig pannutrustning

Krav på övrig utrustning anges i SS-EN 12 952, bl.a. i del -7, -8, -10, -11.
Se även hänvisning till övriga SHK rekommendation serie B.

3.14.1 Utrustningar för tryck- och temperaturmätning

Anvisningar om utrustningar för tryck- och temperaturmätningar ges i SS-EN 12952–7 avsnitt 5.6 och 5.7.
Varje ångpanna skall utrustas med åtminstone en tryckmätare med direkt anslutning till ångrummet. Anslutningsrörets innerdiameter får ej understiga 8 mm. I tryckmätarens närhet skall finnas anordning för anslutning av kontrollmanometer. Det skall alltid vara möjligt för operatören att avläsa tryckmätaren.

Temperaturmätning skall installeras efter det första överhettarsteget, samt vid in och utlopp hos efterföljande överhettarsteg samt rekommenderas för mätning av temperatur i dommantel.

3.15 Pannans avstängning mot anslutna system (rotventiler)

Alla rörledningar, som är anslutna mot pannan, skall vara försedda med en avstängningsventil - en s.k. *rotventil* - så nära anslutningsstället som möjligt. Denna rotventil skall alltid finnas, oberoende av vilka avstängningsventiler, som ledningen i övrigt är försedd med. Rotventiler bör kunna manövreras från skyddad plats.

4 Behållare, tankar

4.1 Reservkylvattentank

För sodapannor med vattenkylda löprännor, måste sodahuset utrustas med en Reservkylvattentank, som i första hand är avsedd att säkerställa rännornas kylvattenbehov vid de tillfällen, då systemet för cirkulation av kylvatten genom rännorna upphört att fungera på grund av kraftavbrott, pumphaveri eller dyl. Tanken skall dimensioneras för att säkerställa kylningen så länge den behövs vid dylika tillfällen, dock minst en timme. Påfyllning av vatten i tanken bör fungera även vid kraftavbrott.
Det är viktigt att utströmningen från tanken, med hjälp av en lämpligt dimensionerad strypbricka, utprovas och maximeras till ett värde som är tillräckligt för fullgod kylning men inte heller mycket mer; annars riskeras att tankinnehållet inte räcker den avsedda tiden ut.
Ifall sodahuset fortlöpande tillförs vatten med ett för sodahusets behov tillräckligt självtryck från yttre vattenreservoar, behövs ingen Reservkylvattentank i sodahuset.

4.2 Tryckluftförsörjning, luftklocka

Vid kraftavbrott skall reservluft (tryckluft, manöverluft) finnas med tillräckligt tryck och i tillräcklig mängd för att säkerställa det antal manövrer som behövs vid sådana tillfällen. Detta kan ske genom att sodahuset utrustas med antingen en egen luftklocka eller en reservkraftdriven kompressor.

4.3 Smältlösare

Angående smältlösarens konstruktion och utrustning, se rekommendation B 4.

4.4 Sulfatblandartank och utjämningscistern

Avluftningen av sulfatblandartanken och utjämningscisternen skall konstrueras så att inte vätska kan komma in i dessa behållare via avluftningsledningarna, vilka skall dras med jämn lutning från sulfatblandartanken respektive utjämningscisternen. Är avluftningsledning ansluten till en separat skrubber, skall skrubbern vara försedd med nivålarm och bräddöverlöp.

Återföring av stoft från askfickor och elektrofilter till tjockluten bör göras på ett flödesutjämnande sätt, exempelvis genom att återföringen sker via en utjämningscistern. Om stoft återförs till lut med låg torrhalt, som sedan pumpas till indunstningen, skall rekommendation i meddelande B 17 beträffande askinblandning i lut beaktas.

Utjämningscisternens volym bör vara så tilltagen att uppehållstiden för brännluten i cisternen blir ca l timme. För att säkerställa funktionen hos cisternen skall den nivåregleras med larm för hög och låg nivå.

5 Sodapannans hjälputrustningar

Utöver sodapannas trycksatta delar innehåller sodahuset ett flertal maskiner och tekniska anordningar där maskindirektivets regler ska beaktas. Exempel på sådana maskinerier är sotapparater, spettningsrobotar, asktransportörer, pumpar, fläktar, mm.
En ny maskin skall tillverkas och CE-märkas enligt "Maskindirektivet - 2006/42/EG" implementerad genom föreskrift om maskiner AFS 2016:10/AFS 2008:3.
När maskinen sedan har ställts på plats skall den även uppfylla "AFS 2006:4 - Användning av arbetsutrustning".

Beträffande föreskrifter, standarder, riskanalyser och CE-märkning för maskiner se rekommendation F 4, Riskanalys.

5.1 Matarvattenpumpar

Krav på dimensionering och arrangemang av matarpumpar anges i SS-EN 12952–7, kapitel 5. Standarden gäller för nya pannor, samt vid väsentlig ombyggnad av äldre pannor som följer bestämmelserna i PED.
Som alternativ till tillämpning av nämnda standard kan tillverkaren genomföra egen riskanalys och inhämta godkännande från ackrediterat kontrollorgan.

Enligt standarden skall matarvattenpumparna dimensioneras för 110% av pannans högsta tillåtna tryck. Vid dimensionering av pumparna skall hänsyn även tas till lägsta tryck och lägsta vattennivå i matarvattentanken. Dessutom bör minustoleransen i uppgivna pumpdata efterfrågas och beaktas.
Standarden kräver att matarvattenpumparnas flödeskapacitet dimensioneras för 100% av MCR- flödet. Utöver detta rekommenderar dock Sodahuskommittén att dimensioneringen bör motsvara 115% av flödet vid MCR.

Enligt SS-EN 12952–7, avsnitt 5.1.1.1 anses en matarvattenpump vara tillräcklig för att uppfylla kraven i PED, om nedanstående krav, se SS-EN 12952-7 avsnitt 4.2.3, är uppfyllda.
Faller pumpen bort pga. haveri eller kraftbortfall så skall bränsletillförseln automatiskt stoppas.

Ovannämnda krav innebär att i händelse av panntripp från full kontinuerlig drift får inte restvärme från eldstad och rökgaser orsaka otillåtna material eller vattentemperaturer i pannan. Detta krav anses uppfyllt om:

1. Det har visats att vid avbrott i värmetillförsel från full kontinuerlig last, rökgastemperaturen vid värmeytans högsta punkt (HHS)har sjunkit under 400C innan vattennivån i pannan sjunkit från lägsta tillåtna vattennivå (LWL) till 50 mm över värmeytans högsta punkt (HHS), eller

2. en pålitlig matarvattenförsörjning är installerad för att säkerställa kylning av värmeytorna i händelse av avbrott, eller

3. (olje-, gas- eller pulvereldningssystem, eller)

4. (pannan värms med rökgaser vars temperatur understiger 400C).

Om kravet om 400 C enligt p.1 kan visas[1] uppfyllt (eller att man genomfört egen riskanalys som godkänts av ackrediterat organ) så kan man således formellt köra med en pump, se dock rekommendation nedan. Om ovanstående krav ej är uppfyllda måste pannan, enligt standarden avsnitt 5.1.1.2, försörjas med minst två matarvattenpumpar. Om då en pump faller bort måste värmetillförseln automatiskt reduceras så att kraven uppfylls.

Detta leder till följande rekommendation:

- En pump anses tillräckligt för säkerheten om man kan uppfylla kraven enligt p 1 ovan.

- Av tillgänglighetsskäl är det lämpligt att sodapannan utrustas med två likadana huvudmatarpumpar med lika kapacitet. Vilken som helst av pumparna skall då kunna vara reserv för den andra och automatiskt starta om den andra stannar. Om en pump faller bort måste lasten dock reduceras så att kraven enligt standarden avsnitt 4.2.3 uppfylls.

- Om en sodapanna är utrustad med två matarpumpar enligt ovanstående och det ena pumpaggregatet avställs på grund av haveri, underhållsarbeten eller dylikt samtidigt som panndriften fortgår, skall pumpaggregatet återställas i driftsdugligt skick utan onödigt dröjsmål. Av denna anledning bör reservdelsbehovet vara väl genomtänkt och direkt tillgång till vitala reservdelar, t.ex. en komplett pumprotor, vara säkerställd.

- Matarvattenpumparna ska ha tillgång till två oberoende kraftmatningar. Beträffande energikällor föreskrivs, SS-EN 12952 avsnitt 5.1.1.2, att matarpumparna skall ha tillgång till *två oberoende energikällor*. Ifall samtliga matarpumpar skall drivas elektriskt är en kraftmatning per pump tillräckligt om matningen kan skiftas om

[1] I pannor där upprepade nödnedeldningar utförts och det efter noggrann kontroll och materialanalys av utsatta tryckdelar konstaterats att inga skador uppstått kan man anse att villkoret uppfyllts. Slutsatsen kan dock inte automatiskt anses gälla generellt för alla andra pannor av varierande typ och konstruktion. Pannleverantören bör genom beräkning eller praktiska mätningar kunna visa att risk inte föreligger för skadlig materialöverhettning, dvs visa att rökgastemperatutren vid värmeytans högsta punkt sjunkit under 400 grader innan vattennivån sjunkit till 50 mm över värmeytans högsta punkt (p1 ovan). Denna bedömning måste göras för varje enskild panna.

till en annan separat oberoende matning. Standarden anger dock inte hur långt i kraftnätet denna redundans krävs, dock rekommenderas separata matningar åtminstone från inkommande ställverk. Om fabriken har endast en inkommande kraftmatning bör behov av reservkraft analyseras i riskanalys.
Om samtliga matarpumpar är ångdrivna, är det enligt standarden tillåtet att de drivs från ett och samma ångnät.

5.2 Löprännor

Löprännans uppgift är att leda smältaflödet från sodapannans ugnsbotten ned till en lösartank. I denna rekommendation B1 behandlas grunderna för löprännornas dimensionering och utförande.

Varje löpränna skall utrustas med en skyddshuv, som förhindrar att stänk av smälta och grönlut hamnar på smältlösarplanet och att luft sugs in i smältlösaren eller pannan via löpöppningarna.
Kjol eller skyddshuv (beroende på konstruktion) bör förses med anordning för kontinuerlig rengöring i avsikt att förhindra uppbyggnad av smälta i kjolen eller skyddshuven. Lämpligen utförs renhållningen genom ständig spritsning med svaglut (eller vatten).

Skyddshuvar skall vara förankrade så att de inte slungas i väg i händelse av explosioner och tryckstötar från löpen.
En beräkning av maximala smältaflödet från pannan per ränna bör finnas i pannans dokumentation. Det dokumentet bör och visa att undertrycket i löprännorna säkerställs vid maximal last.

Vid varje löpränna bör det finnas anordningar för smältasplittring för att dämpa det buller som uppstår vid kontakten mellan smältan och grönluten. Anordningen skall vara så konstruerad att inte smältasplittringen förorsakar påslag av smälta på lösarens tak och väggar eller stänk på löprännevägg, se 3.8.

Splittringen bör ske med ånga, men kan även utföras med andra media.
Splittringsanordningen skall vara så konstruerad att dess inriktning med lätthet kan justeras och att den vid behov kan rensas.

Om svaglut eller motsvarande används för smältasplittring eller för renhållning måste tillses att den under inga förhållanden kan hamna på löprännevägens tuber.

Läckage av kylvatten i en löpränna innebär påtaglig risk för att vatteninträngning sker till ugnen eller till löprännans smältaflöde.
Läckage i en löpränna kan uppstå på grund av erosion, sprickor eller defekter i löprännan eller på grund av helt eller partiellt bortfall av kylning.
Löprännorna utsätts för hög värmebelastning, stora temperaturdifferenser och temperaturväxlingar, samt är exponerade för korrosiv miljö. Löprännor bör därför betraktas som slitage- och utbytesdelar i pannan som kräver regelbunden service.
Skötsel och tillsyn av löprännor med de risker som detta innebär behandlas i rekommendation C1.

5.2.1 Kylsystem för löprännor

Kylsystemets utformning, funktion och skötsel är av utomordentlig betydelse för löprännornas livslängd.
Kylvattensystemet för löprännorna skall utformas så att vatteninträngning till eldstaden inte riskeras vid läckage i en löpränna. Det rekommenderas att kylsystemet utförs så att undertryck alltid råder i löprännornas kylkanaler, detta gäller i synnerhet för löprännor med insticksmontage.

Kylsystemet skall utformas att uppfylla nedanstående krav:

- Systemet skall vara *slutet*.

- *Vattenkvalité* skall motsvara kraven för avhärdat eller totalavsaltat vatten eller ångkondensat, se rekommendation C4. Kylvattnets kvalité bör regelbundet kontrolleras.
  Löprännorna utsätts för hög värmebelastning, stora temperaturdifferenser och korrosiv miljö. Därför måste kylvattnet hålla hög kvalitet så att beläggningar och korrosionsprodukter inte tillåts försämra löprännornas kylning.

- Vid bortfall av kylvatten skall löprännorna automatiskt förses med kylvatten från en högt placerad *reservvattentank*. Tryck/fallhöjd från nödkyltank måste anpassas så att reservkylningen kan driva ejektorerna vid bortfall av pumptryck.

- Kylvattensystemet bör utformas så att ett *svagt undertryck* råder i löprännornas kylkanaler. Kylvattnets *tryck* vid inlopp till löprännan skall inte överstiga atmosfärstryck. Lågt vattentryck till löprännan reducerar den vattenmängd som kan riskera att tränga in i eldstaden vid ett eventuellt läckage. Ett förenklat schema för kylsystem visas i figur 11. I exemplet åstadkoms vakuum med ejektorer. I stället för ejektorer förekommer även att undertryck skapas med strypventiler i fallrör från löpränna till uppsamlingstank. Det ska dock noteras att om läckage i löprännan inträffar är inte undertrycket i rännan längre säkerställd på samma sätt som med ejektor.

- *Vattentrycket* i varje löpränna skall mätas och registreras.

- *Vattentemperatur* skall hållas inom leverantörens rekommendationer (något beroende av systemkonstruktion men normalt lägst ca 55 - 60℃ inloppstemperatur och högst ca 75 - 85℃ utloppstemperatur).
  För låg ingående kylvattentemperatur kan resultera i att kondensatdroppar bildas på löprännornas sidor och kommer i kontakt med det utströmmande smältaflödet, varvid risk finns för att smältastänk uppträder. Smältastänk kan orsaka brännskador och ögonskador hos övervakande personal, samt kan orsaka korrosionsskador om stänk kommer i kontakt med panntubernas utsida. Låg kyltemperatur och även smältastänk kan bidra till uppbyggnad av stelnad smälta som blockerar smältaflödet i löprännan.
  För hög utgående temperatur kan i undertryckssystem orsaka ångbildning i kylsystemet varvid cirkulationen kan upphöra.

- Kylvattnets ingående *temperatur*, liksom dess temperatur efter varje löpränna, bör

registreras och *larm ges för hög- och låg vattentemperatur*.

- Kylvattnets *konduktivitet* bör registreras så att, vid eventuellt läckage, soda som sugs in i kylkretsen detekteras. Antingen monteras konduktivitetsmätning på en gemensam tank eller retur, med möjlighet till manuell provtagning för att identifiera vilken ränna som har läckage, eller förses alla löprännor med individuell konduktivitetsmätning.

- Kylsystemet för löprännorna inkl. löprännans kylkanaler och anslutningsledningar ska dimensioneras så att av leverantören specificerat *kylvattenflöde* upprätthålls. Lågt flöde kan leda till överhettning och haveri av löpränna. Flödet måste dimensioneras så att överhettning eller ångbildning i kylkanalerna inte uppstår vid störtrinning i en löpränna eller om antalet löprännor reducerats genom pluggning av någon löpränna (ett förfarande som tillämpas vid vissa anläggningar för att upprätthålla drift trots läckage i någon löpränna). Vid dimensionering av kylvattenflöde måste beaktas den sänkning av kokpunkt som uppstår vid undertryck.

- I varje vattenledning från löprännorna skall det finnas en *flödesmätare* med registrering av flöde och *larmfunktion för lågt flöde*.

- Ventiler bör inte finnas i utloppsledningarna från löprännorna. Skulle ventiler dock finnas, skall de vara låsta i öppet läge under drift.

- Smältaflödet i löprännorna bör övervakas genom att mäta temperaturdifferensen mellan in och utgående kylvatten, med *larm för låg differenstemperatur*. Alternativt kan smältaflödet i rännorna övervakas med TV-kamera eller genom mätning av smältatemperaturen med IR-kamera.

5.3 Robot för löprännor

Löprännor bör förses med löprännerobot för att minska exponeringstiden för operatörerna vid löprännorna.
Löprännerobotens uppgift är att automtiskt rengöra löprännorna och säkerställa ett jämt smältaflöde.
Löpränneroboten bör konstrueras att den inte hindrar eller blockerar löprännorna vid avbrott av funktionen.

5.3.1 Föreskrift, standard

Maskin skall tillverkas och CE-märkas enligt "Maskindirektivet - 2006/42/EG", implementerad genom föreskrift om maskiner AFS 2016:10/AFS 2008:3. Tillämpliga standarder, se under Hänvisningar sid 1.
Vid större ändring av maskin/ system skall ny riskanalys och ny CE märkning utföras.

5.3.2 Säkerhetsbarriärer

För att uppfylla kraven i lagar och direktiv skall lösartankens område vara avspärrat med fysiska grindar eller ljusbommar som omedelbart stoppar robotens rörelse vid passering in mot robotcellen.
Ljusbommar skall utformas med hänsyn taget till att det är ett område som utsätts för vibrationer, ångavgång och rökutveckling vilket kan medföra stopp av systemet.

Fysiska grindar skall utformas med hänsyn till att utrymning skall kunna ske i alla riktningar. Roboten skall i största möjligaste mån placeras i ett ”hemmaläge” för att inte utgöra ett hinder vid utrymning och för att undvika att underhåll behöver utföras framför löpränneöppningar. Kameraövervakning över lösarplan skall arrangeras så att hela lösarplanet, samtliga löphål och robotarnas funktion kan kontrolleras.

5.3.3 Löprännerobotens styrsystem

Människa – maskinsystem skall utföras med hänsyn taget till att start, stopp, utvalda larm, förreglingar och nödstoppar från systemet skall finnas tillgängliga i DCS.

5.3.4 Underhåll

Robot skall arrangeras så att underhåll kan utföras på ett säkert sätt med sodapannan i drift. Roboten bör förses med skyddsutrustning för att förlänga livslängden och minska risk för brand.
Verktyg till roboten bör vara designade så att dessa inte riskerar skada löprännan vid eventuella kollisioner.

5.3.5 Utbildning av användare av löprännerobot

För att säkerställa en hög tillgänglighet, funktion, skötsel och korta avbrottstider vid fellarm, bör organisationen utbilda personal med robotkompetens på 2st. olika nivåer.
För E/I bör det finnas 1-2 st. personer som har specifik utbildning för hantering av löpränneroboten, för att kunna utföra justeringar, ladda om ny programvara och vara interna instruktörer för manuell hantering av utrustningen.
Operatörerna bör utbildas så att de kan genomföra enklare felsökning och enklare ingrepp på robot.

6 Rörledningar och armatur

6.1 Följdvärme på rörledning

Vid installation av följdvärme på rörledningar skall otillåten tryckstegring i inneslutet media undvikas. Oönskad tryckstegring kan uppstå om följdvärme appliceras på ledning mellan avstängningsventiler. Säkerhetsventil eller sprängbleck ska finnas mellan avstängningsventiler, alternativt ska värmen stängas automatiskt.

6.2 Matarvattenledning

Utöver huvudreglerventilen för matarvattenflödet till pannan bör en parallellkopplad mindre reglerventil finnas för användning vid fyllning, start eller låglast.
Huvudreglerventilen bör helst dubbleras, dvs. kompletteras med en parallellkopplad, likvärdig huvudreglerventil, se *Figur 3*.
I förbindelseledningarna mellan ekonomiser och ångdom bör finnas backventiler för att hindra tillbakaflöde från pannan i händelse av ekonomiserläckage.
Vid reglerventilstationen bör lättavlästa sekundärinstrument för exempelvis panntryck, domnivå, matarvatten- och ångflöden finnas, *Figur 3*.

6.3 Huvudångledning

Förutom pådragsventilen närmast pannans överhettare skall huvudångledningen förses med ytterligare en avstängningsventil. Denna ventil skall placeras utanför sodahuset för att

möjliggöra manuell avstängning vid tillfällen då fjärrmanövreringen av pådragsventilen inte fungerar och samtidigt sodahuset inte får eller kan beträdas. Detta kan vara fallet om utrymningslarm har utlösts, eftersom pannhuset t.ex. skulle kunna vara fyllt med ånga eller giftiga gaser. Se *Figur 4.*

6.4 Startledning (friblåsningsledning)

Mellan överhettaren och ångpådragsventilen skall en s.k. startledning anslutas till huvudångledningen och mynna ovan tak. Utöver avstängningsventil skall en reglerventil finnas i startledningen. Åtminstone reglerventilen skall vara fjärrmanövrerbar från manöverrummet. Givaren för temperatur hos utgående ånga till nätet skall placeras före startångledningens anslutning till huvudångledningen. Se. *Figur 4*.

I de fall reglerventilen är lokalt manövrerbar kan den med fördel placeras vid reglerventilstationen för matarvatten.

6.5 Snabbtömningsledningar

Snabbtömningsledningarna klassas på samma sätt som pannan fram till och med den andra ventilen på ledningen, räknat från pannan (för att möjliggöra provning av systemet under drift). Efter detta styrs besiktningskrav av hur tillverkaren har ansatt ledningen vid tillverkning. Uppfyller ledningen de krav på volym och lokalt tryck som enligt AFS 2017:3 krävs för att den delen skall vara besiktningspliktig så är den besiktningspliktig. Det är oavsett eventuella besiktningskrav lämpligt att regelbundet kontrollera snabbtömningsledningarnas infästningar, dräneringar samt förekomst av korrosion. Snabbtömningsledningarna riskerar att utsättas för stora reaktionskrafter när snabbtömningssystemet aktiveras, vilket bör beaktas vid dimensioneringen.
Snabbtömningsledningarna bör vara utformade med tanke på åtkomlighet för inspektion och för invändig rengöring från beläggningar och nedfallna föroreningar.

Snabbtömningsledningarna bör skyddas mot väderpåverkan, eftersom korrosionsprodukter och isproppar m.m. kan försvåra snabbtömningsledningarnas funktion.

6.6 Ledning för kontinuerlig utblåsning

Ledning för kontinuerlig utblåsning av pannvatten kan anslutas till ångdom eller vattendom. Ledningen skall vara försedd med för ändamålet lämpad reglerventil och flödesmätning samt med provuttag för pannvatten.

6.7 Ledning för diskontinuerlig utblåsning

Ledning med reglerventil för diskontinuerlig utblåsning av pannvatten från vattendomen, eller i förekommande fall från ångdomen, bör finnas för att tillfälligt kunna öka utblåsningen från pannan och för tillfälliga nedjusteringar av domnivån ex. vis vid start. Reglerventilen bör vara fjärrmanövrerad från manöverrummet.

6.8 Ledningar för chockblåsning av bottenlådor

Från pannans bottensamlingslådor ansluts ledningar med manuella avstängningsventiler till en samlingslåda, i sin tur ansluten till avspänningskärl för diskontinuerlig bottenblåsning. Härigenom kan bottenlådorna bottenblåsas, vilket bör ske med regelbundenhet, för att

avlägsna eventuellt slam som kan ansamlas i lådorna och för att säkerställa att ledningarna inte är igensatta när pannan ska tömmas på vatten vid stopp. Blåsning skall ske med försiktighet så att vattenförsörjningen till väggtuberna inte störs.
Nya sodapannor saknar ofta blås- eller tömningsledningar från de nedre vägglådorna. Tömning sker då från nedre ändan av fallrören, alternativt från de grova fördelningslådor som kan utgöra fallrörens förlängning in under pannbotten.

6.9 Ångledningar till lutförvärmare och eldningsoljesystem

Ångledningar till lutförvärmare samt oljeförvärmare, oljetank och oljebrännare skall vara väl dränerbara och försedda med pålitliga dräneringsanordningar. Kondensatet får inte ledas till matarvattensystemet. Beträffande kondensatavledning från indirekt lutförvärmare, se avsnitt lutförvärmare. Angående kondensatavledning från oljeförvärmare, se rekommendation B 13.

6.10 Förbindelseledningar i matarvattenförvärmare (ekonomiser)

Förbindelseledningar mellan matarvattenförvärmarens olika delar bör dimensioneras för en vattenhastighet av högst 2 m/s, annars föreligger risk för godsförtunning i T-stycken och rörböjar på grund av erosion och korrosion. Ett alternativ till större ledningsdimension kan vara att utföra berörda ledningar i kromlegerat stål (1 % Cr).

6.11 Avloppsledningar

Avloppsledningar från sodapannan och dess hjälputrustningar skall vara så arrangerade att sura och sulfidhaltiga avloppsvätskor med säkerhet inte blandas med varandra. Se även rekommendation B 2.
Avloppsledningar från högre upp i huset belägna plan skall ha separata stamledningar ned till bottenplan. Exempelvis bör de inte anslutas till nedanför belägna luttankars bräddavlopp, vilket kan leda till utspädning av luten.

6.12 Lutledningar

Lutledningar behandlas under avsnitt 10.

6.13 Skydd av ledningar och kabelstråk

Rörledningar samt kabelstråk med el- och instrumentkablar under pannans botten eller på lösarplan är speciellt utsatt i samband med smältagenombrott eller svårare incidenter.

Ledningar för chockblåsning av pannan samt tillhörande ventilarrangemang måste vara skyddade mot utflödande smälta som kan försvåra manövrering av ventiler och orsaka haveri av trycksatta ledningar. Ventilarrangemanget måste vara placerat eller skyddat för att tillfredställande säkerhet och tillgänglighet för manövrering kan uppnås.

Kabelstråk med elledningar och instrumentkablar under pannbotten och lösarplan bör undvikas helt. I övrigt hänvisas till rekommendation B 2, avsnitt ”Elektrisk utrustning, belysning”.

7 Förbränningsluftsystem

7.1 Luftkanaler och luftflödesmätning

Kanalerna till luftregistren skall vara dragna så att vatten inte kan samlas, vilket kan hända t.ex. vid vattentvättning. Kanaler ska utföras med dränerade lågpunkter efter luftbatterier, se 10.4.
Dräneringsledningar skall utföras enligt anvisningar i avsnitt 21, så att risk för att vatten förs in i kanalen bakvägen via sammankopplade dräneringsledningar undviks.
Om imångkanal ansluts till luftkanal, eller om vattentvättning av kanaler förekommer, ska kanalen utföras så att vatten ej kan nå pannan, se anvisningar i rekommendation B 4 samt B 16. Bland annat skall kanalen förses med dränerade lågpunkter, avblindning av kanal samt med nivåvippor i kanalen som förreglar vattenflödet.

För varje typ av förbränningsluft, (primärluft, sekundärluft, etc.) skall det i respektive luftkanal finnas utrustning för mätning och registrering av luftflöde, lufttryck och lufttemperatur.
Flödesmätningen skall vara temperaturkompenserad. Om förbränningsluften efter luftfläkten delas upp på flera parallella kanaler, bör varje separat kanal ha flödesmätare.
Utrustning för summering av de olika luftflödena skall finnas.

Larm för hög temperatur i dräneringsledning från luftförvärmare samt larm för hög fukthalt i luft efter luftförvärmare rekommenderas för att indikera eventuellt läckage i förvärmarbatteriet.

7.2 Luftfläktar

Luftfläktarna skall vara utrustade med ett tillförlitligt reglersystem för luftflödet. Sker regleringen med ledskenespjäll, skall dessa ha gränslägesindikering och larm för stängda spjäll.
Sker regleringen av luftflödet genom varvtalsreglering av fläkten, skall det i luftkanalen finnas spjäll utrustade med ställdon och gränslägesindikering för öppet och stängt låge.
Anordning för reglering av förhållandet mellan primär- och sekundärluftflödena bör finnas.
Primärluftfläkten, och i vissa fall även sekundärluftfläkten, skall automatiskt stoppa vid nödnedeldning. Dessutom skall den aktuella fläktens ledskenespjäll, eller i förekommande fall spjäll i luftkanalerna stänga. Se vidare rekommendation B 8.

7.3 Luftregister och luftportar

Luftregister och luftportar skall vara så konstruerade och placerade att en tillfredställande blandning av luft och brännbara gaser sker i eldstaden.
Luftportarna bör ha utrustning för automatisk rengöring. Speciellt gäller detta luftportar tillhörande primär- och sekundärluftregistren.
Utrustning för reglering av luftportsareor bör finnas.
Efter varje sektionsspjäll i luftregistren skall det finnas en lokalt placerad tryckmätare.
Luftportarnas betjäningsplan bör i möjligaste mån anordnas så att portarna utan svårighet även kan betjänas och rengöras manuellt.

7.4 Luftförvärmare

Vid förvärmning av luft skall lufttemperaturen regleras och registreras. Om förbränningsluften värms med hetvatten skall kanaldragningen efter förvärmaren utföras så att vatten vid en tubläcka inte kan nå eldstaden. Detta kan undvikas genom att kanalen förses med en lågpunkt, eller dräneringsficka till vilken en dräneringsledning ansluts. Dräneringsledningen skall vara försedd med vattenlås med larm för hög temperatur efter vattenlåset. För att ytterligare säkerställa att en läcka i luftförvärmaren upptäcks av personalen, bör luftkanalen efter förvärmaren utrustas med fuktmätare.

8 Rökgassystem

Beträffande dimensionering av pannväggar och kanaler beaktas rekommendationer i avsnitt 3.1.
Pannans drag upprätthålls med varvtalsreglerade rökgasfläktar.
Pannans rökgasstråk skall utrustas med ändamålsenlig sotutrustning för att hålla värmeytor och kanaler fria från stoft och beläggningar.

8.1 Elektrofilter skydd-och säkerhetsarrangemang

Elektrofilter är sodapannans reningsutrustning för rökgaser och är en del av rökgassystemet. Elektrofiltret har speciella skydds-/säkerhetskrav i och med det under drift är satt under mycket höga elektriska spänningar och att rökgaser med hög temperatur finns i filtret. Rekommenderade säkerhetsföreskrifter och förfaranden vid arbeten i elektrofilter framgår i rekommendation C1, avsnitt 7.3-ff.
I rekommendation F3 finns riktlinjer kring säker avställning.

8.1.1 Mekanisk låsning av tallriksspjäll före och efter filtren

Elektrofiltren utrustas idag med möjligheten att mekaniskt låsa tallriksspjällen före/efter filtren i både öppet och stängt läge.
För att uppnå ett säkert arbetssätt bör äldre filterinstallationer som saknar mekanisk låsning utföra liknade åtgärd som innebär att spjällen kan låsas mekaniskt.

Åtgärder av typen blockerad el-/instrumentutrustning är inte tillräckligt säkert.

8.1.2 Förregling/blockering av instigningsluckor

Elektrofilter med instigningsluckor som ger tillträde till delar som är elektriskt spänningssatta eller kan innehålla heta rökgaser förses med ”interlock system”.

För att uppnå ett säkert arbetssätt för äldre filterinstallationer som saknar denna typ av låsning bör liknande förfaringssätt övervägas.

Blockering/Låsning av instigningsluckor i öppet läge bör finnas för att förhindra oavsiktlig instängning av personal.

8.1.3 Säkring av personal i samband med arbete i filter

Vid inspektion och arbete i de övre delarna av ett elektrofilter måste finnas möjlighet att fästa fallskyddsutrustning. En använd metod är att en vajer spänns in mellan filtrets väggar.

En annan metod är att sätta flera fästpunkter. Dessa måste sitta inom räckhåll från varandra för att ge möjlighet till att ständigt vara säkrad till en punkt.

Fallskyddens infästningspunkter måste vara utformade och tillgängliga så att dessa rutinmässigt skall kunna kontrolleras.

8.1.4 Möjlighet att kyla atmosfären i filtren på ett säkert sätt

I ett elektrofilter som tagits ur drift råder en relativt hög temperatur. Att få ned temperaturen till rimlig nivå och ventilera ut förekommande gaser, t.ex. ozon, så att en säker insats kan göras tar lång tid.

Följande sätt är brukliga för att kyla och ventilera atmosfären i filtret

- Separat fläkt
- Ventilera med filtrets rökgasfläkt

Här rekommenderas en separat fläkt som ger möjlighet att frigöra filtret helt från rökgassystemet genom att stänga/låsa både inlopps- och utloppsspjällen. Den kalla luften dras lämpligen in genom luckorna. För att uppnå god yttre miljö och personsäkerhet bör fläktens utblåsta gaser ledas till förslagsvis skorsten/skrubber. Gaserna utgörs främst av rökgaser men risken för ozon från överslag i elektrofiltret bör beaktas.

Ventilation av ett avställt filter genom att utnyttja rökgasfläkten innebära en förhöjd risk att rökgaser går baklänges in i filterkammaren vid ett eventuellt bortfall av elkraft till fläkten.

8.2 Skrubber / Rökgasskrubber

Flertalet fabriker har villkor för att rena rökgaserna från svaveldioxid, SO_2.
Reningen sker genom absorption av gasen i en skrubber med en alkalisk lösning med NaOH eller oxiderad grön-/vitlut som verksamma kemikalier. Skrubbern utgörs av ett cylindriskt torn, genom vilket rökgaserna passerar och renas i ett tvättsteg genom cirkulation av en alkalisk tvättvätska. Tvättvätskan används på olika sätt beroende på fabrik.
Tornet kan även vara utrustat för att ”tvätta” bort och stöta ut klorider ur lutsystemet i form av saltsyra, HCl som normalt därefter leds till avlopp.
I många fall är skrubbern även utrustad med ett värmesteg, där 65-gradigt varmvatten kan produceras.

Skrubbern är vanligen konstruerat i

- Plåt
- Plast
- Betong är förekommande i äldre installationer

Tvätt-och värmestegen utgöras av dysbankar där absorptionsvätskan eller vatten sprayas mot rökgasströmmen. Vätskan samlas sedan upp i rännor. I moderna installationer finns även fyllkroppslager i vilken kontakten sker mellan vätska och gas.
Det är viktigt att ha beaktat säkerhetsaspekterna vid installation av och vid arbete i/kring en sodahusskrubber.

Förutom rökgaser från sodapannan kan övriga anslutningar till skrubbern finnas:

- imångor från lösaren
- bräddöverlöp från skrubber kan ha kopplingar till sura/sulfid haltiga kanaler

- rökgaser från destruktionsanläggningen för absorption av SO_2
- speciella avluftningar från svag-/starkt gassystem på hög höjd i anslutning till skorsten
- kopplingar mot alkaliska-/sulfidhaltiga kemikalierörsystem

Dessa anslutningar kan utgöra stor fara både för personal och utrustning speciellt vid avställd anläggning och en plan för avblindning av de olika systemen bör vara utarbetad.
Det förebyggande underhållet måste beakta skillnaderna i de olika skrubbrarnas konstruktionsmaterial.

- plåtskrubberns korrosion kan mätas och statusen kan bedömas
- plastskrubberns status kan vara svårare att bedöma på grund av plastens åldring och svårighet att mäta
- betongskrubberns status kan bedömas genom uttag av borrkärnor men man måste även ta hänsyn till betongens armeringar. Här kan då kloridnivåerna i betong vara en vägledning.

Före insatser i skrubbern bör en riskanalys utföras samt att det lokalt finns utarbetade instruktioner för ”Bryt och Lås” och i övrigt se riktlinjer för säker avställning i F 3.
Vid underhållsarbeten, ställningsbygge samt inspektioner i skrubber måste det finnas möjligheter att säkra personalen med fallskyddsutrustning. Fallskyddens infästningspunkter måste vara utformade och tillgängliga för att dessa rutinmässigt skall kunna kontrolleras före insatsen.
Skall ställningsbygge utföras för att göra dysbankar/avvattningsrännor tillgängliga för underhåll måste ställningarnas infästningspunkter kunna inspekteras före.
På grund av den miljö som förekommer i skrubbern måste man ta hänsyn till den korrosion som uppstår och ur säkerhetssynpunkt är det viktigt i samband med utformning av infästningspunkter för fallskydd och ställningskonstruktioner.
Personal som skall utföra arbeten i skrubbern bör vara utrustade enligt Brukets egna instruktioner med erforderlig skyddsutrustning på grund av att kemikalier kan förekomma eller finnas kvar i systemen.

9 Lagring av tjocklut och brännlut

9.1 Materialval i cisterner för tjocklut och brännlut

För lagringscisterner avsedda för tjocklut och brännlut har användningen av ferrit-austenitiska stål s.k. duplexstål blivit vanlig.
Som lämpligt material för normala korrosionsförhållanden kan nämnas EN. 1.4362 (duplexstål typ “2304” eller EN 1.4462 (duplexstål typ “2205”). Vid svårare korrosionsförhållanden, som vid högre koncentrationer och temperaturer eller vid förhöjda kloridhalter kan EN 1.4410, s.k. ”super duplex” (typ “2507”) vara ett bättre val.

9.2 Öppen cistern

Följande råd bör beaktas vid utformning av lagringscistern för tjocklut eller cistern för brännlut;

1. Ett buffertlager för tjocklut mellan indunstning och sodapanna bör dimensioneras för minst 6-8 timmars uppehållstid. Fördelen är att koncentrationen inte sjunker lika snabbt

ifall tunnare vätska skulle råka tillföras i samband med tvättning eller annan driftstörning.

2. Om ett buffertlager med tjocklut med koncentration över ca 70 % och motsvarande minst 6-8 timmars förbrukning, finns mellan indunstning och sodapanna kan en mindre trycksatt bufferttank för högkoncentrerad brännlut med volym motsvarande ca 2 h drifttid dock accepteras, utan att man riskerar att för tunn lut förs till pannan.

3. Luten skall föras in i tjocklutcisternen på sådant sätt att ”kortslutning” undviks, t ex genom att in- och utlopp lokaliseras långt från varandra.

4. Omrörare eller lutcirkulationspump (helst bådadera) installeras så att risken för skiktning i cisternen minimeras.

5. Koncentrationen i tjocklut- eller brännlutcisternen skall alltid hållas under noggrann kontroll, men särskild uppmärksamhet/kontroll krävs vid tillfällen när buffertnivån är låg.

6. Vid normal drift skall nivån ligga över hälften av cisternvolymen. Före tvättoperationer bör den höjas, eftersom det annars kan föreligga risk föralltför kraftig utspädning.

7. Under vissa betingelser (ex. hög temperatur - framför allt vid lövlut) sker en spontan värmebehandling (= viskositetssänkning) av luten i indunstningens slutsteg. Detta fenomen bör helst undersökas redan under projekteringsstadiet för optimering av uppehållstid och luttemperatur i slutsteget, liksom för buffertcisternens dimensionering (t.ex. tryck, temperatur och buffertvolym).

8. Vid lagring av tjocklut i cistern under längre tid t.ex. under ett reparationsstopp i pannan kan sönderfall av tjocklut i cisternen ske med bildning av brännbara gaser. Detta måste beaktas så att cisternen avluftas. P.g.a. explosionsrisken måste samtidigt de ledningar som kan leda gas till omgivande processutrustning avstängas säkert före svets- och reparationsarbeten.

9. Speciellt när luttorrhalten är över ca 75 % kan det inträffa att man får en okontrollerbar jäsning i lutcisternen när omrörningen återupptas efter ett stopp. För att undvika problem bör volymen i cisternen inför ett längre stopp planeras så att utrymme för expansion finns. Man kan dessutom sänka tjocklutens torrhalt efter indunstningen inför ett planerat stopp, då problemet är störst vid höga luttorrhalter. God omrörning av tjockluten under stoppet är ett sätt att hantera uppkommande risker.

10. I vissa driftsituationer t.ex. vid uppstart kan förvärmd brännlut återcirkuleras till tjocklutcisternen under uppvärmning av ringledning till lutsprutorna. Sker detta under längre tid kan temperatur och tryck stiga i cisternen. Det är nödvändigt att cisternen är säkert avluftad och därmed skyddad mot för högt tryck.

9.3 Trycksatt cistern

För trycksatt cistern gäller, för säker anläggning, följande tilläggskrav;

11. ***Trycksatt cistern*** måste vara försedd med avsäkring mot högt tryck. När säkerhetsventiler används bör man räkna med att dessa efter öppning sätter igen av lutrester. Med hänsyn till detta rekommenderar Sodahuskommittén att dubbla säkerhetsventiler med skilda

öppningstryck monteras, samt bör öppning av säkerhetsventil larmas i manöverrum. En säkerhetsventil som lättat skall så snart som möjligt demonteras och rengöras. Säkerhetsventilerna bör regelbundet kontrolleras och rengöras. För att underlätta demontering för rengöring bör säkerhetsventilerna monteras på ett växlingsställ, så utformat, mekaniskt eller med interlocksystem, att inte båda säkerhetsventilerna kan spärras samtidigt.

12. Som yttersta säkerhet, med och med högre ”öppningstryck” än säkerhetsventilerna, rekommenderas ett sprängbleck på en vibrationsfri stuts.

13. Uppmärksamhet måste riktas mot utformning av säkerhetsventilens och sprängbleckets avblåsningsrör så att inte het tjocklut och ånga okontrollerat sprutas ut. Någon form av cyklon och dumptank bör övervägas.

14. För att förhindra oavsiktlig trycksänkning (=låg luttemperatur/hög viskositet) skall den trycksatta cisternen förutom god isolering ha tillförsel av värme via ångslingor samt tryckhållningsventil med direktånga. (Beträffande risken för utspädning med direktånga se avsnitt ”Sammankoppling av medier”).

15. Tryck och temperatur i tjocklutcistern och buffertcistern för brännlut måste övervakas med lämplig instrumentering.

16. Exempel på larm och förreglingar för trycksatt buffertcistern:

- Nivåmätning med dp-cell nedtill, korrigerad för gastrycket i cisternen
- alternativ mätprincip på halva höjden
- bräddningsvakt, separat högnivåvakt upptill
- tryck- och temperaturövervakning
- larmindikering för öppen säkerhetsventil

10 Brännlutsystemets utformning

För att minimera säkerhetsriskerna vid eldning av lut i sodapannan är det av största vikt att brännlutssystemen är ändamålsenligt utformade och utrustade.
Utvecklingen har gått mot användning av högre torrhalter på brännlut, vilket ställer nya krav på processystemens uppbyggnad. Samtidigt har också nya system för övervakning och kontroll av processen utvecklats.

10.1 Dimensionering av lutledningar

Vid hållfasthetsmässig dimensionering av lutledningar skall förutom driftdata hänsyn även tas till de högre värden på tryck och temperaturer, som kan förekomma vid renblåsning med ånga, tryckslag och pumpning mot stängda ventiler etc.
Dimensioneringsregler, material etc. för trycksatta rörledningar eller rörledningar med farligt innehåll finns i SS-EN 13480, delarna 1-6.

Uppvärmda lutledningar skall vara arrangerade så att otillåtet övertryck inte kan uppstå mellan två stängda ventiler i ledningen.

10.2 Material i lutledningar

Vid hög torrhalt, hög temperatur och hög restalkalihalt i tjockluten kan risk för korrosionsskador uppstå. Såväl avlagringskorrosion, erosionskorrosion, pittings som spänningskorrosion kan beroende på materialval och kemi uppträda. Spänningskorrosion uppträder i så fall som alkalisk spänningskorrosion eller även i neutral miljö tillsammans med förhöjda kloridhalter. Spänningskorrosion ger upphov till sprickbildning.

Risken för korrosion kan motverkas genom lämpligt val av material till anläggningen. Molybden som legeringselement förbättrar korrosionsegenskaper vad avser allmänkorrosion, beständighet mot många syror, har utmärkt motstånd mot pitting och spaltkorrosion, men ger känslighet för spänningskorrosion i närvaro av klorider. Höga molybdenhalter anses även till men för korrosionsresistensen vid höga alkalikoncentrationer.

Ledningar för tjocklut, brännlut:

- Austenitiskt stål EN 1.4307, X2CrNi18-9 (Core304L/4307, AISI 304L, tidigare SS 2352).

  Materialet har lägre kolhalt än EN 1.4301, tidigare SS2333, och därför bättre motstånd mot intergranulär korrosion. Materialet har dessutom lägre molybdenhalt än syrafast stål enligt EN 1.4436, (X3CrNiMo17-13-3, AISI 316, tidigare SS 2343) och EN 1.4435, (X2CrNiMo18-14-3, AISI 316L, tidigare SS2353). Den lägre molybdenhalten hos X2CrNi18-9 förbättrar korrosionsresistensen vid höga alkalikoncentrationer.

- Alternativt kan mer höghållfasta och korrosionsbeständiga beständiga ferrrit-austenitiska, duplexa stål användas, t.ex.
  EN 1.4362, X2CrNi23-4 (SAF 2304), eller EN 1.4462, X2CrNiMoN22-5-3 (Forta DX 2205, SAF 2205).

10.3 Huvudprinciper för brännlutsystem

I det följande beskrivs två huvudprinciper för brännlutsystem, *öppet* respektive *trycksatt* system, se *Figur 5* respektive *Figur 6*.

Från en *öppen tjocklutcistern* pumpas tjockluten till en sulfatblandartank där den blandas med aska från pannans askfickor och elektrofilter samt med eventuella tillsatskemikalier, se *Figur 5*. Blandningen passerar genom en silplåt i sulfatblandartanken och sedan pumpas luten, nu benämnd brännlut, via eventuell utjämningscistern och genom lutförvärmare till pannans lutsprutor. Detta beskriver ett traditionellt uppbyggt system.
På senare år har det blivit vanligt att aska blandas med mellantjocklut i en särskild askupplösningstank och återförs till indunstningen, i stället för att askan blandas in direkt i sulfatblandartanken. Anledningen är att askinnehållet i luten anses bidra till renhållning av indunstningens värmeytor och av tjocklutledningen vilket är positivt i synnerhet eftersom höga luttorrhalter eftersträvas.

Från en *trycksatt brännlutcistern* pumpas brännluten via lutförvärmare till pannans lutsprutor, se *Figur 6*. Vid höga luttorrhalter är det vanligt att ett kontinuerligt flöde av brännlut återförs till brännlutcisternen eller till en dumptank.

Detta är exempel på typiska processcheman, men ytterligare varianter kan förekomma.

10.4 Brännlutledning

Vid pumpning från *öppen cistern* skall stamledningen anordnas med dubbla avstängningsventiler i stamledningen mellan pump och lutspruta, (pos.2 och pos.3 i *Figur 5*).

Stamledningen mellan en *trycksatt cistern* och sodapanna skall också anordnas med dubbla avstängningsventiler (pos. 2 och pos.3 i *Figur 6*). En ventil bör placeras i nära anslutning till den trycksatta cisternen.
Mellan avstängningsventilerna ska finnas returledning till sulfatblandartank eller dumptank som avlastar trycket i stamledningen, (ventil pos.4 eller pos.5).
Avstängningsventilerna skall i samtliga fall vara försedda med ställdon och gränslägesindikeringar för öppet och stängt läge och ska även kunna inta felsäkert läge med fjäderkraft.

10.5 Ringledning och returledningar

Vid de höga luttorrhalter som numera normalt eftersträvas är det fördelaktigt att lutsprutorna, med tanke på brännlutens varmhållning, ansluts till en ringledning med returledning.
Returledningen används för återcirkulation av brännlut under uppvärmning inför uppstart, samt vid snabbstängning av lut till pannan.
Om, vilket förekommer, returledningen även utnyttjas för kontinuerlig återföring av en delström av brännlut under drift, skall det finnas utrustning som möjliggör mätning och indikering av nettoflödet brännlut till pannan. Detta kan ske antingen genom att mäta totalflödet och returflödet eller genom att mäta flödet till varje enskild lutspruta.

Följande säkerhetsarrangemang rekommenderas:

- Beträffande dubbla avstängningsventiler på stamledning se föregående moment 16.2

- Med tanke på brännlutens varmhållning vid höga luttorrhalter är det fördelaktigt att lutsprutorna, ansluts till en ringledning med returledning.

- I brännlutsystem där brännlutledningen är uppdelad i två eller flera ledningar till lutsprutorna, skall varje ledning efter den sista anslutna lutsprutan ha en egen separat returledning-eller vara ansluten till en gemensam returledning.

- För brännlutsystem som är anslutet till *öppen cistern*, se *Figur 5*, skall möjlighet finnas att i slutet av ringledningen återföra brännluten genom en returledning till sulfatblandartank alternativt avledas till dumptank. Även återföring till brännluttanken förekommer. Returledningen skall om möjligt dras så att den blir självdränerande.

    - Returledningen bör förses med följledning (el-eller ånga) för varmhållning. (Beträffande utförande se avsnitt 9.1).

    - Varje ansluten returledning skall ha en avstängningsventil, (pos.5 i *Figur 5*), placerad i omedelbar anslutning till brännlutledningen. Avstängningsventilen skall kunna *öppna* med fjäderkraft. Några andra ventiler i returledningen får inte finnas efter denna ventil.

- För brännlutsystem som är anslutet till *trycksatt cistern*, se *Figur 6*, kan återföringen av brännlut efter den sista lutsprutan, ske till den trycksatta cisternen.

    - Returledningen bör förses med följledning (el-eller ånga) för varmhållning.

    - Returledningen skall mynna ovanför vätskeytan i den trycksatta cisternen.

    - För reglering av returflödet skall finnas en reglerventil, (pos.9 i *Figur 5* och *Figur 6*), som kan *öppna* med fjäderkraft och som skall vara placerad före avstängningsventilerna, (pos.5 i *Figur 5* och *Figur 6*) i returledningen.

    - Returledning ansluten till trycksatt cistern skall ha två avstängningsventiler (pos.5 i *Figur 6*). Ventilerna ska kunna *stänga* med fjäderkraft. Några andra ventiler i returledningen får inte finnas efter denna ventil.

    - Mellan avstängningsventilerna, (pos.5 i *Figur 6*), skall finnas en avluftning ansluten till avluftat system exempelvis från dumptank eller annan trycklös lutcistern. Avluftningsledningen skall ha två avstängningsventiler (pos.8 i *Figur 6*), som ska kunna *öppna* med fjäderkraft.

- Ledning ansluten till dumptank eller annan trycklös cistern skall ha en avstängningsventil, (pos.4 i *Figur 5* och *Figur 6*). Ventilen skall kunna *öppna* med fjäderkraft. Efter denna ventil får inte några andra ventiler finnas i returledningen.

- Samtliga ovan angivna ventiler, (pos.4, 5, 8, 9) skall vara försedda med ställdon och ha gränslägesindikeringar för öppet respektive stängt läge.

10.6 Anslutningsledning för brännlut (ringledning) till lutspruta

Varje enskild anslutningsledning till lutspruta skall vara försedd med:

- Två avstängningsventiler (reglerventil får inte räknas som avstängningsventil) där:

    - Den ena ventilen, (pos.1 i *Figur 5* och *Figur 6*), placeras nära lutsprutans anslutning. Ventilen skall manövreras med ställdon, ha lägesgivare för öppen och stängd ventil, samt ska kunna stängas med fjäderkraft.
    - den andra ventilen (pos.2 i *Figur 5* och *Figur 6*), skall manövreras med ställdon, ha lägesgivare för öppen och stängd ventil, samt ska kunna stängas med fjäderkraft. Ventilen bör placeras direkt efter anslutningen till brännlutledningen/ringledningen.

- Tryckmätare med larmfunktion för lågt tryck.

- Flödesmätare för mätning av flödet till pannan. Detta kan ske antingen genom att mäta totalflödet och returflödet eller genom att mäta flödet till varje enskild lutspruta.

- Skyddsarrangemang (t.ex. giljotinspjäll), som förhindrar att vatten av misstag kan komma in i eldstaden genom sprutöppningen när lutsprutan är demonterad.

- Ångledning med ventil för renblåsning av anslutningsledning. (Beträffande kondensatfällor och säkerhetsarrangemang se avsnitt mediesammankopplingar).

För övervakning bör också finnas:

- TV-kameror för övervakning av lutspridningen
- Lokala lägesindikeringar som visar lutsprutornas inställningar
- Lägesindikeringar för lutspruteöppningarnas giljotinspjäll

10.7 Snabbstängning av luttillförseln

- Anordning, som automatiskt avbryter tillförseln av brännlut till eldstaden skall finnas. Tillförseln av brännlut kan avbrytas antingen med rundcirkulation i ringledning tillåten, eller utan rundcirkulation, sistnämnda används vid nödnedeldning och då risk för brand eller explosion bedöms föreligga.

  Snabbstängning aktiveras enligt följande, (hänvisning till figur 5 och 6):

- *Vid såväl öppet som trycksatt system (Figur 5 resp. Figur 6)*

  - De dubbla avstängningsventilerna i avgreningar från stamledning till lutsprutorna stängs, (pos.2).

  - Om rundcirkulation av säkerhetsskäl måste avbrytas, stoppas insprutningspump och stängs ventil på stamledningen (pos.3).
    Dräneringen av brännluten skall ske till en trycklös cistern, som är placerad på en lägre nivå än lutsprutorna.

- *Vid öppet system (Figur 5)* skall dessutom:

  - ventil i ledningen till dumptanken öppnas (pos. 4),
    alternativt öppnar reglerventil (pos.9) i returledningen, samt ventil i returledningen till sulfatblandartanken (pos.5).

- *I trycksatt system (Figur 6)* skall dessutom:

  - ventilen i ledningen till dumptanken ska öppna (pos.4), samt ska ventilerna i returledningen till den trycksatta cisternen stänga (pos.5) samtidigt som mellanliggande avluftning skall öppna (pos.8).

10.7.1 Ventilfunktioner

De i avsnitt 10.7 angivna ventilerna för snabbstängning av luttillförseln skall vara utrustade för att fungera automatiskt på signal från säkerhetssystemet vid:

- alltför låg brännluttorrhalt
- kraftavbrott
- nödnedeldning

- automatisk panntripp

Vid behov, t.ex. vid tvättning av brännlutledning och tömning av sulfatblandartank, skall systemet för avledning av lut till dumptanken kunna aktiveras manuellt.

10.7.2 Ventiler med fjäder för öppnings- eller stängningsfunktion

Som framgår av text och bilder i detta meddelande, krävs att vissa ventiler på signal från säkerhetssystem snabbt öppnas eller stängs med fjäderkraft, d.v.s. helt oberoende av yttre hjälpenergi. För varje ventil skall fjäderkraftens riktning väljas så att ventilen automatiskt, med fjäderkraft, intar ”felsäkert läge” vid eventuellt bortfall av yttre hjälpenergi till ventilen. Detta gäller alltså ventiler där pålitlig automatisk öppnings- eller avstängningsfunktion är nödvändig ur säkerhetssynpunkt.
Rörledningsarmatur ska uppfylla SS-EN 12266-1:2012

10.7.3 Anslutningar för tvättning och dränering

Säkerhetsrekommendationer i avsnitt ”Sammankoppling av medier” ska följas.
En speciell form av riskfylld mediesammankoppling uppstår om fler dräneringspunkter dras samman till gemensam avlopps- eller samlingsledning. Beträffande lämpligt utförande se *Figur 7*.

10.7.4 Tvätt av brännlutsystem och tjocklutledningar

Anslutningar för tvättning av brännlutsystemet skall utformas och användas så att tvättvätskan aldrig kan komma in i eldstaden.
Lutsprutor skall utformas för att enkelt kunna demonteras före tvättning av lutsprutornas matnings- eller ringledning, se avsnitt 10.7.4. Lutsprutans anslutningsrör skall riktas parallellt med pannväggen, inte mot lutspruteöppningen. Skyddsanordning (exempelvis giljotinspjäll) mot ofrivillig vatteninsprutning i eldstaden ska finnas.

Anslutning av tvättvätska till brännlutledning kan utföras antingen med demonterbara mellanstycken, eller med svängbara rörböjar, enligt *Figur 9.* Larm skall ges när tvättvätskan är ansluten till brännlutledningen. Vid ett arrangemang med en sammanbyggd svängbar rördel, enligt *Figur 9* behövs dock inte någon larmfunktion.
Ventillägen, demontering av lutsprutor och applicering av giljotinspjäll för lutspruteöppningar kan även säkerställas med interlocksystem.

10.7.5 Ångblåsning av brännlutledningar

Spolångledningar för renblåsning av brännlutledning med ånga skall finnas och vara anslutna direkt efter avstängningsventilerna i brännlutledningen. Ångledningarna kan vara fast anslutna till lutledningen eller anslutas med slang och slangkoppling. Ångstam till spolångledningar skall vara försedd med automatventil och tryckvakt som automatiskt stänger ångan vid lågt tryck. Vidare ska ångstammen förses med backventil, samt lågpunkt med automatisk kondensatavledning, ~~se~~ *Figur 8.*

10.8 Brännlutpumpar (insprutningspumpar)

Beträffande brännlutpumpars axeltätningar och tätningsvattentillförsel skall arrangemanget vara sådant, att tätningsvatten inte kan tränga in i luten, t.ex. genom användning av mekaniska tätningar.

10.9 Lutsprutan – koppling och säkerhet

Incidenter har förekommit i samband med läckage av lut i anslutningarna mellan lutsprutan och lutledningen, eller på grund av slitage av förekommande slangar.
Byte av lutsprutor innebär en förhöjd risk för att driftspersonalen kan få lut på sig orsakat av läckage eller från instängd lut i rörledningarna med högt tryck och temperatur i samband vid renblåsning med ånga.
Konsekvenserna har i några fall varit eller har kunnat leda till svåra brännskador för personalen.

Okontrollerad utströmning av lut med hög temperatur kan även orsaka brandtillbud i anläggningen om luten träffar brännbara ämnen.

I bildbilagan, avsnitt 21, visas ett antal typiska arrangemang som förekommer vid bruken och vilka är principiellt likvärdiga.

För ett specifikt fall bör en förändring i arrangemanget föregås av en riskanalys. En riskanalys bör även genomföras rutinmässigt för att fånga in eventuella förändringar i utrustningen eller arbetssätt.
Följande arrangemang rekommenderas:

- förbindelse mellan lutledning och lutsprutan utformas med stålarmerad slang och dragningen skall vara sådan att små radier eller onormal belastning undviks.

- slangen ansluts till eller är utrustad med fläns och med en rörböj till lutsprutan på ett sådant sätt att eventuellt läckage har en riktning motsatt en operatörs arbetsområde. Anslutning till fläns minimerar belastningen och skador på slangen.

- lutsprutan kan monteras fast som visas i *Bild 1 – Bild 7*. Den kan även monteras enligt *Bild 8* för att ge möjlighet att lossa spruta med monterad slang för att ren blåsas i separat behållare. I det senare fallet erhålls ett slitage på slangen som man bör beakta. I samtliga fall skyddas anslutningen av en ”handske”/låda.

- ”handsken”/lådan kan utrustas med en extra säkerhetssprint som låser densamma, se *Bild 7*.

- lutsprutan låses med en koppling för att minimera risken för att anslutningen går isär vid ett eventuellt ras i pannan som slår mot lutsprutan se *Bild 1* och *Bild 4*.

- arrangemang med tryckmätare och dräneringar för kontroll av att en renblåsning av lutsystemet är utförd på ett säkert sätt är ej tillförlitligt på grund av risken att dessa kan sättas igen av stelnad lut. *Bild 3* visar på ett arrangemang där man kan kontrollerat

öppna koppling mellan rörböj mot slang och spruta för att avlasta eventuellt tryck i ledningen.

- operatören skall vara erfaren och utbildad i funktionen och ha god kännedom om riskerna samt bära erforderlig skyddsutrustning.

- om möjligt bör man vara två vid byte av/arbete vid lutsprutorna eller att övervakning kan ske från manöverrum med kameror.

I övrigt att beakta:

- tätningsytor i anslutningar måste hållas rena för att få en säker tätning.

- den stålarmerade slangen bör systematiskt kontrolleras eller bytas enligt ett schema på grund av den ökade påverkan av kemikalier eller slitage av eventuellt inblandat stoft.

- kontroll skett av röret för lutsprutan för att identifiera eventuella sprickor eller brott.

- systematisk riskanalys av arbetssätt och utrustning är utförd.

10.9.1 Vattenkyld lutspruta

I pannor med intensiv hets i eldstaden kan förekomma att lutsprutor inte klarar den hetta som uppstår utan bränns sönder på kort tid. I första hand bör man söka andra åtgärder på problemet innan vattenkylning av lutsprutor övervägs.
Ett korrekt utformat arrangemang för kylning av lutspruta med ång/vattenblandning måste vara sådant att vattenmängden som kan tillföras ugnen är begränsad om det skulle uppstå fel på lutsprutan eller dess montering. Den vattenmängd som tillförs ugnen genom lutsprutans kylsystem får ej överstiga 2,7 l/min per lutspruta. (Begränsningen är preliminär och grundar sig på motsvarande begränsning hos BLRBC).
Det måste finnas larm, vakter och förreglade automatiska avstängningsventiler på plats för att avbryta ång- och vattenkällor i händelse av avbrott i luttillförsel, vid forcerad nedeldning eller nödnedeldning av pannan.

11 Lutförvärmare

11.1 Allmänt

Lutförvärmare skall vara placerad i en förbigångsledning till brännlutledningen, se *Figur 9*. Förvärmarens anslutningsledningar och brännlutledningen mellan dessa skall vara försedda med avstängningsventiler.
Ångledningen till lutförvärmaren skall ha dubbla avstängningsventiler och mellanliggande dräneringsledning med ventil. Reglerventil får inte räknas som avstängningsventil.

11.1.1 Indirekt lutförvärmare

Brännlutens in- och utloppsledningar bör inte ha fasta anslutningar för tvättvätska. Ett arrangemang med en sammanbyggd svängbar del bestående av en rörböj (90^0) och ett rakt mellanstycke där normalt in- resp. utgående brännlut passerar igenom och som i svängt läge (180^0) kan anslutas till in- respektive utgående tvättvätska är att föredra. Någon larmfunktion behövs inte i detta fall. Se *Figur 9*.

Om tvättvätska dock ansluts med fasta anslutningar skall dessa ha dubbla avstängningsventiler med mellanliggande dräneringar och alla ventillägen säkerställas med interlocksystem kopplat till pannans säkerhetssystem.
Om separata svängbara mellanstycken användes, skall dessa vara larmade när de är anslutna till tvättvätskeledningarna.

I de fall kondensatet från lutförvärmaren användes i produktionen, skall kondensatledningen ha mätutrustning för konduktivitet. Mätutrustningen skall vara försedd med larm och brytfunktion för avledning av smutsigt kondensat. Ventilerna i kondensatledningarna skall då vara utrustade med ställdon och gränslägesindikeringar.
Den generella rekommendationen att sätta reglerventilen på utgående kondensat i stället för på ångsidan gäller inte här, då man definitivt inte vill riskera att kondensat läcker över till värmeväxlarens lutsida, om en läcka skulle uppstå i värmeväxlaren.
För att förhindra att otillåtet övertryck uppstår på lutsidan, skall ett arrangemang med sprängbleck eller annat tryckavlastningssystem finnas.
Lutavloppsledningen från sprängbleck eller tryckavlastningssystem bör vara försedd med temperaturlarm.

11.1.2 Direkt lutförvärmare

Ångledningen och den utgående lutledningen från lutförvärmaren (*Figur 9*) skall vara försedda med tryckmätare och anslutna till en differenstryckgivare med larm och brytfunktion. Vid lägre tryck i ångledningen än i lutledningen föreligger risk för att lut kan komma in i ångledningen. En alltför liten differens mellan ångtrycket och trycket i brännlutledningen skall därför med fjäderkraft automatiskt stänga den ställdonsförsedda ångventilen, (pos.1), som även skall vara försedd med lägesindikering. Även vid alltför låg luttorrhalt (se C 1) skall ventilen automatiskt stängas på signal från pannans torrhaltsmätare.
Närmast före ventil (pos.1) skall finnas en backventil.
Efter avstängningsventilen (pos.2) skall en kondensatavledare anslutas till ångledningen.
Se även avsnitt 21, Sammankoppling av medier.

12 Inblandning av stoft och tillsatskemikalier

Vid tillsättning av täckningskemikalier i sulfatblandartanken skall detta ske med en doseringsanordning så att en jämn kontrollerad halt av kemikalien erhålls i brännluten.
Om täckningskemikalien är flytande, och har lägre torrhalt än brännluten, skall blandningsförhållandet mätas och övervakas kontinuerligt. Tillsatsen skall automatiskt avbrytas om andelen täckningskemikalier i förhållande till aktuellt brännlutflöde blir för hög.

Tillsatsflödet skall ha egen separat matning till blandartanken och med en pumpkapacitet dimensionerad så att utspädningen aldrig kan ge riskabla sänkningar av luttorrhalten.
Deplacementspumpar rekommenderas för noggrann styrning av flödet.

Några andra fasta anslutningar än ovanstående för tillförsel av vätskor till sulfatblandartanken eller utjämningscisternen får inte finnas.

12.1 Flytande täckningskemikalier

Om täckningskemikalien är ett surt ämne, skall den behandlas på samma sätt som tillsättning av restsyra från ClO2-beredningen, se nedan, eller hartskokeriet till svartlut.

Vid tillsättningen av den flytande täckningskemikalien till sulfatblandartanken skall anslutningsventilen till sulfatblandartanken vara utrustad med ställdon och kunna stängas med fjäderkraft samt ha gränslägesindikering för öppet och stängt läge.

Blandningsförhållandet mellan täckningskemikalie och brännlut skall mätas och övervakas kontinuerligt. Tillsatsen skall automatiskt avbrytas om andelen täckningskemikalier i förhållande till aktuellt brännlutflöde blir för hög.

12.2 Restsyratillförsel i svartlut

Vid anläggningar där restsyra från ClO_2-beredningen eller hartskokeri tillförs svartluten rekommenderas ur drift- och säkerhetssynpunkt följande:

12.2.1 Neutralisation

Restsyra kan används för spjälkning av såpa.
Spjälkvätska från hartskokeriet neutraliseras med natronlut innan syran tillföres svartluten.
Ett annat sätt är att låta svartlutens innehåll av restalkali neutralisera syran genom att tillsätta syran direkt till svartluten.
I det senare fallet är det viktigt att restalkalihalten i svartluten är så stor att inte lignin utfälls vid neutralisationen. Utfällt lignin i kombination med utkristalliserad natriumsulfat utgör en stor risk för svårartade beläggningar på indunstningsanläggningens värmeytor.
Restalkalimängden bör vara minst tre gånger större än vad som teoretiskt erfordras för neutralisering av restsyran.

12.2.2 Tillsatsställe

Det kan vara svårt, även vid höga restalkalihalter i svartluten, att undvika utfällning av lignin i neutraliseringsområdet. Hög restalkalihalt i kombination med hög luttemperatur gynnar återlösning av utfällt lignin.
Det är därför tillrådligt att tillsätta restsyran i sista steget i indunstningens slutförtjockare. Vid trycklöst lutsystem kan även tillsatsen anordnas till sodahusets tjocklutsystem. I det fallet bör restsyran tillsättas via en rörblandare i tjocklutledningen till sulfatblandartanken eller utjämningscistern.
Tillsättning av restsyran till brännlutsystemet efter brännlutpumpen bör undvikas.

12.2.3 Dosering

Restsyran skall doseras in jämnt. Tillsatsen av restsyra till svartlut skall således ej överstiga en viss kvot och skall tvångsstyras mot svartlutsflödet och stoppas automatiskt vid ett visst minsta lutflöde.

Restsyraledningens avstängningsventil skall vara utrustad med ställdon och kunna stängas med fjäderkraft samt ha gränslägesindikering för öppet och stängt läge.
Det är mycket viktigt att dra syraledningen på ett sådant sätt, att ett eventuellt läckage inte kan nå en golvkanal som kan innehålla sulfidhaltig vätska.

Syraledningens dränering bör ske till ett avlopp som har gaslås. Dräneringen får aldrig ske till en golvkanal som kan innehålla sulfidhaltig vätska.

Start- och stoppvillkor skall för övrigt vara lika som för tillsättning av flytande täckningskemikalier.

12.3 Svavelvätebildning

Risken för H_2S-bildning måste alltid beaktas. Utrustning för övervakning av svavelväte bör finnas på strategiskt utvalda platser, där man bedömer att risken för svavelväteförkomst är störst. Larm skall ske både lokalt och i manöverrum.
Se även rekommendation C 1.

12.4 Såpeldning

Såpa har eldats i flera fabrikers sodapannor vid olika tillfällen och av olika anledningar, vilket gjort att en viss erfarenhet erhållits under åren.
I regel har såpan blandats med brännluten i sulfatblandartanken och tillförts sodapannan via lutsprutan. Inblandning av upp till 10 volymprocent såpa i tjockluten har förekommit.

Såpans värmevärde är mycket högre än tjocklutens, vilket vid okontrollerad tillförsel innebär risk för avbränning av bädden samt efterförbränning i eldstadens övre del, vilket kan ge svårartade beläggningar i överhettaren. Det kan även medföra överhettning av smältan. Såpeldning vid höga luttorrhalter ökar påtagligt nämnda risker.

12.4.1 Arrangemang för såpeldning

På grundval av gjorda erfarenheter rekommenderas att följande beaktas vid utformning av arrangemang för såpeldning i sodapannor:

- Såpan skall ha jämn temperatur, minst 40°C, och vara av jämn kvalitet främst med avseende på svartlutinnehåll.

- Såpan bör tillföras tjockluten i sulfatblandartanken. Det är viktigt att såpa och tjocklut blandas effektivt.

- OBS!! Om tjocklut från sulfatblandartanken tillförs indunstningen bör såpan tillsättas tjockluten efter indunstningsanläggningen

- Såpflödet till sulfatblandartanken skall tvångsstyras i kvot med brännlutflödet till sodapannan genom att låta lutflödet styra såppumpens varvtal.

- Såppumpen skall vara av deplacementtyp. Därigenom erhålles vid givet varvtal ett jämnt och begränsat flöde oberoende av rörledningsmotståndet.

- Såpledningen skall ha en returledning dragen till såpcistern. Såpledningen och returledningen skall ha varsin avstängningsventil utrustade med ställdon och kunna stängas resp. öppnas med fjäderkraft samt ha gränslägesindikering för öppet och stängt läge.

- Vid störningar som automatiskt stoppar eldningen i sodapannan (se rekommendation B 1, mom. 19.2.4), skall såpflödet till sulfatblandartanken stoppas genom att ventilen i såpledningen stängs och ventilen i returledningen öppnas automatiskt.

- Brännlutledningen till sodapannan bör ha viskositetsmätare och utrustning för beräkning av brännlutens energivärde.

13 Oljeeldning

13.1 Eldningsolja, tallolja och beckolja

Kvaliteten på eldningsoljan skall vara god och bör inte variera över tiden. Vanadinhalten bör beaktas, se rekommendation B 13, kapitel 1, mom. 2.3.
Oljesystemet skall vara uppbyggt och användas enligt rekommendation B 13, avsnitt 6.

13.1.1 Spillolja

Spillolja får inte eldas i sodapannan, se rekommendation C 1.

13.1.2 Startbrännare

Startbrännarnas huvudändamål är att underlätta start och nedeldning av sodapannan. Beträffande utrustning och säkerhet vid användning av startbrännare, se rekommendation B 13.

13.1.3 Lastbrännare

Beträffande risker vid användning av lastbrännare, se rekommendation C 1. Beträffande utrustning och säkerhet vid användning av lastbrännare, se rekommendation B 13.

13.1.4 Eldning genom inblandning i lut

All förbränning av olja i sodapannor ska ske med särskilda för ändamålet avsedda oljebrännare av godkänd typ. Utrustning och arrangemang för oljeeldning behandlas i rekommendation B 13.

14 Arrangemang för att begränsa anrikning av avvikande kemikalier

I litteraturen finns beskrivet ett antal sätt att begränsa anrikning av avvikande kemikalier. (Syntesrapport om kunskapsläget gällande löslighet aktivitetsdata för högkoncentrerade saltlösningar i skogsindustriella tillämpningar, ÅForsk nr. 05-078).

Kortfattat finns följande metoder:

- Öppna upp kemikaliecykeln och leda bort elektrofilteraska till avlopp. Metoden är i många fall inte tillämpbar på grund av miljökraven för fabriker idag.
- Lakning av elektrofilteraska
- Indunstning och kristallisation av elektrofilteraska
- Fryskristallisation av elektrofilteraska
- Jonbyte av elektrofilteraska

Beroende på graden av anrikning av avvikande kemikalier; kalium och klorid, görs valet av metod.
I nordiska bruk är det enklaste sättet att begränsa anrikningen genom asklakning av elektrofilteraska i och med att anrikningsgraden i normalfallet är låg.

- En slurry av hett vatten och elektrofilteraska koncentreras upp i lämplig centrifugeringsmetod.
- Det koncentrerade flödet från centrifugeringen leds till ett svartlutsflöde i indunstningen för att minimera inkrusteringar. Sättet ställer inga ytterligare krav på säkerhetsarrangemang vid sodapannan för detta flöde.
- Ett alternativ med att leda slurryn till en lutmix vid sodapannan ställer krav på ett arrangemang för säkerhet.
- Vätskeflödet som löst en större andel kalium och klorid leds till avlopp och en reducering av dessa uppnås i kemikaliecykeln.
- Anrikningsgraden i lutcykeln avgör frekvensen för drift av anläggningen.

Ett exempel på schema för asklakning, se *Figur 10* i figurbilagan.

15 Sammankoppling av medier

I många processystem, inte minst där tjocklutar eller tjockolja är inblandade, krävs att ledningar, givare eller mätinstrument renspolas mer eller mindre frekvent med vatten, luft eller ånga. Vissa processer kräver direktinsprutning av ånga, ett sådant exempel är dispergering av olja i en brännare.
Dessa sammankopplingar kan leda till allvarliga driftstörningar och driftproblem om inte tillräckliga säkerhetsåtgärder vidtas.
Även risken för läckage vid indirekt värmeväxling bör beaktas.
Vid alla sammankopplingar av processmedier är det därför viktigt att med utgångspunkt från processcheman noggrant analysera och förebygga de risker som kan uppstå.

Exempel på risker som bör förebyggas:

- Personskador, allvarliga brännskador, i samband med in- eller urkoppling av spolledningar till tjocklutledningar, vit-och natronlutledningar, eller vid rensning och upptagning av igensatta dräneringsledningar

- Utspädning av tjocklut till pannan med vatten eller tunnlut, exempelvis i samband med tvättning av indunstning eller tjocklutledningar, eller tvättning av kanaler anslutna till pannan som luft, gas eller imångkanal, med risk för smälta-vattenexplosion i pannan

- Att eldningsolja kommer in i ångsystem, kondensat och matarvatten med allvarliga beläggningsrisker i pannan som följd.

- En tillfälligt trycklös ångledning inkopplad som dispergering till en oljebrännare kan också, om nödvändiga skyddsanordningar saknas, ”fyllas bakvägen” med olja. Sedan ångan förorenats kan den oavsiktligt beroende på ångnätets konfigurering nå exempelvis matarvattentanken (via dess avgasare). Eftersom konduktivitetsmätare inte reagerar för olja är risken stor för att föroreningen sprids.

- En tillfälligt trycklös ångledning inkopplad till fiberlinjens eller pappersbrukets processutrustning som exempelvis kokare, blektorn mm kan om processen är trycksatt pressa fibrer eller massa bakvägen in i ångledningen. Sedan ångan förorenats kan den oavsiktligt beroende på ångnätets konfigurering nå exempelvis matarvattentanken (via dess avgasare). Eftersom konduktivitetsmätare inte reagerar för fiber är risken stor för att föroreningen sprids.

- Att svartlut når ång- och kondensatsystem och matarvatten, även detta med allvarliga beläggningsrisker i pannan.

- En lutledning, med en spolångledning ansluten, kan, om ångan i serviceledningen tillfälligt avställs (t.ex. för en reparation eller installation), fylla ångledningen ”bakvägen” med lut. Förorenad ånga kan sedan beroende på ångnätets konfigurering ledas exempelvis till matarvattentankens avgasare med förorening av matarvattnet som följd.

- Att vitlut, grönlut eller natronlut fyller luftsystemet ”bakvägen” med risk för att instrumentslangar förstörs.

Följande ”grundregler” bör därför beaktas:

- Ångledningar anslutna till andra processmedia, massa, lut, olja, renspolning av refraktometrar mm, ska vara anslutna med säkerhetsarrangemang så att bakåtflöde till ångledningen förhindras om ångtrycket bortfaller. Anslutande ångledning till annat processmedium skall förses med backventil, dränering, samt en avstängningsventil som automatiskt stängs med fjäderkraft vid lågt ångtryck medan dräneringen automatiskt öppnar, se även avsnitt 10.7.5.

- Vid förvärmning av olja med ånga skall inte kondensatet återföras till kondensatsystemet utan dumpas.

- Vid värmeväxling av ånga mot lut skall ångsystemet ha högre drifttryck än lutsystemet. Av detta skäl bör reglerventil sättas på kondensatsidan efter värmeväxlaren i stället för på ”ångsidan” (Detta gäller inte vid indirekt lutförvärmning av brännlut där man absolut inte vill riskera inläckage av kondensat i brännluten!). Kondensat skall övervakas med ledningsförmåga och orent kondensat automatiskt växlas till spillutstank.

- Anslutningsstutsar för spolning och dränering av tjocklutledningar måste utföras, placeras och riktas så att operatör eller underhållspersonal inte riskerar brännskador vid avsiktlig eller oavsiktlig manövrering av ventilerna. För att undvika ofrivillig öppning rekommenderas att kulventiler med säkerhetsspärr används.

- Varje avstängbar del av tjockluts- eller brännlutsystemet bör förses med dräneringsledning.

- Fler dräneringsledningar får inte anslutas direkt till gemensam samlingsledning då det innebär risk för att dränerad vätska från en dräneringspunkt via dräneringsstammen kan nå annan dräneringspunkt och därmed någon kanal eller ledning ansluten till

pannan. Dräneringsledning som inte kan utföras som öppet avlopp till golvkanal ska före anslutning till gemensam avloppsledning förses med vattenlås. Vattenlåset ska i sin tur vara försett med bräddöverlöp. Exempel på arrangemang av dräneringssystem se *Figur 7*.

- Beträffande tvätt av slutförtjockare och tjocklutledningar se meddelande B 17.

- Anslutning av vatten, kondensat eller ånga till rörledningar och tankar för svartlut får endast finnas där det är absolut nödvändigt. Fast anslutning av tvättledningar till tjocklut- eller brännlutledning utförs och används i princip enligt följande;

    - Anslutningar av tvättvätska till tjocklutledningar skall vid anslutningspunkten vara försedda med dubbla avstängningsventiler nära anslutningen till brännlutledningen. Ventilerna ska vara försedda med mellanliggande dränering.

    - Sköljning av brännlutledningar med vatten eller tunnlut får inte vara möjlig att utföra utan att extra säkerhetsåtgärder mot insprutning i eldstaden dessförinnan tvångsmässigt vidtagits.

    - För att säkerställa korrekta ventillägen bör någon form av förregling anordnas.

- För anslutning av *spolånga* till lutledningar eller oljeledningar rekommenderas:

    - Ångledning till vilken spolångledningar ansluts skall vara försedd med automatventil och tryckvakt som automatiskt stänger ångan vid lågt tryck. Ventilen skall stänga med fjäderkraft vid strömbortfall. Vidare ska ångstammen förses med backventil, samt lågpunkt med automatisk kondensatavledning, ~~se~~ *Figur 8*, samt 16.1.5.

    - Alternativt, nära anslutningen till ångnätet skall spolångledningen förses med ovanstående arrangemang.

    - Spolångledningarna skall vara försedda med två avstängningsventiler nära anslutningen till brännlutledning. Ventilerna ska vara försedda med mellanliggande dränering.

    - Spolångan skall ha ett tryck som med säkerhet överstiger det tryck som kan uppträda i lut- eller oljeledningen.

    - Spolångledningar, från vilka ånga kan blåses in i eldstaden, skall vara försedda med kondensatavledare. Detta gäller även ångledningar anslutna till oljebrännare eller oljeledningar. Dräneringen måste i detta fall anslutas till oljeavskiljare.

16 Driftövervakning

För att på ett säkert sätt övervaka och vidta åtgärder vid driftavvikelser, som kan leda till att säkerheten äventyras, alltifrån förbränningen i eldstaden till dess rökgaserna lämnar skorstenen, krävs omfattande kontroll- och övervakningsutrustning.

En fullständig instrumentförteckning kan inte ges i detta dokument utan kräver en omfattande projektering för varje specifik panna. I det följande nämns ett antal av de övervakningssystem som erfarenhetsmässigt visat sig väsentliga för pannans driftövervakning och säkerhet och som bör komplettera normal driftövervakning av en ångpanna.

16.1 Övervakningsutrustning

Utöver den normala driftövervakningen av en ångpanna (ångflöde, matarvatten mm), rekommenderas utrustning för registrering av följande parametrar, varav vissa ingår i sodapannans säkerhetssystem, avsnitt 18:

- *cirkulationsmätsonder* för verifiering av pannvattencirkulationen bör installeras på ett antal bottentuber och på fallrör, se 3.3.1.

- bottentuber förses med ett antal *termoelement* för kontroll av materialtemperatur, se 3.3.1.

- *gnisträkningssonder* och *mätgivare för rökgastemperaturen* bör finnas i övre eldstaden.

- *differenstrycket* mellan eldstaden och rökgasfläktarnas inloppssida samt över den totala överhettarytan, över konvektionstubsatsen och över varje enskild ekonomiserbank mäts och registreras. Larm skall ges för högt differenstryck mellan eldstad och rökgasfläktar.

- *temperaturövervakning* av rökgastemperaturen före och efter varje enskild värmeyta. temperaturmätningen bör ske från båda pannsidorna.

- utrustning för mätning och registrering av *eldstadstemperaturen* vid inlopp till screen (eller före överhettarna) bör finnas.

- *temperaturprofilen* tvärs pannan övervakas genom att termoelement monteras före överhettartubernas anslutning till samlingslåda på ett antal överhettarskärmar tvärs pannan.

- *bäddens form* övervakas med bäddkameror (2st.). Kameran bör utrustas för mätning av temperatur på bäddytan.

- övriga parametrar knutna till pannans miljötillstånd.

- TV-kameror för övervakning av lutsprutor samt lokala lägesindikeringar som visar lutsprutornas inställningar.

- TV-kamera för övervakning under pannas botten

- högt differenstryck mellan eldstad och rökgasfläkt

- hög rökgastemperatur efter elektrofilter

- Brännlutledningen skall vara utrustad med givare för mätning och registrering av flöde, tryck, temperatur och torrhalt.

- Konduktiviteten i kondensat från lutförvärmare skall övervakas och registreras om det används eller återförs som färskångkondensat.
  Orent kondensat skall automatiskt växlas över till spillut.

- Vid direkt lutförvärmning skall differensen mellan trycket i ångledningen och trycket i lutledningen efter förvärmaren övervakas och registreras.

- Ångtrycket i spolångledning skall övervakas.

- Vid tillsättning av flytande täckningskemikalier skall rekommendationer i moment 12.1 iakttas.

- Flödet av eventuellt förekommande tätningsvatten till brännlutpumpar skall övervakas.

- I anläggningar där brännlutens viskositet varierar, exempelvis vid skiftningar mellan barr- och lövlut, bör utrustning finnas för mätning och registrering av viskositeten.

- Lutsprutans anslutningsrör skall riktas parallellt med pannväggen, inte mot lutspruteöppningen. Skyddsanordning (exempelvis giljotinspjäll med lägesindikering i manöverrum, se 16.4) mot ofrivillig vatteninsprutning i eldstaden ska finnas.

- Anslutningar av spolånga skall följa rekommendationerna i avsnitt 10.

16.1.1 Exempel på väsentliga Instrumenterade säkerhetskretsar**:**

- *Luftöverskottet* i rökgaserna mäts direkt efter pannan eller efter konvektionstubsatsen. O_2-halten mäts med minst 2 av 3 mätare placerade med jämn delning tvärs rökgasstråket. Larm ska ges vid väsentlig avvikelse mellan mätarna.
  Om O_2-halten understiger förinställt lågt värde ska bränsletillförseln reduceras automatiskt, eller avbrytas.
  Vid O_2-halt <0.5% skall elektrofilterlikriktare göras spänningslös.
  Den O_2-halt vid vilken bränsletillförseln bör avbrytas bör anges av tillverkaren. Om inte annat anges rekommenderas att O_2-halten inte får understiga 0,5%, mätt efter tubsats men före ekonomisers, (så att onödiga luftläckage i rökgaskanaler inte inverkar på mätningen).

- *Halten oförbränt* (CO) i rökgaserna mäts:
  - en mätare med mätområde för normala, låga CO- halter, 0-1000 a 2 000 ppm
  - en eller flera mätare med mätområde för höga CO- halter, förslagsvis 0–20 000 ppm för att notera toppvärden och ge signal till avställning av elektrofiltret. Förslag:
    - Strömbegränsning likriktare (50%) vid 8000ppm
- -Stopp likriktare vid 12000ppm
  Mätningen av höga CO- halter bör göras i inloppen till elektrofiltret med en mätare för

varje filterkammare. Utrustning skall finnas, som gör elektrofiltret spänningslöst då CO-halten är så hög, att risk för brand eller explosion föreligger. Detta förutsätter att CO- mätaren är av sådan typ, eller är så placerad, att den utan nämnvärd fördröjning ger utslag för CO- halten i gaserna i rökgaskanalen. Eventuell avstängning av elfiltret måste också stämmas av gentemot den enskilda pannans miljötillstånd. Se f.ö. meddelade C1.

- Torrhaltsmätning av brännlut beskrivs i Sodahuskommitténs meddelanden B 11 samt C 1.

- Brännluten till pannan ska utrustas med tre av varandra oberoende torrhaltsmätare placerade i serie i brännlutledningen. Säkerhetssystem ska villkora att minst 2 av 3 mätare alltid är i drift. Mätgivarna ska ha samma mätprincip, exempelvis refraktometrar, så att mätvärdena blir direkt jämförbara. Om förbigångsledning finns vid givarna, skall den vara försedd med en avstängningsventil med gränslägesindikering för öppen och stängd ventil och inkopplad i interlocksystem. Ångspolning av refraktometrar ska synkroniseras så att endast en refraktometer åt gången spolas. Spolångan skall vara avfuktad, konditionerad och fri från kondensat.

- Vid väsentlig avvikelse mellan torrhaltmätarnas mätvärden skall larm ges. Om uppmätt torrhalt understiger angiven nivå- lägst 58%-ts, se nedan, skall luttillförseln avbrytas automatiskt- bränsletripp. Felvisande mätare skall utan dröjsmål repareras eller bytas ut.
  Larmgränsen för låg brännlutstorrhalt sätts vid ett värde, vilket med lämplig marginal underskrider de erfarenhetsmässigt lägsta värden som förekommer vid normala driftvariationer.

- Alltför låg brännluttorrhalt, lägre än fastställt lägsta värde, skall medföra att tillförseln av brännlut till eldstaden automatiskt avbryts. Varje fabrik kan själv bestämma den torrhalt, under vilken brännluttillförseln skall avbrytas;
  dock skall denna torrhalt icke sättas lägre än 58 %.

- Nödnedeldnings- och snabbtömningssystem enligt rekommendation B 8.

- Vid bortfall av instrumentluft eller elkraft till ventiler och instrumentering i brännlutsystemet skall tillförsel av brännlut avbrytas och ventiler automatiskt inta felsäkert läge, se 10.7.2

- Med interlocksystem eller svängbara passbitar skall säkerställas att tvättvatten inte kan tillföras brännlutledning innan alla lutsprutor är demonterade och lutspruteöppningar säkrade mot vatteninträngning. Beträffande ventil och säkerhetsarrangemang se avsnitt 16.

- Tillfällig anslutning av tvättvattenledning till sotångledningen skall indikeras i kontrollrummet.

- Eldstadstryck skall övervakas och regleras i krets med 2 av 3 av varandra oberoende givare. Givare monteras i övre eldstaden, se avsnitt 3.4, arrangerade så att uttagen är lätt åtkomliga för rengöring och service. Tryckmätaren skall ha funktioner för att ge

larm och för att avbryta eldningen. Vid väsentlig avvikelse mellan tryckgivarnas mätvärden skall larm ges.
    - Högt eldstadstryck skall medföra bränsletripp (Stopp allt bränsle) enligt nedan:
      vid 1000Pa efter 30sek tidsfördröjning
      vid 2000Pa direkt utan tidsfördröjning.

- Aktuell rökgasfläkt stoppas om trycket i en rökgaskanal under drift underskrider fastställt lägsta värde.

- Sotning avbryts vid alltför låg sotångtemperatur samt vid nödnedeldning enligt rekommendation B 8.

- Villkorad start och drift med avseende på rökgasspjällens läge.

- Villkorad start och drift med avseende på brännlutsystemet, enligt avsnitt 17.

- Låg- och högnivåvakt för pannans vattenstånd avbryter automatiskt eldning, se rekommendation B6

- Beträffande de ventiler i *Figur 5* och *Figur 6*, som är försedda med gränslägeskontakter för öppen och stängd ventil, skall öppet och stängt ventilläge indikeras.

16.2 Larm och förreglingar i brännlutsystemet

I samband med övergång till luteldning och fram till den tidpunkt, då luteldningen når normal kapacitet, finns risk för instabila eldningsförhållanden, se även rekommendation C 1.
Larm och förreglingar för onormala avvikelser i brännlutens flöde, tryck, temperatur, torrhalt och i förekommande fall viskositet, skall finnas. För information bör vissa larm och indikeringar överföras från säkerhetssystemet och visas även i styr och reglersystemet (DCS).

16.2.1 Exempel på nödvändiga larm:

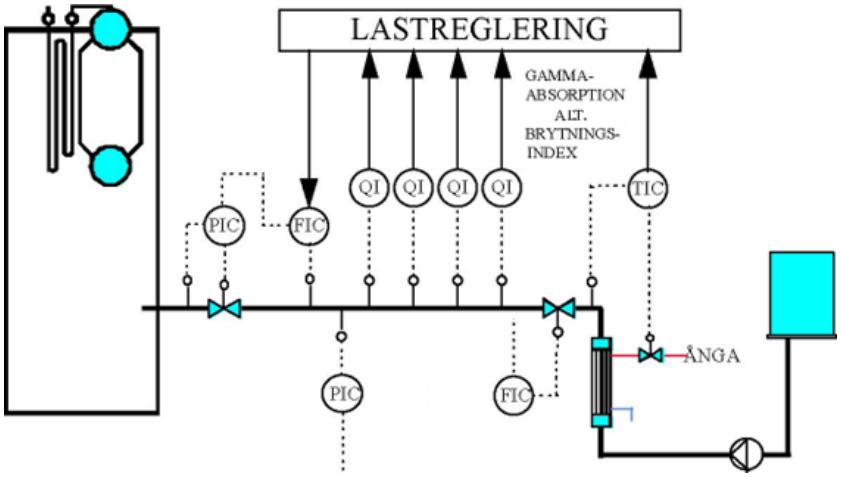
- hög konduktivitet i kondensat från lutförvärmare om kondensatet återförs till cistern för färskångkondensat
- lågt differenstryck mellan ångledningen och lutledningen efter den direkta förvärmaren
- lågt tryck i spolångledningen
- ansluten tvättvattenledning
- hög nivå i skrubber i avluftningsledning från sulfatblandartank
- hög temperatur i ledning från sprängbleck
- stor differens mellan refraktometrarnas utslag
- låg brännluttemperatur
- låg brännluttorrhalt (betr. larmgräns se meddelade C1)

- hög och låg nivå i utjämningscisternen

lågt differenstryck mellan brännlutledning och trycksatt cistern (gäller lutsystem enligt *Figur 6*).

16.3 Lastreglering

Värmevärdet på svartluten till sodapannan kan beräknas relativt bra om man kombinerar informationen från ett gammastråleinstrument och en refraktometer (se figur 3). Detta kan exempelvis utnyttjas för att reglera flödet till pannan allt efter variationer i lutens värmevärde och på så sätt hålla en jämn bränsleeffekt (konstant last). Figuren nedan visar principiellt arrangemang av mätgivare på lutledning för s.k. lastreglering.



17 Start-och driftvillkor samt förreglingar för sodapannan

17.1 Start och drift av oljebrännare

För att tändning av startbrännare och tryckupptagning av pannan skall kunna ske, skall förreglingsvillkoren i rekommendation B 13 vara uppfyllda.
Ytterligare startvillkor som ska vara uppfyllda framgår nedan. Vilka av dessa tillkommande villkor som ska förreglas i säkerhetssystem eller hanteras i DCS framgår av rekommendation B18, Sodapannans säkerhetssystem.

- Startförreglingar enligt rekommendation B 13
- Driftvillkor enligt rekommendation B 13
- Alla lutsprutor demonterade, lutspruteöppningarnas skydd mot ofrivillig vatteninsprutning applicerade
- Flamvakter rengjorda och deras funktion kontrollerad
- Elektrofilter spänningslösa, eller spänning reducerad till högst 50%, enl. rekommendation C1, avsnitt 4.3
- Löprännekylning i drift
- Lösaren fylld, förvärmd, min 50 C (för att undvika kristallisation)
- Omrörning i lösaren startad
- Domvattennivå inom godkända gränser
- Nivån i matarvattentanken inom fastställda gränser
- Matarvattenpump startad
- Omrörning i lösartanken startad

17.2 Startvillkor för brännlutpump

Vid brännlutsystem utformade enligt principer i *Figur 5* eller *Figur 6*, skall nedanstående villkor vara uppfyllda innan brännlutpumpen (insprutningspumpen) startas och avstängningsventilen (pos.3) efter brännlutpumpen öppnas:

- Avstängningsventiler i grenledningar till lutsprutorna stängda, dubbla automatventiler, (pos 2), i figur 5 och 6)
- Alla lutsprutor demonterade
- Anslutningar för tvättvätska till sulfatblandartank eller utjämningscistern eller brännlutledning, frånskilda, ej i larmat läge
- Ventilerna vid (efter) brännlutpumparna stängda (pos 3)

Dessutom skall vid:
Öppet system enligt Figur 5:

- Ventilen i returledningen för brännlut till sulfatblandartank eller annan trycklös cistern vara öppen (pos 4, eller pos 5)
- Tillförseln av flytande täckningskemikalier till sulfatblandartanken stoppad

Trycksatt brännlutsystem enligt Figur 6:

- Ventil till trycklös dumptank öppen (pos. 4)
- Ventilerna i returledningen till trycksatt brännlutcistern stängda (pos. 5)
- Ventilerna i avluftningsledningen från returledningen till trycksatt cistern öppna (pos8)

Efter det att brännlutsystemet är trycksatt, kan ventilen i returledning till ej trycksatt cistern stängas (pos. 4) och ventilerna i returledning till trycksatt cistern öppnas (pos.5). I det senare fallet skall ventilerna i returledningens avluftningsledning (pos.8) vara stängda innan ventilerna i returledningen kan öppnas.

Vid system, som är arrangerade för avledning av brännlut till dumptank enligt alternativ avledning i *Figur 6*, skall dessutom nedanstående villkor vara uppfyllda innan brännlutpumpen startas och avstängningsventilen efter pumpen öppnas.

HS-ventilerna, som ingår i systemet för avledning av brännlut till dumptanken, skall ha nedan angivna lägen.

- Ventilen, (pos.4), i returledningen till dumptanken öppen
- Ventil i brännlutledningen (pos.3) stängd

Vid trycksatt lutsystem med kontinuerligt returlutflöde skall följande förreglade säkerhetsfunktioner finnas (referens till *Figur 6*):

- stängning av returflödet (ventiler pos.5) till trycksatt cistern vid lågt differenstryck mellan brännlutledningen och den trycksatta cisternen
- öppning ventilerna (pos.8), i avluftningsledning från returledningen till trycksatt cistern när ventilerna (pos.5) i returledningen har stängts
- stängning ventilerna (pos.8) i avluftningsledning från returledningen till trycksatt cistern innan ventilerna (pos.5) i returledningen kan öppnas.

17.3 Start- och driftvillkor för luteldning

För att kunna påbörja tillförsel av brännlut till eldstaden skall nedanstående förreglade startvillkor vara uppfyllda:

- Erforderligt antal oljebrännare i drift, (Minst 50%, dvs 3 av 6, 4 av 8).
- Domvattennivå inom godkända gränser
- Matarvattenpump startad

- Villkor för start av insprutningspump uppfyllda, enligt 17.2
- Löprännekylning i drift
- Omrörning i lösaren startad
- Nivån i smältlösaren inom fastställda gränser
- Temperatur i smältlösaren över fastställd gräns, (min. 50°C)
- Sotningssystemets tvättvattenledning ej ansluten
- Nivån i matarvattencisternen inom fastställda gränser
- Elektrofilter spänningslösa, eller spänning reducerad till högst 50%, enl. rekommendation C1, avsnitt 4.3
- Cirkulationen av brännlut i retur till sulfatblandartank eller till trycksatt brännlutcistern startad
- Luttorrhalten är högre än fastställt lägsta värde
- Trycket i brännlutledningen är högre än fastställt lägsta värde
- Aktuell lutspruta monterad
- Giljotinspjäll för lutspruteöppning öppet
- Ventilen i eventuell förbigångsledning för refraktometrarna stängd, dock rekommenderas ej refraktometrar med förbigång.
- Anslutningar för tvättvätska till lutförvärmare i icke larmat läge dvs. bortkopplade
- Erforderligt luftflöde injusterat
- Pannan skall vara kopplad till ångnätet

Vid varje enskild fabrik bör bestämmas om fler än de uppräknade villkoren skall förreglas.

17.4 Definierade Stopp-manövrar

Stoppfunktioner eller manövrar definierade i rekommendation B18 används i det följande för att visa vilka funktioner som påverkas i olika sammanhang där eldning eller bränsletillförsel avbryts. Dessa ”Stopp-manövrar” är hämtade från rapport KIWA Fas 3.

17.5 Faror som automatiskt ska aktivera ”Nödnedeldning”

De störningar som anges här nedan skall aktivera förreglingar som automatiskt avbryter eldning genom aktivering av pannas nödnedeldningssystem.
Nödnedeldning innebär i sammanfattning att pannan nödstoppas, förbereds för snabbtömning genom att tryckkärlet isoleras från ångnät och att matarvatten och elektrofilter stängs, se vidare rekommendation B 8.

- Nödstopp (Aktivering av nödnedeldningsknappen)
- Domnivån under den lägsta tillåtna nivån (rekommendation B 6)

- Domnivån över den högsta tillåtna nivån (rekommendation B 6)
- Eldstadstrycket över det fastställda högsta värdet

17.6 Faror som automatiskt skall aktivera ”Stopp Förbränning” (panntripp)

Stopp av förbränning innebär att all bränsletillförsel avbryts, samt att lufttillförsel till nedre ugn stoppas.
Vädring ska ske med tertiär- och kvartärluft. Eftersom explosiva gaser avgår från bädden skall spänning till elektrofiltren halveras, (SS-EN 12759), alternativt brytas för undvikande av gasexplosion eller brand i elektrofiltren.
I nedanstående fall är det uppenbart att man inte vill upprätthålla förbränningen varför lufttillförseln ska avbrytas till nedre ugn.

Följande allvarliga driftstörningar skall, för att skydda personal och utrustning från skador, automatiskt utlösa förreglingar, som avbryter förbränning i pannan:

- Ingår i Nödnedeldning
- Kraftavbrott
- Stopp samtliga rökgasfläktar
- Rökgasväg blockerad av spjäll
- Bortfall av all lufttillförsel under lutsprutenivån.
- Störningar i lösaren som kräver att smältaflödet avbryts, som stopp omrörare, hög densitet, låg nivå i lösartank

17.7 Faror som automatiskt skall stoppa bränsletillförseln (bränsletripp), ”Stopp Allt Bränsle”.

Eldningsavbrott i pannan kan även ske genom automatiskt stopp av bränsletillförseln (bränsletripp) i de fall inte avbrottet är föranlett av faror där viss restförbränning är till skada. (Det är inte nödvändigt men inte heller fel, om man även i dessa situationer väljer avbrott genom ”Stopp Förbränning”).

Pannans eldning avbryts genom att tillförsel av allt bränsle inkl. olja, starkgas, metanol och terpentin avbryts. Elektrofiltret görs spänningslöst.

”Stopp Bränsle”, aktiveras vid:

- Nödnedeldning, eller ”stopp av förbränning” aktiverats
- För högt domtryck
- För hög utgående ångtemperatur
- Bortfall av sekundärluft (under lutsprutenivå)
- Lågt tryck instrumentluft

17.8 Faror som ska aktivera ”Stopp Lutbränsle”

Beroende på hur lutsystemet är utformat, kan automatiskt avbrott av luttillförseln ske på olika sätt, se avsnitt 10.7.

- Med 5 min fördröjning, om under pågående luteldning inte längre Eldningsfallet ”Stabil luteldning” är uppfyllt, se 17.9. Beträffande definition av ”Stabil luteldning” rekommendation C1.
- Bortfall av startvillkor enligt 17.3, förutom villkoret för oljebrännare i drift.
  (först larm, för vissa av villkoren kan i förväg fastställd tidsfördröjning godtas innan avbrott aktiveras)
- CO-halten i rökgaserna är högre än det högsta tillåtna värdet.
  Angående CO-mätare, se avsnitt 16.1
- O2-halt i rökgaserna är lägre än tillåtet värde, angående luftöverskott, se avsnitt 16.1 samt SS-EN 12952-8, avsnitt 5.2.
- Bortfall av lufttillförsel under lutsprutenivå (primär-och sekundärluft)
- Låg torrhalt på brännlut. Beträffande torrhaltsgränsen för stopp av brännluttillförseln till pannan, se avsnitt 16.1
- Rökgastemperaturen i elektrofiltret högre än den högsta tillåtna
- Överhettartemperaturen överskrids

17.9 Störningar som medför automatiska omställningar

De störningar som anges här nedan skall genom förreglade driftvillkor aktivera automatiska driftomställningar utan att stoppa luteldningen.

- Eldningsfallet ”Stabil luteldning” upphör att gälla på grund av lastminskning=> (medför) att inom 5 minuter skall stödeldning med olja aktiveras. Om så inte sker aktiveras ”Stopp lutbränsle” enligt avsnitt 17.8.

- Om mängden flytande täckningskemikalier överstiger högsta fastställda värde => Kemikalietillsatsen avbryts automatiskt.
- Trycket i rökgaskanal före rökgasfläkt lägre än lägsta tillåtna =>
  Aktuell rökgasfläkt regleras ned, om så ej kan ske bör ”Stopp förbränning” aktiveras”. (Risk för hopsugning av elektrofilter).
- Tryckdifferensen mellan brännlutledning och trycksatt cistern lägre än fastställt lägsta värde =>

Automatventiler, enligt beskrivning i rekommendation B1, stängs i returledningen till den trycksatta cisternen och öppnas i returledningens avluftningsledning.

18 Sodapannans säkerhetssystem

Sodapannans säkerhetssystem, i standard SS-EN 61511 benämnt Safety Instrumented System, (SIS), är den del av pannans automatisering som när ordinarie processtyrsystem inte förmår att kontrollera situationen, skyddar pannan genom att försätta pannan i ett säkert tillstånd. Med farligt tillstånd avses driftsituation som kan orsaka skada på människor eller egendom.

SIS inkluderar utrustning och installationer (från givare, inkl. kablage, fält- och elektrisk utrustning, logik till manöverdon) som behövs för uppbyggnad av säkerhetsfunktioner.

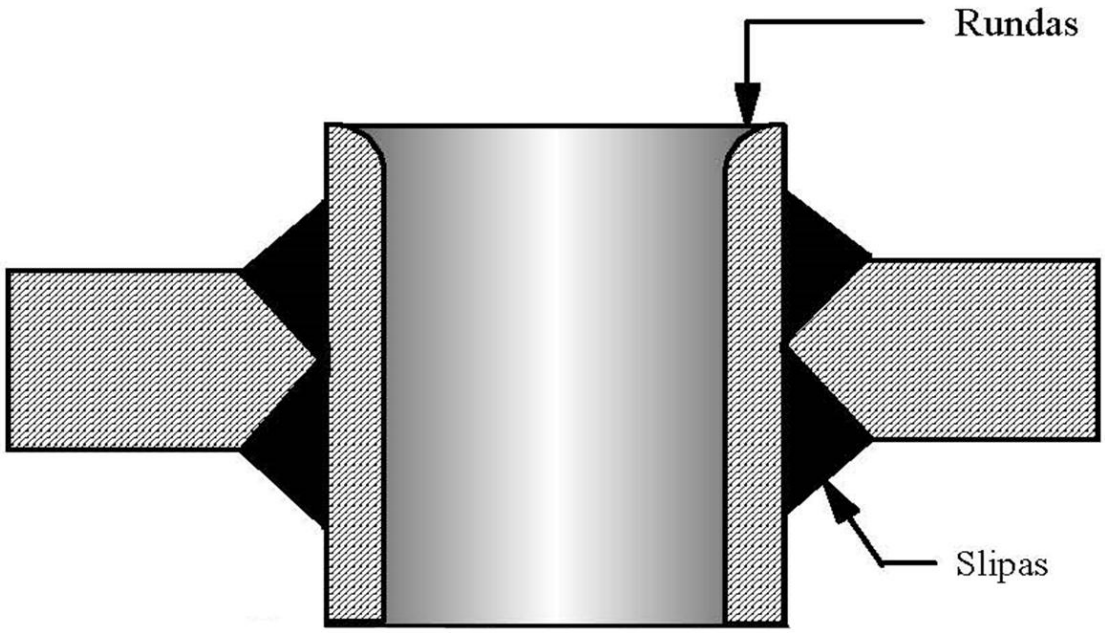
Sodapannor ska vara utrustade med ett eller flera oberoende säkerhetssystem som säkerställer att eldning sker under säkra förhållanden och så att oönskad vatteninträngning till eldstaden förhindras.

Sodapannans säkerhetssystem ska byggas upp enligt rekommendation B 18. Säkerhetssystemets utformning bör följa standarden SS-EN 61511. Utformning av säkerhetskretsar utgår alltid först av en riskanalys, se rekommendation F 4.

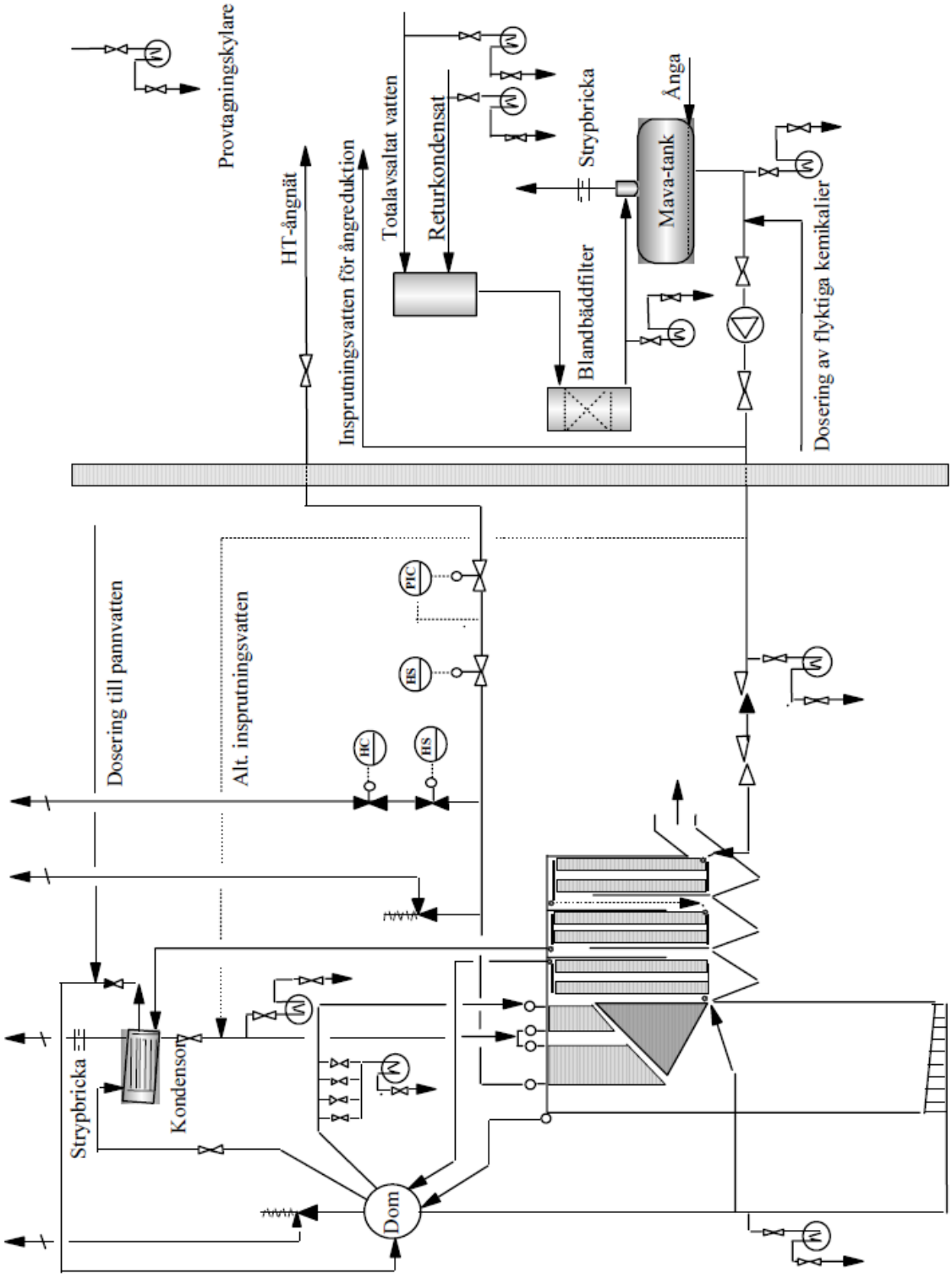
18.1 Instrumenterade Säkerhetsfunktioner med SIL-krav

För uppbyggnad av instrumenterade säkerhetsfunktioner se rekommendation B 18.

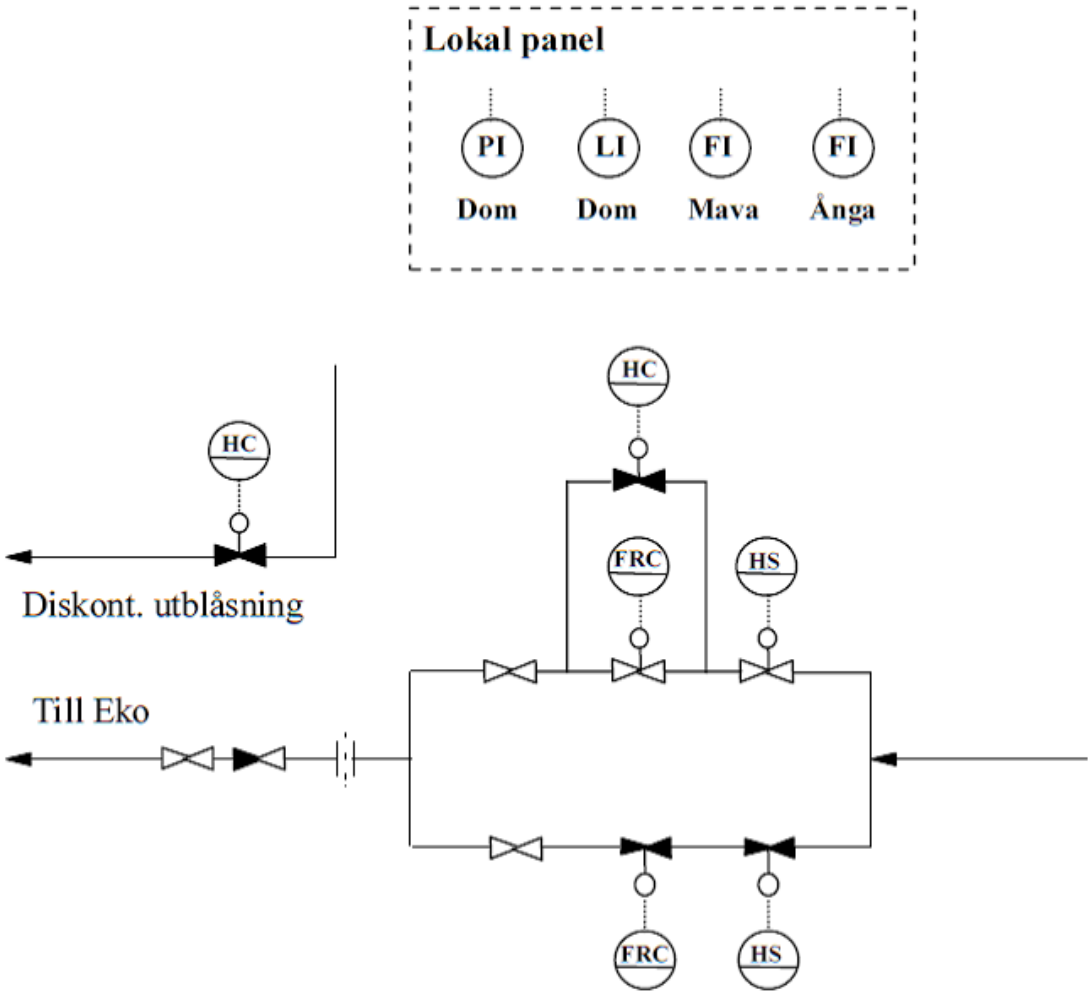
Figurbilaga



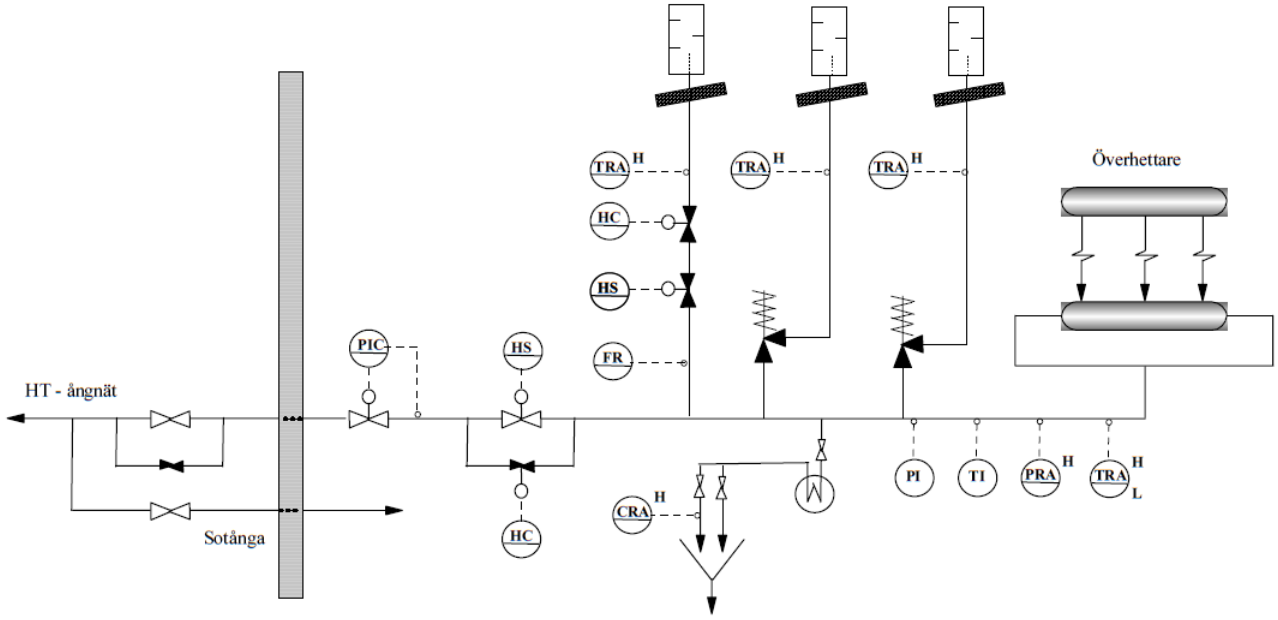
Figur 1 Exempel på utformning och insvetsning av fallrörsstuts.



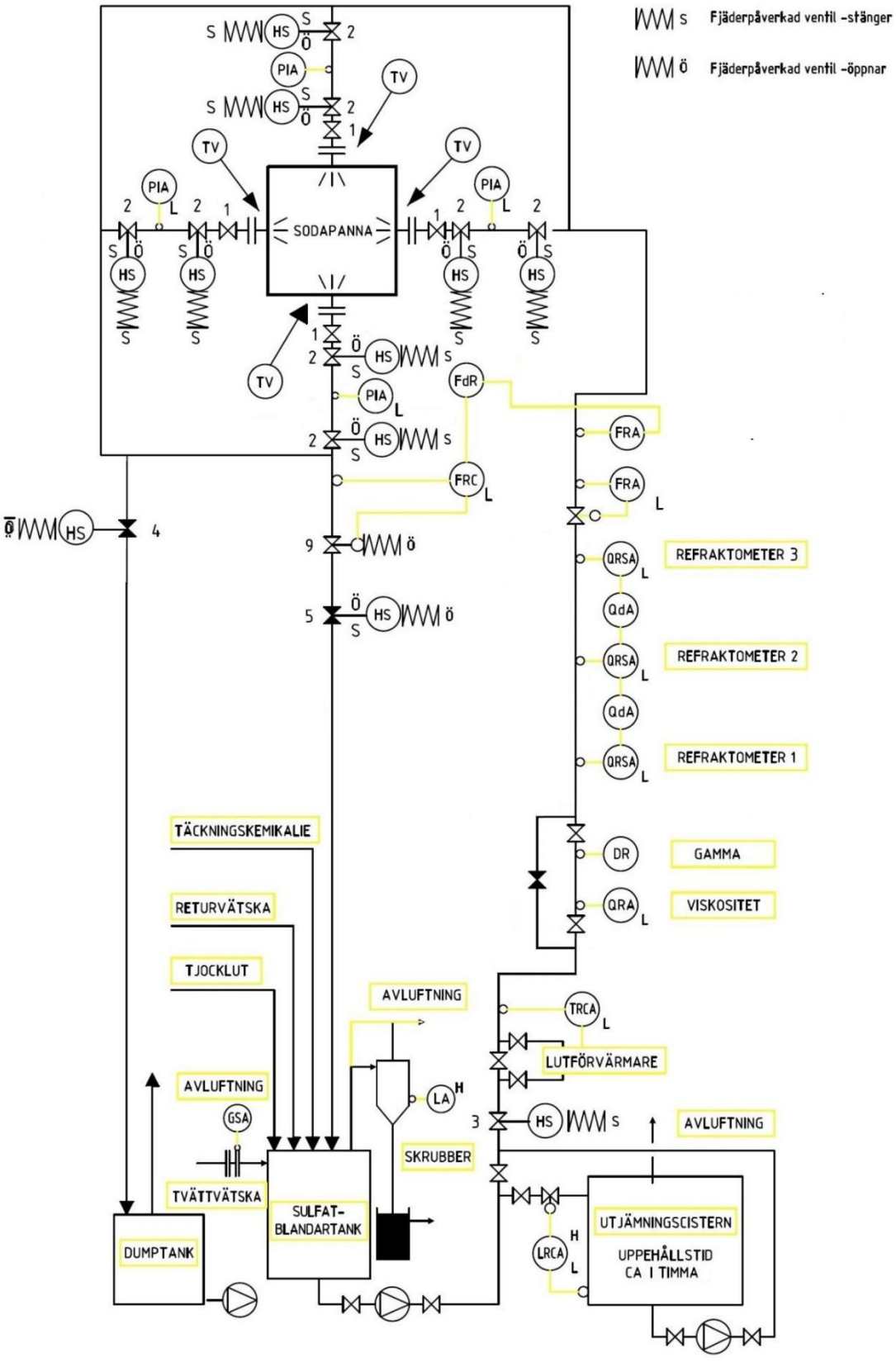
Figur 2 Exempel på utrustning för ångkylning. Placering av kylare för provtagning av ånga och vatten.



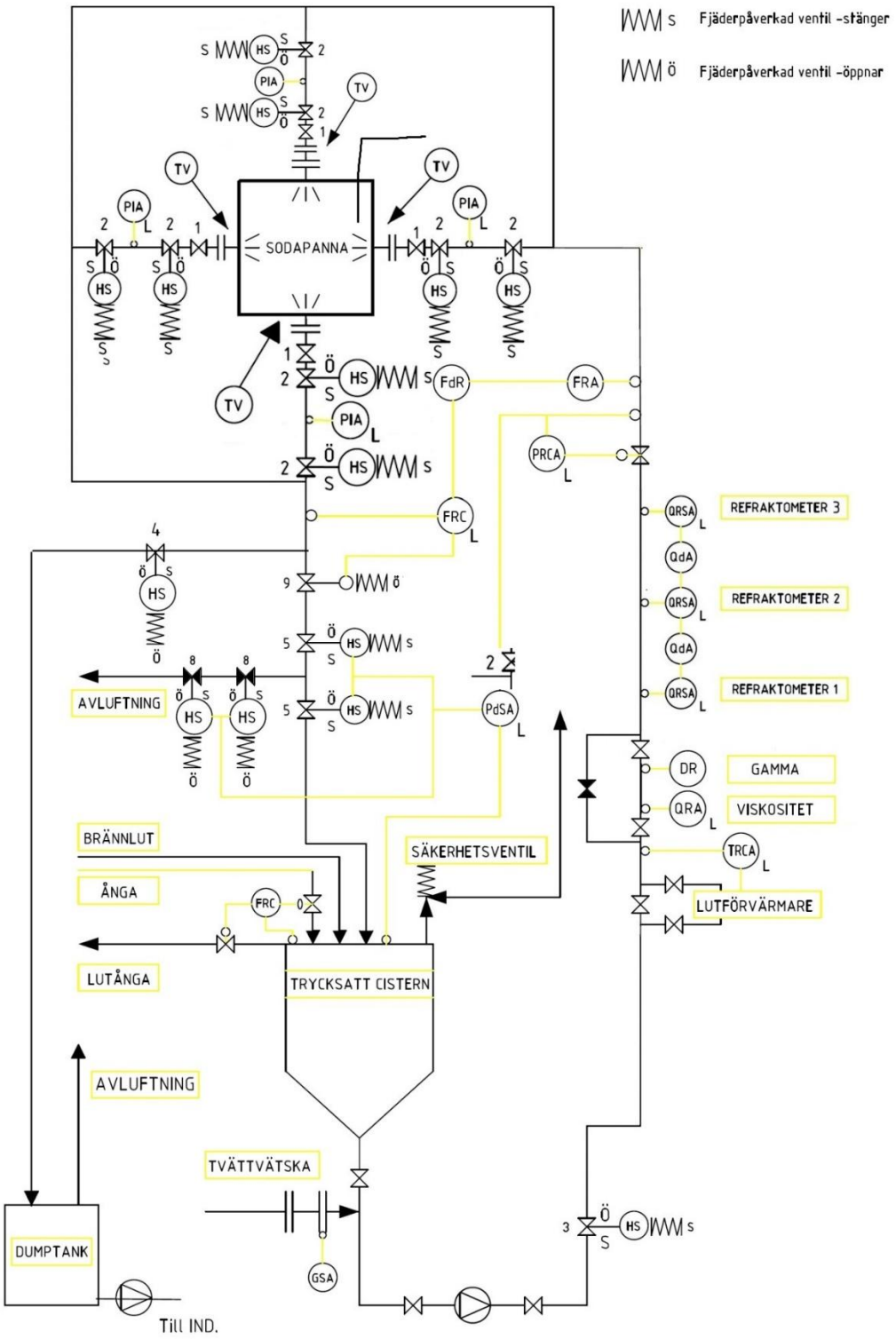
Figur 3 Exempel på arrangemang vid regler- och ventilstation för matarvatten.



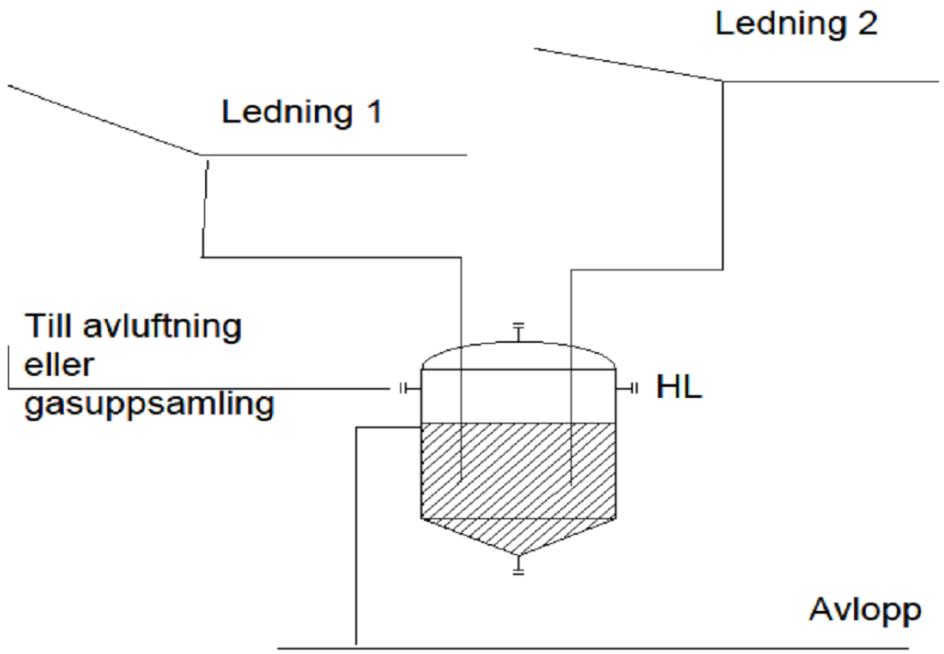
Figur 4 Huvudångledning.



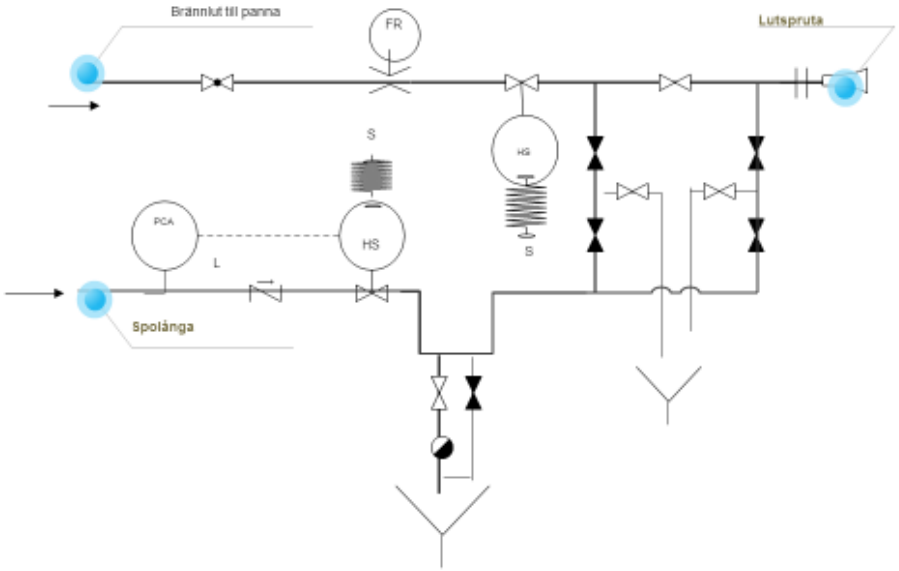
Figur 5 Lutsystem anslutet till öppen (inte trycksatt) cistern och med system för avledning till dumptank.



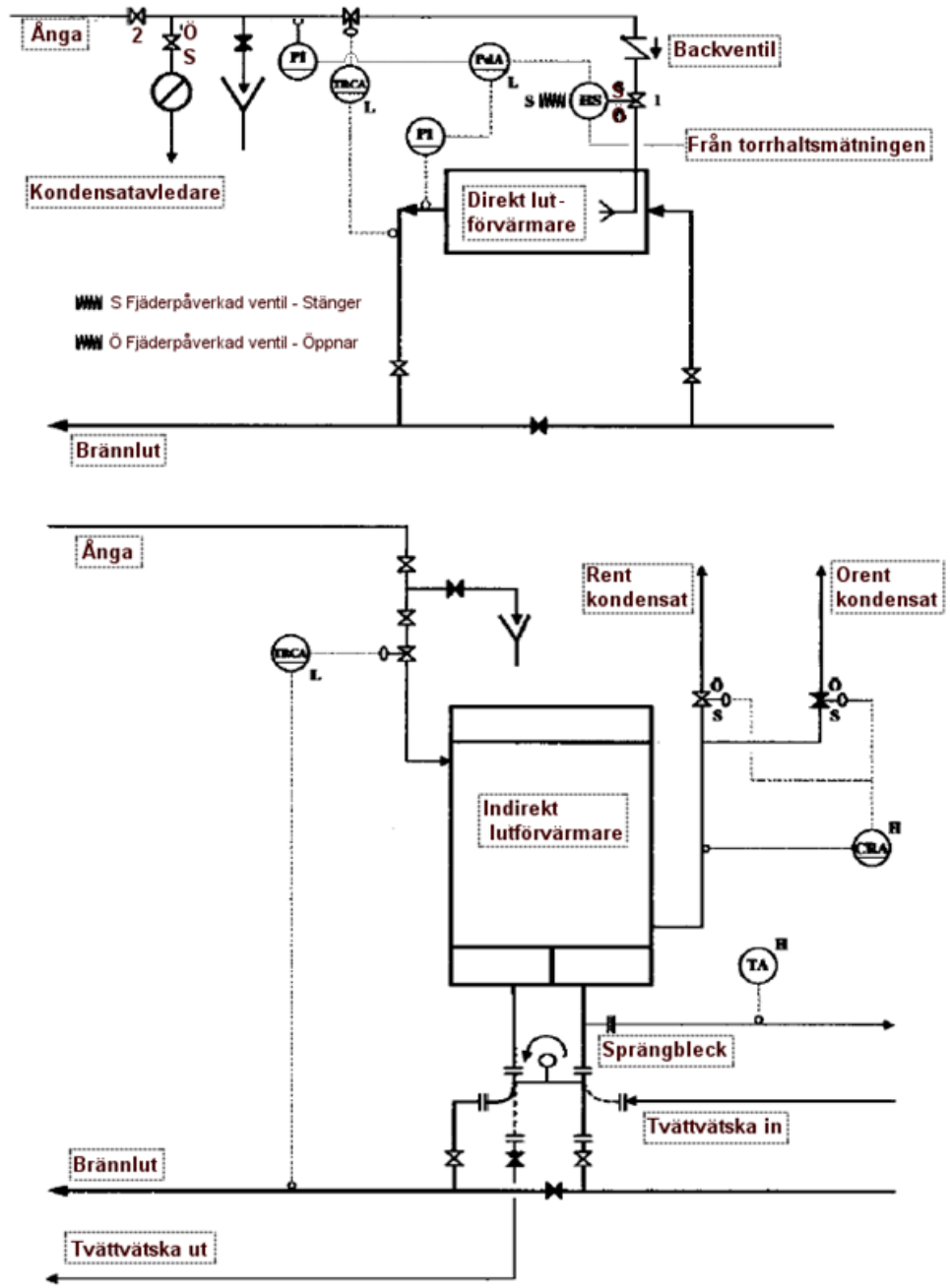
Figur 6 Lutsystem anslutet till trycksatt cistern med system för avledning till dumptank och med ledningssystem för kontinuerligt returflöde.



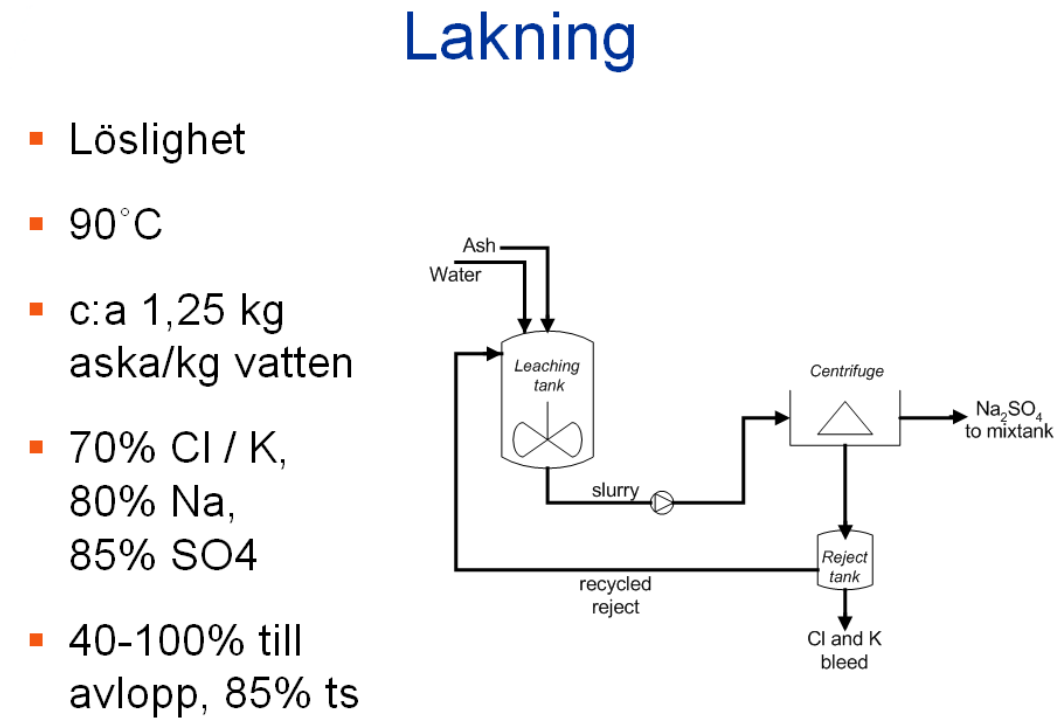
Figur 7 Exempel på slutet dräneringssystem. Vattenlås med bräddöverlöp och larm för hög nivå.



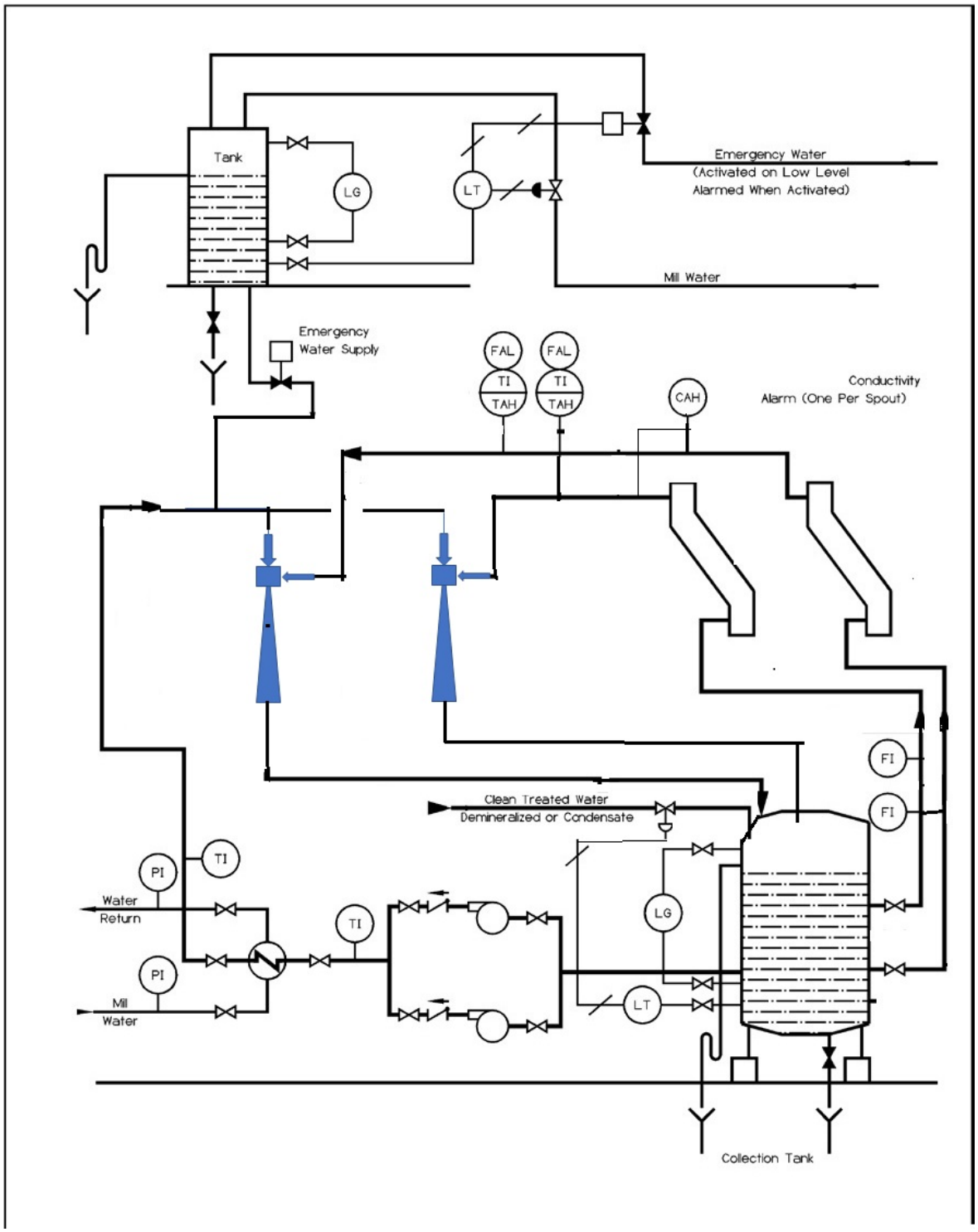
Figur 8 Arrangemang vid ångblåsning av brännlutledningar.



Figur 9 Arrangemang vid direkt respektive indirekt lutförvärmning.



Figur 10 Exempel på schema för asklakning.



Figur 11 Exempel på kylsystem för löpränna

19 Bildbilaga

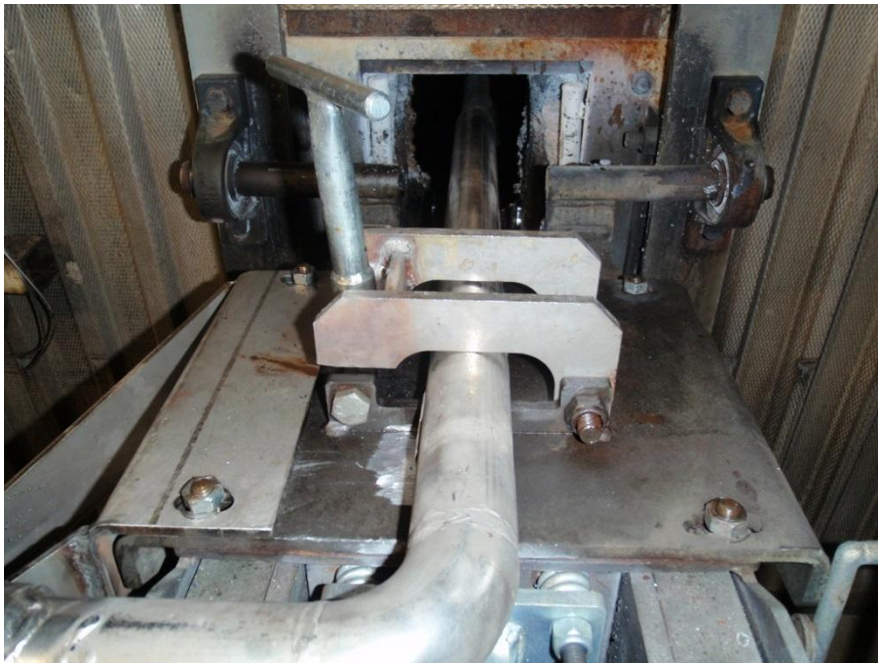


Bild 1 Fast spruta med låsning för att minimera påverkan av flänskopplingen vid nedfallande kemikalieklumpar i eldstaden.

Bild 2 Anslutande slang för lut är fast monterad för minimal påverkan och slitage på slang i samband med sprutbyte.

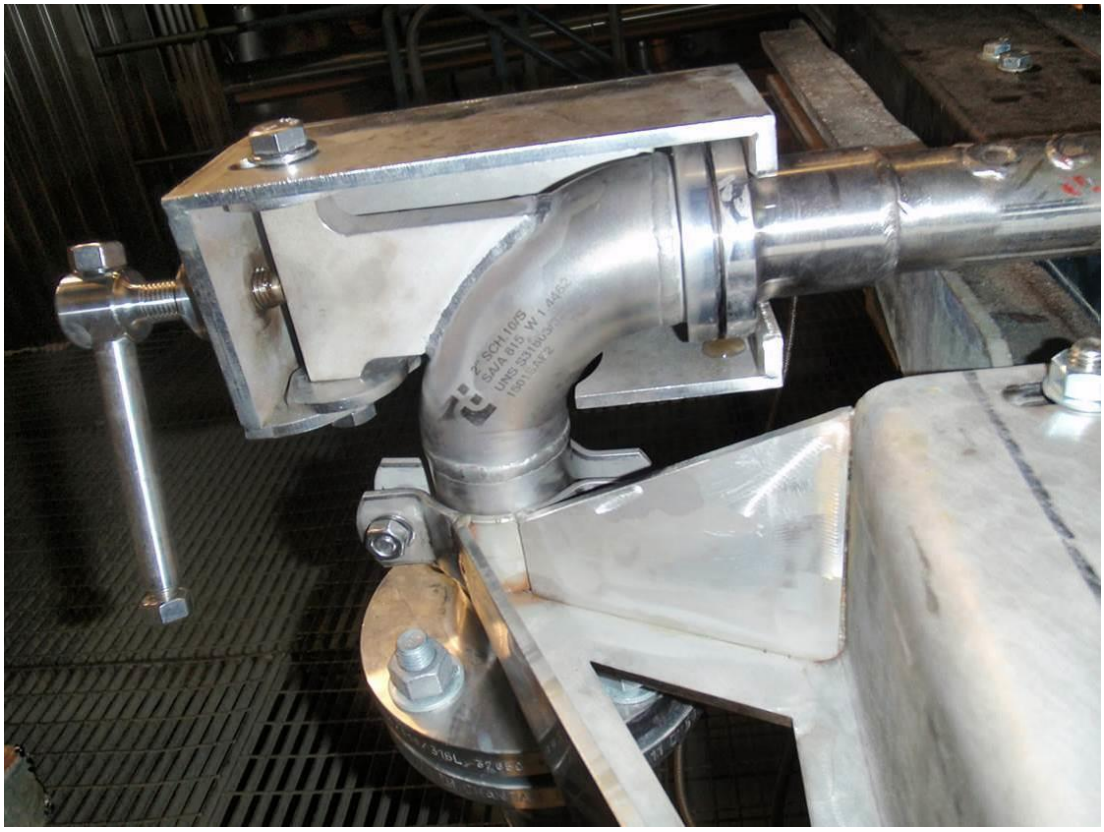


Bild 3 Operatören är skyddad mot eventuellt läckage i anslutningen mellan rörböjen och lutsprutan. Eventuellt kvarvarande tryck kan säkert evakueras genom att kopplingen lösgörs på ett kontrollerat sätt genom att den gängade stången försiktigt lossas.

Bild 4 Liknande utförande som i bild 1 och 2.

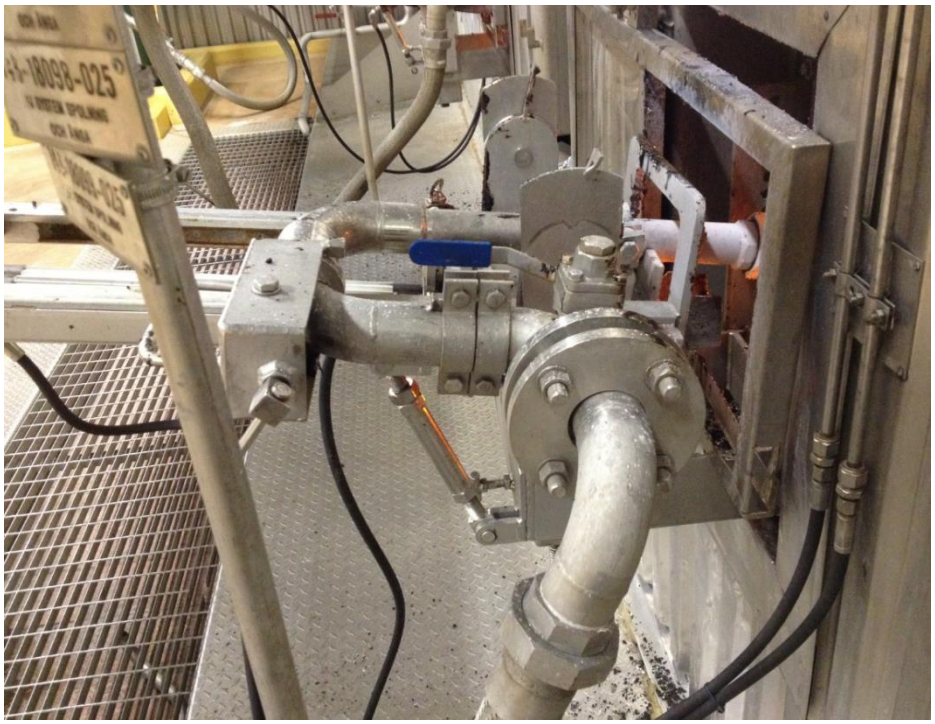


Bild 5 Liknande utförande som i bild 1 och 2.

Bild 6 Fast spruta med en skyddande handske med låssprint över flänskopplingen. Anslutande slang för lut är fast monterad för minimal påverkan och slitage på slang i samband med sprutbyte. Operatören är skyddad mot eventuellt läckage i anslutningen mellan böj och lutsprutan.

Bild 7 Vertikal låsning med sprint av kopplingen vid fast lutspruta.

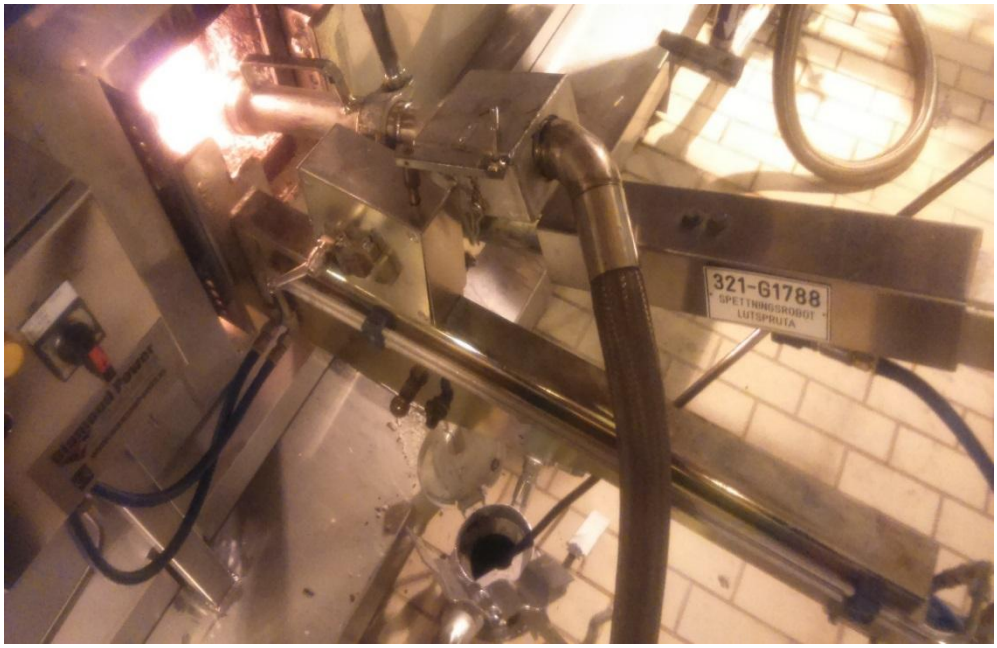


Bild 8 Skyddad anslutning mellan lutspruta och slang. Utformningen är sådan att man inte kan lossa snabbkopplingen av misstag. Arrangemanget ger möjlighet att koppla bort sprutan med slang monterad för att rensblåsa och vid tvätt av lutsystemet.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 2
Utgåva 5, februari 2026

Säkerhet i sodahusbyggnader

Rekommendation, B 2 är främst avsedd att tillämpas vid projektering av nya sodahusbyggnader, men kan även tjäna som riktlinje för att öka säkerheten i äldre anläggningar. Rekommendationen beskriver hur man söker information på Boverkets hemsida.
Boverket har tagit fram nya byggregler som trädde i kraft den 1 juli 2025 och har en övergångsbestämmelse med en övergångsperiod på ett år. Det innebär att fram till den sista juni 2026 kan byggherren välja att använda antingen Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR, och Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder), EKS eller de nya byggreglerna men man kan ej tillämpa dessa i kombination. Det vill säga att har man valt de nya byggreglerna måste dessa följas inom alla områden.
Vad gäller ikraftträdandet finns det ett undantag och det är författningen om aktsamhet vid bygg, rivnings- och markåtgärder som började gälla utan övergångsregler redan 1 januari 2025.

Denna utgåva 5 av rekommendation B2 beskriver både ”Boverkets gamla byggregler” och ”Boverkets nya byggregler”. I och med att övergångsperioden är slut, från och med 30 juni 2026, tas de gamla byggreglerna bort och då beskrivs endast de nya reglerna i B2.
Enligt Boverket kommer man ändra nomenklaturen från ”Nya byggregler” till endast ”Boverkets byggregler”.

”Boverkets gamla byggregler”, BBR, gäller både när man uppför och ändrar en byggnad. BBR innehåller föreskrifter och allmänna råd om tillgänglighet, bostadsutformning, rumshöjd, driftutrymmen, brandskydd, hygien, hälsa och miljö, bullerskydd, säkerhet vid användning och energihushållning.

Boverkets nuvarande konstruktionsregler, EKS, anger hur byggnadsverk ska projekteras och utföras för att undvika olyckor enligt ”Boverkets gamla byggregler”. EKS innehåller bland annat europeiska konstruktionsstandarder, eurokoder. Byggherren ansvarar för att arbetena utförs enligt bestämmelserna i PBL, PBF och EKS om man valt att följa ”Boverkets gamla byggregler”.
”Boverkets nya byggregler”, gäller både när man uppför eller genomför ändringar i en byggnad. De nya reglerna har ersatts av flertal författningar och konsekvensutredningar, i dagsläget 9 st. Konsekvensutredningarna innehåller förklarande skrivningar av författningarna samt definitioner. Samtidigt har de allmänna råd tagits bort i syfte att ge plats för innovationer och frihet åt byggherren till egna lösningar men som ändå skall klara minimikravet eller mer.

Några saker återstår att beskriva bland annat en författning om energihushållning vilket beror på att Boverket inväntar ett EU-direktiv EPBD.

Digitaliseringen av byggreglerna är en utmaning och att hitta rätt i strukturen samtidigt att man ändrat fokuset. Rekommendationen är att man tar del av Boverkets videofilmer över upplägget och tänkesättet innan man djup dyker i regelverket.

Utöver författningarnas krav innehåller rekommendation B 2 även anvisningar anpassade till de säkerhetsrisker och förhållanden som är speciella för sodapannan.
De rekommenderade konstruktionslösningar samt de exempel på utförande som ges i denna rekommendation, anses av Sodahuskommittens kunna uppfylla kravet på god säkerhet.

Hänvisningar

Lagar och Föreskrifter

Plan-och bygglagen, SFS 2010:900
Lag om skydd mot olyckor (LSO), SFS 2003:778
”Boverkets gamla byggregler” - Föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder).
Boverkets konstruktionsregler EKS 11-BFS 2019:1
”Boverkets nya byggregler” i olika författningar och konsekvensutredningar som kan laddas ner från Boverkets hemsida. Boverket hänvisar även till andra myndigheters regelverk som exempel ,Arbetsmiljöverket ,Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap men även andra.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd (AFS 2023:12) om utformning av arbetsplatser

Standard

Akustiska och visuella varningssignaler, SSG 1281
Ljud- och vibrationsisolering av manöverrum och personalrum, SSG 5264
Kablar-Provning av egenskaper vid brand, SS 4241475 utgåva 7, 2018-02-21
EN 62305-3. Åskskydd

Rekommendationer
Sodahuskommittens rekommendationer: B 1 ,B 8, C l, F1

Innehåll

1. Allmän information 4

2. Boverkets nya byggregler 4

3. Övriga kommentarer 6

4. Boverkets gamla byggregler-upphör att gälla 30 juni 2026 6

5. Byggnadens konstruktion 7

6. Utrymningsvägar 8

7. Manöverrum 9

8. Hissar 9

9. Täta och spolbara plan 10

10. Plattformar, trappor och lejdare 10

11. Kommunikationsleder, riskabla areor 10

12. Ventilation 10

13. Avloppssystem 11

14. Larmsystem 11

15. Elektrisk utrustning, belysning 12

16. Skyddsutrustning 12

17. Figurer 13

18. Länkar 14

19. Bilaga (från Sodahuskonferens 1973) 16

1. Allmän information

Under övergångsperioden 1 juli 2025 – 30 juni 2026 delas rekommendationen upp i beskrivning av ”Boverkets gamla byggregler” och ”Boverkets nya byggregler”. Under nya byggreglerna ges information om uppbyggnaden av Boverkets nya hemsida samt information om hur man utför sökningar efter gällande dokument men även hur man kan se förändringar som är gjorda.

”Boverkets nya byggregler” inleder rekommendationen och skrivning om ”Boverkets gamla byggregler” som finns i B2 är de samma som i utgåva 4 och läggs under en separat rubrik i denna utgåva. Vid uppdateringen efter 30 juni 2026 tas all information om de gamla reglerna bort samt att nomenklaturen enligt Boverket kommer att bli endast ”Boverkets byggregler”.

2. Boverkets nya byggregler

2.1 Digitala handböcker

Boverkets verksamhet är i digitaliserad form och författningar mm finns på deras hemsida men dokument kan också laddas ner. Uppdateringar sker också via hemsidan och att gällande dokument är de som finns på deras hemsida.

Boverket har utarbetat 6 stycken digitala handböcker i vilka vägledning finns kring lagar och andra regler som hör till verksamhetsområde. Varje handbok handlar om ett specifikt område och beskriver de regler som man behöver känna till.

Varje handbok finns på Boverkets webbplats med en egen meny. Sökning inom handboken ger endast träffar inom respektive bok.

Handböckerna är följande

- PBL kunskapsbanken – en handbok om plan- och bygglagen
    - riktar sig i första hand till dig som arbetar med plan- och bygglagstiftningen samt Boverkets webbutbildningar om plan– och bygglagen.
- Energideklaration
    - riktar sig till dig som söker allmän information om energideklaration samt ökar förståelsen för de regler som ligger till grund för energideklarationen.
- Klimatdeklaration
    - riktar sig till dig som berörs av kravet på klimatdeklaration för byggnader.

De övriga handböckerna är inte av intresse för SHK

- Bostadsanpassningsbidraget
- Ekonomiska planer

- Planering för bostadsförsörjning

PBL – kunskapsbanken är den handbok i vilken man finner allt om de nya byggreglerna och informationsfilmer över den nya strukturen. Flertal filmer har tagits fram och som handlar dels övergripande om de nya byggreglerna och om de enskilda författningarna. Se bifogad länk till Boverket.

Videor i kategorin Nya byggregler (i Boverkets videokanal)

2.2 Sammanfattning av nyheterna

- Den nya planen och bygglagen (PBL) och byggreglerna som gäller från 1 juli 2025 är mer **funktionsbaserade** än tidigare och med större fokus på resultatet och ansvar för byggherren.
- Reglerna erbjuder större frihet men kräver samtidigt mer dokumentation och säkerställande av säkerhet och hållbarhet för att uppfylla myndigheternas minimikrav. Byggherren kan ändra kravet men måste visa att myndighetens krav innehålls.
- Det finns en övergångsperiod där både gamla och nya regler kan tillämpas men ej i kombination vilket innebär att man före projektering gör ett val och de regler som då gäller måste man hålla sig till utan undantag.
- Jämförelsetabeller och detaljerad information finns tillgänglig för att underlätta övergången och jämförelsen av specifika regler.
- Det är viktigt att ta del av dessa jämförelsetabeller och aktuella vägledningar för att säkerställa att byggprojekt följer rätt regelverk under och efter övergångsperioden.

2.2.1 Boverkets författningar

De nya reglerna består av 9 stycken författningar, BFS samt motsvarande konsekvensutredningar. Dokumenten kan laddas ner från Boverkets hemsida under Kunskapsbanken/Byggregelsystemet eller författningssamlingen.

- Boverkets föreskrifter om aktsamhet vid bygg-, rivnings- och markåtgärder (BFS 2024:4) **Föreskriften började att gälla redan 1 januari 2025.**
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd om bärförmåga, stadga och beständighet i byggnader m.m. (BFS 2024:6)
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i händelse av brand i byggnader (BFS 2024:7)
- Boverkets föreskrifter om skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö samt hushållning med vatten och avfall (BFS 2024:8)
- Boverkets föreskrifter om säkerhet vid användning av byggnader (BFS 2024:9)
- Boverkets föreskrifter om skydd mot buller i byggnader (BFS 2024:10)
- Boverkets föreskrifter om bostäders lämplighet för sitt ändamål (BFS 2024:11)
- Boverkets föreskrifter om byggnaders tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga (BFS 2024:12)
- Boverkets föreskrifter om krav på tomter m.m. (BFS 2024:13)

  En föreskrift om energihushållning kommer när EU-direktivet EPBD är klart. Reglerna om detta finns kvar i BBR.

Alla föreskrifter torde ej vara tillämpliga inom SHK:s område men redovisas i denna rekommendation ändå.

2.2.2 Nya övergripande preciseringar

- Arbetet skall ske enligt projekterade handlingar
- Krav på dokumentation vid projektering, utförande och kontroll
- Krav på hur kontroller skall ske när, var och hur
- Fackmässighet vilket betyder att byggherren skall ha kompetent personal genom hela processen
- Krav på dokumentation före att en byggnad tas i bruk som exempel buller, ventilation

Krav på dokumentation av konstruktion och brandskydd är sådant som redan finns inskrivet.

3. Övriga kommentarer

Boverket poängterar i alla dragningar byggherrens ansvar att man har kompetent personal i hela byggprocessen från projektering, genomförande och kontroll men att byggherren har en frihet i att ta fram lösningar som uppfyller myndigheternas minimikrav men även att byggherren kan ha egna krav.
Skillnaden mellan gamla byggreglerna och de nya är också att myndigheterna ger inga råd utan ställer endast krav på funktionen. Det är byggherren som skall komma med lösningarna.

4. Boverkets gamla byggregler-upphör att gälla 30 juni 2026

4.1 Kommentar till föreskrifter

De senaste ändringarna i ”Plan-och bygglagen SFS 2010:900” och ”Lag om skydd mot olyckor, LSO, SFS 2003:778”, återfinns på Riksdagens hemsida. Det är Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) som utövar tillsyn av LSO.

Boverkets byggregler, BBR, samt konstruktionsregler, EKS, återfinns på Boverkets hemsida. Boverkets byggregler innehåller föreskrifter och allmänna råd till vissa krav i plan- och bygglagen, PBL och Plan- och byggförordningen, PBF.

Boverkets konstruktionsregler, EKS, innehåller föreskrifter och allmänna råd till de krav på byggnadsverks bärförmåga, stadga och beständighet som ställs i plan- och bygglagen, PBL, och Plan- och byggförordningen, PBF.
Konstruktionsreglerna anges med ett EKS- nummer för gällande och senaste uppdateringen.

Det rekommenderas att alltid ta fram aktuella dokument för Boverkets föreskrifter BFS, byggregler BBR och konstruktionsregler EKS/eurokoder. Boverkets dokument uppdateras kontinuerligt allteftersom föreskrifterna uppdateras och de i rekommendationen angivna hänvisningarna kan både vara gällande och/eller ha fått nya numreringar och uppdaterats. Rekommendationen är att se i den s.k. konsoliderade versionen.
Med ett BFS nummer anges senast gällande uppdatering av byggreglerna. När man hänvisar till BBR bör man hänvisa till grundförfattningsnumret. Om man vill hänvisa till BBR vid en

viss tidpunkt bör man även lägga till BFS nummer för den sista ändringen, till exempel Boverkets byggregler, BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2016:13, BBR.
I en konsoliderad version finns alla ändringar samlade men rekommendationen är att sedan gå till den ursprungliga ändringen.

Boverkets publikationer ”Brandskydd” samt ”Utrymningsdimensionering” återfinns i BBR.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd (AFS 2023:12) om utformning av arbetsplatser.

5. Byggnadens konstruktion

I Sodahuskommittens rekommendationer definieras ” Anläggning” enligt F 1 vilket innebär att vid konstruktion av byggnaden för pannan eller flera pannor skall följande punkter beaktas för varje enhet.

5.1 Vid konstruktion av byggnaden skall hänsyn tas till de påkänningar som kan uppstå i samband med en explosion i pannan. Exempel på detta ges i nedanstående punkter.
Se vidare BFS2020(BBR 29) 8:51om pannans placering i särskild byggnad. Bärande konstruktioner skall utföras och dimensioneras så att säkerhet mot materialbrott och mot instabilitet blir betryggande under konstruktionens utförande, dess livslängd samt vid brand. Beträffande dimensionering se vidare aktuell EKS.

5.2 Byggnaden skall förses med anordning för begränsning av explosionstryck, s.k. explosionsavlastare. Tryckavlastningen kan ske med svaghetszoner i väggar och fönster eller med specialpartier. I sådana fall måste personfaran utanför huset beaktas.

5.3 Fönster i fasader skall utföras med splitterfria isolerglas. Fönstren skall normalt ej vara öppningsbara. I de fall öppningsbara fönster likväl förekommer, skall de vara inåtgående.

5.4 Om i undantagsfall en sodapanna installeras i byggnad där även andra skötselkrävande utrustningar finns, skall sodapannan avskiljas med kraftigt förstärkta skyddsväggar på de plan där drift- och underhållspersonal normalt uppehåller sig. Dessutom skall tak- och golvuppläggningar kontrolleras och vid behov förankras så, att de inte lossnar och faller ned vid en explosion. Dörrar i pannhus bör med tanke på utrymning öppna utåt från pannan.
Om andra pannor finns i byggnaden, bör pannorna helst vara helt avskilda från varandra till exempel med betongvägg och ståldörrar.

5.5 En total riskanalys och riskbedömning skall göras för sodahuset. Bl.a. skall följderna av de olyckshändelser som kan tänkas inträffa i sodahuset beskrivas. Det gäller då i första hand explosioner, stora läckage av olika slag, bildning och utströmning av heta, frätande, giftiga och eldfarliga ämnen, brand etc. Utifrån riskbedömningen skall personskyddet utformas. Risker, så som de som beskrivs i rekommendationerna B 8 och C 1 skall beaktas.

Beträffande brandskydd, utrymning och brandgasventilation se BFS 2020:4(BBR 29) kap. 5.
En brandskyddsdokumentation skall upprättas, se BFS 2020:4(BBR 29) 5:12. Av denna skall framgå förutsättningar för utförande av brandskyddet samt brandskyddets utformning.

Brandskyddsdokumentationen skall beskriva ett brandskydd, som överensstämmer med funktionsbehoven enligt BFS 2020:4(BBR 29). Dokumentationen bör framtas i ett tidigt skede och finnas tillgänglig vid byggsamråd med kommunen. (Plan och bygglagen 2010:900).

6. Utrymningsvägar

6.1 Byggnaden skall utformas så att goda utrymningsmöjligheter står till buds vid olyckshändelser enligt moment 2.5, första stycket. Beträffande utrymning vid brand, se BFS 2020:4(BBR 29) 5:31. Från varje betjäningsplan i byggnaden skall finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Detta gäller som regel även från mindre betjäningsplattformar.
Utrymningsvägar får inte utnyttjas som upplagsplatser, utan skall alltid hållas fria. Angående utrymningsvägar se även BFS 2020:4(BBR 29) 5:233 och Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2023:12- Arbetsplatsens utformning. Utrymning skall kunna ske direkt från alla huvudplan till trapphus utan förflyttning i vertikalled.
Inne i sodahuset och vid dess dörrar och portar skall finnas skyltar, som ger anvisning om att sodahuset skall utrymmas vid larm och att utrymd personal ofördröjligen skall bege sig till anvisad uppsamlingsplats för avprickning mot närvaroförteckning.
Uppsamlingsplatser skall vara uppmärkta samt förlagda med tillräckligt avstånd från sodahuset. Som tumregel rekommenderas ett säkerhetsavstånd mellan soda hus och uppsamlingsplats minst lika långt som motsvaras av sodahusets höjd, se rekommendation B 8.

6.2 För brand stipuleras att gångavstånd till utrymningsväg (trapphus eller annan säker plats) inte skall vara längre än att utrymning hinner ske innan kritiska förhållanden uppstår. Detta skall också så långt möjligt eftersträvas för andra riskabla tillstånd och olyckshändelser i sodahuset, se moment 2.5 första stycket. Det som anges i moment 8.2 beträffande riskabla areor, skall beaktas.
Dimensionering av gångavstånd kan ske med schablonmetod enligt AFS 2023:12
- Arbetsplatsens utformning eller Boverkets Byggregler BFS 2020:4(BBR 29), se även Boverkets rapport ”Utrymningsdimensionering.”

6.3 Minst en av utrymningsvägarna från byggnaden skall bestå av ett brand- och röksäkert trapphus Tr1, se BFS 2020:4(BBR 29) 5:31. Enligt Sodahuskommitténs mening bör dock trapphusen i samtliga utrymningsvägar vara brand- och röksäkra, eftersom säkerheten bör vara oberoende av utrymningsväg. Trapphusen skall dessutom vara skyddade från följderna av en explosion, såsom rasdelar och utströmmande ånga. Trapphusen bör placeras utanför byggnaden, alternativt integreras i ytterfasad, se exempel i figurerna 1 och 2. *Hiss får ej räknas som utrymningsväg!*

6.4 Dörrar i utrymningsväg skall vara utåtgående i utrymningsriktningen och utan svårighet kunna öppnas med hjälp av handtag eller annan lätt manövrerbar öppningsmekanism, se BFS 2020:4(BBR 29) 5:342. Angående dörrars öppningsbarhet till och i utrymningsväg se även Brandskyddsföreningens handbok ”BBR 29 Brandskydd i Boverkets byggregler”. Brandklassen på dörrar till utrymningsväg skall uppfylla EI-C 60. Dörrar, som leder till byggnaden, skall vara självstängande men ej låsbara. Dörrstängare och tillhållarbleck skall vara i extra kraftigt utförande, vilket även bör gälla hissdörrar.

6.5 Vägledande markering för utrymning skall finnas i form av färgmarkering och belysta skyltar, se BFS 2020:4(BBR 29) 5:35, AFS 2020:1.
”Utrymningskyltar bör utformas enligt Rådets direktiv 92/58/EEG, och ska vara belysta eller genomlysta. Med genomlyst skylt avses här en skylt där belysningskällan är placerad i en armatur, bakom själva skylten. En belyst skylt belyses från en ljuskälla placerad framför skylten. Denna ljuskälla kan vara inbyggd i en armatur tillsammans med skylten eller vara en mot skylten riktad ljuskälla. Utrymningsskyltar bör monteras i en armatur tillsammans med belysningskällan. Skyltar som, med hjälp av till exempel lysdioder eller lysrör, belyses uppifrån genom en plastskiva eller liknande kan motsvaras av en genomlyst skylt. Belysningsstyrkan för en utrymningsskylt bör anpassas så att skylten är tydligt synlig i den lokal den används”.

6.6 Nödbelysning skall möjliggöra utrymning på ett säkert sätt även vid kraftavbrott. Nödbelysning ska finnas längs utrymningsvägar och i trapphus, som används för utrymning, för detaljer se BFS 2020:4(BBR 29) 5:353. Beträffande elektrisk utrustning, se även kapitel 12.
Sodahuskommittén rekommenderar att erforderlig allmänbelysning matas med reservkraft som automatiskt inkopplas vid kraftavbrott.

7. Manöverrum

7.1 Manöverrummet bör vara så beläget, att det ej utsätts för påverkan av en explosion i sodahuset och bör förläggas helt avskilt från sodahusbyggnaden. Placeras manöverrummet ändå i direkt anslutning till sodahusbyggnaden, skall rummets väggar, golv och tak utföras kraftigt förstärkta för att motstå verkan av en explosion i sådan grad att personskador undviks. Oavsett placering skall manöverrummet förses med nödutgång.

7.2 Manöverrummet skall vara utrustat med luftkonditionering från lämplig plats utanför byggnaden.

7.3 Manöverrummet skall buller begränsas enligt BBR:s byggregler och Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller.

7.4 Se även rekommendation B 8 vad som i övrigt gäller för manöverrum

8. Hissar

8.1 Såväl personhiss som hiss för godsbefordran bör finnas. Behovet av särskild brandhiss är beroende av räddningstjänstens insatstid och skall utredas i varje enskilt fall. Vid brand får brandhissen endast användas av räddningstjänsten.

8.2 Hiss skall vara inbyggd i schakt med brandklass EI-60; i övrigt se BFS 2020:4(BBR 29). Hiss får inte placeras i trapphus. Hissinstallation skall vara CE-märkt.
Dörrstängare och tillhållarbleck skall vara i extra kraftigt utförande.

8.3 Hiss skall inte placeras i omedelbar närhet av sodapanna. Hissdörr, som leder direkt in i Sodahusbyggnaden, skall ej vara vänd mot pannan. Helst bör hissdörr ej leda direkt in i

byggnaden.

8.4 Vid täta och spolbara huvudplan bör stannplan för hiss förläggas minst 0,1 m högre än anslutande plan för att hindra vatten, lut eller annan vätska att rinna ned i hisschaktet.

9. Täta och spolbara plan

9.1 Spolbara plan skall utföras med lutningar mot avloppsbrunnar och - i förekommande fall - rännor. Huvudlutningar utförs 1:50. Sekundärlutningar bör ej vara flackare än 1:75.

9.2 Vissa mellanplaner i stål, bör förses med durkplåt för att minska luftströmningen på grund av skorstensverkan genom de bjälklag, där personal mestadels rör sig. Huvudstråk för utrymning bör likaså utföras med durkplåt.

10. Plattformar, trappor och lejdare

Plattformar, trappor och lejdare skall finnas i tillräcklig omfattning, så att pannan och dess hjälputrustningar utan svårighet kan inspekteras, betjänas och underhållas. Det är även viktigt ur utrymningssynpunkt, att man snabbt och säkert kan ta sig bort från exempelvis en mindre betjäningsplattform till utrymningsvägen, som oftast finns på ett huvudplan på annan nivå.

11. Kommunikationsleder, riskabla areor

11.1 Allmänna kommunikationsleder mellan olika fabriksavdelningar skall inte gå genom sodahuset.

11.2 Vissa områden i sodahuset är att betrakta som mer riskabla än andra att vistas i. Se vidare i rekommendation nr C l. Gemensamt för dessa områden är att de skall vara väl markerade eller avspärrade och att utrustning, som kräver tillsyn och underhåll, inte skall placeras där.

11.3 Pannans svaga hörn samt byggnadens svaga zoner för tryckavlastningar är riskabla areor och säkerheten för personal i byggnaden samt områden utanför byggnaden måste beaktas. Se rekommendation B 1.

12. Ventilation

12.1 Föreskrifter och råd finns i Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2023:12, Arbetsplatsens utformning.

Beträffande arbete i stark värme se även Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2023:12 Arbetsplatsens utformning

12.2 Angående sodahusventilation finns en del erfarenheter att hämta ur Sodahuskonferensens protokoll från 1973, se bilaga.

En sak att lägga vikt vid är att till vissa ur temperatursynpunkt utsatta områden, exempelvis vid luftregister, distribuera tillräckligt med ventilationsluft utan att besvärande drag uppstår.

12.3 Ventilationsbehovet vid brand skall utvärderas i samband med den riskanalys som utförs för sodahuset. Detta för att identifiera potentiella varianter av brand samt skydd, utrymningsvägar, toxicitet osv. Dessa möjliga varianter av brand samt deras orsaker och spridning med medföljande konsekvenser skall styra huruvida forcerad ventilation av sodahuset skall utföras eller inte.
Normalt bör brandluckor finnas och kunna öppnas vid brand.

Enligt Lag om skydd mot olyckor, SFS 2003:778, skall Räddningstjänsten planeras och organiseras så att räddningsinsatserna kan påbörjas inom godtagbar tid och genomföras på ett effektivt sätt. Detta gör att Räddningstjänsten skall involveras i frågor som gäller räddningsinsatser, speciellt vid farlig verksamhet såsom användandet av en sodapanna.

13. Avloppssystem

Sodahusaggregatet och byggnadens avloppssystem skall vara så arrangerade att sura och sulfidhaltiga avfallsvätskor med säkerhet icke kan blandas med varandra och därvid bilda svavelväte, som avges till lokalen. Sura avfallsvätskor måste alltid avledas i särskilda avlopp eller på annat sätt uppsamlas och tas om hand.
Golvplanet under pannan skall ha en jämn lutning mot golvkanaler. Eventuella invallningar, samt golvkanaler, ska vara dränerade från vatten, se Rekommendation C1 avsnitt 8.8.2.

14. Larmsystem

14.1 Sodahuset skall utrustas med ett effektivt larmsystem, s.k. sodahuslarm, som varnar då explosionsrisk eller annan överhängande fara föreligger, så att byggnaden måste utrymmas. All personal, även sådan som normalt inte arbetar i sodahuset, entreprenörer, besökare etc., skall i förväg ha informerats om innebörden av sodahuslarmet.

Larmet skall ges med både ljud- och ljussignaler och utformas enligt SSG 1281 och SSG 5264. Larmet skall kunna uppfattas på alla platser och i alla utrymmen inne i sodahuset och i dess trapphus, på taket, i direkt till sodahuset angränsande lokaler och skötselplan samt i manöverrum.

Sodahuslarmet skall kunna utlösas manuellt i manöverrummet. Vidare skall larmet även kunna utlösas på ett eller flera ställen i närheten av sodapannan. Larmsignalerna skall ges oavbrutet till dess manuell avstängning sker. Beträffande utlösning och avstängning av sodahuslarmet vid explosionsrisk, se rekommendation B 8. För annan fara utfärdar varje enskild fabrik egna föreskrifter angående användning av sodahuslarmet.

14.2 Inne i sodahuset skall finnas en riklig uppsättning välplacerade belysta skyltar, vilka upplyser om de säkerhetsföreskrifter, som gäller vid sodahuslarm. Dylika skyltar skall - tillika med ljussignaler - även finnas utanför alla ingångar till sodahuset, således även i trapphus, på sodahustaket samt i övriga lokaler, varifrån man kan beträda sodahuset.

15. Elektrisk utrustning, belysning

15.1 Elektrisk utrustning för nödbelysning och utrymningslarm skall ha kapslingsklass IP 65, dvs. vara damm säker och sköljtät. Elektrisk materiel skall i tillräcklig grad vara beständig mot i sodahuset förekommande kemiska angrepp.

15.2 De elektriska ledningarna för nödbelysning, utrymningslarm och andra vitala funktioner skall vara skyddade mot brand och annan termisk och mekanisk påverkan och uppfylla klass F4 enligt SS 4241475. (SS 4241475 innehåller 4 brandklasser varav F4 är den högsta. F4 innebär att kabeln inte får sprida brand trots att den ligger i bunt). Kabelstråk bör överhuvudtaget icke förläggas på sodalösarplan eller under pannbotten; detta för att undvika skador på kablarna om explosion eller smältsodagenombrott skulle inträffa.

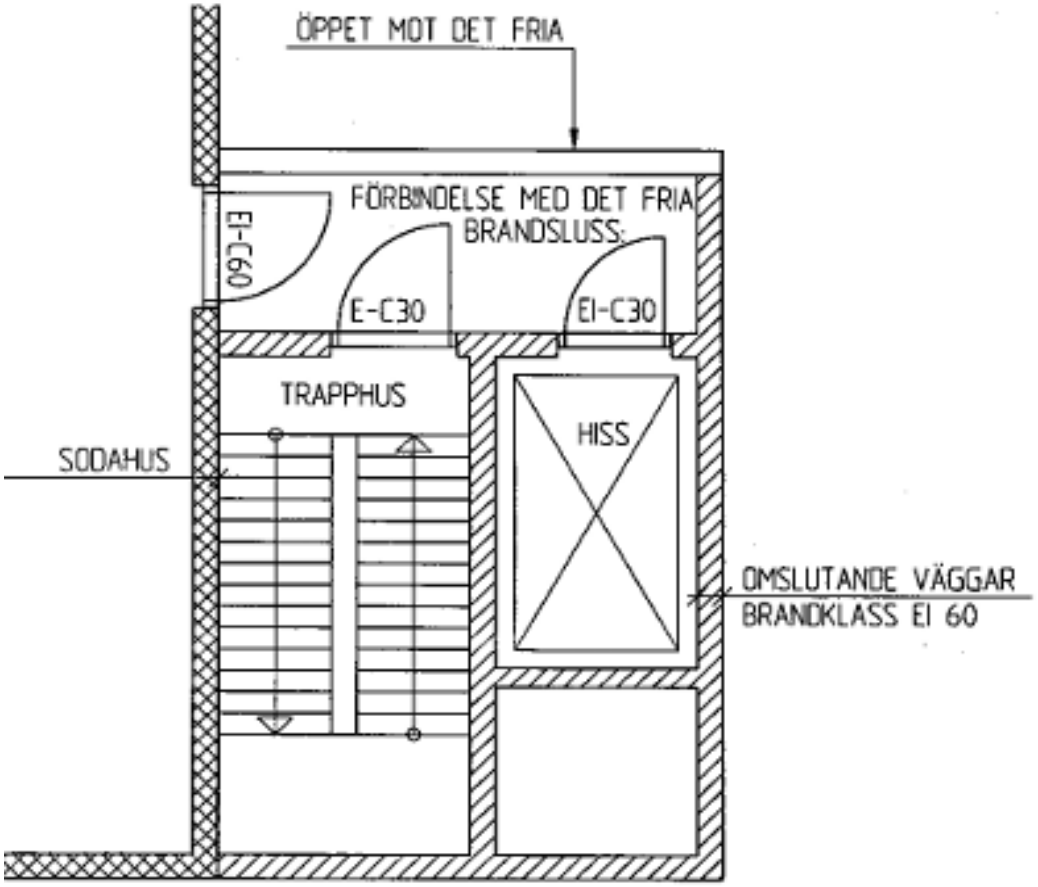
15.3 Såväl allmänbelysning som särskild belysning för betjäning av pannan skall i så stor utsträckning som möjligt vara ansluten till reservkraft, som automatiskt skall kopplas in vid kraftavbrott.

15.4 Åsknedslag kan ge strömrusningar, som kan slå ut anläggningens styr- och reglersystem. Råd och riktlinjer för anordnande av skydd mot följderna av åsknedslag ges i EN 62305-3.

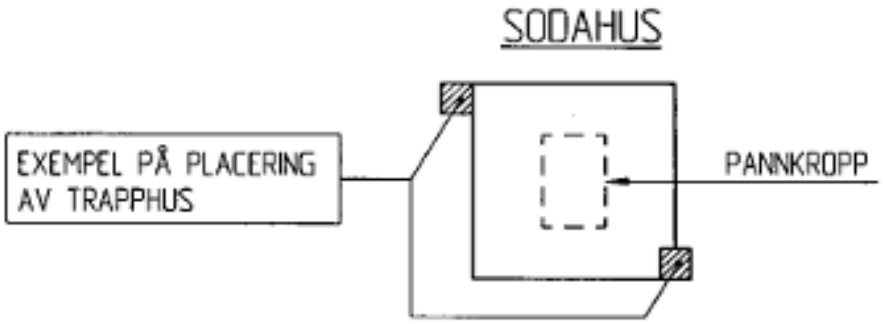
16. Skyddsutrustning

Skyddsutrustning för personalen skall finnas i sodahuset i den omfattning, som anges i rekommendation nr B 5.

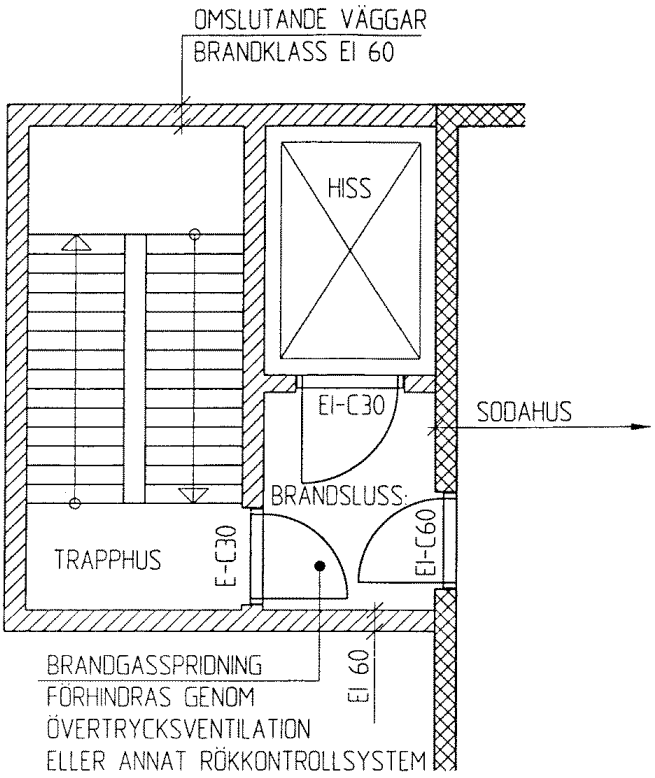
17. Figurer



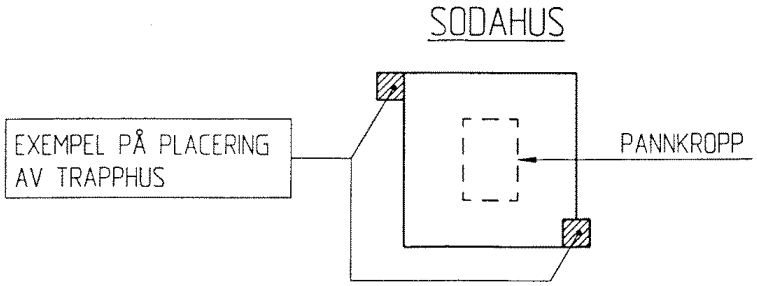
TRAPPHUS TR 1, ALT. 1
BRAND- OCH RÖKSÄKERT



FIGUR 1: EX. PÅ UTFORMNING AV TRAPPHUS ALT. 1



TRAPPHUS TR 1, ALT. 2
BRAND- OCH RÖKSÄKERT



FIGUR 2: EX. PÅ UTFORMNING AV TRAPPHUS ALT. 2

□ Brolins Offset 285962

18. Länkar

Länkar till Boverkets hemsida har tagit bort på grund av felaktig tråd. Sökning av gamla BBR och EKS kan göras direkt på Boverkets hemsida samt att det finns en lista över skillnader som finns mellan gamla och de nya byggreglerna.

Standard

SSG 1281 Akustiska och visuella varningssignaler. http://standard.ssg.se/Standard/SSG1281

SSG 3035 Ljudnivåer för arbetsplatser och anläggningars omgivning - upphandling av maskiner och utrustning. http://standard.ssg.se/Standard/SSG3035

SSG 5264 Processövervakning - Larmsignal och varningsindikering. Anvisningar för utformning. / SSG5264

19. Bilaga (från Sodahuskonferens 1973)

Ventilation — vädring av ett svårlöst problem

R Wemgård, Ångpanneföreningen

Ventilation är att byta luften i ett utrymme mot uteluft. Antalet byten som erfordras kan exempelvis vara beroende av värmeöverskottet i den aktuella lokalen. Ju större värmeöverskott desto tätare byten. Luften utnyttjas som transportör av energi. Den utnyttjas även till att minska koncentrationen av skadliga gaser, dvs man gör en utspädning.

Med ökad utomhustemperatur minskar möjligheten att kyla med uteluft, alltså måste luften kylas i en speciell anläggningsdel. Filtrering och befuktning samt avfuktning är exempel på ytterligare behandling av den omsatta luftmängden. Givetvis kan man av olika skäl låta en del av luften recirkulera, varvid mängden omsatt uteluft kan minskas.

Ventilation av pannhus är ett exempel på hur man utnyttjar energiinnehållet i den omsatta luftmängden. Stora delar av luftmängden tas till vara som förbränningsluft. Planeringen av ventilationsanläggningar för pannhus har varit eftersatt. Energiekonomin och även arbetsmiljön hade kunnat vara bättre.

På senare år har vi varit i tillfälle att planera en hel del nya anläggningar och resultatet från dessa visar att vi är inne på rätt väg, vad gäller utformningen.

Jag kommer nu att redovisa hur vi har resonerat oss fram till de lösningar som nu genomförs på nyanläggningar.

Det är möjligt att med måttliga ingrepp genomföra ändringar även på existerande pannhus.

Hus och pannaggregat är från ventilationssynpunkt att betrakta som en integrerad enhet.

De ofrånkomliga energiförlusterna från pannaggregat och hjälputrustning kan till stor del fångas upp med hjälp av en lämpligt utformad ventilationsanläggning.

Hur bygger man den »perfekta» ventilationsanläggningen för ett pannhus?

Låt oss först se på pannaggregatet.

Ett fristående pannaggregat utan hus måste vara helt självförsörjande då det gäller värmning av förbränningsluften, eftersom förlusterna försvinner i det fria. (*Bild 78*)

Kompletterar man pannaggregatet med ett hus och låter fläkten för förbränning ingå såsom en komponent i den totala ventilationsanläggningen ges förutsättningar att åstadkomma en ekonomisk och fungerande ventilationsanläggning. (*Bild 79*)

Uteluft och återluft blandas i lämpliga proportioner så

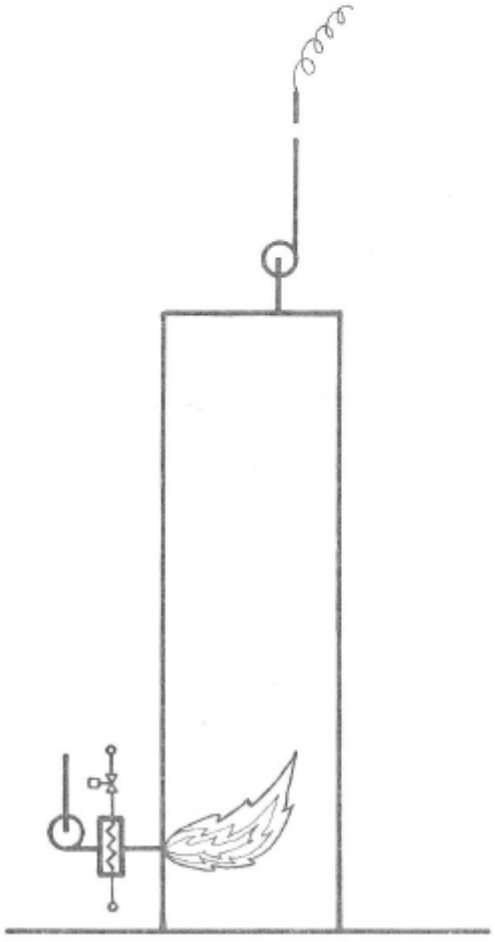


Bild 78. Fristående pannaggregat.

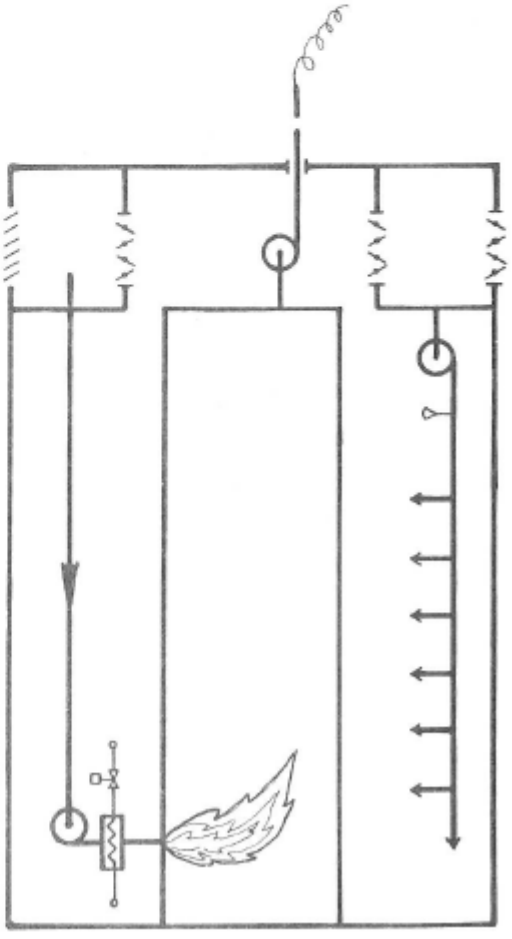


Bild 79. Pannaggregat i hus.

att tilluftens inblåsningstemperatur blir den avsedda. (*Bild 80*)

Uteluft erfordras för att ventilera huset, motsvarande mängd uppvärmd luft avgår via blandningskammaren för förbränningsluft, en del till förbränningen och en del till det fria.

Under den del av året när mängden uteluft som passerar huset är mindre än mängden förbränningsluft tas en del av denna direkt från det fria.

Antalet luftomsättningar i huset är en funktion av aggregatets förluster och husets transmissionsförluster. (*Bild 81*)

Sambandet ger en uteluftmängd som varierar efter utomhustemperaturen och som sammanfaller med förbränningsluftmängden endast vid ett enda temperaturtillfälle. (*Bild 82*)

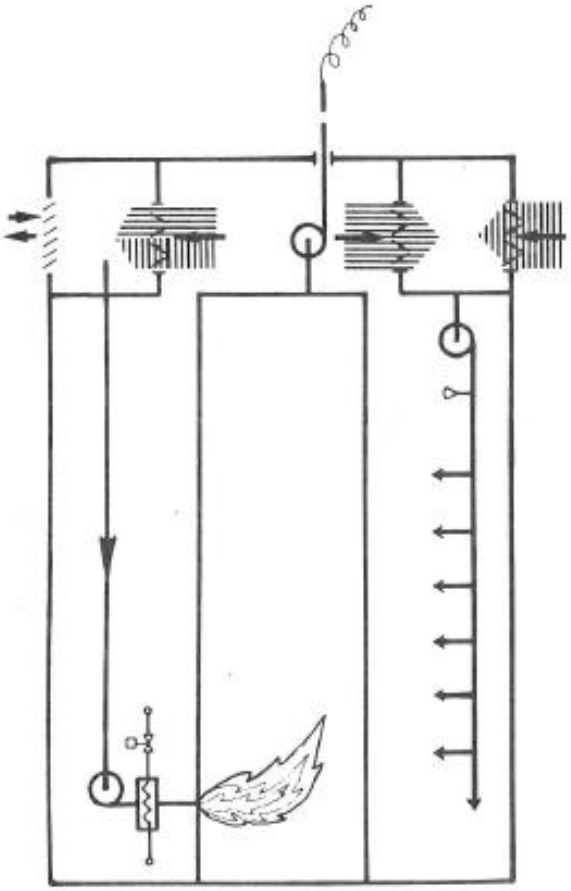


Bild 80. Ventilations- och förbränningsluftens väg.

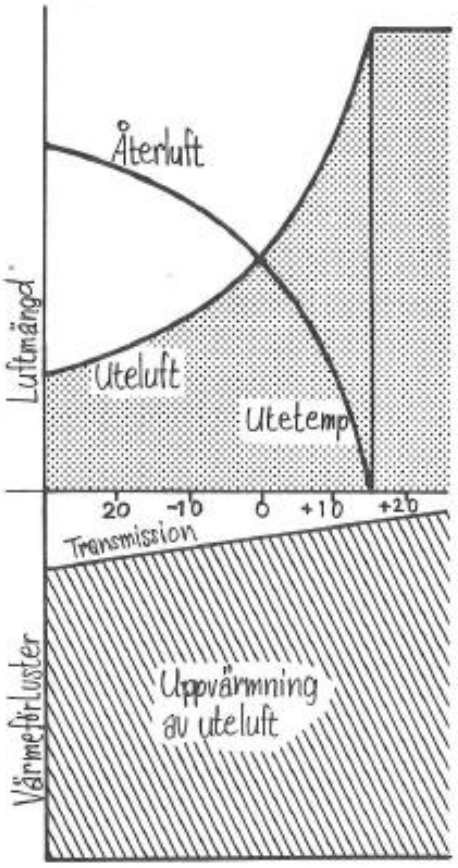


Bild 81. Blandningsförhållanden mellan uteluft och återluft som funktion av totala värmeförluster minus transmissionsförluster.

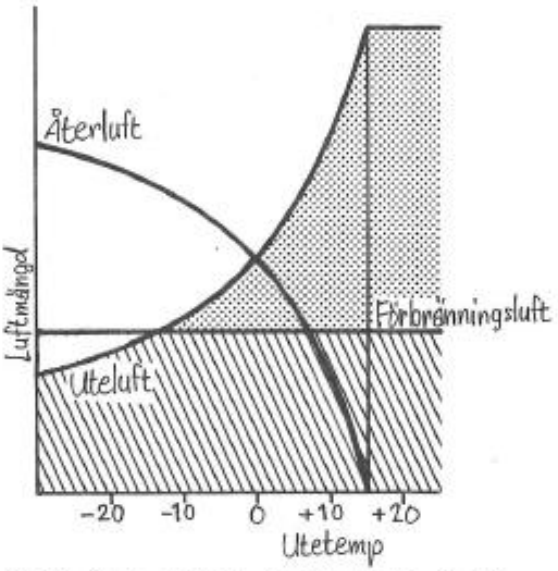


Bild 82. Andelen uteluft utnyttjad såsom förbränningsluft samt ofrånkomliga förluster.

40

B3 Finns ej utgiven 2012-10-17

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 4
Utgåva 5, mars, 2021
(rev hänvisningar 2024-10-20)

Konstruktion och utrustning av smältlösare

Med hänsyn till smältlösarens viktiga funktion samt till de säkerhetsrisker som föreligger vid upplösning av smältan från sodapannan, är det angeläget att såväl lösartanken som tillhörande hjälputrustning utformas så att god funktion och maximal säkerhetsnivå kan upprätthållas.
I rekommendationen behandlas även de instrumenterade säkerhetsfunktioner som tillhör sodapannans säkerhetssystem (SIS).
Riktlinjerna avser att ge förslag till tekniska lösningar vid projektering av nya anläggningar och vid ombyggnad eller komplettering av äldre anläggningar. Lösarplanet och löprännornas omgivning är fortfarande en av de mest riskfyllda arbetsplatserna i sodahuset och bör ägnas stor uppmärksamhet vid utformning.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2001:1, Systematiskt arbetsmiljöarbete
AFS 2023-11 (från 2025-01-01) Om användning och kontroll av trycksatta anordningar
AFS 2020:1, Arbetsplatsens utformning, (ersätter AFS 2009:2 från och med jan. 2021)

Standard
EN-standard SS-EN 14015, ” "Regler för konstruktion och tillverkning av stationära, vertikala, cylindriska, svetsade stålcisterner, ovan jord med plan botten för lagring av vätskor vid rumstemperatur eller högre temperatur", jämte Bilaga A.
Cisternanvisningar 1-2012
SS-EN 10088-2, Rostfria stål, plåt och band för allmänna ändamål.
SS-EN ISO13732-1:2006 respektive ISO 13732-3:2005, varma ytor.

Rekommendationer
SHK rekommendationer:
C 1 - Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd.
B 2 - Säkerhet i sodahusbyggnader.
B 5 - Skyddsutrustning i sodahus.
B 14 - Arrangemang av larm och indikeringar i manöverrum.
B 16 - Utrustning för destruktionseldning i sodapannor.
F 4 - Riskanalys (under arbete)
B 18 – Sodapannans säkerhetssystem (under arbete)

Innehåll

1 Konstruktion ... 3
1.1 Dimensionering ... 3
1.2 Smältlösarens volym ... 3
1.3 Material ... 3
1.4 Skyddsisolering ... 4
1.5 Buller ... 5
1.6 Smältlösarplan ... 5
1.7 Explosionsavlastning ... 5
1.8 Imånga ... 6
1.9 Manlucka ... 7
1.10 Bräddöverlöp ... 7
1.11 Tömningsstuts ... 7
1.12 Stutsar för grönlut och svaglut ... 7

2 Mekanisk och elektrisk utrustning på sodalösaren ... 7
2.1 Löprännor, skyddshuvar och smältasplittring ... 7
2.2 Omrörare ... 7
2.3 Grönlutpumpar ... 8
2.4 Grönlutledningar ... 8
2.5 Svaglutledning ... 9

3 Reglering och övervakning ... 9
3.1 Koncentrationsreglering i lösaren ... 9
3.2 Kontroll av grönlutens densitet ... 10
3.3 Nivåreglering ... 10
3.4 Flödesmätning ... 10
3.5 Tryckreglering ... 10
3.6 Processtyrning och övervakning ... 11
3.7 Indikering, registrering och larm ... 11
3.8 Instrumenterade säkerhetsfunktioner ... 11
3.9 Övervakning av smältlösarplan ... 12
3.10 Övervakning av smältaflödet ... 12

4 Personsäkerhet ... 12
4.1 Nöddusch och ögondusch ... 12
4.2 Sodahuslarm ... 13
4.3 Utrymningsvägar ... 13
4.4 Skyddsutrustning ... 13
Referens ... 13

Figurer 1 -6 ... 14

1 Konstruktion

Smältlösaren skall i tillämpliga delar uppfylla fordringarna i SS-EN 14015, jämte bilaga A. Som hjälp vid tillämpning av standarden hänvisas till Cisternanvisningar 1– 2012. Anvisningen pekar ut vilka avvikelser som finns mellan SS-EN 14015 och kraven i föreskrifter från Arbetsmiljöverket (AFS) och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (SÄIFS, SRVFS, MSBFS) samt svensk praxis.

Vid konstruktionen av smältlösaren skall beaktas de krafter som frigörs vid upplösningen av smältan. Smältlösaren skall således motstå de momentana snabba tryckstegringar som förorsakas av smälta-vattenreaktioner, särskilt vid häftig smältavrinning, nedfall av sodaklumpar och dylikt.

Smältlösaren skall även konstrueras för att dämpa det buller som alstras vid upplösningen av smältan.

Antal omrörare och erforderlig omrörareffekt skall dimensioneras så att tillfredsställande omrörning erhålls även vid ojämn smältaavgång från pannan.

1.1 Dimensionering

Smältlösarens mantel och botten bör dimensioneras för ett invändigt tryck av minst (Ps+25) kPa(e), räknat från bräddöverlöp, och en temperatur av minst 110ºC. (Ps = hydrostatiskt tryck). Invändig stagning får inte användas i avsikt att öka smältlösarens hållfasthet.
Smältlösarens tak skall dimensioneras för ett inre tryck av 25 kPa(e) och samma temperatur som för lösaren i övrigt.

Fodring med betong eller murverk får inte inkluderas vid beräkningen av lösartankens hållfasthet.

1.2 Smältlösarens volym

Smältlösarens volym bör anpassas till smältaflödet vid sodapannans maximala kontinuerliga last och grönlutens aktuella TTA. Som riktvärde bör nettovolymen motsvara ca 1 timmes uppehållstid i lösartanken, för de i svagluten upplösta kemikalierna. Det förekommer ett flertal exempel där uppehållstiden i lösaren minskats till ca ½ timmes uppehållstid efter genomförda upptrimningar och lasthöjning på pannorna. Detta har visat sig fungera men ger inte tidsutrymme för felsökning vid tex avbrott på omrörning utan förutsätter att luteldningen direkt avbryts vid omrörarhaveri eller problem med koncentrationsreglering i lösaren, se avsnittet 3.8. Inte heller lämnar en sådan dimensionering något större utrymme för framtida uppgradering av pannan då pannans höjd i regel begränsar möjligheterna att förstora/höja lösartanken.
Med nettovolym avses lösartankens volym upp till normal vätskenivå.

1.3 Material

De vätskeberörda materialen bör bestå av korrosionsbeständigt stål. Materialen listas med stålnummer och namn enligt EN 10088-1, med exempel på kommersiella beteckningar inom parentes efter EN beteckningarna.

Mantelplåt:

- I första hand används austenitiskt rostfritt stål EN 1.4307, X2CrNi18-9 (Core304L/4307, AISI 304L tidigare SS 2352). Materialet dubbelcertifieras ofta med 1.4301 (AISI 304, tidigare SS2333). EN 1.4307 har lägre kolhalt och därför bättre motstånd mot intergranular korrosion.

- Alternativt kan mer beständiga ferrrit-austenitiska, duplexa stål också användas, t.ex. EN 1.4462, X2CrNiMoN22-5-3 (Forta DX 2205)

Mantelplåten skall, företrädesvis på utsidan, förses med skikt av armerad betong, med en tjocklek av ca 200 mm och utanpå detta en skyddsisolering av mineralull (tjocklek minst 50 mm) täckt med plåtklädsel i rostfritt stål, med kvalitét minst motsvarande

- Austenitiskt EN 1.4307, X2CrNi18-9 (Core304L/4307, AISI 304L, tidigare SS 2352) Se figur 1, alt.1

Om betongskiktet i undantagsfall läggs på insidan av mantelplåten, bör mantelplåten även då bestå av korrosionsbeständigt stål minst motsvarande

- Austenitiskt EN 1.4307, X2CrNi18-9 (Core304L/4307, AISI 304L, tidigare SS 2352)
- Alternativt kan mer beständiga ferrrit-austenitiska, duplexa stål också användas, t.ex. EN 1.4462, X2CrNiMoN22-5-3 (Forta DX 2205), se figur 1, alt.2

Fundamentet (bottenplattan) bör utformas så att ett läckage i smältlösarens bottenregion kan upptäckas. Exempelvis kan fundamentet (bottenplattan) räfflas i samband med gjutningen av detta.

Taket bör bestå av en inre väl stagad plåt av korrosionsbeständigt stål motsvarande minst

- Austenitiskt EN 1.4307, X2CrNi18-9 (Core304L/4307, AISI 304L tidigare SS 2352)
- Alternativt kan mer beständiga ferrrit-austenitiska, duplexa stål också användas, t.ex. EN 1.4462, X2CrNiMoN22-5-3 (Forta DX 2205)

På denna plåt läggs isolering, helst bestående av armerad betong med en tjocklek av ca 240 mm. Ovanpå betongen läggs ett betjäningsplan av kraftig durkplåt (varmgalvaniserad) med lutning 1:50 från pannväggen enligt rekommendation B 2. Se även figur 2.

Anslutande ledningar för svaglut, grönlut:

- Austenitiskt EN 1.4307, X2CrNi18-9 (Core304L/4307, AISI 304L tidigare SS 2352)
- Alternativt kan mer beständiga ferrrit-austenitiska, duplexa stål också användas, t.ex. EN 1.4462, X2CrNiMoN22-5-3 (Forta DX 2205, eller SAF 2205)

1.4 Skyddsisolering

Smältlösaren bör isoleras för att dämpa ljudet från smältaupplösningen och förhindra att beläggningar av soda eller pirssonit utfälls på mantelplåten. Isoleringen bör även uppfylla kravet som gäller för skyddsisolering av heta ytor.

De generella regler och bestämmelser som Arbetsmiljöverket har finns i föreskrifter, AFS 2020:1, Arbetsplatsen utformning (ersätter AFS2009:2 från 1 jan. 2021)

Kalla eller heta ytor och installationer ska vara placerade och utformade så att köldskador eller brännskador undviks. De ska vara isolerade eller ha skydd mot oavsiktlig beröring, om det behövs för att förhindra skada, AFS 2020:1,157 §.

Metoder för bedömning av reaktioner hos människan vid kontakt med varma respektive kalla ytor anges i standarderna SS-EN ISO 13732-1:2006 respektive ISO 13732-3:2005. Boverkets byggregler innehåller krav på heta delar av byggnader eller installationer.

Enligt standarden är en yta het om temperaturen är 43 ° C eller högre. En standard ger vägledning men är inte tvingande regler som Arbetsmiljöverkets föreskrifter.

1.5 Buller

Vid val av pumpar, omrörare och övrig utrustning samt vid dimensionering av lösartankens isolering skall föreskrifterna i AFS 2005:16 ”Buller” beaktas. För att innehålla föreskriftens exponeringsvärden (övre insatsvärde $L_{exp,8\,h} < 85$ dB) bör en noggrann akustisk dimensionering av betongtjocklek och isolering göras.

1.6 Smältlösarplan

Smältlösarplanet skall planeras så att det medger en säker och bekväm betjäning av löprännor och primärluftportar som eventuellt betjänas från lösarplanet. Framför varje löpränna bör arrangeras fritt utrymme för service och med tanke på flyktvägar. Beträffande utrymningsvägar se avsnitt 4.3.

För lösarplanet nödvändiga kabel- och rörstråk skall läggas på en höjd av minst 2100 mm över lösarplanet. Kabelstråken skall skyddas så att de inte påverkas av en eventuell explosion i lösaren eller av smältastänk från löprännorna. Övriga kabel- och rörstråk bör inte förläggas intill lösarplanet. Beträffande förläggning av kabelstråk se även rekommendation B 1.

Det bör finnas uttag för spolning av lösarplanet med varmvatten. Varmvattnet får inte vara framställt genom direktkontakt med rökgaser på grund av att risk då föreligger för låga pH-värden i varmvattnet. Vattentemperaturen bör inte vara högre än 45^{o}C för undvikande av brännskador.
Lösarplanet skall ha minst ett avlopp.

Varning: Surt tvättvatten kan utveckla svavelväte tillsammans med rester av sodasmälta.

1.7 Explosionsavlastning

Smältlösaren skall vara försedd med en eller flera explosionsluckor med en sammanlagd area, som bör vara minst 1,5 % av sodapannans bottenarea, dock minst 1 m^2. Från explosionsluckan skall anordnas en avlastningskanal, vilken skall mynna så att det inte finns risk för personskada.
Anordningen får inte placeras så att den i något avseende hindrar arbetet med rensning av löprännor, eller en snabb utrymning av lösarplanet.

Explosionsluckan bör förses med en spolanordning så att regelbunden rengöring av luckans undersida kan utföras.

1.8 Imånga

Smältlösaren skall ha minst ett uttag för imånga. Vid placeringen och dragningen av imröret skall samma principer gälla som för avlastningskanalen från explosionsluckan. Vid dimensionering måste beaktas de stora gasmängder som uppstår vid smältarusningar och flödeshastigheten rekommenderas vara högst 2m/s vid spetslast före venturiskrubber för att minimera medryckning av droppar eller fast material från lösaren.
Imångan kan innehålla relativt stora mängder stoft och svavelväte, vilket man måste ta hänsyn till vid dimensionering och utformning av utrustning och för att uppnå låga utgående stofthalter förutsätts en effektiv kondensering av ångorna.
Behandling av imånga kan utföras på följande sätt:

- Tvättning med svaglut i venturiskrubber, värmeåtervinning i ytkondensor och förbränning av gaserna i sodapannans luftregister. Se figur 6
- Tvättning med svaglut i venturiskrubber, värmeåtervinning i ytkondensor och till atmosfär via skrubber efter sodapannan.
- Tidigare sätt var att tvättning utfördes med svaglut i skrubber och utluftning via imskorsten.

Den första metoden enligt ovan är den mest förekommande idag beroende på de miljövillkor som ställs och beskrivs närmare på följande sätt.
Imångorna från lösaren leds in i venturiskrubbern och svaglut som används som tvättvätska cirkuleras i skrubbern. Svagluten går i retur till lösaren och till dysor för tvättning av kanalen före skrubbern.
Den renade imången leds vidare till ytkondensorn för värmeåtervinning och därmed kondensering av vatten och minimering av vatteninnehållet i gaserna som skall gå till förbränning.
Värmeinnehållet i imångan är normalt 0,35 -0,40 GJ ptm och med ett optimalt utformat kanalsystem erhålls ett högvärdigt varmvatten.
Innan imångan leds till sodapannans luftregister bör den passera en droppavskiljare för att minimera vatteninnehållet samt att gaserna värmas upp genom värmeväxling med ånga så att man ligger över daggpunkten.
Imångan bör tillföras pannan på en nivå där temperaturen ligger i intervallet 850-1000°C för att gasernas innehåll av ammoniak ska bidra till minskat NOx utsläpp från pannan, vanligen till tertiär- eller kvartärluftsregister.
Då imångkanal ansluts till pannans luftkanal, skall hänsyn tas till beläggningar som kan kräva vattentvättning, samt ska risk för igensättningar i dräneringsledningar beaktas.
Imångkanal som ansluts till pannan eller dess luftkanal, skall efter dräneringsficka förläggas med stigning mot pannan, så att vatten rinner tillbaka mot dräneringsfickan.
Dräneringsledningar på imkanalen ska förses med vattenlås med bräddöverlöp innan de dras samman till gemensamt avlopp, så att vatten inte kan komma in i kanalen via sammankopplade dräneringar, se ”Sammankoppling av medier” rekommendation B 1.
Vid vattentvättning av imkanal krävs att kanalen före tvätt avblindas och låses mot pannan. Vidare rekommenderas att kanalen förses med larm för vatten i kanalen. Fast anslutning av tvättvatten bör undvikas och måste om det installeras förreglas mot kanalens avblindning, samt mot larm för vatten i kanalen.

Rekommendationerna B 1, se avsnitt om ”Sammankoppling av medier” och B 16 i tillämpliga delar om ”Riktlinjer angående utrustning för destruktionseldning i sodapannor ”.

1.9 Manlucka

Smältlösaren skall förses med en lågt placerad manlucka, vars innerdiameter inte får vara mindre än 700 mm. Dessutom bör det finnas en större rektangulär manlucka, med måtten minst 1000 x 1800 mm, så att man kan kärra ut de avlagringar som avlägsnats vid rengöring av smältlösaren, eller med dimension som möjliggör maskinell uttransport av avlagringar. Normalt brukar det innanför luckan fastna stora volymer fast material och i sämsta fall kan grönlut finnas kvar som kan strömma ut med stor hastighet. Luckan skall därför förankras och varningsskyltar och arbetsinstruktioner skall finnas så att öppning utförs på ett säkert sätt.

1.10 Bräddöverlöp

Smältlösaren skall förses med minst ett bräddöverlöp med tillräcklig dimension för att klara den maximala spädningskapaciteten till lösaren samtidigt med kraftig smältarusning som kan uppstå. Bräddöverlöpet skall mynna i ett vattenlås.
För att minska risken för pluggning genom stänk av smälta, bör bräddöverlöpet och vattenlåset förses med någon typ av stänkskydd. Överlöpet och vattenlåset bör kunna inspekteras och rensas från en lucka i dess övre del. Se figur 3.

1.11 Tömningsstuts

Smältlösaren skall ha en tömningsstuts placerad så nära botten att lösaren kan tömmas helt. Fjärrmanövrerad tömningsventil skall vara försedd med s.k. blindspade efter ventilen.

1.12 Stutsar för grönlut och svaglut

Det bör finnas minst två närliggande sugstutsar för grönlutpumparna. Anslutningsstutsarna för dessa bör placeras så att risk för kortslutning med ingående svaglut inte föreligger. Stutsarna bör placeras minst 1500 mm över lösarens botten för att förhindra en oavsiktlig tömning av smältlösaren under drift.

Röranslutningarna mellan lösaren och grönlutpumparna bör förses med särskilda rensstutsar, så att rensning kan ske utan att smältlösaren behöver tömmas.

Se avsnitt 2.5 och 2.6 samt beträffande grönluts- och svaglutsledningar, samt beträffande stutsplacering figur 4.

2 Mekanisk och elektrisk utrustning på sodalösaren

2.1 Löprännor, skyddshuvar och smältasplittring

Smältan från sodapannans ugnsbotten leds via löprännor till lösartanken.
Löprännor, deras kylsystem, smältasplittring samt skyddshuvar för löprännor m.m. behandlas i rekommendation B1.

2.2 Omrörare

Smältlösaren skall vara utrustad med effektiva och driftsäkra omrörare för att säkerställa upplösningen av smältan.
En god omrörning innebär minskad risk för lokalt hög TTA-halt. Hög TTA-halt gynnar utfällning av pirssonit. Pirssoniten har en benägenhet att avsätta sig på bl.a. omrörarbladen, vilket drastiskt minskar omrörarnas effektivitet.

Omrörarnas placering och lösartankens geometri bör vara föremål för sakkunnig strömningsteknisk beräkning. Omrörarna bör vara placerade så att de ger maximal omrörningseffekt. Antalet omrörare och installerad omrörareffekt bör anpassas till sodapannans maximala kapacitet och dimensioneras så att tillfredsställande omrörning erhålls även vid ojämn smältaavgång från pannan. För god omrörning krävs (tumregel) en omrörare per 65-75 m^3 nettovolym med omrörareffekt som tar hänsyn till de beläggningar som med tiden bildas på omrörare och på lösarens väggar.

Placeringen får inte hindra arbetet vid rensning av sodalöp eller äventyra en snabb utrymning av smältlösarplanet.
Toppmonterade omrörare kräver utrymme på lösarplanet men medför mindre risk för stopp p.g.a. läckage.
Sidomonterade omrörare inkräktar inte på utrymmet på smältlösarplanet men kan i stället medföra läckageproblem, som kan nödvändiggöra nedeldning av sodapannan för att kunna åtgärdas.

Vid omrörarhaveri rekommenderas utrymning av lösarplanet och planerad nedeldning av pannan så att reparation kan ske. Vid konstruktion ska möjligheterna till god tillsyn och underhåll beaktas.

Omrörarna bör vara anslutna till sodahusets reservkraftsystem.

2.3 Grönlutpumpar

För utpumpning av grönlut skall det finnas två av varandra oberoende pumpar, som var och en skall ha en kapacitet för hela grönlutmängden.
Pumpkapaciteten bör motsvara ett grönlutflöde av 2,3-3m3/tts till pannan,(dvs 2,5 -3 m^3 /h för varje tts/h som tillförs pannan).
Grönlutpumparna bör vara lågvarviga och varvtalsreglerade.
Vid beräkning av pumparnas uppfordringshöjd skall bl.a. hänsyn tas till förekomst av beläggningar i grönlutledningen.

2.4 Grönlutledningar

Smältlösaren skall utrustas med två separata utpumpningsledningar för grönlut.
Grönlutsledningarna skall vara väl isolerade för undvikande av utfällning av pirssonit.
Speciellt viktigt är att undvika köldbryggor. En dimensionerad grundflödeshastighet lägre än 0,5 m/s är rekommenderad i ledningen för att ge kapacitet att hantera inre påbyggnad av beläggningar.
Det rekommenderas att grönlutledningar förbereds för rengöring med högtrycksspolning. Ledningarna bör därför förses med spolstutsar eller demonterbara passbitar som möjliggör åtkomst med högtrycksspolning ungefär var 40:e meter (tätare vid extrem rördragning med många böjar).

Anslutning för renblåsning av grönlutledningarna med ånga bör finnas.

Tidigare var syratvättning av grönlutledningar vanligt. Metoden rekommenderas inte längre av Sodahuskommittén utan högtrycksspolning förordas.

Dock om syratvättning ändå måste tillgripas så skall grönlutledningarna vara väl förberedda för detta med fasta doserings- och avtappningsledningar och lämpliga ventiler så att läckage och olyckor undviks.
För att syratvättningen skall bli effektiv, bör grönlutledningarna dras med jämn lutning från grönlutpumparna till grönlutcistern (klarnare). Om detta inte går att genomföra, bör en högpunkt på ledningen anläggas. Högpunkten förses med en avluftning.

Viktigt! Avtappningsledningen får inte dras till golvkanal, som kan innehålla sulfidhaltiga media. Om surt tvättvatten kommer i kontakt med smältarester, grönlut eller liknande som kan innehålla sulfider föreligger risk för livsfarlig svavelvätebildning.

2.5 Svaglutledning

Smältlösaren bör ha en separat ledning för tillförsel av svaglut. Ledningen skall vara dimensionerad för ungefär samma volymflöde som i grönlutledningen.

Anslutningarna för svaglut till lösartanken skall förläggas på motsatta sidor mot uttaget av grönlut, så att det inte kan uppstå ett kortslutande direktflöde mellan tillförseln av svaglut och uttaget av grönlut.

Om lösarens omrörare är sidomonterade tillförs lämpligen svagluten bakom omrörarna. Svaglutsmängden kan uppdelas, så att ett delflöde tillförs genom den grönlutpump som är i vila.
Smältlösaren skall automatiskt kunna förses med vatten vid tillfällen då ordinarie tillförsel av svaglut tillfälligt upphört.
Anslutande vatten bör hållas minst 40^{o}C. Natriumkarbonatets löslighet minskar kraftigt vid temperaturer under 35^{o}C.
Det skall dessutom finnas möjlighet att tillföra vatten vid kraftavbrott från ett system, som tryckhålls av reservkraft, exempelvis brandvatten.

Stutsar för reservvatten skall dimensioneras för samma flöde, som annars tillförs lösaren i form av svaglut.

3 Reglering och övervakning

För att undvika driftstörningar och för att få en jämn kvalitet på den grönlut, som lämnar smältlösaren, är det nödvändigt att reglerings- och övervakningsutrustningen fungerar på ett tillfredsställande sätt.
Onormalt hög grönlutsdensitet i smältlösaren leder till kristallisering och utfällning av soda i lösaren, ett förlopp som innebär stora risker och som är svårt att häva. Även störningar som kan medföra ansamling av oupplöst smälta i sodalösaren medför stora säkerhetsrisker, se rekommendation C1. Av detta skäl ska utformning av process- och säkerhetssystem fokusera på att undvika dessa problem, då de är svåra att upptäcka och åtgärda om de tillåts inträffa.

3.1 Koncentrationsreglering i lösaren

Det är viktigt att ha en bra reglering av densiteten i smältlösaren för att

- Minimera beläggningar i lösaren och grönlutsledningar
- Få optimala förhållanden vid klarningen eller grönlutsfiltreringen
- Få optimala förhållanden i kalksläckaren

Den vanligaste metoden att kontrollera koncentrationen är med densitetsreglering. Nackdelen med densitetsreglering är att relativt små ändringar i densiteten ger stora variationer i alkalikoncentrationen, 1 % avvikelse i densitet ger ca 7 % avvikelse i alkalihalt (se referens). Figur 5 visar sambandet mellan densitet och alkalikoncentration.

Mätning och reglering av grönlutens densitet i smältlösaren kan ske med bubbelrörsprincipen. Nackdelen är, förutom okänsligheten, benägenheten för beläggningar i bubbelröret. Bubbelröret skall kunna bytas under drift. Det bör därför finnas tre bubbelrör i lösartaket, med signal utvärderad enligt 2 av 3. Då kan även ett rör monteras och kopplas ut/in för rengöring utan störningar i densitetsregleringen.

Vid förutbestämd avvikelse mellan givarna ska processlarm ges.

Signal från densitetsregleringen styr svaglutsflödet till smältlösaren.

3.2 Kontroll av grönlutens densitet

Anordningen för bubbelrörsmätningen kan kombineras med en gammastrålemätning eller refraktometer i grönlutsledningen. En finjustering av densiteten är då möjlig genom tillsättning av en variabel mindre mängd av svaglut (ca 10 %) till grönlutspumpens sugsida.

Ytterligare en metod för kontroll och styrning av grönlutens TTA är temperaturmätning av grönlut. Vid konstant temperatur på svagluten, 50°C rekommenderas, kan ett samband tas fram mellan grönlutens temperatur och TTA. Detta samband är bruksspecifikt.

För provtagning och kalibrering rekommenderas automatisk lutanalysator på grönlut.
För provtagning och manuell kontroll av grönlutens densitet skall det finnas ett provställ där mätning kan ske med areometer. Vid kalibreringskontroll med manuell densitetsmätning måste temperaturen mätas i provställ och i rörledning och korrektion av mätvärde ske till aktuell temperatur på grönluten i ledningen.

3.3 Nivåreglering

Nivåregleringen bör ske genom mätning av nivån i smältlösaren med bubbelrörsprincipen, eller motsvarande, med utvärdering enligt 2 av 3 princip. Mätsignalen styr då utpumpningen av grönlut. Vid väsentlig avvikelse mellan givarna ska processlarm ges. Arrangemanget medger att en givare byts eller underhålls utan att regleringen störs.
Nivån i smältlösaren kan även hållas konstant genom att intaget till grönlutpumparna sker via bräddöverlöp.

3.4 Flödesmätning

Flödet av svaglut till smältlösaren och grönlut från smältlösaren bör mätas och registreras kontinuerligt.

3.5 Tryckreglering

Undertrycket i smältlösaren bör hållas konstant genom reglering med fläkten för imånga. Fläkten bör helst vara varvtalsreglerad
Beträffande processlarm, se SHK:s rekommendation B 14.

3.6 Processtyrning och övervakning

Följande kretsar för processtyrning och övervakning rekommenderas:

- Densitetsmätning i lösartanken med 3 givare utvärderade som 2 av 3 (2oo3). (vid avvikelse mellan mätgivarna ska larm ges i manöverrummet).
    - Densitetsmätning kan ske med bubbelrör, hittills vanligast, även dp-cell förekommer.
    - Refraktometer i grönlutsledning för finjustering av TTA
- Konstanthållning av svagluttemperatur, ca 50 C, samt mätning av temperatur på utpumpad grönlut kan relateras till grönlutens TTA som extra kontroll.
- Nivåreglering enligt princip 2 av 3 (2oo3).
    - Vanligast med bubbelrör
    - Även nivåmätning med dp-cell förekommer
- Uppdrag av pumparnas sugstudsar till 1,5 m höjd, se avsnitt 1.1, säkerställer nivå i lösaren under drift.
- Flödesmätning på svaglut till smältlösaren och grönlut från smältlösaren.
- Temperatur på svaglut till smältlösaren och grönlut från smältlösaren.
- Undertryck i smältlösaren för reglering av imkondensor.

3.7 Indikering, registrering och larm

Följande parametrar skall indikeras, trendas samt ha larm för såväl hög nivå som för låg nivå:

- Nivå i smältlösartank
- Temperatur i smältlösartank
- Densitet i smältlösartank och i utgående grönlut
- Svaglut-och grönlutflöde
- Elektrisk strömstyrka (ampere) till omrörarmotorer
- Rotationsvakt på omröraraxel
- Avvikelse mellan givare i 2 av3 utvärdering.
- Överlöpet från smältlösaren skall vara försett med ett temperaturlarm för hög temperatur.
- I de fall smältlösarens bottentömningsventil är fjärrmanövrerad skall den vara utrustad med lägesindikering och larm för öppen ventil.

3.8 Instrumenterade säkerhetsfunktioner

För att uppnå en tillräcklig säkerhetsnivå rekommenderas följande instrumenterade säkerhetsfunktioner, (SIF, Safety Instrumented Function) införda sodapannans säkerhetssystem. Säkerhetsfunktionerna är processrelaterade enligt beskrivning i rekommendation B 18 (under omarbetning).
Anm. Eftersom nedanstående säkerhetsfunktioner inte är direkt föreskrivna eller krävs i åberopade standarder kan det efter medgivande från kontrollorgan var möjligt att förlägga dessa säkerhetsfunktioner i ett väl dokumenterat processtyrsystem (BPCS).

- Normal nivå i lösaren utgör startvillkor för olje- och luteldning.
- Temperatur i lösartanken >50C är startvillkor.

- Vid stopp på all omrörning avbryts tillförsel av brännlut omedelbart.
- Vid stopp på 1 omrörare av 2 (eller fler) avbryts tillförsel av brännlut efter kort tidsfördröjning för försök till återstart (förutbestämd tid i riskanalysen).
  Om lösartankens normala uppehållstid väsentligt understiger 1 timme enligt avsnitt 1.2 bör dock luteldning avbrytas omedelbart.
- Vid bortfall av svaglutflöde till lösaren skall reservspädning med varmvatten >40C aktiveras automatiskt. (Kallvatten ökar risken för kristallisation). Dessutom skall finnas möjlighet till manuell inkoppling av brandvatten om vattentillförsel skulle fallera.
- Otillåtet hög densitet i lösaren avbryter tillförsel av brännlut.
- Bottentömningsventil bör vara manuell. Stängd fjärrmanövrerad bottentömningsventil är start- samt driftvillkor för eldning.
- Om imångkanalen är ansluten till pannans luftsystem, skall tvättvatten till imångkanalen vara förreglat mot vattensensor och stängt spjäll mot pannan så att vatteninförsel till pannan förhindras.

3.9 Övervakning av smältlösarplan

Smältlösarplanet ska vara övervakat från bildskärm i manöverrummet.
Smältlösarplanet får under drift inte beträdas av obehörig personal.

3.10 Övervakning av smältaflödet

Smältaflödet i rännorna ska övervakas enligt beskrivning i rekommendation B1.
Kameraövervakning av utrymmet under pannan rekommenderas, se rekommendation B 1.

4 Personsäkerhet

Driftproblem, som hör ihop med upplösningen av smältan, kan leda till olyckor, där personskadorna kan bli mycket allvarliga, se SHK:s rekommendation C 1.

Rensningen av löprännorna, som i regel utförs som ensamarbete, måste göras med stort omdöme för att undvika skador från stänkande smälta.

Rätt typ av klädsel och skyddsutrustning skall användas. Hjälm, visir, hörselskydd, skyddshandskar och eldhärdiga kläder bör användas, se rekommendation B 5.

Det rekommenderas att varje anläggningsägare sörjer för att en fördjupad riskanalys för arbeten vid och på lösaren upprättas, samt ombesörjer att instruktioner för säkert handhavande upprättas och iakttas, samt att rätt typ av skyddsutrustning används.

4.1 Nöddusch och ögondusch

I omedelbar anslutning till smältlösarplanet skall det finnas en eller flera nödduschar samt utrustningar för ögonsköljning.
Nödduschar och ögonduschar placeras lämpligen i anslutning till utrymningsvägarna.
Ögonduschar placeras även i anslutning till provutrustning för grönlut.
Aktiverad nöddusch eller ögondusch skall ge farolarm med positionsangivelse i manöverrummet.
Provning av utrustning inklusive larmfunktion ska utföras regelbundet.

4.2 Sodahuslarm

Det skall finnas möjlighet att utlösa sodahuslarm från plats på lösarplanet eller i dess omedelbara närhet, t.ex. vid utrymningsväg. Se rekommendation B14.

4.3 Utrymningsvägar

Från lösarplanet skall det finnas minst två väl utmärkta utrymningsvägar, som skall vara väl belysta och lätta att finna även vid kraftavbrott. Se rekommendation B 2, Byggnad. Utrymningsvägarna från sodahuset skall vara väl arrangerade, se rekommendation B 2. Belysningen skall vara av mycket god kvalitet och kopplad till reservkraftsystemet.

4.4 Skyddsutrustning

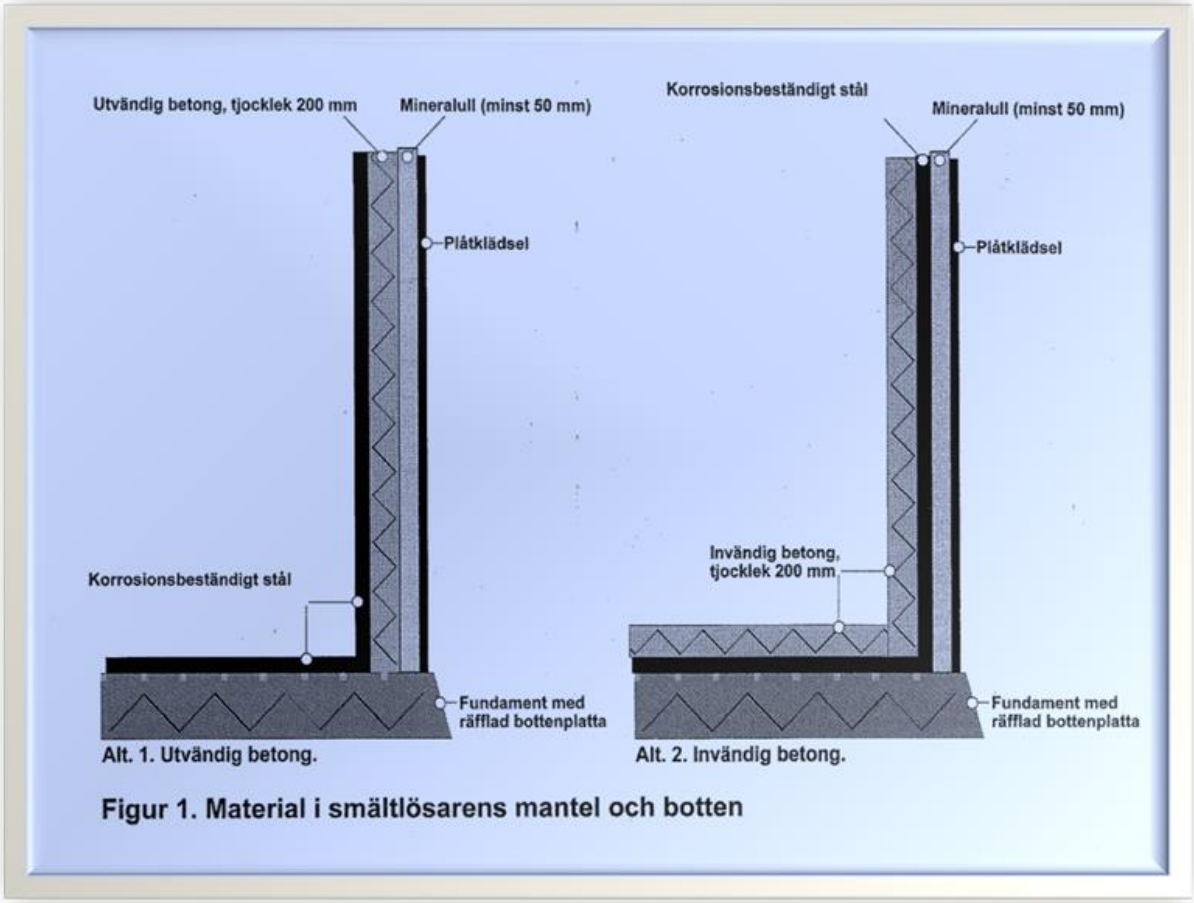
För användning på smältlösarplanet skall det finnas extra skyddsutrustningar omfattande hjälm, visir, hörselskydd, skyddsglasögon, flamsäkra överdragskläder och skyddshandskar. Utrustningen skall förvaras så att den inte kan skadas av miljön på smältlösarplanet.

Beträffande skyddsutrustning, se rekommendation nr B 5. Skyddskläder med aluminiumbeklädnad är ej lämpliga.

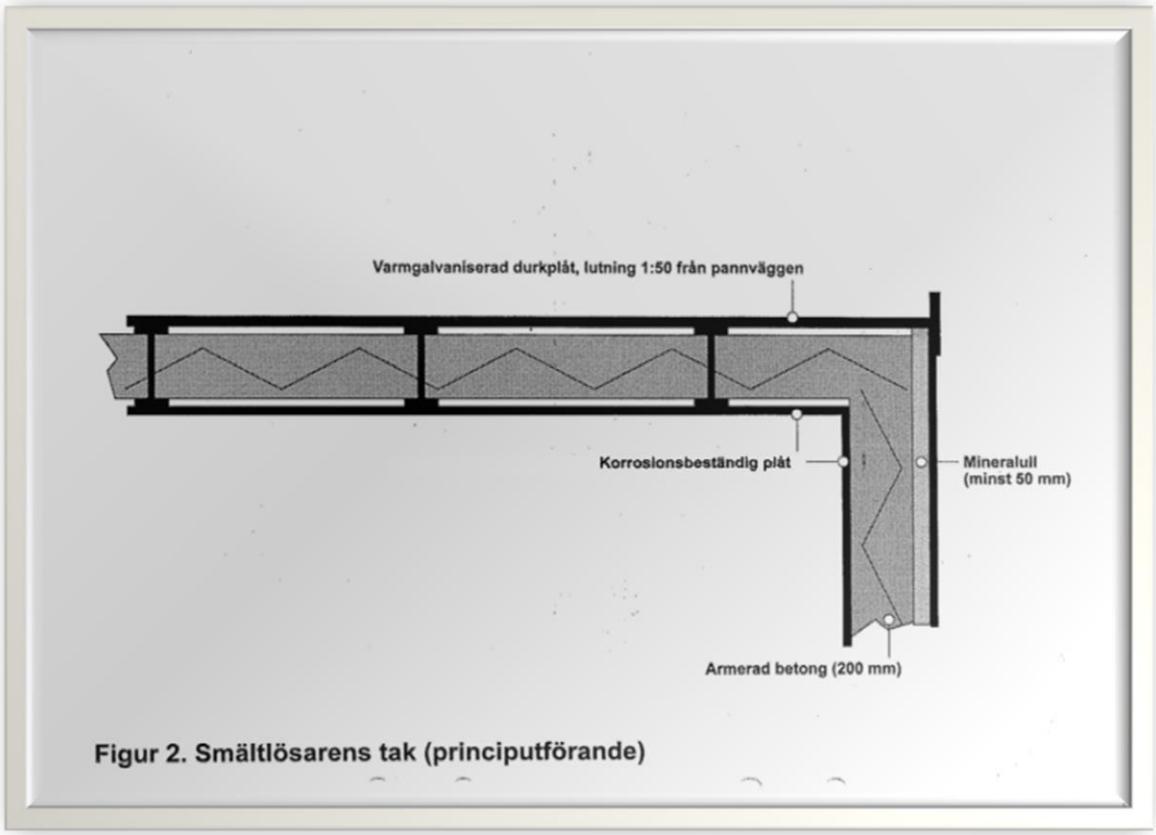
Referens

Nordic Pulp and Paper Research Journal no. 4/1989.
“A system analysis of the chemical recovery plant of the sulfate pulping process (Part 7. “Comments on the smelt dissolver”)”
Hans Theliander, Chalmers University of Technology; Öystein Aksnes, Mo and Domsjö, Husum.

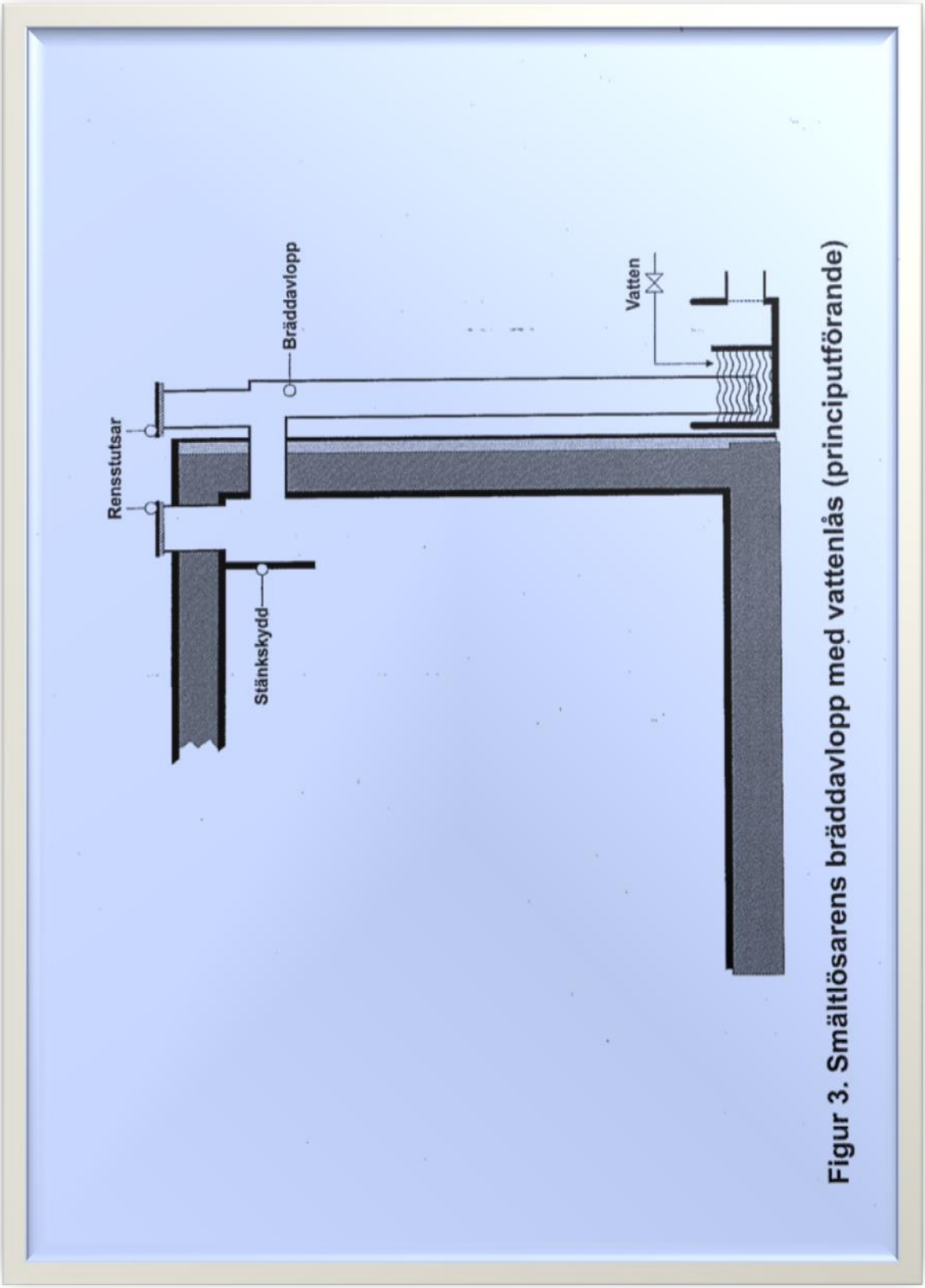
Figurer 1 -6



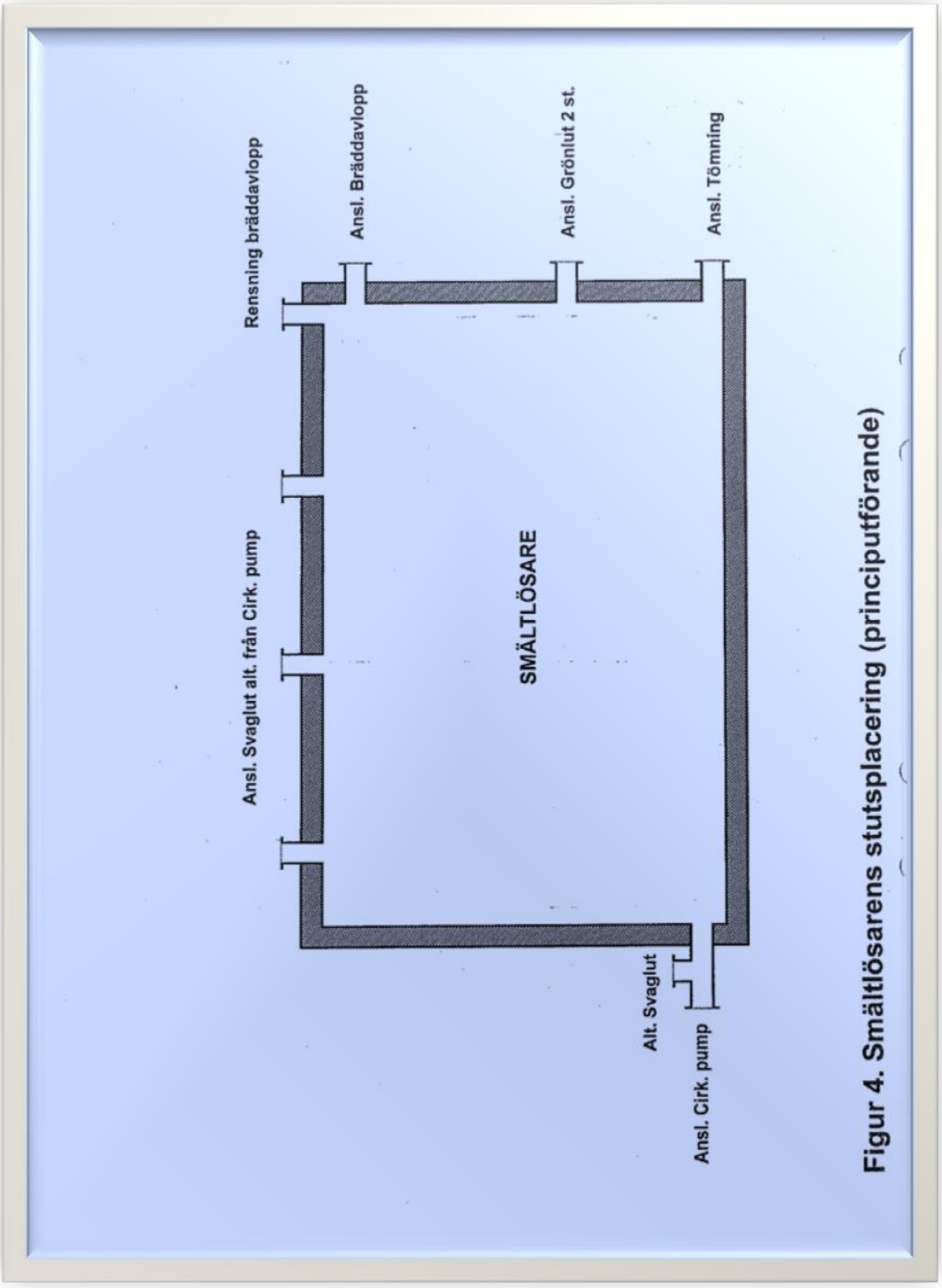
Figur 1. Material i smältlösarens mantel och botten



Figur 2. Smältlösarens tak (principutförande)



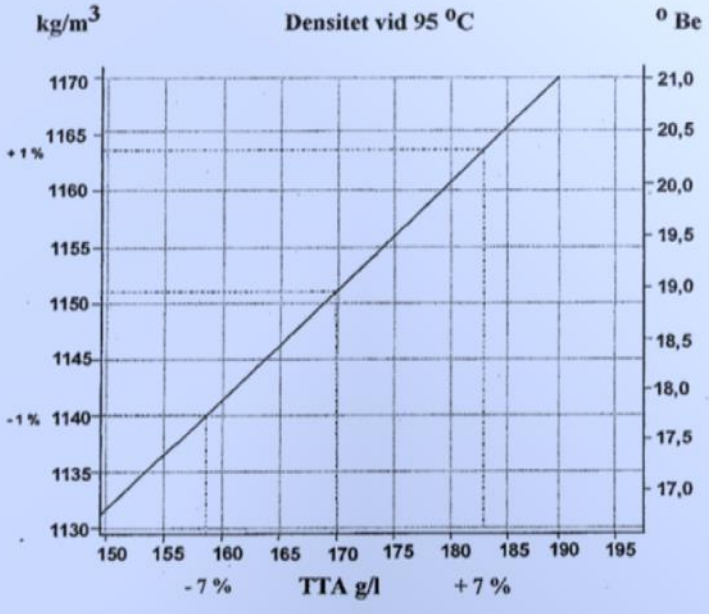
Figur 3. Smältlösarens bräddavlopp med vattenlås (principutförande)



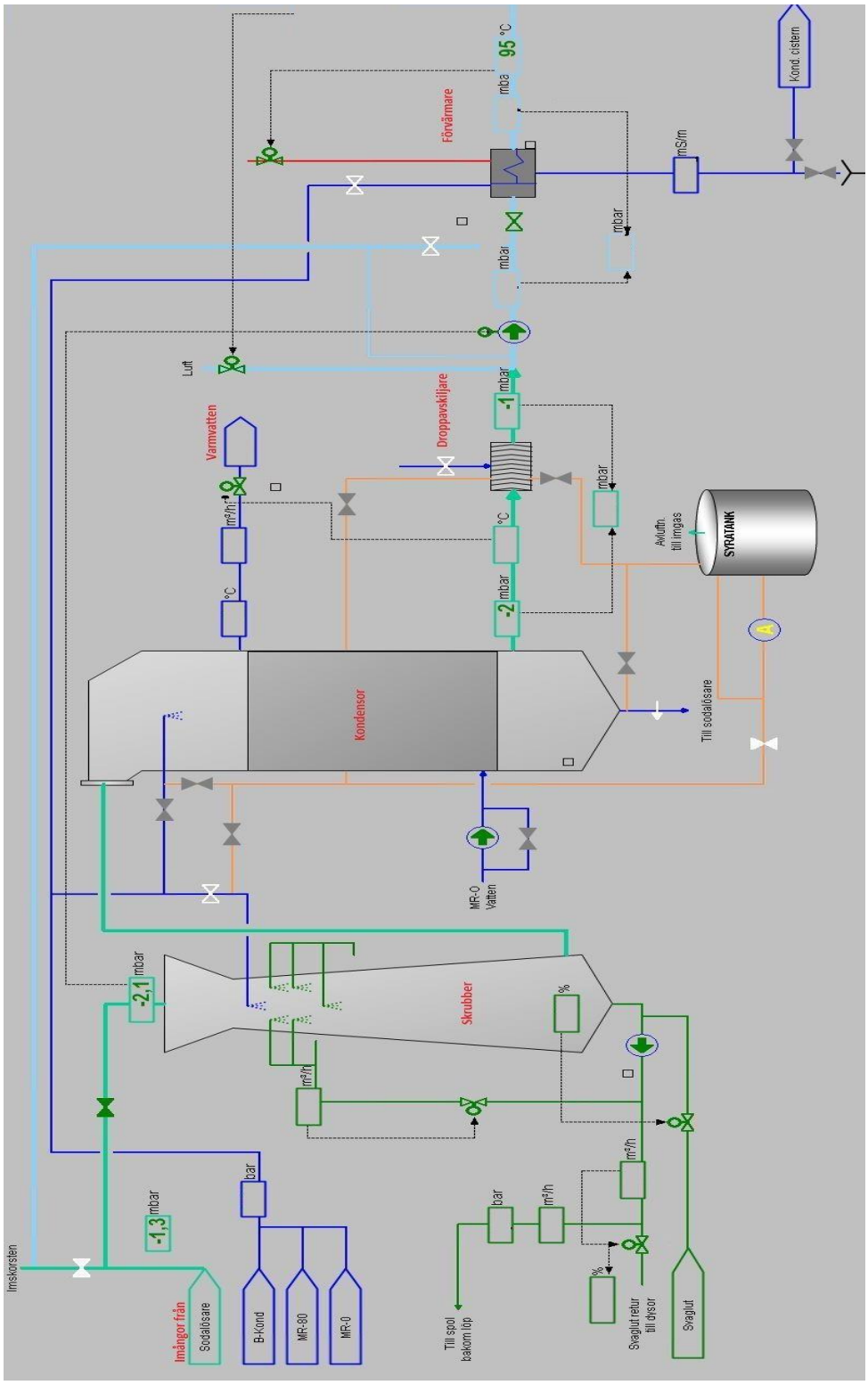
Figur 4. Smältlösarens stutsplacering (principutförande)

Förutsatt grönlutsanalys:

$[OH^-]$	41,2 %
$[CO_3^{2-}]$	33,6 %
$[HS^-]$	19,0 %
$[SO_4^{2-}]$	2,1 %
$[S_2O_3^{2-}]$	1,1 %
$[Cl^-]$	3,0 %



Figur 5. Grönlutens densitet som funktion av totalt titrerbart alkali (TTA).



Figur 6. Exempel för rening ,värmeåtervinning och förbränning av imgaser från smältlösare

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 5
Utgåva 5, maj 2022

Skyddsutrustning och skyddsåtgärder i sodahus

Rekommendation behandlar förutom personlig skyddsutrustning, övrig skyddsutrustning i sodahuset, träning av personal, samt behandlar regler kring arbeten i slutna utrymmen och uppförande av ställningar i sodapannan.

Arbetsmiljön skall i första hand vara utformad på sådant sätt att särskild skyddsutrustning ej skall vara nödvändig för att utföra ett arbete.

Rekommendationen gäller egen personal och i förekommande fall externa entreprenörer. Respektive arbetsgivare förser sin personal med den personliga skyddsutrustningen.

Hänvisningar

Föreskrifter

AFS 2001:3 Användning av personlig skyddsutrustning

AFS 2001:1 Systematiskt arbetsmiljöarbete

AFS 2017:3 Användning och kontroll av trycksatta anordningar

AFS 2013:4 Ställningar

AFS 1999:3 Byggnads- och anläggningsarbete, § 57 – 60.

AFS 1982:3 Ensamarbete

AFS 2019:11 Kemiska arbetsmiljörisker

Standard

SS-EN ISO 11612:2015 **Skyddskläder - Kläder till skydd mot hetta och flamma - Lägsta prestandakrav**

SS-EN ISO 14116:2015 **Skyddskläder mot flamma - Material, materialkombinationer och kläder med begränsad flamspridning**

Rekommendationer

B 1 Sodapannans konstruktion och utrustning

B 2 Säkerhet i sodahusbyggnader

Innehåll

1 Personlig skyddsutrustning Allmänna regler som skall tillämpas på all personlig skyddsutrustning 4

1.1 Placering av skyddsutrustning. 4

1.2 Rekommenderad skyddsutrustning. 4

1.2.1 Andningsskydd/Skyddsmask 4

1.2.2 Andningsmask med lufttuber inkl. rökdykardräkt 5

1.2.3 Ansiktsskärmar (visir) och skyddsglasögon. 5

1.2.4 Skyddskläder av värmeisolerande eller kemikaliebeständigt material. 5

1.2.5 Skyddshjälmar, gummistövlar, arbetshandskar samt hörselskydd. 5

1.2.6 Säkerhetssele inbyggd i väst samt lina. 5

1.2.7 Förbandsartiklar (inkl. water gel för brännskador och)och bår. 5

1.2.8 Räddningsbår. 5

1.2.9 Nödduschar. 6

1.2.10 Bärbar personlig gasvarnare för svavelväte eller svaveldioxid 6

1.2.11 Bärbar kommunikationsradio 6

1.2.12 Personliga varningsvästar med reflex 6

1.2.13 Första hjälpen utrustning 6

1.2.14 Hjärtstartare - defibrillator 7

2 Övriga skyddsutrustningar 7

2.1 Skyddstak och ställningar 7

2.2 Förhindrande av fall från höjd 7

2.3 Skydd mot hetta och brand 7

2.4 Brandsläckningsutrustning 8

2.5 Evakuering av person ur trånga utrymmen 8

2.5.1 Manhål och räddningshål 8

2.5.2 Lyftanordningar 8

2.5.3 Räddningsbårens utförande 8

3 Samlingsplats vid utrymning 9

4 Träning av personal 9

5 Inpasseringssystem 9

6 Checklista vid uppbyggnad av skyddstak och ställningar inne i pannan 10

1 Personlig skyddsutrustning

1.1 Allmänna regler som skall tillämpas på all personlig skyddsutrustning

Arbetsmiljön skall i första hand vara utformad på sådant sätt att särskild skyddsutrustning ej skall vara nödvändig för att utföra ett arbete.

Den personliga skyddsutrustningen skall ge skydd mot risker som kan uppträda i arbetsmiljön för personalen.

Utrustningen skall vara funktionell så att användaren kan utföra sina arbetsuppgifter på ett smidigt sätt men samtidigt ge användaren högsta möjliga skydd och skall vara lätt att ta av vid allvarliga risker som hetta/brand eller kemikalier.

Innan personlig skyddsutrustning väljs skall en bedömning av riskerna i arbetsmiljön analyseras enligt AFS 2017:3 ”Användning och kontroll av trycksatta anordningar” samt undersöka arbetsmiljöarbetet enligt AFS 2001:1 ”Systematiskt arbetsmiljöarbete”. Utrustningens egenskaper skall väljas så att den skyddar mot dessa risker. Bedömningen ska revideras löpande och när någon förändring inträffat som har betydelse för valet av skyddsutrustning.

Rekommendationen gäller egen personal och i förekommande fall externa entreprenörer/personal och omfattningen fastställs i riskbedömningar i samband med systematiska arbetsmiljöarbetet. Respektive arbetsgivare förser sin personal med den personliga skyddsutrustningen och ansvarar för att den används och hanteras på rätt sätt.

1.2 Placering av skyddsutrustning.

Föreslagna placeringar av personlig/gemensam skyddsutrustning benämns i följande text med nedanstående beteckningar:

A. I manöverrummet, i ett skåp per skift alternativt per anställd.

B. I torrt och rent utrymme i närheten av manöverrummet

C. I klädskåp i anslutning till manöverrummet, ett skåp per skift och i vissa fall måste skyddsutrustningen vara personlig på grund av hygieniska skäl.

D. Tillgängligt i förråd.

E. I manöverrum.

F. Lokalt vid särskilt utsatta arbetsställen i sodahuset.

1.3 Rekommenderad skyddsutrustning.

1.3.1 Andningsskydd/Skyddsmask

Personligen utprovade andningsskydd/skyddsmask med kombinationsfilter för farliga gaser som kan förekomma i arbetsmiljön.

Filter för stoft-/partiklar skall finnas tillgängliga.

Rutiner skall finnas för att byta filter samt för kontroll av andningsskydden.

Placering A.

1.3.2 Andningsmask med lufttuber inkl. rökdykardräkt

Andningsmask med lufttuber inkl. rökdykardräkt. För denna typ av utrustning krävs speciell utbildning med regelbundet återkommande övningar för denna typ av utrustning.

Placering A eller B.

Alternativt träffas en överenskommelse med ”Räddningstjänsten” på orten om att anlita dem när dylik utrustning kräv, detta eftersom utbildning och repetitionsutbildning för rökdykare är omfattande.

1.3.3 Ansiktsskärmar (visir) och skyddsglasögon.

Placering A, C och F.

1.3.4 Skyddskläder av värmeisolerande eller kemikaliebeständigt material.

- Förkläde med ärmar och stålkrage, midjelängd/alternativt full längd, öppen rygg.
- Skyddshandskar mot värme och kemikalier

Viktigt att beakta materialets egenskaper avseende på kemikaliebeständighet, flamegenskaper och påverkan av skyddsklädernas kemikaliska egenskaper.

Placering B, C och F.

1.3.5 Skyddshjälmar, gummistövlar, arbetshandskar samt hörselskydd.

Placering C. Utrustningen skall vara personlig.

1.3.6 Säkerhetssele inbyggd i väst samt lina.

Arbete med säkerhetssele och väst för fallskydd kräver utbildning och kännedom om riskerna med att arbeta i denna utrustning. Kontroll av utrustning och fästpunkter måste genomföras kontinuerligt och inför användningen.

Placering D.

1.3.7 Förbandsartiklar (inkl. water gel för brännskador och)och bår.

Placering B.

1.3.8 Räddningsbår.

Särskild bår med hissanordning t.ex. talja för uttransport av skadad person ur sodapanna eller annan tryckbärande anordning. Taljan skall vara försedd med säkerhetsbroms (fallskydd).

Placering B.

1.3.9 Nödduschar.

Nödduschar med trampplatta och anordning för ögonsköljning placerade på botten-, smältlösar- och manöverplanen samt där hantering av frätande eller heta material innebär risker. Vattentillförseln till nödduscharna skall utformas så att vattnet omedelbart når duschventilen och att ”lagom tempererat” uppnås direkt. Lagom tempererat vatten brukar man i detta sammanhang betrakta vatten med en ungefärlig temperatur mellan 20 och 30^0C, se AFS 2011:19. Aktiverad nöddusch skall ge alarm med positionsangivelse i manöverrummet och/eller till larmcentral.

Rutiner skall finnas för att manuellt ,alternativt att systemet är utformat så att vatten byts ut systematiskt för att minimera risken för legionella.

1.3.10 Bärbar personlig gasvarnare för svavelväte eller svaveldioxid

Bärbar personlig gasvarnare för svavelväte med digital display för gashalt samt optiskt och akustiskt larm när halten överstiger fastställda gränsvärden för respektive gas.

Bärbar mätutrustning för koloxid, svaveldioxid och klor kan vara nödvändiga i vissa fall och eventuellt behov bör finnas dokumenterade i en riskbedömning i samband med det systematiska arbetsmiljöarbetet.

Rutiner skall finnas för kalibrering och kontroll av batterier och gasvarnaren.

Fasta gasvarnare skall placeras på platser där risk föreligger att farliga gaser kan förekomma eller att risk för att sura och alkaliska ämnen kan blandas. Aktiverad gasvarnare skall ge alarm med positionsangivelse i manöverrummet och/eller till larmcentral.

Placering C, E och F

1.3.11 Bärbar kommunikationsradio

Vid arbete i fabriksavdelningar eller vid utförande av ensamarbete skall personalen ha möjlighet till förbindelse med manöverrum och/eller till larmcentral via bärbar kommunikationsradio. Utrustningen bör om möjligt kunna indikera position och ge automatiskt larm vid onormal lägesförändring.

Placering E och för vissa befattningar

1.3.12 Personliga varningsvästar med reflex

Personliga varningsvästar för egen och externpersonal är vanligt förekommande och skall bäras för att vara synlig i fabrikslokalerna.

Placering C

1.3.13 Första hjälpen utrustning

Första Hjälpen utrustning som plåster, förband och ögonsköljflaskor återfinns i manöverrum och utplacerade på strategiska platser.

Ögonsköljflaskor bärs normalt även som en personlig utrustning.

Placering C,E och F

1.3.14 Hjärtstartare - defibrillator

Hjärtstartare eller defibrillator placeras i manöverrum eller utplacerade på strategiska platser. För användning av den krävs utbildning och träning i första hjälpen. Platsen för hjärtstartare skall vara klart utmärkta och dokumenterade.

Placering E och F

2 Övriga skyddsutrustningar

2.1 Skyddstak och ställningar

Sodahuskommittén rekommenderar att bruken använder sig av entreprenörer, som är anslutna till STIB – Ställningsentreprenörerna eller motsvarande organisation.

Det är angeläget att stagning, ställningsstöd och fästen för säkerhets block utförs på ett korrekt sätt och rutinmässigt kontrolleras före ett användande samt att genomförd kontroll dokumenteras. Det är även viktigt att ställningsbyggare har tagit del av de allmänna säkerhetskraven som anges i Arbetsmiljöverkets , AFS 2013:4 Ställningar. Vid upphandling av en sådan entreprenad bör bilagan till denna rekommendation ”Checklista vid uppbyggnad av skyddstak och ställningar inne i pannan” ligga till grund.

Beträffande krav på skyddstakets konstruktion, utförande, bärighet samt märkning, se rekommendation B 1.

Rekommendation C 1 behandlar risker vid inläggning av skyddstak och vid ställningsbygge på skyddstak.

2.2 Förhindrande av fall från höjd

Skyddsutrustning, som är avsedd att förebygga fall från höjd, exempelvis vid byggande av skyddstak, skall ha en sele och en fastsättningsanordning, som kan fästas till en säker förankringspunkt. Selen skall vara utformad så att användarens vertikala fallhöjd minimeras för att förhindra kollision med ett hinder. Bromskraften får heller inte vara så stor att fysisk skada uppstår eller att någon komponent i selen går sönder. Se även AFS 1999:3, Byggnads- och anläggningsarbete § 57 – 60.

Se även avsnitt 1.3.6

2.3 Skydd mot hetta och brand

Personal som utsätts för stänk av heta ämnen exempelvis vid spettning av löprännor, skall ha ändamålsenliga skyddskläder, se rekommendation B 4.

Skyddskläder av värmeisolerande material skall vara tillräckligt ventilerade för att begränsa den svettning som uppkommer genom användningen. Om detta inte är möjligt skall skyddskläderna vara utrustade med anordningar som absorberar svett.

Se även avsnitt 1.3.4

2.4 Brandsläckningsutrustning

Brandsläckare av lämplig typ och brandsläckningsfilt.

Placering E och F

2.5 Evakuering av person ur trånga utrymmen

2.5.1 Manhål och räddningshål

För att kunna utföra vissa arbeten i pannor, tryckkärl och andra behållare behövs öppningar genom vilka man kan ta sig in och ut. Exempel på sådana arbeten är rengöring, lining, besiktning, reparation och underhåll. I samband med dessa arbeten skall det vara så ordnat att en skadad person med minsta möjliga tidsspillan skall kunna evakueras. För detta ändamål skall den tryckbärande anordningen vara försedd med manhål (nedan kallat ***räddningshål***). Rekommenderad minsta dimension på ett sådant räddningshål är diameter ø 600 mm, eller liggande 620 x 420 mm.

Det är viktigt att antal och placeringar av räddningshål väljs på sådant sätt att snabb utrymning kan genomföras. Brukets riskbedömning enligt kraven i AFS 2017:3 och AFS 2001:1 avgör antal, storlek och placering. Räddningshål skall alltid finnas till utrymmen såsom skyddstak, eldstad, askficka(-or) och dylika utrymmen där det är möjligt att komma in med en räddningsbår.

För manhål i övriga delar av pannan, till exempel domar, gäller dimensionen liggande 420 x 320 mm.

För äldre anläggningar rekommenderas att respektive bruk i samråd med kontrollorgan och panntillverkare upprättar en tidplan för ombyggnad.

2.5.2 Lyftanordningar

Om person måste evakueras från plats som är över eller under närmaste räddningshål skall det, innan arbeten får påbörjas, anbringas talja eller annan lyftanordning, som möjliggör ett snabbt och effektivt räddningsarbete. Används talja, skall den vara utväxlad så att det är möjligt för en person att med hjälp av taljan lyfta eller sänka räddningsbår med person till avsedd nivå. Talja skall på ett enkelt sätt kunna låsas vid en viss nivå. Taljan skall vara försedd med säkerhetsbroms (fallskydd).

2.5.3 Räddningsbårens utförande

Räddningsbårens längd, bredd och tjocklek skall väljas så att en person som är fastspänd på båren skall kunna tas ut ur räddningshålet utan alltför komplicerade manövrar. Båren bör vara försedd eller kunna kompletteras med handtag på bårens kortändar för att underlätta evakuering av den skadade via räddningshålet. Det enskilda bruket bör rådgöra med den lokala räddningstjänsten om val av vilken båtyp samt lämpliga lyftanordningar som är bäst lämpad att användas tillsamman med räddningstjänstens egna bårar och för en eventuell räddningsinsats. Omflyttningar mellan bårar av skadad person bör undvikas så långt som möjligt om inte läkare eller annan sjukvårdsutbildad person godkänner omflyttning.

Se även avsnitt 4 om ”Träning av personal ”gemensamt med ”Räddningstjänst”.

3 Samlingsplats vid utrymning

I händelse av allvarlig olycka som brand, explosion skall samlingsplatser för såväl egen som extern personal finnas angivna, uppmärkta och vara kända av personalen och räddningstjänsten. I anslutning till sodapannan rekommenderas att samlingsplatsen läggs på ett avstånd från sodahuset som är minst lika med sodahusets höjd, se B 8.

Det är av stor vikt att ett arbetssätt för att ”räkna in” och dokumentera egen och extern personal vid allvarlig händelse som vistats inom platsen finns utarbetat samt kommunicerad och tränad.

Arbetssättet kan vara en del i ”Inpasseringssystemet”. Se även avsnitt 5.

4 Träning av personal

I händelse av en olycka i sodahuset eller i sodapannan är det mycket viktigt att den första räddningsinsatsen är så effektiv och snabb som möjligt för att den skadade skall komma under behandling av läkare eller andra vårdinsatser.

All personal, som nyttjas för räddningsinsatser skall därför ha deltagit i övningar som omfattar:

- översyn och kännedom om räddningsutrustning och dess placering
- applicering av lyftanordningar och koppling av räddningsbår
- uppdelning av insatser under det inledande räddningsarbetet
- samlingsplatser vid utrymning
- återkommande övningar (minst en gång per år) samt information om eventuella nyheter inom första hjälpen.
- övningarna/träningarna skall vara planerade samt dokumenterade.
- genomgång/övning med ”Räddningstjänst” för att träna samordningen mellan den egna personalen och den externa räddningsledaren.

Den externa räddningsledaren tar över ansvaret för insatsen och måste då vara insatt i lokaliteter och kritiska händelser. Anläggningsägaren skall ha utsett kunnig och insatt person till räddningsledarens hjälp.

5 Inpasseringssystem

Bruket skall upprätta rutiner för egen och inhyrd personal hur arbete, som utförs i sodahuset och dess kringutrustning skall redovisas och vad som gäller för inpassering. Det är särskilt viktigt att kortfattade skriftliga instruktioner överlämnas och diskuteras med personal innan ett arbete påbörjas.

Av instruktionerna skall framgå brukets inpasseringssystem när arbeten utförs i pannan eller i andra slutna utrymmen och att man inte kan utföra arbete inom området eller vistas i slutna utrymmen innan man följt inpasseringssystemet.

Exempel på en sådan rutin kan vara en så kallad hålvakt som noterar vilka personer som befinner sig i pannan respektive har lämnat densamma. Hålvakten ansvarar för att ID-kort placeras på en tavla eller liknande i direkt anslutning till öppningen och att endast ID-kort över de personer som befinner sig i det slutna utrymmet (pannan) får finnas på denna tavla. Andra lösningar som ger motsvarande nivå på personkontroll kan naturligtvis upprättas för det enskilda bruket och dagens teknik ger möjlighet till en elektronisk övervakning och inpasseringssystem.

Av brukets instruktioner skall det också framgå vilka krav, som ställs vid utförande av arbeten klassade som ensamarbete enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 1982:3 eller arbete i sodapannan eller andra slutna utrymmen.

I instruktionerna skall framgå hur kontakterna etableras via kommunikationsradio, TV-övervakning eller annat larm, samt användning av gaslarm.

Bruket kan avgöra om kommunikationen skall gå till kontrollrum och/eller larmcentral internt eller externt.

Behovet av direkt hjälpinsats exempelvis genom närvarande assistent, måste bedömas från fall till fall beroende på arbetet och den eventuella nödsituationens art. I direkt anslutning till den öppning där den ensamarbetande personen befinner sig skall tydligt markeras att arbete utförs av en namngiven person. Blockering av skall ske enligt brukets blockeringsföreskrifter.

6 Checklista vid uppbyggnad av skyddstak och ställningar inne i pannan

Innan arbete påbörjas med uppförande av skyddstak och ställningar skall en arbetsplan upprättas mellan representant för bruket och entreprenören. Entreprenören skall besitta specifik kunskap och erfarenhet för byggnad av skyddstak och ställningar i en sodapanna. Av planen skall framgå:

- Att entreprenören har tagit del av brukets skriftliga instruktioner om arbeten i och utanför panna eller i andra trånga utrymmen.
- Att entreprenören överlämnar lista över de personer som skall arbeta med ställningsbygge.
- Att entreprenören redovisar att ID-kort och genomgången SSG Entre pass utbildning finns för dessa personer. Erhållit brukets information om skydd och säkerhet i arbetsmiljö samt miljö.

- Att entreprenören informerat sin personal om att inget arbete med skyddstaket inne i pannan får ske innan kraven i moment 2.2 i denna rekommendation till fullo följts.
- Att entreprenören endast använder sig av sådant material till skyddstak som anges i rekommendation B 1.

Entreprenören skall dessutom redovisa och dokumentera att samtliga ställningsbyggare fått följande information:

- Förståelse för uppförande, nedmontering eller ändring av ställning eller skyddstak.

- Säkerhet vid uppförande, nedmontering eller ändring.
- Åtgärder för att förebygga risk för fall av personer eller föremål.
- Villkor beträffande tillåten belastning.
- Belyst risken för tippning av ställningsplank vid belastning och redovisat åtgärder som förhindrar detta.
- Krav på skyltning och märkning.

Entreprenören eller den som leder arbetet med ställningsbygget skall ha tillgång till den arbetsplan för uppförande och nedmontering som upprättats mellan parterna. Arbetsplanen signeras av behörig person från bruket och entreprenör.

I de fall där bruket har eget ställningsmaterial och/eller använder egen personal för uppbyggnad av skyddstak och annat ställningsbygge måste material och kompetens uppfylla motsvarande krav som ställs på inhyrd entreprenör.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 6
Utgåva 3, 2024
(2024-03-27)

Utformning och tillsyn av utrustning för nivåövervakning i sodapannor

Denna rekommendation behandlar sodapannans utrustning för övervakning av pannvattennivå. För att ge överblick behandlas såväl indikering- och reglering av pannvattennivå som krav på säkerhetssystem mot avvikande pannvattennivå.

På senare år har en stark teknikutveckling ägt rum vad gäller övervakningsutrustning, samt har nya föreskrifter och standarder införts.
Europastandardserien EN 12952 (svensk standard med beteckning SS-EN 12952) ger anvisningar om hur säkerhetskraven i tryckkärlsdirektivet, se AFS 2023:5, kan uppfyllas för bland annat ångpannor.

Enligt Sodahuskommitténs mening finns anledning att beträffande sodapannor ställa vissa ytterligare krav på säkerhetsutrustningar och kontrollrutiner, utöver vad som anges i den harmoniserade standarden SS-EN 12952-7.

De rekommenderade utrustningar, samt de exempel på utförande som ges i denna rekommendation, anses av Sodahuskommittén kunna uppfylla kravet på god säkerhet.

Hänvisningar

Föreskrifter

Europaparlamentets och Rådets direktiv 2014/68/EU, Pressure Equipment Directive (PED)
AFS 2023:5 Tryckbärande anordningar (Ersätter AFS 2016:1 från 1 jan 2025)
AFS 2023:11 Trycksatta anordningar (Ersätter 2017:3 från 1 jan 2025)

Standard

Utformning av säkerhetssystem, svensk standard SS-EN 50156-1,
Vattenrörspannor och hjälputrustning, SS-EN 12952-,
del 7- krav på pannans utrustning.
del 11- krav på utrustning för vakter och säkerhetssystem.

Rekommendationer

Sodahuskommitténs rekommendationer B1, B 8, C1

Innehåll

1 Bakgrund 3

2 Allmänna krav på ångpannor och sodapannor 3
2.1 Värmetillförsel 3
2.2 Restvärme 3
2.3 Lägsta tillåtna vattennivå (LWL) 4
2.4 Högsta tillåtna vattennivå (HWL) 4
2.5 Mätutrustning för vattennivå 4

3 Övervakning av vattennivå 6
3.1 Nivåindikering 6
3.2 Nivåreglering 7
3.3 Säkerhetssystem mot avvikande vattennivå 8

4 Uppbyggnad av säkerhetsutrustning 9
4.1 Säkerhetssystem 9
4.2 Elektriska säkerhetskretsar 9
4.3 Vakter 9
4.4 Lågnivåvakt (torrkokningsskydd) 9
4.5 Högnivåvakt (överfyllnadsskydd) 10
4.6 Säkerhetssystemets nivålarm 10
4.7 Arrangemang av nivåkärl 11

5 Funktionskontroll av utrustning för nivåövervakning 15

6 Instruktioner för driftpersonal 16

7 Referenser 17

8 Bilaga- Några termer och begrepp 18

1 Bakgrund

I varje direkteldad ångpanna är ett korrekt vattenstånd en nödvändig förutsättning för säker och ostörd drift.
I en sodapanna kan konsekvenserna av ett felaktigt vattenstånd bli ännu allvarligare än i vanliga ångpannor. En överhettning av pannans tryckbärande delar till följd av för lågt vattenstånd i pannan, men även en överfyllning av pannan kan orsaka allvarliga skador och läckage i pannan och ytterst leda till våldsamma explosioner i pannan.
Dessa risker samt andra farliga tillstånd i sodapannan beskrivs i rekommendation C1.

Moderna sodapannor övervakas numera från ett kontrollrum som är helt avskilt från pannan. Informationen om vattenståndet i ångdomen måste därför överföras till kontrollrummet så att operatörerna kan observera aktuell nivå. Vidare måste matarvattenregleringen erhålla en säker nivåsignal för att kunna styra matarvattenflödet. Automatiska system för att skydda mot extrema vattennivåer måste finnas.
All utrustning måste dessutom utformas och installeras på sådant sätt *att funktionskontroll och förebyggande underhåll kan utföras utan att driften störs*.

En störningsfri funktionskontroll är nödvändig eftersom i de moderna stora sodapannorna vattenståndet försvinner ur den direkta vattenståndsvisarens synglas redan efter 20-30 sekunders avbrott i matarvattentillförseln.

2 Allmänna krav på ångpannor och sodapannor

2.1 Värmetillförsel

Värmetillförsel till ångpannor skall vara utformade i enlighet med följande:

- SS-EN12952-8 för eldningssystem för flytande och gasformiga bränslen,
- SS_EN12952-9 för fasta bränslen.
- Värmetillförseln skall i alla driftsituationer regleras och anpassas till pannans högsta tillåtna last och till variationer i värmebehov.

2.2 Restvärme

I händelse av normal avstängning eller vid snabbstopp av panna får inte restvärme som ackumuleras i ugnen och rökgasen orsaka oacceptabla metall- eller vätsketemperaturer i pannan (t.ex. genom avkokning av vatten i ångpannan).

Detta krav anses vara uppfyllt om:

- Det är visat att efter avbrott i värmetillförseln från full kontinuerlig last, rökgastemperaturen vid den högsta punkten av värmeytan, (highest point of the heated surface, ”HHS”) sjunker under 400°C innan vattennivån har sjunkit från lägsta tillåtna vattennivå (lowest permissible water level, ”LWL”) till 50 mm över värmeytans högsta punkt (HHS); eller
- om en pålitlig reservmatarvattenförsörjning är installerad för att tillförsäkra tillräcklig kylning av värmeytorna i händelse av plötsligt driftavbrott. Beträffande krav på pålitlig reservmatarvattenförsörjning se Sodahuskommitténs rekommendation B1 samt SS-EN 12952:7, avsnitt 5.

2.3 Lägsta tillåtna vattennivå (LWL)

Ångpannans lägsta tillåtna vattennivå, (LWL), skall vara fastställd och permanent markerad på pannans nivåglas.

Den lägsta tillåtna vattennivån (LWL) skall vid tvådomsutförande vara minst 150 mm över:

- den översta av rökgas uppvärmda delen av ångdomen och;
- överkant på den högst belägna infästningen av falltuber i ångdomen.

Vid endomsutförande ska den lägsta tillåtna vattennivån (LWL) fastställas och redovisas av tillverkaren.

2.4 Högsta tillåtna vattennivå (HWL)

Pannans högsta tillåtna vattennivå (HWL) skall specificeras av panntillverkaren och skall ligga inom mätområdet för pannans nivåindikering. Sodahuskommittén rekommenderar att även högsta tillåtna vattennivå markeras permanent på pannans nivåglas.

2.5 Mätutrustning för vattennivå

Sodapannans nivåövervakning har fyra huvuduppgifter:

- Nivåreglering, vilket vanligen sker med trepunktsreglering. Beträffande trepunktsreglering se referenslista (Waik, 2012).

- Lågnivåvakt, skyddar pannan genom larm och blockering av eldning om vattenståndet når otillåtet låg vattennivå.

- Högnivåvakt, skyddar pannan genom larm och blockering vid otillåtet hög vattennivå. (Högnivåvakt rekommenderas av Sodahuskommittén även om SS-EN 12952-7 endast kräver sådan för periodiskt övervakade pannor).

- Totalnivåmätning av nivå vid snabbtömning av panna.

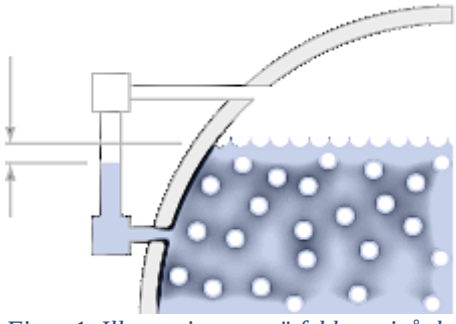
För nivåindikering i ångpannor har glasrörsställ använts under många år och är en väl beprövad teknik.

För att motstå höga tryck konstrueras numera vattenståndsglaset av plana glasskivor förstärkta med metallram. Krav på materialval och utförande har utfärdats av ASME (American Society of Mechanical Engineers). För mer information om nivåmätning och ASME referenser se referenslista.

Ett vattenståndsglas visar inte en exakt, sann bild av nivån i pannan utan vissa felkällor föreligger.
Vattnet i ångdomen består av en blandning av vatten och ångbubblor under stark cirkulation. Det förekommer vågbildning och nivåvariationer tvärs och längs ångdomen. Nivåglaset däremot är inte utsatt för omrörning, innehåller inte ångbubblor och vattnet i nivåglaset håller en lägre temperatur än pannvattnet. Detta innebär att vattnet i synglaset får en högre densitet

än vattnet i domen och synglaset kommer att visa en lägre nivå än medelnivån i ångdomen.

Dessa mätfel förekommer även när vakter placeras i externa processkärl samt vid mätning av differenstryck med dp-cell. För mer ingående information se referenslista, (Clark Reliance, 2001).



Figur 1, Illustration av mätfel hos nivåglas, dp-cell eller vid mätning i externa nivåkärl

Det finns på marknaden nivåmätare och vakter som arbetar enligt ett antal olika funktionsprinciper. Följande är vanliga i sodapannor:

- Konduktivitetsmätning används för att mäta eller kontrollera nivå i en mätpunkt. Resistans mäts mellan en referenselektrod och en eller flera mätelektroder. När vätskenivån når mätelektrodens spets ger det en signal till en ansluten regulator som vanligtvis styr en on/off reglering.
  Konduktivitetssond kräver en viss ledningsförmåga i pannvattnet för sin funktion. Vid installation direkt i ångdom är ledningsförmågan i sodapannans pannvatten i normala fall tillräcklig. Vid installation i ett särskilt nivåkärl vid sidan om ångdomen kan ledningsförmågan däremot bli för liten p.g.a. ångkondensering. Nivåröret måste därför förses med utblåsningsmöjlighet.
  Elektroderna skall också vara skyddade mot beläggningar som kan förorsaka krypströmmar.

  Konduktivitetselektroder
  - Monteras horisontellt i olika nivåer som avkännare på ett externt kärl, eller vertikalt som elektroder i externt kärl, eller i skyddsrör i ångdom.
  - Används oftast där nivåkontroll med on/off reglering är lämplig.
  - Kapas till rätt längd vid installation.
  - Levereras ofta monterade i grupper om 1-4 st. elektroder i ett gemensamt nivåkärl men andra arrangemang förekommer.

- Kapacitiv nivåmätning kan användas för nivåmätning eller som nivåvakt. En kapacitiv nivåvakt består av en ledande elektrod omgiven av ett dielektriskt material som PTFE. Den ”andra kondensatorplattan” utgörs av pannans tryckkärl och det omgivande mediet. När vattennivån höjs eller sänks ändras arean på den andra kondensatorplattan och därmed kapacitansen mellan elektrod och kärl. Ändringen av kapacitans kan användas som signal för kontinuerlig nivåmätning eller för indikering av bestämda nivåer (t.ex. låg- och högnivålarm).

Kapacitiva sensorer
- Monteras vanligen vertikalt i externt kärl eller i skyddsrör i ångdom.
- Behöver vid installation inte kapas till exakt längd eftersom hela elektroden omges av dielektriskt material.
- Lämpar sig för kontinuerlig nivåmätning eller för on/off reglering eller larm i diskreta punkter (hög och lågnivålarm).

- Dp-cell som mäter differenstryck mellan nivåuttag i ångdomen är en sedan länge väl beprövad metod för nivåreglering av ångpannor.

- Andra nivåmätare och vakter finns på marknaden baserade på radar, ultraljud eller flottörarrangemang. Dessa metoder används inte för övervakning av sodapannans vattennivå.

3 Övervakning av vattennivå

3.1 Nivåindikering

Standarden, SS-EN 12952-7 anger att en ångpanna skall förses med minst två oberoende nivåindikeringar:
- En indikering skall bestå av ett vattenståndsglas med transparent visningspelare
- den andra indikeringen (ursprungligen angiven som ytterligare ett vattenståndsglas) kan ersättas av endera:
  - eller av en nivåstyrning med indikering
  - eller av en nivåvakt med indikering.

Sodahuskommittén rekommenderar följande utrustning för nivåindikering av sodapannans vattennivå, ytterligare specificerat i de följande avsnitten 3.2 ff.

Minst tre av varandra oberoende vattennivåindikeringar skall finnas i kontrollrum varav:

En Direktvisande vattenståndsvisare med synlig vätskenivå (t.ex. glasrörsställ) övervakat i manöverrum via fiberoptik eller TV-kamera. (Nivåindikering ska vara av direktvisande typ med synlig vätskenivå, se 3.1.1)

- TV-kamera, glasrörsställets bakgrundsbelysning, signalöverföring och TV-monitor skall i händelse av elavbrott strömförsörjas med avbrottsfri kraft.

- Direktvisande vattenståndsvisare ska vara försedda med skydd som förhindrar personskada om glaset brister. Skyddet får inte hindra avläsning.

- Glasrörsstället skall ha ett funktionsområde som visar nivån minst 30 mm under lägsta tillåtna vattennivå (LWL). LWL skall vara permanent markerad på glasrörsstället. Även högsta tillåtna vattennivå (HWL) skall vara permanent markerad på glasrörsstället. Glasrörsstället ska ha självstängningsmekanism som skyddar vid eventuellt brott på glaset.

- Nivåindikeringar skall under drift alltid vara tydligt läsbara för pannans operatör och under drift skall alltid vattennivån ligga inom nivåindikeringens visningsområde.

Ytterligare 2 separata indirekta elektriska eller elektroniska utrustningar för vattenståndssindikering skall finnas.
En av dessa kan ersättas med nivåindikering från dubblerade separata oberoende nivåreglerkretsar, se 3.2

För sodapanna rekommenderas även totalnivåindikering (från botten till normal pannvattennivå), (enligt SS-EN 12952-7), se 3.1.3. Detta är väsentligt i samband med snabbtömning av pannan.

3.2 Nivåreglering

Pannan utrustas med dubbla separata och oberoende nivåreglerkretsar (nivågivare, signalöverföring och regulator) med låg- och högnivålarm. Från båda reglerkretsarna indikeras nivåsignalen i manöverrum samt helst även på pannans brännarplan.
Den ena kretsen ansluts till pannans nivåreglering vars nivåsignal även indikeras och registreras. Den andra kretsens nivåsignal ansluts till registrerande och indikerande instrument.

Nivåreglering kan anordnas med reglerventil eller varvtalsstyrd pump.

- Reglerkretsarna skall vara omkopplingsbara under drift. Givarna bör placeras på var sin sida om ångdomen.

- Nivågivarnas mätområden bör vara minst 200 mm vp större än skillnaden mellan högsta och lägsta tillåtna nivåer. Mätområdet bör gå minst 100 mm under lägsta nivå och minst100 mm över högsta tillåtna nivå.

- Såväl den reglerande som den indikerande kretsen skall vara försedda med kontaktdon som initierar larmfunktion när nivån går under lägsta eller över högsta tillåtna nivån i ångdomen, dvs. larm (varningsindikering) vid nivåerna "L" och "H".

- De mätgivare som ingår i dessa kretsar skall vara så monterade och anslutna, att anslutningsledningarna mellan ångdom och mätgivare kan renblåsas utan att mätgivarna skadas.

- Innan anslutningsledningarna till mätgivaren för reglerkretsen renblåses skall den andra mätgivaren kopplas över till reglerkretsen så att matarvattenregleringen inte störs vid renblåsning.

- Givarna bör ha indikerande sekundärinstrument, monterade så att de utan svårighet kan observeras samtidigt med att en direkt vattenståndsvisare observeras.

Alternativt utförs nivåregleringen med 3 analoga sensorer (t.ex. dp-celler) i utvärdering 2oo3.

3.3 Säkerhetssystem mot avvikande vattennivå

Sodahuskommittén rekommenderar att utöver de indikerande och reglerande kretsarna för pannans vattennivå enligt 3.1, 3.2, skall sodapannan utrustas med säkerhetssystem, som vid kritiska avvikelser hos vattennivå automatiskt aktiverar pannans nödnedeldningssystem, se rekommendation B 8, och därmed avbryter och blockerar fortsatt eldning.
Krav på säkerhetssystem, se avsnitt 4.1 samt rekommendation B18.

Sammanfattningsvis ska säkerhetssystem mot avvikande vattennivå enligt Sodahuskommitténs rekommendation innehålla:

- lågnivåvakt (torrkokningsskydd) som vid lägsta tillåtna vattennivå (LWL) aktiverar nödnedeldning. Se Rekommendation B18 och B18.
  Sodahuskommittén rekommenderar att 2 lågnivåvakter installeras vilket underlättar funktionskontroll och eliminerar risken för oönskade avbrott i eldningen vid eventuella fel hos en lågnivåvakt. Beträffande krav på vakt och lågnivåvakt se avsnitt 4.3 resp. avsnitt 4.4, samt beträffande arrangemang av nivåkärl avsnitt 4.7.

- högnivåvakt (överfyllningsskydd) som vid högsta tillåtna vattennivå aktiverar nödnedeldning. Sodahuskommittén rekommenderar att 2 högnivåvakter installeras vilket underlättar funktionskontroll och eliminerar risken för oönskade avbrott i eldningen vid eventuella fel hos en högnivåvakt. Beträffande vakt och högnivåvakt se avsnitt 4.3 och 4.5.

- nivåvakter (eller sensorer) som ger larm för låg och hög nivå (inställda lägre respektive högre än nivåreglerkretsarnas låg- och högnivålarm).

- säkerhetssystemets blockering av matarvattentillförsel skall utföras med avstängningsventil på matarvattenledningen oberoende av och separerat från pannans ordinarie nivåreglering.

- säkerhetssystemet för avvikande vattennivå rekommenderas ha en manöverställare med två lägen, ”Drift” och ”Provning”, eller motsvarande funktion om säkerhetssystemet är datorbaserat. När manöverställaren förs i läge ”Provning” ska detta indikeras i manöverrummet med en särskild optisk signal, som visar att provning av säkerhetssystemet pågår. Vidare startas ett tidur för övervakning av provningsperiodens längd. Har manöverställaren inte inom en viss tid, ex. vis en timme, förts tillbaka i läge ”Drift” ges larm. Larm som inte åtgärdas inom bestämd tid skall aktivera pannans automatiska nödnedeldningssystem.

Återställning av lågnivåvaktens funktion, när vattenståndet åter är normalt efter utlöst panndrift, får ske från manöverrummet.

Återfyllning av matarvatten till varm panna skall ske i enlighet med riktlinjerna i rekommendation C1.

4 Uppbyggnad av säkerhetsutrustning

4.1 Säkerhetssystem

Säkerhetssystem ska utföras i överensstämmelse med Sodahuskommitténs rekommendation B18 med hänvisningar till *i* SS-EN 61511, SS-EN 50156 och SS-EN 12952. ”Safety Integrity Levels” (SIL) identifierade enligt EN 50156-1 skall tillämpas.

4.2 Elektriska säkerhetskretsar

Konstruktion och installation av elektriska säkerhetskretsar samt elektriska styrutrustningar för värmetillförsel med kringutrustning skall utföras enligt EN 50156-1.
Elektriska system skall överensstämma med EN 61508.
Den fastställda SIL nivån enligt EN 50156 skall verifieras för den kompletta säkerhetskretsen.
Se SS-EN12952-7; 4.5.1.

4.3 Vakter

Med vakt avses en säkerhetsanordning som, när ett bestämt värde på en processparameter uppnås (exempelvis tryck, temperatur, flöde eller vattennivå), används för att avbryta och låsa energitillförseln, se 12952-11; 3.1 samt bilaga 8, Termer och begrepp.
En vakt är uppbyggd av flera olika element som sensor, skyddsrör eller externt nivåkärl, logik för funktion och testning mm, se figur i SS-EN 12952- 11, Annex A.

Vakt och dess installation skall utföras i överensstämmelse med SS-EN 12952-7 samt SS-EN 12952- 11.

Att nivåvakt skall vara konstruerad enligt felsäkerhetsprincipen innebär att eventuella fel på lågnivåvakten som kan inverka på dess säkerhet ska leda till avbrott i eldningen och blockering av eventuell automatisk återstart, se vidare avsnitt 4.4 och 4.5 angående låg- respektive högnivåvakt.

Funktionskontroll av alla vakter skall vid varje tidpunkt vara möjlig att utföra under drift.
Där det är lämpligt kan funktionskontroll utföras med simulering.
Se avsnitt 4.1 beträffande rekommendation om säkerhetssystemets ”drift” respektive ”provningsläge”.

När en vakt aktiveras skall information ges för att indikera vilken vakt som aktiverats.

4.4 Lågnivåvakt (torrkokningsskydd)

Eftersom en sodapanna har ett stort rörsystem i förhållande till ångproduktionen, är den totala ångblåsvolymen vid normal drift också stor. Tillfälliga tryckstegringar till följd av ett plötsligt minskat ånguttag medför en kompression av ångblåsorna i tubsystemet och nivån sjunker mycket snabbt (s.k. voidkollaps). Den nivåsänkning som tryckstegringen ger upphov till blir stor och nivån kan mycket väl närma sig LWL. När ångtrycket återställts expanderar ångblåsorna och pannans vattennivå återgår till mera normalt värde. Tillfälliga tryckstegringar är vanliga t.ex. i samband med banbrott i pappersbruket eller i samband med ett oplanerat turbinstopp.
Ett oavsiktligt stopp på en sodapanna, genom att lågnivåvakten reagerar för en dylik tillfällig nivåsänkning, kan medföra produktionsstopp i fabriken. Ett sådant oplanerat stopp av

sodapannan med full smältabädd kan orsaka en komplicerad återstart med flera riskmoment. Därför skall lågnivåvakten (torrkokningsskyddet) reagera först när nivån i ångdomen varaktigt är för låg, dvs. när den sjunkit till lägsta tillåtna värde och fördröjningstiden har löpt ut. Varaktigt låg nivå förekommer exempelvis vid större tubläcka eller vid bortfall av matarvatten.
Vid installation av lågnivåvakter i sodapannor kan brytfunktionen därför behöva fördröjas för att undvika onödiga driftavbrott vid tillfälliga och kortvariga nivåsänkningar.
Lågnivåvakt kan ha en viss inbyggd fördröjningsfunktion om ett fåtal sekunder. Någon tidsfördröjning finns inte specificerad i harmoniserad standard.
Om tidsfördröjning krävs måste det därför föregås av en särskild prövning som omfattar riskanalys, noggrann utredning och föreläggande för ackrediterat kontrollorgan.

Lågnivåvakten skall när nivån sjunkit till lägsta tillåtna värde ”LWL”, samt efter eventuellt tillåten fördröjningstid, utlösa akustiskt och optiskt larm samt automatiskt avbryta all eldning i sodapannan.
Eldningen avbryts genom att signalen från lågnivåvakten initierar start av den automatiska nödnedeldningssekvens, som anges i rekommendation nr B 8.

4.5 Högnivåvakt (överfyllnadsskydd)

Högnivåvakten kan vara uppbyggd enligt samma mätprincip som lågnivåvakt.
Högnivåvakt i ångpannor förutsätts, enligt SS-EN 12952-7, inte annat än för periodiskt övervakade pannor, men för sodapannor rekommenderar Sodahuskommittén att högnivåvakt skall installeras som del i säkerhetssystem för pannans nivåövervakning.
Högnivåvakten skall vid risk för överfyllning av pannan vid nivån ”HWL” utlösa akustiskt och optiskt larm aktivera nödnedeldning.
Matarvattentillförseln och eldningen avbryts genom att signalen från högnivåvakten initierar start av den automatiska nödnedeldningssekvens, som anges i rekommendation nr B 8.
Ifall sotningsångan tas direkt från pannan, skall sotningssystemets huvudångventil stängas utan att avvakta utdragning av sotningslansar i drift, så att inte vatten kan komma in i pannan via sotångsystemet.

Vidare skall högnivåvakten vid nivån ”HWL” snabbstoppa de ångturbiner (även turbinmatarvattenpumpar) som försörjs med ånga direkt från pannan, dvs. är anslutna till pannan innanför dess huvudångventil. Detta skall ske för att undvika risken för vattenslag i turbinen.
Huruvida turbiner, som försörjs från ångnätet, skall snabbstoppas innan sodapannans huvudångventil hunnit stänga, får med hänsyn till de lokala förhållandena avgöras från fall till fall.

Givaren för högnivå skall vid nivån ”HH” utlösa akustiskt och optiskt larm i manöverrummet.
Anm. Larm (varningsindikering) vid nivån ”H” utlöses normalt av den ordinarie instrumentutrustningen för nivåreglering.

4.6 Säkerhetssystemets nivålarm

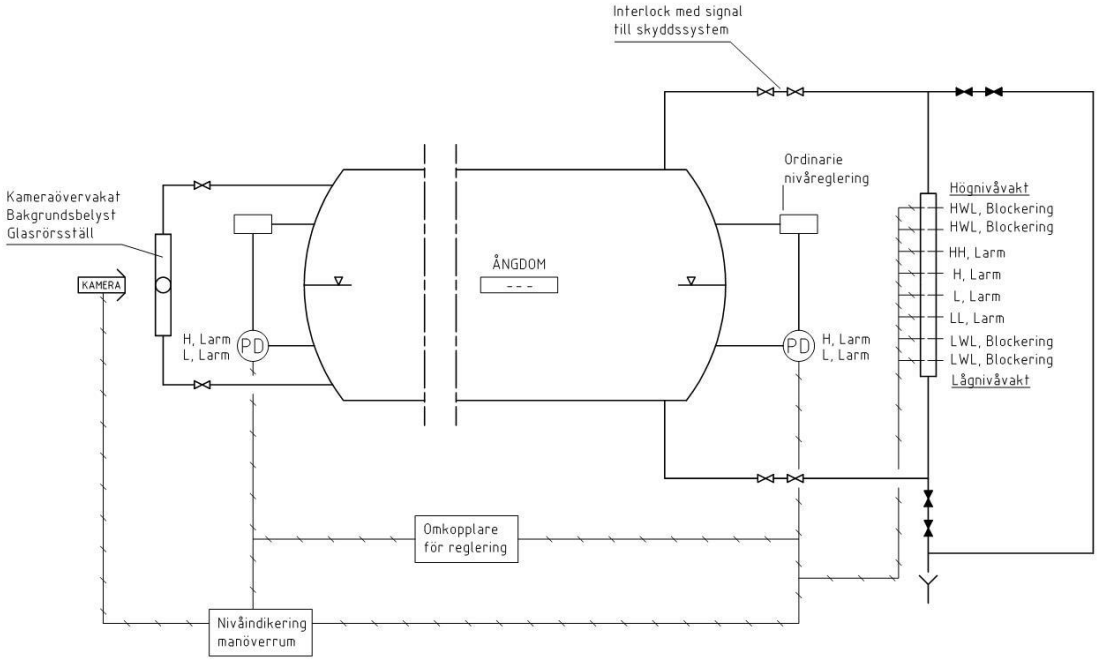
Sodapannans externa nivåkärl för nivåvakter om sådant kärl finns, förses även med givare (eller vakter) som ger larm för låg och hög nivå i tid innan nivåvakt vid LWL eller HWL

aktiverar nödnedeldning.

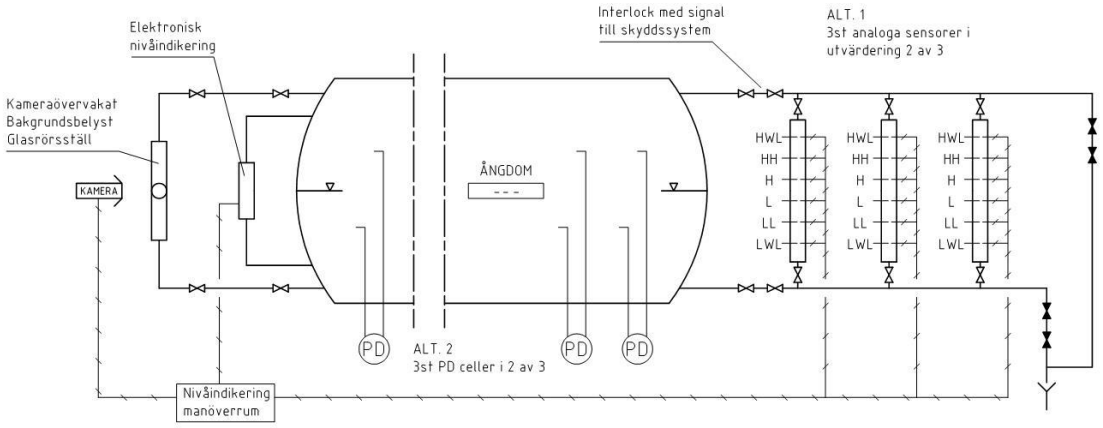
Givaren för lågnivå skall vid nivån ”LL” utlösa akustiskt och optiskt larm i manöverrummet. Anm. Larm (varningsindikering) vid nivån ”L” utlöses normalt av den ordinarie instrumentutrustningen för nivåreglering.

4.7 Arrangemang av nivåkärl

Vakter och i förekommande fall givare för nivåindikeringar monteras lämpligen i separata skyddsrör, eller i erforderligt antal externa nivåkärl. Skyddsrörens eller nivåkärlets diameter skall följa SS-EN 12952-11. Exempel på arrangemang, se figur 2 och 3.



Figur 2. Exempel där hög- och lågnivåvakter (skydd mot överfyllnad och torrkokning) samt nivålarm har installerats i ett gemensamt externt nivåkärl, se avsnitt 3.1. Dubbla lågnivåvakter rekommenderas.



Figur 3. Exempel där låg och högnivåvakt arrangeras enligt SS-EN 12952-7 Annex D, med analoga sensorer.

- Standarden SS-EN 12952–11, se 4.7, godtar endast att en lågnivåvakt monteras i ett skyddsrör eller i ett externt nivåkärl. Det är däremot acceptabelt att i kärlet montera vakter och sensorer med andra funktioner som för exempelvis larm eller styrning.
  Anmärkning:
  För att undvika onödiga eldningsavbrott vid fel på en vakt, samt för att underlätta kontroll under drift, rekommenderar Sodahuskommittén, se avsnitt 4.1, att dubbla vakter för extrema vattennivåer (LWL och HWL) installeras även om standarden SS-EN 12952-7 endast kräver dubblering av dessa vakter för periodiskt övervakade pannor. Med det syfte som föranleder Sodahuskommitténs utökade rekommendation anser Sodahuskommittén att dubbla vakter för LWL och HWL kan installeras i ett gemensamt yttre nivåkärl men med beaktande av de minsta avstånd mellan sensorer som anges SS-EN 12952-11.

- Nivåkärlens anslutningsrör till domen skall vara minst 20 mm invändigt (för äldre anläggningar som inte körs med totalavsaltat vatten och som har spädvattenberedning med lägre filtreringsgrad rekommenderas 32 mm) och rören skall förläggas utan säckar.
  Om avståndet överstiger 750 mm rekommenderas dock en innerdiameter på 40 mm.

- Anslutningsrören förses med vid domen placerade dubbla avstängningsventiler (ventilparen 1 och 2 i figur 2), utrustade med interlocksystem som blockerar fortsatt panndrift om ventilerna stängs.

- Nivåkärlets dränering ska ha minst 15 mm diameter. Nivåkärl som är gemensamt för fler givare ska ha minst 25 mm dräneringsöppning.

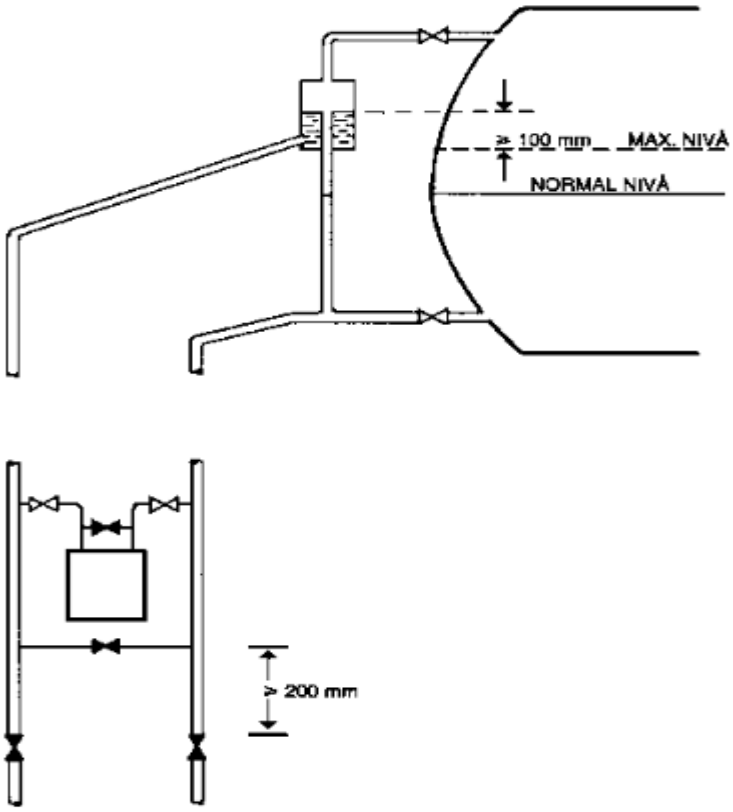
- Anslutningsledningar till externt nivåkärl måste, i enlighet med SS-EN12952-11 avsnitt 5.2.3.1, renblåsas med vissa intervall som bör fastställas i samband med riskanalys. Vid renblåsning får lågnivåvakterna och signalerna från avstängningsventilernas gränslägesbrytare förbikopplas under en fastställd säkerhetstid, som skall övervakas av godkänd säkerhetslogik. Vidare startas ett tidur för övervakning av provningsperiodens längd. Har manöverställaren inte inom en viss tid, ex. vis en timme, förts tillbaka i läge ”Drift” ges larm. Larm som inte åtgärdas inom bestämd tid skall aktivera pannans automatiska nödnedeldningssystem. Jämför avsnitt Säkerhetssystem 4.1 avseende provning. Under renblåsningen måste vattennivån övervakas manuellt genom att den visuella övervakningen av domnivån skärps.

- Om flera nivåvakter eller givare ansluts till gemensamma anslutningsledningar från pannans dom bör samlingsledning på vattensidan ha en invändig diameter på minst 80 mm (standarden anger 40 mm). Anslutningsledning på ångsidan skall ha min 40 mm diameter och vara utförd så att kondensat inte ansamlas. Vattenanslutningen skall vara horisontell eller luta mot pannan.

- Nivåkärl skall anses som en integrerad del av pannan om anslutningen på vattensidan är minst 100 mm och på ångsidan 40 mm i invändig diameter och längden på anslutningsledningarna understiger 1 meter. Inga avstängningsventiler får finnas på anslutningsledningarna. Vakter i ett sådant kärl får anses som anslutna internt i pannan och behöver således inte renblåsas.

- Då indirekt mätning används med externa givare, som dp-celler (se SS-EN 12952-11), ska impulsledningar på ång- och vattensidan vara vattenfyllda och givarna ska sitta under vattennivån. Varje givare ska ha separata impulsledningar. Impulsledningarna får ha en mindre innerdiameter.

- Anslutningsrör från nivåkärl till externa mätgivare, se figur 4, skall ha en lutning av minst 1:5. Vid mätgivaren skall de dras vertikalt. Rören får inte anslutas direkt till mätgivaren utan de skall avslutas med minst 200 mm långa smutsfickor med avstängningsventiler.
    - Anslutningarna till mätgivarna anordnas ovanför smutsfickorna.
    - Mätgivaren skall vara försedd med lämpligt ventilgarnityr för avstängning och sammankoppling av plus- och minuskammaren.
    - Under mätgivaren skall en ventilförsedd sammankoppling mellan de båda anslutningsledningarna anordnas. Med denna ventil skall det till kondensatkärlet anslutna rörsystemet snabbt kunna fyllas efter renblåsning.
    - Ventilerna vid mätgivaren samt ventilen i sammanbindningsröret skall vara låsbara i driftläge så att obehörig manövrering inte kan förekomma.



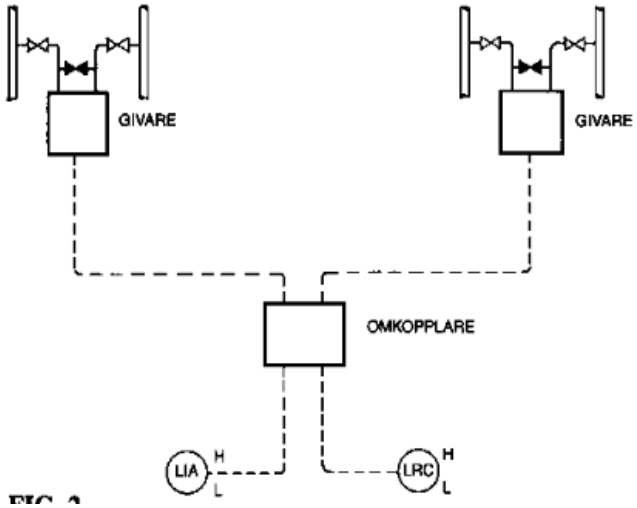
Figur 4. Arrangemang vid mätning med externa givare som dp-cell

- Vid dubblering av nivåreglerkretsar enligt avsnitt 3.2 ska vilken som helst av mätgivarna kunna anslutas till nivåreglerkretsen. Överkoppling från en mätgivare till en annan skall ske utan märkbar störning i matarvattenregleringen.

- Detaljutformningen av överkopplingssystemet måste anpassas till den typ av mätgivare som används, fig. 5.

- När en mätgivare avstängs för renblåsning skall detta på lämpligt sätt indikeras i kontrollrummet.

- Vid elavbrott skall mätning och reglering säkerställas med avbrottsfri kraft.



Figur 5. Omkoppling av givare för nivåreglering

5 Funktionskontroll av utrustning för nivåövervakning

Sodahuskommittén rekommenderar att varje fabrik upprättar egen instruktion för kontrollförfarande vilken skall omfatta sodapannans utrustning för nivåreglering, nivåindikering och säkerhetssystem mot avvikande vattennivå.
Se avsnitt 3.3 beträffande rekommendation om säkerhetssystemets ”drift” respektive ”provningsläge” samt avsnitt 4.3 och 5 angående funktionskontroll av vakter.

- All utrustning skall kontrolleras av personal som är väl förtrogen med installationen och de enskilda elementens funktion, lämpligen särskilt utbildade instrumenttekniker.

- Kontrollförfarandet skall utformas med hänsyn till utrustningens utförande samt anvisningar i SS-EN 12952-7 och -11 samt beträffande säkerhetssystem SS-EN 50156-1.

- Kontroll bör utföras minst med de intervaller som anges i ovan nämnda standard, eller med intervaller fastställda i riskanalysen. Särskild journal skall föras över utförda kontroller.

- Innan kontrollen påbörjas skall den ansvarige operatören i sodahuset underrättas. Vidare bör pågående kontroll indikeras i kontrollrummet genom att särskild skylt upphängs eller genom att en speciell varningslampa tänds eller med motsvarande markering i dator och skärmbaserade system.

- Det rekommenderas även att Säkerhetssystemet skall kontrolleras minst en gång per år som fullskaleprov i samband med planerat stopp under övervakning av ackrediterat kontrollorgan.

- Före en reparation, utbyte eller ombyggnad som innebär en förändring av säkerhetssystemets funktion ska det lämpligen granskas av ackrediterat kontrollorgan före genomförandet. Efter reparation, utbyte eller ombyggnad av utrustning som påverkar säkerhetssystemet, skall säkerhetssystemets funktion kontrolleras i

erforderlig omfattning av ackrediterat kontrollorgan.

- Under funktionskontrollen måste den visuella övervakningen av domnivån skärpas.

6 Instruktioner för driftpersonal

Drift-, skötsel- och provningsinstruktioner skall finnas tillgängliga för driftpersonalen. Instruktionerna ska innehålla krav på funktionstester av säkerhetssystemet vid definierade intervaller.
Kontroll och provning av säkerhetssystem och nivåvakter utgör också en övning för driftpersonalen och bör således fördelas så jämnt som möjligt mellan de olika skiftlagen.

Drift – och underhållsinstruktioner ska innehålla följande:

- Beskrivning av systemets uppbyggnad och funktion
- Rutinåtgärder som krävs för funktionstest av säkerhetssystemet.
- Alla åtgärder och villkor som är nödvändiga för att förhindra ett osäkert drifttillstånd eller för att reducera konsekvenser av tillbud (t.ex. under uppstart, normal drift, rutintest, förutsebara störningar, avvikelser och fel samt vid stopp).
- Information om förfarande när avvikelse eller fel inträffar, inklusive procedurer för feldiagnostik och reparation.
- Identifiering av nödvändiga verktyg och hjälpmedel för underhåll.

7 Referenser

Clark Reliance. (2001). *The Boiler Drum Level Measurement Guide Book.* Hämtat från Boiler Inspection Guide Book | Reliance Boiler Trim

Fossil Power Systems Inc.. *Steam drum water level measurment*. Hämtat från Level Measurement - FPS (thisisfps.com)

Waik, A. W. (den 18 06 2012). *Optimizing Strategy for Boiler Drum Level Control*. Hämtat från http://www.controleng.com/single-article/optimizing-strategy-for-boiler-drum-level-control/5b576d927324fc4b40d0bf463b5a23f0.html

8 Bilaga- Några termer och begrepp

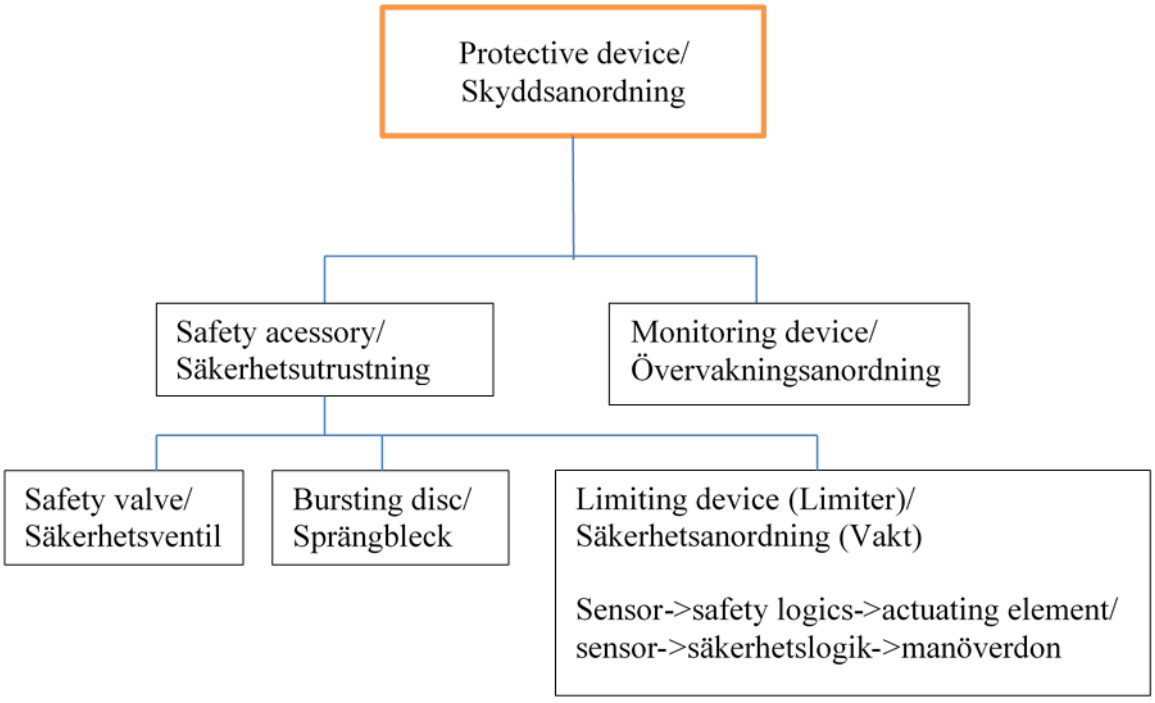
Tryckkärlsdirektivet, Rådets direktiv 97/23/EG, har översatts till svenska och införts i svensk lagstiftning genom föreskrift i AFS 2016:1, ”Tryckbärande anordningar”. Däremot har inte den harmoniserade standardserien SS-EN 12952 översatts utan föreligger på engelska.
Det kan därför vara på sin plats att definiera några termer och begrepp som är återkommande och lätt förväxlas:
(Det kan noteras att distinktionen mellan vissa begrepp i de engelskspråkiga standarderna inte är helt entydig vilket också kan återspeglas i försöken att försvenska benämningarna).

Protective system / [Säkerhetssystem]

Till säkerhetssystem hör all utrustning, enheter och säkerhetsrelaterade kretsar vars främsta syfte är att skydda personal, egendom eller miljö. Säkerhetssystemet inkluderar alla de komponenter som krävs för att utföra säkerhetsfunktionen, exempelvis sensorer som övervakar säkerhetsrelaterade parametrar (t.ex. flamövervakning), brytare, ventil eller vakt för bränsleflöde eller för övervakning av vattennivån i ångpannor. Vanligtvis består ett säkerhetssystem av sensorer, beräknings- eller utvärderingslogik, styr-och reglerkretsar och manöverdon. Om detta åstadkommes av ett flerkretssystem, så är alla kretsar och övervakningsutrustningar som använts för säkerhetsändamål inkluderade i säkerhetssystemet.

Protective device / [Skyddsanordning]

Skyddsanordning uppbyggs av säkerhetsutrustning och övervakningsanordningar.



Actuating element / [Manöverdon]

Komponent som åstadkommer ändring i annan elektrisk krets, eller i volymflöde (bränsle, luft etc.) som resultat av signalförändring.

Limiter / [Säkerhetsvakt (eg. begränsare)]

Givare som när den uppnår ett definierat gränsvärde (tryck, temperatur, flöde, nivå) avbryter energitillförsel och förblir i detta tillstånd tills den manuellt återställs.

Vakt innehåller en mät- och detekteringsenhet och en aktiveringsfunktion för korrigering, avstängning eller brytning och låsning och som används för att utföra säkerhetsrelaterade åtgärder, självständigt som vakt, eller som del i en säkerhetsanordning.

Vakten är uppbyggd av sensor med säkerhetslogik, skyddsficka, ställdon, mm.

Limiting device / [Säkerhetsanordning]

Säkerhetsanordning uppbyggd av vakter, säkerhetsventiler, brytare, givare med logik, mjukvara mm.

Safety accessory / [Säkerhetsutrustning]

Utrustning avsedd att hindra att panna eller tryckkärl över- eller underskrider de gränser för tryck, temperatur flöde eller nivå som använts för hållfasthetsdimensionering. Hit räknas:

- Säkerhetsventiler, sprängbleck, brytstänger, styrda tryckbegränsningssystem (Controlled safety pressure relief systems, CSPRS) och annan utrustning för direkt begränsning av tryck.

- Brytare, som styrs av tryck, temperatur eller vätskenivå (fluidnivå), ”säkerhetsrelaterade mät-, kontroll- och regleranordningar (SRMCR)” samt annan begränsningsutrustning som aktiverar korrigeringsorgan eller ombesörjer avstängning eller avstängning och spärrning.

Water level limiter / [Säkerhetsvakt mot låg vattennivå]

Skyddsvakt mot låg vattennivå. Begreppet ”torrkokningsskydd” motsvarar denna funktion (ibland används även benämningen ”katastrofskydd”, dock ska noteras att katastrofskydd även kan innehålla fler funktioner, exempelvis vakt mot överfyllnad av pannan).

Fail safe / [Felsäker]

En säkerhetsutrustning är felsäker om den vid godtyckligt fel i utrustningen alltid ställer in säkra tillstånd eller omedelbart överför funktionen till annan felsäker funktion.

Redundancy / [Redundans]

I säkerhetsutrustning lika funktioner som var för sig oberoende av varandra kan utföra nödvändiga åtgärder.

Diversity / [Diversifiering]

I säkerhetsutrustning minst två funktioner av olika karaktär som var för sig är tillräckliga för att utföra nödvändiga åtgärder.

Rekommendation B 7 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation B 6. Den tidigare rekommendationen B 7 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 8
Utgåva 6, april 2025

Nödnedeldning och snabbtömning av sodapannor

System för nödnedeldning av sodapannor installeras för att eldning i pannan ska kunna avbrytas på ett välorganiserat, snabbt och säkert sätt i händelse av allvarlig säkerhetsrisk. Snabbtömning av vattnet ur en sodapanna sker för att undvika eller lindra effekterna av en smälta-vattenexplosion.
Rekommendation B 8, behandlar åtgärder vid befarad eller konstaterad vatteninträngning i en sodapannas eldstad och under vilka förhållanden nödnedeldning och snabbtömning skall utföras. Vidare behandlas tekniska anordningar för nödnedeldnings- och snabbtömningssystem inklusive den utrustning som krävs för kontroll av systemen. Rekommendationen behandlar även rutiner och förfarande för funktionskontroll av nödnedeldnings- och snabbtömningssystemen.
I samband med pågående översyn av rekommendationer för sodapannans säkerhetssystem, B 18, införs krav på SIL-nivåbestämningar av instrumenterade säkerhetsfunktioner. Dessa krav omfattar även funktioner i nödnedeldnings- och snabbtömningssystemen.

Sodahuskommittén rekommenderar nödnedeldning och snabbtömning vid befarad eller konstaterad vatteninträngning i eldstaden när det förekommer het flytande kemikaliesmälta i ugnen.
Tidigare har Sodahuskommittén rekommenderat installation av utrustning för totaltömning av pannan vilket i denna rekommendation inte har ansetts som nödvändigt utan har lämnats som ett övervägande vid det enskilda bruket baserat på brukets riskbedömningar.
Vidare har rekommendationen om nyckelbrytare i nödnedeldningspanelen slopats som en stående rekommendation och lämnats för brukets egen riskbedömning, se avsnitt 4.3.

Rekommendation har kompletterats med en bilaga med exempel på möjliga orsaker och verkningar av vatteninträngning i eldstaden. Risker för vatteninträngning i sodapannans eldstad behandlas även i rekommendation C 1.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2017:3, Användning och kontroll av trycksatta anordningar
Standard
SS-EN12952-7 Annex A
SS-EN 61511, SS-EN 50156 samt i SS-EN 12952 och som sammanfattas i SSG 2240 samt SSG 2241.
Rekommendationer
Sodahuskommitténs rekommendationer: C 1, B1, B 2, B 10, B 12, B 14, B 18

Innehåll

1 Vad är Nödnedeldning och Snabbtömning 3
2 Smälta-vattenexplosioner 3
3 Åtgärder vid befarad vatteninträngning till sodapannas eldstad 3
3.1 Huvudregel 3
3.2 Fastställande av läckage eller annan vatteninträngning 4
4 Förfarande vid nödnedeldning och snabbtömning 4
4.1 Aktivering av Sodahuslarm 4
4.2 Aktivering av nödnedeldning 4
4.3 Nödnedeldningspanel 7
5 Snabbtömning 9
5.1 Snabbtömningssystemets funktion och arrangemang 10
5.2 Pannans snabbtömningsventiler 13
6 Efter utförd nödnedeldning och snabbtömning 14
6.1 Avstängning av Sodahuslarm (utrymningslarm) 14
6.2 Utrymningstid (avspärrningstid) 15
6.3 Kontroll 15
7 Funktionskontroll av nödnedeldnings- och snabbtömningssystemen 15
7.1 Arrangemang för kontroll av snabbtömningssystemet under drift 16
8 Instruktioner till driftpersonal 16
9 Krav på säkerhetssystem och reservkraft 17
Bilaga 1, Checklista, Het återstart av Sodapanna efter nödnedeldning eller panntripp (Ur C1, utgåva 5) 21
Bilaga 2, Exempel på möjliga orsaker och verkningar vid vatteninträngning i eldstaden. 22

1 Vad är Nödnedeldning och Snabbtömning

System för **nödnedeldning** av sodapannor installeras för att eldning i pannan ska kunna avbrytas på ett välorganiserat, snabbt och säkert sätt i händelse av allvarlig säkerhetsrisk. Nödnedeldningssystemet utgör därmed sodapannans ***nödstopp.***
Eftersom sodapannans ugn har en bädd med flytande smälta som avger explosiva gaser och som innehåller stor mängd restvärme ställs speciella krav på sodapannans nödstopp. Nödnedeldningssystemet innehåller även ett antal funktioner som förbereder pannan för Snabbtömning.

Snabbtömning av vattnet ur en sodapanna sker för att undvika eller lindra effekterna av en smälta-vattenexplosion.
Krav på dessa funktioner framgår av SS-EN12952-7 Annex A. Standardens krav är grundade på bland annat Sodahuskommitténs rekommendation B 8, om nödnedeldning och snabbtömning. Dessa rekommendationer moderniseras i denna rekommendation och kommer förhoppningsvis att kunna inarbetas i nästa reviderade utgåva av nämnda standard.

2 Smälta-vattenexplosioner

Vatten i kontakt med het flytande kemikaliesmälta i en sodapannas ugn resulterar under vissa omständigheter i en s.k. smälta-vattenexplosion, en explosion som kan bli våldsam och få svåra följdverkningar.
Beträffande uppkomst av smälta-vattenexplosioner, se rekommendation C 1, samt Bilaga 1 till denna rekommendation

3 Åtgärder vid befarad vatteninträngning till sodapannas eldstad

3.1 Huvudregel

Ifall man vet eller med fog befarar att vatten kommer in i eldstaden, antingen från en läcka i någon av pannans tryckdelar eller på annat okontrollerat sätt, skall sodahuslarm ges och utrymning av sodahuset ske utan onödigt dröjsmål.
Sedan sodahuset utrymts skall pannan efter skälig tid för undersökning nödnedeldas och snabbtömmas om inte vatteninläckaget avvärjts, eller misstanken om vatteninträngning i eldstaden kunnat avfärdas. Även när pannan är nödnedeldad men fortfarande kan antas innehålla smälta som inte stelnat skall den snabbtömmas om vatten befaras tränga in i eldstaden. Detta bör ske även om panntrycket har sjunkit och förutsättningarna för snabbtömning därigenom försämrats.

3.1.1 Undantag från huvudregeln

Om pannan är i full drift och man vid misstanke om att vatten tränger in i eldstaden vid läckagesökningen upptäcker att det rör sig om ett utifrån kommande vatteninflöde, som genast kan stoppas, behöver inte nödnedeldning och snabbtömning ske, utan panndriften kan fortsätta.
Sodahuset skall dock vara utrymt en viss tid, minst en halvtimme efter stoppat vatteninflöde. Ovanstående handlingssätt förutsätter att manöverrummet är explosionssäkert, eller att övervakning kan ske från annat säkert utrymme, se avsnitt 4.3.2. I annat fall skall nödnedeldning och snabbtömning företas.

3.2 Fastställande av läckage eller annan vatteninträngning

Större vatteninflöden i eldstaden ger sig tillkänna på ett tämligen otvetydigt sätt, medan tecknen på **mindre vatteninflöden** däremot ofta är vaga och kan uppträda sporadiskt. Tecken på olika läckage beskrivs i rekommendation C1.

I den mån man inte direkt kan avfärda att det rör sig om en skada på tryckkärlet skall man utan att offra tid på vidare läckagelokalisering, utgå från att det rör sig om en vattenläcka och handla därefter.
Vet man eller med fog befarar att vatten kommer in i eldstaden, skall handlingssättet vara enligt huvudregeln, avsnitt 3.1.

4 Förfarande vid nödnedeldning och snabbtömning

Vid manuell aktivering av nödnedeldning och snabbtömning rekommenderas nedanstående förfaringssätt:

- Ge sodahuslarm
- Starta nödnedeldning vilket innebär att:
    - Pannan nödstoppas
    - Pannan förbereds för snabbtömning
- Genomför snabbtömning av pannan till 3-metersnivå
- Gör pannan trycklös

Närmare upplysningar om varje steg ges i följande avsnitt.

4.1 Aktivering av Sodahuslarm

Sodahuslarm är ett utrymningslarm, som skall utlösas då fara hotar, såsom vid brand, gasfara, läckage av olika slag eller explosionsrisk.
Sodahuslarm kan ges redan vid första misstanke om att fara föreligger. Driftpersonalen kan utlösa larmet innan man med närmare undersökning söker få misstanken bekräftad. Om faran består i misstanke om vatteninträngning i eldstaden skall pannhuset inte beträdas, undersökningar görs då enligt råden i avsnitt 3.2.
När någon av manöverställana för sodahuslarm enligt 4.2. eller 4.3.1 förs från läge "Drift" till läge "Larm" skall sodahuslarmet sättas i aktion och systemet för nödnedeldning bringas i startberedskap. Larmet varskor om att sodahuset omedelbart skall utrymmas på grund av säkerhetsrisk.

Om beslut tagits om nödnedeldning skall Sodahuslarm ges för omedelbar utrymning av sodahuset.

4.2 Aktivering av nödnedeldning

Nödnedeldning innebär ett tvärt avbrytande av tillförseln av bränsle och förbränningsluft, avstängning av matarvatten, samt bortkoppling av pannan från ångnätet. Detta åtföljs av ett antal andra åtgärder, vilka är beroende av det drifttillstånd som föregått nödnedeldningen.

Nödnedeldningssystemet genomför automatiskt ett förutbestämt nedeldningsförlopp.
Nödnedeldningssystemet är uppbyggt så att pannan *nödstoppas* samt att pannan *förbereds för*

snabbtömning genom ett antal funktioner som bland annat innebär att pannan isoleras från ångnätet.
Aktivering av nödnedeldningssystemet sker antingen manuellt eller i vissa situationer automatiskt.
Före manuellt utlöst nödnedeldning skall sodahuslarm ges och sodahuset utrymmas.

Nödnedeldning aktiveras från en särskild nödnedeldningspanel, utförd enligt avsnitt 4.3.
Då sodahuslarm avgetts och nödnedeldning aktiverats skall nödnedeldningen startas och nedanstående nedeldningsförlopp genomföras automatiskt.

4.2.1 Nödstopp

Pannans nödstopp aktiveras i nödnedeldningspanelen genom att manöverställaren för nödnedeldning förs till läge ”Nödnedeldning”.
Nödstoppet anropar stoppmanövern ”Stopp förbränning”, definierad i rekommendation B1/ B18, all tillförsel av alla bränslen, samt destruktionseldning, förbränningsluft, matarvatten och elfilterspänning avbryts. Ingående säkerhetsfunktioner (SIF) beskrivs närmare nedan.

4.2.1.1 Brännluttillförseln

Brännluttillförseln avbryts i enlighet med meddelande B 1, ”Snabbstängning av luttillförseln”.
Den aktuella anläggningens arrangemang avgör på vilket sätt luttillförseln skall snabbstoppas.
Reglerventil får inte räknas som avstängnings ventil.

Tillförsel av värmande medium till lutförvärmare ska avbrytas.

All tillförsel av hjälpbränslen (olja, gas) liksom av ämnen, som skall destruktionseldas (typ svaga och starka luktgaser, metanol, terpentin o.d.), skall avbrytas, dels vid brännare och i förekommande fall i stammar inne i sodahuset, dels utanför sodahuset.
I samtliga fall skall avstängning ske med snabbavstängningsventiler, som är oberoende av yttre hjälpenergi.

I det fall pannan har egen oljeförvärmarstation skall oljepumparna stoppas och tillförseln av värmande medium till oljeförvärmaren avbrytas. Skulle av någon anledning automatisk snabbavstängning utanför sodahuset inte ske vid nödnedeldning skall larmsignal till manöverrummet utlösas från varje enskild, inte stängd ventil.
Avstängning utanför sodahuset skall även kunna ske manuellt, antingen med ovannämnda snabbstängningsventiler eller särskilda avstängningsventiler. I båda fallen skall ventilerna vara placerade på säker och lättillgänglig plats utanför sodahuset.

4.2.1.2 Tillförsel av förbränningsluft till nedre ugn avbryts

Principen för lufttillförsel och rökgasfläktarnas drift vid nödnedeldning är att eldstaden endast skall tillföras luft för vädring vid normalt undertryck. Det är dock av största vikt att den tillförda luften inte underhåller förbränning i bädden. Av denna anledning bör helst ingen förbränningsluft alls tillföras ugnen nedanför lutsprutenivå.
Primärlufttillförseln avbryts genom att stoppa primärluftfläkt och även högprimärluftfläkt, där sådan förekommer. Spjäll och ledskenor skall automatiskt föras till stängt läge. Vid gemensam fläkt för primär- och sekundärluft stängs spjäll i kanal till primärluftsystemet.

På i princip samma sätt, som ovan anges för primärlufttillförseln, bör även sekundärlufttillförseln avbrytas, vilket är alltmer viktigt ju lägre sekundärluftportarna är placerade. Detta förutsätter dock att luft alltid kan tillföras eldstaden genom de högre upp belägna tertiärluftportarna.
Om förhållandena i enskilda fall inte skulle medge att sekundärlufttillförseln helt avbryts, bör dock densamma begränsas till $\leq$ 30 % av normal tillförsel av sekundärluft, under beaktande av att luftflödet inte får underhålla förbränning i bädden. Tillförsel av s.k. låg sekundärluft, där sådan förekommer, skall dock under alla förhållanden avbrytas.
I drift varande luftfläktar samt rökgasfläktar skall fortsätta att gå på sådant sätt att normalt undertryck kan upprätthållas i eldstaden. Betr. reservkraft till fläktar, se avsnitt 9.

4.2.1.3 Tillförsel av matarvatten avbryts.

Om pannan har egen matarpumpanläggning stoppas den i drift varande pumpen och signalen för automatstart av reservpump blockeras och dess ångtillförsel hållas säkert avstängd. Matarvattentillförseln avbryts dessutom med en särskild, fjärrstyrd avstängningsventil i matarledningen. Reglerventil i matarledningen får inte räknas som avstängningsventil.

4.2.1.4 Elektrofilteranläggningen urkopplas,

Elektrofilteranläggningen urkopplas, dvs. emissionssystemen görs spänningslösa och mekaniska drifter i elektrofiltren stoppas för att undvika risk för explosioner av oförbrända gaser från eldstaden.

4.2.1.5 Kemikalietransporter stoppas.

Transporten av returaska till sulfatmixern stoppas liksom tillförseln av täckningskemikalier. Om returaskan inte förs till sulfatmixern utan till en särskild asksilo, behöver dock asktransporten dit inte stoppas.

4.2.2 Förberedelser för snabbtömning

Panntrycket bevaras inför snabbtömning genom att:

4.2.2.1 Ånguttaget avbryts.

Sodapannans huvudångventil stängs och övriga förekommande ånguttag från pannan avbryts. Samtliga automatventiler för utblåsning eller dränering av pannvatten, (kontinuerlig och diskontinuerlig utblåsning, bottenblåsning), stängs i syfte att behålla panntryck inför eventuell snabbtömning.

4.2.2.2 Pågående sotning avbryts.

Pågående sotning samt automatisk start av sotning skall avbrytas.
Sotningssystemets huvudångventil bör om möjligt stängas utan att avvakta utdragning av lansrör hos i drift varande sotapparater.

4.2.2.3 Tillförsel av insprutningsvatten till ångkylare avbryts.

Vattentillförseln till ångkylare av insprutningstyp skall avbrytas med särskild avstängningsventil. Enbart stängning av reglerventil är inte tillräckligt. I förekommande fall skall även insprutningspump stoppas.

4.2.3 Villkor för start av snabbtömning

Snabbtömningssystemets funktion och arrangemang framgår av avsnitt 5ff.

Genom förregling skall säkerställas att följande villkor är uppfyllda före start av snabb-tömning:

4.2.3.1 Manöverställare ”Larm”

Någon av manöverställarna för sodahuslarm, enligt avsnitt 4.3, skall vara i läge ”Larm”

4.2.3.2 Manöverställare ”Nödnedeldning”

Manöverställaren för nödnedeldning, enligt 4.3 skall vara i läge "Nödnedeldning".

4.2.3.3 Startförreglingar

Tillförseln av bränsle, förbränningsluft och matarvatten enligt avsnitt 4.2 skall ha upphört.

Anm. I det enskilda fallet kan övervägas om fler än punkterna 4.2.1.1, -2,- 3 av de i 4.2 angivna åtgärderna skall ingå bland startvillkoren. Dock uppmanas till restriktivitet!

4.2.4 Automatisk aktivering av nödnedeldningssystemet

Nödnedeldningssystemet kan även aktiveras automatiskt om vissa förreglade driftvillkor inte är uppfyllda. Dessa villkor framgår av rekommendation B1, avsnitt 17. Dessa villkor återges här i korthet, men vid eventuella avvikelser gäller rekommendation B1.

Följande driftförreglingar ska automatiskt initiera pannans nödnedeldningssystem:

- Kraftavbrott
- Domnivå understiger lägsta tillåtna nivå (LWL), se rekommendation B6
- Domnivå överskrider högsta tillåtna nivå (HWL)
- Eldstadstrycket överstiger det fastställda högsta värdet

4.3 Nödnedeldningspanel

Nödnedeldningens-och snabbtömningsens förlopp kontrolleras och följs upp från särskild nödnedeldningspanel.
Nödnedeldningspanel anordnas skild från ordinarie styr-och reglersystem (DCS), placerad i ett explosionssäkert manöverrum, som på ett betryggande sätt är avskilt från sodahuset, så att det inte påverkas i händelse av en pannexplosion. Om explosionssäkert manöverrum saknas, skall nödnedeldningspanelen placeras vid annan skyddad plats, se avsnitt 4.3.2.
Samtliga säkerhetsfunktioner vid nödnedeldning eller snabbtömning ska aktiveras, styras och övervakas från ett säkerhetssystem uppbyggt oberoende och fristående från pannans ordinarie styrsystem.
Säkerhetssystemet skall vara felsäkert och uppfylla krav enligt avsnitt 9, samt rekommendation B18.

I nödnedeldningspanelen skall finnas en manöverställare vardera för:

- sodahuslarm (läge ”drift” eller ”larm”)

- nödnedeldning (läge ”drift”, ”kontroll” eller ”nödnedeldning”)
- snabbtömning (”drift”, ”kontroll”, ”snabbtömning”)
- fortsatt manuell tömning, om sådan finns installerad
- Ventilmanövrering för individuell funktionskontroll av snabbtömningsventilerna
    - kontroll av snabbtömningsventilernas manövrering
- manöverställare, lägesindikeringar och optiska larm för samtliga snabbtömningsventiler skall placeras i nedeldningspanelen.
- nödnedeldningspanelen förses med indikeringslampor eller lysdioder för samtliga funktioner, som ingår i nödnedeldningen och snabbtömningen, dvs. drifttillstånd, ventillägen, klart för snabbtömning etc. Dylik optisk indikering skall alltså inte ske via bildskärm.
- Nyckel för förbikoppling av startförreglingar för snabbtömning, i det fall där brukets egen riskbedömning gör nyckelinstallation påkallad, se nedan.
- Indikeringar och larm för kritiska driftvärden, se 5.2.3.

Det är av yttersta vikt att kontrollera att avstängning av nödnedeldningsfunktionerna verkligen sker. Om det visar sig att automatiken av någon anledning inte fungerat för samtliga nedeldningsavsnitt, skall uteblivna funktioner om möjligt åtgärdas manuellt från manöverpanel.
I de fall automatisk avstängning fallerar skall avstängning av samtliga funktioner även kunna utföras manuellt utanför sodahuset, antingen med snabbstängningsventiler eller särskilda avstängningsventiler.
I tidigare utgåvor av rekommendation B8 har en nyckelbrytare rekommenderats i nödnedeldningspanelen. Nyckelbrytaren innebär dock en viss risk för att den mänskliga faktorn kan orsaka allvarliga misstag. I en anläggning där samtliga berörda instrumenterade säkerhetskretsar är realiserade, SIL-nivåbestämda och deras funktionen säkerställd enligt Sodahuskommitténs rekommendationer B1 och B18, bör risken för att nödnedeldningsfunktionen inte ska fungera vara minimerad. I vart fall måste genom en särskild riskanalys fastställas vilka nödnedeldningsvillkor som i så fall får kringgås med nyckelbrytare samt rutiner upprättas för hur denna manuella förbigång av villkor får verkställas.

Beroende på orsak till att nödnedledning utförts fattas beslut om snabbtömning eller andra åtgärder.

4.3.1 Lokala manöverställare för utlösning av larm

I närheten av sodapannan skall en eller flera manöverställare finnas för utlösning av sodahuslarm. Dessa manöverställare skall ha samma utformning som brandlarm. De skall vara parallellkopplade med motsvarande manöverställare i nödnedeldningspanelen och vara placerade på lämpliga ställen i sodahuset. Sådana ställen kan exempelvis vara på manöverplan, smältlösarplan och bottenplan eller på säker plats i utrymningsväg (trapphus) på motsvarande plan.

4.3.2 Anläggningar med manöverrum, som inte är avskilda från sodahuset och därför inte skyddade vid en pannexplosion

4.3.2.1 Manöverrum

I manöverrummet skall finnas en skyddad manöverställare med tydlig anvisning om funktionen och med vilken systemet för nödnedeldning kan bringas i startberedskap samtidigt som sodahuslarm ges. Någon annan utrustning för styrning och övervakning av nödnedeldning och snabbtömning får inte placeras i det ordinarie manöverrummet. Manöverrummet skall i likhet med sodahuset utrymmas vid befarad skada som kräver nödnedeldning och snabbtömning.

4.3.2.2 Nödnedeldningspanel på skyddad plats

I anläggning där manöverrummet inte är skyddat i händelse av explosion, skall på en väl skyddad plats, en separat nödnedeldningspanel finnas. Denna skall vara utrustad och arrangerad på samma sätt som anges i avsnitt 4.3. Manöverställaren för larm skall vara parallellkopplad med manöverställaren beskriven i avsnitt 4.6.1. I övrigt skall systemen för nödnedeldning och snabbtömning vara utförda och fungera i enlighet med vad som anges i 4.3.
Nödnedeldningsförloppet ska kunna övervakas enligt 5.2.3
Vidare bör det vara möjligt att återstarta tertiär och kvartärluftfläktarana från denna nödnedeldningspanel.

4.3.2.3 Flera pannor i samma sodahus

Om sodahuslarm aktiverats för en sodapanna gäller detta larm för alla pannor som finns i sodahuset om de inte i byggnaden är explosionssäkert avskilda.
Vid explosionssäkert avskilda sodahus skall varje panna ha eget sodahuslarm och det är upp till sodahusoperatören att med hänsyn till situationen bedöma vilka sodahuslarm som ska aktiveras.

4.3.3 Het återstart efter nödnedeldning eller panntripp

Felsökning av orsak till nödnedeldning skall ske innan återstart.
Vid nödnedeldning stoppas matarvattentillförselen automatiskt. Innan matarvattentillförsel öppnas måste säkerställas att det inte är någon risk för återfyllning och start, lämplig checklista för detta bör finnas vid varje anläggning, förslag se bilaga 1.
Se vidare beskrivning i rekommendation C 1, utgåva 5, avsnitt 5.2.4

5 Snabbtömning

Syftet med *snabbtömning* av vattnet ur en sodapanna är att undvika eller lindra en smälta-vattenexplosion.
Snabbtömning vidtas då läckage från pannans tryckdelar kan antas leda till att vatten kommer i kontakt med flytande smälta på ugnsbotten.
Snabbtömningssystemets automatik påverkar efter aktivering öppning och stängning av särskilda snabbtömningsventiler, med vilka pannan kan tömmas på vatten på kort tid, beträffande dimensionering av snabbtömningssystem se 5.1.
Igångsättning av snabbtömning kan inte ske förrän de viktigaste nödnedeldningsfunktionerna

som utgör pannans nödstopp har genomförts: avbrott i tillförsel av bränsle, förbränningsluft och matarvatten, se 4.2.3. Stängning av utgående ånga skall vara påbörjad.

- De snabbtömningar av svenska sodapannor *till 3-metersnivån* som hittills skett, har inte orsakat några allvarliga skador. Någon anledning att på grund av skaderisk tveka att snabbtömma en sodapanna föreligger därför icke enligt Sodahuskommitténs mening.
- Tidigare har rekommenderats att om den läcka som föranlett snabbtömningen, befaras belägen nedanför den automatiska tömningens slutnivå (3-metersnivån), fullfölja sluttömning manuellt till bottennivå. Praktisk erfarenhet har dock visat hittills att tömning till 3-metersnivå varit tillfyllest. Efter snabbtömning och trycksänkning visar beräkningar dessutom att väldigt lite vatten och inget nämnvärt panntryck kvarstår för att inläckage ska fortsätta. Någon generell rekommendation från Sodahuskommittén om sluttömning görs därför inte numera.

- Efter snabbtömning skall pannas ugn och bottentuber inspekteras av kontrollorgan innan driften återupptas.

5.1 Snabbtömningssystemets funktion och arrangemang

Snabbtömningssystemet med ledningar och ventiler skall anordnas för att efter en manuellt given startimpuls automatiskt tömma vattnet ur pannan ner till en slutnivå något ovanför eldstadens botten.
Den automatiska snabbtömningens slutnivå bör ligga minst 3 m ovanför ugnsbotten.
Snabbtömningssystemets dimensioneras för att tömma pannan på vatten på kort tid, ca 20 minuter.

Dessutom bör det finnas möjlighet att under snabbtömningen av pannan samtidigt tappa av vatten från ekonomiserns hetaste del för att undvika att vatten av olika anledningar strömmar över till ångdomen.
Ledningen för avtappning av ekonomiserns hetaste del kan anslutas till dess ordinarie dräneringsledning och dras till tanken för diskontinuerlig utblåsning. Se *figur* 3.

Vid pannor med vattenförande screentuber, där konvektionstubsatsen utgör en integrerad del i screentubernas och eldstadens cirkulationskretsar, ansluts tömningsledningarna dels till nedre screentubslådan eller till anslutande del i cirkulationskretsen - så att screentuberna fullständigt kan tömmas - dels till fallrören på avsedd slutnivå.

Tömningen sker i början genom samtliga ledningar, varvid pannvattennivån snabbt sänks till nedre screentubslådan. Därefter skall ventilerna i de ledningar som är anslutna till screentuberna, lämnas öppna.

Vid pannor där konvektionstubsatsen ingår i en helt separat cirkulationskrets - såsom vid endomspannor - skall snabbtömning av tubsatsen ske via tömningsledningar, som är anslutna till dess fallrör eller fördelningslåda. Även i detta fall skall ventilerna i de ledningar som är anslutna ovanför tömningens slutnivå, lämnas öppna sedan vattennivån sänkts till anslutningspunkterna.

Pannans nedersta tömningsledningar ansluts till fallrören på avsedd slutnivå för tömning av eldstadsväggarna.

Tömningsledningarna får inte sammankopplas på utloppssidan, se figur 2. De bör lämpligen dras upp ovanför sodahustaket och mynna på en höjd av minst 4 meter ovanför detta. På grund av risken för bildande av ispropp i tömningsledningarna bör delarna ovanför sodahustaket isoleras.

Tömningsledningarna skall förses med dräneringsledningar, som dras till tanken för diskontinuerlig utblåsning. För tryckavlastning, läckageindikering o.dyl bör avstängbara dräneringsledningar av mindre dimension anslutas till varje snabbtömningsledning mellan ventilerna. Dessa ledningar kan exempelvis mynna i dräneringslåda med kallvattensprits, se *figur* l.

Den dräneringsledning som är ansluten mellan ventil 2 och ventil 3, bör förses med strypbricka med litet genomströmningsflöde. Denna ledning skall normalt stå öppen hela tiden.

Ventiler i ledningar, som är anslutna till pannan ovanför tömningens slutnivå, skall stängas så snart vattennivån sjunkit under respektive anslutningspunkter. Signal till stängning av dessa ventiler ges lämpligen med tidur, som startas när snabbtömningen börjar. Däremot skall snabbtömningsventiler i ledningar, som är anslutna vid slutnivån, förbli öppna efter avslutad snabbtömning av pannan, vilket även gäller ekonomiserns avtappningsventil.

Pannan kan, som nämnts, utrustas för möjlighet att från nödnedeldningspanelen manuellt fortsätta tömningen efter det att den automatiska snabbtömningens slutnivå nåtts.
För möjlighet till fortsatt manuell tömning av pannan, kan pannan utrustas med en eller flera tömningsledningar, anslutna till bottenlådor eller fallrör på sådant sätt att samtliga tuber i eldstadsväggar och botten kan tömmas helt och hållet, se *figur* 2.
Ledningarna kan, om så är lämpligt, samordnas med pannans vanliga dränerings- och bottenblåsningssystem och dras i likhet med dessa till tanken för diskontinuerlig utblåsning.
Då snabbtömningens slutnivå nåtts och manöverställaren för fortsatt manuell tömning, där sådan är används, förts till läge "Fortsatt manuell tömning", skall snabbtömningsventilerna vid slutnivån förbli öppna.

För kontroll av förloppet vid fortsatt manuell tömning av pannan är det nödvändigt att förutom panntryck så noggrant som möjligt följa nivåsänkningen. För att det senare skall kunna ske, måste en nivåmätning anordnas för korrekt visning av vattennivån i ugnens nedersta del. Mätnoggrannheten bör inte nämnvärt påverkas av pannvattnets strömning och varierande densitet.
Även bottentubernas temperaturer skall kunna avläsas. Se meddelande B 10.

5.1.1 Snabbtömning till avsedd slutnivå

Pannan töms på vatten via snabbtömningssystemet.
Så snart nödnedeldning genomförts och de förreglade startvillkoren för snabbtömning är uppfyllda, se 4.2.3, är det möjligt att starta snabbtömningsförloppet, dvs. att öppna snabbtömningsventilerna.
Eftersom avstängning av utgående ånga kan ta relativt lång tid, må snabbtömning kunna

påbörjas utan att avvakta fullbordad avstängning. Ångans avstängning skall dock ske snarast utan onödig tidsspillan.
Snabbtömningen startas, dvs. tömningsventilerna (inkl. ekonomiserns avtappningsventil) öppnas, genom att manöverställaren för snabbtömning förs från läge "Drift" till läge "Snabbtömning". Stopp manöver ”Snabbtömning”, se rekommendation B18, anropas i säkerhetssystemet varvid snabbtömningsförloppet genomföras automatiskt. Beträffande manöverställarens olika lägen, se även avsnitt 4.2.

Vid återställning av snabbtömningens manöverställare till läge "Drift", skall alla tömningsventiler återgå till stängt läge.

5.1.2 Trycksänkning till atmosfärstryck

Sedan tömningen enligt 5.5.1 avslutats, skall ångtrycket i pannan utan dröjsmål sänkas till atmosfärstryck. Trycksänkning kan ske genom att blåsa ånga genom snabbtömningsventiler och pannans startångventil. Ventilmanövrering skall ske manuellt från säker plats.

5.1.3 Fortsatt manuell tömning

Sedan snabbtömning till 3-metersnivå och efterföljande trycksänkning är utförd förångas snabbt kvarstående vatten och trycket har lite drivkraft för fortsatt läckage. Det har ansetts tidigare att om den läcka som föranlett snabbtömningen, är belägen nedanför den automatiska tömningens slutnivå enligt 5.1, kan vatten fortsätta att nå bädden under kortare eller längre tid efteråt. Vilket skulle kunna innebära ökad risk för att en explosion skall inträffa.
Ett sätt att ytterligare minska risken kan vara att manuellt fortsätta att tömma pannan på vatten samtidigt som trycksänkningen pågår. Detta förutsätter att pannan är utrustad för manuell tömning.
Sodahuskommittén gör numera ingen generell rekommendation om att utrusta sodapannan för manuell sluttömning och för de pannor som har, eller förses, med denna utrustning bör enkla förhållningsregler för manuell tömning av pannan utarbetas i samråd med pannleverantören.

Manuell sluttömning till bottennivå skall tillgripas endast i det fall visshet råder om att vattenläckan finns nedanför snabbtömningens slutnivå. Som huvudregel för en dylik fortsatt tömning gäller att operatören hela tiden skall ha fullständig kontroll över både tömningsförloppet och trycksänkningen i pannan. En förutsättning är vidare att eldstaden inte tillförs någon förbränningsluft under lutsprutenivå efter nödnedeldningen.
Hur långt och hur hastigt tömningen skall drivas måste rättas efter omständigheterna i det enskilda fallet, exempelvis var i höjdled som läckan finns, bäddstorlek och möjlighet att följa bäddens förändringar (via bäddkameran) liksom smältavrinningen.
Med hänsyn till risken för överhettning av pannas bottentuber bör fullständig tömning av pannan ända ner i botten inte ske annat än undantagsvis. För att undvika överhettning av bottentuber bör i varje fall inte pannan bli helt tömd förrän en viss tidpunkt efter det att smältan slutat rinna ur löpen.
Efter att sodapannan är utrymd och snabbtömning till 3-metersnivå är utförd och personskaderisken är eliminerad måste risken för skador på pannans bottentuber vid fortsatt tömning ställas mot de materiella skador som en smälta-vattenexplosion fortfarande kan ge upphov till. Varje fabrik skall ha utfärdat egna instruktioner för denna situation.

5.2 Pannans snabbtömningsventiler

Pannan - med undantag av ekonomisern - snabbtöms via ett antal ledningar enligt avsnitt 5.1, var och en ledning försedd med tre ventiler i serie enligt följande (se även *figur l och 2*):

- Ventil l: en lokalt manövrerad avstängningsventil närmast pannan.

- Ventil 2: en automatisk avstängningsventil (snabbtömningsventil), som förutom automatisk funktion då manöverställaren för snabbtömning står i läge "Snabbtömning" enligt avsnitt 4.3 eller i läge "Kontroll" enligt avsnitt 6.1, även kan manövreras manuellt lokalt eller från nödnedeldningspanel under drift enligt förutsättningarna i avsnitt 7.1.2.
  Ventil 2 utsätts under drift för ensidigt högt tryck från pannan, kulventil bör därför vara lämpligt ventilval. Beträffande täthet och utförande se SSG standard.

- Ventil 3: en lokalt manövrerad avstängningsventil intill ventil 2. Ventilen kan, om den förses med fjärrmanöverdon, även manövreras manuellt lokalt eller från nödnedeldningspanel under drift enligt förutsättningarna i avsnitt 6.1.2. Den bör även, om så önskas, kunna förberedas att tjänstgöra som reserv för ventil 2, dvs. som snabbtömningsventil, om så önskas.

Ventilerna l och 3 skall under normala driftförhållanden vara öppna och snabb-tömningsventilen 2 stängd. Beträffande funktionsprovning av ventiler se avsnitt 7.1.

Samtliga ventiler skall vara försedda med gränslägeskontakter och lägesindikering i nödnedeldningspanelen. Ventilernas manöverdon skall inte vara avsnittbrytande.

Vid oriktiga ventillägen i förhållande till inställningen av manöverställarna för nödnedeldning och snabbtömning skall optiskt larm ges i nödnedeldningspanelen.

5.2.1 Manuell tömningsventil

I de fall då fortsatt manuell tömning av pannan tillämpas bör finnas en eller flera fjärrmanövrerade tömningsventiler.
Med tömningsventiler av reglertyp kan operatören eftersträva att anpassa tömningshastigheten till temperaturen i bottentuberna. Om endast snabb sluttömning prioriteras kan dock ventiler av on/off typ väljas.
Ventilerna skall på vanligt sätt vara invallade med avstängningsventiler (se *figur 2*).
Tömningsventilernas manöverställare skall enligt avsnitt 7.1 vara placerade i nödnedeldningspanelen, där även lägesindikeringar och optiska larm skall finnas för samtliga ventiler.

5.2.2 Ekonomiserns avtappningsventil

I ekonomiserns avtappningsledning från den hetaste delen skall finnas en av avstängningsventiler invallad tömningsventil (se *figur 3*). Ventilen skall öppnas automatiskt då snabbtömningen av pannan startas.

Manöverställaren liksom lägesindikeringar och optiska larm för samtliga ventiler skall placeras i nedeldningspanelen.

5.2.3 Driftövervakning under nödnedeldning och snabbtömning

Även om driftvärden normalt kan avläsas med pannans ordinarie instrumentering skall, under nödnedeldning och snabbtömning, säkerhetsmässigt kritiska driftvärden för tillståndet i pannan kunna övervakas med larm eller indikering i nödnedeldningspanelen, eller i fristående särskild säkerhetspanel, se rekommendation B14.

Övervakningen ska för bättre överskådlighet, visas på särskild bildskärm eller på särskilda instrument, som placerats samlade på ett lämpligt ställe.

Övervakning av nödnedeldning och snabbtömning rekommenderas omfatta nedanstående parametrar (ytterligare övervakningsbehov bedöms lokalt vid resp. bruk):

- Panntryck
- Nivå i dom (indikering och larm), samt separat kameraövervakning av vattenståndsglas
- Totalnivå i pannan
- Nivå i nedre ugn (för fortsatt manuell tömning)
- Förbränningsluftflöden
- Eldstadstryck

Larm eller indikering för

- Nivå i smältlösare
- Densitet i smältlösare
- Tubtemperaturer

Indikerade ventillägen för stängning av

- Matarvattenventil
- Utgående ånga
- Sotångventil
- Ventiler och pumpar för snabbstopp av luteldning enligt rekommendation B 1
- Olja och tillsatsbränslen
- Starka och svaga gaser, metanol, terpentin samt tillsatskemikalier

Indikering av

- Elektrofilter spänningslöst
- Drift rökgasfläkt

6 Efter utförd nödnedeldning och snabbtömning

Följande åtgärder och förhållningsregler bör iakttas efter utförd nödnedeldning och snabbtömning p.g.a. vatteninträngning i eldstaden:

6.1 Avstängning av Sodahuslarm (utrymningslarm)

Det akustiska sodahuslarmet får avstängas sedan nödvändiga avspärrningar skett, dock tidigast 30 minuter efter påbörjad nedeldning. De optiska signalerna får däremot inte avstängas förrän sodahuset åter kan beträdas enligt fabrikens säkerhetsföreskrifter.

6.2 Utrymningstid (avspärrningstid)

Ett sodahus, som utrymts på grund av sodahuslarm vid befarat vatteninläckage i eldstaden, får inte beträdas förrän efter en säkerhetstid på minst 15 timmar. Varje fabrik skall ha utfärdat egna säkerhetsföreskrifter för denna situation och må efter egen bedömning förlänga den ovan angivna minsta väntetiden. Hänsyn bör härvid bl.a. tas till pannans dimensioner och den kvarvarande bäddens storlek.

6.3 Kontroll

Innan pannan åter tas i bruk efter snabbtömning skall revisionskontroll utföras av ackrediterat kontrollorgan. Först efter godkänd kontroll kan pannan åter tas i drift.

7 Funktionskontroll av nödnedeldnings- och snabbtömningssystemen

Funktionen hos nödnedeldnings- och snabbtömningssystem skall regelbundet kontrolleras enligt särskilt upprättad instruktion.
Kontroll och provning av nödnedeldnings- och snabbtömningssystemen utgör samtidigt en övning för driftpersonalen och bör således fördelas så jämnt som möjligt mellan de olika skiftlagen.

Särskild journal skall föras över kontrollen av systemen för sodahuslarm, nödnedeldning och snabbtömning. Följande kontrollåtgärder rekommenderas:

- Prov av Sodahuslarmet skall utföras regelbundet vid i förväg tillkännagiven tidpunkt, förslagsvis på en bestämd tid en viss dag varje månad.

- Nödnedeldningssystemets funktioner skall kontrolleras minst en gång varje år i samband med planerad start eller nedeldning av pannan.
- Snabbtömningssystemets funktioner skall kunna kontrolleras under drift – simulerad snabbtömning – utan att sodahuslarm avgetts eller nödnedeldning företagits. En förutsättning är då att avstängningsventilerna före eller efter de automatiska snabbtömningsventilerna är stängda. Sådan kontroll av snabbtömningssystemet under drift bör ske minst en gång varje månad.
- Efter reparation eller utbyte av utrustning ansluten till nödnedeldnings- eller snabbtömningssystemen, skall deras funktion kontrolleras i nödvändig omfattning.
- Om snabbtömningsprov med verklig tömning av pannan ska utföras på nya pannor eller nyinstallerade snabbtömningssystem får avgöras av anläggningsägaren. Även om risken för skador till följd av snabbtömning är mycket liten hos s.k. endomspannor och hos pannor med tätsvetsade tubinfästningar i domarna, kräver inte Sodahuskommittén att sådan provning sker.

- Däremot rekommenderas att åtminstone för en kortare stund öppna samtliga snabbtömningsventiler med pannan påeldad enbart med hjälpbränsle till fullt tryck, men med all eldning stoppad under själva snabbtömningsprovet. Sådan provning bör

ske för att kontrollera funktionen hos ventiler och rörledningar under tryck, de sistnämnda även med avseende på upphängningsanordningar och läckage.

7.1 Arrangemang för kontroll av snabbtömningssystemet under drift

För kontroll av snabbtömningssystemet under drift kan exempelvis följande arrangemang tillämpas.

7.1.1 Kontroll av den automatiska snabbtömningssekvensen

Manöverställaren för snabbtömning har tre lägen: "Kontroll", "Drift" och "Snabbtömning". När avstängningsventilerna före eller efter snabbtömningsventilerna är stängda och manöverställaren förs i läge "Kontroll" startas det automatiska snabbtömningsförloppet med öppning och stängning av snabbtömningsventilerna enligt inställda tidsförlopp.

Vidare startas ett tidur för övervakning av kontrollperiodens längd. Har manöverställaren inte inom en timme förts tillbaka till läge "Drift" ges larm i det ordinarie manöverrummet.

När manöverställaren är i läge "Kontroll" indikeras detta i manöverrummet med en särskild optisk signal, som visar att kontroll av snabbtömningssystemet pågår.

7.1.2 Individuell funktionskontroll av snabbtömningsventilerna

När samtliga avstängningsventiler före eller efter snabbtömningsventilerna är stängda, kan snabbtömningsventilernas och övriga fjärrmanövrerade ventilers öppnings- och stängningsfunktioner manuellt provas genom att en särskild manöverställare förs i läge "Ventilmanövrering". I detta läge skall genom förregling säkerställas att om någon avstängningsventil (av misstag) öppnas när tillhörande snabbtömningsventil är öppen, skall den senare stänga automatiskt om även den andra avstängningsventilen är öppen.

Vid provning av snabbtömningsventilens öppnings- och stängningsfunktion under pågående panndrift, skall normalt ventil 3 vara stängd och ventil l öppen. Dessutom skall den dräneringsledning som är ansluten mellan ventil 2 och ventil 3, vara öppen under provet. Med dessa ventillägen ges möjlighet att prova öppningsfunktionen hos snabbtömningsventilen 2 då den är utsatt för ensidigt tryck, dvs. under så realistiska förhållanden som möjligt.

8 Instruktioner till driftpersonal

För varje enskild sodapanna skall finnas lokalt anpassade och lätt tillgängliga instruktioner för driftpersonalen som behandlar handhavande och kontroll av:

- nödnedeldnings- och snabbtömningssystem
- sodahuslarm
- utrymning av sodahuset

Instruktionerna skall vara så utformade att ingen tvekan råder bland driftspersonalen angående handlingssätt och befogenhet att vidta åtgärder vid konstaterad eller befarad vatteninträngning i sodapannans eldstad!

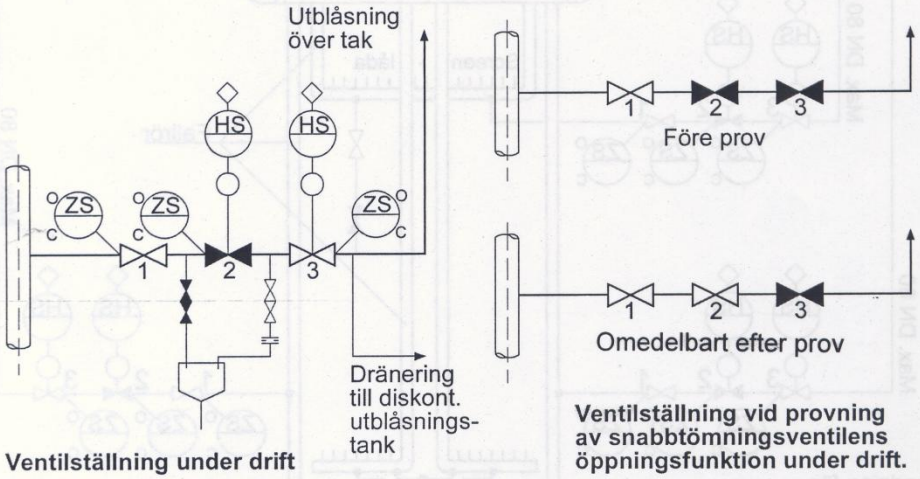
9 Krav på säkerhetssystem och reservkraft

Kraven på säkerhetskritisk instrumentering har skärpts avsevärt under de senaste åren. Nödnedeldnings - och snabbtömningsfunktionerna skall aktiveras, styras och övervakas i ett, från pannans ordinarie styrsystem, fristående säkerhetssystem, som uppfyller kraven i SS-EN 61511, SS-EN 50156 samt i SS-EN 12952 och som sammanfattas i SSG 2240 samt SSG 2241.

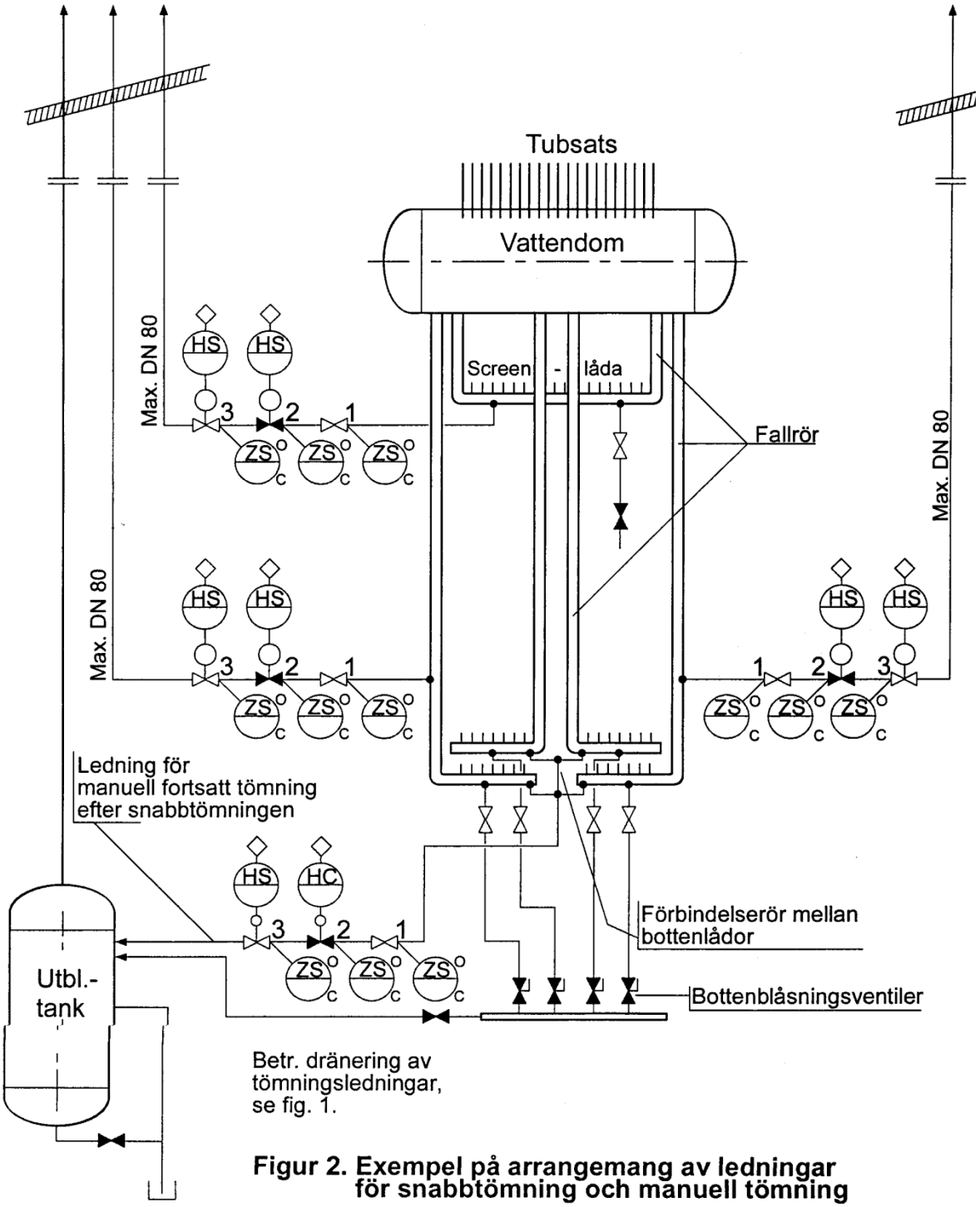
Rekommendation B18 behandlar utformning av sodapannans säkerhetssystem.

Larm-, nödnedeldnings- och snabbtömningssystem skall vara anslutna till reservkraft så att alla funktioner bibehålls även om den ordinarie kraftförsörjningen tillfälligt upphör. Denna rekommendation gäller med undantag för luftfläktarna.
Någon rökgasfläkt bör vara ansluten till reservkraft då detta ger möjlighet till vädring av eldstaden i händelse av kraftavbrott.

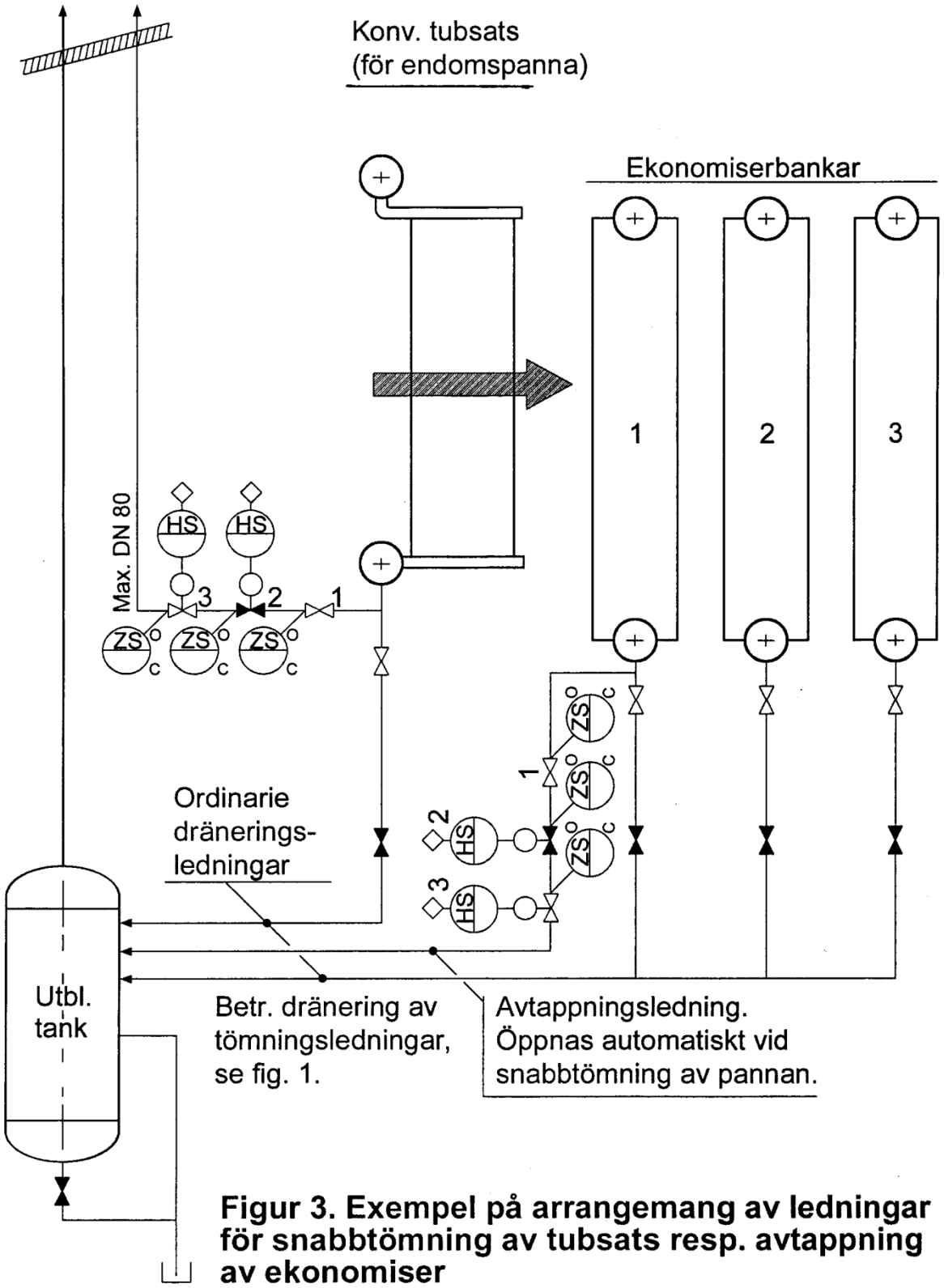
Angående reservkraft, se meddelande B 12.



Figur 1. Snabbtömningsledning - exempel på arrangemang av ventiler och dräneringar



Figur 2. Exempel på arrangemang av ledningar för snabbtömning och manuell tömning



Figur 3. Exempel på arrangemang av ledningar för snabbtömning av tubsats resp. avtappning av ekonomiser

Bilaga 1, Checklista, Het återstart av Sodapanna efter nödnedeldning eller panntripp **(Ur C1, utgåva 5)**

Några vanliga orsaker till snabbstopp på Sodapannan är:

- Automatisk aktivering av nödnedeldning (låg domvattennivå, kraftavbrott, mm)
- Avbrott i förbränning aktiverad av säkerhetsfunktion
- Kraftbortfall (strömavbrott)

För att kunna återstarta efter panntripp bör särskild checklista finnas upprättad och följas. Varje anläggning bör upprätta sådan checklista för den egna anläggningen. Exempel på innehåll se nedan.
Utan anspråk fullständighet bör följande punkter beaktas i checklista, med angivande också av lämpliga åtgärder vid avvikelser från säkert tillstånd.

1. Fastställ orsak till panntripp.
2. Undersök och undanröj eventuella misstankar om vattenläckage i pannan som felorsak
3. Fastställ domvattennivå
4. Fastställ panntryck och motsvarande pannvattentemperatur
5. Om nivån har varit under domen (dvs helt tom) så får återfyllningen av pannan påbörjas först sedan dommaterialet kylts till en temperatur som inte överstiger matarvattentemperaturen med mer än vad som angivits av pannleverantören, dock ej över 50°C (i de fall eventuella tubinfästningar är enbart invalsade och ej tätsvetsade dock högst 30º C). Avkylningen görs med normal trycknedtagning. Domens temperatur mäts företrädesvis med termoelement, se rekommendation B 10, och verifieras med pannvattentemperaturen (mättnadstemperaturen) efter trycksänkning.
6. Kontrollera matarvattentillgång
7. Kontrollera elkraftförsörjning (ström)
8. Reservkraft
9. Gå igenom checklista för normal start av sodapannan

Bilaga 2, Exempel på möjliga orsaker och verkningar vid vatteninträngning i eldstaden.

I rekommendation C 1 behandlas under avsnitt smälta-vattenexplosioner orsaker och verkningar av vatteninträngning i sodapannans eldstad. Kompletterande information ges i denna bilaga till rekommendation B 8 genom ett antal exempel på möjliga orsaker och verkningar vid vatteninträngning i eldstaden.

Skador som kan uppträda:

- Stort tubbrott ovanför smältanivå.

Ett stort tubbrott/tubfläkning kan inträffa på tuber som blivit tunna genom korrosion eller som förlorat sin hållfasthet p.g.a. överhettning. Stora mängder vatten kan komma in i eldstaden och tränga in i smältan. Explosionsrisken är mycket stor. Exempel på tuber som är särskilt utsatta för skador är gittertuber, väggtuber ovanför kompoundugnen, screentuber och genomföringar för sotblåsare.

Då mängden vatten som tillförs pannan är så stor är risken för en våldsam smälta-vatten-explosion påtaglig.

- Spricka i tub ovanför smältanivå

Sprickor kan uppkomma vid svetsar, T-stycken, övre delen av konvektionstubsatsen i tvådomspannor, gitter, löptuber etc. Det utströmmande vattnet splittras upp genom trycksänkningen och ungefär hälften förångas omedelbart, medan resten bildar vattendimma. Då ett regn av smådroppar har svårare att tränga ned i smältan kan risken för explosion då vara mindre.

- Spricka i tub under smältanivå

Sprickor förekommer ibland på bottentuber under smältanivå. Orsaken kan vara strömningsstörningar, värmespänningar, temperaturchocker. Vattnet som tränger in i smältan underifrån kan antingen kapslas in i ett stelnat skal av smältan eller tränga upp till ytan och splittras upp ovanför ytan till ett fint regn, där det lägger sig vatten ovanpå smältan. Mörka (kalla) fläckar på smältans yta kan vara tecken på både att vatten samlas ovanpå smältan, som att vatten kapslas in. Det senare kan ge upphov till en ”myrstack” i smältabädden, vilket borde kunna ses av kameraövervakningen. Särskilt om vattnet kapslas in i ett skal av stelnad smälta är risken för en våldsam smältavattenexplosion stor.

- Överfyllning genom brusten överhettartub

Det har inträffat fall där man fått brott på en överhettartub och pannan har snabbstoppats, medan vattentillförseln har fortsatt från en ångdriven matarvattenpump, som fortsatt att gå, trots att övriga funktioner avstannat. Eftersom eldningen avbrutits har kokningen upphört samtidigt som nivåregleringen inte reagerat. Med de moderna små domarna i en sodapanna kan domen då snabbt överfyllas så att vattnet går ut i överhettarlådorna.

- Vatteninträngning genom lutspruta

För låg torrhalt, tvättvatten eller annan vatteninträngning i brännlutsystemet kan utgöra risk. Explosioner har inträffat särskilt i samband med tvättoperationer. Särskilda åtgärder bör alltid vidtas vid tvättning av brännlutsystem och lutsprutor, så att tvättvattnet inte går in i pannan genom lutspruteöppningarna.

- Skada på kylvattenledning eller löpränna.

Tidigare var det vanligt att pannluckor skyddades genom inmonterade kylvattenkanaler. Löprännornas vattenkylning är också en risk för vatteninträngning, varför de bl.a. bör ha balanserat vattenflöde, så att det varken tränger ut kylvatten eller sugs in smälta i rännans kylvattensida vid de termochocksprickor som ofta plågar löprännekonstruktionerna.

- Kondensat via luftkanal

Finns det fickor i luftkanalerna, kan kondensat eller annat samlas här. Samtidiga läckage i luftförvärmare har gett vatteninträngning och explosion i samband med uppstart.

- Kondensat via stark- eller svaggassystemet

Vatten har trängt in bakvägen via dessa system, det kan t.ex. ha kommit från matarvattensystemet.

- Kondensat via sotblåsare

Det förekommer att sotångans tryck och temperatur anpassas genom insprutningskylare med matarvatten.

Kondensat kan också bildas i ledningarna när respektive sotblåsare inte är aktiv. Läckande ångventil till blåsaren kan ge kondensatbildning i lansen, vilket spottas ut när sotblåsaren startar. Det senare är mest en risk för sekundärskador (korrosion) på den första tubraden intill väggen, när sotångventilen öppnar.

- För tidig vattentvättning

Vattentvättning får inte startas förrän smältabädden på pannbotten bedöms vara helt stelnad. Ofta är översidan av bädden stelnad, medan flytande smälta finns under detta lock.

- Övriga orsaker

Fabrikernas rörledningssystem är komplicerade för att möjliggöra både drift och rengöring. Sammankoppling av olika medier som vattenförande och brännlutförande system kan ge upphov till överraskningar. Felmanövrerade eller otäta ventiler kan också utgöra en risk. Därför är det nödvändigt att genomföra en noggrann riskanalys baserad på aktuella flödesscheman.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 9

Utgåva 4, april 2023

Ångsotningssystem och sotblåsare till sodapannor

Eldning av brännlut i sodapannan leder snabbt till uppbyggnad av stoft och beläggningar på de olika värmeytorna. Sodapannan måste därför vara utrustad med ett stort antal sotblåsare, placerade och styrda så att renhållningen av värmeytorna blir tillfredsställande.

Användning av felaktigt installerade sotblåsare kan orsaka allvarliga skador och tillbud i sodapannan och även orsaka vatteninträngning i eldstaden.

Rekommendationen är avsedd att tillämpas vid projektering av nya sodapannor, men även tjäna som riktlinje vid ombyggnad av äldre sodapannor.
Föreliggande utgåva är uppdaterad beträffande Sodapannanors säkerhetssystem (SIF).

Rekommenderade utrustningar, samt de exempel på utförande som ges i denna rekommendation, anses av Sodahuskommittén kunna ge godtagbar säkerhet.

Hänvisningar

Föreskrifter:

Tryckkärlsdirektivet, PED 2014/68/EU, överfört till Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2016:1 - Tryckbärande anordningar.

Maskindirektivet 2006/42/EG, svensk föreskrift AFS 2011:7 (ursprungligen AFS 2008:3)

AFS 2017:3 Användning och kontroll av trycksatta anordningar

Standarder:

SS-EN 12952-7:2012, annex A

SS-EN 12952 Del 2, 3, 5, 6

Rekommendationer

Rek. D1 Vattentvättning av sodapannans gassida.

Övriga dokument:

Rune Andersson: Tekniskt nytt om sotning. Sodahuskonferensen 1977
(se Sodahuskommitténs hemsida, Rapporter)

Innehåll

1 Sotningssystem 3
1.1 Dimensionering och utförande 3
1.2 Instrumenterade säkerhetsfunktioner 3
1.3 Uttagspunkter för sotningsånga 4
1.4 Sotångledningens utrustning 4
1.5 Utrustning för kondensatdränering 5
1.6 Avstängningsventiler till sotapparater. 5
2 Sotblåsare, maskinutrustning 5
2.1 Sotblåsarutrustningens utformning 5
2.2 Sotånglansarnas utförande 6
2.2.1 Ånglansens rotationshastighet 6
2.2.2 Dysornas utformning 6
2.2.3 Vinklade dysor 6
2.2.4 Risk för sprickbildning vid lansrörsfäste 6
2.2.5 Lansens läge vid ångpådrag. 7
2.3 Åtgärder mot kondensatbildning i sotångsystemet 7
2.4 Spärrluft och torkluft 8
3 Styrning av sotångsystem 8
4 Underhållsprogram 9
5 Vattentvättning med användning av sotapparater 10
6 Figurbilagor 11

1 Sotningssystem

1.1 Dimensionering och utförande

Sotångsystemet skall dimensioneras och avsäkras för det högsta tryck och temperatur som kan uppkomma.

Sotblåsarna skall i tillämpliga delar betraktas som tryckbärande anordningar och uppfylla tillämpliga regelverk på tryckkärlsområdet, som t.ex. AFS 2016:1 eller AFS 2017:3. De skall även uppfylla tillämpliga krav i Arbetsmiljöverkets Föreskrift 2011:7 (d.v.s. Maskindirektivet).

Ångsystemet inklusive vertikala stamledningar får varken ha värmesänkor eller fickor vilka möjliggör sådan kondensatansamling, att kondensatet kan ryckas med vid en sotblåsarstart.

För höga sotångtryck kan skada överhettartuberna och sotningstrycket bör därför avpassas, så att skador på tuber och tubpaneler undviks. Detta gäller speciellt överhettarnas paneler, men även tubsatstuber kan skadas. Böjspänningarna i tubernas anslutning till lådor och domar kan bli för höga med utmattningsbrott som följd. Sotångtryck utöver tillverkarens rekommendationer bör därför undvikas.

En praktisk erfarenhet från några tidigare skadefall har varit att inte överskrida (ungefär) 20 bars övertryck i ledningen. Sotningseffekten är samtidigt också starkt beroende av ångdysans utformning.

Sotångan skall i samtliga fall vara tillräckligt överhettad för att undvika kondensering. Om det bildas kondensdroppar vid sotångans expansion i och efter dysan finns risk för att den fuktiga ångan korroderar de tubpartier som sotas. Cirka 30°C överhettning kan vara lagom.

Sotningsångans temperatur kan behöva regleras genom vatteninsprutning av spädvatten, kondensat eller matarvatten. Detta gäller speciellt vid ånguttag från utgående ångledning, medan man vid ånguttag från en samlingslåda efter primäröverhettaren i regel redan från början kan erhålla en lämplig överhettningstemperatur efter tryckreduceringen.

Sotångledningen skall om kylvatteninsprutning förekommer vara försedd med vattenavskiljare utrustad med demister och dimensionerad så, att låg ånghastighet erhålls genom demistern (rekommenderas även i de fall då man inte har direktinsprutning av vatten i ångan).

Sotångledningen skall dimensioneras för en så låg ånghastighet att ljudnivån inte blir för hög.

Ett exempel på ångsotningssystem visas i *figur 1*.

1.2 Instrumenterade säkerhetsfunktioner

Fristående från utrustning för styrning och övervakning av sotångsystemet skall till Sodapannans säkerhetssystem anslutas:

- Säkerhetskrets (Ventil, don, givare, logik) för automatisk avstängning av sotångledningens huvudstam.
- Säkerhetskrets (Ventil, don, givare, logik) för automatisk öppning av kondensatavledning i sotångledningarnas lågpunkter. Vid låg temperatur (kondensatansamling) skall förbigångsledning över kondensatfälla/strypbricka öppna automatiskt.
  Om inte temperaturen återgår till inställt värde inom föreskriven tid, fastställd i riskanalys, skall säkerhetskretsen för avstängning av sotånga stänga och sotapparater återgå till utdraget viloläge.
- Säkerhetskrets (Ventil, don, givare, logik) för automatisk avstängning av vatteninsprutning till ångkylning.
  Ventilen skall automatiskt stänga vid för låg ångtemperatur eller vid för hög nivå i vattenavskiljare efter insprutningspunkten.

1.3 Uttagspunkter för sotningsånga

Sotningsånga med lämpliga ångdata kan hämtas från ett flertal olika ställen i fabrikens ångnät, exempelvis från:

- Turbinavtappning:

Ånguttag från en turbinavtappning är numera en ofta förekommande lösning, då stigande kostnader för elenergi har gjort detta fördelaktigt i de fall turbinens konstruktion och placering är lämplig för ändamålet.

- Samlingslåda efter primäröverhettare:

Ånguttag från en samlingslåda placerad efter primäröverhettaren medger i allmänhet att man kan välja ånga med lämplig överhettning och att sotångledningarna kan göras korta.

- Utgående ångledning från sodapannan:

Vid uttag från utgående ångledning från sodapannan bör sotångledningen anslutas efter den avstängningsventil som är placerad utanför sodahuset.

Om matningen till sotångsystemet kommer från huvudångledningen eller ångnätet, eller eljest har för hög ingångstemperatur, krävs ångkondensat/matarvatteninsprutning för temperaturreglering av sotången.

- Sammankoppling med andra ångförbrukare

Sotånga får inte tas ut från en ångledning, vilken samtidigt är sammankopplad med annat medium, i första hand vatten i olika former. Detta kan vara fallet om ånga från samma ledning i någon position används för direktvärmning av andra medier. Under olyckliga omständigheter kan de via sammankopplingen med sotångledningen ge upphov till en oönskad vatteninträngning i eldstaden.

Försvinner övertrycket i sotångledningen, så kan innehållet i de anslutna tankarna komma i jäsning och orsaka överströmning av vätska baklänges in i sotångledningen och sedan vidare in i eldstaden.

1.4 Sotångledningens utrustning

I ångledningen efter huvudavstängningsventilen skall följande utrustning finnas:

- Reglerkrets för tryckreglering (ventil, don, tryckgivare, regulator) med utrustning för registrering och larmfunktion för såväl högt som lågt sotångtryck.
- Givare utrustad för registrering av ångflödet samt larm för högt ångflöde
- Säkerhetsventil. Säkerhetsventilens öppningstryck väljs till det högsta tryck som tillåts i sotångledningen med hänsyn till all utrustning.

1.5 Utrustning för kondensatdränering

Under anslutningen av den lägst placerade sotblåsaren till stamledningen skall det finnas en säker kondensatdränering till ett dräneringskärl.

Stamledningen förses med en strypbricka i ledningen så att ångflödet genom den dränerar ledningen på kondensat direkt till ett expansionskärl, *se figur 1*.

För att säkerställa temperaturen i stamledningen skall i stamledningen ovanför strypbrickan finnas en temperaturgivare med larm för låg temperatur ansluten till sodapannans styr- och reglersystem.
Ytterligare en fristående temperaturvakt skall finnas kopplad till instrumenterad säkerhetskrets, se 1.2.

Anslutningsledningen till expansionskärlet skall förses med såväl backventil som avstängningsventil. Avstängningsventilen skall ha ställdon och vara utrustad med gränslägen med lägesindikering för öppen och stängd ventil.

1.6 Avstängningsventiler till sotapparater.

Avgrening till en grupp sotblåsare skall utrustas med en fjärrmanövrerad avstängningsventil som skall kunna manövreras såväl i anslutning till sotblåsarna som från manöverrum.

Därutöver skall varje sotapparat förses med dubbla manuella avstängningsventiller, alternativt en ventil och möjlighet till avblindning. Avsikten med detta är att möjliggöra att en sotblåsare kan frånskiljas från sotångnätet för reparation, utan att sotblåsningen i övrigt behöver avbrytas.

2 Sotblåsare, maskinutrustning

Exempel på arrangemang av sotblåsare framgår av *figur 2*.

2.1 Sotblåsarutrustningens utformning

- För att förebygga ansamling av kondensat i lansarna bör sotblåsarupphängningarna installeras så att sotblåsarlansarna lutar något med fall ner mot pannan när pannan är kall. Att eldstaden sjunker vid påeldning bör även beaktas.
- Anordning för manuell utdragning av lansrör ur pannan skall finnas och konstrueras så att personal, som utför arbetet skyddas från kontakt med het utrustning.
- Ångledningarnas vikt och expansion får inte tas upp av sotblåsarnas ångpådrags-ventiler. Om så sker kan ångpådragsventilen deformeras med ångläckage som följd.
- Sotblåsarstyrningen skall vara så utformad att drift mot de mekaniska ändlägesstopparna inte kan ske. Vid frekvent drift mot de mekaniska stoppen ökas slitaget på kuggstänger, kuggdrev med drivaxel och motor.

2.2 Sotånglansarnas utförande

Sotånglansarna dimensioneras för högsta tillåtna sotångtryck och som tryckkärl enligt AFS 2016:1, Tryckbärande anordningar.

2.2.1 Ånglansens rotationshastighet

Sotapparaternas påverkan på tuber i en tubbank eller på hängande tubpaneler kan orsaka utmattningspåkänningar hos tuberna, i allmänhet vid tubernas infästningar. Är påkänningarna för höga uppstår utmattningsbrott förr eller senare.

Särskilt om sotblåsarlansens varvtal motsvarar eller ligger i närheten av tubpanelens egenfrekvens kan det medföra att tubpanelerna, speciellt hängande panelöverhettare, sätts i överdriven svängning. Pendlingar liksom svängningar hos enskilda tuber har i ett inte obetydligt antal fall lett till utmattningsbrott vid tubernas infästning.

För att undvika varvtal som orsakar resonans med tubernas egensvängningsfrekvens bör lansens rotation väljas högre än skärmarnas egensvängningsfrekvens. Pendlingsfrekvens hos hängande överhettare eller tubbankar sjunker med ökande beläggningstjocklek, varför man bör säkerställa att den frekvens sotblåsarnas varvtal genererar alltid är högre än vad som är kritiskt egensvängningstal för panelerna.

En särskild riskbedömning bör utföras genom mätning eller beräkning i samråd med expertis eller panntillverkaren.

2.2.2 Dysornas utformning

Lansrörens munstycken bör utformas så att de ger största möjliga sotningseffekt. *Figurerna 3 och 4* visar två olika placeringar av dysorna i munstycket. Dysplaceringen i *figur 4* ger plats för en mer utpräglad "Lavaldysa" än vad som är fallet i *figur 3*. Ånghastigheten i munstycket ökar väsentligt vid samma ångdata och därmed ökar också sotningseffekten. Vid bibehållen sotningseffekt, kan ångtrycket till dysorna sänkas avsevärt i förhållande till dysplaceringen i *figur 3*

Det är ångstrålens impuls och inte ångtrycket i sotångledningen, som är den styrande faktorn för såväl sotningsresultatet som för eventuella skador.

2.2.3 Vinklade dysor

Vinklade dysor (d.v.s. med snett riktade ångstrålar) kan i och för sig förväntas ge en bättre sotningseffekt, men särskilt kombinationen av vinklade dysor och höga sotångtryck måste ändå vid en riskanalys bedömas som riskabel ur säkerhetssynpunkt, eftersom de kan medföra ökad belastning och skadliga (sido-)svängningar hos tubpanelerna. De kan sannolikt också påverka lansrörens livslängd.

2.2.4 Risk för sprickbildning vid lansrörsfäste

Uppriktning av sotblåsarens lansrör och åkvagn skall ske noggrant, så att lansrörsinfästningen i åkvagnen inte utsätts för roterande böjmoment.
Brustna flänsar har i flera fall medfört att lansröret lossnat och skjutits i väg som en raket och allvarligt skadat motstående tubvägg. Brister en väggtub av stöten så kan vattenflödet till eldstaden bli förödande!

Flänsutförande och svetsning av lansrör och munstycke skall ske med en väl utprovad svetsmetod. Lansrören är nästan alltid utförda i varmhållfast krom- och molybdenlegerat stål och kräver avancerade svetsmetoder.

Lansröret blir vid rotation utsatt för roterande böjutmattning, vilket medför stora krav på svetsningsutförandet samt på flänsens uppriktning. Även en liten snedställning av lansrörets fläns ger upphov till stora böjspänningar i infästningen och kan göra att lansen brister på grund av utmattningssprickor. Svetsa därför aldrig en gammal fläns till ett nytt lansrör utan ersätt skadade lansrör med nya och låt i stället leverantören utföra eventuella reparationer.

2.2.5 Lansens läge vid ångpådrag.

Ångpådragsventilen bör inte öppna förrän lansrörens dysor kommit så långt in i pannan att tubväggen inte äventyras när ångpådragsventilen öppnar.
När ångpådragsventilen öppnar bör lansarnas dysor peka vertikalt och inte direkt mot närliggande tuber. Skulle det komma kondensat med ångan då ångpådragsventilen öppnar så kan tuberna - såväl i tubväggen som i skärmarna - annars drabbas av erosionsskador.

Anordning för kontinuerlig fasförskjutning av ångdysornas startläge (i lansens längsled) rekommenderas. Ett sådant arrangemang minskar risken för tuberosion.

2.3 Åtgärder mot kondensatbildning i sotångsystemet

Kondensatansamling i lansröret innebär en risk för en vattendusch från dysan i lansröret när ångpådragsventilen öppnar.

Det finns då stor risk för att tuber invid väggenomföringen förtunnas genom erosionskorrosion. Såväl tuber i tubpanelerna som intilliggande väggtuber är utsatta för risk. Det finns också risk för sprickor i tubgodset invid påsvetsade fenor som en följd av termisk utmattning. I värsta fall kan förtunnade väggtuber brista med stora vattenflöden in i eldstaden som följd.

Om inte lansen är dränerad kan annars ångan orsaka vattenslag i lansen när ångpådrags-ventilen öppnas.

Munstycksdysans utformning medför att en betydande mängd kondensat kan samlas i röret mellan varje blåsning.
Dränering av lansröret är ett krav i SS-EN 12952–7, annex A, moment A.2.11.

Kondensat i sotblåsare skall undvikas genom:

- Användning av rekommenderade ångdata. Sotångan skall i samtliga fall vara tillräckligt överhettad för att undvika kondensering. Om det bildas kondensdroppar i ångan finns risk för att den fuktiga ångan korroderar de tubpartier som sotas.
- Väl utformat och isolerat ångsystem, där särskild vikt lagts vid behovet av dränering av bildat kondensat. För exempel se figur l.
- Blåsning av torkluft genom lansrören, se pkt. 2.4 och figur 2.
- Åtgärda läckande pådragsventiler (heta lansrör kan vara ett varningstecken). Läckande ångpådragsventiler skall omedelbart åtgärdas eftersom de kan orsaka problem med kondensatduschar vid ångpådrag, vattenslag i munstycksröret, sekundära korrosion/-erosionsskador på vägg- och överhettartuber, cementerade väggboxar/genomföringar, invändig korrosion i lansrör etc.

- Eventuellt bildat kondensat dräneras genom borrade hål intill dysan.
  Om lansens anslutning till dyshuvudet inte redan har det från början, så borras lämpligen sex hål, med 3 mm diameter, jämnt fördelade runt rörets omkrets. Hålen skall vara placerade bakom dysan på lansröret, så att de är utanför väggboxen då sotblåsaren inte är i drift. Ett läckage i inloppsventilen kan då upptäckas i ett tidigt skede. Kommer kondensatet ut inne i väggboxen kommer det också att ge upphov till igensättningar, som kan få lansen att fastna eller gå trögt.

- Lansrören ska ha en svag lutning mot pannan.

2.4 Spärrluft och torkluft

Utrustning för tillförsel av spärrluft till väggboxar och torkluft till lansrör skall finnas, *se figur 2*.
Ånga och spolluft till lansen (mellan sotångcyklerna) bör skiljas åt på ett säkert sätt.

Spärrluften till väggboxen motverkar att rökgas tränger ut i sodahuset genom väggboxen t.ex. vid övertryckspuffar inne i pannan. Härigenom undviks också en del korrosionsskador och igensättningar inne i väggboxen.

Spärrluften bör vara förvärmd och tas lämpligen ut efter någon av pannans luftförvärmare. Det är viktigt att tillräckligt spärrluftflöde kan upprätthållas.

Läckande backventil i spärrluftsystemet måste omedelbart åtgärdas eftersom det kan ge upphov till problem med cementerade väggboxar/genomföringar och överbelastade motorer.

Torkluft till lansröret via ångpådragsventilen torkar upp kondenserande ånga invändigt i lansröret efter avslutad sotning samt förhindrar dessutom rökgaskondensering inne i lansröret.

Utrustning för *ångblåsning på lans* (steam purge) under sotningsförloppet rekommenderas då ångblåsning på lansrören håller sotblåsarlansar och väggenomföringar rena och förbättrar därigenom driftbetingelserna för sotblåsarna.

3 Styrning av sotångsystem

Sotångsystemet bör styras av ett programmerbart styrsystem där olika sotsekvenser kan väljas beroende på pannans last och dess nedsmutsningsgrad.

Det är fördelaktigt och orsakar mindre svängningar i pannans ångtryck om ”nästa sotapparat” i sekvensen kan påbörja sotning strax innan sotångventilen till föregående sotapparat stängt, d.v.s. så att sotångsekvenserna mellan de bägge blåsarna överlappar något. Därför bör varje sotapparat förses med ett extra gränsläge placerat innan sotapparaten är helt utdragen och som kan utnyttjas för att styra en kontrollerad överlappning mellan sotapparater.

Behovsstyrd sotning kan anordnas genom systematisk mätning av temperaturdifferenser över pannans olika värmeytor och möjliggör optimering av ångsotningens effekt.

4 Underhållsprogram

Ett program för regelbunden översyn och förebyggande underhåll skall utarbetas. Av programmet skall framgå tidsintervall för översyn samt vem som skall utföra varje enskilt tillsynsmoment.

Utöver underhållet av själva blåsarna är det viktigt att kontrollera att inte sotblåsarna orsakar skador på eldstaden, framför allt invändigt runt sotblåsarnas väggenomföringar.

Exempel på moment som bör ingå samt förslag till tidsintervall anges nedan:

Årligen:

- Lansröret demonteras och kontrolleras med avseende på infästningsflänsen sprickor vid. Kontrollen bör innefatta okulär granskning, röntgen av samtliga svetsar samt spricksökning med penetrant vid infästningsflänsens hålkäl och intilliggande svets. (lämpligt intervall först 3 år och sedan successivt oftare)
- Lanshuvudet och lanshuvudets dysor kan granskas i samband med att man har tillträde till eldstaden. Eventuellt måste lansröret köras in en bit i pannan för att dysorna skall bli synliga.
- Åkvagnens kugghjul och kuggstängerna granskas med avseende på förslitning och skador. Förslitning kan medföra ojämn gång eller överkuggning och därmed extra påkänningar på lansröret. Drivkedjan (eller motsvarande) till åkvagnen granskas i hela sin längd med avseende på förslitning och eventuella övriga skador.
- Lansrören skall kontrolleras (t.ex. ultraljud) med avseende på invändig korrosion (minst årligen). I anläggningar som saknar eller har ett otillräckligt torkluftsystem eller som har problem med ångventilerna är detta särskilt viktigt (vid behov utökade kontroller).

Månadsvis

- Regelbunden uppmärksamhet på faktorer som t.ex. utvändig korrosion, rakhet, snedställningar, kuggdrevens läge, ovanliga temperaturer, hög strömstyrka hos drivmotorn.
- Uppriktning av åkvagnen skall kontrolleras med indikeringspilar. Risk finns att kuggdreven kuggar över en kugge och att vagnen blir sned. Vagnen får inte löpa snett då det ger kraftigt ökade böjpåkänningar i lansröret.
- Kontroll av att lansröret är i rätt läge i utdraget skick och inte är krokigt. Krokigt lansrör skall omgående bytas. Kan man okulärt och utan hjälpmedel se att lansröret inte är rakt och centrerat skall det åtgärdas. Orsaken till eventuellt förekommande böjda lansrör bör utredas.

- Regelbundet återkommande kontroll av att sotblåsarstyrningen reverserar blåsaren före kontakt med främre mekaniska stoppet samt stoppar driften före kontakt med bakre mekaniska stoppet (minst månatligen).
  - Sotblåsarnas upphängningar bör inspekteras regelbundet (minst varje månad). Det har inträffat att den mekaniska upphängningen av sotblåsare intill pannväggen brustit, varvid också ångledningen kan skadas. Sotblåsarnas upphängningar bör därför säkras och regelbundet inspekteras.

- Spärrluften till väggbox och pådragsventil bör kontrolleras regelbundet med avseende på flöde och tryck. Avsaknad av spärrluft kan ge upphov till invändig korrosion i munstycksrör och ventil.

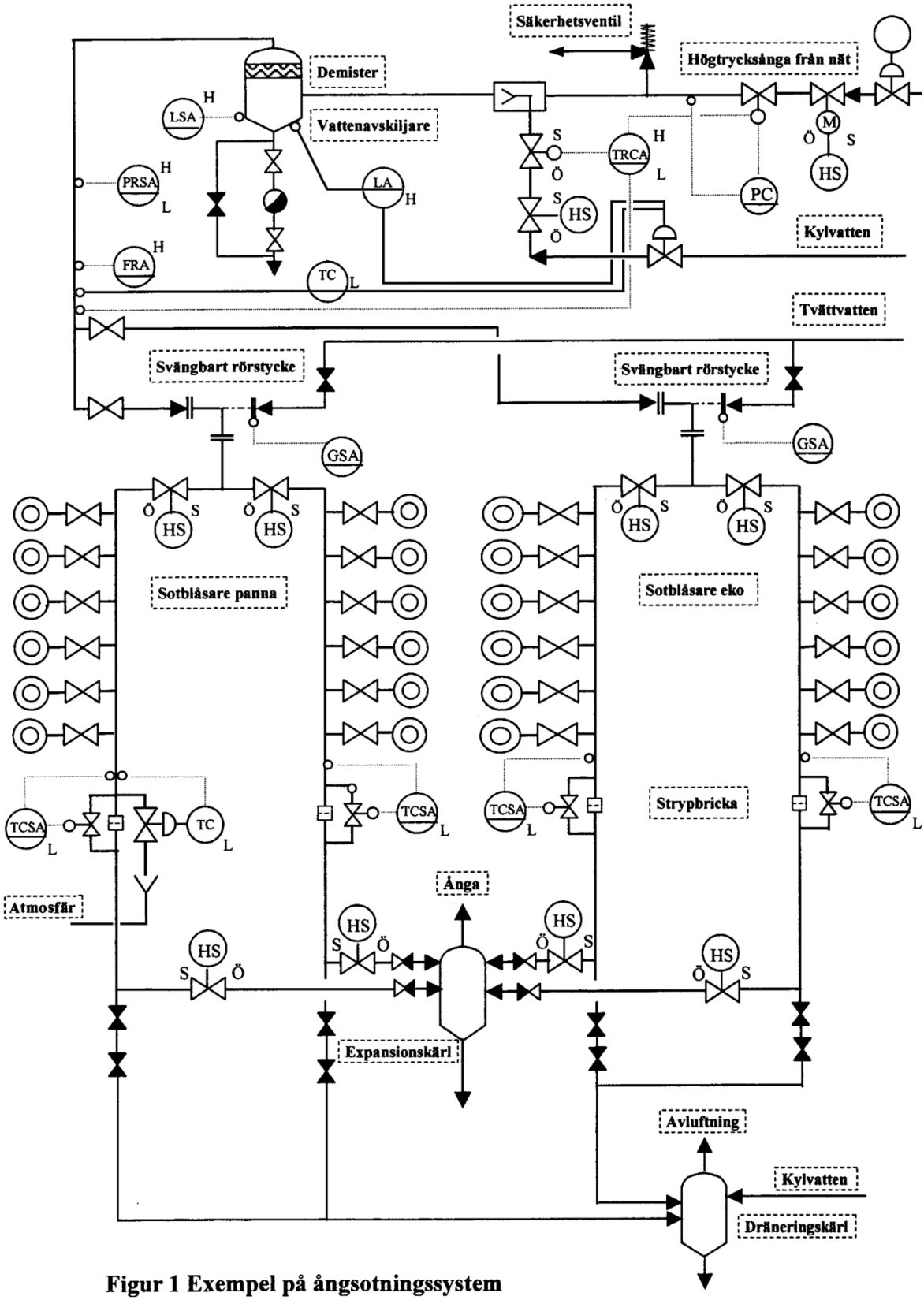
Veckovis/ daglig rond

- Bevaka att lansens dräneringshål inte sätter igen sig.
- Ångpådragsventilens täthet bör kontrolleras regelbundet (minst varje vecka). Detta kan ske genom
  - kontrollera att inte lansröret blir onormalt varmt mellan sotningscyklerna.
  - kontroll av lansrörens dräneringshål
  - kontroll av tilloppsrörets temperatur, t.ex. med kontakt-termometer eller strålnings-pyrometer
  - bortkoppling av torkluftens anslutning till ångpådragsventilen/lansröret.
- Läckage i packbox för ångtilloppsrör bör snarast åtgärdas. Ompackning skall ske omsorgsfullt med bra packningsmaterial. Hela ringar rekommenderas. I samband med packningsbyte skall bottenbussningen kontrolleras och om nödvändigt bytas.
- Övriga läckage, missljud

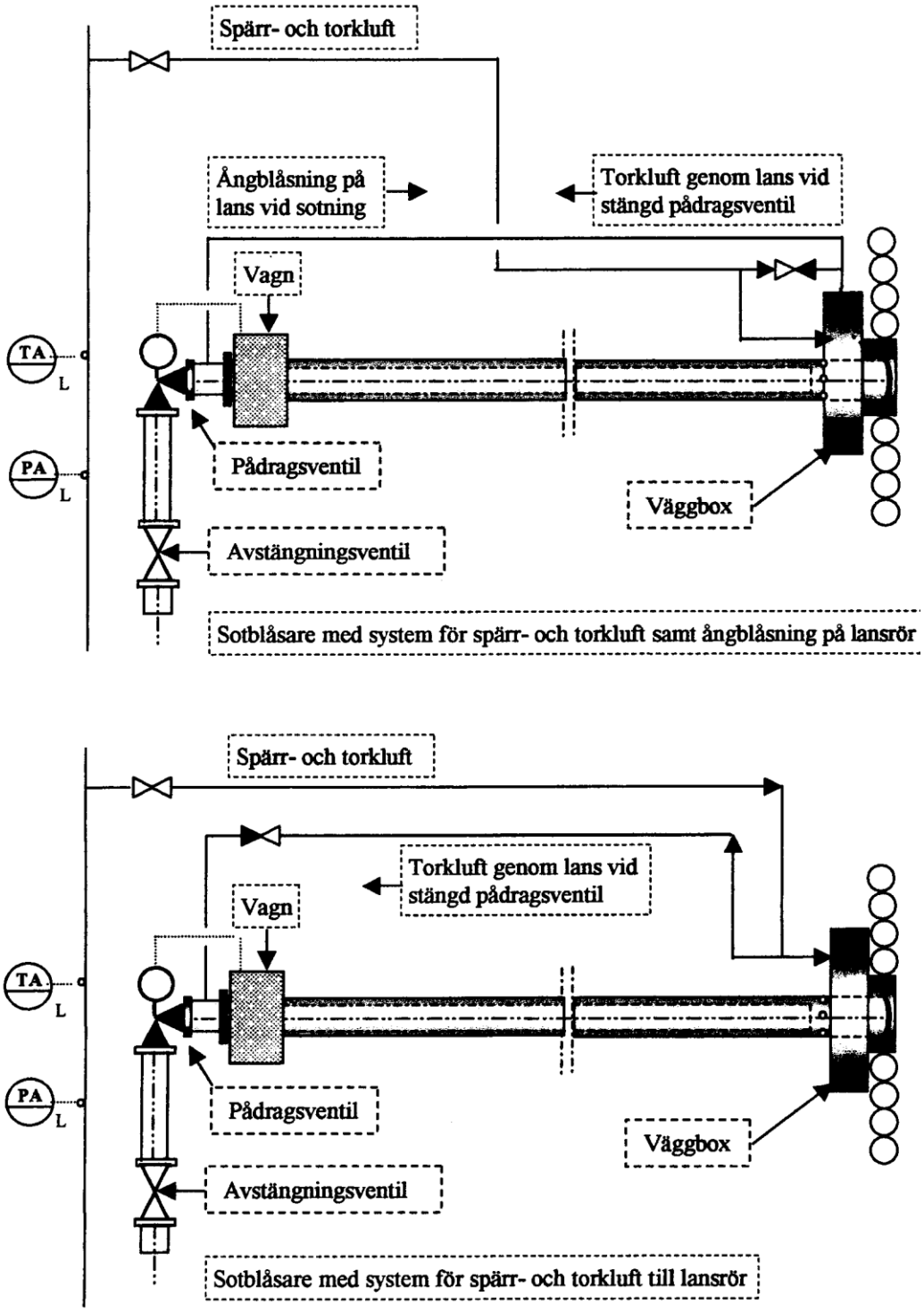
5 Vattentvättning med användning av sotapparater

- Om sotningssystemet ska användas vid vattentvätt av pannan skall anslutningen av vatten utföras enligt anvisningarna i SHK:s rekommendation nr D l. Fasta vattenanslutningar till sotångsystemet är inte tillåtna.

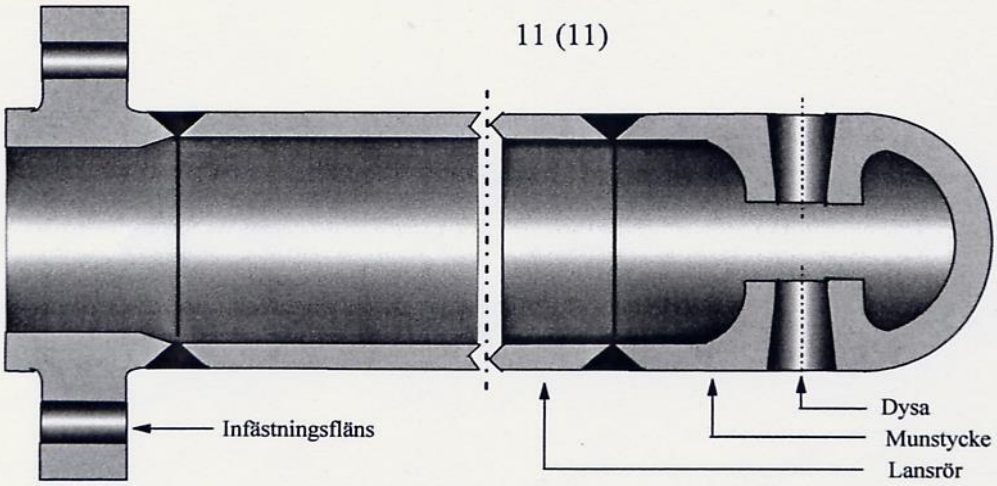
6 Figurbilagor



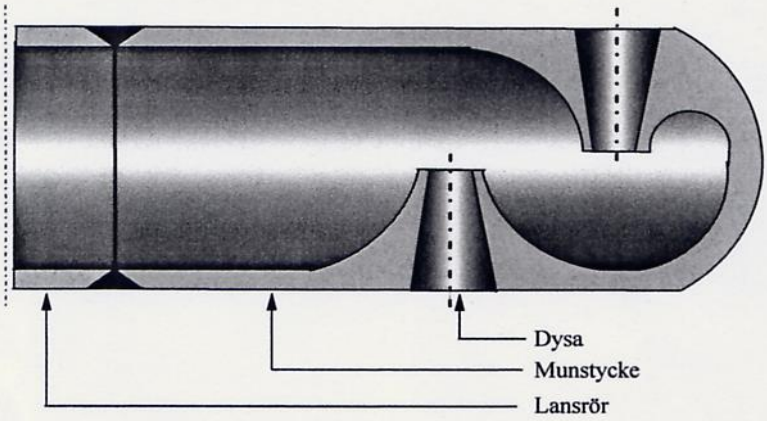
Figur 1 Exempel på ångsotningssystem



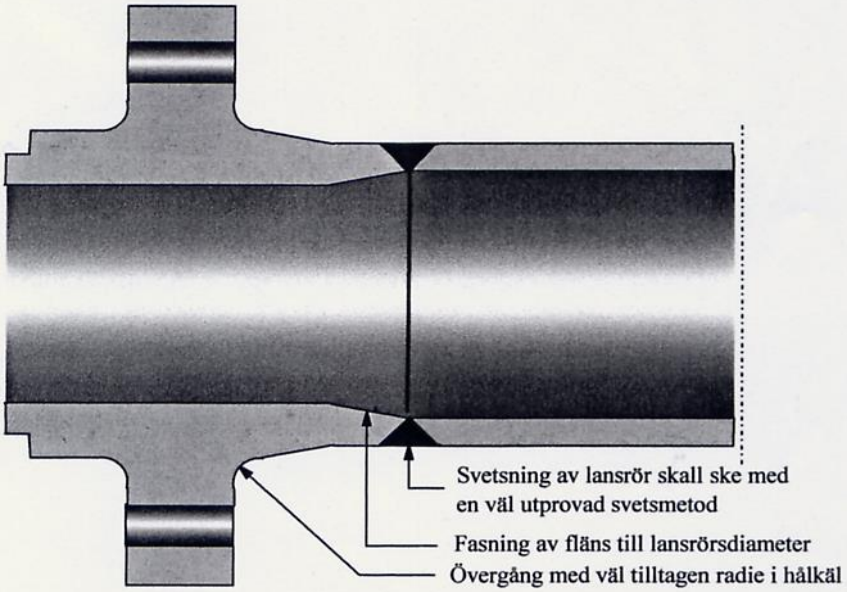
Figur 2. Exempel på arrangemang för sotblåsare.



Figur 3. Exempel på komplett lansrör.



Figur 4. Exempel på placering av effektivare " Lavaldysor" i munstycket.



Figur 5. Exempel på acceptabel utformning av fläns till lansrör.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B10
Utgåva 3, juni 2021

Vattencirkulation och materialtemperaturer i sodapannor

För att undvika skador på tuber i ugnsdelen och på domar krävs att en sodapanna har tillfredsställande cirkulation samt att materialet inte utsätts för exceptionella temperaturer och temperaturgradienter. Därför bör sodapannor utrustas med anordningar för cirkulationsmätning och temperaturregistrering enligt de riktlinjer som anges i denna rekommendation.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2005:2

Standard

Rekommendationer
Sodahuskommitténs rekommendation C 12

Innehåll

1 Cirkulation 3
1.1 Riktlinjer 3
1.2 Utrustning 3
1.3 Utförande 3

2 Materialtemperaturer 4
2.1 Bottentuber 4
2.1.1 Riktlinjer 4
2.1.2 Utrustning 4
2.2 Väggtuber 4
2.2.1 Riktlinjer 4
2.2.2 Utrustning 4
2.3 Domar 5
2.3.1 Riktlinjer 5

3 Drifttekniska åtgärder 5

1 Cirkulation

1.1 Riktlinjer

Som riktvärde kan anges att inloppshastigheten i bottentuber bör vara lägst 0,5 m/s. Mätutrustningen skall ha en noggrannhet på ±0,1 m/s samt kunna registrera även snabba hastighetsändringar (storleksordningen 5 pulsationer/ min). Pulserande strömning kan endast accepteras under kort tid (högst 5 min) och i samband med driftändring.

1.2 Utrustning

För att möjliggöra cirkulationsmätningar bör sodapannan utrustas med ett antal nipplar för insättning av mätgivare. Nipplarna ska vara av sådant utförande att de ger full säkerhet mot läckage under avsedd drifttid.
Impulsledningar från mätgivarna ska förläggas skyddat på kabelskenor eller motsvarande. Man bör om möjligt undvika att dra impulsledningarna genom sidoväggar eller under pannan i områden där läckage av smälta kan befaras. Mätutrustningen (dp-celler) bör monteras på en panel som följer pannans expansion så att belastning på impulsledningarna undviks.
I första hand rekommenderas insättning av nipplar på nya aggregat. På äldre aggregat bör eventuell cirkulationsutrustning installeras vid omfattande ombyggnad och då diskuteras med leverantör.
Installationen bör minst omfatta de tre yttre tuberna invid sidoväggen på pannans botten Dessutom rekommenderas mätuttag på en referenstub mot pannbottens mitt samt på falltuber.

1.3 Utförande

Mätning ska utföras så att cirkulationen kartläggs vid idrifttagning av ny panna samt efter väsentlig ombyggnad. Mätningar bör utföras i sådan omfattning att de täcker normala driftförhållanden samt även sådana störningar som normalt förekommer i en sodapanna.

Sedan cirkulationen har verifierats på ett betryggande sätt, rekommenderas att mätnipplarna i samband med avställning av pannan demonteras och mätuttagen pluggas. På så sätt minimeras risken för läckage i mätutrustningen. Inför omfattande ingrepp i tubväggar eller före betning av pannan bör man också demontera mätgivarna så att de inte skadas.

- Vid demontering av mätgivarna numreras de så att de kan återinstalleras i samma nippel igen. Risk för eventuell deformation av gängorna blir då mindre med minskad risk för läckage.

- I fallrören bör mätgivarna och impulsledningarna monteras så att de inte kommer att sitta i vägen för normalt arbete vid sodapannan.

2 Materialtemperaturer

2.1 Bottentuber

2.1.1 Riktlinjer

Mätningen ska syfta till att eventuella övertemperaturer under drift registreras. En temperaturstegring med 25°C över mättningstemperaturen bör föranleda åtgärd.

2.1.2 Utrustning

För kontroll av materialtemperaturer i bottentuber bör temperaturgivare (termoelement) monteras på tubernas undersida (vid gipen mellan tuber eller på membranet). Installationen bör omfatta minst 5 tuber med minst 3 mätpunkter vardera. Installationen bör göras mellan tub 1 och 2 samt mellan tub 2 och 3 invid vardera väggen samt mellan några av de mittre tuberna. Utrustningen ska vara registrerande.

2.2 Väggtuber

2.2.1 Riktlinjer

Temperaturgivare bör installeras i väggtuber för att övervaka temperaturökning som kan orsakas av vattensidig beläggningstillväxt. En kemisk rengöring bör övervägas när en bestående temperaturökning registreras.

Temperaturstegring utgör dock inte det enda kriteriet för att bedöma om kemisk rengöring behövs, utan även andra undersökningar av vattensidiga beläggningar bör utföras regelbundet, se SHK meddelande C 12 (under utarbetande).

2.2.2 Utrustning

Mätning bör utföras med metoder som förutom temperaturnivåer även ger ett mått på värmebelastningen. Detta ger möjlighet att korrigera uppmätta temperaturer för avvikelser som beror på variationer i panntryck och värmebelastning. Som mätgivare rekommenderas termoelement kordainborrade i tubgodset. Installationen bör utformas i samråd med pannleverantören.

Installationen bör omfatta minst tre mätpunkter fördelade på minst två väggar, varav en skall vara sidovägg.

Mätpunkterna bör placeras inom sådana områden som bedöms ha en hög värmebelastning. För att medge kontroll av temperaturförloppet vid snabbtömning bör en mätpunkt installeras strax över primärluftsnivån. I övrigt kan en mätpunkt placeras mellan primär- och sekundärluftsnivån och en mätpunkt 0,5-1,0 m över sekundärluftsnivån.

Utrustningen skall vara registrerande.

2.3 Domar

2.3.1 Riktlinjer

Ångdomar, även endomspannor, bör förses med termoelement för övervakning av materialtemperaturer vid sådana situationer som uppkörning, avställning, snabbtömning samt störningar i matarvattenförsörjningen.

Acceptabla temperaturnivåer och gradienter skall anges av leverantören. Överskrids angivna värden skall särskild undersökning företas.

Temperaturgivare arrangeras dels vid mantelns ytteryta dels inborrade för mätning av innerytan. Temperaturgivare skall finnas dels i ångrummets övre del och dels i vattenrummets nedre del för registrering av temperaturerna vid mantelns ut- och insida. Utrustningen skall möjliggöra att såväl temperaturnivå som temperaturgradient i domgodset registreras.

3 Drifttekniska åtgärder

För undvikande av cirkulations- respektive temperaturstörningar rekommenderas följande:

En högsta tillåten tryckändring och tryckändringshastighet vid aktuellt tryck skall anges av leverantören vid ett antal belastningar för varje enskild panna.

Instruktion för såväl uppeldning som nedeldning skall anges av leverantören.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 11
Utgåva 2, september 2023

Torrhaltsbestämning på svartlut

Svartlut är i huvudsak en vattenlösning av organiskt och oorganiskt material. I viss utsträckning, bland annat beroende av torrhalten, förekommer också suspenderat material. I svartluten återfinns oorganiska kemikalier från kokningen, återfört stoft från sodapannan, eventuella täckningskemikalier och restsyra från klordioxidtillverkningen samt organiskt material i form av utlöst lignin och sönderdelningsprodukter av cellulosa och hemicellulosa från veden. Det är dessa komponenter som utgör lutens torrsubstans (TS).

Med torrsubstanshalt avses den totala viktsandelen fast material, som återstår efter torkning av luten, d.v.s. kg torrsubstans (TS) per kg ursprunglig lut.

Vid torkning av svartlut till 100 % TS-halt sker också en avdrivning av lättflyktiga organiska föreningar från luten och definitionen av TS-halt är därför beroende av betingelserna vid torrhaltsbestämningen. Torkningstid och temperatur samt provmängd är av avgörande betydelse. Torrhaltsbestämning kan tyckas vara enkel med få möjliga felkällor, men det är ändå vanligt att spridningen i resultatet är relativt stor.

Det saknas f.n. teknik för on-linemätning av TS-halt. De mätgivare som används för ändamålet idag, d.v.s. refraktometer och gammadensitetsmätare, mäter brytningsindex respektive densitet. För båda mätprinciperna gäller att de svarar mot förändringar i TS-halt endast under förutsättning att torrsubstansens sammansättning och andelen olöst substans i luten är konstant.

Hänvisningar

Föreskrifter

Standard

Rekommendationer

B 1 Sodapannans Konstruktion och utrustning

C 1 Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd.

SIS TK 157 SCAN N 22:96 (Torrhaltsbestämning) (anses obsolet)

Innehåll

1 Kontinuerligt arbetande instrument 3
1.1 Refraktometri 3
1.2 Absorption av gammastrålar 4
1.3 Kommentarer 5

2 Instrument för stickprovsmätning 6
2.1 Snabbtorkning och vägning 6

1 Kontinuerligt arbetande instrument

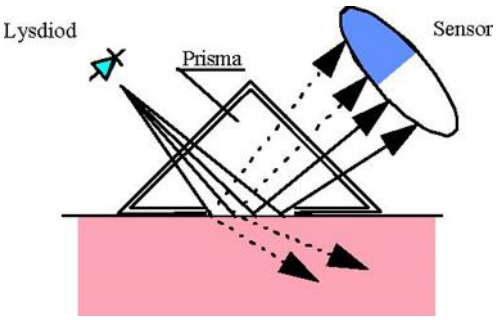
1.1 Refraktometri

1.1.1 Mätning av brytningsindex

Med refraktometer mäts en lösnings brytningsindex. De olika komponenterna i svartlut har olika specifika brytningsindex. Lutens brytningsindex utgörs av den viktade summan av brytningsindex för lutens komponenter och bidraget från respektive komponent står i proportion till dess viktsandel.
Generellt kan sägas att brytningsindex för lösta organiska komponenter är betydligt högre än för lösta oorganiska salter respektive för vatten. Detta innebär att mätning av brytningsindex är känsligast för ändringar av halten organiskt material.
Mätningen av brytningsindex påverkas inte av andelen olöst material i luten, t ex olöst stoft.

1.1.2 Mätinstrument, princip.

När en ljusstråle passerar gränsskiktet mellan två olika media, exempelvis en fast kropp och en vätska så kommer vid en viss infallsvinkel mot gränsskiktet totalreflexion att inträda (se fig. 1). När ljusstrålens infallsvinkel är mindre än den kritiska vinkeln går strålen in i vätskan; när den kritiska vinkeln överskrids så totalreflekteras strålen från gränsskiktet. Den kritiska vinkeln beror av brytningsindex för de båda medierna.



Figur 1. Ljusstrålars brytning

Fördelar:

1. Mätningen påverkas ej av luftblåsor, ångblåsor eller fasta partiklar.
2. Normalt liten eller ingen sensordrift.
3. Kalibrering kan ske enkelt genom att man applicerar vätskor med kända brytningsindex på prismat.
4. Mätningen är snabb, tidsfördröjningen är mindre än 1 sekund.

Nackdelar:

1. Prismat måste normalt rengöras regelbundet, vilket lätt åtgärdas med installation av automatisk renspolning med ånga.

För mätning av brytningsindex finns både analog och digital sensorteknologi att tillgå.

1.2 Absorption av gammastrålar

1.2.1 Densitetsbestämning

Tjocklutens densitet kan bestämmas genom att mäta dess absorption av gammastrålar. När en gammastråle passerar genom ett ämne avtar intensiteten. Intensitetsminskningen är beroende av ämnets densitet och kan beskrivas med följande samband:

$$I=I_o * e^{-(\mu*\rho*d)}$$

Där

e = Eulers tal är den matematiska konstant som utgör basen för den naturliga logaritmen, ln
Dess värde är ungefär lika med 2,71828
I = strålningsintensiteten efter absorptionen
I_o = strålningsintensiteten från källan
μ =massabsorptionskoefficienten
ρ = ämnets densitet
d = mätsträckan (t ex diametern hos mätröret)

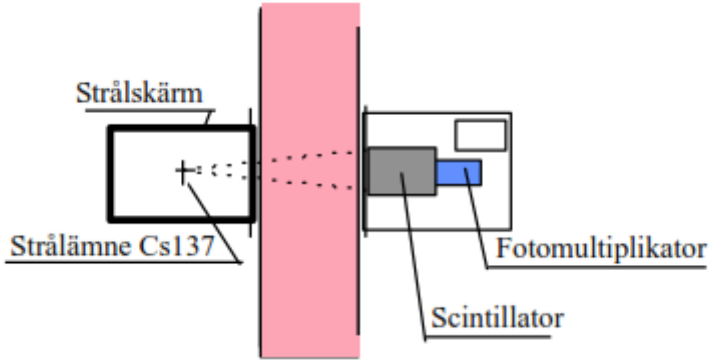
Massabsorptionskoefficienten är specifik för olika grundämnen och därmed för olika föreningar samt beror på strålkällan. Koefficienten kan dock betraktas som lika för de ämnen som finns i svartlut, med undantag för väte, när Cesium 137 används som strålkälla. Eftersom viktandelen väte är liten och ej varierar alltför mycket så kan massabsorptionskoefficienten för tjocklut betraktas som konstant.

Om en konstant strålkälla användes för mätning på tjocklut erhålls således ett mått på densiteten hos mediet i mätröret. Detta innebär också att luft och gasbubblor i luten kommer att vägas in med sin densitet och således ge upphov till en skenbar störning i densitetsbestämningen.

Densitetsmätningen kan utnyttjas som mätning av TS-halt endast under förutsättning att sambandet mellan densitet och TS-halt ej förändras. Sambandet mellan tjocklutens densitet och TS-halt ändras om tjocklutens sammansättning varierar, t ex när andelen olöst material i luten stiger till följd av ökad stoftinblandning.

1.2.2 Mätinstrument, princip.

Ett gammastrålande preparat, normalt Cesium 137, ordnas på ena sidan om mätröret som på den andra sidan har en detektor känslig för gammastrålar (jonkammare eller scintillations-detektor).



Figur 2. Arrangemang av gamma-densitetsmätare

Fördelar:

1. Man behöver ingen speciell processanslutning utan kan mäta direkt genom en normal rörledning.
2. Mätvärdet ger medelvärdet av densiteten i strålgången.

Nackdelar:

1. Luftbubblor påverkar mätningen, liksom fasta partiklar och eventuell beläggningstillväxt i rörledningen.
2. Strålkällan försvagas med tiden, vilket kompenseras automatiskt till dess att strålkällan måste bytas ut.
3. Radioaktiva mätmetoder kräver tillstånd och att en ansvarig person, utbildad enligt Strålskyddsmyndigheten (SSI:s) normer, finns på företaget.
4. Mätmetoden innebär medelvärdesbildning av strålintensiteten under viss tid, detta medför att man får en tidsfördröjning på i normalfallet ca 20 sekunder. Tidsfördröjningen går att minska med starkare preparat.

1.3 Kommentarer

För att kunna erhålla ett någorlunda bra samband mellan de bägge instrumenttypernas mätvärden och torrhalten måste mätvärdena temperaturkompenseras innan sambandet upprättas.

Rent fysikalisk har ingen av de beskrivna mätprinciperna förutsättning att ge ett direkt och exakt mått på TS-halten i stoftblandad tjocklut och de bör utnyttjas mot den bakgrunden. Det är således ej meningsfullt att fortlöpande försöka kalibrera signalen från mätgivarna mot TS-halter bestämda på laboratorium. Under kortare perioder, då det är rimligt att anta att processen och råvaran inte förändrats nämnvärt och därmed att torrsubstansens sammansättning varit konstant, är det möjligt att erhålla ett bra samband mellan TS-halt och brytningsindex respektive densitet.

Refraktometer och gammastråleinstrumentet används som torrhaltsvakt om de monteras på brännlutledningen före lutsprutorna.
Dessa mätinstrument kan tillsammans med luttrycks-/temperaturmätning användas för att i viss omfattning styra lutflöde och förbränning.
Installation av refraktometer och gammastrålinstrument med ett principiellt arrangemang för lastreglering beskrivs i rekommendation B 1.

Rekommenderad installation är idag att man installerar tre mätgivare med samma mätprincip i serie och att minst två alltid skall vara i funktion. Beträffande arrangemang se rekommendation B1.

2 Utrustning för stickprovsmätning

2.1 Snabbtorkning och vägning

Torrhalten kan analyseras med snabbmetod enligt nedanstående principer.

Prover med torrhalt över 50 % måste spädas före analysen. Provmängden som används är 1-2 gram av den väl omblandade utspädda lösningen.

Torkningen kan utföras på ett glasfiberfilter placerat på en aluminiumfolie i en ugn vid 105 °C med vägning på en yttre våg före och efter torkningen (aluminiumfolien är till för att snabbt kunna tillsluta torrsubstansen efter torkningen).

Torkningen kan också utföras på ett glasfiberfilter, placerat på en aluminiumfolie direkt på en våg med IR-torktillsats. Torkningen avslutas automatiskt när ingen viktminskning längre sker.

Analysmetoden där IR-torkning används är lämplig för bruk ute i sodahuset, metoden har dock 3-4 ggr sämre noggrannhet än ugnsmetoden.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 12
Utgåva 3, januari 2023

Reservkraft i sodahus

Rekommendationen är en kortfattad sammanfattning av viktiga föreskrifter, standarder och rekommendationer angående reservkraft i sodahus samt information om viktiga faktorer som behöver beaktas i samband med utformning av reservkraftsystemet för sodahuset.

Hänvisningar

Föreskrifter
ELSÄK-FS 2008:1 ersätts den 1december med 2022 ELSÄK-FS 2022:1 Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda

Standarder
SS 436 40 00 Elinstallationer för lågspänning - Utförande av elinstallationer för lågspänning

SS-EN 60034 Roterande elektriska maskiner

SS-EN 62040 Utrustning för avbrottsfri elförsörjning (UPS)

SSG 4905 Reservkraft och avbrottsfri kraftförsörjning - Allmänna projekteringsanvisningar

Se aktuella uppdateringar av standarder

Rekommendationer

B18 Rekommendationer angående sodapannors säkerhetssystem

B8 Nödnedeldning och snabbtömning av sodapannor

B 14 Arrangemang av larm och indikeringar i sodapannan

Innehåll

1 Inledning 3

2 Ordlista 3

3 Fjäderkrafter 3

4 Elförsörjning 4
4.1 Allmänt 4
4.2 Favoriserat elnät 4
4.3 Dieselgenerator 4
4.4 Avbrottsfri kraft 4
4.5 Provning av reserver för elförsörjning 5

5 Tryckluftförsörjning 5
5.1 Allmänt 5
5.2 Favoriserat luftnät 6
5.3 Tryckluftsbehållare i sodahuset 6
5.4 Reservkraftmatad kompressor 6
5.5 Alternativ till luftreserv 6

6 Utrustning ansluten till reservkraft 6
6.1 Belysning 6
6.2 Hissar 6
6.3 Pumpar, motorer 6
6.4 Fläktar 7
6.5 Ventiler, spjäll 7
6.6 Givare 7
6.7 Farolarm 7
6.8 Övrig utrustning 7

1 Inledning

Vid ett avbrott i el- eller luftförsörjningen till sodahuset är det viktigt att de säkerhetssystem som skall försätta pannan i ett säkert läge fungerar och att pannan kan övervakas och styras med hjälp av en i tillräcklig omfattning reservmatad el- och instrumentutrustning.

De störningar som förorsakas av ett avbrott i ordinarie elförsörjningen kan förvärras om belysningen försvinner varför en tillfredsställande reservbelysning skall vara anordnad.

Reservkraftsystemets funktion skall kontrolleras vid återkommande besiktning och efter väsentliga förändringar.

Kontrollen och eventuella brister samt vidtagna åtgärder skall dokumenteras enligt brukets rutiner.

2 Ordlista

Reservkraft
I begreppet reservkraft innefattas här utnyttjande av fjäderkrafter för manövrering samt reserv för ordinarie el- och tryckluftförsörjning.

Favoriserat nät
Det fabriksinterna elnät eller tryckluftnät som ej blir bortkopplat vid el- eller tryckluftbrist.

DCS-system (Distributed Control System)
Datorbaserat styrsystem, innehållande reglerfunktioner, operatörsgränssnitt, larmhanteringssystem, lagringssystem för driftdata.

Säkerhetskritisk instrumentering
Instrumentering utformad för att försätta sodapannan i säkert tillstånd. Se B 18

Momentanreserv
Reserv som säkerställer att inte kortvariga störningar på kraftförsörjningen slår igenom så att utrustningen påverkas. Detta åstadkommes genom att kraften erhålls från en ackumulator under den tid störningen pågår.

Växelriktare
Omvandlar likström till växelström.

Tryckluftnät
Tryckluftsystem är normalt uppdelade i olika tryckluftnät beroende på luftens kvalité. Systemet kan till exempel vara indelat i instrumentluft, manöverluft och arbetsluft. Instrumentluften har den högsta kvalitén (oljefri och daggpunkt under - 40 °C).

3 Fjäderkrafter

Det kan i värsta fall uppstå situationer där el- och luftförsörjningen av en eller annan anledning helt slås ut. Manövreringen av ventiler vid el- eller luftbortfall kan åstadkommas genom att man förser ställdonen till ventilerna med en fjäder som automatiskt för ventilen till

önskat läge. Det är därför mycket viktigt att man i projekteringsstadiet specificerar vilket läge man vill att ventilerna skall vara i när varken elkraft eller tryckluft finns att tillgå.

4 Elförsörjning

4.1 Allmänt

Elförsörjningen till sodahuset bör ske med två separata system. Ett för driften av huvudmaskineriet och delar av belysningen samt ett för belysning, hissar, instrumentfunktioner mm, där erforderliga delar av det senare förses med reservkraft. Det skall finnas en förteckning över reservmatad utrustning tillgänglig i manöverrummet.

Ett exempel på principschema för elförsörjningen till en sodapanna finns i bilaga 1. Flera exempel finns i SSG 4905 Reservkraft och avbrottsfri kraftförsörjning - Allmänna projekteringsanvisningar.

4.2 Favoriserat elnät

En normal utformning av ett favoriserat elnät är att elkraft levereras från en UPS anläggning eller ett bensin-/diesel drivet el aggregat. Elnätet är prioriterat att förse endast de funktioner som är säkerhetskritiska för en anläggning eller är till för annan prioriterad arbetsmiljösäkerhet i en anläggning vid ett bortfall.

En mer komplicerad utformning av ett favoriserat elnät är att reservkraften ordnas genom att den egna mottryckskraftalstringen arrangeras så att den upprätthåller det favoriserade nätet. Som regel måste man dock räkna med att en störning, yttre eller inre, kan slå ut även denna kraftförsörjning varför reservkraften även måste kunna levereras från en UPS-anläggning eller ett bensin-/diesel drivet el aggregat.
När mottryckkraftalstringen sker med ånga från både sodapanna och/eller fastbränsleeldad panna måste det finnas reservkraft till hela anläggningen för att säkerställa en säker drift. Vanligtvis försörjs en fastbränsleeldad panna med kraft från ett favoriserade nätet. Beroende på mottrycksanläggningens storlek och värmeunderlag man har i fabriken vid ett bortfall kan eventuellt sodapannan svara för turbinens ångförsörjning.

I en riskanalys fastställs vilka övriga funktioner i fabriken som ska försörjas från det favoriserade nätet.

4.3 Dieselgenerator

Den primära reservkraften bör produceras i separat lokal inom sodahuset och utformas så att den så långt som möjligt blir okänslig för yttre störningar. Det säkraste sättet torde vara att ha ett dieselgeneratoraggregat, som vid kraftavbrott automatiskt startar och övertar elförsörjningen till viktiga funktioner.

4.4 Avbrottsfri kraft

Dieselmotorn för reservkraften har normalt en starttid på 10 sekunder. I det flesta fall går detta att hantera utan olägenheter, utom för datorutrustning, för vilken det måste finnas en momentanreserv.

Där DCS-system matas med växelström kan momentanreserven erhållas från en växelriktare matad från ackumulatorbatterier och likriktare (UPS).
Momentanreserven enligt ovan bör vara dimensionerad för att räcka i 60 minuter.
För mycket kritisk utrustning kan alternativet att ha en redundant matning parallellt med UPS-matning vara en bra lösning.

Reserven för att tillse att instrumentsystemet behåller minnet kan bestå av en likriktare med ackumulator. Ackumulatorn bör i detta fall räcka i 3 dygn för att minimera risken för att omladdning av programmen skall behöva utföras.
Säkerhetssystem skall vara säkrat med avbrottsfri kraft. Säkerhetssystem ska ha separat och avbrottsfri spänningsmatning för bibehållen funktion under minst 60 minuter.
I de fall programmerbara säkerhetssystem användes skall systemminnet vara beständigt, alternativt skall systemet vara försett med egen batterireserv för 7 dygns bevarande av minnet.

Huvudförsörjningen för säkerhetsrelaterade ställdon och motorventiler, samt övriga fältutrustning som givare mm måste vara anordnade med avbrottsfri reservkraft (till exempel dieselgenerator och UPS).
UPS-säkert nätverk måste vara utformat på ett sådant sätt att det kan hålla systemet i gång i 60 minuter.

4.5 Provning av reserver för elförsörjning

Kontroll av att reserverna för elförsörjningen fungerar bör utföras med jämna mellanrum.
Vid provkörningen bör man eftersträva så normala förhållanden som möjligt. Detta kan åstadkommas om systemet är utformat så att det är möjligt att simulera kraftavbrott och låta aggregatet ta över belastning. Tomgångskörning av dieselgeneratoraggregat bör undvikas p g a risk för motorskador genom diesel inspädning av smörjoljan.

De till avbrottsfria kraften anslutna ackumulatorerna bör kontrolleras, med avseende på bland annat laddningsspänningsnivå, densitet och vätskenivå, var 12:e vecka. Eller vid provkörning en gång per månad.

Laddning av startackumulator bör ske via fristående laddare och inte via maskinens generator.
En gång per år bör batterikapaciteten kontrolleras genom ett urladdningsprov.
Ackumulatorer för bibehållande av programminnen i datorbaserade instrument- och säkerhetssystem bör kapacitetskontrolleras genom ett urladdningsprov en gång per år.
Går detta ej att utföra bör ackumulatorerna bytas med regelbundna intervall enligt leverantörens rekommendation.

Kontrollen och eventuella brister samt vidtagna åtgärder skall dokumenteras enligt brukets rutiner.

5 Tryckluftförsörjning

5.1 Allmänt

Vid avbrott i elförsörjningen till fabrikens kompressorer förloras förmågan till manövrering av pneumatiskt styrd utrustning i sodahuset. För att mildra effekten av ett bortfall av hela eller delar av tryckluftstillverkningen kan någon av nedanstående åtgärder vidtagas.

5.2 Favoriserat luftnät

Normalt finns tryckluftsbehållare installerade för att hantera uttagsvariationer av tryckluft i fabriken. För att vid luftbortfall kunna försörja sodahuset med tryckluft från dessa behållare under längre perioder, kan tryckluften till sodahuset prioriteras. Prioriteringen arrangeras genom installation av automatventiler som stänger av de oprioriterade delarna vid fastställd miniminivå på lufttrycket.

5.3 Tryckluftsbehållare i sodahuset

Tryckluftreserv kan också erhållas med en tryckluftsbehållare i sodahuset som vid kraftavbrott stängs av från det övriga tryckluftnätet genom ett arrangemang med dubbla backventiler. På ledningen mellan backventilerna och tryckluftsbehållaren bör en ”skrotfångare” vara installerad.
Tryckluftsbehållaren bör vara så stor att de kretsar som behöver manövreras erhåller erforderlig luftmängd under 60 minuter.

5.4 Reservkraftmatad kompressor

För att säkerställa luftförsörjningen till sodahuset kan en separat reservkraftmatad kompressor installeras. Valt system bör kunna leverera erforderlig luftmängd under minst 60 min.

5.5 Alternativ till luftreserv

Alternativ till luftreserv kan vara att pneumatiska funktioner som har säkerhetsklassning har återgång till ”säkert” läge vid luftbortfall tillexempel ventiler med fjäderretur.

6 Utrustning ansluten till reservkraft

En riskanalys skall vara gjord med avseende på säkerhet för personal samt för driftsäkerheten och den yttre miljön och som beskriver vilken typ av reservkraft som skall användas. Den utrustning som skall vara ansluten till reservkraften avgörs av förutsättningar i varje enskild anläggning.

Nedan finns en förteckning över utrustning som skall beaktas i samband med utformning av reservkraftsystemet och som måste i varje enskilt fall kompletteras med sådant som tas fram i riskanalysen.

6.1 Belysning

Belysning pannskötarhiss, pannhus**,** trapphus**,** manöverrum**,** ställverk och korskopplingsrum.

6.2 Hissar

Varuhiss, personhiss och pannskötarhiss.

6.3 Pumpar, motorer

Sotapparater, brandvattenpump (vatten till lösare) och omrörare sodalösare.

6.4 Fläktar

Brandgasfläktar, frånluftfläkt hiss rum och ventilation pannhus.

6.5 Ventiler, spjäll

Huvudångventil, huvudångventil by-pass, startångventiler, luftspjäll, rökgasspjäll, sotångventiler och snabbtömningsventiler.

6.6 Givare

De givare som ingår i nödnedeldnings och snabbtömningssystemet, sodalösarnivå (bubbelrör) och sodalösardensitet (bubbelrör).

6.7 Farolarm

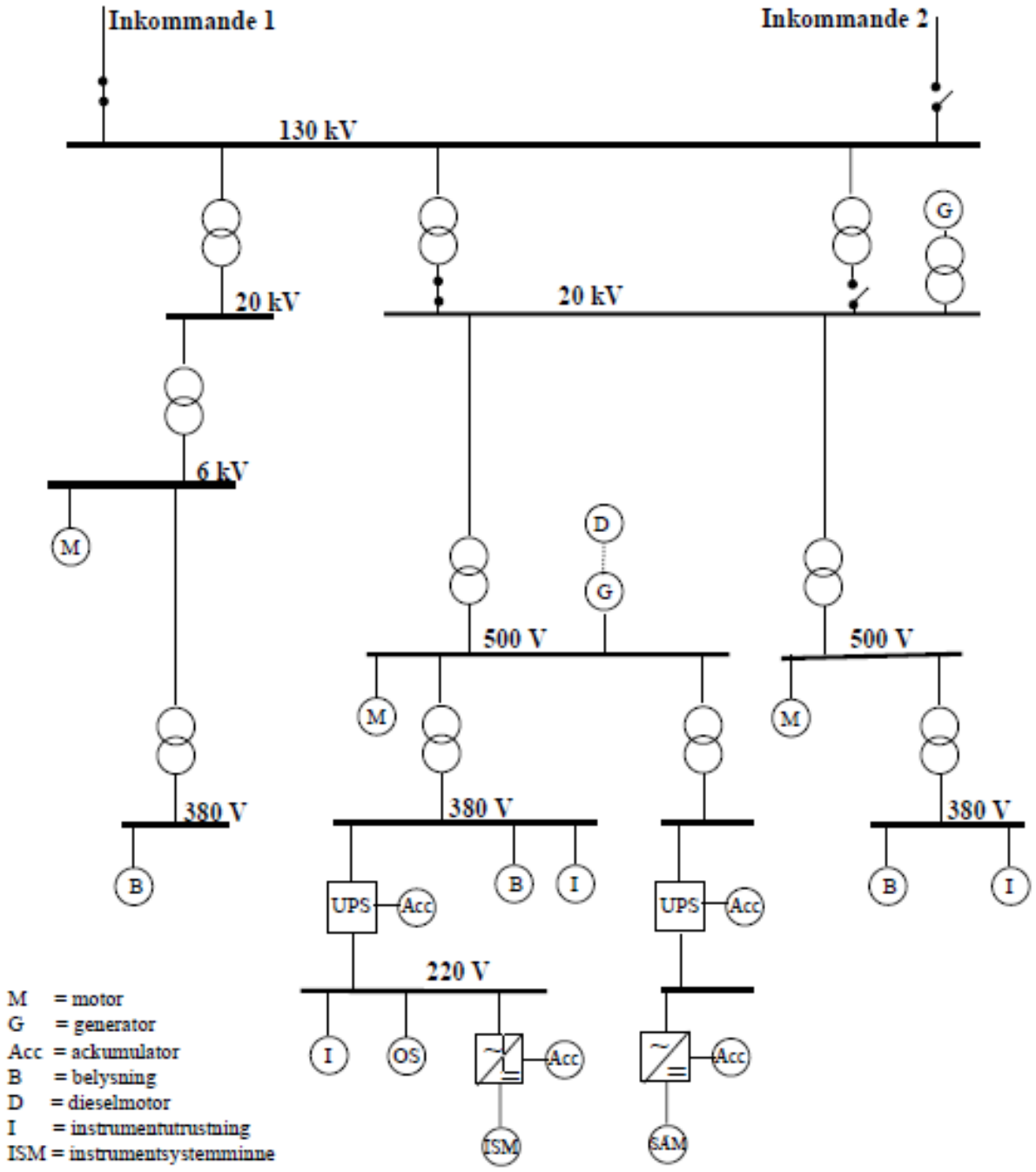
Brandlarm, sodahuslarm och svavelvätelarm samt övriga farolarm. Se B 14.

6.8 Övrig utrustning

Värmeisolatorer, rökluckor, övervakningskameror, DCS-system, bildskärmar, domnivåbelysning, domnivåkamera, nödnedeldnings och snabbtömningsutrustning, samt katastrofskydd.

Rökgasfläktar har ett stort behov av kraftförsörjning som är svårt att tillgodose med batterier eller annan form av dieseldrift eller drift med ånga. Utrullning av rökgasfläktarna och draget i skorsten kan ventilera ut rökgaserna i tillräcklig omfattning förutsatt att rökgasspjällen fortfarande är öppna. Anläggningar med skrubber kommer att ha svårare med ventileringen på grund av att differenstrycket över densamma skall övervinnas.
Rökgasvolymen minskar även i och med att man får ett bränslebortfall samtidigt med el- eller bortfall av förbränningsluft men man kan normalt ej hålla undertryck i eldstaden och för att upprätthålla en acceptabel arbetsmiljö skulle en bra ventilation av pannhuset vara en förutsättning eller att öppna brandluckor.

Bilaga 1: Exempel på elförsörjning sodapanna



Rekommendation från
Sodahuskommittén
Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 13
Utgåva 5, maj, 2025

Utrustning och säkerhetssystem för oljeeldning i sodapannor

Föreliggande rekommendation gäller oljeeldade start- och lastbrännare för sodapannor avsedda att startas manuellt på plats. Eldning av svaga och starka luktgaser, metanol, terpentin och liknande i sodapannan behandlas i Rekommendation B16.

Sodapannan med alla dess hjälputrustningar skall projekteras och tillverkas i överensstämmelse med Tryckkärlsdirektivet 2014/68/EU, (PED).
Som ett sätt att uppfylla Europaparlamentets och Rådets direktiv 2014/68/EU, vanligen kallat PED, har i fråga om ångpannors (vattenrörspannor) och sodapannors konstruktion och utrustning europastandardserien EN 12952 utarbetats.

Sodahuskommitténs rekommendationer är i det följande baserade på nämnda standard SS-EN 12952, men är i vissa delar förstärkta med ytterligare säkerhetsrekommendationer, med hänsyn till de speciella säkerhetsaspekter som bör läggas på sodapannans säkerhetsutrustning.

Denna rekommendation är avsedd att läsas tillsammans med Europastandarden SS-EN 12952, Part 8, utgåva 3 (2022).

Kapitlet om gaseldning i tidigare utgåva har utgått.

I avsnittet om vädring införs begreppet ”Stabil luteldning”, i stället för de ofta missförstådda eldningsfallen ”luteldning pågår” och ”…pågår inte”

Sodahuskommittén, 169 99 Stockholm
Tel: +46-(0)10 505 00 00 info@sodahuskommitten.se www.sodahuskommitten.se Org.nr 802402-2165

Hänvisningar

Föreskrifter

EU direktiv 2014/68/EU, Pressure Equipment Directive (PED)
Arbetsmiljöverkets föreskrifter:
AFS 2023:5, Produkter – Tryckbärande anordningar
AFS 2023:11, Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning.
Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, föreskrift SRVFS 2004:7
Elsäkerhetsverkets föreskrifter ELSÄK-FS 2016:1 och ELSÄK-FS 2016:2

Standard

SS-EN 267, 2020, Automatiska brännare för flytande bränslen med forcerat drag

SS-EN 298, 2022, Automatiska styrsystem för brännare som eldas med gasformiga eller flytande bränslen.

SS-EN 1854, 2022, Säkerhets- och kontrollanordningar för brännare: ’Tryckavkänning av gasapparater…”

SS-EN 50156, del 1 och 2, 2015, Elutrustning för ugnar och pannor

SS-EN 12067-2, 2022, Säkerhets och kontrollanordningar för förbränning av gas eller flytande bränslen. Del 2, Bränsle/luft-förhållande

SS-EN 12952-8, 2022, Krav på eldningssystem för flytande och gasformiga bränslen

SS-EN 60730/2 – 5, Automatiska elektriska styr och reglerdon, fordringar på styrsystem för brännare

SS-EN ISO 23553-1, 2022, Säkerhets- och kontrollutrustning för oljebrännare och oljeeldade apparater.

Rekommendationer

B8, Nödnedeldning och snabbtömning av sodapannor.
B16, Destruktionseldning och tillsatseldning i sodapannor
B18, Rekommendationer angående sodapannors säkerhetssystem
D1, Vattentvättning av sodapannor

Rapporter

Slutrapport för Riskanalys Fas 3 (2023-04-06), Björn Lundgren, KIWA

Innehållsförteckning

1 Svenska föreskrifter, Europastandard och normer 5

2 Allmänna förutsättningar 5
2.1 Rekommendationens tillämpningsområde 5
2.2 Instruktioner 5
2.3 Utförande 5

3 Säkerhetssystem 6
3.1 Fristående säkerhetssystem 6
3.2 Felsäkerhetsprincip 6
3.3 Indikeringsdel 6

4 Brännoljesystem 6
4.1 Bränsleslag och bränsleeffekt 6
4.2 Bränsleledningar 6
4.3 Avstängning av bränslestam 7
4.4 Avstängningsventiler vid brännare 7
4.5 Förvärmning av eldningsolja och övrigt att beakta 8
4.6 Eldningsoljans vanadinhalt 8

5 Brännare och brännarsystem 9
5.1 Design av brännare 9
5.2 Reglering av brännarkapacitet 9
5.3 Sammanlagd brännarkapacitet 9
5.4 Luftkvot och rökgassammansättning 9
5.5 Flamstabilisator 9
5.6 Bränsletryck och bränsletemperatur 10
5.7 Brännare och tändapparat 10

6 Tillkommande rekommendationer för startbrännare 10
6.1 Startbrännarnas huvudändamål 10
6.2 Luftflöde 10
6.3 Startbrännarnas maximala kapacitet 10

7 Tillkommande rekommendationer för lastbrännare 10
7.1 Luftflöde 10
7.2 Skydd mot höga överhettartemperaturer 11
7.3 Lastökning 11

8 Flamövervakning 11
8.1 Flamvakter 11

9 Tändapparater 12
9.1 Utrustning för tändapparater 12
9.2 Tändapparaters kapacitet och funktion. 13
9.3 Visuell övervakning av tändfunktion 13
9.4 Pilottändare 13

10 Vädring av eldstad samt återstartfördröjning 13
10.1 Vädring 13
10.2 ”Förnyad vädring” 14

10.3 Stabil luteldning 14
10.4 Återstartsfördröjning 14

11 Villkor för start och fortsatt drift av brännare 15
11.1 Gemensamma start- och driftsvillkor för samtliga brännare/brännargrupp 16
11.2 Gemensamma startvillkor för samtliga brännare 16
11.3 Individuella start- och driftsvillkor för enskilda brännare. 17
11.4 Individuella startvillkor för enskild brännare 17
11.5 Individuella driftsvillkor för enskild brännare efter att flamma detekterats. 18

12 Tillsyn och kontroll 18
12.1 Förebyggande underhåll 18
12.2 Byte av mekanisk utrustning 18
12.3 Funktionskontroll 18

1 Svenska föreskrifter, Europastandard och normer

Sodapannan med alla dess hjälputrustningar skall projekteras och tillverkas i överensstämmelse med EU direktiv 2014/68/EU, Pressure Equipment Directive (PED). PED har sedan översatts i form av en svensk föreskrift från Arbetsmiljöverket AFS 2023:5.

Som ett sätt att uppfylla Europaparlamentets och Rådets direktiv 2014/68/EU (och därmed också AFS 2023:5) har för ångpannors (vattenrörspannor) och sodapannors konstruktion och utrustning europastandardserien EN 12952 utarbetats.

Serien gäller som svensk standard med beteckning SS-EN 12952, ”Vattenrörpannor och hjälpinstallationer”. Vad som särskilt gäller sodapannor behandlas där kortfattat i ett antal bilagor (annex) till SS-EN 12952, delarna 2, 3, 5, 6, 7 och 8. SS-EN-standarderna förutsätts i sin tur alltid uppfylla de relevanta säkerhetskraven i Tryckkärlsdirektivet 2014/68 EU.

SS-EN 12952-8 behandlar ”Krav på eldningssystem för flytande och gasformiga bränslen.

Denna rekommendation är i det följande baserade på nämnda standard SS-EN 12952 Part 8, utg. 3 (2022), men är i vissa delar förstärkta med ytterligare säkerhetsrekommendationer med hänsyn till de speciella säkerhetsaspekter som bör läggas på sodapannors utformning.

2 Allmänna förutsättningar

2.1 Rekommendationens tillämpningsområde

Föreliggande rekommendation gäller startbrännare och lastbrännare avsedda att startas manuellt på plats. Brännarna skall vara lämpade för tillsatseldning med olja i sodapannor med flytande bränslen enligt nedan.

Rekommendationen gäller också användning och utrustning av gaselektriska tändbrännare.

Beträffande destruktion av luktgaser, metanol, terpentin och liknande hänvisas till Rekommendation B16. Detsamma gäller även för eventuellt förekommande s.k. pilottändare.

2.2 Instruktioner

- Fullständiga ritningar, rörscheman och skötselinstruktioner skall bifogas levererade bränsle- och brännarsystem.

Kortfattad skötselinstruktion och checklista för start av brännare skall dessutom anordnas lätt tillgängliga i brännarnas närhet.

2.3 Utförande

Anläggningen skall även i övrigt vara utförd enligt de krav som anges i SS-EN 12952-8, kapitel 4: Fuel Supply, kapitel 5: Air Supply och kapitel 6: Firing systems samt Appendix A, avsnitt A3.

3 Säkerhetssystem

3.1 Fristående säkerhetssystem

Oljebrännarnas säkerhetssystem skall vara helt fristående från andra till pannan hörande system, såsom instrument- och styrsystem etc. Lastbrännare skall ha eget säkerhetssystem skiljt från startbrännarnas.
Anvisningarna i SHK:s rekommendation nr B 18 skall följas.

Säkerhetssystemet skall vara så konstruerat att det förhindrar drift av brännare vid avvikelse från fastställda driftsförutsättningar, se kapitel 11.

3.2 Felsäkerhetsprincip

Säkerhetssystemen för brännarna och komponenterna i detsamma skall uppfylla felsäkerhets-principen, dvs. vid fel i en komponent, kabelbrott, spänningsbortfall etc., skall säkerhets-systemet förhindra drift av den brännare, alternativt den grupp av brännare, som påverkas av det uppkomna felet.

3.3 Indikeringsdel

För att underlätta drift, underhåll och felsökning skall säkerhetssystem innehålla en indikerings-del, genom vilken information om systemstatus och felorsak kan erhållas.

4 Brännoljesystem

Tillförseln av brännolja till sodahuset skall kunna stängas av med hjälp av ventilarrangemang, placerat på säker och lätt åtkomlig plats utanför sodahuset. Ventilen skall automatiskt stänga när nödnedeldning aktiveras. Se även SS-EN 12952-8, § 4.2.1 samt SHK:s rekommendation nr B 8.

4.1 Bränsleslag och bränsleeffekt

Denna rekommendation avser bränslen som eldningsoljor, tallolja och/eller beckolja. Dessa bränslen skall i första hand användas vid uppstart och vid nedeldning av sodapannan och som tillfälligt stödbränsle vid störningar i lutförbränningen. Mer permanent tillsatseldning med oljebränslen förutsätter att eldningen sker i särskilda för ändamålet avsedda lastoljebrännare.

4.2 Bränsleledningar

Bränsleledningarna skall uppfylla de krav som ställs i rörstandarden SS-EN 13480 (med de tillåtna undantag som medges i SS-EN 12952-8:2022, § 4.3, Fuel lines). Härvid skall samtliga rörskarvar underkastas 100% kontroll, oavsett om en mindre omfattande provning föreskrivs i standarden.

Anslutning till brännarna kan ske med armerad metallslang med kopplingsdon. Slangar ska bytas regelbundet.

Utöver svetsade eller hårdlödda förbindningar kan även gängade anslutningar eller bultade flänskopplingar användas. För detaljutförande, se SS-EN 12952-8, § 4.3.3 och § 4.3.4.

Bränsleledningarna skall vara stadigt upphängda och skyddade för mekanisk åverkan och/eller skadliga vibrationer. De skall skyddas mot för höga tryck genom lämpliga styr- och säkerhetsanordningar, t.ex. säkerhetsventiler för oljeledningar.

Bränsleledningarna samt armatur och pumpar skall skyddas mot höga tryck och höga temperaturer för att undvika risk för brand. Detta gäller speciellt vid utlopp från tryckbegräsande anordningar, som säkerhetsventiler eller motsvarande, där även risken för miljöstörning behöver beaktas.

Före idrifttagande skall ledningen noggrant rengöras och tryckprovas enligt gängse standard. Ledningen skall, för att undvika risk för brand m.m., provas med avseende på förekomsten av eventuella läckage. Alla reparationer skall följas upp på motsvarande sätt.

4.3 Avstängning av bränslestam

SS-EN 12952-8, § 4.4.1.
I bränslestammen till varje brännarnivå eller grupp av brännare, (gäller startbrännare och/eller lastbrännare, men även eventuellt förekommande fast installerade gaseldade hjälputrustningar) skall finnas två seriekopplade avstängningsventiler, som helt oberoende av yttre hjälpenergi på given signal eller vid bortfall av manöverströmmen automatiskt stänger av bränsleflödet till respektive brännarnivå. Stängfunktionen skall övervakas med hjälp av lägesgivare. För flytande bränslen skall ventilen uppfylla kraven i SS-EN ISO 23553:1.
Denna huvudventilfunktion i stammen skall automatiskt stänga vid nedanstående tillstånd.

- Snabbstopp brännare
- Nödnedeldning panna
- Stängfel på båda snabbstängningsventilerna till någon i bränslestammen hörande brännare

Manöverströmmen skall även kunna brytas från en säker plats, jfr SS-EN 12952-8, § 4.2.1.

Härutöver kan finnas en särskild reglerventil i ledningen, men den ersätter inte någon av de bägge ovan nämnda avstängningsventilerna.

För att skydda bränslestammen mot onormalt högt tryck skall utrustning enligt SS-EN 12952-8, § 4.3.5 installeras. För bränsleledning för olja består den i en säkerhetsventil, för eventuellt förekommande gasformiga bränslen av en säkerhetsventil och en snabbverkande avstängningsventil till ledningen. Utrustningen skall skyddas mot höga temperaturer som kan orsaka brand.

I bränslestammen skall dessutom för flytande bränslen finnas en dränering för återföring av ej tillräckligt förvärmd olja i ledningarna.
Se även figurerna 5 och 6.

4.4 Avstängningsventiler vid brännare

I direkt anslutning till varje brännare skall finnas två (2) avstängningsventiler (jfr. SS-EN 12952-8, § 4.4.1)

Den ventil som är närmast brännaren, skulle enligt SS-EN 12952-8, kunna utnyttjas som reglerventil, men den skall då kunna stänga ledningen helt inom 5 sekunder. Reglerventiler i vanligen förekommande utförande kan inte användas som avstängningsventil i ett säkerhetssystem, eftersom de inte medger total avstängning av ledningen.

För flytande bränslen skall ventilerna uppfylla kraven i SS-EN ISO 23553:1/2014. Anordning som möjliggör testning av läckage från varje ventil skall finnas.

Se även figurerna 5 och 6.

4.5 Förvärmning av eldningsolja och övrigt att beakta

Arrangemang och förreglingar för förvärmning av eldningsoljan enl. SS-EN 12952-8: § 4.2.2.

- Oljans temperatur i tankar och ledningar bör hållas så hög att oljan inte blir för trögflytande utan behåller sin pumpbarhet. Oljans temperatur vid lagring vid atmosfärstryck får samtidigt inte överskrida oljans flampunkt minus 5^{o}C.
- Oljans temperatur bör ej tillåtas bli högre än en temperatur minst 5^{o}C lägre än den temperatur vid vilken i oljan förekommande dispergerat vatten kommer i kokning.
- Det kan således vara nödvändigt att kyla het returolja från brännarna.
- Oljeleverantörens produktdata skall beaktas.
- För hög oljetemperatur skall ge stängning av ventilerna i bränsletilloppsledningen.
- Utlopp från bränsleledningarnas säkerhets- och dräneringsventiler skall tas om hand miljövänligt och brandsäkert.
- Dagoljetank, oljeförvärmare och oljepumpar bör placeras i ett väl ventilerat utrymme utanför sodahuset. Är utrustningen placerad inne i sodahuset bör den vara inbyggd och väl ventilerad mot utomhusluften.
- Det skall finnas utrustning, som reglerar och vid behov kopplar bort det medium om används till förvärmning av brännoljan.
- Oljans temperatur skall övervakas och regleras så att av brännarleverantören rekommenderad viskositet erhålls. Brännardrift skall förreglas mot oljetemperaturen, larm för otjänlig temperatur bör ges.
- Används elektriska värmekablar för varmhållning, bör kabelsystemet göras sektionsindelat med felindikeringar och larm.
- Vid förvärmning med ånga får inte kondensatet från förvärmaren återföras till matarvattensystemet, se figurerna 5 och 6, samt rekommendation B19. Risker med att oljan förorenar kondensatet skall beaktas.
- Förstoftningsmediets tryck skall i förekommande fall hållas inom fastställda gränsvärden. I förekommande fall skall differenstrycket mellan olja och förstoftningsmedium ligga inom fastställda gränsvärden. Risken för förorening av förstoftningsmediet vid tryckfall skall beaktas.
- Spillolja får inte tillsättas den eldningsolja som eldas i sodapannan. Eldning av spillolja kräver, med tanke på de föroreningar som spilloljan kan innehålla, speciellt miljötillstånd och spilloljor bör därför hanteras i ett separat system, inte eldas i sodapannan. Eldning av spillolja skulle dessutom kunna tillföra oönskade grundämnen till kemikaliesystemet.

4.6 Eldningsoljans vanadinhalt

Eldningsolja bör inte ha en vanadinhalt överstigande 0,01 % (100 ppm). Vid uppeldning av vattentvättade eldstäder kan annars bildas korrosiva smältor på framför allt överhettartuberna innan luteldningen kommer i gång. Vid stödeldning av luteldad panna kan den korrosions-

risken förutsättas vara mindre, men höga halter av vanadin kan fortfarande medverka till bildning av restsmältor i beläggningarna, vilket innebär risk för korrosion.

5 Brännare och brännarsystem

5.1 Design av brännare

Ett flertal standarder kan vara aktuella:

- SS-EN 267:2020: Automatiska brännare för flytande bränslen med forcerat drag
- SS-EN 298:2022: Automatiska styrsystem för brännare som eldas med gasformiga eller flytande bränslen.
- SS-EN 1854:2022: Säkerhets- och kontrollanordningar för brännare: ’Tryckavkänning av gasapparater…”
- SS-EN 60730-2-5: Automatiska elektriska styr och reglerdon, fordringar på styrsystem för brännare
- SS-EN 12067-2:2022: Säkerhets och kontrollanordningar för förbränning av gas eller flytande bränslen. Del 2: Bränsle/luft-förhållande

5.2 Reglering av brännarkapacitet

Brännarsystemet skall regleras automatiskt i förhållande till uppvärmningsbehovet.
Ref. SS-EN 12952-8, § 6.3

5.3 Sammanlagd brännarkapacitet

Den sammanlagda brännarkapaciteten skall vara avpassad i förhållande till eldstadens högsta tillåtna värmebelastning vid samtidig luteldning. Beträffande begränsning av utvecklat värme vid eldning, lokalt vid brännare och för eldstaden som helhet, se moment 6.3 och7.2.

5.4 Luftkvot och rökgassammansättning

Luftkvot (mängden förbränningsluft i förhållande till tillfört bränsle, även kallat lambda-λ-värde) och rökgassammansättningen (syrehalt i rökgaserna) skall övervakas, se Rekommendation B1 (avsnitt 16.1.1. i utgåva 10).

5.4 Luftkvot och rökgassammansättning

Luftkvot (mängden förbränningsluft i förhållande till tillfört bränsle, även kallat lambda-λ-värde) och rökgassammansättningen (syrehalt i rökgaserna) skall övervakas, se Rekommendation B1.

5.5 Flamstabilisator

Varje brännare skall vara försedd med flamstabilisator eller motsvarande för att på detta sätt möjliggöra stabila antändningsförhållanden.

5.6 Bränsletryck och bränsletemperatur

- Bränsletryck och bränsletemperatur skall under start och drift hållas inom av leverantören fastställda gränsvärden.

5.7 Brännare och tändapparat

Brännare och tändapparat skall under start och drift vara i avsedda lägen.

6 Tillkommande rekommendationer för startbrännare

6.1 Startbrännarnas huvudändamål

Startbrännarnas huvudändamål är att möjliggöra eller underlätta start och nedeldning av soda-pannan. I övrigt bör de endast användas för att vid behov understödja luteldning, exempelvis vid låg luttorrhalt (obs.: luttorrhalten skall fortfarande vara högre än ~ 60%) eller svartnande bädd.

6.2 Luftflöde

Varje startbrännare skall i eget luftregister tillföras ett luftflöde som garanterar stabila antändnings- och driftförhållanden.

Utöver ovanstående skall för start och drift av startbrännare ett minsta luftflöde tillföras eldstaden genom luftportar belägna under lutsprutenivån. Detta minsta luftflöde skall säkerställa att eldningen sker med ett luftöverskott av minst 30 % utöver erforderligt för stökiometrisk förbränning, baserat på totalt installerad startbrännarkapacitet.

Vid pågående luteldning skall luftflödet ökas i motsvarande omfattning.

6.3 Startbrännarnas maximala kapacitet

Startbrännarnas maximala kapacitet skall väljas restriktivt, dvs. inte större än vad som erfordras för att pannan skall komma upp i temperatur för att kunna lägga på luten.

Maximal brännarkapacitet bestäms i det enskilda fallet med hänsyn till pannstorlek och brännarnas placering. Risken för överhettning av otillräckligt skyddade bottentuber och av väggtuber i eldstadshörn vid eldning med startbrännarna måste beaktas. Bottentubernas lutning (vanligen 2^o eller 5^o beroende på pannkonstruktion) har betydelse för hur väl kylda de blir. Risk kan finnas för att överhettad smälta ger skador på bl.a. inmurningen, i värsta fall med smältaläckage som följd.

7 Tillkommande rekommendationer för lastbrännare

Långvarig eldning i sodapannor, i syfte att öka ångalstringen utöver vad luteldningen ger, bör ske med särskilda lastbrännare konstruerade för ändamålet.

7.1 Luftflöde

Varje lastbrännare skall städse i eget luftregister tillföras ett minsta luftflöde, som möjliggör fullständig förbränning av det i brännaren tillförda bränslet.

7.2 Skydd mot höga överhettartemperaturer

För att undvika skador på överhettartuberna bör lastoljebrännare inte startas förrän stabil luteldning etablerats i den nedre delen av eldstaden och pannan börjat avge ånga i den utsträckning som behövs för att hålla överhettartuberna inom tillåtet materialtemperatur-intervall.

Med fördel monteras termoelement på utgående tuber i överhettarutrymmet på de tuber där de högsta temperaturerna vid lastbrännardrift befaras.

7.3 Lastökning

Om brännareffekten ökas momentant så följer inte ångproduktionen med effektökningen på en gång, utan rökgastemperaturen kan under en övergångsperiod bli för hög i förhållande till det momentana ångflödet. För att undvika risk för skador på överhettaren får därför lastökningar ej ske i alltför stora steg. Pannleverantörens eventuella instruktioner om tillåten last-ökningshastighet bör därför alltid följas.

8 Flamövervakning

En väl fungerande flamövervakning är en förutsättning för att kunna undvika gasexplosioner i pannan om brännarproblem skulle uppstå.

8.1 Flamvakter

Varje brännare skall vara försedd med flamvakt. Flamvakten skall vara självövervakande, d.v.s. ett fel i en komponent skall automatiskt förhindra drift av tillhörande brännare.

Flamvakter skall uppfylla kraven i SS-EN 12952-8, § 6.3.2 – 6.3.5. Säkerhetstiderna i standarden enligt § 6.3.6 -6.3.7 skall innehållas, se nedan moment 8.1.1.

Övervakningsutrustningens lämplighet och funktion skall vara dokumenterad, t.ex. genom individuell provning eller användning av certifierad utrustning i enlighet med tillämpliga standarder, t.ex. EN 267:2009+A1:2011, EN 298:2012, EN 676:2020 eller EN 60730-2-5:2015/A1:2019.

Alla enskilda delar som är underkastade ett säkerhetskrav skall då också uppfylla villkoren i EN 12952-8:2022, § 6.3 (Control and Monitoring):

- Flamvaktsutrustningen skall vara så konstruerad, att den kan särskilja den övervakade flamman från annan strålning i eldstaden, exempelvis genom reglerbar strålnings-känslighet.
- Flamvakterna skall konstrueras och monteras så att de kan underhandkontrolleras under drift. Man skall kunna funktionstesta dem under drift utan att det påverkar övervakningssystemet.
- Uppträdande fel i flamvakten skall automatiskt släcka den aktuella brännaren.
- Om man har grupper av närbelägna brännare kan de individuella flamvakterna ersättas med en övergripande flamövervakning, se SS-EN 12952-8:2022 § 6.3.5.

8.1.1 Säkerhetstider för flamvakten

Flamvakten skall vara så inkopplad att den automatiskt aktiverar snabbavstängning av bränsletillförseln till brännaren i nedanstående fall:

- Startoljebrännare i sodapannan jämställs med start av lastbrännare och innebär max tillåten säkerhetstid 5 sekunder i det fall ingen flamma registrerats, se SS-EN 12952-8: 2022 § 6.3.6 eller för lastbrännare § 6.3.7. (Standardens text om tändbrännare avser tändutrustning till oljebrännare och där tillåts 10sek.)
  EN 298 anger att dessa 5 sekunder är mellan signal ges till ventilöppning tills dess att signal skall erhållas från flamvakten att flamma finns. Intentionen med standarderna är att det inte skall flöda in olja i pannan i mer än 5 sekunder innan tändning och detta skall i möjligaste mån följas. Därför blir det av vikt att ta höjd för i sin tidsstyrning om frammatningssystemet är renblåst eller inte, även vid eventuella upprepade tändförsök.

- Om det uppstår svårigheter att uppfylla tillåten säkerhetstid för startoljebrännare i en sodapanna skall i första hand man genom tekniska åtgärder försöka uppnå standardens säkerhetstid. Om detta inte är uppnåeligt skall bruket om säkerhetstiden måste förlängas upprätta egen riskanalys att presenteras för kontrollorgan. Om säkerhetstiden förlängs bör riskanalysen särskilt beakta brännarnas kapaciteter, vädringsbehov samt villkor för spänningssättning av elektrofiltren.

- Vid flambortfall under drift skall brännaren släckas inom en maximal säkerhetstid om 1 sekund ifall flamvakten registrerar flambortfall, eller maximalt 3 sekunder för lastbrännare, se SS-EN 12952:2022 § 6.3.6 resp. § 6.3.7.

- Då luteldning är etablerad får den maximala säkerhetstiden vid brännarbortfall ökas till 3 sekunder, se SS-EN 12952-8, § 6.3.7. Även tändbrännare skall flamövervakas, se SS-EN 12952-8, § 6.3.8.

Tändbrännare skall övervakas separerat från flamövervakningen av den tillhörande brännaren. Vid bortfall av flamma i tändbrännaren skall bränsletillförseln till såväl tändbrännaren som till den aktuella brännaren avbrytas inom den aktuella säkerhetstiden.

Skulle det förekomma att flamvaktsutrustningen detekterar flamma innan bränsletillförseln påbörjats, skall brännarstart förhindras.

9 Tändapparater

Sodapannans start- och lastbrännare skall vara utrustade med för ändamålet avsedda tänd-apparater .

Gaselektriska tändapparater rekommenderas.

Vid användningen av gas som bränsle i tändapparater i sodapannan måste eventuellt förekommande risker för personskador och maskinskador beaktas.

9.1 Utrustning för tändapparater

Förekommande utrustning för tillförsel av tändgas skall vara utförd enligt gällande regler för gasinstallation, vilka framgår av SS-EN 12952-8. Eventuellt förekommande fast installation för tillförsel av gas skall förläggas utanför sodahuset och ska kunna stängas av med hjälp av ventilarrangemang, placerat på säker och lätt åtkomlig plats.

9.2 Tändapparaters kapacitet och funktion.

Den av tändaren utvecklade effekten skall vara tillräcklig för snabb och säker antändning av brännoljan. Ref.: SS-EN 12952-8, § 6.1.5. Utrustningen skall vara så inkopplad att tändning och drift endast är möjlig när villkoren enligt moment 11.1 t.o.m. 11.5 är uppfyllda.

9.3 Visuell övervakning av tändfunktion

Det skall finnas lämpligt belägna inspektionsöppningar, som möjliggör visuell observation av brännarens funktion och flammans stabilitet. Observationsplatsen skall vara skyddad mot utträngande varma gaser.

9.4 Pilottändare

Vid eventuellt förekommande pilottändare hänvisas till motsvarande kapitel i rekommendation B 16.

10 Vädring av eldstad samt återstartfördröjning

10.1 Vädring

Vid start av brännare skall tillståndet **”Vädring klar”** råda, se SS-EN 12952-8, § 6.5.2. Sodahuskommitténs grundläggande krav för såväl vädring som tillståndet **”Vädring klar”** är

- att de för samtliga brännare gemensamma start- och driftsvillkoren enligt avsnitt 11 är uppfyllda.
- att vädring skall ha pågått i minst 5 minuter med ett vädringsluftflöde (Lv), som bör vara relaterat till eldstadens volym (Ve) enligt nedanstående formel:

  $L_v \geq 36 * V_e\ (m^3n/h)$;

där V_e är eldstadens volym, räknad från botten upp till rökgaskanalerna till den punkt där maximal rökgastemperatur under drift understiger tändpunkten för det bränsle som används. Rekommendationen är att räkna volymen för hela eldstaden och rökgaskanaler som Ve.

Det ovan angivna vädringsluftflödet motsvarar minst tre luftomsättningar på 5 minuter.

Hela vädringsluftflödet L_v skall tillföras eldstaden genom samtliga luftportar belägna under lutsprutenivån. Andelen primärluft bör i första hand utprovas och anges av pannleverantören. Vid vädring bör pannans samtliga luftfläktar vara i drift, så att även luftsystem anslutna ovanför lutsprutenivån vädras, med ett för ändamålet avpassat luftflöde, vilket dock inte skall medräknas i det ovan angivna vädringsluftflödet L_v.

Rekommendationen innebär annorlunda uttryckt:

- Vädringstid minst 5 minuter (för att vädra gaser från bädden och låta bädden kallna och därmed minska gasningen)
- Vädringsluftflödet skall minst motsvara att volymen räknat från ugnsbotten till inloppet elfilter omsätts 3 ggr under dessa 5 minuter (detta garanterar att det blir turbulent strömning i eldstaden)

- Vädringsluftflödet skall tillföras samtliga luftflöden under lutsprutenivå, Primärluft/Hög-Låg sekundärluft
- Samtliga luftkanaler till pannan skall vädras med adekvat flöde. Dessa flöden skall ej räknas in i vädringsluftflödet (tertiär/kvartärluft fläkt i drift, lastoljefläkt i drift, luftfläkt starkgasbrännare i drift)

10.2 ”Förnyad vädring”

Efter genomförd vädring av eldstaden råder tillståndet ”Vädring klar” till dess att någondera av nedanstående händelser inträffar, varefter förnyad vädring erfordras.

- Misslyckat startförsök med första brännaren
- Säkerhetssystemet löser ut samtliga i drift varande brännare
- Luftflödet efter vädring tillåts sjunka så mycket att det erforderliga vädringsluftflödet enligt moment 10.1 kommit att underskridas, samt att därefter 10 minuter förlöpt utan att någon brännare tagits i drift.

10.3 Stabil luteldning

De tidigare använda uttrycken, eldningsfall ”Luteldning pågår” och ”Luteldning pågår ej” avskaffas, (rent språkligt pågår ju luteldning så fort man eldar lut).

I stället införs begreppet **”Stabil luteldning”, vilket** definieras i rekommendation C1.

10.3.1 När villkoret för ”Stabil luteldning” *inte* är uppfyllt gäller att

- om ingen brännare är i drift, måste vädring företas för att nå tillståndet ”Vädring klar”, innan start av första brännaren kan ske.
- Så länge minst en brännare är i drift kan övriga brännare startas efter behov utan förnyad vädring. Dock gäller tvångsmässig återstartfördröjning enligt vad som anges i mom. 10.4

10.3.2 När villkoret för ”Stabil luteldning *är* uppfyllt

När tillståndet ”Vädring klar” råder kan brännare startas efter behov utan fatt föregås av förnyad vädring, dock med det förbehållet att en återstartsfördröjning skall förhindra omedelbar start av samtliga vilande brännare enligt mom.10.4 efter det att säkerhetssystemet löst ut någon brännare.

Under pågående luteldning får tillfälligt, dock i högst 5 minuter, villkor för ”Stabil luteldning” underskridas utan att vädringskrav enligt mom. 10.3.1 börjar gälla. Anledningen till detta är att det skall vara möjligt att skifta lutsprutemunstycke utan att vädringsvillkoret aktiveras.

10.4 Återstartsfördröjning

Med återstartfördröjning menas tvångsmässig fördröjning av återstart efter det att säkerhetssystemet löst ut någon brännare, t.ex. vid misslyckat startförsök eller flambortfall. Fördröjningen gäller icke enbart utlösta brännare, utan även övriga vilande, icke utlösta brännare.

Då tillståndet "Vädring klar" råder, kan brännare startas efter behov, dock i enlighet med följande:

Om säkerhetssystemet löser ut någon brännare skall en återstartfördröjning förhindra omedelbar start av samtliga vilande brännare. Tidsperioden under vilken återstartfördröjningen skall råda beror på driftsituationen i sodapannan.
Olika driftinstruktioner särskiljes enligt momenten 10.4.1 och 10.4.2 nedan.

10.4.1 Om ***inte*** villkoret för "Stabil luteldning" är uppfyllt gäller:

10.4.1.1 Om endast en brännare är i drift och den skulle lösa ut, fordras enligt 10.1.2 förnyad vädring i minst 5 minuter innan återstart kan ske.

10.4.1.2 Då antalet brännare i drift är mindre än eller lika med ¼ av samtliga startbrännare, dock minst två, skall en återstartfördröjning av minst 90 sekunder råda, då någon brännare löser ut.

10.4.1.3 Då fler brännare än ¼ av samtliga startbrännare är i drift, dock minst tre, skall en återstartfördröjning av minst 30 sekunder råda, då någon brännare löser ut.

10.4.2 När villkor för "Stabil luteldning" **är uppfyllt** skall återstartfördröjningen vara minst 30 sekunder, då någon brännare löser ut.

11 Villkor för start och fortsatt drift av brännare

Pannan skall före start av brännare vara förberedd i övrigt, så att alla säkerhetssystem för fortsatt panndrift är i funktion och klargjorda, t.ex. domnivå inom fastställda gränser.

Eldstaden skall dessutom vara vädrad från oförbrända gaser och olja före start av brännare, med undantag för de situationer, där redan pågående eldning gör ytterligare vädring överflödigt.

Genom förreglingar skall säkerställas att de i avsnitt 11 angivna villkoren för start och drift är uppfyllda.

Det till brännarna hörande förreglingssystemet delas in i två huvudgrupper:

- Villkor för start av brännare, moment 11.1 t.o.m. 11.4.
- Villkor för fortsatt drift av brännare, momenten 11.1, 11.3 och 11.5.

De gemensamma förreglingarna påverkar en grupp av brännare medan de individuella förreglingarna endast påverkar den brännare, till vilken de är inkopplade.

I avsnitt 11 exemplifieras en lösning på de villkor som bör ingå i ett förreglingssystem för start- och lastbrännare i sodapanna. Förreglingarna är i exemplet grupperade enligt ovanstående indelning.

Avvikelse från driftsvillkoren skall medföra att antingen den aktuella brännaren eller hela brännargruppen trippas.

- Exempel på startvillkor för oljeeldade startbrännare respektive oljeeldade lastbrännare framgår av *figurerna 1 och 2*.
- Exempel på driftförreglingar för oljeeldade startbrännare respektive oljeeldade lastbrännare framgår även av *figurerna 3 och 4*.

En del av dessa förreglingar härstammar från SS-EN 12952-8, § 4.4.3.

11.1 Gemensamma start- och driftsvillkor för samtliga brännare/brännargrupp

Grundläggande villkor för att öppna ventilerna till den gemensamma bränslestammen.

För start av brännare tillkommer villkor enligt moment 11.2, 11.3 och 11.4

För drift av brännare tillkommer villkor enligt moment 11.3 och 11.5.

1. Primärlufttillförseln i drift, spjällen i öppet läge.
2. Sekundärlufttillförseln i drift, spjällen i öppet läge.
3. Luftflödet till pannan genom luftportar belägna under lutsprutenivån större än minimum (gäller start och drift av startbrännare).
4. Eldstadstryck och luftspjäll inom fastställda gränsvärden.
5. För lastoljebrännare: att tillförseln för lastbrännarens förbränningsluft är i drift samt att eldning med ångavgivning är etablerad i eldstadens nedre del.
6. Minst en rökgasfläkt i drift (inom fastställda gränsvärden) och tillhörande spjäll i rökgaskanaler öppna.
7. Luftflödet till pannan genom luftportar belägna under lutsprutenivån större än minimum, se moment 6.2. (Gäller startbrännare)
8. Lastbrännarfläkt i drift. (Gäller för lastbrännare)
9. Utgående ångans temperatur lägre än fastställt maximalt värde. (Gäller för lastbrännare)
10. Domnivån inom fastställda gränser.
11. Huvudbränsletryck inom fastställda gränsvärden.
12. Brännoljetemperatur inom fastställt temperaturintervall. (Gäller för oljeeldade brännare)
13. Bränsleledningens säkerhetsventiler i stängt läge.
14. Yttre hjälpenergi inom fastställda gränsvärden.
15. Inget strömbortfall eller annan störning i väsentligt säkerhetssystem
16. Ej stängfel (läckage) på båda snabbavstängningsventilerna tillhörande någon brännare inom ansluten brännargrupp.
17. Nivån i smältlösaren inom fastställda värden
18. Löprännornas kylning inkopplad
19. Anslutning av tvättvatten till sotapparaterna bortkopplad och blockerad.

11.2 Gemensamma startvillkor för samtliga brännare

Villkor för att öppna ventilerna till den gemensamma bränslestammen)
Grundläggande krav, bl.a. enligt SS-EN 12952-8, § 4.4.2:

1. Samtliga villkor enl. moment 11.1 uppfyllda

2. Eventuellt föreskriven vädring klar, alternativt att tillräcklig eldning redan pågår i eldstaden (Elektrofiltrets drivspänning skall vara nedsatt till lägre än 50 % av normal spänning under vädring).
3. Brännarens flamvakt i funktion, och att den ej indikerar flamma innan brännaren startas.
4. Relevanta säkerhetsfunktioner med funktion att avbryta pågående eldning för den aktuella brännaren är tillfälligt frånkopplade, alternativt att de kritiska parametrarna ligger inom fastställda gränser.
5. Ventiler i bränsleledningen och luftspjällen i eldstaden i startläge.
6. Att ej mer än 10 minuter förflutit sedan vädringen avslutades. Denna tid kan förlängas till max 30 minuter ifall ett luftflöde från primärluftportarna om minst 20 % av fullt luftflöde upprätthållits under mellantiden (jfr. SS-EN 12952:8, § 6.5.7). Ett, eller som mest två, förnyade startförsök alternativt start av en andra brännare kan göras om det sker inom denna respittid. (SS-EN 12952:8, § 6.5.8).
7. Om brännarens konstruktion förutsätter att brännaren töms på kvarvarande brännolja före nästa uppstart, att då detta är gjort (SS-EN 12952.8, §6.5.6).
8. Brännarens funktion för snabbstopp av brännaren är frånslagen fram till dess att flamma konstaterats.
9. Brännarens funktion för nödnedeldning av panna är avaktiverad till dess flamma konstaterats.
10. Tändbränsletryck inom fastställda gränsvärden.
11. Tändarlufttryck inom fastställda gränsvärden.

11.3 Individuella start- och driftsvillkor för enskilda brännare.

Villkor för att öppna ventilen till den enskilda brännarens bränsletillförsel.

1. Samtliga villkor i moment 11.1 och 11.2 uppfyllda.
2. Brännaren i driftläge.
3. Brännarens lufttryck normalt. (Gäller startbrännare med eget luftregister)
4. Lastbrännarfläkt i drift. (Gäller för lastbrännare)
5. Luft/bränsle-kvot över minimum. (Gäller för lastbrännare)
6. Atomiseringen för finfördelning av bränslet utan anmärkning (gäller alla oljebrännare)
7. Brännarens oljetillförsel med jämnt flöde inom avsedda gränser.
8. Inga störningar i oljereturflödet från brännaren.
9. Ej stängfel på någon av snabbavstängningsventilerna till brännaren. (Ett stängfel på en av ventilerna avbryter bränsletillförseln till brännaren. Bränsletillförseln till övriga i gång varande brännare i eldstaden påverkas ej. Vilande brännare i gruppen kan ej startas så länge felet kvarligger).

11.4 Individuella startvillkor för enskild brännare

Villkor för att öppna ventilen till den enskilda brännarens bränsletillförsel.

1. Samtliga villkor i momenten 11.1, 11.2 och 11.3 uppfyllda.
2. Brännaren i startläge och redo för fortsatt drift.
3. Tändningsaggregatet färdigställt och redo
4. Brännarens flamvakt registrerar “Ej flamma”.
5. Tändarens flamvakt registrerar “Ej flamma”.

11.5 Individuella driftsvillkor för enskild brännare efter att flamma detekterats.

1. Samtliga villkor enligt moment 11.1 och 11.3 uppfyllda.
2. Brännarens flamvakt registrerar ”Flamma”.

12 Tillsyn och kontroll

12.1 Förebyggande underhåll

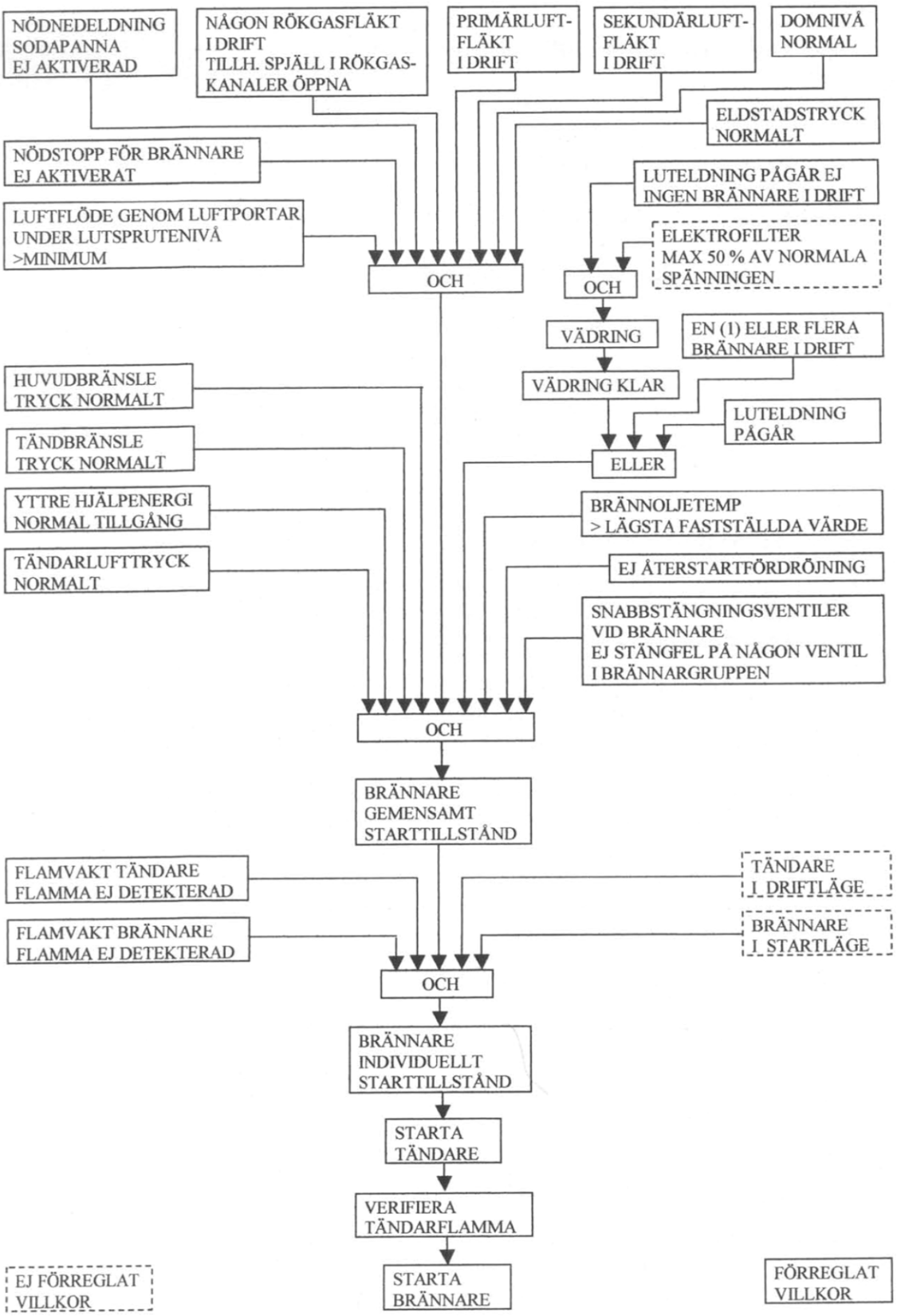
Tillsyn och kontroll av start- och lastbrännare och deras säkerhetsutrustning bör läggas in i anläggningens ordinarie rutiner för förebyggande underhåll. Se även SS-EN 12952-8, § 6.1.1 och 7 samt annex C, § C.7.

12.2 Byte av mekanisk utrustning

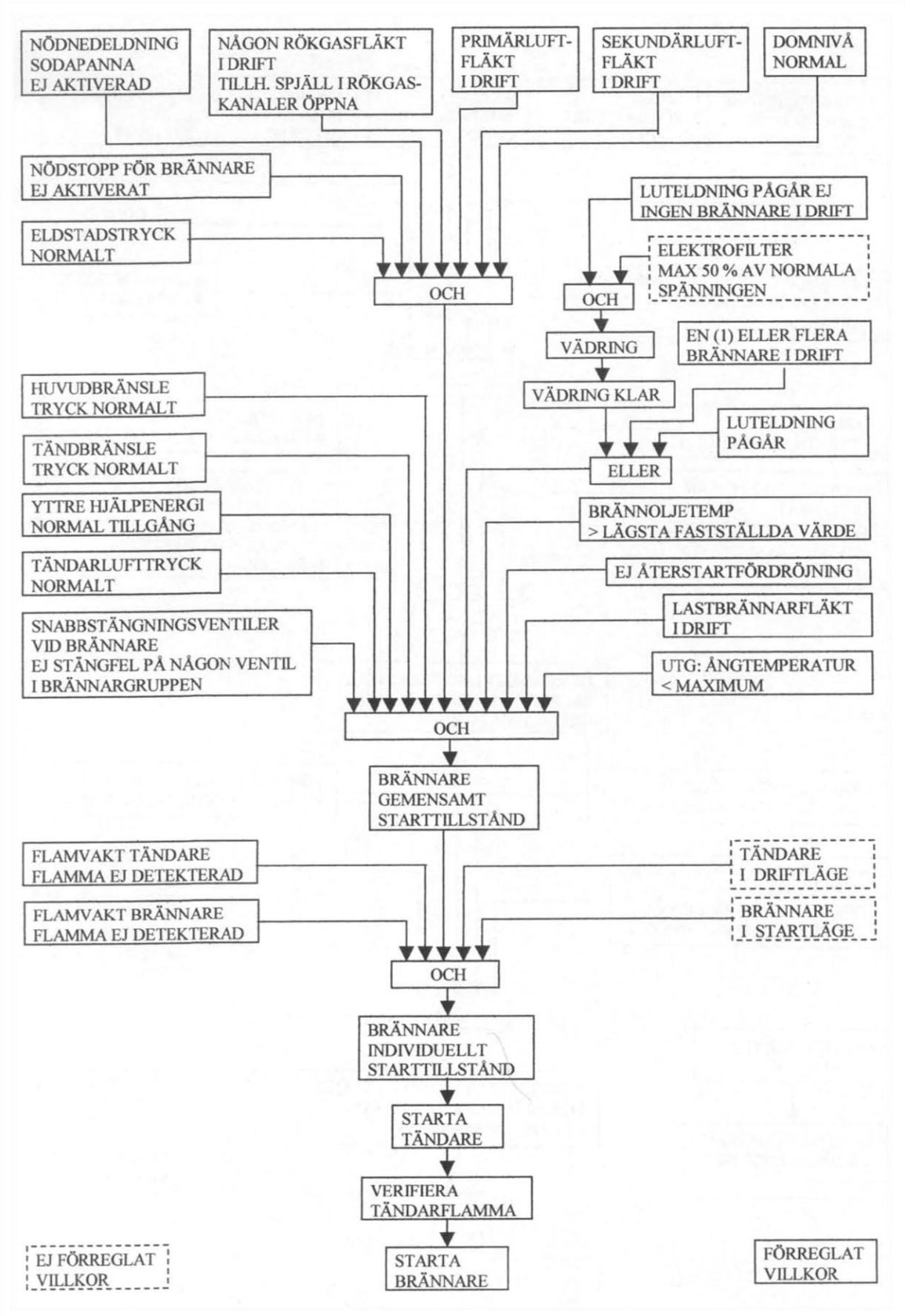
I ovannämnda rutiner bör ingå tillsyn och erforderliga utbyten av mekanisk utrustning såsom flamstabilisatorer och brännarmunstycken. Vidare bör ingå kontroll – och vid behov åtgärdande – av bränsleläckage.

12.3 Funktionskontroll

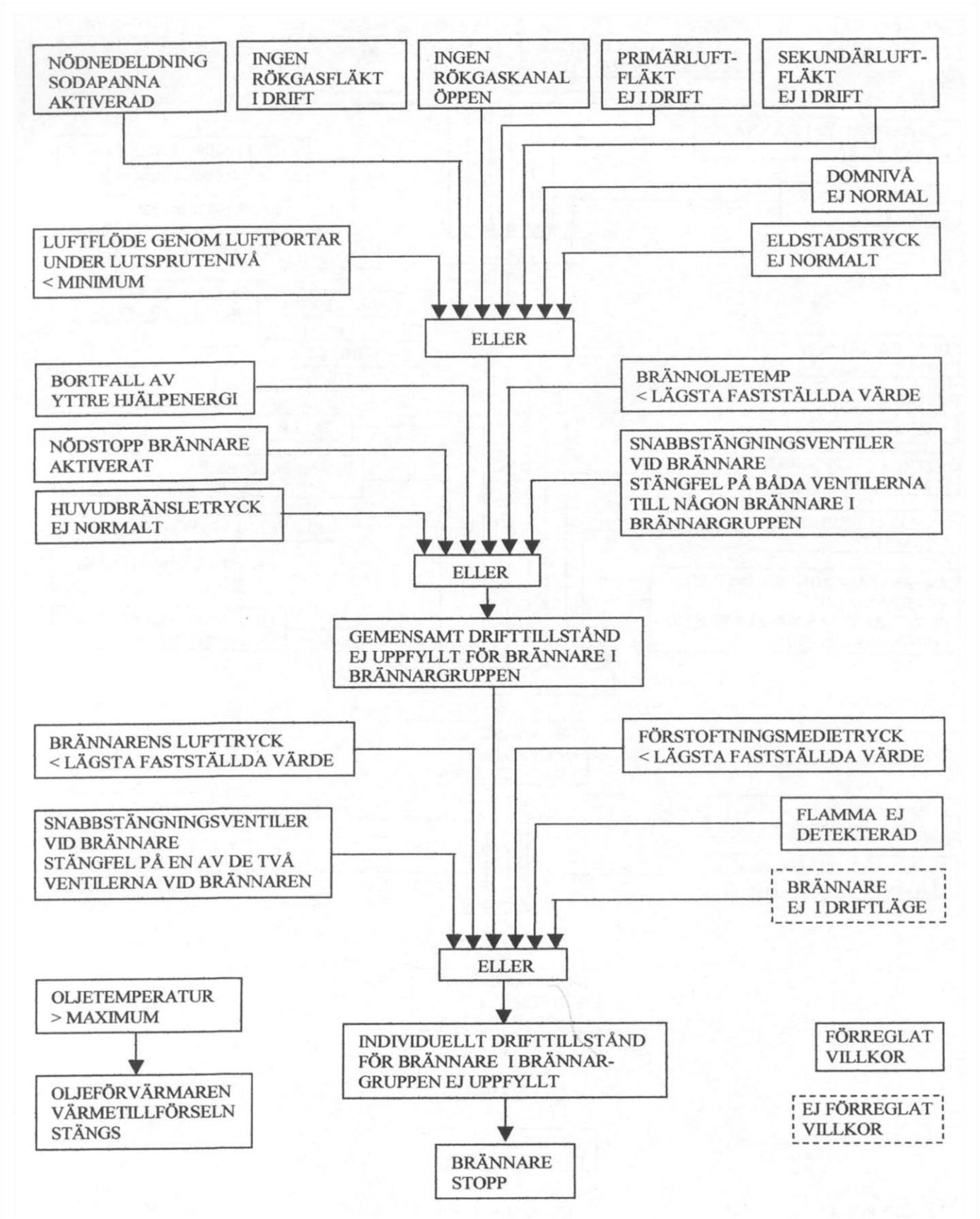
Säkerhetsutrustningens funktion bör kontrolleras och dokumenteras enligt ett för varje enskild anläggning uppgjort program för fortlöpande tillsyn. Funktionskontrollen bör förutom larm och förreglingar även innefatta tidreläernas inställning, strålningsdetektorernas inriktning och känslighetsinställning samt snabbavstängningsventilernas täthet.



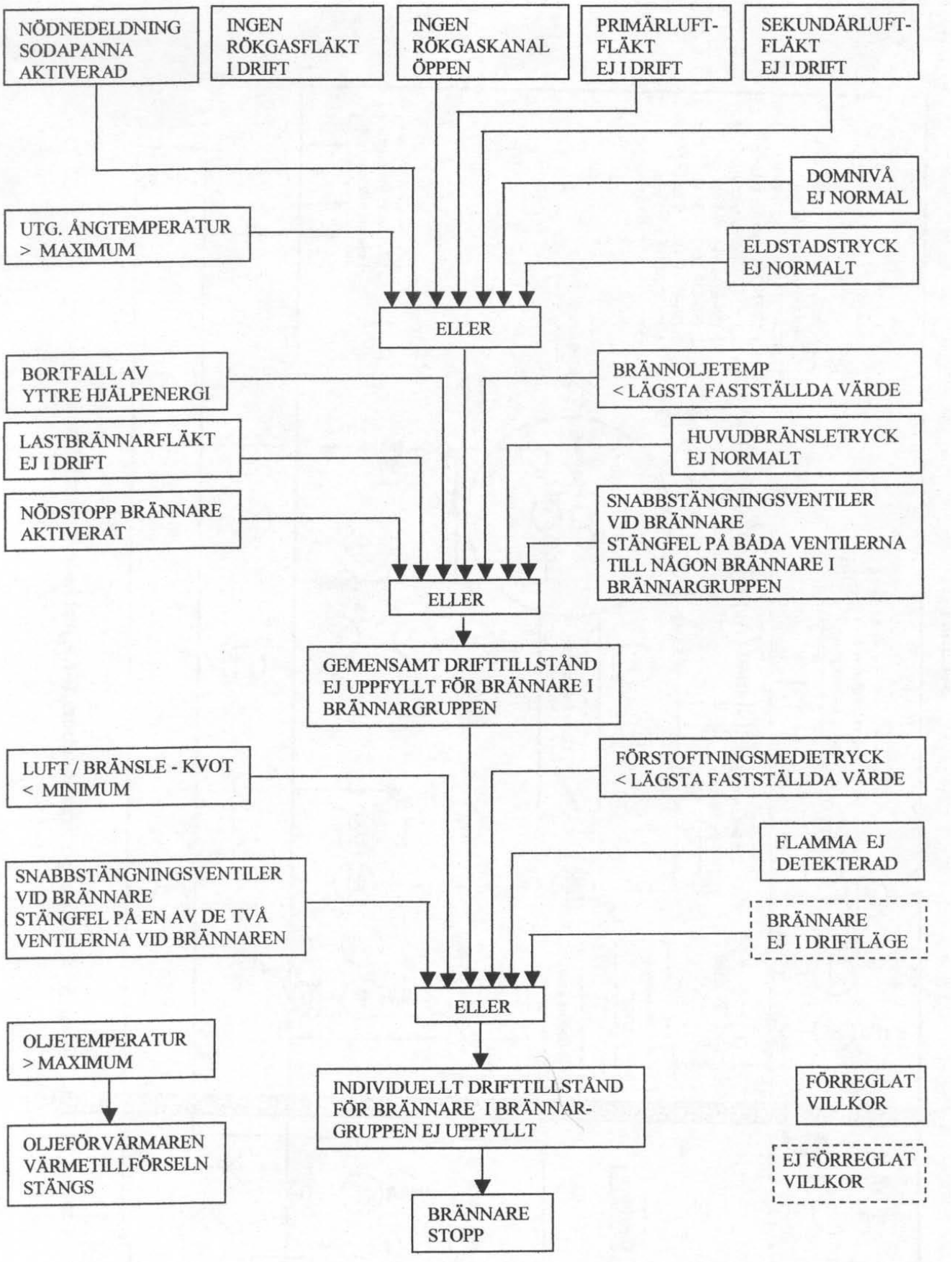
Figur 1, Exempel på startvillkor för oljeeldade startbrännare



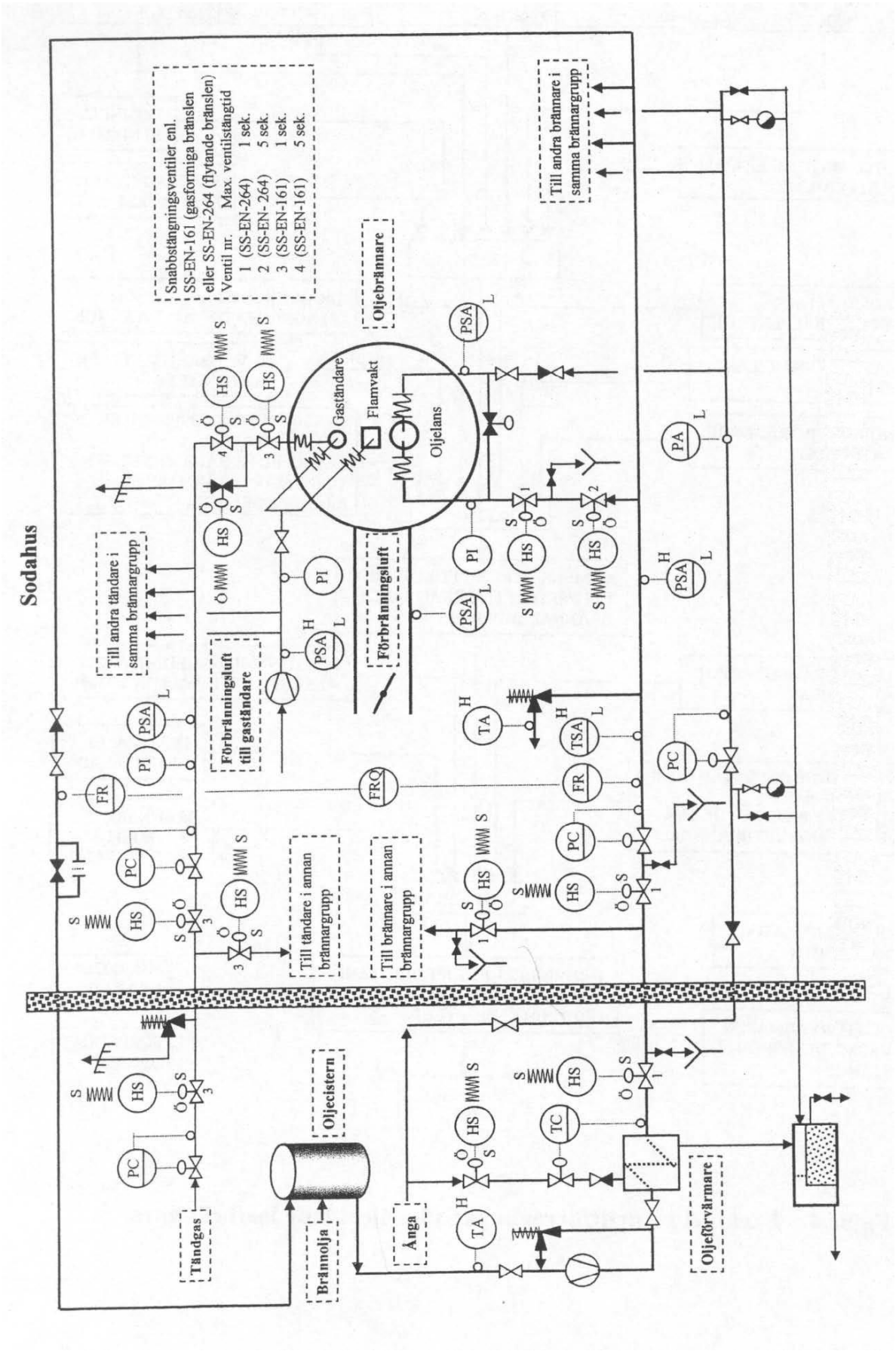
Figur 2, Exempel på startvillkor för oljeeldade lastbrännare



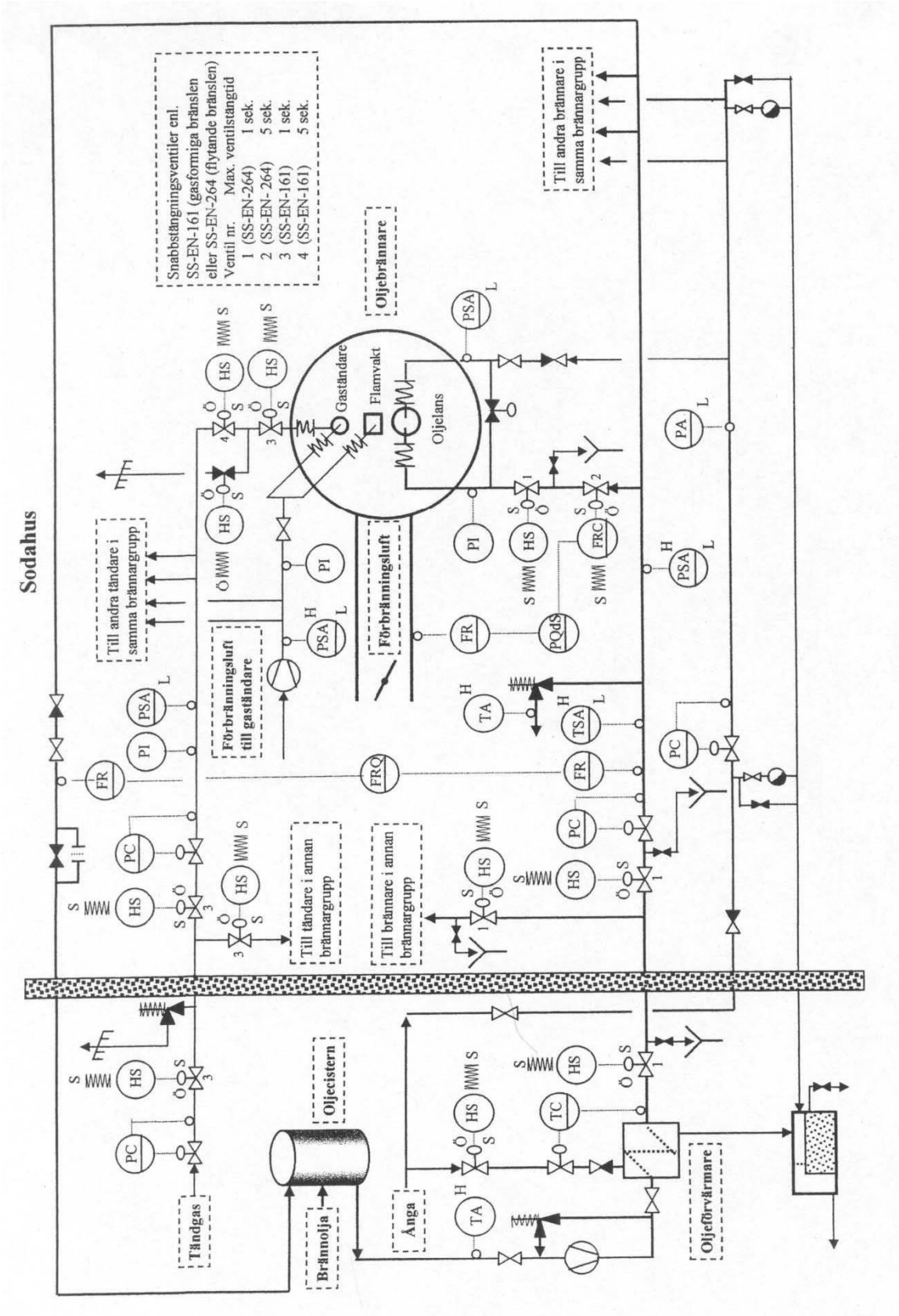
Figur 3, Exempel på driftförreglingar för oljeeldade startbrännare



Figur 4, Exempel på driftförreglingar för oljeeldade lastbrännare.



Figur 5, Exempel på arrangemang för oljeeldade startbrännare.



Figur 6, Exempel på arrangemang för oljeeldade lastbrännare.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 14
Utgåva 3, januari 2019

Arrangemang av larm och indikeringar i sodapannan

Arbetsmiljöverket har utkommit med en ny föreskrift som bland annat behandlar process-övervakning. Föreskriften, AFS 2017:3 ”Användning och kontroll av trycksatta anordningar” ersätter AFS 2002:1, ”Användning av trycksatta anordningar”, och trädde i kraft första december 2017. AFS 2017:3 behandlar inte som den tidigare anvisningen larm och larmanordningar, utöver s.k. säkerhetsrelaterade larm. Larm och larmanordningar behandlas i SS-EN 12952-7 samt mer översiktligt i föreskriften AFS 2009:2, ”Arbetsplatsens utformning”.

Den nya föreskriften AFS 2017:3 har därför föranlett en omarbetning av hittills gällande utgåva av B14. Då mer preciserade krav på organisering av larm och larmsystem ej längre föreligger har vi i föreliggande utgåva av rekommendation B 14 valt att anamma den terminologi som mestadels är rådande vid svenska bruk.

Denna rekommendation är skriven med utgångspunkt från att sodapannan är ständigt övervakad.

Hänvisningar

Föreskrifter

AFS 2017:3	Användning och kontroll av trycksatta anordningar
AFS 2009:2	Arbetsplatsens utformning,
AFS 2008:13	Skyltar och signaler
AFS 2002:1	Användning av trycksatta anordningar (upphävd 1 dec. 2017)

Standarder

SS 031711	Varningssignaler med ljud och ljus (upphävd)
SS 4470602	Larmsystem integrerade system, allmänna fordringar.
SS-EN 62682	Industriell processtyrning – Larmsystem och larmhantering
SSG 1281	Akustiska och visuella varningssignaler
SSG5264	Processövervakning, larmsignaler och varningsindikeringar
SS-EN ISO 7010:2012	Grafiska symboler
SS-EN ISO 7731:2008	Larmsystem med ljud
SS-EN 12952-7:2012	Vattenrörpannor. Krav på pannans utrustning.
SS-EN TR 64	

Rekommendationer
Sodahuskommitténs rekommendationer B 2, B 8 samt C 1

Innehåll

1 Larmsignaler och varningsindikering i manöverrum 3

2 Begrepp, definitioner och deras innebörd 4
2.1 Farolarm 4
2.2 Processlarm 5
2.2.1 Säkerhetsrelaterade larm 5
2.3 Systemlarm 5

3 Larmpresentation 5
3.1 Presentation av Farolarm/Sodahuslarn 5
3.2 Nödnedeldningspanel 6
3.3 Presentation av processlarm 6
3.3.1 Presentation av säkerhetsrelaterade larm 6
3.4 Farolarmtablåer och säkerhetstablåer 7
3.5 Larmkaskader 7
3.6 Larmkvittering 7

4 Instruktioner och utbildning om rutinåtgärder vid larm 7

5 Provning av larm 8

6 Säkerhetsgenomgångar 8

7 Förslag på signaler 9

8 Övervakningsbegrepp 9

1 Larmsignaler i manöverrum

Den nya föreskriften ”användning och kontroll av trycksatta anordningar”, AFS 2017:3 behandlar larm från anläggningen i huvudsak i samband med rutiner för periodisk övervakning, d.v.s. för de situationer där pannoperatören inte ständigt övervakar pannan. Benämningarna ”A-larm” och ”B-larm” har försvunnit, då AFS 2002:1 är upphävd, och det överlåts i stort sett åt tillverkare och brukare att avgöra om, när och hur larm skall avges från anläggningen för att påkalla operatörens uppmärksamhet.

Larm vid och för personfara behandlas dessutom mer generellt i AFS 2009:2.

Man bör lägga märke till att det fortfarande finns krav på utbildning om kännedom och hantering av de larm som förekommer (AFS 2013:3, 6 kap., § 4)

Tryckkärlsdirektivet 2014/68/EU och Tryckkärlsstandarden EN 12952, del 1-18, förutsätter att pannan övervakas med ett antal närmare föreskrivna och definierade vakter och när pannans driftsförhållanden avseende tryck eller vattenstånd, avviker från föreskrivna gränsvärden så skall pannan per automatik övergå i säkert läge, d.v.s. pannan stoppas, matarvatten- och bränsletillförsel samt tillförseln av förbränningsluft (m.m.) ska upphöra och pannan lämnas att svalna utan att utgöra risk för personalen eller omgivningen.

Obligatoriska krav finns dock för larm från matarvattenpumparna och larm från temperaturövervakningen av överhettare och ångledningar, men de larmen är inte specificerade i den nya föreskriften. Utrustningsstandarden SS-EN 12952-7:2012 innehåller emellertid föreskrifter om larm för matarvattenpumparnas funktion och utgående ångtemperatur (samt för eventuellt förekommande cirkulationspumpar). Se paragraferna 5.1.2.2, 5.7.3 samt 5.1.3.3 i 2012 års utgåva. I övrigt föreskriver utrustningsstandarden istället alltså att det finns vakter, som avbryter eldningen vid exempelvis alltför lågt vattenstånd i pannan eller för högt panntryck.

För en sodapanna räcker dock inte ovanstående för att sätta pannan i säkert läge, eftersom eldstaden fortfarande innehåller en glödande bädd och flytande smälta, vilket medför både explosionsrisk vid vattenläckor i eldstaden som risk för överhettning av den nedre delen av eldstaden, om bottentubernas kylning inte kan upprätthållas.

- Vid larm för hög temperatur eller felfunktion hos matarvattenpumparna råder inte omedelbar fara, men larmen måste ofördröjligen åtgärdas av operatören, eftersom situationen annars kan bli ohållbar.

- Notera dessutom att pannan måste hållas vädrad efter en panntripp, eftersom bädden avger brännbara gaser. Lufttillförseln till eldstadens övre delar får därför inte avbrytas, medan däremot primärluften stoppas, eftersom primärluften annars skulle underhålla en fortsatt förbränning.

2 Begrepp, definitioner och deras innebörd

Med hänsyn till rådande praxis ute på bruken och för att undvika sammanblandning med benämningar från den indragna föreskriften AFS 2002:1 rekommenderar Sodahuskommittén att följande larmkategorier och benämningar fortsättningsvis används:

2.1 Farolarm

Farolarm är ett övergripande begrepp för larm som refererar till en omedelbar och allvarlig personfara som råder på arbetsplatsen. Det kan avse olika situationer där risk för allvarlig personskada föreligger, som brand, gasutsläpp, explosionsrisk, utströmning av heta eller farliga media eller risk för vatteninträngning till eldstaden.
Farolarm skall presenteras på särskild farolarmstablå, se avsnitt 3.

Vanligt förekommande *farolarm*:

Sodahuslarm: Farolarm, som refererar till risk för smälta-vattenexplosion eller annan allvarlig personfara i sodahus. När *Sodahuslarm* ges skall sodahuset ofördröjligen utrymmas. Sodahuslarm skall alltid och ofördröjligen aktiveras om situationen innebär en allmän omedelbar fara för personer som uppehåller sig i sodahuset. Sodahuslarm och utrymning av sodahuset, samt rekommendation beträffande uppsamlingsplatser beskrivs i rekommendation B 8.

Exempel på anledningar till sodahuslarm:

- Vatteninträngning i eldstad.
- Explosion eller risk för explosion i panna eller elektrofilter.
- Utströmning av heta, frätande och giftiga ämnen, t.e.x lututsläpp eller svavelvätebildning, jfr rekommendation C1.
- Allvarligt ångutsläpp i sodahuset.

Brandlarm: Farolarm som indikerar att det förekommer brandtillbud på arbetsplatsen. *Brandlarm* kan vara automatlarm från branddetektor eller manuellt utlöst. Brandlarm skall avges i det larmade området samt på särskild brandlarmstablå i övervakat manöverrum. Vid brandlarm skall den berörda lokalen utrymmas.

Gaslarm: Farolarm som indikerar gasutsläpp på arbetsplatsen som medför risk för förgiftning eller gasexplosion. *Gaslarm* kan vara automatlarm från gasdetektor eller manuellt utlöst. Gaslarm kan innefatta även förekomst av väsentligt ångläckage i sodahuset. Gaslarm skall avges i det berörda larmade området samt på särskild larmtablå i övervakat manöverrum. Vid gaslarm skall den berörda lokalen utrymmas.
Efter sodahusoperatörens bedömning kan sodahuslarm behöva utlösas.

Övriga farolarm: Exempel på *övriga farolarm* är:

- Larm från *nöddusch och ögondusch*, eller därmed liknande larm.
- *Tillträdeslarm* som indikerar att person uppehåller sig i ett larmat och avlyst område (exempel: utrymmet under pannbotten).

2.2 Processlarm

Med Processlarm avses automatiska larm från processen, vilka avges vid avvikande driftvärden i syfte att uppmärksamma operatörerna om behov av åtgärd. Processlarm ges vid allvarlig driftavvikelse som på kort eller lång sikt kan äventyra driftsäkerheten och/eller medföra ekonomiska konsekvenser.
Processlarm presenteras i operatörspanelen och i ordinarie processtyrsystem, enligt avsnitt 3.

2.2.1 Säkerhetsrelaterade larm

Säkerhetsrelaterade larm är processlarm som identifierats som särskilt kritiska för säkerheten och som innebär ”en indikation om en avvikelse från avsedda driftbetingelser som kan påverka säkerheten negativt” (definition enligt AFS 2017:3).
Även larm från nöddusch och liknande larm kan vid vissa fabriker presenteras som säkerhetsrelaterade larm, dock mest vanligt som farolarm.
Vilka larm som bör presenteras som säkerhetsrelaterade framgår under ”Larmpresentation”, avsnitt 3.2.1 och 3.2.2.

Det är särskilt viktigt att pannoperatörerna har goda kunskaper om hur de ska agera på säkerhetsrelaterade larm från pannan och att de kan bedöma vilka åtgärder som är lämpliga att vidta, se avsnitt 5.

Exempel på sådana kunskaper och färdigheter är:

- den specifika pannans säkerhetssystem
- funktionen hos nedeldnings- och nödkylningssystem som är avsedda att starta vid bortfall av väsentliga funktioner
- de åtgärder som enligt tillverkarens bruksanvisning bör eller ska vidtas vid säkerhetsrelaterade larm.

2.3 Systemlarm

Larm som refererar till avvikelse hos processövervakningssystemet som om den ej åtgärdas kan leda till driftsproblem eller skada på anläggningen. Uppkomna systemlarm kan anges med kort ljudsignal eller på annat sätt.

3 Larmpresentation

3.1 Presentation av Farolarm/Sodahuslarn

Farolarm/sodahuslarm enligt avsnitt 2.1 skall presenteras med en utdragen ljudsignal och på särskild *farolarmstablå* med blinkande röd ljussignal, se avsnitt 7.
Vid farolarm skall det på den särskilda farolarmtablån tydligt anges vad för slags larm som utlösts och varifrån det kommer. Vid allmän fara ges Sodahuslarm för att utrymma sodahuset.

Sodahuslarmet skall indikeras på farolarmtablå och avges med väl synlig röd blinkande ljussignal anbringad på lämpliga ställen i sodahuset. Samtidigt ges ihållande ljudsignal med sirén. Blinkljusen skall vara kompletterade med en belyst varningsskylt eller skyltskåp med text, förslagsvis ”SODAHUSLARM / Lämna omedelbart sodahuset när larmsignal ges”, och standardiserad nödskylt för utrymningsväg, beträffande larmutformning se vidare avsnitt 7. Ljudsignaler skall ges återkommande tills de kvitterats av behörig operatör.

Sodahuslarmet kan kompletteras med i förväg intalat muntligt meddelande.

3.2 Nödnedeldningspanel

På en särskild nödnedeldningspanel avskild, och fysiskt separerad från ordinarie processövervakning skall presenteras

- styrning och övervakning av funktioner för nödnedeldning och snabbtömning, se rekommendation B8.

3.3 Presentation av processlarm

Processlarm presenteras i processens styr -och reglersystem med ljud- och ljussignal, som skall vara snabbt och entydigt identifierbart på bildskärm.
Ljudsignalen skall ges återkommande tills den kvitterats. Blinkande gul/orange ljussignal skall placeras på väl synlig plats i manöverrummet, se avsnitt 7. Om flera processlarm aktiveras så skall det första larmet med lätthet kunna identifieras, s.k. ”förstfelsindikering”.

3.3.1 Presentation av säkerhetsrelaterade larm

De processlarm som identifierats som Säkerhetsrelaterade larm skall presenteras för operatören tydligt urskiljningsbara från övriga processlarm.

Vid nödnedeldningspanelen, på en särskild *säkerhetstablå,* avskild, och fysiskt separerad från ordinarie processövervakning alternativt;
på separata DCS skärmar, redundanta och avskilda från de ordinarie operatörsskärmarna, ska finnas information om:

- erforderliga driftparametrar för pannans drift om ordinarie processövervakningssystem genom fel satts ur funktion, exempelvis orsakat av ”svartnade eller frusna skärmar”, se rekommendation C1.
- alla säkerhetsrelaterade larm, exempelvis pannans vattenstånd, panntryck, ångtemperatur och sodalösarens övervakning, se specifikation nedan

Exempel på information som ska finnas på *säkerhetstablå*:

- Panntryck
- Nivå i dom (indikering och larm), samt separat kameraövervakning av vattenståndsglas
- Totalnivå i pannan
- Nivå i nedre ugn (för fortsatt manuell tömning)
- Förbränningsluftflöden

- Eldstadstryck
- Nivå i smältlösare
- Densitet i smältlösare
- Tubtemperaturer
- Indikerade ventillägen för stängning av:
    - Matarvattenventil
    - Utgående ånga
    - Sotångventil
    - Ventiler och pumpar för snabbstopp av luteldning enligt rekommendation B1
    - Olja och tillsatsbränslen
    - Starka och svaga gaser, metanol, terpentin samt tillsatskemikalier
- Indikering av
    - Elektrofilter spänningslöst
    - Drift rökgasfläkt
- Överskridna kontrolltider

Övriga driftparametrar bestämda efter brukets egna riskbedömningar.

Säkerhetsrelaterade processlarm skall presenteras i manöverrummet med en utdragen ljudsignal och med röd blinkande ljussignal, se avsnitt 7.

3.4 Farolarmtablåer och säkerhetstablåer

Farolarmtablåer och säkerhetstablåer ska ha säkerställd elförsörjning och vara helt avskilda från operatörens processdator för driftövervakning. Signalöverföringen skall i övrigt vara hårdtrådad eller uppvisa minst motsvarande säkerhet. Signalöverföringen skall vara redundant med var för sig oberoende system.

3.5 Larmkaskader

En prioritetsordning bör upprättas, så att högst upp på larmlistan presenteras de larm som getts särskild prioritering, dels det först inkommande larmet. Alla inkommande larm sorteras så det anges enbart en gång och med information om när det först inkommit och om det fortfarande är aktivt, se även SSG 5264.

3.6 Larmkvittering

Kvittering av larm skall ske på objektnivå eller där tillräcklig information kan erhållas. Ljudsignal bör kunna kvitteras utan bildbyte.

4 Instruktioner och utbildning om rutinåtgärder vid larm

Det skall finnas lättillgängliga och kortfattade säkerhetsinstruktioner över de *farolarm och säkerhetsrelaterade processlarm* som återfinns på farolarmtablå och på den särskilda *säkerhetstablån* och som ger operatören information om vilka åtgärder som behöver vidtas, se rekommendation F 1.

Envar som övervakar en sodapanna skall ha föreskriven utbildning och nödvändig kännedom om de larm som kan komma ifrån pannan och de åtgärder som då kan bli aktuella. Detta gäller både säkerhetsrelaterade larm och vanliga processlarm (6 kap. § 4).

- Exempel på sådana kunskaper och färdigheter är:

  den specifika pannans säkerhetssystem
  funktionen hos nedeldnings- och nödkylningssystem som är avsedda att starta vid bortfall av väsentliga funktioner
  de åtgärder som enligt tillverkarens bruksanvisning bör eller ska vidtas vid säkerhetsrelaterade larm.

5 Provning av larm

Tillsyn och kontroll av larmsystem bör omfattas av anläggningens ordinarie rutiner för inspektioner och förebyggande underhåll.

Larmfunktion som inte provas under drift, skall normalt kontrolleras vid pannstopp, dock minst vid varje återkommande besiktning. Funktion skall kontrolleras och dokumenteras med kortare tidsintervall enligt de förutsättningar som gäller för tillämpad SIL-klassning och för anläggningens övriga projektering och dimensionering.

Beträffande Sodahuslarm, se även SHK:s rekommendation C 1 och B 8.

6 Säkerhetsgenomgångar

Vid årliga säkerhetsgenomgångar med ortens resp. brukets räddningstjänst skall innebörden av de farolarm och de risker som kan vara aktuella gås igenom.

Övriga anställda och externa entreprenörer skall hållas informerade, framförallt om skyldigheten att vid förekommande sodahuslarm utan dröjsmål lämna faroområdet och att då söka sig till förbestämda uppsamlingsplatser.
Arbetsgivaren, den som råder över arbetsstället, eller den som anlitar inhyrd arbetskraft ska se till att arbetstagarna får fullständig och upprepad information och instruktion om de skyltar, den märkning och de signaler som används på arbetsplatsen.

7 Förslag på signaler

Beträffande utformning av larmsignaler och skyltning se SSG 5264, SSG 12281 (med hänvisning till Svensk Standard SS031711), AFS 2008:13 2 § och AFS 2009:2, ”Arbetsplatsens utformning”, § 75-89.
Svensk Standard SS031711 är numera en upphävd standard, dock kan man fortfarande hänvisa till, samt beställa den.
Många företag väljer att fortsätta att följa denna standard, då man har fört in den i sina egna sätt att hantera brand och utrymning.
Den tekniska rapporten TR47/2014 ersätter den numera upphävda standarden.
Rapporten är framtagen för att ge vägledning vid val av signaler för brand och för utrymningslarm.
Att separera brandlarm från utrymningslarm har tydliga fördelar.
Brandlarm är tänkt även som förvarning för fara i närliggande byggnad eller liknande, vilket man ej obligatoriskt måste stoppa produktionen för.
Utrymningslarm innebär omedelbar fara och att utrymning skall ske.

Nedanstående tabell är förslag till signaler vid nyinstallation. Vid befintliga anläggningar kan de tjäna som riktmärke, så att man eftersträvar en likartad signalstruktur för de som besöker olika anläggningar.

Larmtyp	Utrymningslarm	Ljussignal Manöverrum	Ljudsignal Manöverrum	Ljussignal Sodahus	Ljudsignal Sodahus
Sodahuslarm	Utrymning	Röd blink	Treklang	Röd roterande	Sirén
Säkerhetsrelaterade larm		Röd blink	Halvlång		
Processlarm		Gul blink	Kort dubbel		

8 Övervakningsbegrepp

Föreskriften AFS 2017:3 indelar pannor i tre olika klasser. Sodapannor tillhör ”högsta klassen”, klass A (vattentemperatur över 110˚C) och ska normalt vara föremål för ständig övervakning.

Det är kontrollorganet som ska bedöma vilken typ av övervakning som ska tillämpas och villkoren för övervakningen. Kontrollorganet kan efter kontroll, utförd i samband med driftprov, bedöma under vilken tidsperiod pannan har förutsättningar att användas säkert med den övervakning som arbetsgivaren avser att tillämpa (se AFS 2017:3).

Ständig övervakning: Generellt för trycksatta anordningar innebär ständig övervakning att operatören omedelbart kan nå behållaren och utan svårighet avgöra om det fortfarande är säkert att låta anordningen vara trycksatt samt vid avvikelser vidta nödvändiga åtgärder i tid.

Den som med ständig övervakning använder en panna ska säkerställa att tillräckligt många pannoperatörer är i tjänst för att utesluta att pannan lämnas utan övervakning när den är i drift.

Periodisk övervakning: Periodisk övervakning innebär att den operatör som ansvarar fördrift och övervakning av pannan inte är fysiskt tillgänglig på arbetsstället utan övervakar panndriften på distans, bl. a. beroende på de eventuella larm som avges från anläggningen.

En panna får bara övervakas periodiskt om den har utrustning som hindrar att förutbestämda värden för tryck, temperatur, flöde eller fluidnivå över- eller underskrids.

Sodahuskommittén rekommenderar alltid ständig övervakning av sodapannor.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 15
Utgåva 4, 2022

Anläggningsutformning för att förebygga inläckage av jonbytesmassa till pannvatten

Vid fel i jonbytesfilter kan stora mängder jonbytesmassa läcka in i matarvatten och pannvatten. Detta kan ge upphov till ett flertal olika fall av driftstörningar i matarvatten- och kondensatsystem samt i pannor.
Sodahuskommittén anser det därför befogat att informera om vilka driftstörningar, som kan inträffa och hur jonbytesanläggningen kan utformas för att dessa driftsstörningar skall förebyggas.
Denna rekommendation gäller **katjonfilter**, både för avhärdning och avsaltning, samt **anjonfilter** och **blandbäddfilter**.
I precoatfilter för kondensatfiltrering är massakornen så små att de inte kan fångas upp av normala massafångare. Det är därför av största vikt att filterelementen i precoatfiltren är konstruerade så att läckage undviks.

Hänvisningar

Föreskrifter

Standard

Rekommendationer
Sodahuskommitténs rekommendation:
C 4 Kvalitet på spädvatten, kondensat, matarvatten, pannvatten och ånga samt åtgärder vid avvikelser

Innehållsförteckning

1 Orsaker till läckage av jonbytesmassa från filter 3
2 Driftstörningar 3
3 Förebyggande åtgärder 3
4 Åtgärder vid konstant läckage av jonbytesmassa 4
5 Övrigt 4
6 Figurbilaga 5

1 Orsaker till läckage av jonbytesmassa från filter

Läckage av jonbytesmassa från kat-,anjon-,eller blandbäddfilter uppstår ofta på grund av att filterdysor i botten av dessa havererar eller lossnar.
I blandbäddfilter genomförs inför en regenerering en kraftig omblandning av massorna för att separera dessa och vid återstart blanda om bädden. Dysorna i botten utsätts frekvent för en påverkan som kan resultera i att dessa gängas ur sitt fäste.
Dysorna kan låsas på lämpligt sätt men kan ändå ej garanteras som helt säkrade.

Dysorna i samtliga filter är ofta i plastmaterial. Dessa kan även utföras i metall men skall ej anses ha resulterat i en ökad säkerhet på grund av att dysan kan gängas ur sitt fäste. Valet mellan plast- och metalldysor är mer en kostnadsfråga.

Pulveriserad jonbytesmassa från precoatfilter kan följa med ut i matarvattnet om filterelementen i dessa havererar.Mängden massa är i detta fall inte stor.

2 Driftstörningar

Svåra driftstörningar, som kan uppstå vid större läckage av jonbytesmassa till matarvatten och pannvatten, är exempelvis:

- **Matarvattenbrist** på grund av att silar och spridaranordningar blivit igensatta.

- **Matarvatten av sämre kvalitet** kan fås om jonbytesanläggningen är utformad så att massa kan förflyttas i samband med ett haveri av bottendysorna från katjon till anjon. Resulterar i ett försämrat jonbyte i filtren.

- **Igensättningar kan uppstå på flertal ställen** ,exempelvis i ekonomisern och av impulsrör till viktiga driftinstrument.

- **Surt pannvatten** till följd av att sulfonsyra och svavelsyra bildats vid nedbrytning av katjonbytare. Beträffande åtgärder vid lågt pH-värde i pannvatten, se rekommendation nr C 4.

- **Vattensidiga beläggningar** i pannan. Beläggningarna håller en hög kolhalt och är därigenom värmeisolerande och svåra att avlägsna.

- **Lokala korrosionsangrepp** på grund av fastbränning och nedbrytning av jonbytes massan.

- **En driftsstörning med jonbytesmassa** som kommit in i sodapannan skall hanteras som en risk för allvarlig beläggning på tubmaterial och risk för skada med allvarlig följdverkan.

3 Förebyggande åtgärder

Risken för läckage av jonbytesmassa p.g.a. filterhaveri kan avsevärt minskas genom att följande beaktas:

- Det är viktigt att bottnar i jonbytesfilter är konstruerade för att motstå ett ensidigt tryck av samma storlek som kärlets konstruktionstryck.
- Silanordningar och inredningsdetaljer i filter skall vara väl förankrade och utförda i syrafast stål.
- Dysor i filtrens botten kan vara både i syrafast- eller plastmaterial och kan låsas vilket dock försvårar en underhållsinsats.
- Rekommenderas att i ledning efter varje filter eller filterlinje installera massafångare som skydd inför ett filterhaveri. För att ha avsedd verkan får en massafångare aldrig ha separat förbigång. I annat fall är det lätt hänt att jonbytesmassa trots allt kommer in i matarvattensystem och pannvatten orsakat av felmanöver eller läckande ventiler. Massafångare efter varje filter ger en snabb indikation var felet finns samt att en sammanblandning av olika jonbytesmassorna ej sker.
- Massafångare skall vara försedda med differenstryckmätare, som ger larm vid högt tryckfall och synglas för att underlätta vid kontroll och analys av fel.
- Rutinmässigt skall massafångarens synglas inspekteras efter sista renspolningen av filterlinjen innan den tas i drift eller som en driftrutin för att tidigt få en indikation om ett pågående läckage av jonbytesmassa.
- Massafångarnas konstruktion måste vara stabil. En konstruktion med stålduk kan lätt haverera.
- Matarpumparna skall vara utrustade med silar på sugsidan för att förhindra att jonbytesmassa förs vidare till pannan.
- Installation av en buffertcistern för spädvatten mellan matarvattenanläggningen och matarvattencistern ger bra förutsättningar för att ha tid att åtgärda fel av detta slag i jonbytesanläggningen.

4 Åtgärder vid konstant läckage av jonbytesmassa

Om jonbytesmassa påträffas i matarvatten eller pannvatten, skall orsaken till läckaget snarast spåras och åtgärdas

Beträffande ytterligare erforderliga åtgärder måste dessa avgöras från fall till fall. *Vid tveksamhet, kontakta expertis!*

5 Övrigt

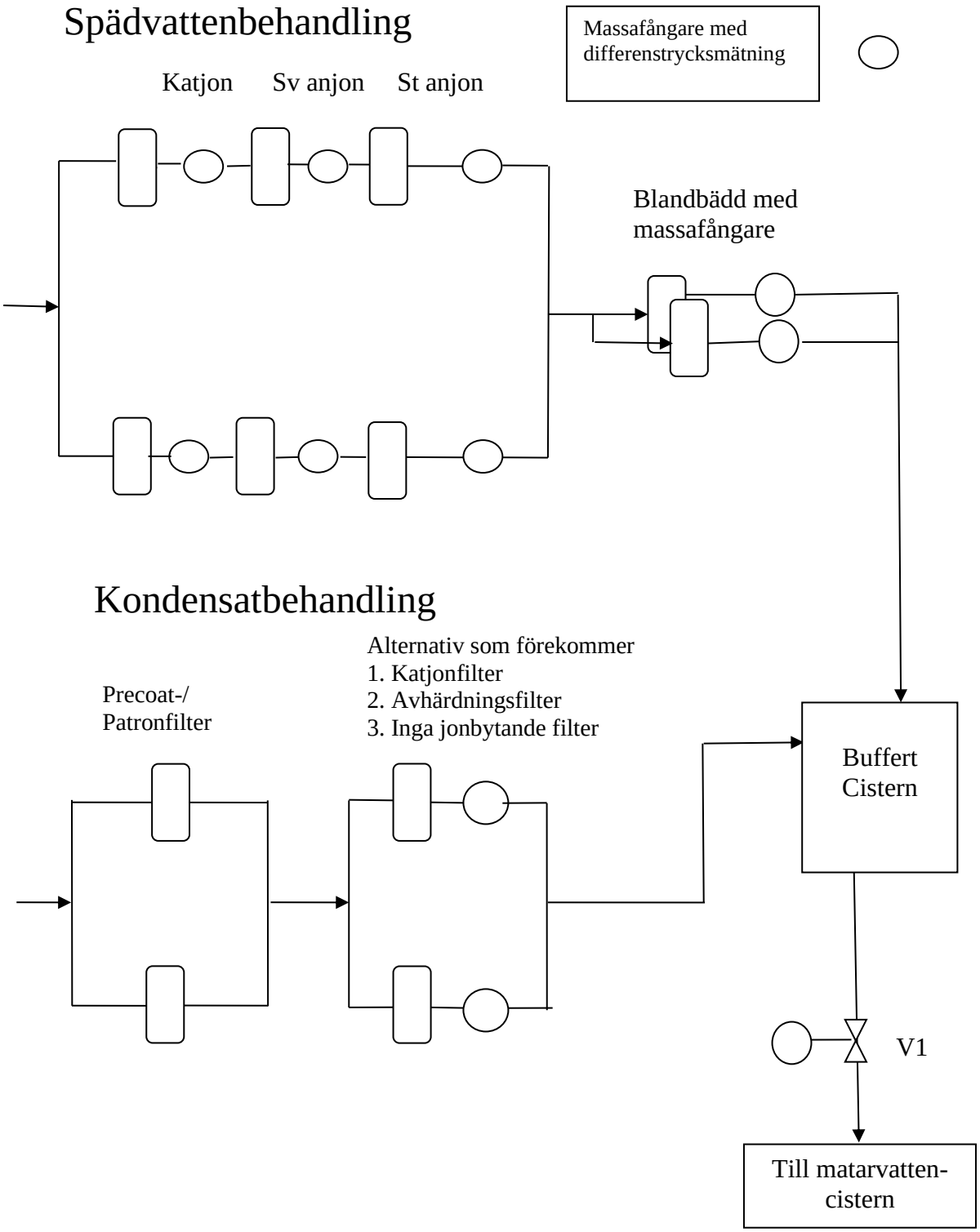
I figurbilagan visas alternativ som förekommer i branschen.

Figur 1 visar en totalavsaltningsanläggning där kondensatet från fabriken behandlas på tre olika sätt efter den mekaniska filtreringen.

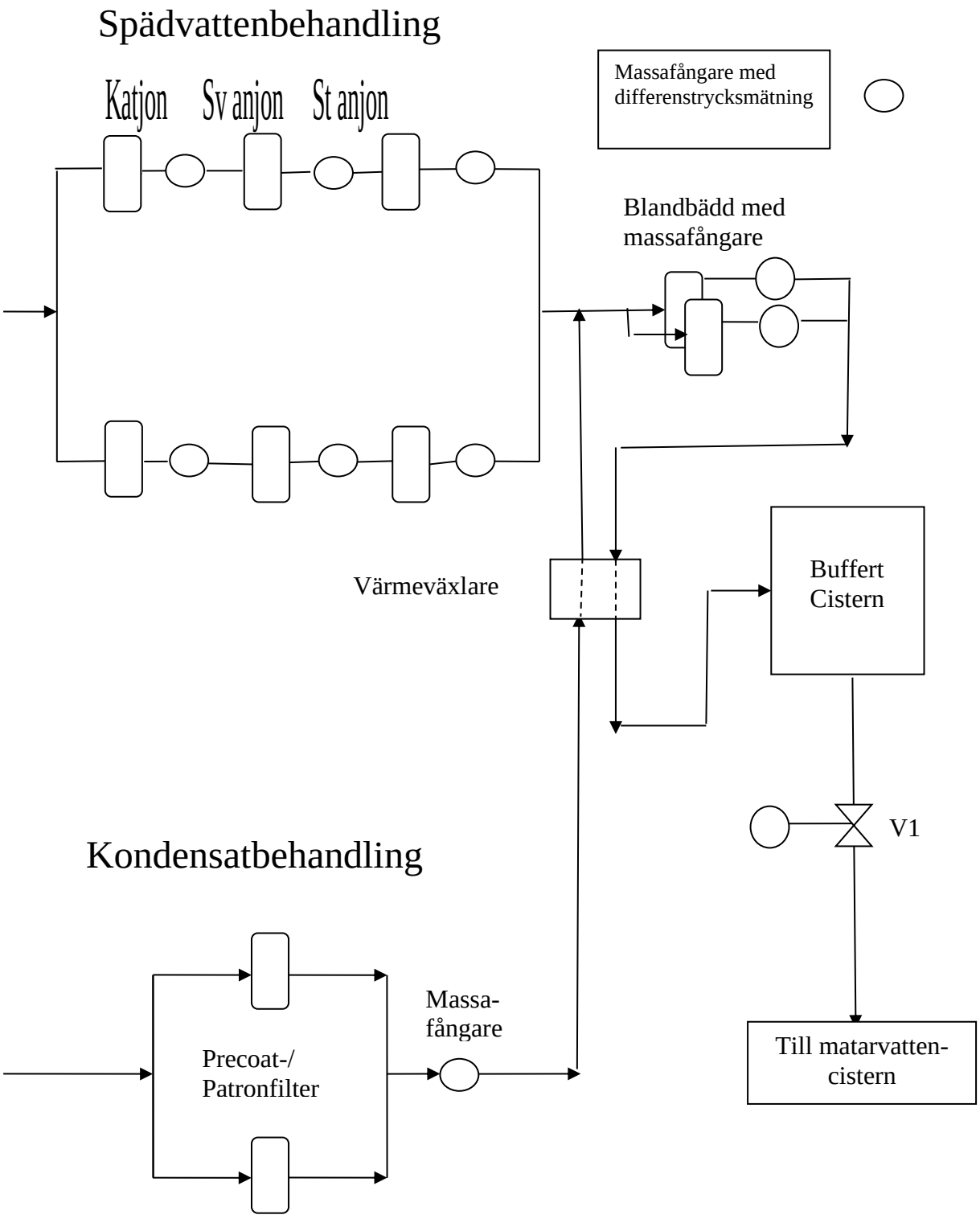
1. Katjonfilter
2. Avhärdningsfilter
3. Inget jonbyte endast mekanisk filtrering

Figur 2 visar en totalavsaltningsanläggning där kondensatet från fabriken tillsammans med det totala spädvattenflödet behandlas i ett polerande blandbäddsfilter efter den mekaniska filtreringen.

6 Figurbilaga



Figur 1. Exempel på arrangemang av filter och massafångar. Ventil V1 stänger vid hög ledningsförmåga, vid spänningsbortfall eller om pumpen vid cistern för spädvatten/kondensat stoppar. Samtliga massafångare förses med differenstrycksmätning med larm vid högt differenstryck samt med synglas.



Figur 2. Exempel på arrangemang av filter och massafångar när kondensat slutrenas tillsammans med totalavsaltat vatten i blandbäddfilter. Ventil V1 stänger vid hög ledningsförmåga, vid spänningsbortfall eller om pumpen vid cistern för spädvatten/kondensat stoppar. Samtliga massafångare förses med differenstrycksmätning och larm vid högt differenstryck samt med synglas.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

NR B16
Utgåva 6, mars 2025

Destruktion av starka och svaga gaser samt förbränning av metanol och terpentin i sodapannor

Destruktionseldning av starka och svaga luktgaser och förbränning av metanol, terpentin i sodapannor har under senare år fått ökad tillämpning vid svenska massabruk.

Den ökade säkerhetsrisken som denna förbränning medför, måste projektering av anläggningen innehålla noggranna riskanalyser för både konstruktion och drift av anläggningen. Erforderliga skyddsåtgärder måste vidtas, för att eldningen skall kunna ske på ett så säkert sätt som möjligt.

Sodahuskommitténs samlade erfarenheter från flera installationer har sammanställts i syfte att sprida kunskap och erfarenhet till övriga bruk och därmed bidra till minimering av riskerna i de anläggningar, där man efter egen säkerhetsbedömning avser att förbränna dessa ämnen i sina sodapannor.

I Sodahuskommmitténs ”Slutrapport Riskanalys Fas 3 2023-04-06 samt bilagor 1- 4” beskrivs allmänt hur ett ”Säkerhetssystem” arbetas fram och utformas för en fiktiv sodapanna men det är anläggningsägarens egen riskanalys och riskbedömning som skall ligga till grund för de krav och åtgärder som skall klaras i den enskilda pannan.

I denna utgåva har figurerna slagits samman och förenklats samt ett principschema för hur en starkgasbrännare utformas idag. För den enskilda pannan måste projekteringen göras mot den riskanalys som tas fram och mot gällande föreskrifter, standarder och rekommendationer för att uppnå en säker installation.

Tillsatseldning av oljor och såpa samt tillsättning av restsyra och flytande täckningskemikalier i svartlut behandlas i rekommendation B1.

Uppdatering mot Arbetsmiljöverkets nya regelstruktur.

Observera att logikschemat 4 - 9 är borttagna och en omarbetning av avsnitt 4 som beskriver start-och driftsvillkor uppdateras.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2023:5 Produkter – tryckbärande anordningar
AFS 2023:7 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om produkter– utrustning för potentiellt explosiva atmosfärer
AFS 2023:9 Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om produkter – stegar, ställningar och viss annan utrustning för arbete på höjd, samt vissa trycksatta anordningar
AFS 2023:11 Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om arbetsutrustning och

personlig skyddsutrustning– säker användning
AFS 2023:14 Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om gränsvärden för luftvägsexponering i arbetsmiljön
ATEX- direktivet 1999/92/EG
ATEX- direktivet 2014/34/EU
Statens Räddningsverks föreskrift SRVFS 2004:7
Räddningsverkets handbok om explosionsfarlig
miljö vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor
Elsäkerhetsverkets föreskrifter ELSÄK - FS 2016:2
Lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor (LBE), och
Förordningen (2010:1075) om brandfarliga och explosiva varor (FBE)
MSBFS 2013:3, om tillstånd till hantering av brandfarliga gaser och
vätskor
Energigasnormer, EGN 2023

Standard

SS-EN12952:7-2012 Vattenrörspannor och hjälpinstallationer - Del 7: Krav på pannans utrustning
SS-EN 161:2022 Automatiska avstängningsventiler för gasbrännare och gasbrännartillbehör
SS-EN 12952-8 Krav på eldningssystem för flytande och gasformiga bränslen
SS-EN IEC 60079-10-1Explosiv atmosfär - Del 10-1: Klassning av områden med explosiv gasatmosfär

Rekommendationer

B1, Sodapannans konstruktion och utrustning
B 13, Utrustning och säkerhetssystem för oljeeldning i sodapannor
B18 Rekommendation för instrumenterade säkerhetssystem i Sodapannor, SIS (Safety Instrumented Systems)
C1, Säker eldning av sodapannan, kritiska tillstånd och driftstörningar
F 4 Riskanalyser för Sodapanna

Sodahuskommitténs rapporter

Rapport: Slutrapport Riskanalys Fas 3 2023-04-06 samt bilagor 1-4

Övrig litteratur

Gas Explosion Handbok finns under SHK:s webbsida under ”Övriga dokument”

MSB:s handbok ”Om explosionsfarlig miljö vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor”

Innehåll

1 Bakgrund 5
1.1 Villkor för eldning och karakterisering av gaser, metanol och terpentin 5

2 Allmänna projekteringsförutsättningar - gassystem 5
2.1 Riskanalys 5
2.1.1 Särskilda säkerhetsrisker och olägenheter 5
2.2 Explosionsfarlig miljö 6
2.3 Brandfarliga varor 7
2.4 Dräneringsledningar på gasledningarna 7
2.5 Elektrisk utrustning 7
2.6 Gastillförsel till sodahuset 7
2.7 Personsäkerhet 8
2.7.1 Gasvarnare 8
2.7.2 Skyddsutrustning 8
2.7.3 Delegering av arbetsuppgifter 9
2.8 Åtgärder vid avställd sodapanna 9
2.9 Tillsyn och kontroll 9
2.10 Materialval 9
2.11 Allmänt beträffande luktgaser, metanol och terpentin 9
2.11.1 Gassammansättning och explosionsrisker 10
2.11.2 Inverkan på sodahusprocessen 12

3 Systemutformning för starka luktgaser, metanol och terpentin 13
3.1 Utrustning för uppsamling av gas, metanol och terpentin 13
3.1.1 Utrustning för uppsamling av starka luktgaser 14
3.1.2 Utrustning för uppsamling av metanol och terpentin 14
3.2 Utrustning för destruktion av starka gaser och förbränning av metanol och terpentin 14
3.2.1 Utrustning för förbränning av starka gaser 15
3.2.2 Ångejektorer och ångspolning 16
3.2.3 Utrustning för förbränning av metanol och terpentin 17
3.3 Brännaren för starka gaser, metanol, terpentin samt olja 18
3.3.1 Brännare för tändgas och olja 19
3.3.2 Brännare för starka luktgaser 19
3.3.3 Brännare för metanol och terpentin 19
3.3.4 Förbränningsluft 19
3.3.5 Säkerhetssystem för samtliga brännare 20
3.3.6 Förreglingssystem för samtliga brännare 20
3.4 Materialval för starkgassystem, metanol och terpentin 20

4 Start- och driftsvillkor för eldning av starkgaser, metanol och terpentin 21
4.1 Start av förbränning av starka luktgaser, metanol och terpentin 21
4.1.1 Pilottändare för destruktionsbrännare 21
4.1.2 Startvillkor för destruktion av starka luktgaser 21
4.1.3 Startvillkor för förbränning av metanol och terpentin 22
4.2 Drift av brännare 22
4.2.1 Driftsvillkor för starka luktgaser, metanol och terpentin 23

4.3 Stopp av förbränning av starka luktgaser, metanol och terpentin 24

5 Destruktionseldning av svaga luktgaser 25
5.1 Förbränningsteknik 26
5.2 Tillsättning av svaggaser till sodapannan 27
5.3 Uppsamlingssystem för svaga luktgaser 27
5.4 Övergång mellan uppsamlings- och förbränningssystem för svaggaser 28
5.5 Materialval i svaggassystemet 29

6 Start- och driftsvillkor för eldning av svaggaser 29
6.1 Startvillkor för svaga luktgaser 29
6.2 Driftsvillkor för svaga luktgaser 30

7 Sammanfattande villkor för destruktionseldning 31

8 Tillsatseldning 32

9 Litteratur 32

10 Figurer 33

1 Bakgrund

Teknik för uppsamling och förbränning av svaga luktgaser har utvecklats och förbränning av dessa gaser sker i ett flertal sodapannor.
Brännarutrustning och säkerhetssystem för sodapannor har även utvecklats för att elda starka luktgaser, flytande metanol och terpentin. Hittills har ett antal fabriker infört sådan teknik i sin process.
Förutsättningarna för att omhänderta och destruera dessa ämnen kan skilja sig avsevärt mellan olika bruk.
Destruktionseldning av ämnen som starka luktgaser och förbränning av metanol och terpentin i sodapannan ökar sodahusdriftens komplexitet och därmed säkerhetsriskerna i sodahuset.
Sodahuskommittén har genomfört en genomgång av dessa risker, se avsnitt 2.1.1.

1.1 Villkor för eldning och karakterisering av gaser, metanol och terpentin

Sammanfattade villkor för eldning av luktgaser, metanol och terpentin i sodapannan framgår av avsnitt 7.
Beträffande karakterisering av starka gaser se avsnitt 2.11 och beträffande svaga gaser, se avsnitt 5.

2 Allmänna projekteringsförutsättningar - gassystem

2.1 Riskanalys

Vid användning av gasformigt bränsle som gasol och förbränning av luktgaser, kondenserad metanol och terpentin i sodapannan måste riskerna för både personskador och maskinskador beaktas. Avser man att förbränna dessa ämnen i sodapannan måste en riskanalys och riskbedömning göras för den enskilda pannan. Erforderliga åtgärder måste vidtas för att utforma ett ”Säkerhetssystem för sodapannan” enligt dagens krav i föreskrifter, standarder och rekommendationer, se B 18.

Givna råd i denna rekommendation får anses som generella medan en anläggningsspecifik riskanalys måste genomföras där hänsyn tas till lokala anläggningsförhållanden. Nedan anges ett antal specifika risker som bör beaktas.

2.1.1 Särskilda säkerhetsrisker och olägenheter

Destruktion av starka luktgaser och förbränning av metanol och terpentin i sodapannan ökar de latenta säkerhetsriskerna i sodahuset och kan försvåra pannans övervakning.
Ett antal faktorer som måste beaktas i riskhanteringen kan nämnas:

- Halterna av svavelväte och organiska sulfider är i de starka luktgaserna så höga att de, om gaserna läcker ut i sodahuset, kan ge upphov till svåra förgiftningar av personer som vistas där. Om läckage uppstår i den utrustning som är placerad inne i sodahuset, medföra detta att sodahuset måste utrymmas.

- Vid läckage av metanol eller terpentin kan stank spridas under lång tid, om dessa luktintensiva ämnen tillåts tränga in i betonggolv eller isolering.

Dessa ämnen kan vara förorenade av olika svavelväteföreningar och kan ge allvarliga förgiftningar redan vid låga halter.

- En förutsättning beträffande de starka luktgaserna är att man håller deras sammansättning utanför det koncentrationsområde, där det föreligger risk för gasexplosion. De starka luktgaserna är normalt relativt syrefria där de samlas upp, men genom utspädning med luft, speciellt genom inläckage i rörsystemet från omgivande atmosfär, kan gaserna bli så utspädda med luft, att blandningen av dem blir mer eller mindre automatiskt självantändande. Eftersom man suger luktgaserna från de kärl där de uppstår är rörsystemet, åtminstone delvis, också utsatt för undertrycksförhållanden. I gaskanalerna till brännarna råder i stället övertryck, så att gaserna vid läckage tränger ut i sodahuset.

- Det är därför av yttersta vikt att rörsystemet är gastätt i hela sin utsträckning från utsläppskällan och in i sodapannan.

- Brandrisk föreligger vid läckage av metanol och terpentin.

- På grund av risk för smälta/vatten explosion får vatten från gassystem, eller metanol- och terpentinledningar under inga omständigheter ha möjligheten att nå eldstaden vare sig direkt under drift eller bakvägen till exempel i samband med avställning.

- I händelse av en explosion kan förekomst av explosiva och giftiga ämnen i pannhuset medföra ytterligare försvårande konsekvenser av olyckan.

- Vid maximal pannlast reduceras lutförbränningskapaciteten med ca 2% på grund av destruktionseldning av dessa starka gaser och förbränning av metanol och terpentin.

- Eftersom gaserna sugs från cisterner där man kan ha varma vattenlösningar, som till exempel lutar, så kan de innehålla både sura gaser, som svavelväte, och samtidigt inte obetydliga mängder vattenånga. Om gaserna är relativt sett varma och ledningen dåligt isolerad är det tänkbart att det bildas sura kondensat, som fräter på rörledningen. Se därför avsnitt 4.4 om lämpliga materialval.

2.2 Explosionsfarlig miljö

Starka luktgaser har en sammansättning där den brännbara komponenten föreligger i en halt som är högre än den övre explosionsgränsen. Späds dessa gaser med luft så kommer blandningen in i det kritiska området mellan undre och övre explosionsgränsen. Även ångorna från metanol och terpentin kan ge upphov till brännbara ångor i explosiva koncentrationer.

ATEX- direktivet 2014/34/EU innehåller regler i syfte att förbättra säkerhet och hälsa för alla arbetstagare som kan utsättas för fara orsakad av explosiv atmosfär.
Direktivet gäller på alla arbetsplatser som hanterar brandfarlig gas, vätska och brännbart damm. All hantering av svaga och starka gaser, metanol och terpentin omfattas av dessa

regler för explosiv atmosfär.
ATEX regleras i Sverige genom Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2023:10, AFS 2023:7 samt i föreskrift SRVFS 2004:7, utgiven av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och ställer bland annat krav på:

- Bedömning var riskområden för explosiv atmosfär kan uppstå
- Klassning och upprättande av dokumentation.
- Upprättande av explosionsskyddsdokument

Svensk El standard har publicerat handboken SEK 426 ”Klassning av explosionsfarliga områden - Områden med explosiv gasatmosfär”, utgåva 6, 2023. Handboken innehåller klassningsexempel med hänvisning till standarden SS-EN IEC 60079–10–1:2021, en sammanfattning av brännbara gasers och ångors egenskaper, samt tabeller med data för brännbara gaser och ångor.

2.3 Brandfarliga varor

Hantering av brandfarliga gaser och vätskor är tillståndspliktig enligt lag (16 § LBE). MSB:s föreskrifter (MSBFS 2013:3), om tillstånd till hantering av brandfarliga gaser och vätskor anger vilken hantering som undantas från tillståndsplikten.
För lagring och hantering av flytande metanol och terpentin gäller tillståndsplikt

- Utomhus i större volym än 3 m^3.
- Inomhus i större volym än 500 liter.

Den som bedriver tillståndspliktig verksamhet ska utse en eller flera föreståndare för verksamheten.

2.4 Dräneringsledningar på gasledningarna

Dräneringsledningar ska förses med vattenlås. De får ej sammankopplas så att vatten kan gå bakvägen via dräneringsledningar från en dräneringspunkt till en annan, se rekommendation B 1. Felaktig sammankoppling av dräneringar kan orsaka vatteninträngning till pannans eldstad via gas- och luftkanaler.

2.5 Elektrisk utrustning

För val av elektrisk utrustning skall klassning av riskområden utföras enligt ovan, se MSB föreskrifter SRVFS 2004:7, varvid minst standarden SS-EN IEC 60079–10–1:2021 ska tillämpas. Den elektriska materielen skall följa anvisningarna i Elsäkerhetsverkets föreskrifter ELSÄK-FS 2006:2.

2.6 Gastillförsel till sodahuset

Följande gäller för tillförsel av starka- och svaga luktgaser samt vid eventuell användning av gasformigt bränsle.
Gastillförseln in till sodahuset skall kunna stängas av med hjälp av ventilarrangemang, placerat på säker och lätt åtkomlig plats belägen utanför sodahuset. Förekommande ventiler skall automatiskt stänga när nödnedeldning aktiveras. Även vid gaslarm enligt mom. 2.1.1

skall dessa ventiler stängas.
Ett system för tändgas beskrivs i figurerna 5 och 6 i B 13.

Snabbstängningsfunktionen skall vara helt oberoende av yttre hjälpenergi och stänga automatiskt vid bortfall av manöverströmmen (dvs. lämpligen en fjäderstyrd ventil).
Se SS-EN 12952-8, moment 4.2.1.Se även i SHK:s rekommendation nr B 8.

För förvaring och hantering av gasol gäller regler för brandfarligavara som finns beskrivna i föreskrifter som MSBFS 2020-1 och MSBFS 2013:3. Se även MSB:s handbok ”Hantering av brandfarlig gas för yrkesmässig verksamhet”.
Ventiler för avstängning av de olika gaserna skall ingå i sodapannans ”Säkerhetssystem ”enligt B18.

2.7 Personsäkerhet

Driftproblem som hör ihop med uppsamling, behandling och förbränning av starka, eller svaga luktgaser, metanol och terpentin, kan leda till allvarliga olyckor.

Luktgaserna innehåller svavelväte, organiska sulfider och metanol samt vid vissa tillfällen även höga halter terpentin. Förutom den högst påtagliga förgiftningsrisken kan även risk för en gasexplosion föreligga om halterna av dessa ämnen blir tillräckligt höga samt risk för att brand uppstår som kan förvärra situationen.

Beträffande hälsoriskerna med svavelväte och andra organiska sulfider, se rekommendation nr C 1 och de hygieniska gränsvärdena finns angivna i AFS 2023:14 Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om gränsvärden för luftvägsexponering i arbetsmiljön.

2.7.1 Gasvarnare

Stationära gasvarnare för svavelväte skall vara placerade på lämpliga platser inom sodahuset för övervakning av eventuella gasläckage. Vid gasläckage skall larm ges i sodahuset och till kontrollrummet. Vid upptäckt gasläckage vädras gaserna ut ur sodahuset t.ex. genom att brandluckor i tak och dörr i bottenplanet öppnas.

Gasvarningsutrustning skall finnas vid brännaren och i utrymmen där gas-, metanol- och terpentinledningar är framdragna samt där behandlingsutrustningen för dessa media är placerad.

Vid larm från gasvarningsutrustningen skall ansvarig operatör omgående vidta åtgärder för att förhindra att personer går in i dessa områden.

Sodahuset skall utrymmas vid larm från gasvarningsutrustningen!

2.7.2 Skyddsutrustning

Vid arbete med eller tillsyn av utrustning tillhörande gas-, metanol- eller terpentinbrännare, skall godkänd skyddsmask och bärbar svavelvätemätare medföras.

När starka gaser, metanol eller terpentin förbränns i sodapannan skall personal som arbetar i sodahuset vara utrustade med en bärbar svavelvätemätare. Bärbar skyddsmask rekommenderas eller enligt brukets egna rutiner.

2.7.3 Delegering av arbetsuppgifter

Normalt omfattar gasuppsamlings- och gasdestruktionssystemen flera operatörsområden, som sodahus, indunstning och kokeri och ofta berörs flera ingenjörsområden. Det är därför viktigt för att undvika missförstånd, att fördelning av ansvar och arbetsuppgifter klargörs mellan berörda, såväl vad gäller drift och underhåll som vid ändringar i utrustning och ombyggnader i systemen.

2.8 Åtgärder vid avställd sodapanna

Vid avställd sodapanna skall samtliga bränsleledningar till starkgasbrännaren vara renspolade med ånga och fysiskt bortkopplade från brännaren för att undvika att bränsle (gas som kan vara giftig) kan komma in i pannan. Bränsleledningar för terpentin och metanol skall vara dränerade och renspolade med ånga samt fysiskt bortkopplade från brännaren.
Funktionen skall vara larmad vid öppning och låst förslagsvis genom ett Interlock system.

I brukets rutiner för ”Säker avställning” skall gasmätning göras för de bortkopplade gasledningarna så att inga farliga nivåer av giftig gas kan detekteras. Gasmätningar skall journalföras.

Tillträde till eldstaden får ej ske förrän att bränsleledningarna åtgärdats samt att godkända gasmätningar utförts.

2.9 Tillsyn och kontroll

Tillsyn och kontroll skall ske av tätheten i systemen för starka luktgaser, metanol och terpentin enligt riskbedömning och rutiner för fortlöpande tillsyn. Otätheter i systemen skall omedelbart rättas till.

Tillsyn och kontroll av mekanisk-och instrumentutrustning skall följa enligt rekommendation B 13 för start-och lastoljebrännare.
Härutöver beaktas korrosion och beläggningar som kan tänkas uppkomma.

Tätheten i system för tänd gas kontrolleras enligt kraven för brandfarlig vara.

2.10 Materialval

Materialval i system för starka gaser, metanol och terpentin, se avsnitt 3.4
Materialval i svaggassystemet, se avsnitt 5.5

2.11 Allmänt beträffande luktgaser, metanol och terpentin

Starka luktgaser innehåller i huvudsak svavelväte, organiska sulfider, terpentin och metanol. Halterna av de olika ämnena kan variera kraftigt beroende på vedslag och processbetingelser, se även avsnitt 2.11.1, tabell 1.
Starka luktgaser karakteriseras av att koncentrationen av brännbara ämnen ligger över övre explosionsgränsen.

För att förebygga risk för explosion måste all inspädning av luft i starkgassystemet undvikas.

De starka luktgaser samt den kondenserade metanolen och terpentinen som går till destruktion, härrör i regel från nedanstående källor.

- Avluftningar från kokprocessen
- Inertgaser från lutindunstningen
- Inertgaser från värmebehandling av lut
- Icke-kondenserade gaser från stripperkolonn
- Icke-kondenserade gaser från metanolkolonn
- Avluftningar från smutskondensatcistern, terpentindekantör, terpentincistern, metanolcistern och diverse pumpbehållare
- Metanol i vätskefas från metanolkolonn
- Terpentin avskild i metanolkolonn
- Trycksatt brännlut lager

Den terpentin som avskiljs i samband med kondensatrening och kondensering av metanol, innehåller normalt så höga halter av organiska sulfider att den kan vara svår att avyttra som råterpentin. Förbränning av sådan råterpentin kan därför bli nödvändig att utföra.

Den totala svavelmängd som föreligger som sulfider i de olika ämnena, är normalt 2–4 kg S/t90, (t90 är allmänt vedertagen beteckning för ton massa med 90% torrhalt). Behandlas luktgasenen i en skrubber tillsammans med alkali, kommer ca 60 % av svavlet att avskiljas i skrubbern.

Metanolen kan antingen förbrännas i gasfas tillsammans med övriga starka luktgaser eller i vätskeform efter koncentrering i en separat metanolkolonn.

Terpenerna kommer till största delen att avskiljas i vätskefas och separeras från luktgaserna innan förbränning sker. Det är dock inte ovanligt att störningar i systemet för terpentinavskiljningen resulterar i att stora mängder terpentin följer med de starka luktgaserna till förbränningen.

2.11.1 Gassammansättning och explosionsrisker

Sammansättningen av de starka luktgaserna kan som framgått variera inom vida gränser beroende på vedslag vid massaframställningen, S/Na-förhållandet i vitluten, luttorrhalt, huruvida metanolen kondenserats eller ej, eller om luktgaserna behandlats med alkali.

Normalt ligger de mest förekommande ämnena i de starka luktgaserna inom de gränser som anges i nedanstående tabell 1.

- A. Metanol och terpentin i gasfas
- B. 80% av metanolen i vätskefas och gasen genom terpentinskrubber
- C. Metanol enligt B och gasen genom alkaliskrubber

Tabell 1		A	B	C
Svavelväte	g/m^{3}n torr (exkl. luft)	100–200	300–500	40–80
Metylmerkaptan	g/m^{3}n torr (exkl. luft)	85–170	260–420	170–340
DMS och DMDS	g/m^{3}n torr (exkl. luft)	75–145	230–375	260–500
Metanol	g/m^{3}n torr (exkl. luft)	730–1150	450–800	75–1100
Terpentin	g/m^{3}n torr (exkl. luft)	110–220	25–60	40–100

Förutom att de starka luktgaserna, är mycket giftiga, är de även explosionsbenägna vid vissa halter tillsammans med luft.
Explosionsområdena (brännbarhetsområdena) för de vanligaste ämnena i starka luktgaser, uttryckta som volymprocent i luft, framgår av nedanstående tabell:

Tabell 2

Svavelväte	4,3 - 45,5 vol.- %
Metylmerkaptan	3,9 - 21,8 vol.- %
Dimetylsulfid	2,2 - 19,7 vol.- %
Metanol	5,5 - 44,0 vol.- %
Terpentin (terpener)	0,8 - 6,0 vol.- %

Observera att det explosiva området blir vidare med högre temperatur och att över antändningstemperaturen flammar gasblandningen av spontant. Även en lugn förbränning av gasblandningen (s.k. deflagration) kan ge upphov till en skadlig tryckökning.

Halterna av brännbara ämnen i starka luktgaser måste därför ligga väl över den övre explosionsgränsen.
Detta villkor kan dock vara svårt att uppfylla på grund av den luftmängd som alltid finns med i de starka luktgaserna på grund av inläckage av luft.
Huvuddelen av luften härrör från inläckage i de delar av indunstningen där undertryck råder.
Luftmängden kan variera och tidigare räknade man med uppemot 1,5 m^3 luft/t_{90} i gassystemet, men mängden bör dock kontrolleras i varje enskilt fall.
Vid svårigheter att upprätthålla gaskoncentrationen över den övre explosionsgränsen kan risken för explosion minskas genom att andelen vattenånga i systemet ökas. Ett högt deltryck för vattenångan minskar risken för antändning, men ökar samtidigt risken för bildning av sura kondensat, som kan ge korrosion.
Varje starkgassystem måste bedömas utifrån sina förutsättningar. Nedan visas två fall som hamnar på olika sidor om övre explosionsgränsen.
Explosionsgränserna för gasblandning har beräknats teoretiskt med ”Le Chateliers formel” som ger approximativt rätta värden. Formeln kan skrivas som:

$$L = B / (B_1 / L_1 + B_2 / L_2 + \ldots.)$$

där

L = gasblandningens explosionsgräns (vol.-%)
B = gasblandningens innehåll av brännbar gas (vol.-%)
B_n = gasblandningens innehåll av ett brännbart ämne vol.-%

L_n = explosionsgränsen för motsvarande ämne (vol.-%)

Tabell 3

Typfall 1 – normal sammansättning
Typfall 2 – exempel med större luftinläckage, och efterbehandling med kondensering och skrubbning

Typfall		**1**	**2**
Förutsättningar (innehåll angivet före kondensering och skrubbning)			
Svavel	kg/t_{90}	3	2
Metanol	kg/t_{90}	12	6
Terpentin	kg/t_{90}	1,5	0,5
Luft	m^3/t_{90}	1,5	4,5
Kondenseringsgrad. För metanol respektive terpentin	%	0/0	90/90
Skrubbningsgrad för svavelväte respektive metylmerkaptan	%	0/0	90/50
Gasens sammansättning (efter kondensering och skrubbning i fall 2)			
Svavelväte	vol.%	8,2	1,7
Metylmerkaptan	vol.%	4,9	5,2
DMS och DMDS	vol.%	3,3	7,0
Metanol	vol.%	69,2	7,3
Terpentin	vol.%	2,0	0,1
Luft	vol.%	12,4	78,6
Explosion i luftblandning			
Summa brännbar gas i blandningen	vol.%	87,6	21,4
Övre explosionsgräns	vol.%	35,2	25,6

Eftersom summa brännbar gas i blandningen hamnar under den övre explosionsgränsen visar Typfall 2 i tabell 3 de ökade riskerna för explosion som uppstår vid kraftig kondensering och skrubbning samt ökat inläckage av luft.

Explosionsgränserna i tabell 3 har beräknats vid rumstemperatur. Högre gastemperatur vidgar explosionsområdet.

Starkgasens innehåll av inertgas och vattenånga påverkar också explosionsgränserna (i "gynnsam" riktning) men komplicerar beräkningen och har inte medtagits här.

2.11.2 Inverkan på sodahusprocessen

Vid destruktion av starka luktgaser, metanol och terpentin i sodapannan erhålles vissa processförbättringar i förhållande till om förbränningen sker i mesaugnen eller i en separat ugn.

Vid förbränning av starka luktgaser, metanol och terpentin i sodapannan, kommer 90–95 % av svavelinnehållet att reduceras till Na_2S och återfinnas i smältan.

Svavelinnehållet i luktgasen och i metanol- respektive terpentinfasen kan dock medföra att SO_2-avgången från sodapannan ökar.

3 Systemutformning för starka luktgaser, metanol och terpentin

Principerna för utformning av systemet för uppsamling av starka luktgaser, metanol och terpentin i sodapannan framgår av Figur 1 ”Principschema för hantering av starka luktgaser, metanol och terpentin”.

Utrustningen skall vara så konstruerad och övervakad att:

- Starka luktgaser, metanol eller terpentin inte kan komma ut i sodahuset
- Vatten inte kan följa med bränslet in i sodapannan
- Riskerna för brand och explosion i rörledningar och utrustning beaktas
- Ventiler i destruktionssystemen skall väljas med stor omsorg, varvid särskild vikt skall läggas på ventilernas tätningsförmåga och att ventiler samt instrumentering som omfattas av ”Säkerhetssystemet” uppfyller de krav som finns i standarder och föreskrifter. Gasventiler enligt EN 161 och EN ISO 23553 för flytande bränslen metanol/terpentin.
- Vid stopp i förbränningen skall gas, metanol och terpentin på ett säkert sätt stängas av från sodapannan
- Utrustning för detektering och larm av svavelväte och organiska sulfider skall finnas i sådan omfattning att en snabb och säker indikering erhålls vid läckage av starka luktgaser, metanol eller terpentin.

Systemet för uppsamling av starka gaser och metanol samt terpentin skall utformas enligt B 18 och gällande standarder för att uppfylla kraven för sodapannans säkerhetssystem för att automatiskt stoppa tillförseln av dessa föreningar till sodapannan eller in i sodahuset i samband med avvikelse från säker drift.
Ventiler nummer 1-5 i figur 1 ingår i sodapannans säkerhetssystem för att säkerställa avställningen av tillförsel av starka gaser till pannan.

3.1 Utrustning för uppsamling av gas, metanol och terpentin

Utrustning för uppsamling av gas, metanol och terpentin skall placeras i utrymme utanför sodahuset, så att den även kan fungera vid tillfällen då utrymning av sodahuset är påkallad.

- gasledningarna från de olika delarna i processen leds normalt ned i ett gemensamt vattenlås, varifrån gasen går till destruktion.
- vattenlåset skall vara så konstruerat och övervakat, att vatten inte kan komma in i sodapannan via gasledningen.
- överloppsvattnet från vattenlåset skall ledas till en pumpcistern som är arrangerad så att även avskild terpentin kan pumpas ut.
- om det finns en terpentinskrubber i gassystemet före vattenlåset, skall vattnet från skrubbern ledas till pumpcisternen eller annan pumpcistern med likartad funktion.

3.1.1 Utrustning för uppsamling av starka luktgaser

I gasledning efter vattenlåset och fram till lansen för starka luktgaser finns normalt följande utrustning:

- Ledning till alternativ destruktion, ventil 5
- Avstängningsventil, ventil 1
- Ångejektor
- Droppavskiljare
- Kondensatavledare
- Automatiska avstängningsventiler 2 och 3
- Avluftning till atmosfär ventil 4
- Sprängbleck
- Anslutning av ånga för reglering av trycket i gasledningen, ventil 7
- Flamskydd nr 6. Normalt två flamskydd med möjlighet att bytas under drift

Vattenlåset och gasledningen fram till första automatiska avstängningsventilen, 2 skall ha följande utrustning för övervakning och reglering.

I den riskanalys som tas fram för en specifik installation avgörs vilka instrumentgivare som skall ingå i säkerhetssystemet och eventuellt behov av 2o3 instrumentering.

- Överfyllnadsskydd i vattenlåset – min två (2) stycken - oberoende av varandra med larm- och brytfunktion
- Direktvisande tryckmätare – min två (2) stycken - placerade före och efter ångejektor
- Registrerande tryckmätare - min två (2) stycken - placerade före och efter ångejektor och utrustade med larmfunktion för såväl lågt (endast efter ångejektor) som högt tryck
- Dessutom bör det finnas differenstryckmätning över droppavskiljaren utrustad med larmfunktion för högt differenstryck.

Om det ovan föreslagna överfyllnadsskyddet i vattenlåset i någon anläggning inte anses vara tillräckligt säkert, bör en komplettering av funktionen installeras. Kompletteringen kan till exempel ske genom att gasledningen förses med en hög lyra efter droppavskiljaren som förhindrar att vatten kan nå eldstaden via gasledningen. Det man måste beakta vid en sådan installation är att man ej kan alstra ett undertryck i ledningen efter lyran som kan resultera i att man får en hävertverkan och att vatten dras med in i gasledningen till pannan.

3.1.2 Utrustning för uppsamling av metanol och terpentin

För att utjämna flödesvariationer och för att hantera eventuella avbrott i förbränningen bör lagringscisterner för metanol och terpentin anordnas. Dessa cisterner ska placeras utanför sodahuset och i ett EX klassat utrymme. Eftersom metanol och terpentin skiktas vid blandning bör lagring ske i separata cisterner. Metanol- och terpentincisternerna skall utrustas med sprängbleck med särskild avledning till säker lokalitet.
Beträffande lagringscisternernas volym se 2.3.

3.2 Utrustning för destruktion av starka gaser och förbränning av metanol och terpentin

Idag utgörs eldningsutrustningen normalt av separata lansar

- en för tändgas
- en för olja
- en för starka gaser
- separata för terpentin och metanol eller en för terpentin/metanol vilket kan avgöras i en riskbedömning

3.2.1 Utrustning för förbränning av starka gaser

Exempel på instrumentering och utrustning, se *figur 1 och 2.*
I gasledningen till sodapannan skall det finnas tre (3) avstängningsventiler utrustade med ställdon och kunna stängas med fjäderkraft – dvs. helt oberoende av yttre hjälpenergi – samt ha gränslägesindikering för öppet och stängt läge. En av ventilerna skall placeras utanför sodahuset, de andra två ventilerna placeras i anslutning till brännaren.
Avstängningsventilerna ingår i sodapannans ”Säkerhetssystem” och skall uppfylla kraven enligt B18 för automatisk avstängning av tillförsel av starkagaser till sodapannan eller sodahuset.

De två (2) ventilerna nr 2 och 3 skall stänga samt att utluftningsventil nr 4 öppnas vid nedanstående fall. Se figur 1:

- Hög nivå i vattenlåset
- Hög nivå i kondensatkärlet
- Stopp av brännaren för starka luktgaser
- Förbränningslufttryck eller förbränningsluftflöde lägre än fastställt värde
- Om man ej längre uppfyller kriterier för eldningsfallet ”Stabil luteldning”, enligt rekommendation C1.

Samt

- Vid aktivering av nödnedeldning skall ventil nr 1 stänga och ventil 5 öppna, se figur 1.Starka gaser kan då ledas till reservbrännaren.

Förutom avstängningsventilerna skall följande utrustning finnas i gasledningen:

- Kondensatkärl anslutet till gasledningens i positioner där ansamling av kondensat kan förekomma för att leda bort kondensatet.
- Flamskydd före lansen för starka luktgaser, dubblerade och parallellkopplade för att byten skall vara möjliga under drift.
- Flamvakt behövs ej utan kravet ”Stabil luteldning” innebär att starka gaser kan startas för destruktion. Råder inte kriteriet skall stark gasen stoppas av säkerhetssystemet.
- Säkerhetsventil eller sprängbleck efter ventil 3 skall förhindra högt tryck i gasledningen och gaser leds utanför vägg.
- Ånga via ventil 7 för att upprätthålla ett flöde och tryck i gasledningen efter flamskyddet, nr 6 vid brännaren, se figur 2.
- Mellan avstängningsventilerna 2 och 3 skall en utluftningsventil installeras, ventil 4, för att avleda starka luktgaserna mellan ventilerna utanför väg.

Därutöver skall i gasledningen finnas givare för instrumentering enligt nedanstående.

- Direktvisande tryckmätare

- Registrerande tryckmätare med larmnivåer för såväl lågt som högt tryck.
  Funktion för brytning av gaseldningen skall finnas.
- Givare för hög nivå i kondensatkärl.
  Funktion för brytning av gaseldningen skall finnas.
- Differenstryckmätning över flamskyddet. Differenstryckmätaren skall vara utrustad med larmfunktion för högt differenstryck.

Om fler gasledningar är anslutna till brännaren, skall även dessa vara utrustade i likhet med ovan beskrivna gasledning.

För gasledningens utförande skall vidare beaktas:

- Gasledningen skall läggas med jämn lutning med lägsta punkten vid anslutningen till brännaren för undvikande av ansamlingar av kondensat i ledningen. Alternativt kan den läggas med högpunkt vid brännaren samt beakta kondensat avledning i gasledningen.
- Gasledningen skall dras så att kortast möjliga sträckning erhålls inne i sodahuset.
- Gasledningen får inte dras i närheten av särskilt utsatta ställen i sodahuset, såsom smältlösare, pannans svaga hörn, dörrar i hisschakt eller trapphus.
- Det skall finnas möjlighet att ren blåsa gasledningen med ånga.
- Om renblåsningsledningen är ansluten till gasuppsamlingssystemet, exempelvis till vattenlås eller pumpcistern, får inte luft användas som renblåsningsmedium på grund av att risken för bildande av en explosiv gasblandning ökar.
- Flamskydd skall demonteras före rengöring.

Med tanke på det luktinferno som fabrikens närområde får utstå när de starka luktgaserna går ut orenade över tak, bör ett alternativt destruktionssystem installeras; exempelvis en reservbrännkammare eller så kallad evighetslåga över tak.

Beroende på vilken *alternativ destruktions metod* man installerar måste den riskbedömas samt utformas så att den uppfyller kraven i standarder och föreskrifter samt vara utformad i princip på samma sätt som den ordinarie brännaren vid sodapannan.

3.2.2 Ångejektorer och ångspolning

Gastransporten i starkgassystemet drivs med ångejektorer. På gasledningarna kan även förekomma anslutningar för ångspolning. Ånga till ejektorer eller ansluten spolånga skall inte tas ut från ångledning som är sammankopplad med andra medier som lut eller vatten i exempelvis ångspritsrör i matarvattentank eller som direktånga till lutförvärmare etcetera Skälet till detta är att annat medium, vatten eller lut, under olyckliga omständigheter efter exempelvis avställning av ångledningen eller vid ångbortfall kan tryckas bakvägen in i ångledningen för att sedan via gasledningar nå pannan.
Vattenavskiljare skall vidare finnas i gasledningen efter ångejektor för att dränera förekommande kondensat som kan finnas i gasen.
Anslutningar för manuella ångspolningar får ej vara fasta installationer och avstängningsventiler för dessa anslutningar måste kunna säkras under drift för att de ej ska kunna öppnas utan kontroll samt att klokopplingen för anslutning av ångslang skall kunna demonteras och ersättas med propp för att förhindra att starka gaser kan komma ut i lokalerna.

3.2.3 Utrustning för förbränning av metanol och terpentin

Exempel på instrumentering och utrustning, se *figur 1 och 2*.

Idag utformas eldningsutrustningen med separata lansar för dessa bränslen eller alternativet med gemensam lans för terpentin/metanol.

Enligt 2.1 skall en riskanalys och riskbedömning genomföras och då kan man utvärdera hur brännarutrustningen kan utföras samt utvärdera betydelsen av skillnaderna i metanolens och terpentinets egenskaper.

Metanol och terpentin är begränsat blandbara med varandra, vilket innebär att en skiktning av ämnena kommer att ske i pump- eller lagringscistern samt att det är stora skillnader i densitet råder, vilket kan ge upphov till problem med att bestämma vattenmängden i blandningen.

Stora skillnader föreligger även i effektivt värmevärde vilket har betydelse för det teoretiska luft behovet, samtidigt som det har liten betydelse vid förbränningen av metanol/terpentin i sodapannan, eftersom de endast tillåts eldas vid ”Stabil luteldning”.

Om terpentinandelen som skall eldas är liten i förhållande till metanolen kan man överväga att installera endast en brännarlans för metanol/terpentin, men man måste då utforma lagerutrymmet för blandningen så att man minimera risken för att blandningen skiktar sig och man får en uppbyggnad av ett terpenskikt i lagerutrymmet.

Metanol- eller terpentinledningen skall dras enligt samma principer som gäller för starkgasledningen.
Rörledningar för terpentin/metanol bör ha ”kort” dragning och skall vara skyddade i sodahuset. Avstängningsventiler ska finnas placerade på utsidan huset för att kunna manövreras vid eventuellt haveri eller avlyst pannhus.

Vid tillfälliga stopp i förbränningen, orsakat av problem med brännare eller sodapannans luteldning kan alternativt vara att metanolen och terpentinen förbrännas i en reservförbränningsanläggning eller lagras. Möjligheten att lagra begränsas dock av kraven i MSB:s föreskrifter (MSBFS 2013:3), se avsnitt 2.3.

I både metanol- och terpentinledningen till sodapannan skall det finnas tre (3) avstäng-ningsventiler. Avstängningsventilerna skall vara utrustade med ställdon och kunna stängas med fjäderkraft samt ha gränslägesindikering för öppet och stängt läge. En av ventilerna skall placeras utanför sodahuset. De andra två ventilerna skall placeras i direkt anslutning till brännaren. Se *figurer 1 och 2*.

För respektive bränsleledning gäller att de två ventilerna vid brännaren,16 och 17 i figur 2, skall stänga i nedanstående fall:

- Stopp av brännaren för metanol respektive terpentin
- Trycket i bränsleledningen för metanol respektive terpentin lägre än fastställt min. värde
- Metanol- respektive terpentindensiteten högre än fastställt maximalt värde
- Förbränningslufttrycket eller förbränningsluftflödet lägre än fastställt värde
- Om flamvakten indikerar flambortfall

- När kriterier för eldningsfallet ”Stabil luteldning” enligt rekommendation C 1 ej uppfylls.

Samt

- Vid aktivering av nödnedeldning och då skall den tredje ventilen utanför pannhuset stängas samt att pumpning avbryts, se Figur 1.

Arrangemanget ingår i sodapannans ”Säkerhetssystem” och skall uppfylla kraven enligt B18 för automatisk avstängning av tillförsel av metanol respektive terpentin till sodapannan eller sodahuset.
I metanol- och terpentinledningen skall finnas en säkerhetsventil och anslutningar för dränering och renblåsning av respektive ledning med tillhörande ventilarrangemang samt givare för instrumentering enligt följande.
Arrangemang för dränering och renblåsning skall även ingå i sodapannans ”Säkerhetssystem”. (Se även *figur 2*)
Manuell renblåsning av ledningar skall vara utformad på samma sätt som renblåsning av starka luktgaser, se 3.2.2.

- Direktvisande tryckmätare
- Registrerande tryckmätare med larmnivåer för såväl lågt som högt tryck. Funktion för avbrytande av eldningen skall finnas
- Registrerande flödesmätare med larmfunktioner för såväl högt som lågt flöde
- Registrerande densitetsmätare med två larmnivåer för hög densitet. Funktion för avbrytande av eldningen skall finnas
- Ventil för reglering av flödet

Metanolflödet skall inte mätas med magnetisk flödesmätare på grund av att metanolen tidvis kan innehålla stora mängder terpentin.

Terpentin kan inte detekteras med magnetisk flödesmätare!

Ren blåsningen av metanol- respektive terpentinledningen skall ske med ånga.

Om renblåsningsledningen är ansluten till cistern som har direkt förbindelse med gas-uppsamlingssystemet, får inte luft användas som renblåsningsmedium.
Brännarlansarna för terpentin/metanol ren blåses med luft i samband med stopp av förbränningen.

Returledningen för terpentin och metanol bör ledas till pumpcistern för ”Smutskondensat” för rening. Avstängningsventilen bör vara fjärrmanövrerad och placerad utanför pannhuset för att underlätta dränering, men även kunna stängas när sodahuset är utrymt.

3.3 Brännaren för starka gaser, metanol, terpentin samt olja

Destruktionsbrännaren för starka luktgaser och för flytande media metanol, terpentin samt tillhörande tändgas-/ oljebrännare utgörs endast av en gemensam enhet i sodapannan.

- Brännaren skall vara konstruerad för förbränning av såväl gasformiga som flytande media, metanol, terpentin och/eller olja.

- Brännaren skall vara utrustad med tändapparat (gaselektrisk tändapparat rekommenderas). Den av tändaren utvecklade effekten skall vara tillräcklig för antändning av bränslet. Se även SS-EN 12952–8, moment 6.1.5.
- Brännaren skall innehålla separata lansar för olja, tändgas, starka luktgaser, metanol och terpentin. Brännaren kan även ha en gemensam lans för metanol och terpentin, se avsnitt 3.2.3.
- Brännaren skall ha separat luftregister.
- Förbränningsluften tas lämpligen från en separat luftfläkt, men kan även tas från tertiär- eller sekundärluftfläkten.
- Förbränningen av de flytande bränslena skall övervakas med flamvakt
- Starka gaser, terpentin och metanol skall endast eldas vid ”Stabil luteldning” vilket är säkerhetsfunktionen för destruktion av de starka gaserna och flamvakt behövs ej för gaserna.
- Brännaren bör placeras så att störningar i flamdetekteringen undviks.

3.3.1 Brännare för tändgas och olja

Utformningen av system för dessa följer beskrivning enligt B 13 ” Utrustning och säkerhetssystem för oljeeldning i sodapannor”

3.3.2 Brännare för starka luktgaser

Exempel på utrustning för övervakning och reglering av brännaren för starka luktgaser, se *figurer 1 och 2.*

- Anslutningen mellan avstängningsventilen vid brännaren och brännarlansen för starka luktgaser skall vara demonterbar.
- Anslutning för renblåsning av brännarröret med luft får ej finnas utan renblåsning skall göras med ånga

3.3.3 Brännare för metanol och terpentin

Exempel på utrustning för övervakning och reglering av brännarna för metanol och terpentin, *se figurer 1 och 2*.
Brännare för metanol och terpentin skall utformas med beaktande av följande:

- Anslutningen mellan avstängningsventilen vid brännaren och brännarlansen för metanol respektive terpentin skall vara demonterbar.
- Luft används som atomiseringsmedia för terpentin och metanol
- Observera att renblåsning av rörledningarna för terpentin och metanol skall ske med ånga. Se avsnitt 3.2.3
- Renblåsning av metanol- och terpentinlansarna sker automatiskt med luft vid stopp av förbränningen.

3.3.4 Förbränningsluft

Brännaren som är utrustad med separata lansar för eldning av starka luktgaser, metanol och terpentin, bör företrädesvis ha separat luftfläkt. Alternativt kan luften tas från sodapannans sekundär- eller tertiärluftfläkt.
Om förbränningsluften tas från sekundärluftfläkten kan det vara nödvändigt med en

förstärkningsfläkt för att säkerställa fastställt lägsta tryck i förbränningsluftledningen till brännaren. Luftuttaget bör i alternativfallet placeras så att störningar i förbränningsluftflödet till sodapannan undviks.

Förbränningsluften skall ha följande utrustning för övervakning och reglering:

- Direktvisande tryckmätare
- Registrerande mätare för förbränningslufttryck eller förbränningsluftflöde med larmnivå för lågt tryck eller lågt flöde
- Reglering av luftflödet
- Säkerhetsfunktion som avbryter eldningen vid lågt luftflöde

3.3.5 Säkerhetssystem för samtliga brännare

- Säkerhetssystemet skall vara fristående från pannans styrsystem och vara konstruerad enligt B 18 och gällande standarder.
- Säkerhetssystemet skall vara så konstruerat att det förhindrar drift av brännare vid avvikelse från fastställda driftdata.

3.3.6 Förreglingssystem för samtliga brännare

Genom förreglingar skall det säkerställas att de angivna villkoren för start och drift är uppfyllda.

Förreglingssystemet delas in i två huvudgrupper.
- Startvillkor
- Driftsvillkor

De två huvudgrupperna ovan delas i sin tur in i vardera två undergrupper.
- Gemensamma villkor
- Individuella villkor

De gemensamma förreglingarna påverkar en grupp medan de individuella endast påverkar den brännare, till vilken de är inkopplade.
Observera att logikschemat tas bort och start- resp. driftsvillkor omarbetas endast i avsnitt 4.

Start och driftsvillkor beskrivs närmare i avsnitt 4.
Se även SS-EN 12952-8, moment 4.4.2.
Se även SS-EN 12952-8, moment 4.4.3.

3.4 Materialval för starkgassystem, metanol och terpentin

Korrosionsbeständigheten och den mekaniska hållfastheten hos de material som används för att transportera och lagra dessa giftiga och i vissa situationer också explosiva ämnen är av yttersta vikt för säkerheten i anläggningen.

Gasledningarna byggs idag i EN 1.4432 vilket även SSG rekommenderar, alternativt kan duplex EN 1.4462/X2CrNiMoN22-5-3 väljas.

Material, i vilket förekommande järn kan bilda järnsulfid (FeS) vid kontakt med luktgaser eller metanol, får inte förekomma, eftersom järnsulfid under vissa förhållanden vid närvaro av luft kan oxideras till glödgning, vilket medför risk för att explosion eller brand utlöses. Även andra (svavelhaltiga) beläggningar kan antändas.

Finns risk för kondensation av SO_3 i luktgasledningarna så kan korrosionen bli mycket kraftig. Kondensation kan i och för sig undvikas om ledningen hålls tillräckligt varm.

Risken för att klorid- respektive sulfidhaltiga kondensat/vätskor orsakar spänningskorrosion måste också beaktas. Här kan höga temperaturer i stället öka korrosionsrisken.

Det är inte samma stålsorter, som är lämpliga för svåra förhållanden med alkalisk miljö, i förhållande till en motsvarande sur miljö, varför man kan behöva göra en individuell bedömning, där man tar hänsyn till alla olika faktorer i korrosionsmiljön.

Stål legerade med molybden är till exempel generellt sett mer lämpliga i sura miljöer, medan stål eller nickelbalegeringar som inte innehåller molybden brukar uppträda bättre i starkt alkaliska miljöer.

4 Start- och driftsvillkor för eldning av starkgaser, metanol och terpentin

Start- och driftsvillkoren för eldningen gäller både i DCS och sodapannans säkerhetssystem.

4.1 Start av förbränning av starka luktgaser, metanol och terpentin

Innan start av förbränningen skall utcheckning av utrustningen ske mot checklista.
Startvillkor och driftförreglingar för arrangemanget framgår av följande.
Observera att logikschemat tas bort och start- resp. driftsvillkor omarbetas endast i avsnitt 4.

4.1.1 Pilottändare för destruktionsbrännare

Pilotbrännare är inte aktuella i dagens utformning av brännare för destruktion av starka gaser och terpentin/metanol.

4.1.2 Startvillkor för destruktion av starka luktgaser

För start destruktion ”starka luktgaser” skall följande villkor vara uppfyllda.

- ”Stabil luteldning” uppfyllt
- Trycket i gasledningen inom fastställda värden
- Vattenlåsnivå ej hög
- Nivå i kondensatkärl ej hög
- Snabbstängningsventiler före lans för starka gaser, ej stängfel på någon av ventilerna
- Starkgasslang monterad

- Lans för starka gaser i driftläge

Vid varje enskild fabrik får bestämmas om fler villkor som skall förreglas.

4.1.3 Startvillkor för förbränning av metanol och terpentin

För start av metanol- respektive terpentin förbränningen skall följande villkor vara uppfyllda

Gemensamma startvillkor

- ”Stabil luteldning” uppfyllt

Startvillkor för metanol förbränning

- Snabbstängningsventiler före lans för metanol: ej stängfel på någon av ventilerna
- Metanolslang monterad
- Metanoldensitet, <maximum
- Tryck i metanolledningen, normalt
- Lans för metanol i driftläge
- Dräneringsventil för metanol/terpentin stängd

Startvillkor terpentin förbränning

- Snabbstängningsventiler före lans för terpentin: ej stängfel på någon av ventilerna
- Terpentinslang monterad
- Terpentindensitet, <maximum
- Tryck i terpentinledningen, normalt
- Lans för terpentin i driftläge
- Dräneringsventil för metanol/terpentin stängd

Vid varje enskild fabrik får bestämmas om fler villkor som skall förreglas.

4.2 Drift av brännare

Eldning av starka luktgaser, metanol och terpentin kan ske om driftsvillkoren för respektive är uppfyllda.
Under vissa betingelser kan det vara nödvändigt att stoppa eldningen av de ämnen som skall destrueras, även om driftsvillkoren är uppfyllda. Detta kan exempelvis behöva ske vid sådana störningar i lutförbränningen som befaras ge upphov till ökade halter oförbränt i rökgaserna från nedre eldstaden.

Vid sådana tillfällen skall all eldning i destruktionsbrännaren stoppas!

Vid befarat läckage i utrustningen för starka luktgaser, metanol eller terpentin, där ämnena kan komma ut i sodahuset, skall eldningen avbrytas och ledningarna göras trycklösa samt automatiskt ren blåsas med ånga.

När brännaren är i drift, skall driftpersonalen **regelbundet inspektera brännarens funktion** och föra loggbok över gjorda iakttagelser och ingripanden.

4.2.1 Driftsvillkor för starka luktgaser, metanol och terpentin

Vid drift förbränning av starka luktgaser, metanol och terpentin skall följande villkor vara uppfyllda.

Gemensamma villkor

- "Stabil luteldning "uppfyllt enligt rekommendation nr C1
- Driftsstörningar som skulle stoppa luteldningen enligt rekommendation B 1 föreligger ej
- Nödnedeldning
- Kraftavbrott
- Stopp förbränning
  - Domnivå understiger lägsta tillåtna nivå (LWL)
  - Domnivå överskrider högsta tillåtna nivå
  - Eldstadstrycket överstiger det fastställda högsta värdet
  - Stopp samtliga rökgasfläktar
  - Bortfall av lufttillförsel under lutsprutenivå
  - Låg luttorrhalt

- Tryck yttre hjälpenergi normalt

- Flamvakt registrerar flamma för olja, terpentin och metanol

- Destruktionsbrännarfläkt i drift eller, vid avsaknad av fläkt, spjäll i luftkanal till destruktionsbrännare är öppet

- Förbränningslufttryck eller förbränningsluftflöde högre än fastställt min. värde

Driftsvillkor destruktion av starka gaser

- "Stabil luteldning " uppfyllt

- Snabbstängningsventiler före lans för starka gaser: ej stängfel på någon av ventilerna

- Trycket i gasledningen inom fastställda värden

- Vattenlåsnivå ej hög

- Lans för starka gaser i driftläge

- Nivån i kondensatkärl ej hög

- Nödstopp för starka gaser ej aktiverat
- Starkgasslang monterad

Driftsvillkor för förbränning av metanol

- ”Stabil luteldning” uppfyllt
- Snabbstängningsventiler före lans för metanol: ej stängfel på någon av ventilerna
- Metanoldensitet, <maximum
- Lans för metanol i startläge
- Tryck i metanolledningen, normalt
- Nödstopp för metanol ej aktiverat
- Metanolslang monterad

Driftsvillkor för förbränning av terpentin

- ”Stabil luteldning” uppfyllt
- Snabbstängningsventiler före lans för terpentin: ej stängfel på någon av ventilerna
- Terpentindensitet, <maximum
- Lans för terpentin i startläge
- Tryck i terpentinledningen, normalt
- Nödstopp för terpentin ej aktiverat
- Terpentinslang monterad

Vid varje enskild fabrik får bestämmas om fler villkor som skall förreglas.

4.3 Stopp av förbränning av starka luktgaser, metanol och terpentin

Vid stopp av förbränningen skall samtliga brännarlansar som varit i drift, automatiskt ren blåsas.

Vid uppehåll i destruktion av starka luktgaser stängs ventilerna 2 och 3 och ventil 4 öppnas automatiskt av säkerhetssystemet samt att ventil 5 öppnas och gaserna leds till reservsystemet. Se *figur 1*.

Vid uppehåll i eldningen av metanol/terpentin ren blåses brännarlans med ”atomiseringsluft” via ventil nr 14 och 15, se figur 2.
Respektive ledning skall ren blåsas med ånga via ventil nr 18, se figur 2.

Om ”Säkerhetssystemet” enligt B18 stoppar förbränningen skall arrangemang för dränering/renblåsning av gas-/bränsleledningarna utföras automatiskt från ”Säkerhetssystemet”.

5 Destruktionseldning av svaga luktgaser

Svaga luktgaser, i fortsättningen benämnda *svaggaser*, består – förutom av luft och vattenånga – i huvudsak av svavelväte (H_2S), metylmerkaptan (MM), dimetylsulfid (DMS) och dimetyldisulfid (DMDS). Den aktuella sammansättningen av dessa gaser ger den gällande undre explosionsgränsen. Typiskt svavelinnehåll i svaggasen är 0,1–0,5 kg ptm.

Svaggassystemet karaktäriseras av att koncentrationen av brännbara ämnen ligger under den undre explosionsgränsen, vilket i tveksamma fall åstadkommes med utspädning. Observera gällande regelverk för explosiv atmosfär enligt avsnitt 2.2. I de flesta förekommande fall är den undre explosionsgränsen ca 4 volymprocent brännbar gas i en gas/luftblandning. Den exakta gränsen beror dock på hur den brännbara gasen är sammansatt.

I fabrikens svaggaser finns det alltid en mängd vattenånga med i gasen som verkar utspädande. Eftersom de flesta mätningar på gasinnehåll sker på torra gaser, är det viktigt att fastställa mängden vattenånga i svaggasen, vilket ger den verkliga koncentrationen av brännbara ämnen.

Det är viktigt att kartlägga de gaskällor som planeras ingå i svaggassystemet, så att det verkligen är svaggas. Ofta kan flera gasanalyser från samma källa behöva tas på grund av att förhållandena i fabriken förändras över tiden. Vid förändringar i sulfiditet påverkas avgasningen av svavelhaltiga gaser så att högre sulfiditet ger mer avgasning. Förändringar i temperatur påverkar sammansättning och mängden gas från en källa.

De stora svaggaskällorna är normalt:

- filter och cisterner i den bruna fiberlinjen
- cisterner för svartlut i återvinningen
- sodalösaren.

Det finns gaskällor som ställer speciella krav på svaggassystemet som exempel kan nämnas:

- hartskokeri
- flisficka
- sodalösaren

Ett hartskokeri bör inte anslutas till svaggassystemet på grund av de starka gaser som skulle tillföras systemet om luttillförseln till skrubbern i avluftningen slutar att fungera.
Från en flisficka eller en sodalösare kan ånggenomslag ske, vilket förutom värme även kan medföra medryckning av terpentin respektive stoft.

Ju fler anslutningspunkter som är kopplade till systemet, desto mindre blir risken för att totala gaskoncentrationen överstiger explosionsgränsen, även om en enstaka punkt skulle avge starkare koncentration vid något extremt tillfälle. Begränsade delar av systemet kan behöva klassas enligt SS-EN IEC 60079-10-1

Av benämningen svaggas kan man förledas att tro att gasen är ofarlig, vilket inte är fallet. Svaggas är svavelföreningar upp till ca 4 volymprocent, vilket i de flesta fall motsvarar den undre explosionsgränsen. Om människor blir utsatta för koncentrationer på 300–500 ppm inträder medvetslöshet och 500–700 ppm är dödlig dos, se SHK:s rekommendation C 1 och kemikalieinspektionens faroklassning. I verkligheten skall koncentrationen ligga under undre explosionsgränsen, men gasen innehåller fortfarande gott och väl dödlig dos av svavelföreningar.

Halterna av svavelväte och organiska sulfider är normalt i svaggasen så höga att de, om gaserna läcker ut i sodahuset, kan ge upphov till svåra förgiftningar och illamående hos de personer som vistas där.
Om läckage uppstår i den utrustning som är placerad inne i sodahuset bör man stoppa svaggastillförseln och larma samt utrymma sodahuset innan läckaget åtgärdats och gaserna ventilerats ut.
För att uppsamling och förbränning av svaggaser skall kunna startas på ett kontrollerat sätt bör gassystemet vara separerat i två delar, en del för uppsamling och en del för förbränning. Före förbränningssystemet bör en utluftningsmöjlighet finnas så att uppsamlingssystemet kan startas upp utan att förbränningen startats. När pannan är i ”Stabil luteldning ” läggs svaggasen över från utluftning till förbränning. Detta innebär att luftfläkten för aktuell nivå måste dimensioneras så att det totala gasflödet kan upprätthållas trots att svaggas inte tillsätts pannan; på så sätt vädras den sista delen av svaggassystemet in mot pannan.
Erfarenheter och referenser finns för tillsättande av svaggas på primär-, sekundär- och tertiärnivå.

5.1 Förbränningsteknik

De svaga gaserna innehåller så liten mängd brännbara ämnen, att de kan räknas som luft till förbränningen, och ger ingen märkbar förändring av pannans ångavgivning. Det är viktigt att svaggasen förvärms, speciellt om gasen har egna portar, så att rätt hastighet i porten uppnås för att gasen penetrerar in i pannan på rätt sätt. När det gäller kemin i pannan förändras inte heller denna märkbart då tillsatsen av svavel från svaggasen är 0,1–0,5 kg ptm, vilket skall jämföras med tillsatt svavel från luten som ligger på ca 100 kg ptm.

Luft kan innehålla ca 5 ggr så mycket vatten/kg gas vid 40^{o}C som vid 20^{o}C. Om sodapannan är hårt belastad på rökgassidan i kombination med att stora mängder svaggas ska hanteras, kan det vara skäl att kyla gasen till en låg temperatur för att så mycket vattenånga som möjligt skall kunna kondenseras ut.

Gasen bör kylas ner under 50^{o}C för att också kondensera ut terpener och metanol.

Flertal fördelar fås genom volymminskningen i form av lägre investeringskostnad och utrymmesbehov för kanaldragning i sodahuset och mindre fläkt som ger lägre energikostnad i form av el. Kondensatet som bildas, måste återföras och behandlas.

Ett sätt att styra luft och svaggas till pannan är att reglera totala mängden gas till aktuell luftnivå. En kvot mellan luft och svaggas ställs in, vilken styr luft- respektive svaggasfläkt, en minsta mängd svaggas måste dock gå genom systemet. Detta löses med en tryckvakt i svaggassystemet som inte tillåter svaggasfläkten att varva ner, dvs. när minsta svaggasmängd är uppnådd tas ytterligare reduktion av det totala gasflödet på luftfläkten. Se figur 3.

5.2 Tillsättning av svaggaser till sodapannan

Möjliga ställen att tillföra svaggaser för förbränning i sodapannan är de olika luftnivåer som finns tillgängliga. Vid nybyggnationer kan naturligtvis separata svaggasnivåer projekteras, men erfarenheter från befintliga installationer visar att detta inte är nödvändigt.

Vid val av nivå för tillförsel av svaggas bör vissa saker tas i beaktande:

- mängden svaggas
- behovet av spettning på olika nivåer
- plats för distributionssystem

Mängden svaggas avgör vilka luftnivåer som kan bli aktuella.

I de flesta fallen är tertiär-och kvartärluftnivå ej tillräcklig på grund av att den totala förbränningsluftmängden oftast är lägre än svaggasmängden.

Primärluftregistret har god kapacitet, men är känsligt när det gäller processmässigt och tillgängligheten kring registret.

Process- och utrymmesmässigt återstår i flertalet fall endast sekundärluftnivån. Den totala tillsatta mängden förbränningsluft på denna nivå tillåter även att svaggaser kan tillföras på ett acceptabelt sätt.

5.3 Uppsamlingssystem för svaga luktgaser

Principen för uppsamling och förbränning av svaga gaser framgår av *figur 3*.
Anslutning mot tankar och cisterner görs lämpligen till ordinarie avluftning. Avluftningen förses med T-stycke och spjäll monteras in mot svaggassystemet och en temperaturgivare placeras i avluftningen ovanför anslutningspunkten mot svaggassystemet, se *figur 3*. Larm skall ges vid hög temperatur.
Med hjälp av spjället stryps sedan systemet in så att temperaturgivaren börjar ge utslag (över omgivande utetemperatur); därefter öppnas spjället något så att ingen svaggas går till atmosfär.

Kanalsystemet skall konstrueras med lutning med så få lågpunkter som möjligt. Lågpunkter i kanalsystemet skall förses med avtappningar för kondensat, vilka skall vara öppna vid drift av

systemet. Kondensat avledaren måste anpassas mot det undertryck som kommer att råda i svagasledningen så att kondensatet verkligen avleds.

Sodahuskommittén rekommenderar att systemet skall innehålla en kondensor för att kyla gasen och därmed kondensera ut vattenånga och i förekommande fall terpener. Kondensorn skall förses med ett överlöp med tillhörande vattenlås. Vattenlåset skall dimensioneras så att ett totalt haveri på kondensorns vatten sida kan tas om hand för att ingen risk att föra vatten till sodapannan kan ske, se *figur 3*. Kondensorn skall förses med nivågivare med larm och brytfunktion.
Före kylningen av gasen skall en tryckgivare finnas installerad, så att undertrycket i uppsamlingssystemet automatiskt kan styras. Temperaturgivare installeras efter kylpunkten, så att kyleffekten kan styras, se *figur 3*. Temperaturen efter kylpunkten skall inte överstiga 55 ^{o}C eftersom en högre temperatur kan medföra att halterna av metanol och/eller terpener ökar i sådan omfattning, att de kan komma att överstiga den undre explosionsgränsen.
Temperaturgivare bör även installeras före kylningen av gasen.

Efter kondensorn placeras en droppavskiljare, så att medryckta droppar avskiljs före svaggasfläkten. Svaggasfläktens axelgenomföring skall förses med spärrluft, så att alla möjligheter till läckage förhindras. Därefter placeras ytterligare en droppavskiljare samt en svaggasförvärmare. Droppavskiljaren skiljer av nybildade droppar som bildas i gasen vid tryckökningen i fläkten. Svaggasförvärmaren bör dimensioneras så att samma temperatur som förbränningsluften har, kan åstadkommas på svaggasen vid aktuell förbränningsnivå. Detta medför att hastighetsprofilen blir oberoende av om svaggas eller luft tillsätts pannan, dvs. förbränningen störs inte. En temperaturgivare skall installeras efter svaggasförvärmaren, så att svaggastemperaturen till pannan kan styras och förbränningen av svaggas kan avbrytas vid för låg temperatur.
Kondensatet från dräneringsledningar, kondensor och droppavskiljare innehåller giftiga föroreningar och måste tas om hand i processen. Beträffande dräneringsledningar se 2.4.

5.4 Övergång mellan uppsamlings- och förbränningssystem för svaggaser

Exempel på utformning, se *figur 3*.

Avluftningskanalen efter svaggasförvärmaren skall vara dimensionerad för att kunna hantera hela det förvärmda svaggasflödet.
I avluftningskanalen före pannhuset skall ett on/off-spjäll placeras som öppnar mot atmosfär samt att det i svaggaskanalen före pannhuset finnas ett on/off-spjäll som stänger vid stopp och inför en start av förbränningen.
Före sodapannan skall ytterligare ett on/off-spjäll placeras som stänger mot luftregistret samt ett on/off-spjäll som öppnar mot atmosfär. Detta innebär att svaggassystemet är sektionerat i ett uppsamlingssystem och ett för förbränning.
Alla on/off-spjäll skall stänga respektive öppna med hjälp av fjäderkraft vid bortfall av yttre hjälpenergi och ingå i pannans säkerhetssystem. Spjällen skall vara väl tätande och vara försedda med gränslägesgivare, vilka i manöverrummet indikerar för öppet och stängt läge.
De spjäll som är placerade utanför pannhuset skall kunna fjärrmanövreras vid behov när man ej har tillträde till pannhuset.

För att säkerställa att gas inte tillförs pannan då den är avställd, skall hjälpenergin till de båda on/off-spjällen närmast pannan och till mellanliggande avluftningsventil kopplas bort, så att

spjällen hålls stängda respektive avluftningsventilen öppen med fjäderkraft. Avställningen skall ingå i rutinerna för säkeravställning och åtgärderna skall vara dokumenterade och indikerade i manöverrummet.

Inblandning av svaga gaser i luft systemet ställer stora krav på täthet och för de portar där gas tillförs skall automatisk spettnings utrustning finnas. Det skall finnas ett separerat och tätt system för gaserna, så att spettning och underhåll av utrustningen kan utföras på ett säkert sätt samt för att minimera behovet att stopp förbränningen av gaserna.

För att kunna tillföra sodapannan rätt mängd förbränningsluft då svaggas inte förbränns skall svaggassystemet för förbränning även kunna matas med luft. Luften tas lämpligen från ordinarie luftkanal vid aktuell förbränningsnivå och matas via on/off-spjäll. Se figur 3.

Övergångar mellan kanaler och luftregister på pannan måste anpassa så att man kan ta upp förändringar mellan varm och kall panna. Konstruktionerna måste dessutom kontrolleras så att man alltid har fullständig täthet mot svaggassystemet.

5.5 Materialval i svaggassystemet

Materialvalet i systemet skall vara sådant att korrosion undviks, minst motsvarande EN 1. 4432/X2CrNiMo17-12-3, eller alternativt duplex EN 1.4462/X2CrNiMoN22-5-3.

6 Start- och driftsvillkor för eldning av svaggaser

Start- och driftsvillkoren för eldningen gäller både i DCS och sodapannans säkerhetssystem.

6.1 Startvillkor för svaga luktgaser

Innan de svaga luktgaserna kopplas till sodapannan skall följande villkor vara uppfyllda.

Observera att logikschemat tas bort och startvillkor omarbetas i följande uppställning.

- Driftstörningar som skulle stoppa luteldningen enligt rekommendation B 1 avsnitt 17.6 föreligger ej
- Nödnedeldning
- Kraftavbrott
- Stopp förbränning
    - Domnivå understiger lägsta tillåtna nivå (LWL)
    - Domnivå överskrider högsta tillåtna nivå (HWL)
    - Eldstadstrycket överstiger det fastställda högsta värdet
    - Stopp samtliga rökgasfläktar
    - Bortfall av lufttillförsel under lutsprutenivå
    - Låg luttorrhalt

- ”Stabil luteldning " uppfyllt enligt C 1
- On/off-spjällen i svaggaskanalen till sodapannhuset och sodapannan stängda
- On/off-spjället i ansluten luftkanal öppet

- On/off-spjället i ansluten avluftningskanal öppet
- Uppsamlingssystemet för svaga luktgaser uppstartat
- Nivån i kondensorn eller skrubbern under larmnivån
- Gastemperaturen efter kylningen lägre än 55 ^{o}C
- Svaggastemperaturen efter svaggasförvärmaren högre än fastställd temperatur
- Svaggasens tryck i gasuppsamlingssystemet inom fastställda gränser

6.2 Driftsvillkor för svaga luktgaser

Vid eldning av svaga luktgaser i sodapannan skall följande villkor vara uppfyllda.

Observera att logikschemat tas bort och driftsvillkor omarbetas i följande uppställning.

- Driftstörningar som skulle stoppa luteldning
  enl. rekommendation B1, avsnitt 17.6 föreligger ej
- ”Stabil luteldning " uppfyllt enligt C 1
- Svaggasens tryck i förbränningssystemet inom fastställda gränser
- Nivån i kondensorn lägre än fastställd högsta tillåtna nivå
- Gastemperaturen efter kylningen lägre än 55 ^{o}C
- Svaggastemperaturen efter svaggasförvärmaren högre än fastställd lägsta temperatur
- On/off-spjället i ansluten luftkanal stängt
- Gastemperatur från förbasning understiger fastställt gränsvärde. (Rekommendationen är att ej ta gaser från förbasningen, se avsnitt 7.
- Svaggasflödet överskrider fastställt gränsvärde

7 Sammanfattande villkor för destruktionseldning

	SHK Rekommendationer **Luttorrhalter under 70 %**	**SHK Rekommendationer** **Luttorrhalter över 70 %**
	Pannlast % av MCR Ångflöde och Lutflöde	**Pannlast % av MCR Ångflöde och Lutflöde**
Svaga gaser [1)] DNCG	**>50 %**	>50 % [5)]
Imånga från lösaren [1)] DTVG	**>50 %**	>50 % [5)]
Starka gaser [1)] CNCG	**>50 %**	>50 % [5)]
Strippergas SOG	**Ska inte eldas i sodapannor [2)]**	**Ska inte eldas i sodapannor [2)]**
Gas från flisfickor Chip Bin Gas	**Bör inte eldas i sodapannor [3)]**	**Bör inte eldas i sodapannor [3)]**
Metanol	**Metanol [4)]**	**Metanol [4)]**

1) 0.7 MW/m2 bottenbelastning med stödbränsle
(typiskt 30 % till 35 % av maxlast)
1.5 MW/m2 bottenbelastning utan stödbränsle
(typiskt 60% till 65% av maxlast)

2) Risk för vatten till eldstaden vid dålig droppavskiljning.
Gör metanol av gasen.
Max gastemperatur efter skrubber 60 ^{o}C

3) Risk för explosioner i flisfickorna, minimal risk för sodapannorna.
I normalfallet en svaggas, men vid genomslag av ånga från basningskärlet blir gasen momentant en starkgas.

4) Metanol kan eldas separat i starkgasbrännaren alternativt i separat brännarlans i startbrännare med villkoret att minst en annan startbrännare är i drift på olja eller gas.
Metanolhalten skall vara minst 70 % för att få eldas.

5) Sodahuskommitténs rekommendation är enligt tabell, vilket uppfyller standardens

skrivning men ett bruk kan för en enskild sodapanna besluta om ett lägre värde under förutsättning att man kan underbygga beslutet med en riskanalys och att ”Stabil luteldning” råder enligt rekommendation C 1.Förändringar i en anläggnings funktion skall presenteras för kontrollorganet.

Bruk som eldar starkgaser, terpentin och metanol samt har lut torrhalter över 70 % har erfarenheten av att kunna sänka kriteriet för pannlasten till 30 % MCR.

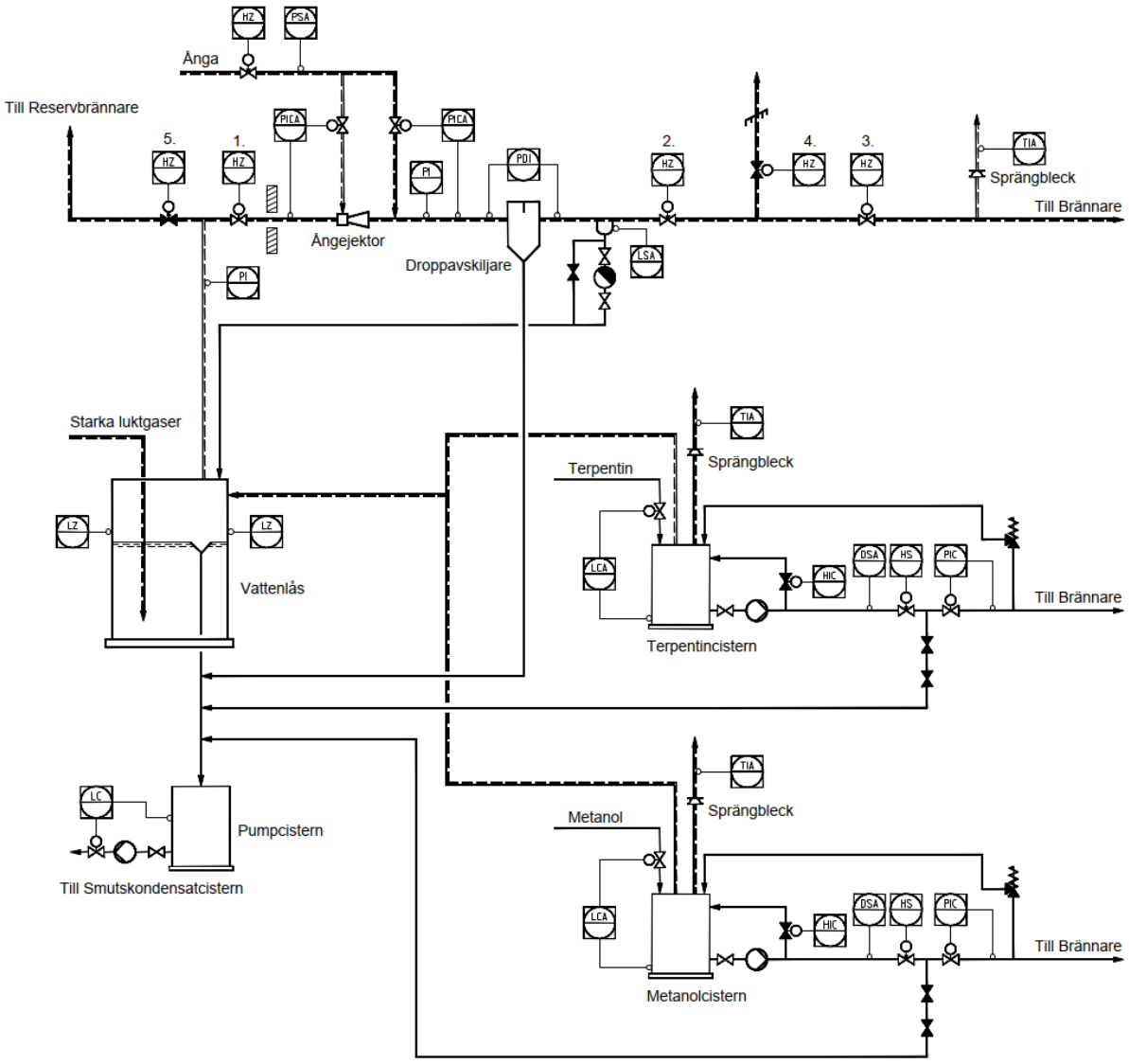
8 Tillsatseldning

Tillsatseldning av såpa, restsyra och täckningskemikalier behandlas i rekommendation B1.

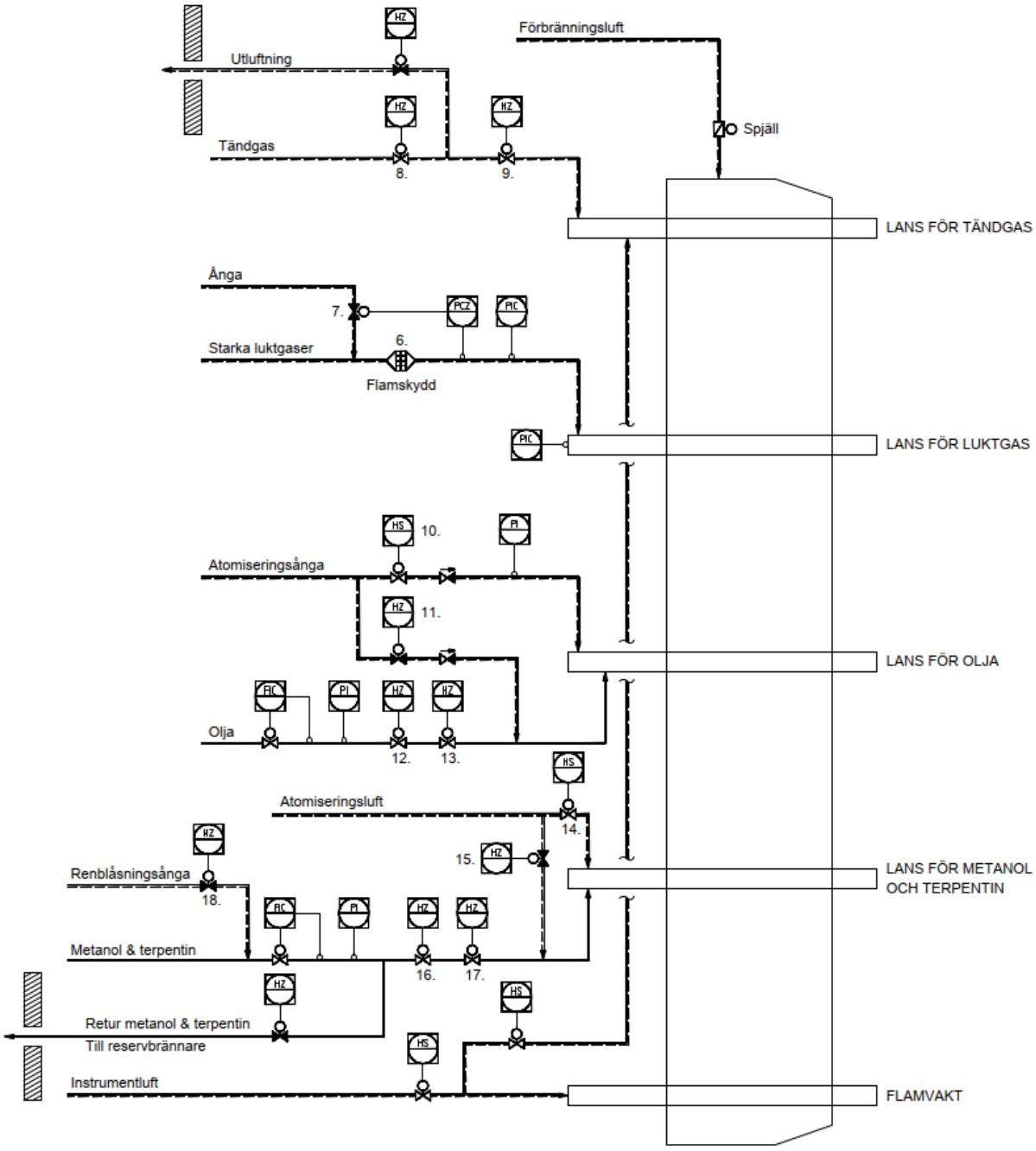
9 Litteratur

Beträffande destruktion av svaggaser: se även Sodahuskommitténs utredning från 1993: ”Utredning om svaggasers hantering samt deras destruktion i sodapannor.”

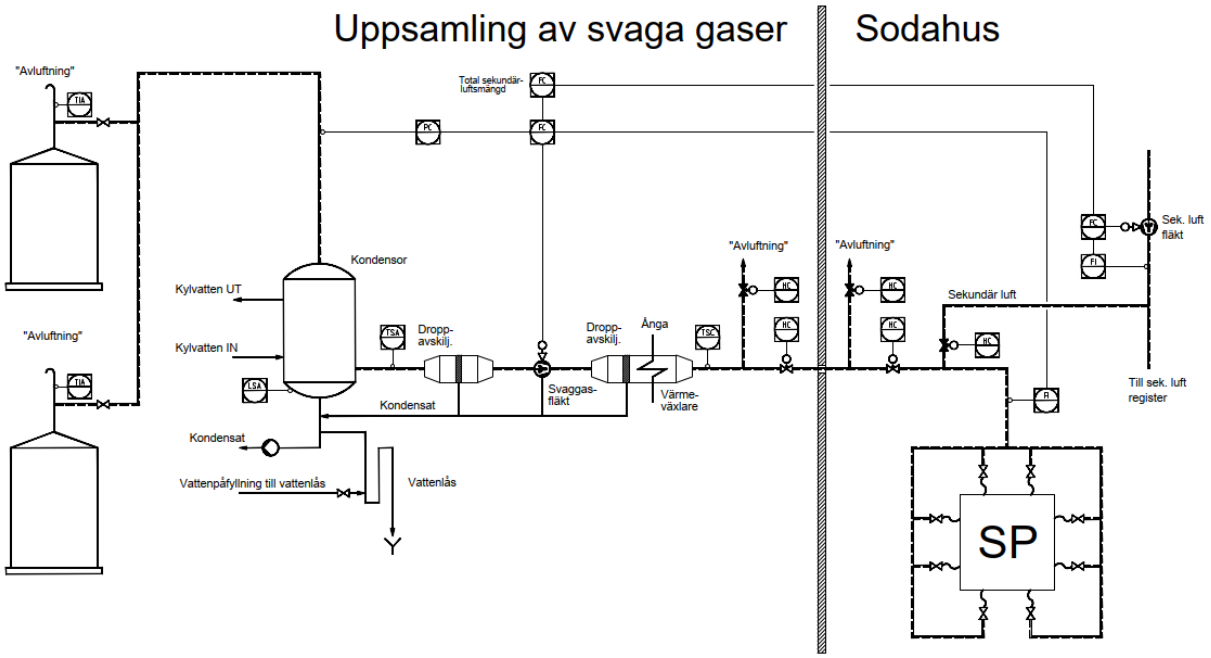
10 Figurer



Figur 1 Principschema för hantering av starka luktgaser, metanol och terpentin.



Figur 2 Exempel på destruktionsbrännare för starka luktgaser i en sodapanna.



Figur 3 Exempel på arrangemang av svaggassystem.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 17
Utgåva 3, januari 2022
(rev p. 4, oktober 2022)

Utformning och drift av kombinatet indunstning – sodapanna

I denna revision av rekommendationen har utrustning och processutformning av indunstningsanläggningen tagits bort.
Rekommendationen tar endast upp säkerhetsaspekterna i anläggningen för drifts- och underhållspersonal och de som måste beaktas med avseende på säkerheten vid sodapannan.

En trend är att allt högre tjocklutstorrhalter eftersträvas från indunstning till sodapanna. För att undvika skador och säkerhetsrisker kräver detta att ökad uppmärksamhet iakttas vad gäller systemutformning, materialval och driftövervakning.
Speciellt gäller detta vid komplettering/upptrimning av äldre anläggningar, som ursprungligen utformats med andra förutsättningar. När kompletteringen kommer till stånd kan det också vara så att maskinleverantörens ansvar begränsas till enbart nyinstallerade system och inte till helheten inkluderande äldre system. Följdverkningar kan bli kritiska, framför allt om tunn tvättvätska når sodapannan.
Valet av apparatur, system och körsätt, liksom lämpliga rekommendationer, beror mycket av tjocklutens torrhalt. Vid höga luttorrhalter kräver lutens höga viskositet så höga temperaturer för att vara pumpbar att man måste arbeta med trycksatt buffertlagring av tjockluten, eller med speciella metoder nedbringa tjocklutens viskositet. I dessa fall tillkommer ytterligare krav på tjocklutssystem och buffertlager som beskrivs i B 1.

När eldning av starkagaser, terpentin och metanol utförs vid sodapannan ställer det nya krav på säkerheten både vid sodapannan och i indunstningen.
Indunstning och sodapanna har ofta olika ansvariga befattningshavare och ansvarsfördelningen för drifts- som underhållspersonal måste beskrivas, dokumenteras och kommuniceras vad som gäller i gränsområdet indunstning/sodapanna.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2017:3, ”Användning av trycksatta anordningar”
AFS 2001:1, ” Systematiskt arbetsmiljöarbete”

Rekommendationer
B 1 Sodapannans konstruktion och utrustning
B 2 Säkerhet i sodahusbyggnader
B 5 Skyddsutrustning i sodahus
B 11 Torrhaltsbestämning på svartlut
B 16 Destruktionseldning och tillsatseldning i sodapannor
C 1 Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd.

Innehåll

1 Generella rekommendationer 4
1.1 Riskanalys 4
1.2 Delegering av arbetsuppgifter och ansvar för säkerheten 4
1.3 Tekniska säkerhetsåtgärder 4

2 Särskilda rekommendationer 5
2.1 Tjocklutretur till blandlutberedning 5
2.2 Lutretur vid indunstningens igångkörning och tvättning 6
2.3 Hopkoppling lutånga - färskånga 6
2.4 Askinblandning i lut 7
2.5 Destruktion av starkagaser,terpentin och metanol 7

3 Lagring av tjocklut i , tjocklut-,brännlutsistern 7

4 Materialval 7

5 Instrumentering 7

1 Generella rekommendationer

1.1 Riskanalys

Det åligger anläggningsägaren att låta utföra riskanalyser för användning av de tryckbärande anordningar, se AFS 2017:3 och för det systematiska arbetsmiljöarbetet, se AFS 2001:1. Eftersom konsekvenserna av för låg luttorrhalt till sodapannan kan bli förödande samt att tjocklutsystemet i övrigt innehåller flera allvarliga säkerhetsrisker måste riskanalysen för lutsystemet från indunstning till sodapanna göras ingående och omsorgsfullt.

Riskanalys med avseende på hantering/förbränning av gaser, terpentin och metanol samt för hantering av orena kondensat från anläggningen, se AFS 2001:1. Riskanalysen skall också genomföras för hela systemet från indunstningen till sodapannan för att minimera säkerhetsriskerna för förgiftning och explosioner i samband med underhåll och drift.

I den mån man vid riskanalysen identifierar risker som kan innebära att vatten eller tunn lut på grund av fel eller misstag kan föras till sodapannan, eller risker för brännskador, explosioner eller förgiftning av farliga media skall riskeliminering utföras med tekniska åtgärder och tydliga instruktioner.

1.2 Delegering av arbetsuppgifter och ansvar för säkerheten

Driftområdet indunstning – sodapanna berör ofta flera befattningsområden och det är därför viktigt för att undvika missförstånd som kan leda till svåra konsekvenser för personal och utrustning att ansvarsfördelningen är beskriven och klargjord.
För undvikande av misstag som kan innebära svåra konsekvenser vid sodapannan skall ansvaret för drift av sodahusets utrustning läggas enbart på sodahusets driftansvariga och driftoperatörer. All säkerhetsrelaterad utrustning i sodahuset, lager för brännlut (tjocklut) och förbränning av lut, gaser, terpentin och metanol skall ansvarsmässigt tillhöra sodahuset.
Ansvar för lut/gas/terpentin och metanol hantering inom indunstningsanläggningen samt att driftskraven för säker eldning är uppfyllda ligger på indunstningens driftsansvariga och driftsoperatörer.
Ansvaret och fördelning av arbetsuppgifter måste även vara fördelade och klargjorda mellan drifts- och underhållspersonal som vid underhåll och andra ändringar/ombyggnader i systemen.

1.3 Tekniska säkerhetsåtgärder

Av tekniska säkerhetsåtgärder rekommenderas generellt att:

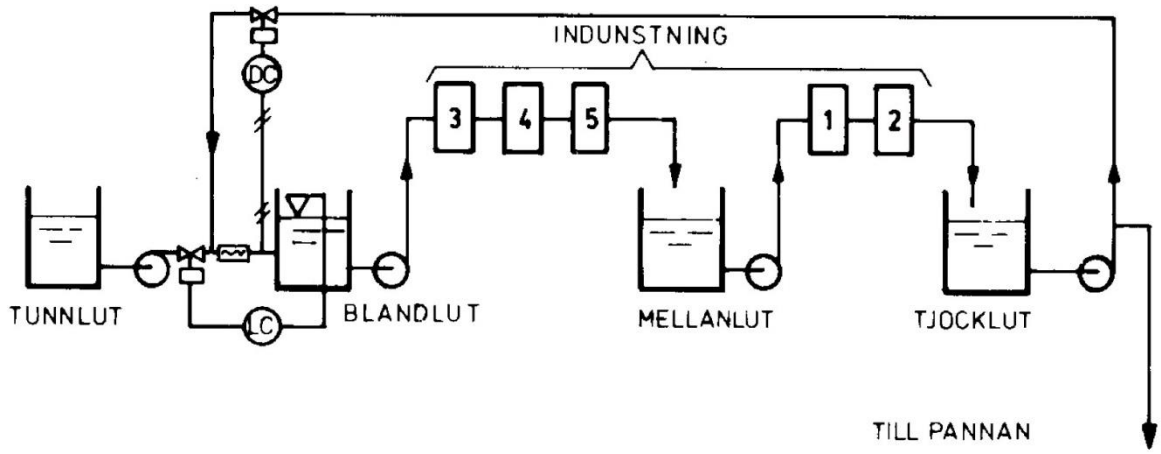
- Som yttersta säkerhet mot för låg torrhalt hos tjockluten till lagercistern ska finnas ett system av densitetsmätare alternativ refraktometer och med motsvarande krav på tillgänglighet, utformning och säkerhet som beskrivs för sodapannan i B 1.
- Olika typer av möjligheter till förbigång av säkerhetssystemet skall undvikas för att uppnå god säkerhet i drift och underhållsinsatser. Finns förbigångar skall dessa som minimum vara låsta och larmade eller förreglade.
- Anordningar och instruktioner för tvättning av slutförtjockare och tjocklutledningar skall vara utformade så att tvättvätska ej kan ledas till tjocklutslager.

- Fasta anslutningar av vatten eller ånga till tjocklut skall undvikas och det krävs särskilda säkerhetsanordningar om sådana anslutningar ändå görs, se rekommendation B1.
- I indunstningsanläggningens alla delar måste risker för heta och farliga media samt explosiva media som terpentin och starkagaser men även arbete i trånga utrymmen beaktas så att räddningsinsatser kan utföras effektivt, se rekommendationer enligt B 2 för sodapannan.

2 Särskilda rekommendationer

2.1 Tjocklutsretur till blandlutsberedning

Utformningen och kopplingen av indunstningsanläggningens cisternsystem kan ha stor betydelse för driftsäkerheten i sodahuset. För att motverka skumningsbesvär eller att bereda blandluten till rätt torrhalt för indunstningen blandas lutar med högre torrhalter till tunnluten. Om kopplingen är arrangerad enligt figur 1 kan tunnlut vid vissa tryckförhållanden tryckas in i tjockluten från tjocklutcisternen och lut med lägre torrhalt når sodapannan.



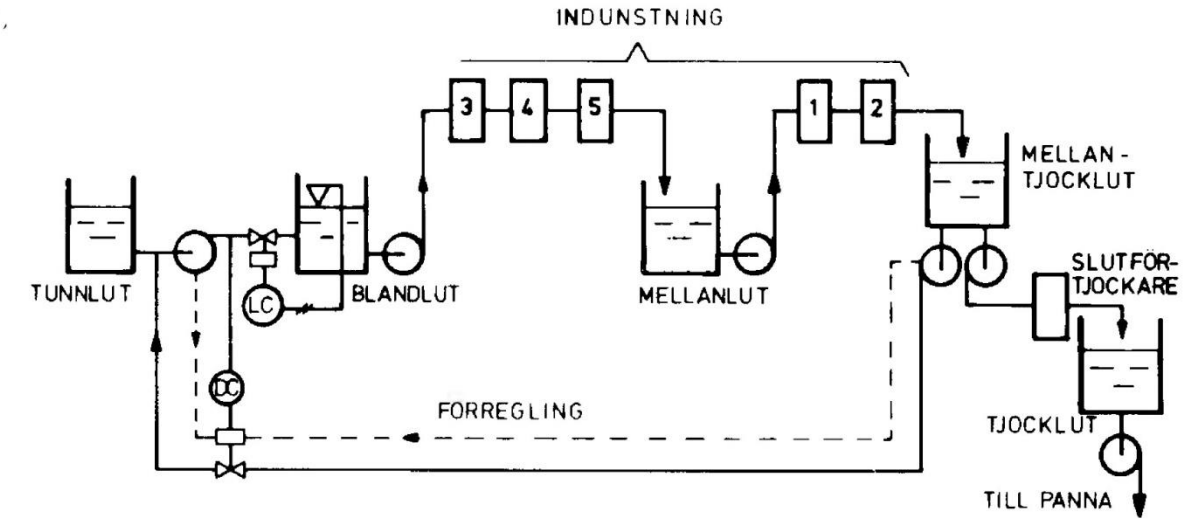
Figur 1 Exempel på riskabel koppling

En säkrare anläggning får man genom att blanda in tjockluten på tunnlutspumpens sugsida med en separat tjocklutspump för returpumpningen till tunnlut.
Vid stopp av tunnlutspumpen eller pumpen för returtjocklut stängs regulatorn DC alternativt installation av en separat avstängningsventil som är förreglade mot pumparna.

Ännu säkrare är att blanda in tjocklut från en separat bufferttank som fylls med tjocklut från t.ex. tjocklutcisternen.

Allra säkraste kopplingen är dock att välja en annan lut än tjocklut för blandlutsberedningen. De flesta fabriker har idag slutförtjockare tillförda mellantjocklut från en buffertcistern. Används denna lut också för blandlutsberedningen undviker man att tunn lut kan nå

sodapannan, samtidigt som indunstningsanläggningens kapacitet ökar genom att slutförtjockaren endast höjer brännlutens torrhalt.



Figur 2 Exempel på bra koppling

2.2 Lutretur vid indunstningens igångkörning och tvättning

När indunstningsanläggningen körs i gång eller tvättas håller dess utgående lutar lägre torrhalt jämfört med den normala tjockluten och skall därför pumpas till andra buffertcisterner, t ex till olika lut- och spillutcisterner.
Alla returledningar anslutna efter pumpen för utgående lut till sodapannan, måste utformas och säkerställas med avstängningsventiler och instrumentering så att tunnare vätska aldrig kan strömma i riktning mot brännlutssystemet och pannan.
Returrör till spillutcisterner från indunstningens tjocklutpump skall gå direkt till aktuella cisterner och skall inte anslutas till andra rör, som går till cisternerna. Man skall se till att det inte finns ett mottryck vid cisternerna, vilket t.ex. kan undvikas genom att rören förs in genom cisternernas tak, mynnande över vätskeytan och att lut ej kan föras tillbaka på grund av hävertverkan.
Dock skall observeras att om kallt vatten från t.ex. pumpgrop förs in i en ångfylld cistern kan vakuum uppstå i cisternen och orsaka hopsugning av cisternen, se rekommendation B 1.

2.3 Hopkoppling lutånga - färskånga

Förorening av färskångkondensat från lutkondensat eller lutar kan orsaka driftsstörningar i späd-/matarvattenberedning som kan resultera i risker vid sodapannan.
För att minska risken att färskångkondensat förorenas med lutkondensat skall färskångsystem inte kopplas ihop med lutångsystem. Ett exempel på sådan hopkoppling är när färskångkondensat expanderas och motsvarande (färsk)ånga leds till en kondensor dit även lutånga förs. Istället bör dubbla kondensorer installeras, en för vardera ångslaget.
Ett annat exempel är när utluftning av färskånga förs till ångrum där lutånga är huvudsakligt värmemedium. Eftersom man normalt bara behöver en obetydlig utluftning från färskånga bör denna strypas hårt och föras till atmosfären.

Färskångkondensat kan förorenas med lut exempelvis vid läckande värmeytor och därför skall ett system med vakt för ledningsförmåga och automatisk avstängning mot matarvattensystemet alltid finnas.
In läckage av rent lutkondensat är svårare att indikera men ofta erhålls onormala utslag på ledningsförmågemätare.
Mediasammankopplingar som t.ex. mellan färskånga, lut, vatten och luft behandlas mer ingående i rekommendation B 1.

2.4 Askinblandning i lut

Erfarenheten i vissa fabriker har visat att klumpbildning i rör, buffertcistern samt inkruster i indunstningen kan minimeras om askan blandas in vid relativt låg luttorrhalt (ex. 50 %), gärna som ett delflöde av sådan lut.

Om blandningssystemet vid ev. problem i indunstningen önskas omkopplat till ”tidigare körsätt” (= askinblandning i tjocklut av hög torrhalt), måste motsvarande röromkopplingar vara så säkert utformade, att varje tänkbar felkoppling som kan medföra att lut med låg torrhalt kan nå mixtanken förhindras (ex. dubbla ventiler med mellanliggande dränering och löstagbara ”passbitar” samt indikering/larm i manöverrum för ventilläge och/eller passbit).

2.5 Destruktion av starkagaser,terpentin och metanol

Destruktion av dessa media utförs i separat ugn eller i speciella system och brännare vid sodapannan som beskrivs i B 16.

3 Lagring av tjocklut i, tjocklut- brännlutcistern

Se rekommendation B 1.

4 Materialval

Se rekommendation i B 1, som ger rekommendationer för materialval i tjocklut- och brännlutcisterner samt för lutledningar.

5 Instrumentering

Det är av stor vikt att vatten/lut av lägre torrhalt än den normala tjockluten ej tillförs lager för brännluten eller till sodapannan. I rörsystemet mellan indunstning och tjocklutcistern bör tre densitetsmätare alternativt refraktometrar vara installerade och vid avvikelse mot normal torrhalt skall larm ges i både indunstningens- och sodapannans manöverrum.
Vid sinsemellan avvikande mätvärden mellan två av mätarna skall larm ges på samma sätt och åtgärd skall vidtas. Mätarna skall ej kunna by-passas och utformning görs enligt B 1.

Den ”yttersta säkerheten” för sodapannan uppnås enligt utförande i rekommendation B 1.

Rekommendation från
Sodahuskommittén
Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr B 18
Utgåva 3, mars 2025

Rekommendation för instrumenterade säkerhetssystem i Sodapannor, SIS (Safety Instrumented Systems)

Sodapannans säkerhetssystem, (SIS, Safety Instrumented System), är den del av pannans automatisering som när ordinarie processtyrsystem inte förmår att kontrollera situationen, skyddar pannan genom att försätta pannan i ett säkert tillstånd. Med farligt tillstånd avses driftsituation som kan orsaka skada på personal och utrustning. SIS inkluderar utrustning och installationer (till exempel logik, kablage, fält- och elektrisk utrustning) som behövs för uppbyggnad av säkerhetsfunktioner.

Rekommendation B18 är avsedd som vägledning vid planering, utformning, installation och användning av instrumenterade säkerhetssystem i sodapannor.
I rekommendation ges en översiktlig beskrivning av hur nyare säkerhetssystem för sodapannor skall vara utförda, med hänvisning till relevanta standarder.
Även ges generella rekommendationer om hur äldre säkerhetssystem för sodapannor skall vara utförda. Detta gäller hårdförtrådade system (reläsystem), omprogrammeringsbara system och icke omprogrammeringsbara system såväl som kombinationer av dessa systemtyper.

Rekommendationen ska inte ses som en komplett lista över de krav som ställs på sodapannors säkerhetssystem. Varje användare måste själv säkerställa genom egen riskanalys vilka ytterligare krav på sodapannors säkerhetssystem som finns.

I rekommendationen eftersträvas att för såväl definitionen av säkerhet, instrumentering, konstruktion, implementering, drift och underhåll, så långt som är tillämpligt följa branschstandarden SS-EN 61511eller den grundläggande standarden SS- EN 61508.

Befintliga säkerhetssystem, installerade före 2005, omfattas inte av SS-EN 61511, förrän deras säkerhetsfunktion, eller det de skyddar, förändras väsentligt.
Sodahuskommittén behåller därför delar av föregående utgåva av B18 som beskriver rekommendation för sodapannas säkerhetssystem av äldre modell.

Observera dock att Sodahuskommittén generellt rekommenderar att äldre säkerhetssystem byts ut eller moderniseras så att kraven i SS-EN 61511, SS-EN 50156 och SS-EN 12952 kan innehållas.

Eventuella lagar, förordningar och instruktioner och riktlinjer från behöriga myndigheter bör noteras och följas och är alltid överordnade rekommendationerna om diskrepans skulle föreligga.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2023:5 Tryckbärande anordningar

Standard
SS-EN 12952, Vattenrörspannor och hjälpinstallationer, del 7 - krav på pannas utrustning, del 1- krav på utrustning för vakter och säkerhetssystem för pannor och tillbehör

SS-EN 50156, Elutrustning för ugnar och pannor som eldas med fasta, flytande eller gasformiga bränslen

SS-EN 61511-1, -2, -3, Funktionssäkerhet – Säkerhetskritiska system för processindustrin

SS-EN 61508, Säkerhetsfordringar på elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska systems funktion

Rekommendationer

B 1, Sodapannans konstruktion och utrustning

B 8, Nödnedeldning och snabbtömning av sodapannor

B 12, Reservkraft

B13, Utrustning och säkerhetssystem för olje- och gaseldning i sodapannor (reviderad 2020).

B 14 Rekommendationer angående arrangemang av larm och indikeringar i manöverrum

Övrig information

SSG 2240 Säkerhetskritisk instrumentering enligt SS-EN 61511

SSG 2241 Användarhandledning säkerhetskritisk instrumentering enligt SS-EN 61511, *sammanfattar vilka krav som ställs på säkerhetssystem/ säkerhetsfunktioner inkl. de komponenter som behövs för att realisera dessa funktioner och beskriver metodiken för att utforma säkerhetsfunktioner i enlighet med SS-EN 61511.*

SIL i praktiken (IPS, Intressentföreningen för processäkerhet),
en handledning utgiven av IPS (Intressentföreningen för processäkerhet) som ger detaljerade råd om hur man bygger upp en väl fungerande instrumentering för säkerhetskritiska funktioner i processindustrin. Handledningen utgår från SS-EN 61511, och till viss del även från SS-EN 61508.

Sodahuskommiten.se/Rapporter, Slutrapport Riskanalys Fas 3, Kiwa, Björn Lundgren

Innehåll

1 Inledning 4
1.1 Sodapannans säkerhetssystem 4
1.2 Allmänt 4
1.3 Förkortningar 4
1.4 Ordlista 4
1.5 Standarder 5
1.6 Arbetsgång vid utformning av instrumenterade säkerhetssystem eller säkerhetsfunktioner 6
1.7 Andra sektorstandarder för processindustrin 7

2 Riskbedömning 8
2.1 Riskhantering 8
2.2 Riskreduktion 9
2.3 Bestämning av integritetsnivå (SIL-nivåbestämning) 10
2.4 Konstruktion av den instrumenterade säkerhetsfunktionen 10

3 Sodapannans säkerhetssystem 11
3.1 Säkerhetskritisk instrumentfunktion (SIF) 11
3.2 (SIS_1), hårdvara 11
3.3 SIS Mjukvara 12
3.4 Separation 12
3.5 Säkerhetssystemets fältutrustning 12

4 Instrumenterade säkerhetsfunktioner 14
4.1 Definierade Stopp-manövrar 15
4.2 Säkerhetsfunktioner med SIL-krav 16
4.3 Övriga säkerhetsfunktioner 30
4.4 Start och driftförreglingar 34
4.5 Ytterligare säkerhetsfunktioner från utökad riskanalys 35

5 Sodapannors säkerhetssystem, äldre modell 36
5.1 Säkerhetssystem, allmänna principer 37
5.2 Programmerbara säkerhetssystem 37
5.3 Användning av ett programmerbart, processorbaserat säkerhetssystem 37
Underhållsrutiner för datorbaserade säkerhetssystem 39

6 Bilagor 39
6.1 Bilaga 1, Förkortningar i SS-EN 61511-1 39
6.2 Bilaga 2, Ordlista 41

1 Inledning

1.1 Sodapannans säkerhetssystem

1.2 Allmänt

Krav på riskanalyser och riskhantering har formulerats i flera av Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Initialt har det varit tillräckligt att efter en genomförd riskanalys konstatera att det finns skydd mot identifierade faror.
Numera har utarbetats standarder och metoder för att på ett systematiskt sätt visa att vidtagna skydd tillsammans är tillräckliga för att eliminera risken för skador till en godtagbar nivå. En sådan metod erbjuds genom SIL- nivåbestämning, vilket behandlas i det följande.

Under 2017 – 2023 har Sodahuskommittén i ett uppdrag till Kiwa genomfört en studie kring sodapannors säkerhetssystem med mål att utarbeta en rekommendation anpassad till moderna föreskrifter och standarder och med målsättning att:

- Samtliga krav på säkerhetsfunktioner finns listade
- För varje säkerhetsfunktion anges vart kravet härrör från
- För varje säkerhetsfunktion beskrivs den riskfyllda händelsen den ska skydda mot
- För varje säkerhetsfunktion anges ett lägsta SIL-krav som Sodahuskommittén rekommenderar

Resultaten av denna studie framgår på Sodahuskommitténs hemsida / Rapporter.
Studien i rapporten hanterar en fiktiv panna och varje användare skall ta fram en egen riskanalys och utföra bedömning på den specifika pannan.

Ansvaret för implementering av sodapannans säkerhetssystem, SIS, åligger tillverkarna av utrustningen och de som implementerar sodapannas säkerhetssystem. Det är användarnas ansvar att tillse att SIS används och underhålls korrekt och med omsorg.

I rekommendation B13 beskrivs utrustning och krav på säkerhetssystem för oljeeldning.

I rekommendation B16, beskrivs Sodahuskommitténs rekommendationer för säkerhetssystem starka-/svaga gaser, metanol och terpentin.

Rekommendation B8, beskriver Sodahuskommitténs rekommendationer för säkerhetssystem för nödnedeldning och snabbtömning.

1.3 Förkortningar

Förkortningar som används i SS-EN 12952, se Bilaga 1.

1.4 Ordlista

Ordlista över vanligt förekommande termer och förkortningar se Bilaga 2.

1.5 Standarder

Sodapannan med alla dess hjälputrustningar skall vid nya installationer projekteras och tillverkas i överensstämmelse med EU direktiv 2014/68/EU. Direktivet har implementerats i svensk lagstiftning genom Arbetarskyddsstyrelsens föreskrift AFS 2016:1. Som ett sätt att uppfylla EU direktiv 2014/68/EU, vanligen kallat PED, har i fråga om ångpannors och sodapannors konstruktion och utrustning europastandardserien SS-EN 12952 utarbetats. Direktivet innehåller allmänna säkerhetskrav medan detaljerade säkerhetsanvisningar ges i standarder.
Standardens syfte är att ställa krav på de säkerhetskritiska systemen, så att man kan lita på deras förmåga att behålla processen i, eller föra den till ett säkert tillstånd.

Vissa standarder som SS-EN 12952 är harmoniserade mot tryckkärlsdirektivet vilket innebär att man förutsätts uppfylla direktivet om standarden åtföljs.

Beträffande instrumentering, elektrisk, elektronisk och elektronisk programmerbar utrustning hänvisar SS-EN 12952 vidare till SS-EN 50156 (som dessutom i vissa delar hänvisar till SS-EN 61508).
Serien SS-EN 61508, del 1-7, kan ses som grundläggande säkerhetsstandard för funktionssäkerhet hos ”elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska system”, oavsett tillämpning, d.v.s. utgör den centrala standarden för funktionssäkerheten hos styrsystem. Dock är inte SS-EN 61508 harmoniserad. Standarden införde begreppet SIL (Safety Integrity Level) och en metod för att använda dessa säkerhetsnivåer för att gradera riskerna och kraven på åtgärder för riskreducering.
SIL-nivåer, är diskreta nivåer för att definiera tillförlitlighet hos säkerhetsfunktioner som är elektriska, elektroniska eller programmerbar elektronisk utrustning. SIL-nivåerna är graderade i 4 steg från 1-4, varav 4 anger den högsta tillförlitligheten.

För att praktiskt tillämpa SS-EN 61508 inom olika branscher har sektorstandarder utvecklats. Standarden SS-EN 61511 är en sådan standard anpassad till processindustrin. Standarden består av 3 delar och är enklare att sätta sig in i. SS-EN 61511 tillämpar metoden med SIL på säkerhetskritiska system i processindustrin. Där införs begreppet Safety Instrumented System (SIS), för en kedja med utrustning som används för att implementera en säkerhetsfunktion.

Så länge man bygger sina funktioner av färdiga utrustningar och system på marknaden, enbart konfigurerar eller programmerar dessa med förenklade programspråk, d.v.s. integrerar färdiga utrustningar och system, täcker SS-EN 61511 tillämpningarna. Endast om man utvecklar egna utrustningar i sina säkerhetsapplikationer, eller vill använda sig av fri programmering i komplexa språk, behöver man tillämpa SS-EN 61508, något som följaktligen då gäller även leverantörer av instrumentutrustning,

Den första delen, SS-EN 61511-1 innehåller standardens krav. Del två och tre av SS-EN 61511 är informativa. Del två innehåller vägledning och exempel och del tre ger information om olika metoder för riskbedömning.

Standarden behandlar säkerhetssystemets hela livscykel, definierar krav för livscykelns olika faser från en ursprunglig riskanalys till design, installation, drift och slutligen skrotning av säkerhetssystemet.
Standarden ställer tydliga krav på organisation, ansvarsfördelning, kompetens och dokumentation.

Innan enskilda säkerhetsfunktioner specificeras ska generella säkerhetsstrategier i företaget säkerställas och en kvalitetssäkringsplan skall tas fram.

Tryckkärlsdirektivet förutsätter dock inte harmoniserade standarder för att en tillverkare skall kunna kvalificera sin personal och sina metoder. I avsaknad av harmoniserade standarder kan tillverkaren i stället behöva åberopa något tekniskt dokument som beskriver hur metodkvalificeringen och kompetensprövningen skall utföras för att motsvara direktivets krav. Detta tekniska dokument kan tillverkaren själv ha upprättat.
Tillverkaren skall dock ”ha låtit tryckbärande anordningar genomgå ett förfarande för bedömning av överensstämmelse med de grundläggande säkerhetskraven”, (AFS 2016:1, 10§).
I motsats till vad som gäller vid tillämpning av SS-EN-standarden, måste därför i sådana fall konstruktion och tillverkning redovisas och vid behov godkännas av ett ”ackrediterat kontrollorgan” (”notified body”), kvalificerat att utföra kontroll av tryckbärande anordningar. När det gäller tänkbara avvikelser från SS-EN-standarden i en anläggning, bör även dessa tas upp till diskussion med ett för kontroll av tryckbärande anordningar ”ackrediterat organ”.

Det finns formellt endast en tillverkare av en tryckbärande anordning. Tillverkaren ansvarar under en 10-årsperiod för konstruktion och tillverkning av den tryckbärande anordningen. Det är viktigt att i ett tidigt skede klargöra vem som är tillverkare och därmed har ansvaret. Tillverkaren måste ha den kompetens som krävs enligt PED för att få åta sig tillverkarrollen och CE-märka anläggningen enligt PED.

Exempel på några som kan vara tillverkare är rörentreprenören, maskinleverantören, processleverantören eller användaren av anordningen.

1.6 Arbetsgång vid utformning av instrumenterade säkerhetssystem eller säkerhetsfunktioner

Arbetsgången för att specificera enskilda säkerhetssystem (SIS) eller säkerhetsfunktioner (SIF) beskrivs i SS-EN 61511 och sammanfattas i SSG 2240 som nedan:

- Genomföra riskbedömning
- Välja skyddsbarriärer
- Bestämma erforderlig integritetsnivå (SIL) för de skyddsbarriärer som är elektriska/elektroniska
- Göra en säkerhetskravspecifikation (SRS)
- Utforma en instrumentfunktion (SIF) som matchar den erforderliga integritetsnivån och säkerhetsspecifikationen
- Installera instrumentfunktionen och ta den i drift
- Kontinuerligt verifiera säkerhetsfunktionerna under hela livscykeln

Grundläggande för standarden är:

- **Livscykelperspektiv** – varje fas vid utformning av en säkerhetsfunktions (SIF), från dess tillkomst till dess skrotning beskrivs med de krav som gäller för varje fas

- **Ledningssystem** - krav på ledningssystem, kompetens för projektdeltagare
  plan för ansvar och aktiviteter under livscykelns olika faser
  Alla personer som hanterar sodapannans säkerhetssystem, SIS, inklusive ledningsuppgifter, eller handläggning av säkerhetssystemets hårdvara, programvarusäkerhet under dess livscykel, bör ha lämplig utbildning, teknisk kunskap, erfarenhet och kompetens som är relaterade till deras specifika uppgifter.
  Deltagare och deras ansvar i de olika faserna i SIS-projekt, måste definieras i början av projektet som en del i en säkerhetsplan. SISs säkerhetsplan måste klargöra uppgifterna för de olika deltagarna, leveransbegränsningar (utrustning, dokument), deltagande i tester och idrifttagning.

  Våra bruk har idag omfattande ledningssystem för kvalitet och miljö och det bör därför vara möjligt att integrera standardens krav på ledningssystem i dessa.

- **Kvalitetssäkring** – olika former av granskning, verifiering och revision under och efter de olika faserna i projektet
  - validering
  - hantering av ändringar, verifiering, provning och revision ingår, liksom uppföljning och avslutning av åtgärderna.

- **Dokumentation** – tydliga krav på dokumentation av olika faser i projektet.
  En väsentlig del av utformningen av SIS är att skapa dokumentation som möjliggör att kunna spåra systematisk verifiering och acceptans av SIL-krav.
  Verifiering måste tillämpas efter varje fas under projektarbetet och övergripande acceptans bör ske vid anläggningen före uppstart.

- **Riskanalys** – utformning av en SIF utgår från riskanalys och SIL- nivåbestämning.
  Hela den säkerhetskritiska funktionen från givare, logik manöverdon omfattas av SIF.

- **Säkerhetskravspecifikation (SRS) -** För varje SIF ska säkerhetskraven dokumenteras

- **Integritetsnivåer** – en SIFs förmåga till riskreduktion definieras i fyra SIL-nivåer

- **Tekniska krav –** specifika krav på val av utrustning, utformning av hård-och mjukvara.
  - provning av SIS-komponenter

1.7 Andra sektorstandarder för processindustrin

Det existerar även andra sektorstandarder för processindustrin.
En standard som ofta tillämpas mot maskindirektivets krav är SS-EN 62061. Denna standard är inte avsedd att tillämpas på trycksatta anordningar. SS-EN 62061 är utformad för säkerhetsfunktioner med hög anropsfrekvens något som ofta gäller för maskiners säkerhetsskydd. Anropsfrekvensen har betydelse för bland annat testning av

säkerhetsfunktioner.

I sodahuset förekommer en hel del maskiner, som pumpar, fläktar, transportörer, mm.

- SS-EN 62061 är lämplig att tillämpas vid risker från maskiner direkt mot person.
- SS-EN 61511 tillämpas för skydd mot maskinens effekter i processen (tryck, temperatur).

2 Riskbedömning

Säkerhetskrav, angivna som SIL-nivå hos säkerhetsfunktioner, ska definieras baserat på riskanalys. Den mest utbredda metoden för definitionen av säkerhetsnivå är en riskgraf i enlighet med SS- EN 61508 och SS-EN 61511. Metoden bygger på riskbedömning, där konsekvenser och sannolikhet för exponering av faran bedöms när SIS inte används.

Inneboende faror eller riskkällor som förekommer i sodahusanläggningar är exempelvis inneslutna höga tryck och temperaturer, hantering av heta och frätande eller giftiga kemikalier, osv. Dessa faror ger upphov till risker för skador på människor och egendom. Risken (R) brukar definieras som produkten av sannolikhet (S) för skadans uppkomst och konsekvens (K) av skadan.

För att utvärdera riskers betydelse ska olika farosituationer och deras sannolikhet och konsekvens beaktas, samt avgöras vilken grad av risk som anses tolerabel.

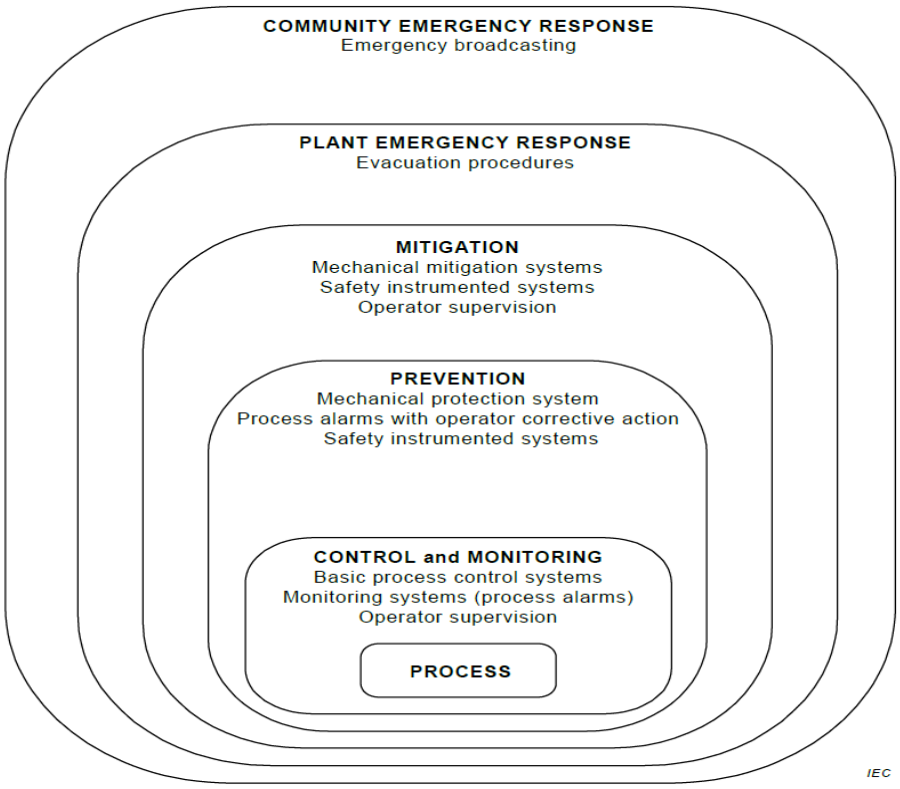
2.1 Riskhantering

Riskhantering syftar till att minska risken genom begränsning och kontroll av identifierade faror.
Nödvändig riskreduktion kan uppnås genom att:

- den grundläggande faran undanröjas, exempelvis genom att välja annan teknisk lösning, ersätta en farlig kemikalie mot en mindre farlig, osv

- minska sannolikhet för olyckshändelse genom att förebygga och förhindra faran att utvecklas till en olycka, exempelvis med olika mekaniska säkerhetsrelaterade system (SRS), som säkerhetsventiler, sprängbleck. SRS kan även inkludera instrumentella säkerhetssystem (SIS) för elektrisk, elektronisk eller programmerbar elektronik (E / E / PE). (Förkortningar hänvisar till standard SS-EN 61508 och SS-EN 61511).

- minska olyckans konsekvenser genom barriärer som begränsar och lindrar skadan, som brandskydd, skyddsutrustning, invallningar, utrymningsplaner, begränsade rörelseområden, instruktioner mm



Figur 1; Typiska skyddslager och riskbarriärer (se SS-EN 61511-1)

2.2 Riskreduktion

Vid bedömning av processens risk tar man även hänsyn till den riskreducering som det normala processtyrsystemet (BPCS) bidrar med. SS-EN 61511 begränsar nivån för processtyrsystemets bidrag till riskreducering (till en faktor 10).
Nödvändig riskreducering är den minsta riskreducering som måste åstadkommas för att uppnå tolererbar risk. Den nödvändiga riskreduceringen kan åstadkommas av en, eller av en kombination av sinsemellan oberoende riskreduceringsåtgärder.

Förmågan till riskreduktion hos en viss säkerhetskritisk instrumentfunktion anges av dess SIL-integritetsnivå. Standarden SS-EN 61511 definierar fyra SIL-nivåer, varav den lägsta nivån 1 ger er riskreduktion mellan 10 och100 och varje steg därutöver ökar riskreduktionen med en faktor 10.
Om flera barriärer finns fördelas riskreduktionen mellan dessa och den återstående risken bestämmer vilken SIL-nivå som instrumentfunktionen behöver svara för, dvs vilken SIL-nivå som krävs.

Ett annat sätt att ange förmågan till riskreduktion är att ange riskreduceringsfaktorn (RRF). Antag att en skyddsbarriär fungerar 999 ggr av 1000, dvs den reducerar risken till 1/1000. Riskreduceringsfaktorn, RRF, i detta exempel blir alltså 1000. Barriärens tillgänglighet avgör dess förmåga till riskreduktion.

2.3 Bestämning av integritetsnivå (SIL-nivåbestämning)

Det finns i princip tre olika typer av metoder för att bestämma integritetsnivå:

- Matrismetoder – kvalitativa metoder.
- Säkerhetsbarriäranalys (LOPA) – semikvantitativ metod.
- Felträd och händelseträd – kvantitativ metod (se EN 50156:2015 eller EN 61511).

Säkerhetsfunktioner (SIF) behandlas i SS-EN 61508 och SS-EN 615 11.
Standarden SS-EN 61511 är anpassad till processindustrin inom ramen för SS-EN 61508
Övriga tillämpliga standarder som behandlar säkerhetssystem, se SS-EN 764, SS-EN 50156.

I ett säkerhetskritiskt instrumentsystem (SIS), se avsnitt 3, ingår en eller flera säkerhetskritiska instrumentfunktioner (SIF), som ofta har någon gemensam del eller betjänar samma processavsnitt. Logikdelen och manöverdon kan vara gemensamma för flera SIF. Det är mer sällan som givare är gemensamma för flera SIF. Det är en fördel om man delar upp sina funktioner så att ett SIS omfattar alla SIF inom ett avgränsat processavsnitt.

Det ordinarie styr- och reglersystemet håller vid normal drift processen inom säkra gränser genom att mer eller mindre automatiskt styra processvariabler, såsom tryck, nivå, temperatur, flöde med mera. Processtyrsystemet kan inte användas för SIF med en riskreduktion mer än 10 ggr. Orsaken är att SIF ska vara oberoende från ordinarie processtyrning.

2.4 Konstruktion av den instrumenterade säkerhetsfunktionen

Efter utförd riskanalys, exempelvis med hjälp av riskgraf i enlighet med SS-EN 61511har erforderlig säkerhetsnivå, SIL-nivå bestämts för en instrumenterad säkerhetsfunktion.
Nästa steg blir för instrumentkonstruktören att realisera säkerhetsfunktionen med all utrustning som behövs för dess uppbyggnad (givare, kablage, fält- och elektrisk utrustning och logik). Den uppnådda säkerhetsnivån skall härvid verifieras.
Standarden SS-EN 61511 anger beräkningsmodeller för detta arbete. För enkla funktioner tillämpas formler ur sannolikhetsläran, medan för mer komplicerade sammansatta funktioner finns särskilda beräkningsprogram.
Begrepp som riskreduktionsfaktor, RRF, sannolikhet för farligt fel vid anrop PFD, otillförlitligheten,
PFH (felfrekvens/timme) är viktiga begrepp i dessa beräkningar liksom felsäkerhetskvot SFF.

Felsäkerhetskvot, SFF, är ett begrepp som beskriver hur felsäker utrustningen är.
Att man i säkerhetskritiska system eftersträvar val av certifierade och provade säkerhetsutrustningar (givare, reläer, PLC m.m.) är att få en hög grad av felsäkerhet.

3 Sodapannans säkerhetssystem

Sodapannans säkerhetssystem, (SIS, Safety Instrumented System), är, som inledningsvis konstaterats, den del av pannans automatisering som skyddar pannan från att komma i farligt tillstånd, eller som i farligt tillstånd kontrollerar och försätter pannan till ett säkert tillstånd. Med farligt tillstånd avses driftsituation som kan orsaka skada.
SIS (kan vara fler än ett system) ska omfatta alla nödvändiga instrumenterade säkerhetsfunktioner för att förhindra farliga tillstånd eller skador på person eller utrustning. SIS inkluderar utrustning och installationer (till exempel logik, kablage, fält- och elektrisk utrustning) som behövs för uppbyggnad av säkerhetsfunktioner.

En väsentlig del av utformningen av SIS är att skapa dokumentation som möjliggör att kunna spåra systematisk verifiering och acceptans av SIL-krav.

Beträffande säkerhetssystem ställs i SS-EN 12952, Part 7, avsnitt 4.5, krav på att tillämpa SS-EN 50156-1, (val och användning) och att bestämma en adekvat SIL-nivå för respektive säkerhetsfunktion. Det är behovet av riskreduktion som ska bedömas. Risk är produkten av skadans omfattning och dess sannolikhet. Dessa två parametrar behöver därför skattas.

Beträffande sodapannors säkerhetssystem av äldre modell, se avsnitt 5.

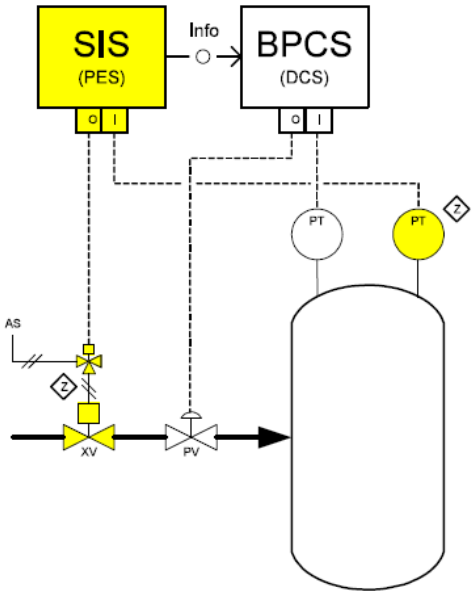
3.1 Säkerhetskritisk instrumentfunktion (SIF)

En säkerhetskritisk instrumentfunktion är en instrumentfunktion som är avsedd att uppnå eller upprätthålla processens säkra läge i förhållande till en specifik farlig händelse. En SIF ska vara oberoende av ordinarie processtyrning och realiseras i det säkerhetskritiska instrumentsystemet. En sådan funktion kan därför aldrig implementeras i det ordinarie processtyrsystemet, (BPSC), se avsnitt 3.4.

För att uppnå erforderlig integritetsnivå, kan en säkerhetsfunktion behöva kompletteras med ytterligare säkerhetsfunktioner. Detta innebär, till exempel för stopp av primärluftfläkten, att förutom säkerhetsfunktionen som stoppar fläktens motor, leder ytterligare en säkerhetsfunktion luftspjällen till ett stängt (säkert) läge.
Reglering och kontrollåtgärder som inte har säkerhetskrav implementeras i processtyrsystemet.

3.2 (SIS_1), hårdvara

Säkerhetssystemet måste vara oberoende av det ordinarie processtyrsystemet.
Processtyrsystemet kan anslutas till säkerhetssystemet för att ta emot information, genom till exempel bussanslutningar eller hårddisk. En separat SIS-enhet betyder en separat logik eller en (integrerad) logik som har byggts med separata styrsystemkomponenter och innehåller endast de åtgärder som är avsedda för säkerhetsfunktioner.
Givare med kretsar relaterade till SIS kopplas först till SIS_1, varifrån mätdata för indikering, rapportering, styrning leds till processtyrsystemet antingen direkt genom buss, genom en 1/1 transformator eller med ytterligare utgångar från SIS_1.
SIS_I implementeras med den definierade högsta integrerade säkerhetsnivån baserad på riskanalysen.



3.3 SIS Mjukvara

Säkerhetssystemets mjukvara framtas och uppbyggs enligt beskrivning i SS- EN 61508 och SS-EN 61511.

3.4 Separation

En grundregel är att säkerhetskritiska instrumentfunktioner ska separeras från icke säkerhetskritiska, som övervakning, styrning och reglering.

- SIS eller SIF kan aldrig implementeras i ordinarie styrsystem (BPCS som inte har någon separat certifierad felsäker del).
- SIS eller SIF ska inte dela utrustningar som givare och ventiler med ordinarie styrsystem
- Säkerhetssystemet (SIS) ska enbart användas till säkerhetskritiska funktioner.
- Insignaler från givare och utsignaler till manöverdon ska överföras direkt till/från SIS inte hämtas eller först bearbetas via styr och reglersystem (BPCS).

3.5 Säkerhetssystemets fältutrustning

För fältutrustning allmänt, är det nödvändigt att uppmärksamma de krav på redundans och tillförlitlighet som krävs för funktion och upprätthållande av säkerhetsintegritetsnivåerna (SIL-nivå).
Vid specificering av fältutrustningen måste man också beakta möjligheten till periodiska tester under drift.
SISs säkerhet (sensorer - logik - ställdon) bör kontrolleras med hjälp av en beräkningsanalys, för att säkerställa att integritetsnivån som definieras med hjälp av riskanalysen uppnås, med valda utformningar av säkerhetsfunktioner (SIF), se SS-EN 61511 för detaljer.
Fältutrustning bör vara certifierad och avsedd för användning i säkerhetssystem.

3.5..1 Givare

Givare sensorer och vakter ska uppfylla kraven i SS-EN 12952-11.
De bör i första hand vara certifierade avsedda för användning i säkerhetssystem. Vid användning av vanliga givare bör mätningarna genomföras med hjälp av jämförelseprincipen 2/3 för att uppnå så hög tillgänglighet som möjligt.
Vid användning av givare med högkvalitativ självdiagnostik uppnås en högre integritetsnivå och användbarhet med hjälp av två givare och 1/2 -princip. Två separata signaler, mätsignal och diagnossignal, kan erhållas med säkerhetsgivare. Diagnossignalen ger information om givarens tillstånd. Det blir då inte nödvändigt att försätta anläggningen till ett säkert tillstånd på grund av ett givarfel, den uppgiften överförs till den andra givaren och operatören varnas för felstillståndet. Den felande givaren måste bytas ut inom en viss tidsperiod.

3.5..2 Tryckknappar och omkopplare

Tryckknappar för nödstopp (EMD) skall vara svampformade, röda i färg, utrustade med ett tillräckligt polantal. Knapparna måste låsas när de trycks in. Knapparna i fält måste vara markerade så att det är klart vilken effekt nödstoppsknappens användning kommer att ha. Knappen ska vara tydligt synlig från minst 10 meters avstånd. Den brytning som aktiverats av nödstoppsknapparna bekräftas med en separat kvitteringsknapp i kontrollrummet.

3.5..3 Ventiler

Ventiler anslutna till SIS-kretsar måste vara utrustade med fjäderretur. Ställdonets körriktning måste väljas på ett sådant sätt att fjäderkraften leder ventilen till ett säkert tillstånd medan tryckluften lämnar ställdonet.
Omkoppling till säkert tillstånd initieras med en pilotventil (magnetventil), kopplad till ställdonet. Magnetventilen när den är frånslagen släpper ut trycket från ställdonet, och fjädern tvingar ventilen till ett säkert tillstånd. Det ska inte vara möjligt att manuellt styra magnetventilerna.
Ställdon med "Fjäder stänger" används som brandventiler och ESD-ventiler medan ställdon med funktion "fjäder öppnar" används som ventilations- / tryckventiler. Brandventiler och ESD-ventiler måste uppfylla kraven i mediet.
Avstängningsventiler för matarvatten, huvudångledning, startventil och snabbtömningsventiler är traditionellt elektriskt drivna och ska utrustas med en säkrad hjälpförsörjning.

3.5..4 Pumpar och fläktar

För manövrering av pumpar och fläktar används ofta motorkontaktorer, frekvensomformare eller effektbrytare***. De säkerhetshetsrelaterade utlösningskretsarna och de styrsystemrelaterade manöverkretsarna skall vara helt separerade och oberoende av varandra.***
Utlösningskretsarna skall vara felsäkra och konstrueras i enlighet med i riskbedömning erhållen SIL-nivå. De styrsystemrelaterade manöverkretsarna bör så långt som möjligt vara viloströmskopplade. Återföring av manöverdelarna och/eller motordrifternas erhållna lägen, position eller rotation bör återkopplas till styrsystemet så att dessa kan verifieras och övervakas.

3.5..5 Motorventiler

För manövrering av större ventiler för ånga, matarvatten, förbränningslufts- eller rökgassystem används ofta elektriska manöverdon bestående av ett elektriskt ställdon och

nödvändiga stödsystem såsom anslutning till ett UPS-system med tillhörande el-komponenter.
Grundprincipen är att manöverdonets säkerhetshetsrelaterade utlösningskretsar och de styrsystemrelaterade manöverkretsarna skall vara helt separerade och oberoende av varandra.
För att det elektriska ställdonet skall erhålla säkert läge då utlösningskretsarna aktiveras, krävs oftast anslutning till externt UPS-system med tillräcklig kapacitet för att möjliggöra manöver till säkert läge. Konstruktionen av manöverdonets säkerhetsfunktionalitet skall utföras i enlighet med i riskbedömning erhållen SIL-nivå och inkludera nödvändiga stödsystem. Återföring av manöverdonets verkliga läge, position, moment eller temperatur bör återkopplas till styrsystemet så att dessa kan verifieras och övervakas.

.

3.5..6 Säkerhetsbrytare

Både motorer och motorventiler ska utrustas med normala säkerhetsbrytare.

3.5..7 Spänningsförsörjning

Säkerhetssystem skall vara säkrat med avbrottsfri kraft, se rekommendation B 12. Där stipuleras att citat:
”Säkerhetssystem ska ha separat och avbrottsfri spänningsmatning för bibehållen funktion under minst 60 minuter.
I de fall programmerbara säkerhetssystem användes skall systemminnet vara beständigt, alternativt skall systemet vara försett med egen batterireserv för 7 dygns bevarande av minnet.

Huvudförsörjningen för säkerhetsrelaterade ställdon och motorventiler, samt övriga fältutrustning som givare mm måste vara anordnade med avbrottsfri reservkraft (t.ex. diesel och UPS).
UPS-säkert nätverk måste vara utformat på ett sådant sätt att det kan hålla systemet igång i 60 minuter.”

4 Instrumenterade säkerhetsfunktioner

Sodapannans säkerhetssystem, pannskyddet, består av flera säkerhetsfunktioner, SIF som är anpassade till olika tillstånd och driftlägen för pannan. SIF är baserade på definierade värden och tillstånd. När villkoren för pannans säkerhetsfunktioner är uppfyllda kan pannan startas och/eller förbränningen fortgå.

En detaljerad sammanställning av faror, risker och erforderliga SIL-integritetsnivåer framgår av den riskanalys för den fiktiva Sodapannan som utförts av Sodahuskommittén i samarbete med Kiwa Technical Consulting.
För detaljer om tillämpad metodik i denna studie samt för redovisning av resultat hänvisas till Rapporter på Sodahuskommitténs hemsida.

2016-1: Riskanalys Sodapanna Fas 1
2017-1: Riskanalys Sodapanna Fas 2 Bilaga 1 Checklista Excel-fil
2023-3: Riskanalys Sodapanna Fas 3, slutrapport

Nödvändiga säkerhetsfunktioner som anges i den harmoniserade standarden SS-EN12952, eller identifierats i riskanalys förtecknas i det följande. Avsnittshänvisningar inom parentes

avser hänvisning till standarden om inte annat anges.

4.1 Definierade Stopp-manövrar

I förteckningen över säkerhetsfunktioner (SIF) används ett antal begrepp för att beskriva ***sammansatta säkerhetsfunktioner*** (Stopp-manövrar) som består av flera enkla SIFs. Detta är framför allt aktuellt för olika typer av nödstopp och avbrott i eldningen.

Beskrivna Stoppfunktioner eller manövrar överensstämmer i huvudsak med och är hämtade från rapport KIWA Fas 3. (Inom parentes har angetts några benämningar som är vanligt förekommande vid våra bruk). Stoppfunktionernas säkerhetsfunktioner (SIFs)framgår av följande beskrivningar i avsnitt 4.2.

4.1..1 Nödnedeldning

Aktivering av pannans nödnedeldningssystem ska försätta pannan i säkert läge, samt säkerställa att pannan görs klar för snabbtömning. Nödnedeldning indelas i två steg, beskrivna i rekommendation B8.

4.1..1.1 Nödstopp

4.1..1.2 Förberedelse för snabbtömning

4.1..2 **Stopp Förbränning (”panntripp”)**
Stopp förbränning innebär att all förbränning av alla bränslen avbryts automatiskt, genom att tillförsel av bränslen och förbränningsluft avbryts.

4.1..3 **Stopp allt bränsle (”bränsletripp”)**
Eldning avbryts genom att all bränsletillförsel avbryts. Rundcirkulation av bränsle möjlig.

4.1..4 Stopp all destruktionseldning
Förbränning av stark-och svaggaser, metanol och terpentin avbryts

4.1..5 **Stopp Lut Bränsle**
Funktionen innebär snabbstängning av brännlut till eldstaden

4.1..6 Stopp Förbränningsluft

Tillförsel av all förbränningsluft avbryts

4.1..7 Stopp Lut Bränsle

Stopp lutbränsle innebär att förbränning av brännlut och destruktionseldning avbryts. Däremot kan, beroende på orsak till avbrottet, oljeeldning kunna fortgå. Ett sådant exempel är otillåtet låg luttorrhalt på brännlut som avbryter brännlutstillförsel och därmed destruktionseldning, men där oljeeldning fortfarande skulle kunna ske.
”Stopp Lut Bränsle” med rundcirkulation innebär Stängning av dubbla avstängningsventiler mellan ringledning och varje lutspruta.

4.1..8 Stopp lutcirkulation

I de fall inte rundcirkulation av brännlut tillåts kompletteras ”Stopp Lut Bränsle” med ”Stopp Lutcirkulation”, som innebär Stopp brännlutpump och stängning av avstängningsventil på brännlutledningens stam.

Man kan om det föredras alltid tillämpa ”Stopp Lut Bränsle” tillsammans med ”Stopp lutcirkulation” och välja att återstarta brännlutpump och rundcirkulation om startvillkoren för detta är uppfyllda.

4.1..9 Stopp Startolja Bränsle

Stopp med dubbla avstängningsventiler på varje startoljebrännare

4.1..10 Stopp Starkgasbrännare Bränsle

- Stopp dubbla avstängningsventiler Starkgas
- Stopp dubbla avstängningsventiler Metanol
- Stopp dubbla avstängningsventiler pilotbrännare

4.1..11 Stopp matarvatten

Innebär stopp av matarvattentillförsel till pannan.

4.1..12 Stopp utgående ånga

Stänger pannas utgående ångventil

4.2 Säkerhetsfunktioner med SIL-krav

För ett antal av de sammansatta säkerhetsfunktionerna (stopp manövrar) som definierats ges även förslag till förenklade SRS (Säkerhetskravspecifikation) för säkerhetskretsar, gjord enligt en enkel mall ”Sammanställning av SRS för SIF”.
I dessa SRS framgår dels orsak till anrop av viss SIF, dels vilken funktion/avsäkring som ska vidtas.
Erforderliga SIL-nivåer ska beräknas. För vissa SIF har viss SIL-nivå rekommenderats. För vissa säkerhetsfunktioner krävs en hög minsta nivå, för att säkerställa att även sammansatta SIF ska kunna uppnå tillräcklig SIL-nivå. I en fullständig SRS skall även anges vilka anläggningsspecifika instrument- och elkretsar som ska verkställa stopp.
Hänvisningar i det följande sker främst till SS-EN 12952-7,- 8, samt förkortat till Sodahuskommitténs rekommendationer med beteckning, exempelvis B1, B8, etc.

4.2..1 Nödnedeldning (SS-EN 12952-7, Annex A 3.1

Beträffande Nödnedeldning, se rekommendation B 8.

Aktivering av pannans nödnedeldningssystem ska försätta pannan i säkert läge, samt säkerställa att pannan görs klar för snabbtömning. Nödnedeldning skall aktivera

- Stopp förbränning

- Sopp allt bränsle
- Stopp förbränningsluft nedre del ugn
- Sopp matarvatten
- Stopp ångsotning
  Förberedelse för snabbtömning

För att möjliggöra SIL-verifiering av denna funktion har **Nödnedeldning**, se Slutrapport Kiwa, uppdelats i delmoment**, Nödstopp** och **Förberedelse för snabbtömning**

SIF Beteckning	**Nödnedeldning**
SIF Nr	1.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, Appendix A, B8
Funktion/Vad avsäkras	➢ Nödstopp av pannan ➢ Förberedelse för snabbtömning
Orsak till anrop	○ Nödstopp (Aktivering av nödnedeldningsknappen) ○ Domnivån under lägsta tillåtna nivå ○ Eldstadstrycket över det fastställda högsta värdet
Andra oberoende skyddsbarriärer	Utrymning av pannhus. Manuella avstängningsventiler utanför sodahus Manuell kontroll och manövrering av funktioner
Säkert läge	Samtliga delfunktioner i säkert läge. Sodahuslarm aktiverat, ventiler och elkraft stängd
SIL för SIF	Rekommenderas SIL ≥2
Kommentar	Nödnedeldning skall nödstoppa pannan genom avbrott i förbränning samt ombesörja att pannan görs klar för snabbtömning. Reglerventiler får ej nyttjas för avstängning. Nödnedeldningens förlopp skall övervakas från särskild nödnedeldningspanel. I de fall automatisk avstängning fallerar skall samtliga funktioner kunna utföras manuellt utanför sodahuset antingen med snabbstängningsventiler eller särskilda avstängningsventiler. Dessa nödfunktioner innebär en skyddsbarriär vid bestämning av SIL-nivå

4.2..2 **Nödstopp** (SS-EN 12952-7,-8)

Nödstopp skall finnas för:

- Snabbstängning av pannan genom aktivering av nödnedeldningssystem, (12952-7, Annex A 3)
- Snabbstängning av tillförsel av brännlut, 12952-8, Annex A 2

- Snabbstängning av luktgaser inkl. metanol, terpentin, se 12952-8, Annex A 3.3.4

Utgör delmoment i Nödnedeldning och innebär att pannan nödstoppas. Med dessa åtgärder avbryts all eldning och det formella kravet på Nödstopp anses uppfyllt.

SIF Beteckning	**Nödstopp**
SIF Nr	2.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, Appendix A, B8
Funktion/Vad avsäkras	➢ Aktivering sodahuslarm ➢ Stopp förbränning o Stopp allt bränsle o Stopp lutcirkulation o Stopp oljecirkulation o Stopp förbränningsluft ➢ Stopp matarvatten ➢ Stopp sotånga
Orsak till anrop	o Nödstopp (Aktivering av nödnedeldningsknappen) o Domnivån under den lägsta tillåtna nivån (rekommendation B 6) o Eldstadstrycket över det fastställda högsta värdet
Andra oberoende skyddsbarriärer	Utrymning av pannhus. Manuella avstängningsventiler utanför sodahus Manuell kontroll och manövrering av funktioner
Säkert läge	Samtliga delfunktioner i säkert läge. Sodahuslarm aktiverat, ventiler och elkraft stängd
SIL för SIF	Rekommenderad SIL ≥2
Kommentar	Nödstopp skall avbryta all förbränning och försätta pannan i säkert läge

4.2..3 Förberedelse för snabbtömning

Delmoment 2 i nödnedeldning. Dessa åtgärder är vid SIL-verifiering att anse som processrelaterade manövrar som syftar till förberedelse för snabbtömning av pannan. Genom att programmera dessa manövrar i säkerhetssystemet, SIS, erhålls rimlig säkerhetsnivå.

SIF Beteckning	**Förberedelse för snabbtömning**
SIF Nr	3.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, Appendix A, B8
Funktion/Vad avsäkras	➢ Elfiltren görs spänningslösa ➢ Elfiltrens mekaniska drifter stoppas ➢ Asktransportör till sulfatblandartank stoppas ➢ Täckningskemikalier till sulfatblandartank stoppas o Ventil stängs o Pump stoppas ➢ Sodapannans huvudångventil stängs ➢ Ventiler för utblåsning eller dränering av pannan stängs (kontinuerlig och diskontinuerlig utblåsning, bottenblåsning). ➢ Sotningssystemets huvudångledning stängs ➢ Stängning av vatten till ångkylare av insprutningstyp
Orsak till anrop	o Aktivering av nödnedeldning
Andra oberoende skyddsbarriärer	Utrymning av pannhus. Manuella avstängningsventiler utanför sodahus Manuell kontroll och manövrering av funktioner
Säkert läge	Samtliga delfunktioner i säkert läge. Sodahuslarm aktiverat, ventiler och elkraft stängd
SIL för SIF	Rekommenderad SIL≥2
	Aktivering av Nödnedeldning ska jämte ”Nödstopp” aktivera manöver ”Förberedelse för snabbtömning”

4.2..4 Stopp Förbränning

Stopp förbränning innebär att all förbränning av alla bränslen avbryts automatiskt, genom att tillförsel av bränslen och rundcirkulation av bränslen, samt förbränningsluft avbryts.
Vädring ska ske med tertiär- och kvartärluft. Eftersom explosiva gaser avgår från bädden skall spänning till elektrofiltren halveras, (SS-EN 12759), alternativt brytas för undvikande av gasexplosion eller brand i elektrofiltren.

SIF Beteckning	**Stopp förbränning**
SIF Nr	4.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, Appendix A, C1, B1
Funktion/Vad avsäkras	➢ Stopp förbränning ○ Stopp allt bränsle ▪ Snabbstängning brännlut ▪ Stopp oljeeldning ○ Stopp rundcirkulation brännlut ○ Stopp rundcirkulation olja ○ Stopp destruktionseldning ○ Stopp förbränningsluft ○ Vädring med kvartär o tertiärluft ○ Halvering eller brytning av elfilterspänning (Rek. C1)
Orsak till anrop	Förbränning ska avbrytas automatiskt vid ○ Nödstopp (Aktivering av nödnedeldningsknappen) ○ Kraftavbrott ○ Stopp samtliga rökgasfläktar ○ Rökgasväg blockerad av spjäll ○ Bortfall av lufttillförsel under lutsprutenivå ○ Elavbrott på säkerhetssystemet ○ Snabbstängningsventiler manövrerade ○ Störningar i lösaren som kräver att smältaflödet avbryts (stopp omrörare, hög densitet, låg nivå i lösartank)
Andra oberoende skyddsbarriärer	Manuella avstängningsventiler utanför sodahus Manuell kontroll och manövrering av funktioner
Säkert läge	Samtliga delfunktioner i säkert läge.
SIL för SIF	Rekommenderad SIL ≥2
Kommentar	

4.2..5 Stopp allt bränsle

Stopp allt bränsle innebär att eldning avbryts genom att bränsletillförsel avbryts.
Rundcirkulation av bränsle i ringledningar kan pågå. Luftfläktar i drift för vädring av

eldstaden. Kan anropas när *inte* vatteninträngning eller läckage i brännlutledningar eller brand/explosion befaras. **(**Exempelvis kan denna stoppmanöver tillämpas vid låg luttorrhalt)

SIF Beteckning	**Stopp allt bränsle**
SIF Nr	5.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, Appendix A, B1
Funktion/Vad avsäkras	○ Stopp allt bränsle ▪ Snabbstängning brännlut ▪ Stopp oljeeldning ○ Stopp destruktionseldning
Orsak till anrop	Bränsletillförsel ska avbrytas automatiskt vid ○ Nödstopp (Aktivering av nödnedeldningsknappen) ○ Elavbrott på säkerhetssystemet ○ Låg luttorrhalt ○ Bortfall primärluft ○ Bortfall sekundärluft ○ Villkor för ”Stabil luteldning” ej uppfyllt och eldning utan olja 5 min
Andra oberoende skyddsbarriärer	Manuella avstängningsventiler utanför sodahus Manuell kontroll och manövrering av funktioner
Säkert läge	Samtliga delfunktioner i säkert läge.
SIL för SIF	Rekommenderad SIL ≥2
Kommentar	Nödstopp skall avbryta all förbränning och försätta pannan i säkert läge

4.2..6 Stopp brännlut

Funktionen innebär Snabbstängning/nödstopp för brännlut och ingår i ”Stopp förbränning” och ”Stopp allt bränsle”.
Vid lutsprutorna ska finnas ventiler för avstängning av lutflödet manuellt från manöverrum och/eller från sodapannans säkerhetssystem. (Annex A 2.4).
Sodahuskommittén rekommenderar dubba automatiska avstängningsventiler mellan lutledning och varje lutspruta. Finns inte dubbla ventiler måste ”Stopp brännlut” kompletteras med ”Stopp lutcirkulation”.

SIF Beteckning	**Stopp Lut Bränsle (**med rundcirkulation av brännlut**)**
SIF Nr	6.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, SS-EN 12952-8, B 1
Funktion/Vad avsäkras	Automatisk avstängning av brännlut innebär o *Vid såväl öppet som trycksatt system B1 (Figur 5 resp. Figur 6)* o De dubbla avstängningsventilerna i avgreningar från stamledning till lutsprutorna stängs, (pos.2). o Om rundcirkulation av säkerhetsskäl måste avbrytas, stoppas insprutningspump och stängs ventil på stamledningen (pos.3). Dräneringen av brännluten skall ske till en trycklös cistern, som är placerad på en lägre nivå än lutsprutorna. o *Vid öppet system dessutom* o ventilerna i ledningarna till lutsprutorna stängas, (pos.2). o ventil i ledningen till dumptanken öppnas (pos. 4), alternativt öppnar reglerventil (pos.9) i returledningen, samt ventil i returledningen till sulfatblandartanken (pos.5). o pumpar och avstängningsventiler för tillsatskemikalier till sulfatblandartank stängs o askredler till sulfatblandartank stannas o (stopp förbränningsluft tillkommer i bränsletripp och eldningsavbrott)

	○ *I trycksatt system) dessutom* ○ ventilerna i ledningarna till lutsprutorna stängas, (pos.2). ○ ventilen i ledningen till dumptanken ska öppna (pos.4), ○ samt ska ventilerna i returledningen till den trycksatta cisternen stänga (pos.5) ○ samtidigt som mellanliggande avluftning skall öppna (pos.8).
Orsak till anrop	Stopp Lut Bränsle aktiveras vid ○ Låg luttorrhalt ○ Bortfall av primärluft ○ Nödstopp
Andra oberoende skyddsbarriärer	Manuella avstängningsventiler
Säkert läge	Gränslägen för ventiler, spjäll och motorström
SIL för SIF	Rekommenderad SIL ≥2
Kommentar	Funktionen ingår i Stopp förbränning

4.2..7 Stopp lutcirkulation

Kombineras med stopp brännlut när läckage i brännlutledningar eller brand/explosion, vatteninträngning befaras, samt i anläggningar där dubbla automatiska avstängningsventiler saknas mellan ringledning och lutspruta.

SIF Beteckning	**Stopp lutcirkulation**
SIF Nr	7.
Hänvisning	SS-EN 12952-8, A 2.4, B 1
Funktion/Vad avsäkras	Rundcirkulation av brännlut avbryts
Orsak till anrop	○ Nödnedeldning ○ Nödstopp
Andra oberoende skyddsbarriärer	Handventiler
Säkert läge	○ Stopp brännlutpump ○ Stäng avstängningsventil brännluten stam ○ Öppna avluftning och dränering av returledning för brännlut. ○ Säkert läge indikeras med Ventilgränslägen, motorström
SIL för SIF	Rekommendation SIL≥2
Kommentar	○ Funktionen ingår i Stopp förbränning

4.2..8 Stopp Startolja Bränsle

SIF Beteckning	**Stopp Startolja**
SIF Nr	8.
Hänvisning	SS-EN 12952-8, B13
Funktion/Vad avsäkras	Tillförsel av olja till eldstad ○ Stopp dubbla avstängningsventiler på varje startoljebrännare
Orsak till anrop	○ Nödstopp ○ Flamvaktsbortfall
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp dubbla avstängningsventiler på varje startoljebrännare
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.2..9 Stopp Starkgasbrännare Bränsle

- ○ Stopp dubbla avstängningsventiler Starkgas
- ○ Stopp dubbla avstängningsventiler Metanol, Terpentin

SIF Beteckning	**Stopp Starkgasbrännare**
SIF Nr	9.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, C1
Funktion/Vad avsäkras	○ Stopp destruktionseldning
Orsak till anrop	○ Nödstopp ○ Ej Stabil luteldning
Andra oberoende skyddsbarriärer	Manuella ventiler utanför pannhus
Säkert läge	○ Stopp dubbla avstängningsventiler på ledningar
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.2..10 Stopp förbränningsluft

SIF Beteckning	**Stopp förbränningsluft**
SIF Nr	10.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, B1
Funktion/Vad avsäkras	○ Lufttillförsel till eldstad avbryts
Orsak till anrop	○ Nödstopp (aktiverad nödnedeldningsknapp) ○ Stopp förbränning
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp primärluftfläkt ○ Stopp sekundärluftfläkt ○ Stäng luftspjäll primärluft ○ Stäng luftspjäll sekundärluft ○ Stopp luftfläkt starkgas
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.2..11 Stopp matarvatten

SIF Beteckning	**Stopp matarvatten**
SIF Nr	11.
Hänvisning	SS-EN 12952-7
Funktion/Vad avsäkras	○ Matarvatten till pannan
Orsak till anrop	○ Nödnedeldning ○ Nödstopp ○ Domnivå HWL över högsta tillåtna
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp matarvattenpump ○ Stopp reservmatarvattenpump ○ Stängd stamventil mava
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.2..12 **Stopp utgående ånga**

Avstängning huvudångledning.

Huvudångledning ska vara försedd med motoriserad avstängningsventil med manöver från manöverrum. Beträffande reservkraft se rekommendation B12.

SIF Beteckning	**Avstängning ångledning**
SIF Nr	12.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, B8
Funktion/Vad avsäkras	○ Stängning av utgående ångventil
Orsak till anrop	○ Förberedelse för snabbtömning

Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stängd ventil, gränsläge
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	Ingår i nödstopp

4.2..13 Låg Domnivå

Vid lägsta tillåtna domnivå (LWL), skall eldning avbrytas, se även rekommendation B6 Sodahuskommittén rekommenderar dessutom nödnedeldning, se rekommendation B 8, eftersom nivå under lägsta tillåtna kan indikera vattenläckage.

SIF Beteckning	**Låg domnivå**
SIF Nr	13.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, B6, B8
Funktion/Vad avsäkras	○ Vattennivå i pannan
Orsak till anrop	○ Låg-låg nivåvakt
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Nödnedeldning, ○ Eldningsavbrott,
SIL för SIF	Rekommenderad SIL 3
Kommentar	Kan indikera vattenläckage

4.2..14 Hög nivå i ångdom

När högsta tillåtna domnivå (HWL) överskrids
rekommenderar Sodahuskommittén efter riskanalys, att eldning avbrytas med Stopp förbränning, se även B6.

SIF Beteckning	**Hög nivå i ångdom**
SIF Nr	14.
Hänvisning	B6
Funktion/Vad avsäkras	○ Vattennivå i pannan
Orsak till anrop	○ Vakt för högsta tillåtna vattennivå (LWL)
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp förbränning
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	Hög nivå kan orsaka vattenslag, sprängning av överhettare, vatteninsprutning via sotapparater samt turbinhaveri

4.2..15 Sotångledningar

Sotångledningar ska vara försedda med säker dränering för avledning av kondensat. Sodahuskommittén rekommenderar temperaturövervakning av dräneringen med automatisk förbigångsventil vid låg temperatur. Om ej temperatur återgår till normalt värde inom förutbestämd tid, skall huvudångventil till sotånga samt eventuellt vatten för ångkylning stängas med automatik.

SIF Beteckning	**Dränering sotångledning**

SIF Nr	15.
Hänvisning	SS-EN 12952-7 Annex 2.11, B9
Funktion/Vad avsäkras	○ Kondensat i ångledning
Orsak till anrop	○ temperaturvakt
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ temp över fastställt värde ○ automatisk ventilöppning vid låg temp ○ stängd ventil sotånga efter tidsfördröjning
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.2..16 Snabbtömning

Sodapannan skall vara försedd med snabbtömningssystem.

- Motorventiler för dränering skall vara motorstyrda. (Annex A 3.2)
- Snabbtömningsventiler ska kunna provas på ett säkert sätt under drift (Annex A 3.5)
- Övrigt se rekommendation B8

SIF Beteckning	**Snabbtömning**
SIF Nr	16.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, Appendix A 3.2 och 3.5, B8
Funktion/Vad avsäkras	Snabbtömning av pannan Startvillkor ○ Manöverställare ”Larm” i läge Larm ○ Manöverställare ”Nödnedeldning” i läge Nödnedeldning ○ Eldningsavbrott enligt SIF 3 ○ Ventil 2, snabbtömningsventil manövreras enligt rekommendation B 8 ○ Ventil 3, snabbtömningsventil manövreras enligt rekommendation B 8
Orsak till anrop	Aktivering av snabbtömning från särskild tablå
Andra oberoende skyddsbarriärer	Sodahuslarm och utrymt pannhus
Säkert läge	○ Pannan tömd ○ Väntetid innan tillträde
SIL för SIF	SIL-bestämning
Kommentar	Tidigare rekommendation om förbikoppling av startvillkor med nyckel utgår. (Förreglade startvillkor skulle med särskild nyckel i snabbtömningspanelen, kunna förbikopplas av ansvarig sodahusoperatör, i huvudsak när det är uppenbart att startvillkoren faktiskt är uppfyllda men snabbtömningen inte kan ske pga. signalfel el. dyl.)

4.2..17 Reservkraft (SS-EN 12952-7)

Nödnedeldnings- och snabbtömningssystem samt sodapannans säkerhetssystem ska vara anslutna till reservkraft.
Beträffande spänningsförsörjning till säkerhetskretsarnas komponenter se krav i denna rekommendation, B 18, avsnitt 3.5.7, samt rekommendation B 12.

SIF Beteckning	**Reservkraft**
SIF Nr	17.
Hänvisning	SS-EN 12952-7 Annex 3.7, B12
Funktion/Vad avsäkras	Strömförsörjning Säkerhetssystem ○ separat och avbrottsfri spänningsmatning för bibehållen funktion under minst 60 minuter. ○ systemminnet beständigt, alternativt skall systemet vara försett med egen batterireserv för 7 dygns bevarande av minnet Huvudförsörjningen för säkerhetsrelaterade ställdon och motorventiler, fältutrustning, givare mm ○ anordnade med avbrottsfri reservkraft (t.ex. diesel och UPS). UPS-säkert nätverk måste vara utformat på ett sådant sätt att det kan hålla systemet igång i 60 minuter.”
Orsak till anrop	○ Spänningsbortfall till säkerhetssystem ○ Spänningsbortfall för fältutrustning
Andra oberoende skyddsbarriärer	

4.2..18 Vädring eldstad och rökgasvägar

- Före start av eldning ska rökgasvägar vara effektivt vädrade, se 6.5ff i standarden
- Före start av eldning ska elektrofiltrens spänning minskas under 50% av normal spänning
- Efter eldningsavbrott skall vädring ske före återstart
- Efter vädring skall tändning påbörjas inom 10 min. Om luftmängd om minst 20% av total förbränningsluftmängd uppehålls kan tändningstid utsträckas till 30 min, se 6.5.7.

SIF Beteckning	**Vädring eldstad**
SIF Nr	18.
Hänvisning	SS-EN 12952- 8, B13
Funktion/Vad avsäkras	Risk för explosion av oförbrända gaser
Orsak till anrop	○ Startvillkor för oljeeldning ○ Startvillkor för återstart eldning
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Fastställda luftmängder, flödesmätning ○ Fastställd vädringstid, timer ○ Lastreducering elfilter, spänningsmätning ○ Tändning inom fastställd tid efter vädring, ○ Timer ○ Luftflödesmätning ○ Signal vädringsbehov avlägsnad
SIL för SIF	⇨ 2
Kommentar	

4.3 Övriga säkerhetsfunktioner

Ett flertal säkerhetsfunktioner SIF, förekommer i Standarden där ovanstående Stopp-manövrar anropas. För vissa övervakningsfunktioner kan man efter godkännande av kontrollorganet förlägga funktionen i DC systemet om man kan visa att det finns andra SIF som oberoende försätter pannan i säkert läge.

4.3..1 Fel på matarvattenpump

Larm ska ges vid fel på matarvattenpump (SS_EN 12952-7, p 5.1.2f)

SIF Beteckning	**Fel på matarvattenpump**
SIF Nr	19.
Hänvisning	SS-EN 12952-7
Funktion/Vad avsäkras	○ Matarvattentillförsel
Orsak till anrop	○ Matarvattentryck ○ Varvtal matarvattenpump ○ Matarvattenflöde 2oo3
Andra oberoende skyddsbarriärer	○ Reservmatarvattenpump
Säkert läge	Panna med 1 matarvattenpump Kraftavbrott till mavapump ska dels ○ avbryta eldning, Panntripp ○ dels ge larm (5.1.1.1, 5.1.2.2f) Panna med minst 2 oberoende kraftmatade matarvattenpumpar ○ Automatisk lastminskning så att villkor 4.2.3 uppfylls (max 400°C innan pannvattnet sjunkit till 50mm över värmeytans högsta punkt) ○ I annat fall Panntripp (5.1.1.2) ○ Larm
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.3..2 Hög ångtemperatur

Larm ska avges om utgående ångtemperatur överstiger tillåtet designvärde (SS-EN 12952-7, p 5.7.3).
Sodakommittén rekommenderar efter riskanalys, automatisk lastminskning, eller efter förvald tidsfördröjning att eldningen skall avbrytas.

SIF Beteckning	**Hög ångtemperatur**
SIF Nr	20.
Hänvisning	SS-EN 12952-7, Rek B1
Funktion/Vad avsäkras	○ Materialskador på överhettare

Orsak till anrop	○ Temperaturvakt
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Larm ska avges om utgående ångtemperatur överstiger tillåtet designvärde (p 5.7.3 i standarden) ○ Automatisk lastminskning ○ Panntripp se SIF 1, efter tidsfördröjning
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	Hög temp kan orsaka överhettarskador

4.3..3 Luftfläktar och luft/bränsleförhållande (SS-EN 12952-8, Annex A 2.3)

Övervakning skall ske av

- förbränningsluftsfläktar enligt moment 5.1
- samt av luft/bränsleförhållande enligt 5.2

SIF Beteckning	**Stopp förbränningsluft**
SIF Nr	21.
Hänvisning	SS-EN 12952-8, Annex A2.3
Funktion/Vad avsäkras	○ Luftöverskott
Orsak till anrop	○ Nödstopp (aktiverad nödnedeldningsknapp) ○ Stopp allt bränsle (Bränsletripp)
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Bränsletripp
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.3..4 Avbrott primärluft

Vid bortfall av primärluft (under tillåten gräns) skall eldning avbrytas genom automatiskt snabbstopp av bränsletillförsel.

SIF Beteckning	**Avbrott primärluft**
SIF Nr	22.
Hänvisning	SS-EN 12952-8 Annex A 2.3
Funktion/Vad avsäkras	○ Bortfall av Förbränningsluft
Orsak till anrop	○ Fläktmotor (kontaktor) ○ Lägesgivare luftspjäll ○ Flödesmätning primärluft 2oo3
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp allt bränsle
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	

4.3..5 Avbrott sekundärluft

Vid bortfall av sekundärluft (under tillåten gräns) skall eldning avbrytas genom automatiskt snabbstopp av bränsletillförsel.

SIF Beteckning	**Avbrott sekundärluft**
SIF Nr	23.
Hänvisning	SS-EN 12952-8 Annex A 2.3 och 2.7
Funktion/Vad avsäkras	○ Förbränningsluft
Orsak till anrop	○ Stopp primärluftfläkt ○ Stängt luftspjäll ○ Flödesmätning Utvärdering 2oo3
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp allt bränsle
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	Anropas även som start och driftvillkor för olje-och luteldning

4.3..6 Luft/bränslekvot

Om luft/bränslekvot understiger tillåtet värde skall eldning stoppas genom att bränsletillförsel avbrytas, se p 5.2 i standarden

SIF Beteckning	**Luft bränslekvot**
SIF Nr	24.
Hänvisning	SS-EN 12952-8 p 5.2
Funktion/Vad avsäkras	○ Skydd mot explosion av oförbrända gaser
Orsak till anrop	Kvot flöde luft/Bränsle under fastställd gräns
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp allt bränsle (Bränsletripp)
SIL för SIF	
Kommentar	

Rökgasfläktar, drag, öppen rökgasväg

Rökgasfläktar och drag i eldstad ska övervakas enligt p 5.2, p 5.3 (Annex A 2.3)

SIF Beteckning	**Öppen rökgasväg**
SIF Nr	25.
Hänvisning	SS-EN 12952-8, p 5.2,5.3 och Annex 2.3
Funktion/Vad avsäkras	○ Öppen rökgasväg
Orsak till anrop	○ Spjäll gränsläge ○ Fläktmotor, motorström
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Rökgasspjäll, gränsläge öppna

	○ Rökgasfläkt i drift, varvtal ○ Eldstadstryck inom fastställda värden
SIL för SIF	
Kommentar	Anropas som start och driftvillkor för olje-och luteldning

4.3..7 Rökgasflöde

Vid stängt rökgasutlopp skall eldning avbrytas med automatiskt, Stopp Förbränning.

SIF Beteckning	**Rökgasflöde**
SIF Nr	26.
Hänvisning	SS-EN 12952-8, A 2.3
Funktion/Vad avsäkras	○ Öppen rökgasväg
Orsak till anrop	○ Start och driftvillkor för olje- och luteldning ○ Gränslägen spjäll ○ Högt tryck eldstad
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Stopp Förbränning ○ Rökgasspjäll öppna ○ Rökgasfläkt i drift ○ Eldstadstryck inom fastställda värden Utvärdering 2oo3
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	Anropas som start och driftvillkor för olje-och luteldning

4.3..8 Avbrott rökgasfläkt

Vid stopp på rökgasfläkt skall eldning avbrytas med automatisk, Stopp Förbränning (Annex A 2.3)

SIF Beteckning	**Avbrott rökgasfläkt**
SIF Nr	27.
Hänvisning	SS-EN 12952-8 Annex 2.3
Funktion/Vad avsäkras	○ Rökgasflöde
Orsak till anrop	○ Fläktmotor, motorström ○ Fläktvarvtal Utvärdering 1oo2
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Erforderligt drag i eldstad ○ Rökgasspjäll öppna ○ Rökgasfläkt i drift
SIL för SIF	⇨ SIL ≥ 2 rekommenderas

Kommentar	Anropas som start och driftvillkor för olje-och luteldning

4.3..9 Eldstadstryck

Vid otillåtet högt eldstadstryck skall eldning avbrytas genom, automatiskt snabbstopp av bränsletillförsel. (Annex A 2.3, A 2,7).

SIF Beteckning	**Högt tryck i eldstad**
SIF Nr	28.
Hänvisning	SS-EN 12952-8 Annex 2.3 och 2.7
Funktion/Vad avsäkras	Eldstadstryck
Orsak till anrop	○ Dragmätning, 3 givare Utvärdering 2oo3
Andra oberoende skyddsbarriärer	
Säkert läge	○ Nödnedeldning
SIL för SIF	⇨ ≥ 2 rekommenderas
Kommentar	Kan vara tecken på vatteninträngning i ugnen

4.4 Start och driftförreglingar

Förutom standardhänvisningar se rekommendation B1.

Start och driftförregling för olja (SS-EN 12952-8)

Återstartsfördröjning för oljebrännare 30 s även vid stabil luteldning, definition se C1.

Övriga villkor enligt SS-EN 12952-8, avsnitt 3-8, samt Annex A 3.2. Se även rekommendation B 13

.

Startvillkor för luteldning (SS-EN 12952-8)

Innan luteldning påbörjas skall startvillkor för luteldning enligt Annex A 2.5 och A 2.7 vara uppfyllda.

Driftvillkor för luteldning (SS-EN 12952-8)

Eldning ska avbrytas genom automatiskt snabbstopp av bränsletillförsel om driftvillkor ej är uppfyllda enligt Annex A 2.7

Start och driftförregling för luktgaser (metanol och terpentin)

Tillförsel av luktgaser eller gasblandningar får inte ske om pannans last understiger 50% (Annex A 3.3.1). Rekommenderad tillämpning se rekommendation B16.

Start-och driftförregling för utspädda icke kondenserbara gaser (DNCG), (SS-EN 12952-8)

Villkor för eldning av DNCG ej uppfyllt

- matarventilerna för DNCG stängs av
- DNCG ledes till en skorsten eller till en extra förbränningsstation

Start-och driftförregling för koncentrerade icke kondenserbara gaser (CNCG), (SS-EN 12952-8)

Villkor för eldning av CNCG ej uppfyllt

- matarventilerna för CNCG stängs av
- CNCG leder till en skorsten eller till en extra förbränningsstation
- matarventilerna för hjälpbränslet på CNCG stängs av

4.5 Ytterligare säkerhetsfunktioner från utökad riskanalys

Nedan följer förteckning över övriga instrumenterade säkerhetsfunktioner som efter riskanalys och beprövad erfarenhet rekommenderas av Sodahuskommittén utan att det direkt föreskrivs i standard.

Sotning Stopp / Utdraget läge

Ej säkerhetskritiskt, men vid nödnedeldning eller panntripp bör utdrag av sotlansar ske för att undvika skador på lansar.

Lösartank

Start och driftvillkor för sodapannan enligt rekommendation B 4

- Vid stopp på all omrörning avbryts tillförsel av brännlut omedelbart.
- Vid stopp på 1 omrörare av 2 (eller fler) avbryts tillförsel av brännlut efter kort tidsfördröjning för försök till återstart (förutbestämd tid i riskanalysen).
  - Om lösartankens normala uppehållstid väsentligt understiger 1 timme enligt avsnitt 1.2 bör dock luteldning avbrytas omedelbart.
- Vid bortfall av svaglutflöde till lösaren skall reservspädning med varmvatten >40C aktiveras automatiskt. (Kallvatten ökar risken för kristallisation). Dessutom skall finnas möjlighet till manuell inkoppling av brandvatten om vattentillförsel skulle fallera.
- Otillåtet hög densitet i lösaren avbryter tillförsel av brännlut.
- Bottentömningsventil bör vara manuell. Stängd fjärrmanövrerad bottentömningsventil är start- samt driftvillkor för eldning.

- Om imångkanalen är ansluten till pannans luftsystem, skall tvättvatten till imångkanalen vara förreglat mot vattensensor och stängt spjäll mot pannan så att vatteninförsel till pannan förhindras.

Gas från lösartank

När villkor för eldning ej är uppfyllt skall

- Lösartankens gasspjäll mot pannan stängas
- Lösartankens gasspjäll till skorstenen öppnas, gränslägen med 2/3 val

Vattentvätt imkanal

Vid vattentvättning av imkanal krävs att

- kanalen före tvätt avblindas och låses mot pannan.
- Vidare rekommenderas att kanalen förses med larm för vatten i kanalen.
- Fast anslutning av tvättvatten bör undvikas och måste om det installeras förreglas mot kanalens avblindning, samt mot larm för vatten i kanalen.

Vattentvätt brännlut och tjocklutledningar

Anslutningar för tvättning av brännlutsystemet skall utformas och användas så att tvättvätskan aldrig kan komma in i eldstaden, se rekommendation B1.
Nedanstående funktioner bör säkerställas med signaler från gränslägen och förregling av vattenpådrag.

Före tvättning skall

- Lutsprutor demonteras
- Skyddsanordning (exempelvis giljotinspjäll) mot ofrivillig vatteninsprutning i eldstaden anbringas.
- Anslutning av tvättvätska till brännlutledning kan utföras med demonterbara mellanstycken. Larm skall ges när tvättvätskan är ansluten till brännlutledningen,

  (eller med svängbara rörböjar, enligt B1, Figur 9. Vid ett arrangemang med en sammanbyggd svängbar rördel, enligt Figur 9 behövs inte någon larmfunktion).
- Ventillägen, demontering av lutsprutor och applicering av giljotinspjäll för lutspruteöppningar kan även säkerställas med interlocksystem.

5 Sodapannors säkerhetssystem, äldre modell

Som nämnts inledningsvis omfattas inte befintliga säkerhetssystem, installerade före 2005, av SS-EN 61511 förrän deras säkerhetsfunktion, eller det de skyddar, förändras väsentligt.

Även för äldre säkerhetssystem gäller dock följande:

5.1 Säkerhetssystem, allmänna principer

- Säkerhetssystem skall agera självständigt från övriga till sodapannan hörande system såsom larm-, instrument- och styrsystem etc.

- Ett säkerhetssystem skall vara dedikerat för endast en panna.

- Den elektriska strömförsörjningen till säkerhetssystem skall härröra från två oberoende kraftkällor varav minst en skall vara UPS-matad för bibehållande av funktion under minst en timme vid avbrott i ordinarie kraftförsörjning.

- Val av i säkerhetssystem ingående komponenter samt kapsling och placering av dessa, skall göras med stor noggrannhet. Vid val av fältplacerade komponenter skall speciell hänsyn tas till besvärlig omgivningsatmosfär med risk för att komponenterna utsätts för skadlig påverkan, t.ex. fukt, damm, olja, lut och korrosiva gaser. Även temperaturförhållanden, brandrisk och vibrationer skall beaktas.

- Tiden från det att ett drifttillstånd faller (säkerhetssystemet aktiveras) till dess att reservsystem aktiveras skall vara maximalt 2 sekunder så att önskat händelseförlopp i fält initieras via reservsystemen inom 10 sekunder.

- Signalöverföring av förreglingssignaler mellan olika system skall vara redundant.

5.2 Programmerbara säkerhetssystem

Säkerhetsutrustning skall uppfylla kraven i AFS 2016:1, Tryckbärande anordningar.

- Den skall vara konstruerad och tillverkad så, att den är tillförlitlig och anpassad för sin avsedda användning och så, att behovet av underhåll och provning har beaktats.

- Den skall vara oberoende av andra funktioner utom då utrustningens säkerhetsfunktion inte kan påverkas av andra funktioner.

- Den skall följa lämpliga konstruktionsprinciper som säkerställer ett ändamålsenligt och tillförlitligt skydd. Dessa principer innefattar i synnerhet felsäkerhet, redundans, diversifiering och självövervakning.

Vid användning av ett programmerbart processorbaserat säkerhetssystem kan kraven ovan exemplifieras som beskrivet i avsnitt 5.3.

5.3 Användning av ett programmerbart, processorbaserat säkerhetssystem

Vid användning av ett programmerbart processorbaserat säkerhetssystem kan kraven i AFS 2005:2 exemplifieras som nedan beskrivet:

- Systemet skall självövervakas så att vid fel i systemet, den enhet i vilket felet uppstått går till ett säkert förutbestämt tillstånd (påverkan på utgångar från enheten elimineras) och operatören skall automatiskt göras uppmärksam på det inträffade.

- Varje eventuell programändring skall dokumenteras och signeras gällande anledning,

funktion och uttestning.

- Obehörig omprogrammering skall förhindras genom behörighetskontroll.

- Säkring av systemminne och reservkraft se rekommendation B12

- På ett tillförlitligt sätt skall för kritiska signaler säkerställas att återkoppling sker så att aktivering av begärt tillstånd verifieras. Vid avvikelse skall åtgärd i enlighet med moment 1 ovan automatiskt utlösas.

- Moderna styrsystemsarkitekturer tillåter att information skickas mellan säkerhetssystemen och övriga styrsystem. Vikt skall dock läggas vid att säkerställa att 5.1 punkt a) i rekommendationen uppfylls ”Säkerhetssystem skall agera självständigt från övriga till sodapannan hörande system såsom larm-, instrument och styrsystem etc.”

Underhållsrutiner för datorbaserade säkerhetssystem

För att nå en hög tillförlitlighet på anläggningen krävs fortlöpande inspektioner av de olika delar som ingår i ett säkerhetssystem. Dessa rutiner skall samordnas med övriga rutiner för Funktionskontroll av nödnedeldnings- och snabbtömningssystemen, vilka finns i Rekommendation B 8**.**

Tidsintervallen nedan bör ses som minimum och utförda kontroller skall journalföras.

- Utrymmet där datorn med utrustning är placerad bör kontrolleras minst två gånger per år med avseende på miljön. Minst en av kontrollerna bör inträffa under sommarmånad.

- Kontroll av spänningsmatning, redundans, larmnivåer, rippel, kylfläktar och eventuell batteri-backup av minne bör utföras två gånger per år.

- Det skall finnas backup och återställningsrutiner för systemkritiska delar. Rutinernas funktion skall verifieras vid revisionsstopp för att säkerställa att de är i funktion.

- Självdiagnostik i form av larm och händelselistor samt övriga automatiska systemövervakningsfunktioner skall kontinuerligt följas upp.

6 Bilagor

6.1 Bilaga 1, Förkortningar i SS-EN 61511-1

Förkortningar som används I SS-EN 61511-1, avsnitt 3.3 framgår av nedanstående tabell.

Abbreviation	Full expression
AC/DC	Alternating current/direct current
AIChE	American Institute of Chemical Engineers
ALARP	As low as reasonably practicable
ANSI	American National Standards Institute
AP	Application program
BPCS	Basic process control system
CCPS	Centre for Chemical Process Safety (AIChE)
DC	Diagnostic coverage
E/E/PE	Electrical/electronic/programmable electronic
EMC	Electro-magnetic compatibility
FAT	Factory acceptance test
FPL	Fixed program language
FSA	Functional safety assessment
FSMS	Functional safety management system
FTA	Fault tree analysis
FVL	Full variability language
HFT	Hardware fault tolerance
H&RA	Hazard & risk assessment
HMI	Human Machine Interface
IEC	International Electrotechnical Commission
ISA	International Society of Automation
ISO	International Organization for Standardization

LVL	Limited variability language
MooN	“M” out of “N” channel architecture
MPRT	Maximum permitted repair time
MRT	Mean repair time
MTTR	Mean time to restoration
NFPA	National Fire Protection Association(US)
NP	Non-programmable
OEM	Original Equipment Manufacturer
PE	Programmable electronics
PES	Programmable electronic system
PFD	Probability of dangerous failure on demand
PFDavg	Average probability of dangerous failure on demand
PFH	Probability (average frequency of dangerous failures) of failure per hour
pl	Plural
PLC	Programmable logic controller
SAT	Site acceptance test
SC	Systematic capability
SIF	Safety instrumented function
SIL	Safety integrity level
SIS	Safety instrumented system
SRS	Safety requirement specification

6.2 Bilaga 2, Ordlista

BMS (Burner Management System)
Säkerhetssystem (förreglingssystem) för brännare.

***Busskommunikation* (*Buss*)**
Datorbaserat kommunikationssystem för samtidig, kollektiv överföring av ett stort antal signaler mellan två datorbaserade system.

BPCS," Basic Process Control System," normal processtyrning
Det system som hanterar normal processtyrning.

DCS (Distributed Control System)
Datorbaserat styrsystem, innehållande reglerfunktioner, operatörsgränssnitt, larmhanteringssystem och lagringssystem för driftdata med trendvisualisering m.m.

Hårdförtrådning
Teknik för signalöverföring där förreglande givares kontaktfunktion(er) via tråd är direkt kopplad(e) till spänningsmatningskretsen för den förreglade komponenten.

I/O
Signalöverföring till (*I* står för *Input* eller *Ingång*) respektive från (*O* står för *Output* eller *Utgång*) ett datorbaserat system. Överföringen sker via en för varje signal individuell *in*-eller *utgång*.

Processorbaserat säkerhetssystem
Datorbaserat säkerhetssystem i vilket en inprogrammerad logik via utgångar påverkar de förreglade komponenterna.

Redundans
Användandet av två likadana system för en och samma uppgift. Systemen fungerar inbördes oberoende av varandra. Deras status jämförs; detta för att säkerställa funktionen.

SIF, "Safety Instrumented Function", säkerhetskritisk instrumentfunktion
Instrumentfunktion (ofta förregling) som behövs för att skydda mot en specifik fara, och som tilldelats en SIL-nivå. Finns fler risker hanteras de av olika SIF.

SIS, "Safety Instrumented System", Säkerhetskritiskt instrumentsystem
En grupp av flera SIF. Det kan exempelvis avse alla SIF som skyddar ett processavsnitt, eller alla SIF som implementerats i en viss säkerhets-PLC. Det finns inga begränsningar i hur många SIF man kan ha under en SIS.

SIL, "Safety Integrity Level", integritetsnivå
Nivån av säkerhetsklass på säkerhetsfunktionen (SIF). Motsvarar den riskreduktion som funktionen erbjuder. SIL1 innebär att säkerhetsfunktionen minskar risken till en tiondel, SIL2 minskar risken till en hundradel.

SRS ”Safety requirement specification” Säkerhetskravspecifikation
Specifikation av de säkerhetskrav som ett skyddssystem skall uppfylla.

UPS (Uninterruptible Power Supply)
System för att tillhandahålla avbrottsfri kraft under en begränsad tid. Vanligen batterimatad.

Rekommendation B 19 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation B 1. Den tidigare rekommendationen B 19 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr C1
Utgåva 7, mars 2025

Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd

Rekommendation C1 behandlar villkor och förhållningsregler för säker eldning av svartlut och hjälpbränslen samt behandlar de risker som uppträder i samband med driftstörningar och vistelse i sodahuset.
Många driftstörningar i sodahusprocessen kan utvecklas till kritiska tillstånd som kan få allvarliga följder för såväl personsäkerheten som driftsäkerheten.
Utöver de risker som orsakas av driftstörningar innehåller vistelse och arbete i en sodahusanläggning ett flertal risker som kan ge upphov till personskador eller maskinskador. Även dessa risker behandlas i denna rekommendation.
Givna rekommendationer är baserade på riskanalyser och samlade erfarenheter av sodahusdrift. Syftet med rekommendationerna är att ge vägledning till säkert handhavande, snarare än att nämna alla möjligheter till felgrepp och misstag.
I de inledande avsnitten 1–6 behandlas uppeldning, drift och nedeldning av sodapannan med de risker som kan uppträda i samband med driftstörningar. Från avsnitt 7 behandlas övriga risker med vistelse och arbete i sodahuset, samt slutligen behandlas risker vid arbete i avställd panna under avsnitt 8.
Rekommenderade utrustningar för säker eldning av lut och hjälpbränslen finns i rekommendation B 1 respektive B 13.
Beträffande destruktionseldning av svaga och starka luktgaser, metanol och terpentin, hänvisas till rekommendation B 16.

Hänvisningar

1 *Föreskrifter*
AFS 2023:11om arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning (ersätter AFS 2017:3 från 1 jan 2025)
2006/46/EG, Maskindirektivet
Standard
SS-EN 12952, Vattenrörspannor och hjälpinstallationer
IEC 61508, Functional safety of electrical/electronic/ safety-related systems
Rekommendationer
Sodahuskommitténs rekommendationer:
B 1, Sodapannans konstruktion och utrustning
B8, Nödnedeldning och snabbtömning
B10 Övervakning av vattencirkulation och materialtemperaturer i sodapannor.
B 13, Utrustning och säkerhetssystem för olje- och gaseldning i sodapannor
B 16, Destruktionseldning och tillsatseldning i sodapannor.
E1, Utbildning och behörighetscertifiering av sodahusoperatörer
F1, Information angående övervakning av sodahusanläggning
F4, Riskanalys

Innehåll

2 Allmänt beträffande sodapanndrift 5
2.1 Driftstörningar och säkerhetsrisker 5
2.2 Riskanalys 6

3 Beskrivning av några begrepp 6
3.1 Smälta-vattenexplosion 6
3.2 Torrkokning 8
3.3 Tubläckage och tubexplosion 8
3.3.1 Erosion på trycksatt tub eller rörledning 9
3.3.2 Svartnande bädd 9

4 Uppstart av sodapanna 9
4.1 Förberedelser inför start av sodapannan 9
4.2 Vädring 10
4.3 Drift av Elektrofilter 10
4.4 Startbrännare 11
4.4.1 Startbrännarproblem 11
4.5 Tryckupptagning 12
4.6 Avluftning 12

5 Luteldning 13
5.1 Start av brännlutsystemet 13
5.2 Startvillkor för brännlutpump 13
5.3 Startvillkor för brännlut till eldstaden: 13
5.4 Stabil Luteldning 14

6 Sodapannans driftövervakning 14
6.1 Processövervakning 15
6.1.1 ”Svartnande eller frusna” skärmar 16
6.2 Övervakning av vattennivå 17
6.2.1 Låg domnivå 17
6.2.2 Låg domnivå orsakad av tubläcka 18
6.2.3 Matarvattenbortfall 18
6.2.4 Återfyllning 19
6.2.5 Hög domnivå 20
6.2.6 Jäsning 20
6.3 Övervakning av förbränning 21
6.3.1 Gasexplosion 22
6.3.2 Gasexplosion eller brand i elektrofilter 23
6.3.3 Störningar orsakade av variationer i brännlutens kvalitet 23
6.3.4 Störningar i tillförseln av brännlut 24
6.3.5 Störningar i lufttillförseln 24
6.3.6 Störningar i dragregleringen 25
6.3.7 Om bädden svartnar 26
6.3.8 Störningar orsakade av avvikande kemi i kemikaliecykeln 26
6.4 Tillsyn av löprännor 27
6.4.1 Inspektion och underhåll av löprännor 27

6.4.2 Läckage i löpränna 27
6.4.3 Löprännans kylsystem 28
6.4.4 Rensning (spettning) av löprännor 28
6.4.5 Upptagning av igensatt löphål 29
6.5 Smältlösarens tillsyn 29
6.5.1 Hög densitet i smältlösaren 29
6.5.2 Flytande sodasmälta i smältlösaren. 30
6.6 Eldning av hjälpbränslen 31
6.6.1 Oljeeldning 32
6.6.2 Lastoljebrännare 32
6.6.3 Gaseldning 32
6.7 Eldning av metanol, terpentin och luktgaser 32
6.8 Avvikelser i matarvattenkvalitet 33

7 Nedeldning av sodapannan 33
7.1 Förberedelser för nedeldning 33
7.2 Normal nedeldning 33
7.3 Nödnedeldning och forcerad nedeldning 34
7.4 Störningar som automatiskt ska aktivera förreglingar 35

8 Risker vid arbete och vistelse i sodahuset 35
8.1 Riskfyllda arbetsområden 35
8.2 Kraftavbrott 36
8.3 Elektrofilter skydd-och säkerhetsarrangemang 36
8.4 Rutiner för ”Avställning och Återinkoppling av filter” 37
8.5 Arbete i avställd filterkammare 37
8.6 Hetvatten och ånga 38
8.6.1 Läckage av matarvatten och pannvatten 38
8.6.2 Utvändigt vattenläckage från panntuber 38
8.6.3 Överhettad ånga - läcksökning 38
8.6.4 Åtgärder vid läckage av ånga eller hetvatten 39
8.6.5 Reparation av läcka 39
8.7 Rökgaser 39
8.7.1 Åtgärder vid större rökgasutsläpp 39
8.7.2 Smärre rökgasutsläpp - förebyggande åtgärder vid lucköppning 39
8.8 Smälta 40
8.8.1 Åtgärder vid riklig utströmning av smälta 40
8.8.2 Åtgärder vid smältagenombrott i ugnsbotten 40
8.9 Brännlut 41
8.9.1 Åtgärder vid läckage av brännlut 41
8.10 Grönlut 41
8.10.1 Åtgärder vid läckage av grönlut 41
8.11 Svaglut 42
8.11.1 Åtgärder vid läckage av svaglut 42
8.12 Sulfataska 42
8.12.1 Åtgärder för undvikande av brännskador vid askläckage 42
8.13 Eldningsolja 43
8.13.1 Åtgärder vid oljeläckage 43
8.14 Brand eller annat kritiskt tillstånd 43

8.15 Frysrisker 43
8.16 Svavelväte och organiska sulfider 44
8.16.1 Åtgärder vid förekomst av svavelväte i sodahuset 45
8.17 Starkgaser, metanol och terpentin 46
8.17.1 Åtgärder vid läckage av starka luktgaser 46
8.17.2 Ingrepp i utrustning för starka luktgaser, metanol eller terpentin 47
8.18 Svaggaser - lutångor 47
8.18.1 Åtgärder vid läckage av svaggas 47
8.19 Övriga risker för svavelvätebildning 47

9 Risker vid arbete med avställd panna 48
9.1 Provtryckning 48
9.2 Pannans avstängning 49
9.3 Inläggning av skyddstak 49
9.4 Ställningsbygge i sodapannan 50
9.5 Vattentvättning av panna 50
9.6 Manuell rengöring av panna 50
9.6.1 Handlansning av överhettarutrymme 51
9.6.2 Rengöringsarbeten i askfickor eller elektrofilter 51
9.6.3 Högtrycksspolning av pannbotten eller väggtuber 51
9.7 Domluckor 51
9.8 Smältlösare 52
9.9 Brännlutcistern 52
9.10 Rengöring av grönlutsledningar och imkondensor 52
9.11 Kemisk rengöring av pannan 53
9.12 Elektrofilter 54

10 Tillsyn och kontroll 54
10.1 Underhållsrutiner 54
10.2 Funktionskontroll 54

11 Litteraturförteckning 54

Bilaga 1, Checklista, Het återstart av Sodapanna efter nödnedeldning eller panntripp 56

2 Allmänt beträffande sodapanndrift

Sodapannan är en viktig del i processen för framställning av kemisk massa. Här sker återvinning av kokkemikalier och utvinning av energi genom förbränning av svartlutens organiska innehåll. Energin levereras som högvärdig högtrycksånga.
Några av de unika egenskaperna är:

- Bränslet innehåller varierande och relativt stora mängder vatten.
- Eldningen måste ske så att bränslets svavelinnehåll till minst 90 % föreligger reducerad som sulfid i den alkaliesmälta som lämnar eldstaden.
- Bränslets relativt låga värmevärde i kombination med den höga halten oorganiskt material kan leda till problem med förbränningen, t.ex. svartnad bädd.
- Den höga halten oorganiskt material med komplex sammansättning gör det svårt att undvika beläggningar på värmeytor och igensättning av rökgasstråk.
- Risk för rökgassidig korrosion på grund av förekomsten av bl.a. svavelföreningar.
- Risk för explosion vid kontakt mellan smälta och vatten.

2.1 Driftstörningar och säkerhetsrisker

Många av de driftstörningar som uppstår i en sodapanna kan utvecklas till allvarliga säkerhetsrisker, som kan orsaka allvarliga person- och maskinskador.
Det krävs därför lång erfarenhet och god processutbildning för den personal som utövar den dagliga driften och sköter underhållet av anläggningen. Beträffande certifiering av operatörer se rekommendation E 1.

Störningar, som kan utvecklas till säkerhetsrisker kan uppstå såväl vid start, drift, nedeldning, som under driftavbrott och stopp i anläggningen.

Under sodapannans drift förekommer det vanligen variationer i de olika driftparametrarna.

Exempel på driftavvikelser och driftstörningar som i sin förlängning kan riskera säkerheten är framför allt störningar som påverkar:

- Domnivå och matarvattentillförsel
- Matarvattenkvalitén
- Förbränningsstabilitet
- Igensättningar av rökgasvägar
- Bränslets viskositet och torrhalt
- Smältaflödet
- Pannans hjälputrustningar
- Lösartank och smältalöp

Yttre störningar som kraftavbrott eller störningar hos pannans hjälpsystem kan också störa driften och leda till förlopp där säkerheten äventyras.

I det följande behandlas normala rutiner för pannas övervakning och tillsyn. De vanligaste störningarna i sodapanndriften kommenteras och riktlinjer ges för hur störningar kan

förebyggas och åtgärdas och säkerhetsrisker därmed avvärjas.

Utöver de risker som orsakas av driftstörningar innehåller vistelse och arbete i en sodahusanläggning ett flertal risker som kan ge upphov till personskador eller maskinskador. Även dessa risker behandlas i denna rekommendation.

2.2 Riskanalys

För konstruktion av tryckbärande anordning, som sodapannan, föreskriver Tryckkärlsdirektivet 2014/68/EU att riskbedömning skall göras, vilket innebär att en bedömning ska göras av risken för olycksfall eller ohälsa i en risksituation, i syfte att avgöra om riskreducerande åtgärder behövs.

Även Maskindirektivet 2006/42/EG som behandlar flertalet maskiner och hjälputrustningar i sodahuset förutsätter att systematisk riskanalys och riskbedömning genomförs.

Riskanalyser ska även utföras för användning av tryckbärande anordning samt för maskiner.

Alltfler säkerhetsfunktioner bygger idag på elektriska och elektroniska programmerbara system. Att bygga ett skyddssystem på ett sådant sätt att det förhindrar uppkomst av allvarliga fel, eller att ha kontroll på de eventuella fel som kan uppkomma, kräver kunskaper inom flera områden.
Olika standarder och metoder används vid konstruktion. Vilken standard man skall använda beror bl.a. på teknikval, erfarenhet och även på beställarens önskemål.
SIL (Safety Integrity Level) används för elektriska, elektroniska eller programmerbara säkerhetslösningar. Huvudstandard för SIL är IEC 61508.
Riskanalyser behandlas i Sodahuskommitténs rekommendation F 4.
Sodapannans säkerhetssystem behandlas i rekommendation B 18.

3 Beskrivning av några begrepp

3.1 Smälta-vattenexplosion

S***mälta-vattenexplosion*** utgör en särskild risk som är unik för sodapannor, som medför att sodapannan kräver särskilda säkerhetsregler och säkerhetsutrustningar utöver vad som krävs i vanliga ångpannor.
En smälta-vattenexplosion innebär att en kraftig explosion kan inträffa om vatten kommer i kontakt med flytande smälta. Detta kan företrädesvis ske i pannans ugn, men kan även inträffa i lösartank, eller om smälta läcker ut ur ugnen och kommer i kontakt med vatten.

Med tanke på de mycket allvarliga konsekvenser som en smälta-vattenexplosion kan medföra, måste man vidta snabba och riktiga åtgärder om man konstaterar eller misstänker en läcka, där vattnet kan nå eldstaden och komma i kontakt med flytande smälta.
Sodahuskommitténs rekommendation nr B är vägledande för såväl arrangemang som åtgärder i en sådan situation.

Vid de explosioner som åstadkommit stora skador på pannorna, har man uppskattat att 1–5 liter vatten blivit inblandade i flytande smälta.

Skador vid en smälta-vattenexplosion orsakas främst av riktade chockvågor (detonationsfront) och inte i någon större omfattning av allmänt övertryck i eldstaden.

Smälta-vattenexplosioner kan orsakas av läckage i vattenförande tuber:

- Tubläckage i eldstadens botten.
  En läcka i en bottentub är oerhört farlig på grund av att vatten då kan samlas inne i bädden och kommer i kontakt med flytande smälta.
- Tubläckage i väggtuber.
  Ett läckage i en tub i nedre eldstaden utgör en stor fara på grund av närheten till flytande smälta.
- Vattenförande screentuber.
- Tubläckage i tak- eller gittertuber eller i konvektionstubsatsen.

Andra orsaker kan vara:

- Låg torrhalt på tillförd brännlut. (Kan orsakas av driftsstörningar i indunstningsanläggningen eller genom utspädning av brännlut i samband med tvättning av ledningar och lutförvärmare eller vid tillsatseldning av såpa eller kemikalier).
- Inläckage av vatten från luftförvärmare, luftkanaler, asktransportörer, lutledning, imångkanal eller annan ledning till pannan i samband med tvättning.
- Oavsiktlig tillförsel av vatten genom öppningarna för lutsprutor eller löphål i samband med yttre rengöring.
- Läckage i löprännor och vattenkylda eldstadsluckor.
- Vatten sprutas in via sotblåsare vid extremt hög domnivå.
- Vatten sprutas in via oljebrännare i samband med renblåsning genom tillförsel av kondensat från odränerad ångledning.
- För tidigt påbörjad vattentvättning.
- Vatteninträngning via eventuell destruktionseldningsutrustning.
- Brustna överhettartuber kan i kombination med överfyllning av pannan orsaka vatteninträngning i pannan.

Statistiskt sett är stora läckor i eldstaden de farligaste, eftersom större mängder vatten då kan nå bädden och den flytande smältan. Sådana läckage anses i ett fall av tre resultera i en smälta-vattenexplosion. Även mindre läckor i bottentuber under smältabädden innebär en stor fara.

Läckage i ekonomiser- eller överhettartuber anses normalt inte medföra risk för smälta-vattenexplosioner. Man kan dock inte helt utesluta att vatten från en läckande ekonomiser via askretursystemen (i de fall askan inte återförs via indunstning utan blandas direkt med brännlut i sulfatblandartanken), kan sänka brännlutens torrhalt så mycket att risk för smälta-vattenexplosion uppstår. Brännlutens torrhalt skall bl.a. av detta skäl vara övervakad och tillförseln förreglad.
Läckage i en överhettare kan i samband med överfyllning av pannan tillföra vatten till ugnsbädden.

3.2 Torrkokning

Med torrkokning menas att vattennivån i pannan sjunker så att material i ångdom, lådor eller tuber överhettas på grund av att det helt eller delvis förlorar sin kylning.
Risk för torrkokning i en ångpanna föreligger under pågående eldning i följande fall:

- Då det tillförda matarvattenflödet helt upphör eller varaktigt underskrider alstrat ångflöde och utblåsning av pannvatten. Detta tillstånd medför att vattennivån i pannan sjunker och att vattencirkulationen i de olika cirkulationskretsarna efterhand upphör. I en helt torrlagd cirkulationskrets närmar sig materialtemperaturen hos tuberna de omgivande rökgasernas temperatur.
- Vid igensättning eller kraftig beläggning i någon eller några tuber i pannan.
- Vattennivån i ångdomen förblir då normal och matarvattenflödet till pannan blir lika med summan av flödet ånga och utblåst vatten. Kylningen av de vattenförande tuberna i pannan försämras alltmer med sjunkande vattennivå, vilket leder till överhettning av tubmaterialet.
- Vid cirkulationsproblem orsakade av otillräcklig matning av t.ex. fördelningslådor. Detta kan medföra att flödeshastigheten i tuben kan minska, ändra riktning eller i värsta fall helt stanna av. Detta medför att kylningen minskar med överhettning som följd. Cirkulationsproblem kan uppträda om pannans högsta tillåtna ångavgivning överskrids, eller vid ojämn värmebelastning.
  Beträffande rekommendation on cirkulationsberäkning se rekommendation B1 och B10.

Torrkokning leder till förhöjda materialtemperaturer vilket kan medföra tubsvällning, tubläckor eller att tuben fläker upp (exploderar). Vidare kan pannan deformeras mer eller mindre kraftigt, beroende på hur länge pannan eldats med för låg vattennivå.

Torrkokningen kan dessutom leda till en ogynnsam förändring av tubmaterialets mikrostruktur, t.ex. mjukglödgning eller uppkolning av materialet så att materialets hållfasthet försämras.

3.3 Tubläckage och tubexplosion

Läckage i en panntub kan ge upphov till allvarlig smälta-vattenexplosion, i de fall läckans lokalisering är sådan att utströmmande vatten kan nå ugnen och smältabädden.
Även läckage som inte når pannans ugn kan orsaka allvarliga person- och materiella skador.
Tubläckage kan ha flera orsaker.
En pora i en svets kan leda till ett läckage där vatten sprutar på intilliggande tuber. Detta i sin tur kan ge upphov till sekundära skador, vanligen godsförtunning orsakad av erosion, utvändig eller invändig. Skadetypen förekommer oftast i domtubsatser och svetsade ekonomisers.
Ett läckage från en pora växer långsamt medan en godsförtunnad tub kan fläkas upp plötsligt, s.k. tubexplosion.

En tubexplosion eller tubfläkning innebär plötslig bristning och uppfläkning av panntub, vars hållfasthet genom överhettning, godsförtunning, materialfel etc. nedsatts i sådan grad, att tuben ej längre tål panntrycket.

Andra orsaker till tubläckage kan vara sprickor som bildats genom termisk eller mekanisk utmattning, ofta i anslutning till någon svets. Tubmaterialet kan också försvagas om det överhettas genom torrkokning, otillräcklig kylning på grund av dålig cirkulation, invändiga beläggningar eller vid extremt hög värmebelastning, exempelvis genom direkt påverkan av s.k. sticklåga från en oljebrännare.

3.3.1 Erosion på trycksatt tub eller rörledning

En vätska, som stänker eller rinner på en het trycksatt tub eller rörledning, kommer att förtunna materialet på mycket kort tid och i sådan omfattning att det föreligger risk för tubfläkning. Speciellt riskabelt är området vid löprännehuvarna där vatten från spolrören under olyckliga omständigheter kan komma i kontakt med panntuber eller fördelningslådor i området.

3.3.2 Svartnande bädd

Svartnande bädd innebär att den förbränning av brännlutens organiska innehåll, som sker i ugnsbädden genom pyrolys (förbränning under luftunderskott), slocknar och upphör helt eller ”fläckvis” i ugnen. Svartnande bädd innebär en ökad risk för gasexplosion. Svartnande bädd kan också vara ett tecken på tubläcka under smältanivån. Se vidare avsnitt 5.3 Övervakning av förbränning.

4 Uppstart av sodapanna

4.1 Förberedelser inför start av sodapannan

För undvikande av problem under uppstart av sodapannan bör innan tändning sker, sodapanna och hjälputrustning kontrolleras mot brukets rutiner för utcheckning, så att det säkerställs att anläggningen är startklar och i driftdugligt skick.

Speciellt bör kontrolleras att:

- Alla underhållsarbeten har avslutats och all personal, egna och extern personal, har kvitterat enligt arbetsställets rutin för säker avställning, att deras arbeten är avslutade och personalen har avlägsnat sig från riskområdet. Avställda maskiner, objekt, el-instrument och datasystem är kvitterade som klara enligt gällande rutin för säker avställning
- Alla ställningar demonterade och bortforslade
- Alla anordningar som kan hindra pannans värmeexpansion är avlägsnade
- Samtliga luckor på panna, ekonomiser, elektrofilter och eventuell rökgasskrubber är stängda
- Förekommande ledningar för gasdestruktion är avstängda
- Samtliga sotblåsarlansar är i utdraget läge

- Löphål och primärluftportar är öppna och fria från nedfallet material (aska) från pannväggar eller överhettare. Det kan vara nödvändigt att gå in i ugnen och skotta rent framför löpöppningarna
- Allt brännbart material omkring och under pannbotten är avlägsnat.
- Eldningsoljan håller föreskriven förvärmningstemperatur och atomiseringstrycket är rätt inställt
- Nivå och temperatur på vätskan i smältlösaren är den rätta
- Löprännornas kylning är i funktion
- Nivån i ångdomen är inom föreskrivna gränser, domnivån skall vara synlig i synglasen
- Avluftningsventilerna är öppna
- Pannan är vädrad och spjäll och luftfläktar är i läge för uppstart
- Huvudångventiler är stängda, startångventil är öppen

4.2 Vädring

Innan någon startbrännare tänds skall pannan vädras för att säkerställa att det inte finns några brännbara gaser i eldstaden, som vid tändningen kan orsaka en explosion.
För kort vädringstid eller för lågt luftflöde kan medföra att brännbara gaser finns kvar i eldstaden, vilket vid tändningen kan orsaka en gasexplosion.

Vädringsinstruktion enligt Sodahuskommitténs rekommendation nr B 13 måste därför följas innan någon startbrännare tänds.

4.3 Drift av Elektrofilter

Beträffande elektrofiltrens spänningssättning har tidigare tillämpats att elektrofilter spänningssätts först sedan ”stabil luteldning” uppnåtts, detta för att undvika explosioner av oförbrända gaser i elfiltret.
Eldning med avstängda elektrofilter kan hamna i konflikt med moderna miljökrav och rekommendationer behöver därför ses över. Riskerna för att explosiva gaser följer med rökgasflödet beror dessutom på den eldningssituation som föreligger. Start med lättolja eller tung olja, start av kall panna, varm panna, eller panna med bädd i eldstaden har olika riskprofiler som måste bedömas lokalt vid uppstart.
Generellt rekommenderas följande, dock anpassat efter brukets egna riskanalyser och avvägningar mot miljötillstånd:

Start oljeeldning:
Elektrofilterspänning avstängd, eller reducerad till högst 50%

Oljeeldning med minst 50% av brännarna i drift
Elektrofilterspänning reducerad till 50%, eller vid längre eldningstid Normal filterspänning efter egen riskanalys.

Start luteldning
Elektrofilterspänning reduceras till högst 50%

Stabil luteldning enligt definition avsnitt 5.4
Normal elektrofilterspänning

Vid Låg O_2-halt <0,5%skall elektrofilterspänning brytas. (Rekommendationen gäller även vid hög CO-halt förslagsvis över12000 ppm**),** se Rekommendation B1**,** avsnitt 16.

Vid automatiskt stopp förbränning, se B1 skall spänning till elektrofilter brytas.

4.4 Startbrännare

Tillsyn av tändningsutrustning och startbrännare skall ske enligt rekommendationerna B 13. Ytterligare startvillkor för att tändning av startbrännare och tryckupptagning av pannan skall kunna ske framgår nedan. Vilka av dessa tillkommande villkor som ska förreglas i säkerhetssystem eller hanteras i DCS framgår av rekommendation B18, Sodapannans säkerhetssystem.
Förreglade startvillkor gäller enligt rekommendation B1 och B13, figur 1.

- Startförreglingar enligt rekommendation B 13
- Driftvillkor enligt rekommendation B 13
- Alla lutsprutor demonterade, lutspruteöppningarnas skydd mot ofrivillig vatteninsprutning applicerade
- Flamvakter rengjorda och deras funktion kontrollerad
- Elektrofilter spänningslösa, eller med spänning anpassad enligt avsnitt 4.3
- Löprännekylning i drift
- Lösartank fylld, förvärmd, min 50 C
- Omrörning i lösaren startad
- Domvattennivå inom godkända gränser
- Nivån i matarvattentanken inom fastställda gränser
- Matarvattenpump startad
- Omrörning i lösartanken startad

Alltför intensiv användning av startbrännarna i kombination med ökad mängd primärluft kan förorsaka skador på eldstadsbotten genom överhettning av bottentuberna.
Storlek på brännarmunstycken bör därför begränsas. Vissa fabriker täcker pannbotten, exempelvis med kalkgrus, innan uppeldning påbörjas.

4.4.1 Startbrännarproblem

Om startbrännare slocknar under tryckupptagningen av pannan föreligger risk för gasexplosion i samband med återstart av brännare. Olja som sprutats in och samlats på pannans botten utan att förbrännas skapar risk för gasexplosion i eldstaden eller rökgasvägarna, när förgasad olja antänds.

Det är viktigt att flamvakternas funktion kontrolleras och återställs före start.

Brännarstart får ej ske med flamvaktsfunktion satt ur funktion.

Sodahuskommitténs rekommendation B 13 skall vara vägledande när det gäller startbrännare.

4.5 Tryckupptagning

Under tryckupptagningen kan pannan utsättas för skadliga värmespänningar om materialtemperaturen i pannan ökas alltför snabbt. Ångdomen med dess stora godstjocklek är särskilt utsatt.
Tryckupptagningen skall därför ske enligt panntillverkarens rekommendation.

En alltför låg ångavgivning under tryckupptagningen av pannan utgör ett riskmoment på grund av att överhettartuberna kan skadas genom överhettning till följd av alltför dålig kylning. Man bör vara uppmärksam på eventuella ”vattenlåseffekter” i överhettarslingorna vid tryckupptagningen, eftersom överhettarslingor där kvarvarande vatten hindrar ångflödet riskerar att bli överhettade i sina icke vattenkylda delar.

Ångavgivningen under tryckupptagningen bör inte vara lägre än den mängd som panntillverkaren rekommenderar. Ifall ångmätare saknas i friblåsningsledningen, måste man på annat sätt säkerställa ångflödet genom överhettarna.

Om av någon anledning inte tillräckligt med bränsle kan tillföras för att följa uppkörningskurvan skall, även om uppkörningstiden riskerar att förlängs, prioriteras att ångflödet genom överhettarna upprätthålls.

Under tryckupptagning av pannan är de vanligaste problemen slocknande startbrännare och senare då luteldning påbörjats, se avsnitt 4, svartnade bädd och igensättning av löphål.

4.6 Avluftning

Luft, som är kvar i ekonomiser, kondensor för insprutningsvatten, ångdom och överhettare kan försämra värmeöverföringen och orsaka att cirkulationen i värmeytorna blir dålig. Luften kan även ge upphov till vattenslag, om den förflyttar sig okontrollerat i tuber eller lådor.
När vatten eller ånga strömmar ut ur de olika avluftningarna stängs efter hand avluftningsventilerna.

Avluftning skall ske enligt de instruktioner som finns för anläggningen.

5 Luteldning

5.1 Start av brännlutsystemet

I samband med övergång till luteldning och fram till den tidpunkt, då luteldningen når normal kapacitet, finns risk för instabila eldningsförhållanden på grund av att:

- De förhållandena som gynnar torkning och pyrolys av brännluten är inte fullt utvecklade, vilket gör att luten brinner dåligt; det är viktigt att kontrollera att brännlutens torrhalt är normal
- Lutinsprutningen kan störa och orsaka att startbrännare slocknar
- Risken för utveckling av explosiva gaser och därmed gasexplosion är förhöjd då lut börjar tillföras pannan. Detta beror på att ofullständig lutförbränning och återstart av slocknade startbrännare kan förekomma samtidigt som luftöverskottet är relativt högt. Lutinsprutningen får därför inte starta förrän temperaturen i eldstaden har blivit tillräckligt hög för att luten skall kunna antändas och brinna stabilt.

  Tillförsel av brännlut till pannan påbörjas därför inte förrän pannan kopplats till ångnätet.

För övergång till luteldning skall samtliga förreglade startvillkor anpassade till pannans lutsystem vara uppfyllda.
Förreglade startvillkor för övergång till luteldning vid olika arrangemang av lutsystem framgår av rekommendation B 1.

5.2 Startvillkor för brännlutpump

Förreglingsvillkor enligt rekommendation B1 skall vara uppfyllda före start av brännlutpump (insprutningspump) och före öppning av avstängningsventilen efter brännlutpumpen.

5.3 Startvillkor för brännlut till eldstaden:

Innan luteldning påbörjas skall kontrolleras att:

- Tillräckligt antal oljebrännare ska vara i drift för att säkerställa att luten antänds (Rekommendation B1 föreskriver 50%, dvs 3 av 6, eller 4 av 8 brännare i drift)
- brännlutsystemet kontrolleras och trycksättas
- Löprännekylning i drift
- rätt nivå och temperatur på vätskan i smältlösaren ska föreligga
- omrörning, densitetsreglering och svaglutstillförsel skall kontrolleras.
- förekommande elektrofilter tas i drift, spänningslösa, eller med spänning anpassad till enligt avsnitt 4.3.

5.4 Stabil Luteldning

Enligt annex A till SS-EN 12952-8 tillåts start av olje-eller gasbrännare (även tillämpligt för destruktionseldning av starka gaser) utan föregående vädring förutsatt att ångenerering från luteldning överstiger 50% av pannans nominella last. Sedan denna gräns blev inskriven i standarden har nya sätt att innehålla föreskriften om säker användning (AFS 2023:11) utvecklats. Högre torrhalt på brännlut gör förbränningen mera intensiv och stabil. Övervakning av pannans rökgaser med avseende på O2-överskott och CO-halt utgör automatiska driftförreglingar. Det är därför möjligt att med stöd av egen riskanalys att innehålla föreskriftens krav.
Numera finns erfarenhet från bruk som har luttorrhalter över 70 % att gräns för start- och drift av olje-eller gasbrännare kan sänkas till 30 % MCR.

Sodahuskommittén har etablerat begreppet *”Stabil luteldning”* som ett kriterium för att avgöra när olje- eller gaseldning kan startas och upprätthållas på säkert sätt.

Begreppet ”Stabil luteldning” har i Sodahuskommitténs rekommendationer betydelse för de villkor som reglerar behov av stödeldning med olja, samt kriterier för vädring efter tändförsök med pannans oljebrännare, se rekommendation B 13, samt för villkor för destruktionseldning av starka -och svaga gaser, metanol och terpentin enligt rekommendation, se B16.

Sodahuskommittén rekommenderar följande **definition av *”Stabil luteldning”***:

”Stabil luteldning” förutsätter att man övervakar och har en stabil lutförbränning med luftöverskott efter övre eldstad och utan oförbrända gaser.

För det enskilda bruket och den enskilda pannan kan *när man stadigvarande har* luttorrhalt över 70 % ett lägre värde än 50 % av MCR som anges i SS-EN 12952-8 för start av olje-eller gaseldning tillämpas. En förutsättning för detta är att det underbyggs med en riskanalys som presenteras för kontrollorganet och att kontrollorganet finner att lösningen uppfyller kraven.

6 Sodapannans driftövervakning

Sodapannan skall stå under ständig driftövervakning. Övervakningen leds av ansvarig operatör som biträds av en eller flera assisterande operatörer, se rekommendation F1. Normal övervakning sköts från manöverrum men regelbundna ronder i sodahuset förutsätts, dels för att utföra manuella åtgärder, dels för kontroll och uppsikt över anläggningen.

Det krävs lång erfarenhet och god processutbildning hos den personal som sköter drift- och övervakning, eller utför underhåll i anläggningen. Sodahusoperatör skall vara behörig. Sodahuskommittén har därför låtit utarbeta rekommendationer för utbildning och behörighetscertifiering av sodahusoperatörer, se rekommendation E1.

Det dagliga arbetet med tillsyn av pannan innebär uppmärksamhet på olika slag av risker som kan leda till allvarliga personskador:

- Spettning av löprännor, rengöring av luftportar och lutmunstycken, skall ske med stor försiktighet och med användande av föreskriven skyddsutrustning.
- Vid byte av lutmunstycken finns risk för inneslutet tryck och läckage från kopplingar. Är lutmunstycket igensatt måste tillses att lutledningen är trycklös innan kopplingen lösgörs.
- Vid spettning av löprännor är risken stor för stänk av smälta eller grönlut från lösaren, se även moment 5.5.
- När man kontrollerar grönlutens och brännlutens densitet, skall man använda föreskriven skyddsutrustning, se rekommendation B5. Flödet i provledningen kan vara ojämnt. Stänk i ögonen kan orsaka svåra bestående synskador!
- Vid öppnande av inspektionsluckor under drift skall inspektören uppehålla sig bakom, i skydd av, luckan för att eliminera risk att bli skadad av utströmmande het rökgas eller sulfatdamm. Inspektionen skall sedan ske på betryggande avstånd från lucköppningen.
- Om destruktionseldning av starka luktgaser eller svaggaser sker i sodapannan kan ett läckage i utrustningen ge så höga halter av svavelväte och organiska sulfider i den omgivande luften att risk för svåra förgiftningsskador föreligger, se avsnitt 7.14.
- Sodahuset är en arbetsplats där bullernivåerna på många ställen är höga och dessutom mycket svåra att komma till rätta med. Höga ljudnivåer skadar på kort tid hörseln. Hörselskadorna kan bli bestående.
  Speciellt utsatta områden är:
  - Smältlösarplanet
  - Intill sotapparater i drift
  - Intill ångreduceringsventiler och vid luft- och rökgasfläktar

Sodahuskommitténs rekommendation nr B 5 ger anvisningar om användande av personlig skyddsutrustning i sodahuset.

6.1 Processövervakning

Utöver normal processövervakning som numera utförs med datoriserade styr- och reglersystem (DCS) skall finnas en, från den ordinarie instrumentpanelen avskild, nödnedelningspanel där sodahuslarm, nödnedeldning, snabbtömning samt test av snabbtömningssystemets funktioner kan startas, styras och övervakas, se rekommendation B8. Även domnivåindikering samt låg- och högnivåvakt, vilka aktiverar pannas nödnedeldning, skall finnas i manöverrummet och även presenteras för operatören fristående ifrån pannans styr- och reglersystem. För närmare beskrivning se rekommendation B 6.

Fel i systemen för processövervakning, liksom i förreglingar mot oönskade processförlopp, kan medföra att stora säkerhetsrisker uppstår. Speciellt viktigt är systemet för övervakning och reglering av domnivån.
Servicearbeten och andra ingrepp i instrumentkretsar som berör domnivåregleringen måste ske med god urskillning:

- Servicearbeten och andra ingrepp i utrustningen måste föregås av en noggrann planering och riskanalys.
- Ansvarig operatör måste informeras i detalj om arbetet och de fel som eventuellt kan förväntas i samband med arbetet.

- Ansvarig operatör skall informeras om tidpunkterna för arbetets början och avslutning.

6.1.1 ”Svartnande eller frusna” skärmar

I datoriserade instrumentsystem har förekommit att bildskärmarna i systemet "svartnar" eller ”fryser”, eventuellt utan att processen i övrigt påverkas.
Svartnande eller ”frysta” processkärmar kan ha flera orsaker och det kan inte förutsättas att processregleringen fortfarande är aktivt fungerande när skärmarna inte längre ger någon information.
Normal reaktion på svarta skärmar är att driften avbryts. Utan tillfredsställande kontroll över processen kan fortsatt drift inte tillåtas fortgå.
Sodapannan skall vara utrustad med säkerhetssystem, redundant och diversifierat d.v.s. avskilt ifrån ordinarie processtyrsystem enligt anvisningar för säkerhetssystem, se rekommendation B18. Beträffande förekomst och krav på vakter se även SS-EN 12952-7.

6.1.1.1 Vid säkerhetskritiska driftlägen stoppas driften genom att säkerhetssystemet avbryter eldning och/eller beroende på situation aktiverar pannans nödnedeldningssystem. Beträffande nödnedeldning och snabbtömning, se rekommendation B8.

Om nödnedeldning aktiverats måste kontrolleras att vidtagna nödnedeldningsåtgärder verkligen har verkställts, som avbruten bränsletillförsel, avbruten tillförsel av luft till nedre eldstad, mm, se rekommendation B 8. Vid ”svartnande skärmar” kan denna kontroll inte ske via ordinarie processövervakning som då inte är tillgänglig, utan sker via sodapannans säkerhetssystem.

Förutom säkerhetssystem enligt ovan rekommenderas fristående kameraövervakning av vattenståndsglas och manometer, lutsprutor, löprännor samt övervakning av eldstaden med bäddkamera.
Om säkerhetspanel är genomtänkt och väl utformad samt rekommenderad kameraövervakning finns, kan tillfredsställande övervakning över pannan upprätthålls även om pannans ordinarie styrsystem fallerar. Vid instabil drift eller när säkerhetskritiska tillstånd inträffar ska pannan stoppas automatiskt eller manuellt, genom aktivering av nödnedeldningssystemet, när så bedöms nödvändigt.

Utformning av säkerhetspanel behandlas i rekommendation. I avvaktan på omarbetning av rekommendation B14 lämnas nedanstående råd för utformning av säkerhetspanelen för att hantera problem med svartnande skärmar.

Övervakning med larm eller indikering av följande driftvärden:

- domnivå
- panntryck
- matarvattenflöde
- ångflöde
- ångtemperatur
- drag i eldstad
- löprännekylning

- grönlutens densitet
- brännlutens torrhalt
- föreskrivna vakter för nivå, tryck, m.m.
- fristående kameraövervakning av vattenståndsglas och manometer, lutsprutor, löprännor samt övervakning av eldstaden med bäddkamera.

Se även Sodahuskommitténs rekommendation nr B 12, B 14 och B 1.

6.2 Övervakning av vattennivå

Vattennivån i pannan är den absolut viktigaste driftparametern att övervaka, detta på grund av de risker som otillåtna avvikelser medför.

Sodahuskommitténs rekommendation nr B 6 ger utförliga anvisningar beträffande utrustning och säkerhetsarrangemang för domnivåövervakning, samt om funktion, installation och kontroll av lågnivåvakt.

Beträffande nödnedeldning och snabbtömning, se rekommendation nr B 8, som är vägledande för såväl arrangemang som åtgärder i en sådan situation.

6.2.1 Låg domnivå

Om domnivån sjunker under lägsta tillåtna nivå och eldningen fortsätter, är risken stor att det uppstår skador på pannan, med allvarliga konsekvenser för säkerheten.
När vattennivån passerat lägsta tillåtna vattennivå (LWL), se rekommendation B 6, skall pannans nödnedeldningssystem aktiveras så att eldningen automatiskt stoppas genom att pannans nödnedeldningssystem aktiveras och bl.a. bränsletillförseln automatiskt avbryts.

Kontrollera att tillförseln av nedanstående media till pannan stoppats:

- Förbränningsluft till nedre eldstaden
- Brännlut och eventuell tillförsel av olja eller gas
- Matarvatten
- Samt att alla övriga nödnedeldningsåtgärder har verkställts

Om automatiken inte fungerat, skall tillförseln stoppas manuellt.

En låg domnivå kan bero på många orsaker, som ofta är svåra att snabbt fastställa. Om inte matarvattenbortfall omedelbart konstateras bör tecken på inträffad tubläcka undersökas.

Följden av sjunkande domnivå kan bli en torrkokning av pannan eller en lokal överhettning av vattenförande tuber, vilket kan ge upphov till:

- Överhettning av dommaterial, tubinfästningar och tuber
- Tubdeformationer
- Tubläckor

- Tubexplosion (tubfläkning)

Vattenläckage orsakat av nämnda skador i pannans tryckkärl kan leda till smälta-vattenexplosion.

6.2.2 Låg domnivå orsakad av tubläcka

En otillåtet låg domnivå kan bero på en tubläcka.
Indikation på tubläcka kan vara:

- Differensen mellan matarvattenflödet och ångflödet har ökat.
- Reglerventilen för matarvattentillförseln har onormalt högt öppningsläge i förhållande till ångproduktion.
- Matarpumpens varvtal är onormalt högt i förhållande till ångproduktionen (varvtalsreglering av matarvattenflöde och -tryck).
- Högt eldstadstryck. Rökgaser eller eldflammor slår ut genom eldstadsöppningar.
- Pannvattnets natriumhalt eller konduktivitet har sjunkit till onormalt låga värden.
- Blåsljud, som hörs från pannan när sotblåsarna är avställda.
- Svartnande bädd.

Sodahuslarm skall omedelbart utlösas vid misstanke om att nivåsänkningen beror på en tubläcka och att utströmmande vatten därvid kan komma i kontakt med smältan i eldstaden.
Innan nödnedeldning och snabbtömning påbörjas skall den personal som uppehållit sig i sodahuset när larmet utlöses, ges skälig tid att ta sig till närmaste utrymningsväg (skyddat trapphus, utvändiga trappor eller lejdare).

Se Sodahuskommitténs rekommendation nr B 8 och C 8, som är vägledande för såväl arrangemang som åtgärder i en sådan situation.

6.2.3 Matarvattenbortfall

Otillräcklig tillförsel eller totalt bortfall av matarvatten kommer att utlösa larm för låg nivå i ångdomen.
Beror bortfallet (bristen) på att matarpumpen löst ut kommer reservmatarpumpen att automatiskt starta, såvida inte nivån blivit så låg att lågnivåvakt aktiverat pannans nödnedeldningssystem och blockerat fortsatt eldning.

Om man inte med de instrument som finns installerade, kan se att vattennivån i domen ligger inom tillåtna gränser, skall man övertyga sig om att:

- Lufttillförseln till nedre eldstaden har stoppat
- All bränsletillförsel till pannan har stoppat.
- Samtliga destruktionsbränslen som svaga och starka gaser, metanol och terpentin har stoppats.

Om detta inte skett, skall bränsletillförseln, därefter primärlufttillförseln stoppas manuellt.

6.2.4 Återfyllning

När vattennivån passerat lägsta tillåtna vattennivå (LWL) kan det vara mycket svårt att fastställa hur långt nivån sjunkit i pannan, om inte pannan har totalnivåmätning. Vid otillåtet låg vattennivå finns risk att tuber blivit överhettade till den grad att materialets egenskaper och hållfasthet försämras.
En alltför tidig och för snabb återfyllning kan medföra chockkylning av eventuellt överhettade tuber, vilket bland annat innebär risk för läckage, framför allt i äldre pannor med pressade tubinfästningar. Även i övrigt kan en snabb nedkylning av dommanteln orsaka höga temperaturspänningar som kan orsaka sprickbildningar i dommaterialet.
När man återfyller kraftigt överhettade tuber kommer det tillförda vattnet i kraftig kokning och det därigenom uppkomna trycket kan leda till att tuberna brister.

Vid nödnedeldning har matarvattentillförselen stoppats automatiskt. Innan matarvattentillförsel öppnas måste säkerställas att det inte är någon risk för återfyllning och start. Det måste konstateras att låg vattennivå inte har orsakats av läckage i tryckkärlet. En lämplig checklista för detta bör finnas vid varje anläggning, förslag se bilaga 1.

Om nivån har varit under domen (dvs helt tom) så får återfyllningen av pannan påbörjas först sedan dommaterialet kylts till en temperatur som inte överstiger matarvattentemperaturen med mer än vad som angivits av pannleverantören.

Avkylningen görs med normal trycknedtagning.

Domens temperatur mäts företrädesvis med termoelement, se rekommendation B 10, och verifieras med pannvattentemperaturen (mättnadstemperaturen) efter trycksänkning.

Återfyllning av matarvatten till normal domnivå skall därför ske med stor försiktighet och inte startas direkt efter det pannan löst ut. Vid återfyllning efter tripp skall panntillverkarens instruktioner åtföljas.

Om inget annat framgår rekommenderar Sodahuskommittén att:

- Felsök orsak till nödnedeldning eller panntripp innan återfyllning påbörjas.
- Gå igenom checklista för återfyllning, se bilaga 1.
- Om vattennivå inte kan konstateras i ångdomen får återfyllning av pannan påbörjas först sedan panntrycket reducerats så att temperaturen i dommanteln inte överstiger inkommande matarvattentemperatur från ekonomisern med mer än 50^{o}C (i de fall eventuella tubinfästningar är enbart invalsade och ej tätsvetsade dock högst 30^{o} C).
- Finns arrangemang för återfyllning av pannan via bottenlådor, kan dock återfyllningen påbörjas tidigare, såvida inte nivån kan befaras ha varit så låg att det kan ha uppstått skador på pannan. Om vattenscreenets cirkulation är skild från eldstadens cirkulation, så får återfyllning via bottenlådorna ske endast om också återfyllning av screenet kan ske genom den nedre screenlådan.
- Matarvattenflödet under åter fyllningen bör följa pannleverantörens instruktion och normalt inte överstiga 15 % av matarvattenflödet vid nominell pannlast.

Om nivån varit extremt låg och man befarar att det kan ha uppstått skador på

pannan, skall kontrollorgan tillkallas för att bedöma situationen, utföra revisionsbesiktning samt ge förslag till ev. erforderliga inspektionsinsatser före återstart av pannan.

6.2.5 Hög domnivå

Vid extremt hög domnivå är risken stor för överbäring av pannvatten till överhettarna. Detta kan leda till:

- Invändiga saltbeläggningar i överhettarna med stor risk för överhettning och godsförtunning på grund av korrosion
- Sprickbildning i överhettartuber på grund av den snabba avkylning tuberna utsätts för
- Stor risk att den utgående ångan blir så förorenad att det bildas kiselbeläggningar och andra saltbeläggningar på mottrycksturbinens skovlar, vilket minskar verkningsgraden och kan skada turbinen allvarligt
- Turbinhaveri om vattendroppar kommer in i turbinen
- Smälta-vattenexplosion, om temperaturregleringen av sotångan sker med ånga från ångdomen och pannvatten därvid kommer in i eldstaden via sotblåsarna, eller från eventuellt brustna överhettartuber och - i det extrema fallet - kommer i kontakt med smältan i eldstaden.

Vid otillåtet hög domnivå, skall "högnivåvakten" automatiskt avbryta bränsle- och matarvattentillförsel till pannan genom aktivering av pannans nödnedeldningssystem, se rekommendation B6.

Kontrollera omedelbart att följande mediaflöden till pannan stoppats:

- Förbränningsluft till nedre eldstaden
- Brännlut och eventuell tillförsel av olja eller gas
- Matarvatten
- Samt att alla övriga nödnedeldningsåtgärder har verkställts.

Om detta inte skett, skall tillförseln stoppas manuellt.

Kommer vatten in i eldstaden via överhettare eller sotblåsare skall snabbtömningssystemet aktiveras även om pannans vattennivå bara behöver sänkas obetydligt.

Se Sodahuskommitténs rekommendation nr B 6, som ger utförliga anvisningar om funktion, installation och kontroll av högnivåvakten, samt beträffande nödnedeldning rekommendation nr B 8 och C 8, som är vägledande för såväl arrangemang som åtgärder i en sådan situation.

6.2.6 Jäsning

Pannans ångdom och stigartuber är under drift fyllda med en ång-vattenblandning. Om en snabb trycksänkning inträffar, exempelvis på grund av ett snabbt höjt ånguttag, ökar ångans volym och s.k. *jäsning* inträffar.
Volymökningen hos ångan orsakar jäsningen och resulterar i att en (tillfälligt) hög nivå i

ångdomen uppmäts. Vid extremt hög nivå påverkas pannans högnivåvakt och pannan trippar. Vid för hög vattennivå finns risk för att pannvatten följer med ångan (överbäring), vilket kan ge upphov till beläggningar i överhettartuberna.
När vattennivån stiger minskas matarvattenflödet automatiskt av domnivåregleringen. Då trycket återtar normalt värde minskar ångvolymen åter, den uppmätta vattennivån sjunker och vattenbrist kan uppstå.

På samma sätt, om panntrycket plötsligt stiger, exempelvis på grund av ett kraftigt minskat ånguttag, så minskar ångans volym i pannan och vattenvolymen i pannan sjunker ihop, dvs den uppmätta vattennivån i domen sjunker, vilket kan få lågnivåvakten att trippa pannan.
Vid för kraftigt sjunkande vattennivå kan tuberna dräneras så mycket att deras översta delar blir överhettade, se avsnitt 2.2, torrkokning.

Vid hastigt varierande ånguttag förstärker jäsningstendensen hos pannvattnet därför risken för panntripp, om vattennivån i domen svänger för mycket. Man försöker förhindra dessa svängningar genom noggrann intrimning av pannans domnivåreglering. Om pannan ofta utsätts för tryckvariationer på grund av exempelvis varierande ånguttag eller andra störningar rekommenderas tryckhållningsventil på pannans utgående ånga, se rekommendation B 1.

Orsak till att pannan jäser och att högnivåvakten reagerar kan vara:
- Hastigt påkommet ånguttag, t.ex. vid omstart av en pappersmaskin
- Att en större (höglyftande) säkerhetsventil öppnar, speciellt om ventilen sitter på domen.

Orsak till att vattenvolymen sjunker samman och lågnivåvakten reagerar kan vara:
- Snabbstopp av stor ångkonsument ute i fabriken.
- Hastigt bortfall av eldningen, vilket får kokningen att upphöra.
- Hastig stängning av huvudångventilen.

6.3 Övervakning av förbränning

En jämn och stabil förbränning är en grundförutsättning för säker och effektiv sodapanndrift. Störningar i sodapannans drift beror ofta på problem med lutförbränningen. Störningarna kan uppträda som ojämn eller obefintlig täckning av smältabädd över pannans botten, helt eller delvis svartnad bädd, igensättning av löphål, ofta följt av smältarusningar från löprännan när igensättningen öppnats. Smältarusningar kan även uppstå när beläggningar i övre eldstaden faller ned i smältabädden. Beläggningsbildningen kan ha orsaker i överbäring eller i avvikande processkemi, som anrikning av kalium och klorider, vilket påverkar beläggningarnas smälttemperatur.
.
En stabil förbränning upprätthålls genom:

- Jämn och hög luttorrhalt på brännluten

- Brännluten ska tillföras med jämnt flöde och stabilt luttryck avpassat till den typ av lutmunstycken som används

- Eldstadstemperaturen måste hela tiden vara tillräckligt hög för att lutdropparna ska tända, vid för låg temperatur får pannan tendenser att slockna, se 5.3.7 Om bädden svartnar.

- Noggrann reglering av brännlutens temperatur är mycket betydelsefull. Luttemperaturen har stor betydelse för lutens viskositet och droppbildning och därför kan små ändringar av luttemperaturen medföra stor påverkan på bäddens form. Rätt temperatur måste utprovas med hänsyn till lutens torrhalt och kokpunktsförhöjning. Brännlutens ytspänning har stor betydelse för droppbildningen och påverkas bland annat av vilka vedslag som används i processen.

- Fördelning av lufttillförsel mellan primär, sekundär, tertiär och eventuell kvartärluft bör praktiskt intrimmas med utgångspunkt från panntillverkarens rekommendationer. Vanliga rekommendationer är att primärluftmängden skall hållas låg, i praktiken ofta mellan 25-40% av totalluftmängden. Något mera primärluft rekommenderas ofta till portarna på löprännornas vägg.

- Luftportar och lutsprutor ska hållas rena och regelbundet kontrolleras

- Bäddens form och temperatur bevakas med bäddkamera. Bädden ska ha en jämn kupig form utan stora kratrar eller spetsiga formationer som ”rasar”. Detta kan justeras med val och justering av lutsprutor, luftfördelning, samt framför allt med luttemperaturen.

- Dragregleringen ska upprätthålla ett jämnt undertryck i eldstaden. Givare för dragregleringen kräver regelbunden kontroll och rengöring

- Övrig övervakning enligt lokala driftinstruktioner

- Uppföljning och styrning av processkemi så att störningar orsakade av anrikning av vissa ämnen som klorider och kalium undviks.

Larm för onormala avvikelser i processen exempelvis brännlutens flöde, tryck, temperatur, torrhalt och i förekommande fall viskositet, skall finnas. Vidare gäller förreglade villkor för start och drift av luteldning. Dessa villkor behandlas i rekommendation B1.

6.3.1 Gasexplosion

Risk för gasexplosion i sodapannan föreligger om det finns en gasblandning av luft och oförbrända gaser i explosiva proportioner. Hur stark och intensiv en explosion blir – och därmed hur stor risken för personskador och materiella skador blir – beror också på mängden explosiv gasblandning.
Den oförbrända gasen i blandningen kan komma genom förångning från startbrännarnas bränsle eller från brännluten eller bädden, men även från destruktionsbrännaren när destruktion av starka luktgaser, metanol eller terpentin sker i sodapannan.

Särskilda risker uppstår vid:

- Upprepade men misslyckade försök att tända start- eller lastoljebrännare utan mellanliggande vädring. Oförbränd olja på eldstadsbotten kan bilda en explosiv gasblandning.

- Helt eller delvis svartnad bädd. Svartnad bädd avger brännbara gaser som t.ex. kolmonoxid, vätgas och svavelväte.

- Fortsatt lutinsprutning och tändning av startbrännare i samband med att bädden svartnat ökar risken för en gasexplosion.

- Tillförsel av brännlut innan pannans eldstadstemperatur blivit tillräckligt hög för att lutdropparna ska antändas.

- Tillfälligt bortfall av förbränningsluft.
  En luftfläkt som stannar eller ett ledskenespjäll som stänger under pågående eldning, medför att halten oförbrända gaser ökar dramatiskt genom s.k. pyrolys. Detta kan göra att det bildas en explosiv gasblandning med det syre som kommer in i pannan, när fläkten startar (spjället öppnar) och eldstaden får ökad mängd förbränningsluft.

6.3.2 Gasexplosion eller brand i elektrofilter

Vid ett plötsligt stort luftunderskott i förbränningen och om luft samtidigt av någon orsak läcker in mellan eldstaden och elektrofiltret, kan det finnas risk för en gasexplosion eller brand i filtret.
Inläckage av luft mellan pannan och elektrofiltret kan ge upphov till en explosiv gasblandning, som kan tändas av överslagen i elektrofiltret.

Under starten av pannan är risken störst att man får höga halter oförbränt i rökgaserna i kombination med högt luftöverskott.

Det finns även risker för att höga halter av oförbränt i rökgasen kan nå elektrofiltren vid den normala luteldningen, exempelvis vid stora störningar i lufttillförseln till pannan eller vid svartnad bädd av andra orsaker.
Eftersom man av miljöskäl inte får bryta spänningen till elektrofiltren under drift av pannan måste i sådana fall bränsletillförseln avbrytas och pannan vädras innan eldning återupptas.

6.3.3 Störningar orsakade av variationer i brännlutens kvalitet

Snabba förändringar i brännlutens torrhalt ger i regel upphov till kraftiga förbränningsstörningar, som kan utvecklas till säkerhetsrisker.
En markant sänkning av torrhalten resulterar ofta i att bädden svartnar.
En svartnande bädd avger, som nämnts, brännbara gaser (CO, H_2, H_2S…), vilket kan resultera i gasexplosion.

En extremt låg luttorrhalt kan orsaka såväl en smälta-vattenexplosion som en pyrolysgasexplosion, se moment 6.4.

Man ska därför stoppa luteldningen i en sådan situation.

Även plötsliga variationer i värmevärde eller viskositet kräver i regel omställningar av såväl lutspridning som luftfördelning för undvikande av förbränningsstörningar.

Se Sodahuskommitténs rekommendation nr B 11 angående bestämning av luttorrhalt.

6.3.4 Störningar i tillförseln av brännlut

Fel i brännlutsystemet kan medföra kritiska förhållanden för driften av pannan.
Störningar i tillförseln av brännlut och brännlutens sammansättning kan uppstå av flera orsaker, exempelvis:

- Askinmatningen varierar
- Lutens viskositet och ytspänning varierar, vilket påverkar lutens droppstorlek
- Byte av vedslag i processen
- Igensättningar i lutmunstycken eller lutledningar
- Förändringar i lasten (byte av lutmunstycke).
- Stopp eller fel på insprutningspump

Störningarna kan medföra en delvis svartnad bädd och sjunkande eldstadstemperatur, beträffande svartnande bädd se moment 5.3.7. Störningarna kan också påverka ångproduktionen i sådan omfattning att det orsakar problem med domnivån.

Om flödet av brännlut helt eller delvis upphör kommer detta oundvikligen att resultera i störningar. Sådana störningar kan göra det nödvändigt att tända startbrännare.

Fel i lutspridningen visar sig ofta i en helt eller delvis svartnande bädd eller ännu vanligare i att bädden krymper okontrollerat.
Brännlutstemperauren och droppstorleken har en avgörande betydelse för förbränningsförloppet. För liten droppstorlek kan leda till överbäring till övre eldstaden och överhettarna och att bädden helt krymper bort, vilket förutom den störning i processen som det innebär, även kan ge skador på pannbottnen.

6.3.5 Störningar i lufttillförseln

Störningar i lufttillförseln kan ha ett flertal olika orsaker, exempelvis:

- Fel på luftspjäll eller någon av luftfläktarna.
- Fel i regler- eller förreglingssystemet för någon av luftfläktarna.

Förändringar i lufttillförseln påverkar alltid förbränningen och kan utvecklas till driftstörningar med säkerhetsrisker som följd.

Om luftmängden till eldstaden av någon anledning blir alltför låg i förhållande till bränslemängden, ökar rökgasens halt av oförbränt till mycket höga värden.

En kraftigt förhöjd halt av oförbränt kan åstadkomma en gasexplosion när luft åter strömmar in i eldstaden, se moment 5.3.4.
Beträffande automatiska omställningar vid hög halt CO se rekommendation B 1.

- Man får aldrig öka luftmängden kraftigt vid ett sådant tillfälle. Detta gäller även vid initiering av en vädringsrutin.
- Bränsletillförseln skall stoppas. Detta gäller för alla typer av bränslen eller kombinationer av bränslen.
- Bränsletillförseln måste vara stoppad till dess pannan är vädrad och förbränningsluften åter kan tillföras kontinuerligt och i önskad mängd.
- Startbrännare får tändas först efter det att lufttillförseln stabiliserats och eventuell förekomst av explosiva gaser vädrats ut.

Den höga halten oförbränt kan resultera i en sänkning av eldstadstemperaturen, vilket märks som en snabb minskning av ångproduktionen. Detta i sin tur kan störa domnivåregleringen. Vid mycket höga halter oförbränt föreligger risk för gasexplosion eller brand i elektrofiltret, se 5.3.2.

Vid hög andel oförbränt i rökgaserna skall luteldningen avbrytas, i extrema fall kan strömmen till elektrofiltren behöva brytas för undvikande av en gasexplosion eller brand i elektrofiltren.

6.3.6 Störningar i dragregleringen

Även störningar i dragregleringen kan ge driftproblem som kan få allvarliga följder. Störningarna kan ofta bero på fel i rökgasfläktens reglersystem, eller orsakas av igensatta tryckuttag i eldstaden. Störningarna kan resultera i:

- Sänkt eldstadstemperatur och svartnande bädd, se 5.3.7.
- Problem med domnivåregleringen på grund av störningar i ångavgivningen
- Att rökgaser eller eldflammor slår ut genom eldstadsöppningar både vid för högt eldstadstryck eller om det förekommer mindre gasexplosioner i pannan
- Höga H_2S/CO-halter som orsakar ökade miljöutsläpp och medför risk för gasexplosioner i rökgasstråk och elektrofilter
-
- Stopp på rökgasfläktar kan snabbt orsaka att pannhuset rökfylls så att det måste utrymmas

En hastig ökning av eldstadstrycket kan också vara ett tecken på en stor tubläcka. Trögheten i rökgasfläktens reglering gör att den då inte hinner kompensera för den snabba ökningen av rökgasmängden.

6.3.7 Om bädden svartnar

Svartnande bädd är en allvarlig avvikelse som kan orsakas av flera tidigare nämna störningar, men svartnande bädd kan också vara en indikation på läckage i en bottentub eller väggtub. Att bädden svartnar lokalt är ovanligt vid höga luttorrhalter. Förekommer inga förbränningstekniska orsaker som direkt kan konstateras och åtgärdas bör alltid risken för tubläckage beaktas, bland annat skall pannvattnets sammansättning kontrolleras enligt rekommendation C 7.

För att undvika svartnad bädd skall lutmunstycken och luftportar regelbundet kontrolleras och rengöras.

Är det fråga om en delvis svartnad bädd kan detta, sedan tubläckage beaktats och avförts som orsak, åtgärdas genom att en eller flera startbrännare tändes. I det aktuella området kan också primärluften ökas.

Sodahuskommittén avråder från luftlansning av bädden.
Om luftlansar ändå användes, skall de skötas manuellt och med omsorg och stor försiktighet. Lansarna får inte riktas ned mot bottentuberna. Luftlansar får heller aldrig lämnas instuckna i primärluftportarna på grund av den stora risken för skador genom lokal överhettning av bottentuberna.

Under ogynnsamma förhållanden kan lutförbränningen helt upphöra och bädden svartna.

Om detta inträffar skall tillförseln av brännlut stoppas och pannan vädras innan någon startbrännare tändes, se rekommendation B 13.
När förhållandena i eldstaden åter blivit stabila, dvs. när eldstaden blivit tillräckligt varm, kan man börja tillföra brännlut igen.

Brännlut får aldrig tillföras en helt svartnad bädd, eftersom detta kan leda till en pyrolysgasexplosion t.ex. vid tändning av en brännare.

6.3.8 Störningar orsakade av avvikande kemi i kemikaliecykeln

I sulfatfabrikens kemikaliecykel sker en anrikning av olika grundämnen som beror på tillverkningsprocessen, samt av yttre förhållanden som vattenkvalitet och sammansättningar av ved och processkemikalier. Vid onormala nivåer hos avvikande kemikalier uppstår driftsstörningar med olika effekter i sodapannans drift.

- Igensättningar av sodapannans rökgasstråk medför försämrad driftstillgänglighet.
- Lägre smältpunkter för smälta och stoft medför försämrade förhållanden i eldstaden, vilket påverkar tillgänglighet och säkerhet negativt.
- Förhöjda nivåer av korrosiva ämnen som på sikt påverkar tillgänglighet och säkerhet negativ.

Kalium och klorider är ett exempel på avvikande kemikalier. Det är därför särskilt viktigt att övervaka halterna av kalium och klorider.
Det finns olika metoder för att begränsa anrikningen av kalium och klorider. Ett antal tillämpbara arrangemang beskrivs i rekommendation B 1.

6.4 Tillsyn av löprännor

Löprännorna ingår i ett område med förhöjd risknivå i sodahuset, se avsnitt 7.1. Bland riskerna bör framhållas:

- Läckage av kylvatten i en löpränna kan innebära en påtaglig risk för att vatteninträngning sker till ugnen eller till löprännans smältaflöde.
- Ovarsam och felaktig användning av spett vid rensning av löphål kan skada pannans löphålstuber.
- Vidare kan vid bristande tillsyn av löpöppningarna, så att smälta, grönlut eller svaglut inte rinner normalt orsaka utvändiga skador på pannans isolering och tuber.
- Rensning och tillsyn av löprännor är ett arbetsmoment med förhöjd risk för personskador. Instruktion för arbetsprocedur och skyddsutrustning skall vara upprättad och tillämpad.
- Vatten eller svaglut som stänker eller sprutar på pannväggen eller dess isolering kan orsaka allvarliga skador på pannan.

6.4.1 Inspektion och underhåll av löprännor

Löprännorna utsätts för hög värmebelastning, stora temperaturväxlingar och hög värmebelastning, samt är då också exponerade för korrosiv och eroderande miljö. Pannas löprännor bör därför betraktas som slitage- och utbytesdelar i pannan, vilka kräver regelbundet utbyte.

Sodapannans löprännor bör inspekteras i samband med alla planerade stopp. En skadad löpränna ska bytas ut. För att kontrollera att löprännornas kylsystem fungerar tillfredsställande bör vid revisionsstopp minst en löpränna inspekteras invändigt för kontroll av beläggningar och förekomst av korrosion. (Kontroll kan ske med endoskopi om inte rännan ska öppnas och sedan kasseras).

6.4.2 Läckage i löpränna

Kylvattenläckage i en löpränna kan uppstå som en följd av erosion/korrosion, sprickbildning eller andra defekter i löprännan eller som en följd av att vattenkylningen försämrats eller helt upphört. En orsak till sprickbildning i löprännan kan vara termisk utmattning som en följd av vattensidiga beläggningar orsakade av föroreningar i kylvattnet.
Operatören skall vara tränad och instruerad att övervaka löprännan så att han kan upptäcka och bedöma eventuella kylvattenläckage.

Ofta misstänks först läckage i en löpränna genom att förhöjd konduktivitet indikeras i löprännans kylvattensystem. Om detta inträffar ska undersöks om det föreligger ytterligare tecken på ett läckage och en riskbedömning av situationen ska göras.

Om läckaget orsakat att löprännekylningen försämrats eller upphört, eller om det uppträder smällar eller explosioner i rännan, måste vattenflödet till löprännan stängas och luteldningen avbrytas.

Om löprännans funktion krävs för pannans drift måste pannan eldas ned och släckas för byte av löprännan. Ifall pannan kan eldas vidare utan den defekta löprännan (i allmänhet då med en lägre last) kan löphålet pluggas varefter driften återupptas. Pluggningsmetoden måste på ett säkert sätt blockera löpöppningen till nästa stopp då utbyte av löprännan kan ske.

Sodahuskommittén avråder från byte av löpränna medan eldning i pannan pågår, även om det aktuella löphålet skulle vara pluggat. Blir trycket på pluggen från smältan för stort kan man inte lita på den.
Innan pannan släcks bör bädden minskas genom oljeeldning sedan luten tagits av, samt sotningen av övre eldstad stoppas. Pannan släcks och smältaavrinning ska ha upphört innan arbeten med pluggning eller löprännebyte inleds.

6.4.3 Löprännans kylsystem

Kylsystemets utformning, funktion och skötsel är av utomordentlig betydelse för löprännornas livslängd.
Kylvattensystemets utformning skall följa de anvisningar som ges i rekommendation B1.
T.ex. rekommenderas en ingående kylvattentemperatur omkring 55 - 60℃. För låg ingående kylvattentemperatur kan resultera i att vattenånga kondenserar på löprännornas sidor och droppar ned i det utströmmande smältaflödet, varvid risk finns för att smältastänk uppträder. Smältastänk kan orsaka brännskador och ögonskador hos övervakande personal. För låg kylvattentemperatur kan även bidra till uppbyggnad av stelnad smälta som blockerar smältaflödet i löprännan.

6.4.4 Rensning (spettning) av löprännor

Den regelbundna rensningen av löprännorna måste ske med stort omdöme, då risken att skadas av smälta eller grönlut under detta arbetsmoment inte får nonchaleras.

Före rensningen bör om möjligt operatören förvissa sig om att det i anslutning till löprännan inte finns några klumpar av het smälta som kan lossna vid rensningen och orsaka smällar och stänk i smältlösaren.

Om det finns en anhopning (beläggning) av het smälta i anslutning till löprännan, skall rensningen anstå till dess smältan kallnat, om det bedöms att den kan lossna under rensningen.

Orsaken till anhopningen av smälta undanröjs, exempelvis genom att justera smältasplittringen.

Obs!! Rensningen av löprännorna får aldrig ske med hjälp av vatten!
Vatten kan ge upphov till explosioner vid kontakt med smältan i löprännan, vilket kan skada den som rensar löprännan.

Risk finns också att vatten kan stänka in i pannan genom löpöppningen, vilket kan orsaka en smälta-vattenexplosion.

6.4.5 Upptagning av igensatt löphål

Vid upptagning av igensatt löphål kan smältaflödet bli mycket stort och åstadkomma kraftiga smällar i lösaren. Risken för personskador genom stänk av smälta och grönlut kan vara mycket stor. Särskilda skyddskläder och visir skall användas.
Luftlansar får inte användas för öppning eller renhållning av löphål på grund av risken för att löphålstuberna skadas.

Vid upptagning av ett igensatt löphål kan smältaflödet bli så stort, att det inte går att kontrollera. En sådan situation utgör en betydande säkerhetsrisk. Är flera löphål igensatta samtidigt kan situationen bli kritisk eftersom smältanivån då kan komma att ligga högre än pannans löphål och orsaka häftig smältaavgång med smällar och explosioner i lösartanken som följd när löphålen öppnas. I sådana fall måste stor försiktighet iakttas samt minskad eldningsintensitet vidtas.
Ett smältaläckage genom pannbotten eller genom pannväggen utgör också en allvarlig säkerhetsrisk som kan orsaka svåra personskador, se avsnitt 7.6.2.

6.5 Smältlösarens tillsyn

Smältlösarens tillsyn skall omfatta kontroll av nivå, densitet och tillfredsställande omrörning av lösaren. Dessutom ska uppmärksamhet riktas mot klumpbildning under lösartak och på lösarens väggar, vilka kan bildas på grund av stänk eller felaktig justering av smältasplittring.

Driftproblem, som hör ihop med upplösningen av smältan, kan leda till olyckor, där både personskador och materialskador kan bli mycket allvarliga och omfattande. Vanliga störningar är:

- Brister hos smältasplittring
- felaktig densitetsreglering orsakat av beläggningar på givare
- ansamling av oupplöst smälta på lösarens botten på grund av bristfällig smältasplittring
- dålig omrörning i smältlösaren på grund av beläggningar på omrörarens rotor
- ansamling av smältastänk under lösartak som orsakar smällar och explosioner när de lossnar

Rengöring av densitetsregleringens givare skall utföras regelbundet.
Rensning av löp skall utföras regelbundet och smältasplittringens justering regelbundet kontrolleras.
Returspolning av omrörarens rotor med svaglut rekommenderas.

6.5.1 Hög densitet i smältlösaren

En onormalt hög grönlutsdensitet i smältlösaren kan orsaka problem som leder till stora säkerhetsrisker.

Vid ett onormalt stort smältaflöde kan lokalt i lösaren problem med upplösningen av smälta uppkomma. Grönluten i lösaren kan då lokalt överskrida mättningsgränsen, vilket kan resultera i en lokal uppbyggnad av utfälld soda i lösaren, på vilken uppbyggnad av icke stelnad smälta kan bli liggande. Det är då stor risk för en smälta-vattenexplosion när smältan kommer i kontakt med vätskan i lösaren.
En alltför hög grönlutsdensitet i smältlösaren kan även vid normala smältaflöden leda till en lokal uppbyggnad av utkristalliserad pirssonit och att smälta blir liggande ovanpå det utfällda saltet.

6.5.2 Flytande sodasmälta i smältlösaren.

Om smältan från pannan inte löses upp kontinuerligt och omrörs i vatten, eller svaglut när den kyls i lösartanken kan flytande smälta ansamlas under vätskeytan i tanken.

Flytande smälta i smältlösaren innebär risk för en smälta-vattenexplosion som kan resultera i svåra skador på personal samt på utrustning.

Sodasmälta i flytande form kan förekomma i smältlösaren på grund av

- Brister hos smältasplittring
- Otillräcklig omrörning
- Onormalt hög grönlutsdensitet kan orsakas av brister i svaglutstillförsel eller densitetsregleringen. Vid en ökande grönlutsdensitet uppnås mättnadsnivån för kemikalierna varvid smältan inte kan lösas upp.

Det kan överhuvudtaget vara svårt att upptäcka om det ansamlas flytande eller stelnad smälta på botten av lösaren.

Händelser och indikationer som kan ge anledning till misstanke om ansamling av flytande smälta i lösartanken är framför allt:

- Haverier och stillestånd hos omrörare
  Det är viktigt att smältlösarens omrörare fungerar på ett tillfredsställande sätt och att detta kontrolleras regelbundet. Omrörarens effektförbrukning bör registreras för att kontrollera omrörningens effektivitet.

- Beläggning på omrörarnas rotorer kan orsaka dålig omrörning
  Vibrationer på omrörare bör mätas och kontrolleras regelbundet för att detektera eventuella beläggningar.

- Felaktig densitetsreglering kan medföra otillräcklig tillförsel av svaglut till lösaren
  Densitetsreglering bör omfattas av regelbundna inspektioner och förebyggande underhåll. Densitetmätning skall ske med minst två oberoende instrument.

- Täta rengöringsbehov av grönlutsledningar och överdriven uppbyggnad av avlagringar i lösarstanken är indikationer på dålig kontroll av grönlutsdensiteten

- Avsaknad eller dåligt justerad smältasplittring.
  Smältasplittring skall kontrolleras vid regelbunden rondering av pannan.

Om det finns anledning misstänka en anhopning av icke-stelnad smälta förekommer på botten i smältlösaren, skall all eldning omedelbart stoppas.
Svaglutstillförseln och eventuella andra vätskereturer från skrubbrar m.m. måste avbrytas omedelbart.
På grund av den stora explosionsrisken skall sodahuslarm utlösas och sodahuset utrymmas och pannan nödnedeldas (men behöver ej snabbtömmas).

Smältan måste ovillkorligen kallna innan arbete med att lösa upp den påbörjas.

Vid omrörarhaveri rekommenderas att all luteldning samt sotning av överhettare avbryts och att beroende på felets beskaffenhet (utvändigt eller invändigt i lösaren) planerad nedeldning av pannan vidtas, så att reparation kan ske. Operatören avgör om sodahuslarm och utrymning av området kring och på lösaren ska ske.
Om det är oklart eller befaras att felet bestått längre tid än någon timme och luteldning fortgått under tiden så att flytande smälta i lösaren kan ha bildats, bör sodahuslarm ges och området på och omkring lösaren utrymmas och avspärras, varefter pannan eldas ned och avställas för reparation.

Rekommendation B 4 ger rekommendationer beträffande arrangemang och dimensionering av omrörare.

6.6 Eldning av hjälpbränslen

Som hjälpbränslen räknas de flytande och gasformiga bränslen som finns angivna i rekommendation B 13 och B16.

Hjälpbränslen skall i huvudsak användas vid uppstart och nedeldning av sodapannan och som stödbränsle vid störningar i lutförbränningen.

Långvarig olje- eller gaseldning i sodapannor, i syfte att öka ångalstringen utöver vad luteldningen ger, bör ske med särskilda lastbrännare konstruerade för ändamålet.

Spillolja får inte tillsättas den eldningsolja som eldas i sodapannan. Eldning av spillolja kräver, med tanke på de föroreningar som spilloljan kan innehålla, speciellt miljötillstånd och spilloljor bör därför hanteras i ett separat system, inte eldas i sodapannan. Eldning av spillolja skulle dessutom kunna tillföra oönskade grundämnen till kemikaliesystemet.

6.6.1 Oljeeldning

Oljesystemet med dess start- och lastoljebrännare skall vara uppbyggt enligt rekommendation B 13.

6.6.2 Lastoljebrännare

Användning av lastoljebrännare innan stabil förbränning/luteldning föreligger skall helt undvikas, eller användas mycket restriktivt. Om startoljebrännare och luteldning slocknar skall all eldning i samtliga lastoljebrännare omedelbart automatiskt avbrytas.

Vid vissa tillfällen, exempelvis start av kall panna med startoljebrännare, kan olja på grund av startsvårigheter ansamlas på pannans botten. Allvarliga oljegasexplosioner har inträffat vid sådana tillfällen genom att oljegasen antänts av flammor från högre upp i eldstaden belägna lastbrännare.

Därför bör under start, då luteldning pågår och startbrännarnas tändning och drift kan vara instabila, samtidig användning av lastbrännare ske restriktivt eller helt undvikas.

6.6.3 Gaseldning

Beträffande utrustning och arrangemang av gassystemet med dess start- och lastbrännare för gas, se rekommendation B 16.

6.7 Eldning av metanol, terpentin och luktgaser

Med hänsyn till den ökning av säkerhetsriskerna i sodahuset som orsakas vid förbränning av starka luktgaser, kondenserad metanol och terpentin i sodapannan, rekommenderar Sodahuskommittén, som förstahandsval, att man väljer andra destruktionsmetoder än förbränning i sodapannan, särskilt om andra alternativa destruktionsmöjligheter utanför sodahuset finns att tillgå.
Om man ändå väljer att destruera dessa ämnen i sodapannan måste erforderliga åtgärder vidtas för att det skall kunna ske på ett säkert sätt.
Av detta skäl har Sodahuskommittén utarbetat råd om hur man kan minimera de tillkommande riskerna i anläggningar, där man efter egen säkerhetsbedömning avser att förbränna luktgaser, metanol och terpentin i sina sodapannor.

Beträffande de särskilda riskerna med svavelväten, starka gaser metanol och terpentin se följande avsnitt 7.14 och 7.15.

Beträffande Sodahuskommitténs allmänna rekommendationer för destruktionseldning i sodapannor se rekommendation B 16.

6.8 Avvikelser i matarvattenkvalitet

Kvalitén på matarvattnet till pannan har stor betydelse för pannans säkerhet och för utgående ångas kvalité.
Förorenat matarvatten medför risk för beläggningar på tubernas vattensida och kommer därigenom att bidra till förhöjd materialtemperatur och därmed ökad risk för korrosion på såväl tubernas insida som utsida.
Även en successivt stigande konduktivitet hos matarvattnet utgör en varning om att någonting är fel, även om konduktiviteten fortfarande håller sig inom den rekommenderade max-gränsen. Hårdheten hos matarvattnet är svårt att analysera tillräckligt noggrant och varje form av förorening med hårdhetsämnen innebär på sikt en risk för invändiga beläggningar, även om värdena understiger de rekommenderade max-gränserna.

Det finns många orsaker till att matarvatten blir förorenat.
Se Sodahuskommitténs rekommendation nr C 4 beträffande kvalitet på spädvatten, kondensat och ånga och rekommenderade åtgärder vid förorenat matarvatten. Rekommendation nr B 15 behandlar utrustning för förhindrande av inläckage av jonbytesmassa till pannvattnet.

7 Nedeldning av sodapannan

7.1 Förberedelser för nedeldning

Under dygnen före en planerad nedeldning bör nivåer i lutcisterner anpassas med tanke på återstart, samt så att utrymme för eventuella besiktningar av cisterner bereds.
Speciellt vid höga luttorrhalter (över ca 75 %) kan, när omrörning återupptas efter ett stopp, jäsning i brännlutcisternen inträffa. För att undvika problem bör volymen i cisternen inför ett stopp planeras så att utrymme för expansion finns. Man kan dessutom inför ett planerat stopp sänka tjockluttorrhalten från indunstningen då problemet är störst vid höga luttorrhalter.

Vid stopp i vinterklimat kan sönderfrysningar av rörledningar, isbildning i dräneringar och impulsledningar mm försvåra återstart men även orsaka farliga situationer. Därför bör för varje fabriksavdelning och för sodahuset i synnerhet finnas i förväg upprättade dräneringslistor så att avställning kan ske utan sönderfrysningar, se avsnitt 7.13.

7.2 Normal nedeldning

Det är viktigt att nedeldningen planeras och utförs på ett sätt som inte leder till problem och risker vid återstart.

Nedeldning påbörjas genom gradvis minskning av brännlutens tillförsel till pannan.
Nedanstående åtgärder anses befordra nedbränningen av bädden:

- Luttrycket ökas till något över det normala.
- Minskning av undertrycket i eldstaden, t.o.m. något övertryck kan få förekomma. Genom denna åtgärd ökar bäddytans temperatur och smältaavrinningen förbättras.
- Innan brännlutflödet blivit så lågt att förbränningsstabiliteten äventyras, tändes startbrännare.

I samband med att startbrännarna tänds, är det viktigt att smältaflödet kontrolleras. Om smältaflödet blir så stort, att risk för smältlösarproblem föreligger, skall antalet startbrännare i drift minskas.

Nedeldningen bör ske så, att mängden kvarvarande smälta på pannbotten blir den minsta möjliga. Detta är speciellt viktigt om pannan skall vattentvättas.
Metoder för smältapumpning har utvecklats och kan tillämpas för att påskynda nedeldningsförloppet.

När brännluten till pannan stoppats, skall lutsprutorna tas ut och åtgärder vidtas som förhindrar att tvättvatten kan spruta in i eldstaden. Kontroll av att detta är gjort skall göras innan renspolning av brännlutsledningarna påbörjas, så att ingen risk föreligger att vatten av misstag sprutas in på bädden och förorsakar smälta-vattenexplosion.

Om det finns stora mängder beläggningar på överhettarytorna efter det att pannan nedeldats, kan dessa lossna och falla ner på ugnsbotten när pannan kallnat. Det kan då uppstå problem i samband med återstarten av pannan, om beläggningarna täcker löphål eller primärluftportar.

Under hela nedeldningen bör därför sotningen av överhettarna fortgå. Av samma anledning som vid tryckupptagningen, skall trycknedtagningen ske enligt panntillverkarens rekommendationer och med bibehållen vattennivå i ångdomen.

7.3 Nödnedeldning och forcerad nedeldning

Vid allvarliga driftstörningar som kan utvecklas till säkerhetsrisker eller skador på pannan, kan det vara nödvändigt att elda ned pannan i snabbare takt än normalt.
Detaljerade instruktioner för de olika nedeldningsförlopp som beskrivs nedan skall finnas för varje sodapanna.

Nödnedeldning tillämpas i vissa kritiska situationer, exempelvis vid befarad vatteninträngning i eldstaden och innebär att sodahuslarm aktiveras samt att därefter pannan snabbstoppas genom aktivering av pannans automatiska nödnedeldningssystem.
Nödnedeldning åtföljs i regel av snabbtömning av pannan. Snabbtömning ska utföras om det inte står klart att en snabbtömning inte behövs, eller kan vara till skada. Vid osäkerhet rekommenderas snabbtömning av pannan.

Nödnedeldning innebär ett tvärt avbrytande av tillförseln av bränsle och förbränningsluft samt bortkoppling av pannan från ångnätet. Detta åtföljs av ett större eller mindre antal andra åtgärder, vilka är beroende av det drifttillstånd som föregått nödnedeldningen.

Exempel på riskabla förhållanden, då det är nödvändigt att nödnedelda sodapannan:

- Förekomst av icke-stelnad smälta i smältlösaren och löprännehuvar
- Okontrollerbart smältaflöde från pannan
- Misstänkt vattenläckage i panntub
- Akut skaderisk föreligger för personal som befinner sig i sodahuset
- Kontakt mellan vatten och smälta i eldstaden
- Gas- och ångläckage

- Smältaläckage
- Brand

När risk för en smälta-vattenexplosion i eldstaden föreligger, skall utrymningen ske innan nödnedeldningen startas.
Nödnedeldningen skall åtföljas av snabbtömning om man misstänker förekomst av en vattenläcka som kan nå eldstaden, såvida det inte står klart att en snabbtömning inte är nödvändig i den rådande situationen.

Rekommendationer för utrustning och förfarande vid nödnedeldning framgår av rekommendation B 8.

Forcerad nedeldning innebär att man med hjälp av systemet för nödnedeldning snabbstoppar pannan utan att direkt säkerhetskritiska tillstånd behöver föreligga. Vid forcerad nedeldning behöver till skillnad från situationen vid nödnedeldning sodahuslarmet nödvändigtvis inte vara aktiverat och pannhuset utrymt.
(Anm. Vid vissa bruk förekommer andra definitioner av forcerad nedeldning).

Exempel på driftstörningar där det kan vara önskvärt att forcera nedeldningen i snabbare takt än under normal nedeldning är:

- Igensatta löphål
- Låga pH-värden i pannvattnet
- Svartlut i pannvattnet

Se Sodahuskommitténs rekommendation nr C 4 om åtgärder vid sjunkande pH-värde och förekomst av svartlut eller olja i pannvattnet.

7.4 Störningar som automatiskt ska aktivera förreglingar

Ett antal störningar skall aktivera förreglingar som automatiskt stoppar eldningen eller aktiverar automatiska lastomställningar anges i rekommendation B1.

8 Risker vid arbete och vistelse i sodahuset

8.1 Riskfyllda arbetsområden

I sodahuset finns areor eller utrymmen som ur säkerhetssynpunkt bedöms vara mer riskabla att vistas i, än andra platser i sodahuset, s.k. ”riskabla areor”. Man bör vara särskilt observant på riskerna när man vistas i dessa arbetsområden.
Exempel på sådana arbetsområden är:

- Framför lutspruteöppningar
- Smältlösarplan och löprännor
- Under pannbotten
- Under lyftschakt
- Intill kanaler för destruktionsgaser
- Framför pannans svaga hörn.
  Beträffande begreppet ”svaga hörn”, se Sodahuskommitténs rekommendation nr B 1.

Gemensamt för arbetsområden med förhöjd risknivå – kan även gälla andra än de ovan nämnda – är att de bör vara väl markerade och att utrustning som kräver tillsyn och underhåll, inte skall placeras inom det särskilt markerade området. För pannans bottenplan gäller att det inte får utnyttjas för uppställning av utrustning eller för lagring eller tillfällig förvaring av brandfarligt material och bör vara avspärrat för vistelse, se moment 7.6.

Med tanke på de risker för personskador, som föreligger vid utströmning av heta eller frätande media, skall utrymningsvägar från sodahuset samt från plattformar och gångplan vara utformade enligt rekommendation B 2.
Ögonduschar och nödduschar ska finnas anordnade enligt rekommendation B 5.
Sodahuskommittén rekommenderar att utrymningsvägarnas tillgänglighet, samt funktion hos ögon- och nödduschar, regelbundet kontrolleras i samband med riktade skyddsronder.

8.2 Kraftavbrott

Vid ett totalt kraftavbrott kommer större delen av den eldrivna utrustningen att stoppa.
Sodapannans säkerhetssystem kommer då att avbryta all eldning.
Endast den ångturbindrivna matarpumpen och den utrustning som är kopplad till reservkraft, kommer att fungera. Bränsletillförseln och lufttillförseln till pannan kommer därför att upphöra.
Om den ångdrivna matarvattenpumpen fortsätter att gå måste domnivån övervakas, så att inte pannan överfylls, om övriga funktioner, som domnivåregleringen uteblir.

Om domnivån av någon anledning sjunker så lågt att man inte kan kontrollera den, skall man:

- Kontrollera eldstaden, så att inte kvarvarande bränsle (hög bädd) fortsätter att brinna genom självdrag
- Det kan bli nödvändigt att manuellt stänga tillförseln av primärluft, om inte spjäll i luftkanalerna stängt automatiskt.
- Iakttag de försiktighetsåtgärder som anges i moment 5.2.4 vid återfyllning till normal domnivå.

Det är även viktigt att säkerställa att anläggningen förblir avstängd när strömmen kommer tillbaka, så att den kan återtas i drift på ett kontrollerat sätt.

8.3 Elektrofilter skydd-och säkerhetsarrangemang

Elektrofilter är sodapannans reningsutrustning av rökgaser och är en del av rökgassystemet.
Elektrofiltret har speciella skydds-/säkerhetskrav i och med det under drift är satt under mycket höga elektriska spänningar och att rökgaser med hög temperatur finns i filtret.
Rekommendation B 1, Sodapannans konstruktion och utrustning, anger ett antal utrustningsdetaljer ämnade som skydd vid arbeten i filtren.

Övergripande gäller Leverantörens säkerhetsinstruktioner för säkerhet och skydd samt Anläggningsägarens instruktioner för ”Bryt och Lås” med avseende på elektrofilter.
Här poängteras specifika delar som bör beaktas

- Rutiner för ”Avställning och Återinkoppling av filter”
- Mekanisk låsning av tallriksspjäll före och efter filtren
- Förregling/blockering av instigningsluckor samt inspektionsluckor
- Säkring av personal med sele i samband med arbete/inspektion i filter
- Möjlighet att kyla atmosfären i filtren på ett säkert sätt

8.4 Rutiner för ”Avställning och Återinkoppling av filter”

I normalfallet har Leverantören utarbetat de säkerhets-/skyddsåtgärder som krävs för avställning och återinkoppling av elektrofiltret men lokala förhållanden bör ses över med avseende på ”Bryt och Lås”.
I rekommendation F3 finns riktlinjer kring säker avställning.

8.5 Arbete i avställd filterkammare

De flesta sodapannor är utrustade med elektrofilter som har 2 eller 3 parallella filterkammare, vilket möjliggör drift med en filterkammare avställd.

Vid underhållsarbete eller rengöringsarbete i elektrofilter finns risk för el- och klämskador samt skador på grund av inströmmande gas, fall, samt kvävningsrisk på grund av ozonbildning i elektrofiltret. Brännskador på grund av ras av heta stoftanhopningar kan även förekomma.
Jordning, elektrisk blockering och ventilblockering (rökgasspjäll) skall ske på ett riktigt sätt.
Noggrann vädring av elektrofiltret måste utföras innan manskap tillåts gå in i filtret.
Rekommendationer beträffande utrustning för vädring och kylning, se rekommendation B 1.
Riskanalys skall göras och man skall rikta speciell uppmärksamhet på att:

- Likriktarna och emissionssystemet är korrekt jordade.
- Jorddonens linor är väl anslutna.
- Säkerhetsbrytarna är i frånläge och låsta.
- Inspektionsluckorna är spärrade i öppet läge.
- Rökgasventilerna (spjällen) är väl stängda och låsta.
- Rökgasspjäll, där ventiltallriken tätar mot underkanten av sätet, bör ha en speciell låsanordning i stängt läge, som förhindrar att tallriken ramlar ned vid ett eventuellt armbrott.
- Kontrollera att det inte finns några stoftuppbyggnader som kan orsaka ras.
- Det skall vara absolut omöjligt att fylla en filterkammare med rökgas, medan den är avställd för inspektion eller underhållsarbete.
- Vädringsfläkt skall vara i drift.
- Mätning av syrehalt och ozon ska utföras innan filterkammaren beträds.
- Fallskydd bör anordnas.

Vid arbete i avställd filterkammare är det därför viktigt att man följer säkerhetsföreskrifterna med största noggrannhet.

8.6 Hetvatten och ånga

Utströmmande hetvatten eller ånga kan förtränga luftens syre och kan då, förutom brännskador, medföra kvävning. Utströmmande överhettad ånga är osynlig och därför svår att upptäcka.
En stor läcka innebär en så stor utströmmande mängd vatten eller ånga att det är omöjligt att närma sig läckan. På en isolerad ledning kan isoleringen helt eller delvis ha blåsts bort av det stora läckaget.

En liten läcka kan upptäckas som dropp eller kondenserad ånga från isoleringen. Även en till synes liten läcka måste behandlas med stor försiktighet, eftersom den kan utvecklas till en stor läcka, exempelvis genom att erosion av en rörvägg föranleder rörbrott, uppfläkning osv. Undantaget härifrån är smärre läckor i klena ledningar, typ provtagningsledningar och dylikt.

8.6.1 Läckage av matarvatten och pannvatten

En stor läcka av matarvatten eller pannvatten utgör en allvarlig personfara. En uppfläkning eller ett brott på en matarvattenledning kan få förödande konsekvenser för personer som råkar befinna sig i närheten.
Storleken av en läcka i en matarvattenledning eller ett fallrör är omöjlig att bedöma.
Vid läckor i en matarvattenledning eller i ledningar mellan ekonomiser och dom, eller i ett fallrör, kan uppkomna vattenläckage vara orsakade av erosionskorrosion. Tubväggen omkring dessa läckage kan vara förtunnad över ett större område och riskerar att fläkas upp utan föregående varning.
I värsta fall, om det inte finns en backventil monterad mellan panna och ekonomiser, kan hela pannan tömmas bakvägen genom en sådan skada.
Vid läckage i en matarvattenledning till eller från ekonomisern, i förbindelseledningarna mellan ekonomiserns olika delar eller i pannans fallrör, skall utrymningslarmet startas och pannan, nödnedeldas, se avsnitt 6.3.

8.6.2 Utvändigt vattenläckage från panntuber

Om inte risken för vatteninträngning till eldstaden omedelbart kan uteslutas, skall nödnedeldning och snabbtömning utföras, se rekommendation B 8.

8.6.3 Överhettad ånga - läcksökning

Utläckande överhettad ånga är mycket förrädisk på grund av att den inte är synlig på samma sätt som mättad ånga. Ett mycket litet läckage kan under olyckliga omständigheter ge en allvarlig personskada.

Om anledning finns att misstänka en läcka, exempelvis vid onormalt hög ljudnivå, måste alltså största försiktighet iakttas vid försök att lokalisera läckan. En väl genomtänkt och entydig instruktion skall ovillkorligen finnas utarbetad innan läcksökning företas.

8.6.4 Åtgärder vid läckage av ånga eller hetvatten

Vid ett stort läckage av ånga eller hett pannvatten kommer sodahuset mycket snabbt att fyllas med ånga. En stor läcka kommer sannolikt mycket plötsligt och den som är i närheten, skall så snabbt som möjligt ta sig därifrån. Den ansvarige operatören på sodapannan skall snarast varskos om läckan.
Vid ett stort läckage där pannhuset fylls med ånga skall sodapannan nödnedeldas.
Vid ett begränsat ångläckage där fortfarande sikten i pannhuset är i huvudsak opåverkad bör, om det är möjligt, området kring läckaget genast spärras av för att undvika personskador. Sodahuset måste dock därefter utrymmas, vilket sker genom att utlösa sodahuslarm.
Efter det att en stor läcka inträffat, måste en uppföljning av personalstyrkan göras för kontroll av att ingen är kvar i sodahuset. Processmässig åtgärd är att om möjligt stänga av den ledning eller maskinutrustning som är havererad. Kan inte läckaget stoppas på annat sätt, måste sodapanndriften stoppas.

8.6.5 Reparation av läcka

En läcka på en rörledning får inte repareras under drift, oavsett om den anses vara stor eller liten. En läckande ledning skall alltid göras trycklös före reparation. Detta gäller även om ång- eller vattentrycket är mycket lågt.
Metoder för att under pågående drift täta läckage hos trycksatta ledningar innebär att personal som ska utföra arbetet utsätts för oacceptabelt stora risker.

En läcka som är lokaliserad till en fläns eller dylikt, kan dock i undantagsfall och efter noggrant övervägande i det enskilda fallet få repareras under drift av specialutbildad personal. Detta arbete skall i så fall ske i enlighet med internt upprättade instruktioner.

8.7 Rökgaser

Alltför nära kontakt med rökgaser kan - förutom brännskador - medföra förgiftning och kvävning.

8.7.1 Åtgärder vid större rökgasutsläpp

Under vissa omständigheter kan sodahuset tämligen snabbt fyllas med rökgaser. Detta kan (förutom vid eldstadsexplosion) hända dels om en rökgasfläkt stannar, dels vid en akut igensättning av pannan. Om sodahuset fylls med rökgaser, skall sodahuslarmet startas för utrymning utan dröjsmål.
Ifall rökgasfläkten stannar, skall normalt tillförsel av lut (bränsle) och luft stoppas automatiskt (panntripp). Skulle så ej ske, måste luftfläktar och bränsletillförsel stoppas manuellt.
Innan driften återupptas, skall huset grundligt vädras.

8.7.2 Smärre rökgasutsläpp - förebyggande åtgärder vid lucköppning

Vid öppnande av exempelvis inspektionsluckor kan lokala puffar och rökgasutsläpp inträffa genom att oförbränd, het gas blandas med luft. Ett annat skäl till att rökgaser blåser ut vid lucköppning i övre eldstaden, är att tryckförhållandena kan vara instabila beroende på

ofullkomlig dragreglering eller pågående sotblåsning. I värsta fall råder övertryck på grund av en större tubläcka.
För att undvika risken för tillbud och personskador vid öppnande av luckor är det viktigt att vidta erforderliga förberedande åtgärder och att använda lämplig personlig skyddsutrustning. Några enkla regler att iaktta innan man öppnar en lucka:

- Ansvarig sodahusoperatör skall vara informerad
- Sänk eldstadstrycket något.
- Stoppa sotblåsare i närheten.
- Använd visir för att skydda ansiktet.
- Stå bakom luckan när den öppnas. Detta gäller även luckor på askfickor och över askslussar, se även avsnitt 7.10.1.

8.8 Smälta

Smälta är en starkt alkalisk sodasmälta med mycket hög temperatur, 800–1000 °C, i eldstaden. Smälta upplöst i vatten (svaglut) ger grönlut. Kontakt mellan smälta och vatten kan ge upphov till en s.k. smälta-vattenexplosion av varierande styrka.

8.8.1 Åtgärder vid riklig utströmning av smälta

Vid stora smältaläckage skall utrymningslarmet startas och sodahuset utrymmas.
Driftpersonal kan efter tillstånd av ansvarig operatör få återgå till sodahuset för att utföra vissa angelägna åtgärder. Ansvarig operatör kan efter bedömning av läget även ge andra personer tillstånd att vistas i ofarliga delar av sodahuset.
För att stoppa stora smältautflöden, måste sodapannan i de flesta fall eldas ned genom nöd-nedeldning. Orsak till smältautflödet bör klarläggas före återstart.

8.8.2 Åtgärder vid smältagenombrott i ugnsbotten

Ett smältaläckage genom pannbotten eller pannvägg kan vara mycket svårt att stoppa. Stora mängder smälta kan därför komma ut i bottenvåningen under pannan, vilket utgör en stor säkerhetsrisk.
Om smältan kommer i kontakt med brännbart material resulterar detta i brand. Även giftiga och explosionsfarliga gaser frigöras vid kontakt med vatten (kolmonoxid och vätgas).
Smälta som tränger ned i vattenfyllda golvkanaler kan orsaka explosioner varför snabb invallning av rinnande smälta, exempelvis med kalk eller sand ska kunna utföras. Härvid får dock givetvis inte området under pannans botten beträdas.
Golvplanet under pannan skall ha en jämn lutning mot golvkanaler. Eventuella invallningar, samt golvkanaler, ska vara dränerade från vatten, så att det inte står vatten inne i sodahuset.

Vid smältagenombrott i ugnsbotten, avspärras området kring läckaget. Vidare skall sodahuset utrymmas av obehöriga personer. Ansvarig operatör avgör om läckaget skall anses vara stort eller litet och tar beslut om nedeldning. Innan beslut om nedeldning tas, kan åtgärder för att ändra driftsförhållanden i ugnen vidtas. Smältaläckage är oftast kombinerat med hög hets i eldstaden, varför åtgärder för att minska hetsen kan vara tillräckligt för att stoppa ett mindre smältaläckage. Oavsett om åtgärden lyckas eller inte, tyder ett smältaläckage på onormala driftsförhållanden, vilka lett till ett fel på sodapannan som långsiktigt kräver

underhållsinsatser. Området skall vara avspärrat till dess åtgärder vidtagits.

Även områden där smältan har runnit ned i golvkanaler, eller är på väg mot sådana, skall spärras av. Erfarenheten visar att det kan dröja lång tid, upp till flera timmar, innan man kan vara säker på att inte vatten och het, inkapslad smälta reagerar i golvkanaler. Löst liggande gallerdurkar kan av smälta-vattenexplosioner i golvkanaler kastas högt upp över ett mycket stort område och därvid demolera rörledningar samt el- och instrumentkablar.
Avspärrningen skall utföras med ledning av dessa erfarenheter.
Brännbart material, exempelvis ställningsvirke, får aldrig förvaras på golvplanet i närheten av pannbotten.

8.9 Brännlut

Brännlut är en alkalisk och frätande vätska med hög alkalikoncentration, varför den skall behandlas med största varsamhet. Brännluten förekommer normalt endast vid höga temperaturer över 115 °C, vilket innebär stor risk för brännskador vid både direkt och indirekt hudkontakt. Brännlut är på grund av sin konsistens mycket svår att tvätta bort och det ökar risken för bränn- och frätskador. Brännlut med mycket hög torrhalt kan avge fränt luktande lutångor vid läckage. Vädring av lokalen kan därför vara nödvändig efter ett läckage, (se även mom. 7.14.1). I kontakt med sura medier bildas svavelväte.

8.9.1 Åtgärder vid läckage av brännlut

Oavsett läckans omfattning och belägenhet måste åtgärder snarast vidtas.
Läckage på ledning mellan insprutningspump och ventiler före en enskild lutspruta kräver att brännlutpumpen stoppas. Läckans omfattning är omöjlig att avgöra och någon närmare undersökning skall inte göras så länge ledningen står under övertryck.

Om ledningen till en enskild lutspruta läcker, stängs ledningen av med ordinarie avstängningsventil och läckan repareras. Vid ett större läckage, som förhindrar åtkomst av ventilen, kan brännlutpumpen stoppas planerat för en kort stund medan ventilen stängs.

Innan svetsning påbörjas i ledningar för brännlut, bör gasprov tas i dränerad ledning för att undvika antändning av brännbara gaser. Personlig skyddsutrustning mot såväl brännskador som frätskador skall användas.

8.10 Grönlut

Grönlut är en alkalisk och frätande vätska med hög alkalikoncentration, som därför skall behandlas med största varsamhet. Grönlut förekommer normalt vid hög temperatur över 90 °C, vilket innebär stor risk för brännskador vid hudkontakt. I kontakt med sura medier bildas svavelväte.

8.10.1 Åtgärder vid läckage av grönlut

Läckan lokaliseras av driftspersonal som bär personlig skyddsutrustning. Området vid läckaget spärras av.

Om läckan är lokaliserad till grönlutledningen efter pumpen vid smältlösaren, ställs den läckande ledningen av och den andra ledningen tas i drift. Reparation kan senare utföras utan risk för personskador.
Övriga läckage får behandlas individuellt. Det är viktigt att de som är inblandade i lokalisering, avstängning och reparation av läckor, använder personlig skyddsutrustning, som skyddar mot bränn- och frätskador och inandning av lutångor.

8.11 Svaglut

Svaglut är en alkalisk vätska som normalt förekommer vid temperaturen 60-70 °C.
I kontakt med sura medier bildas svavelväte.

8.11.1 Åtgärder vid läckage av svaglut

Området i närheten av ett läckage spärras av. Under tiden svagluten är avställd för reparation, tillförs vatten till lösaren via reservvattenledningen.
Personlig skyddsutrustning, som skyddar mot bränn- och frätskador, skall användas vid lokalisering, avstängning och reparation i samband med läckage, se även 7.8.1.

8.12 Sulfataska

Ansamlingar av sulfataska kan vara mycket heta även efter en tids avställning av soda-husaggregatet. Sulfataskan kan därför ge mycket svåra brännskador, om den i större mängd rasar ned över en person, som till exempel befinner sig i en askficka eller ett elektrofilter. Det är att märka att elektrofilterstoft på grund av sin särskilda beskaffenhet har benägenhet att uppföra sig som en vätska, vilket kan medföra olyckor om detta inte beaktas.

8.12.1 Åtgärder för undvikande av brännskador vid askläckage

Vid avställning av sodapannan kan avsevärda ansamlingar av het aska finnas kvar i näs-utrymmet, askfickor, kanaler och elektrofilter. Det är viktigt att dessa utrymmen och anslutande rökgaskanaler avsynas och att askansamlingar avlägsnas innan underhålls- eller rengöringsarbeten påbörjas. Rengöring skall därför utföras med stor försiktighet av erfaren personal.

Tillförsel av hett vatten i avsikt att lösa upp en igensättning i en askutmatning, bör ej utföras via öppna luckor utan genom särskilda slanganslutningar.

Under och efter vattentvätt föreligger särskilt stora risker vid öppnandet av luckor. Stora mängder hett vatten och het aska kan finnas upplagrade om utloppen av någon anledning har satts igen. Innan en lucka öppnas, skall så långt det är möjligt visshet ha nåtts om att vattnet rinner ut vid vattentvätt. En god regel är att alltid stå bakom luckan när den öppnas!

Vattentvättning skall börja med sotapparaterna längst ned för att minska risken för stora ras och plugg i utmatningen. Beträffande vattentvättning, se f.ö. rekommendation nr D l.

De som arbetar med askutmatning skall ha personlig skyddsutrustning som skyddar mot hett vatten och het aska. Vid arbete med risk för översköljning av hett vatten skall gummiställ användas som skydd.

8.13 Eldningsolja

Eldningsoljan har normalt hög temperatur, ca 110 °C, och kan därför vid kontakt orsaka svåra brännskador. De gaser som avges när oljans temperatur ligger över flampunkten, är eldfarliga. Det finns uppenbar risk för brand, om oljan sprutar på heta föremål eller utrustning.

8.13.1 Åtgärder vid oljeläckage

Vid läckage avstängs den del av ledningssystemet där läckan finns. Under vissa omständigheter måste oljepumpen stoppas.

Efter det att läckaget åtgärdats, skall alla ytor, som förorenats av olja, rengöras.

8.14 Brand eller annat kritiskt tillstånd

I händelse av brand eller annat kritiskt tillstånd i pannhuset kommer sodahusets utrymningslarm att utlösas.
Sodahuset är arbetsplats inte enbart för pannans operatörer utan även för underhållspersonal och entreprenörer med särskilda uppgifter.
När utrymning ska ske finns risk för att panik uppstår och att personer skadas under utrymningen. Därför är det viktigt att alla som arbetar i sodahuset har fått information om larmets innebörd, lämpliga utrymningsvägar (ej hiss) och anvisad uppsamlingsplats.
Utrymningsvägar ska vara uppmärkta och bör ha nödbelysning.
Vidare ska personalen vara informerad om sin anmälningsplikt till pannans manöverrum innan arbete i sodahuset påbörjas, så att räddningspersonal har vetskap om vilka som kan behöva undsättas i händelse av en olycka.
Gaskärror får inte lämnas i sodahuset utan ska placeras på uppmärkta uppsamlingsplatser utanför sodahuset. Risk för exploderande gasflaskor utgör en stor risk i samband med räddningsinsatser och kan förhindra räddningspersonal att utföra sitt räddningsarbete.
Brännbart material ska inte förvaras i sodahuset och i synnerhet inte under pannan dit smälta vid ett smältagenombrott i ugnen kan nå och orsaka bränder.

8.15 Frysrisker

Frusna rörledningar, eller impulsledningar till reglerkretsar, kan orsaka svåra driftstörningar och ge upphov allvarliga säkerhetsrisker.
Det är därför viktigt med noggrann avfuktning av instrumentluft samt att impulsledningar skyddas och förläggs frostfritt. Vid plötsliga driftavbrott vintertid kan även lokalvärmen bli otillräcklig.
Dräneringslistor bör upprättas som en del i beredskapen för plötsliga driftavbrott, så att frysskador undviks.
Ytterligare en riskfaktor är istappar som bildas från otillräckligt isolerade tak och rörledningsstråk. Regelbundna skyddsronder för att kontrollera och avlägsna isbildning bör organiseras.

8.16 Svavelväte och organiska sulfider

Svavelväte är en mycket giftig färglös gas. I låga koncentrationer luktar den ruttna ägg. Vid höga koncentrationer avtrubbas luktsinnet snabbt, så snabbt att man inte känner någon lukt, vilket gör gasen utomordentligt förrädisk.
Redan en halt på 600 ppm (miljondelar) är dödlig.

Svavelväte är brännbart. Gasen är dessutom explosiv vid blandning med luft vid svavelvätehalter inom området 4-46 %. Antändningstemperaturen är låg.

Då svavelväte är betydligt tyngre än luft kommer svavelvätet att förekomma i högre halter vid golvplanet än uppe vid taket. Svavelväte kan därför ansamlas i olika lågt belägna och dåligt ventilerade utrymmen, som exempelvis källare, pumpgropar och liknande utrymmen.
Halterna kan bli mycket höga där ventilationen är dålig.

I sodahuset kan svavelväte bildas på ett flertal olika sätt genom att ett ämne som innehåller sulfid, t.ex. svartlut, smälta, grönlut kommer i kontakt med syra av något slag (eller vatten med lågt pH-värde).

Avställda cisterner, tankar och behållare som innehållit sulfidhaltig vätska, eller som genom sina avluftningar har förbindelse med utrymmen där svavelväte kan förekomma är därför speciellt farliga att gå in i.

Svavelväte ger akuta hälsoeffekter som huvudvärk, ögonirritation och andningsbesvär. Höga svavelvätehalter leder till medvetslöshet och död på grund av blodets försämrade förmåga att uppta syre.
I flera undersökningar (Ragnar Rylander, 2009) har rapporterats om symptom från centrala nervsystemet som minnesförlust, nedsatt koncentrationsförmåga, huvudvärk och besvär i luftvägarna upp till 4 år efter svavelväteexponering. Symptomen kan bero på upprepade exponeringar för låga svavelvätehalter (<10 ppm) under längre tid.
Förutom att svavelväte är giftigt och brandfarligt kan svavelväte också orsaka svåra korrosionsproblem i icke rostfritt material.

Exempel på luktgränser samt hälsoeffekter efter inandning av svavelväte (United States Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration , 2013), samt AFS 2015:7:

Halt svavelväte, ppm	**Hälsoeffekt**
- 0,1	**Märkbar lukt av ruttna ägg (svavelväte)**
3-5	**Obehaglig lukt**
(10) **5 (sänkt 20 juni 2016, AFS 2015:7))**	***Hygieniskt gränsvärde som inte får överskridas som medelvärde under en arbetsdag***
10 (AFS 2015:7)	***bindande korttidsgränsvärde på 10 ppm (14 mg/m³) för exponering under 15 minuter.***
50	**Ögonskador**
50-100	**Svår ögonirritation, ofta med synrubbningar**
150	**Luktsinnet trubbas av så att man inte märker lukten av svavelvätet**
300	**Lungödem (vätskeansamling i lungorna som hindrar blodet från att ta upp luftens syre)**
500	**Hjärnan kan skadas med bl. a andningsförlamning som följd**

Gränsvärde

Gränsvärdet för svavelväte är 5 ppm (7 mg/m³) för 8 timmars arbete. Dessutom finns ett bindande korttidsgränsvärde på 10 ppm (14 mg/m³) för exponering under 15 minuter. se AFS 2015:7.

Effektiv platsventilation alternativt mobila fläktar på ställen som saknar god ventilation är viktigt för att hålla nere halten svavelväte.
I lokaler och vid arbetsuppgifter där det finns risk för höga halter av svavelväte bör gasvarnare för svavelväte bäras av anställda samtidigt som det bör finnas fast monterade gasvarnare i lokalen.
Om det finns risk för svavelvätehalter över takgränsvärdet, ska personlig skyddsutrustning i form av andningsskydd användas. Andningsskydd med gasfilter (E filter) skyddar mot svavelväte.
Ensamarbete får inte bedrivas där höga halter av svavelväte kan förekomma.

8.16.1 Åtgärder vid förekomst av svavelväte i sodahuset

Vid svavelvätelarm skall sodahuslarm ges för omedelbar utrymning av sodahuset.
Larmnivå för svavelväte i sodahuset rekommenderas av Sodahuskommittén till 10 ppm (Takvärde för 15 minuters exponering är 15 ppm).
Svavelvätelarmet bör även gå till fabrikens interna- eller till extern räddningstjänst där för ändamålet utbildad personal med skyddsutrustning finns. Deras första och viktigaste uppgift i sodahuset är att söka efter möjliga olycksoffer och att föra dessa ut i friska luften.

Med hjälp av utrustning för gasdetektering skall källan till H_2S-utsläppet spåras och åtgärdas. Så länge svavelväte finns i sodahuset, skall inte drift- eller underhållspersonal tillåtas att vistas där.

Det är att märka att svavelvätebildning kan förekomma såväl då anläggningen är i drift som när den är avställd. Är pannan i drift kan nödnedeldning behöva ske.
Det är viktigt att interna instruktioner utarbetats för personalens handlingssätt vid svavelvätelarm i sodahuset och att personlig skyddsutrustning tilldelats.

8.17 Starkgaser, metanol och terpentin

De starka luktgaserna innehåller i huvudsak svavelväte, organiska sulfider, metanol och terpentin. Halterna av de olika ämnena kan variera kraftigt beroende på vedslag och processbetingelser.

Förutom att dessa ämnen är giftiga, är de explosiva vid vissa lufthalter.

Halterna av svavelväte och organiska sulfider är i de starka luktgaserna så höga att de, om gaserna läcker ut i sodahuset, kan ge upphov till svåra förgiftningar hos de personer som vistas där.

Generellt strävar man efter att halterna av brännbara ämnen skall ligga över den övre explosionsgränsen. Detta villkor kan dock vara svårt att uppfylla på grund av mängden luft och vattenånga som alltid finns med i de starka luktgaserna. Detta måste beaktas vid såväl konstruktion som drift av gasuppsamlings- och förbränningssystem.

Se Sodahuskommitténs rekommendationer nr B 16 som är vägledande vid destruktionseldning av starka luktgaser, metanol och terpentin i sodapannan.

8.17.1 Åtgärder vid läckage av starka luktgaser

För övervakning av eventuella gasläckage skall det finnas stationär utrustning med larmfunktion för detektering av svavelväte och organiska sulfider i alla berörda lokaler.

Vid larm från gasvarningsutrustningen eller annan indikation på läckage skall sodahuslarm ges för utrymning av sodahuset. Larmet bör även gå till intern eller extern räddningstjänst. Från manöverrummet kopplas gastillförseln om till reservsystem.
För sökning efter möjliga olycksoffer och lokalisering av läckan skall anlitas för ändamålet utbildad personal med personlig skyddsutrustning, bl.a. friskluftmask.
I samband med läcksökningen skall gassystemet inne i sodahuset renblåsas. Medan detta pågår, skall annan personal inte vistas i sodahuset. Inte heller drift- och underhållspersonal, bör beträda sodahuset, förrän klartecken getts från läcksökargruppen. Gaser kan vara svåra att fullständigt vädra ut. Huset får således ej anses vädrat förrän läcksökargruppen undersökt alla förrädiska ställen, där gas kan tänkas finnas kvar.
Det är viktigt att en intern instruktion finns, som klart och tydligt anger hur läckage av ovanstående ämnen lokaliseras och åtgärdas utan onödigt risktagande, samtidigt som luteldningen i sodapannan fortgår.

8.17.2 Ingrepp i utrustning för starka luktgaser, metanol eller terpentin

Risk kan föreligga för förgiftning och brand eller explosion. Vissa lokaler där metanol och terpentin lagras och hanteras ingår som regel i explosionsklassat område där särskilda verktyg och särskilt arbetstillstånd krävs.
Undersök om utrymmet är explosionsklassat eftersom då särskilda regler gäller.

Sodahuskommitténs rekommendation nr B 5 ger anvisning om den personliga skydds-utrustning som ska användas.

8.18 Svaggaser - lutångor

Svaggaser är relativt illaluktande gaser som samtidigt kan vara giftiga. Svaggaser ligger definitionsmässigt under undre explosionsgränsen och kan innehålla upp till ca 4 vol.-% av olika svavelföreningar.

8.18.1 Åtgärder vid läckage av svaggas

Lokalt avges illaluktande gaser ut i lokalen (sodahuset) vid exempelvis dränering av bränn-lutpumpar.

Vid läckage på svaggassystem skall den ansvarige operatören på sodapannan varskos och svaggasflödet till sodahuset vid behov stängas av och i stället föras till reservsystem. Efter ett läckage av svaggaser till lokalen måste vädring göras innan kontinuerligt arbete i sodahuset återupptas. Vädringen kan ske genom att låta den normala processventilationen omsätta luften i lokalen under viss tid.

8.19 Övriga risker för svavelvätebildning

Det förekommer att man använder restsyra från klordioxidtillverkning, restlösning från hartskokeri som täckningskemikalie och blandar in den i brännluten.
Det är mycket viktigt att man då drar fram syraledningen på ett sådant sätt, att ett eventuellt läckage inte når en golvkanal där det kan finnas sulfidhaltig vätska. Syraledningens dränering bör ske till ett avlopp som har gaslås.

Avlopp där sulfidhaltiga vätskor kan ansamlas bör hållas rena genom kontinuerlig vattengenomströmning.

På samma sätt bör inte bräddavloppet från rökgasskrubbern mynna i en golvkanal som kan innehålla sulfidhaltiga vätskor. Det är annars risk för att det bildas svavelväte, om skrubbern skulle brädda vid ett tillfälle då pH-värdet i skrubbervätskan är lågt. Även skrubbervätskans bräddavlopp bör vara anslutet till ett slutet avlopp försett med gaslås.

Syratvättning av grönlutsledningar och imkondensor innebär risk för svavelvätebildning, Riskerna behandlas under avsnitt 8 även om dessa arbeten oftast sker under drift.

9 Risker vid arbete med avställd panna

Risker för personskador är stora när pannan avställs och särskilt innan alla skyddsanordningar, skyddstak och ställningar anordnats. Arbeten skall därför utföras av erfaren personal väl förtrogen med riskerna.

För undvikande av olycksfall är det viktigt att använda skyddsanordningar och personlig skyddsutrustning samt att alla skyddsanordningar och låsningar av maskiner och ventiler utan dröjsmål kommer på plats.

De instruktioner för säker avställning som ska finnas vid arbetsplatsen för blockering och avställning av all elektrisk utrustning, maskiner ventiler och rörledningar och andra objekt i processen inklusive avställningar för arbete i cisterner (kärl, tankar, behållare, lösare), skall följas i alla avseenden. Se även rekommendation F3, Säker avställning (under utarbetande).

Några särskilda risker som ska beaktas under avställning är:

- Risker för oavsiktlig start av maskinerier eller oavsiktlig öppning av ventiler etc. innan bryt- och låsåtgärder slutförts.
- Risker för brännskador från utströmmande lut, ånga, hetvatten etc. i samband med öppning av manluckor och dräneringar eller vid isärtagning av utrustningar.
- Risk för inläckage av ånga, vatten, lut och gaser i avställda processkärl.
- Risk för svavelväteexponering vid öppning av rörledningar, tankar och processkärl.
- Risk för nedfallande föremål och sodaklumpar i samband med rengöring eller vid arbete på flera höjdnivåer.
- Risk för fall från höga höjder under montage av skyddstak och ställningar.

Notera särskilt föreskrifterna i AFS 2013:4, Ställningar, AFS 2001:1, Systematiskt miljöarbete, AFS 2008:03, Maskiner.
Beträffande skyddsutrustning i sodahus rekommendation B 5.

9.1 Provtryckning

Före av- eller påställning av sodapannan, samt i samband med läcksökning görs vanligtvis provtryckning.
Vid invändig inspektion av pannan under provtryckning ska riskerna för brännskador vid beröring av heta ytor, eller från läckande vatten beaktas. Även risker förknippade med höga tryck ska beaktas i den riskanalys som ska föregå provtryckning. Se Sodahuskommitténs hemsida, Rapport 2021-2, ”Beträffande Risker med hög vattentemperatur vid provtryckning”.

Lämplig rekommenderad vattentemperatur efter fyllning är 40-50°C om invändig kontroll av pannan ska utföras. Högre temperaturer medför personskaderisker.
Lägre temperaturer rekommenderas dock inte med tanke på försprödningsrisk hos vissa material.
Om matarvattentemperaturen av olika skäl inte kan sänkas till lämplig nivå bör alternativt arrangemang för pannans fyllning ordnas.

Fyllning av pannan för provtryckning skall dessutom ske med beaktande
av samma säkerhetsregler som meddelas för återfyllning av panna efter nödnedeldning eller panntripp, se avsnitt 5.2.4, samt rekommendation B 8, avsnitt 3.4.

9.2 Pannans avstängning

För pannans avställning skall arbetsplatsens instruktion om säker avställning tillämpas, se även rekommendation F 3(under utarbetande).

Blindfläns eller, minst två tätstängande ventiler med mellanliggande öppen dränering erfordras vid avstängning mot ånga, hetvatten eller lutförande rörsystem. Även matarvatten- och utblåsningssystemen skall vara avstängda på ett betryggande sätt, se rekommendation B1.

Om utrustning för destruktionseldning av starka luktgaser eller svaggas finns installerad i sodapannan skall gasanslutningen till pannan vara avskild på ett säkert sätt och mellanliggande dränering skall mynna utomhus/över tak.

Se Sodahuskommitténs rekommendation nr B 16, beträffande starka luktgaser och svaggaser.

9.3 Inläggning av skyddstak

Konstruktion, dimensionering, utförande och skyltning av skyddstak behandlas i rekommendation B1. Vid instigningslucka skall finnas skyltning enligt rekommendation B 1, som visar hur inläggning och uttagning av skyddstaket skall utföras, ansvarig för montage av skyddstaket samt signerat kontrolldokument över montagearbetet.

I rekommendation B 5 ges rekommendationer kring skyddstakets inläggning.
För upphandling av entreprenad för skyddstakets montering bör rekommendationerna i B5, ”Checklista vid uppbyggnad av skyddstak och ställningar inne i pannan”, ligga till grund.

Under inläggning av skyddstak finns risk att skadas av nedfallande sodaklumpar.
Skyddstaket skall vara så anordnat att det går att lägga in eller ta ut skyddstaket från utsidan av pannan.
Detta underlättas om plankorna är av aluminium och odelade. Plankorna kan vid inläggning av skyddstaket dras på takbalkarna, en och en, mot respektive vägg med hjälp av båtshakar instuckna genom balköppningarna.
Om montering eller demontering av skyddstaket trots allt inte är möjlig att utföra från utsidan av pannan skall de personer som utför arbetet inne i pannan vara försedda med hjälm, säkerhetssele och livlina.

Innan skyddstaket får beträdas skall utrymmet ovan skyddstaket avsynas och eventuella sodaanhopningar avlägsnas.

9.4 Ställningsbygge i sodapannan

Vid inspektion eller underhållsarbete i sodapannan är det i regel nödvändigt att bygga ställningar inne i pannans olika delar.

Ställningar ska konstrueras och utföras enligt anvisningar i rekommendation B1 samt B5. Ställningarna i ugnen ska förankras så att de står stadigt. Detta sker lämpligen med hjälp av befintliga undanbockningar i pannväggen.

Innan ställningsbyggandet får startas skall pannan rengöras och skyddstaket läggas in. Ugnsväggarna skall avsynas, så att det inte finns anhopningar av smälta på väggarna. Risk finns i annat fall att skadas av nedfallande soda. Även risk för fallolyckor i samband med ställningsbyggandet måste förebyggas.

Ställningen får inte användas som återledare vid elektrisk svetsning.

Se även AFS 2011:08.

Det skall vara möjligt att på ett säkert sätt ta ut en skadad eller sjuk person ur pannan. Varje fabrik måste noggrant förbereda och organisera hur detta ska ske, se rekommendation B 5 angående räddningshål.

9.5 Vattentvättning av panna

Vid vattentvättning av de delar av pannan där tvättvattnet kan nå eldstaden, finns det risk för smälta-vattenexplosion om tvättningen startas innan all smälta på pannbotten hunnit stelna.

Vattentvättningen får påbörjas allra tidigast 15 timmar efter det pannan nedeldats och smälta slutat rinna i löprännorna, se rekommendation D 1. Beroende på mängd kvarvarande bädd kan väntetiden behöva förlängas utöver 15 timmar. En noggrann inspektion av eldstaden skall göras innan start av vattentvättningen. Användning av termoelement kan vara ett hjälpmedel vid inspektionen.

Se Sodahuskommitténs rekommendation nr D 1 angående gassidig vattentvättning av sodapannor.

9.6 Manuell rengöring av panna

Rengöring av pannans innandöme skall så långt möjligt ske från pannans utsida.
Innan eldstaden beträds skall överhettarutrymmet och övre eldstad rensas från sodaklumpar och skyddstak över eldstaden installeras.
Om manuell rengöring från pannans insida ändå måste ske skall detta ske med stor försiktighet och av erfaren personal.
Vid manuell rengöring inne i pannan föreligger risk för nedfallande klumpar och ras av het aska.

9.6.1 Handlansning av överhettarutrymme

Vid manuell rengöring s.k. handlansning av överhettarslingor är risken stor att lossnade sodaklumpar träffar lansen. Lansens yttre ända kan då slå upp mot kroppen eller ansiktet och skada den eller de som utför handlansningen.

Man bör därför, innan handlansningen av överhettarslingorna påbörjats, ta bort sodaanhopningar i utrymmet mellan överhettarslingorna. Detta underlättas om det finns lansöppningar i sidoväggarna, placerade direkt under taktuberna för varje sotblåsarstråk.

Lansen, som användes vid skakning av överhettarslingorna, bör göras så klen att den knäcks om den träffas av en sodaklump.
För att hindra lansen från att slå upp kan olika typer av arrangemang vidtas, exempel, se figur1.

Övriga delar av överhettarutrymmet, nästuberna, screentuberna och övergången mellan bakväggstuberna (vägg nr 4) och taktuberna, skall rengöras och avsynas innan arbete inne i eldstaden kan påbörjas.

9.6.2 Rengöringsarbeten i askfickor eller elektrofilter

Vid rengöringsarbeten inne i askfickor eller elektrofilter, skall anslutande rökgaskanaler och utrymmen, där aska kan samlas, avsynas och eventuella askansamlingar avlägsnas innan man börjar rengöringsarbetet, se 7.12.1. Rutiner vid arbete i elektrofilter se 7.3, ff.

9.6.3 Högtrycksspolning av pannbotten eller väggtuber

Vid högtrycksspolning av pannbotten eller väggtuber kommer den fuktiga luften i pannan att innehålla mycket finfördelad alkali från smältan. Det är förknippat med stora risker att visats i pannan under sådan rengöring utan att vara klädd i en ändamålsenlig skyddsutrustning.

De personer som utför arbetet, skall vara iklädda tättslutande gummidräkter och friskluftmasker. Några andra personer får inte vara inne i pannan under högtrycksspolningen. Spolmunstycken måste hållas under uppsikt så att de inte fastnar i stillastående läge och orsakar godsförtunning på ugnstuber.
För rengöring av sodapannans rökgassida se rekommendation D 1.

9.7 Domluckor

Vid öppnande av instigningsluckor i ångdom eller vattendom skall man beakta att det kan råda ett stort undertryck i domen. Domluckan kan då plötsligt och med stor kraft öppnas av undertrycket och skada den som är sysselsatt med öppnande av luckan.

Kontrollera att det inte är undertryck i domen innan arbetet med att öppna luckan påbörjas! Lossa muttrarna några varv. Behåll oket på plats och knacka in luckan så att den släpper i sin tätning. Undvik att hålla i luckan efter det att stängningsanordningen lossats.

Ång- och vattenanslutningar till pannan skall vara avstängda enligt moment 8.1. Domen skall vädras och kylas innan någon går in i den.

9.8 Smältlösare

Vid rengöring av smältlösare måste man vara uppmärksam på att kvarvarande material i lösaren är starkt alkaliskt och innehåller sulfid.
Det föreligger risk för frätskador. Stänk i ögonen kan ge allvarliga synskador.
Vid användande av syror kommer svavelväte att bildas och halten svavelväte kan bli mycket hög.
Vid syratvättning av grönlutsledningar kan såväl syra som vid tvättningen utvecklat svavelväte tränga in i lösaren.

9.9 Brännlutcistern

Vid lagring av tjocklut i cistern under längre tid t.ex. under ett reparationsstopp i pannan kan sönderfall av tjocklut i cisternen ske med bildning av explosiva gaser. Cisternavställning måste därför noggrant förberedas, se avsnitt 6.1 Förberedelser för nedeldning.
Det måste beaktas att cisternen avluftas, dock måste ledningar som kan leda gas till omgivande processutrustning p.g.a. explosionsrisken avstängas säkert före svets- och reparationsarbeten.
Om tjockluten varmhålls med ångslinga i botten av cisternen kan vid nivåsänkning stötkokning uppstå.
Vid underhållsarbete eller rengöring av sulfatblandartank finns risk för skador på grund av inströmmande heta media (tjocklut, ånga, aska) och gaser, men även risk för klämskador.

Det är viktigt att ventilblockeringar och elektriska blockeringar utförs på ett riktigt sätt.

Om det finns dubbla sulfatblandartankar och den ena är avställd för inspektion eller reparation, skall asktransporten till den avställda tanken vara blockerad på ett säkert sätt.

9.10 Rengöring av grönlutsledningar och imkondensor

All hantering av syror i sodahuset är förenad med risk för svavelvätebildning och dokumenterade arbetssätt och rutiner ska finnas finns för dessa arbeten.

Vid syratvättning av grönlutsledningar bildas i praktiken alltid svavelväte.

Vid tvättning av grönlutsledningar är det därför viktigt att rörsystemet avluftas på ett betryggande sätt, så att bildat svavelväte inte kommer ut i fabrikslokalerna.

Tömning av rörsystemet efter syratvättningen får aldrig ske till golvkanal, eftersom sannolikheten är mycket stor att det finns sulfidhaltig vätska i golvkanalen.

Om syratvättningen sker vid ett tillfälle då smältlösaren är tömd, finns det risk för att syra kommer in i lösaren och där reagerar med sulfidhaltigt material som finns kvar i lösaren, så att det bildas svavelväte. Syran kan t.ex. läcka in genom grönluts- och svaglutsledningarnas

anslutningar till lösaren. Observera att syran också kan läcka in genom provledningen för grönlut, vilket beror på att returledningen i de flesta fall är dragen till lösaren.

Om grönlutledningarna endast är avskilda från lösaren med avstängningsventiler, får aldrig arbeten inne i smältlösaren utföras i samband med syratvättning.

Vid syratvättning av imkondensorer föreligger i stort sett samma risker som vid syratvättning av grönlutsledningar.

Vid rengöring av grönlutsledningar med en syra föreligger risk för att bildat svavelväte kan orsaka personskador.
Vid beredning och påfyllning av syran i grönlutssystemet föreligger även risk att man kan skadas av syran.

Anvisningarna i säkerhetsdatablad, se exempelvis Chemsoft, om hantering av syran i fråga och den skyddsutrustning som skall användas samt de åtgärder man skall vidta om man kommer i kontakt med syran, skall följas i alla avseenden.

9.11 Kemisk rengöring av pannan

Vid vissa tillfällen kan det bli nödvändigt med en kemisk rengöring av de vattenberörda ytorna i sodapannan. I denna kemiska rengöringsoperation utförs bl.a. en syrabehandling, som har till uppgift att lösa upp beläggningarna i tuberna. Syrabehandlingen sker vanligtvis med sulfaminsyra med tillsats av inhibitor.
Kemisk rengöring skall alltid utföras efter ett noggrant upprättat program där riskerna för svavelvätebildning beaktas. Följande ska särskilt noteras:

- Tömningen av pannan efter syrabehandlingen får aldrig ske till golvkanal, eftersom det kan finnas kvar sulfidhaltig vätska i den, med kraftig svavelvätebildning som följd.

- Vid tömningen bör arrangemang vidtas för neutralisering av syran. Tömningen bör dessutom ske till avlopp försett med gaslås.

- Risk finns också att syra kan komma i kontakt med sulfidhaltigt material inne i pannan eller i smältlösaren genom ett tubläckage. Detta kan också ge upphov till svavelvätebildning.

- Efter en syratvättning måste man vara mycket försiktig innan man börjar arbeta inne i pannan eller i utrustning ansluten till pannan, exempelvis i smältlösare, ekonomiser, elektrofilter och rökgasskrubber.

- Innan man går in i ett dylikt utrymme, måste man kontrollera att där inte finns svavelväte.

Beträffande kemisk rengöring se Sodahuskommitténs rekommendation C 12.

9.12 Elektrofilter

Vid underhållsarbete eller rengöringsarbete i elektrofilter skall rekommendationer i avsnitt 7.3 beaktas.
Arbete i elektrofilter eller i pannan får inte ske under tid då kemisk rengöring av pannan utförs, eftersom det finns risk för att svavelväte kan komma in i panna och elektrofilter vid eventuellt läckage.

10 Tillsyn och kontroll

10.1 Underhållsrutiner

Tillsyn och kontroll av utrustning för eldning av svartlut och hjälpbränslen bör omfattas av anläggningens ordinarie rutiner för inspektioner och förebyggande underhåll.
Impulsledningar och dräneringar kopplade till tryckkärlet kontrolleras i samband med driftprov/provtryckning samt löpande genom rondering och Fortlöpande Tillsyn.

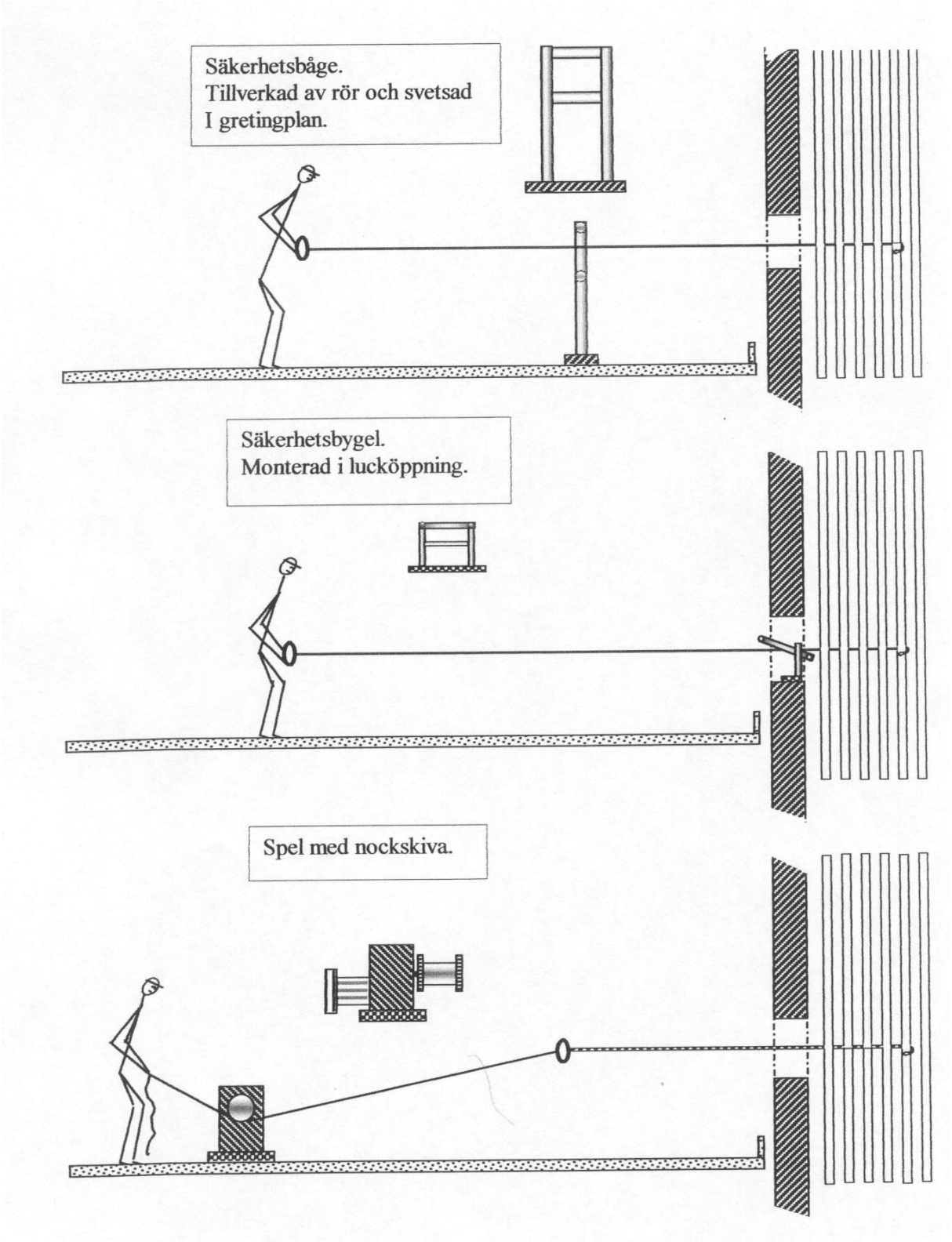
10.2 Funktionskontroll

Säkerhetsutrustningar, vars funktion inte kan provas under drift, skall normalt kontrolleras vid pannstopp, dock minst vid varje återkommande besiktning. Övriga säkerhetsutrustningars funktion skall kontrolleras och dokumenteras med kortare tidsintervall enligt de förutsättningar som gäller för tillämpad SIL-klassning och för anläggningens övriga projektering och dimensionering.

11 Litteraturförteckning

Ragnar Rylander, p. e. (2009). *Exponering för svavelväte och bestående effekter- en riskvärdering.* BioFact Environmental Helth Research Center, www.biofact.se/reports/pdf/Svavelväte.pdf.

United States Department of Labor. Occupational Safety & Health Administration, (2013). Health Hazards. *www.osh*a.gov.



Figur 1, Exempel på arrangemang för handlansning av överhettare

Bilaga 1, Checklista, Het återstart av Sodapanna efter nödnedeldning eller panntripp

Några vanliga orsaker till snabbstopp på Sodapannan är:

- Automatisk aktivering av nödnedeldning (låg domvattennivå, kraftavbrott, mm)
- Avbrott i förbränning aktiverad av säkerhetsfunktion
- Kraftbortfall (strömavbrott)

För att kunna återstarta efter panntripp bör särskild checklista finnas upprättad och följas. Varje anläggning bör upprätta sådan checklista för den egna anläggningen. Exempel på innehåll se nedan.
Utan anspråk fullständighet bör följande punkter beaktas i checklista, med angivande också av lämpliga åtgärder vid avvikelser från säkert tillstånd.

1. Fastställ orsak till panntripp.
2. Undersök och undanröj eventuella misstankar om vattenläckage i pannan som felorsak
3. Fastställ domvattennivå
4. Fastställ panntryck och motsvarande pannvattentemperatur
5. Om nivån har varit under domen (dvs helt tom) så får återfyllningen av pannan påbörjas först sedan dommaterialet kylts till en temperatur som inte överstiger matarvattentemperaturen med mer än vad som angivits av pannleverantören, dock ej över 50°C (i de fall eventuella tubinfästningar är enbart invalsade och ej tätsvetsade dock högst 30º C). Avkylningen görs med normal trycknedtagning. Domens temperatur mäts företrädesvis med termoelement, se rekommendation B 10, och verifieras med pannvattentemperaturen (mättnadstemperaturen) efter trycksänkning.
6. Kontrollera matarvattentillgång
7. Kontrollera elkraftförsörjning (ström)
8. Reservkraft
9. Gå igenom checklista för normal start av sodapannan

Rekommendation C 2 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation C 1. Den tidigare rekommendationen C 2 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation C 3 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation C 1. Den tidigare rekommendationen C 3 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr C 4
Utgåva 6, februari, 2021

Kvalitet på spädvatten, kondensat, matarvatten, pannvatten och ånga samt åtgärder vid avvikelser

Rekommendation C4 utgör en sammanslagning av tidigare utgåvor av rekommendation C4 (Kvalitet på spädvatten, kondensat, matarvatten, pannvatten och ånga), och rekommendation C6 (Förebyggande åtgärder vid låga pH-värden samt vid förekomst av svartlut eller olja i pannvatten),samt C 7 (Indikering av vattenläckage i ångpannor genom uppföljning av pannvattnets salthalt).

Härigenom ges en bättre överblick över Sodahuskommitténs rekommendationer beträffande vattenkvalité och åtgärder vid avvikelser från riktvärden eller vid förekomst av föroreningar hos matarvatten eller pannvatten.

I kapitel 8 och 9 har också införts riktvärden i överensstämmelse med motsvarande krav i Europastandarden SS-EN 12952-3, tabell 5.1. Riktvärdet för olja i pannvattnet har härutöver satts restriktivt.
I utgåva 4 har information om hårdhet tillkommit under avsnitt 3.9.
I utgåva 4 har avsnitt 6 om ”Åtgärder vid högt pH” införts.
I utgåva 5 har avsnitt 7 införts om ”Indikering av vattenläckage i ångpannor genom uppföljning av pannvattnets salthalt”,
Genom systematisk uppföljning av salthalten i pannvattnet kan i många fall även små läckage i pannor upptäckas i ett tidigt stadium. Då detta är av särskild vikt för sodapannor har Sodahuskommittén ansett det angeläget att informera om förutsättningar och möjligheter att med uppföljning av pannvattnets salthalt få en tidig varning vid vattenläckage

I en ånganläggning måste såväl vatten som ånga uppfylla vissa kvalitetskrav för att inte driftsäkerheten skall äventyras. Uppfylles inte dessa krav föreligger risk för beläggningar, överhettning av panntuber samt korrosion i anläggningen.

Sodahuskommittén rekommenderar att nedanstående riktlinjer tillämpas avseende vattenkvalité samt vid hantering av avvikelser från kvalité och riktvärden.
Riktlinjerna gäller främst sodapannor samt barkpannor och andra pannor för fastbränsleeldning.

Sodahuskommittén rekommenderar att varje anläggningsägare, helst i samråd med vattenteknisk expertis, upprättar egna detaljerade instruktioner för varje enskild panna baserat på i denna rekommendation givna riktvärden och åtgärdsgränser för vattenkvalité samt upprättar instruktioner för åtgärder vid lågt eller högt pH i pannvatten, och för förändringar i pannvattnets salthalt och förekomst av svartlut eller olja i pannvattnet.

Hänvisningar

Föreskrifter
EU-direktiv, The European Pressure Equipment Directive (PED) 2014/68/EU, Maj 2014"
AFS 1999:4 Tryckbärande anordningar (under omarbetning, ny upplaga väntas under 2016)

Standard
Svensk standard "Vattenrörspannor och hjälpinstallationer – Del 12: Krav på matar- och pannvattenkvalitet", SS-EN 12952-12, november 2003.

Rekommendationer
DENÅ's riktlinjer. DENÅ är ett samarbetsorgan för Dansk Kedelforening, Energiekonomiska Föreningen – Finland, Norsk Kjelforening och Ångpanneföreningen
VGB's riktlinjer, nr 452.
TRD, Technische Regeln Dampfkessel nr. 611
VdTÜV Merkblatt 1453

Sodahuskommitténs rekommendationer
B15, Utrustning för förebyggande av inläckage av jonbytesmassa till pannvatten
C5, Förebyggande åtgärder och övervakning för att skapa och upprätthålla en beläggnings- och korrosionshämmande pannvattenbuffert
C12, Kemisk rengöring av vattensidiga beläggningar i sodapannor
C1, Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd.
Övriga rapporter
Värmeforsk rapport nr 958: Mats Hellman: "Riktvärden för vatten och ånga anpassade till svenska energianläggningar"
Värmeforsk rapport nr 893: Mats Hellman: "'Bästa möjliga övervakning av vattenkemin i anläggningar med turbin".
Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar
Rapport 2021-1: "Matarvatten och korrosion". Publicerad på SHK-webbsida.

Innehåll

1 Övervakning, kontroll och instruktioner 5

2 Vattenkvalitéer 5
2.1 Spädvattenbehandling 7
2.2 Matarvatten 7
2.3 Pannvattenbehandling 8
2.4 Kondensat 8
2.5 Ånga 9

3 Kvalitetskrav vid olika driftförhållanden 9
3.1 Åtgärdsnivåer 9
3.2 Förklaring av åtgärdsnivåerna: 10
3.3 Ånga och kondensat 11
3.4 Pannor med avsaltat spädvatten och fosfatkemi 12
3.5 Pannor med AVT-kemi 13
3.6 Pannor med avsaltat vatten och med lutdosering 14
3.7 Kiselhalt i pannvatten för pannor med avsaltat spädvatten 15
3.8 Fosfathalt i pannvatten 15
3.9 Hårdhet (Ca + Mg) hos matarvatten 16
3.10 Konduktivitet hos pannvatten 18

4 Kontroll och övervakning 18
4.1 On-line instrument 19
4.1.1 Direkt konduktivitet 19
4.1.2 Sur konduktivitet 19
4.1.3 Avgasad sur konduktivitet 20
4.1.4 Natrium 20
4.2 Manuell mätning 20
4.2.1 Hårdhet 20
4.2.2 Konduktivitet 20
4.2.3 pH-värde 20
4.2.4 Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten 20

5 Låga pH-värden i pannvatten 23
5.1 Allmänt beträffande låga pH-värden i pannvatten 23
5.2 Åtgärder vid låga pH-värden i pannvatten 23
5.3 Uppspårande av orsak till pH-sänkning 23
5.3.1 pH-värden mellan 9,0 och 7,0 24
5.3.2 pH-värden mellan 7,0 och 5,0 24
5.3.3 pH-värden mellan 5,0 och 3,5 24
5.3.4 pH-värden lägre än 3,5 25

6 Åtgärder vid höga pH-värden 25
6.1 Allmänt beträffande onormalt höga pH-värden i pannvatten 25

7 Indikering av tubläckage vid förändrad ledningsförmåga eller natriumhalt hos pannvatten 26
7.1 En metod att indikera tubläckage eller läckande avstängningsventiler 26
7.2 Uppföljning av natriumhalten eller salthalten i pannvatten 27
7.3 Exempel 27

8 Svartlut i matarvatten och pannvatten. 28
8.1 Riktvärden 28
8.2 Åtgärder vid upptäckt inläckage av svartlut eller motsvarande 29
8.2.1 COD-Mn i pannvattnet <250 mg/l 29

8.2.2 COD-Mn i pannvattnet >250 mg/l 29

9 Olja i pann- och matarvatten 30

9.1 Riktvärden 30

9.2 Åtgärder 30

10 Jonbytesmassa i pannvattnet 30

Bilaga 1 Pannor med endast avhärdat spädvatten. 32

1 Övervakning, kontroll och instruktioner

I en ånganläggning måste såväl vatten som ånga uppfylla vissa kvalitetskrav för att inte driftsäkerheten skall äventyras. Uppfylles inte dessa krav föreligger risk för beläggningar, överhettning av panntuber samt korrosion i anläggningen. Kvalitetskraven är bl.a. beroende av anläggningens driftförhållanden. Sålunda gäller för en ångpanna att ju högre panntrycket och värmebelastningen är, desto högre vattenkvalitet krävs. Inte minst i sodapannor med deras korrosiva eldstadsmiljö, och de fatala följderna som en tubläcka i ugnen kan få, är det viktigt att vattensidiga beläggningar och förhöjda tubmaterialtemperaturer ej uppkommer. För kolstålstuber i en sodapannas eldstad kan även måttliga temperaturstegringar medföra ökad korrosionshastighet på gassidan.

Trots installerad övervakningsutrustning av olika slag uppträder varje år ett flertal störningar i cellulosaindustrins pannor beroende på lågt pH-värde eller förekomst av svartlut eller olja i pannvattnet. Allvarliga skador kan uppstå: Korrosion och beläggningar i matarvattensystem, pannor, överhettare och turbiner. Störningar och skador inträffar ofta mycket snabbt. *Det är därför av största vikt att drift- och laboratoriepersonal instrueras om betydelsen av att omedelbart rapportera avvikelser från det normala till driftledningen när det gäller matarvatten- och pannvattenanalyser liksom pannvattnets färg.*
Sodahuskommittén rekommenderar att nedanstående riktlinjer tillämpas vid åtgärdande av inträffade störningar. Man bör dock alltid ta kontakt med expertis, eftersom förhållandena i de enskilda fallen kan vara olika. Detta gör att man inte okritiskt kan tillämpa riktlinjerna.

För varje sodapanna skall det upprättas ett kontrollprogram, samt riktvärdestabell och åtgärdsnivåer, med hänsyn till de specifika förutsättningar som gäller för den aktuella sodapannan. Färdiga instruktioner skall finnas för hur man rekommenderas hantera uppkommande avvikelser. Varje enskilt mätvärde ger en indikation om en korrigering behöver vidtagas. Jämförelse av flera kontinuerliga och manuella mätningar ger dock en mycket säkrare bedömning av lämpliga åtgärder.
Ett åtgärdsprogram, som bygger på möjliga händelser och kombinationer av de olika enskilda detaljkraven och riskbedömningen och som är specifikt för varje enskild anläggning, bör utarbetas.
Se också rekommendation C5.

2 Vattenkvalitéer

Vattenkvalitet	**Beskrivning**
Råvatten	Råvattnet är vattnet före spädvattensreningsanläggningen. Råvattnet kan utgöras av stadsvatten, grundvatten, sjövatten, älvvatten etc. I många anläggningar där råvattnet utgörs av ytvatten måste humushalten i vattnet sänkas genom flockning före avsaltningsanläggningen.
Renvatten	Behandlat råvatten, exempelvis sandfiltrerat eller kemiskt renat vatten.

Avhärdat vatten	Renvatten, vars hårdhet nedbringats genom behandling i jonbytarfilter. S.k. avhärdningsfilter, varvid kalcium- och magnesiumjoner i vattnet byts ut mot natriumjoner. Avhärdat vatten kan användas som spädvatten i matarvattnet för pannor med drifttryck uppemot 4-5 MPa, men anses otillräckligt för användning vid högre panntryck.
Avsaltat vatten	Renvatten, vars salthalt nedbringats genom behandling i jonbytarfilter av både katjon- och anjontyp, eller avsaltats medelst membranteknik. För det senare fallet erfordras i vissa fall avhärdat vatten. Halten humusämnen kan även ha minskats genom att vattnet behandlas i humusupptagande filter.
Totalavsaltat vatten, dejonat	Det totalavsaltade vattnet är avsaltat vatten som får en kompletterande rening i ett blandbäddfilter eller ett RO-filter (omvänd osmos) för polering av vattenkvalitén.
Spädvatten	Råvatten, som efter erforderlig mekanisk och kemisk rengöring samt avhärdning eller totalavsaltning tillsätts matarvattnet för att täcka kondensatförluster och utblåst pannvatten. Riktvärden anges för spädvatten direkt efter vattenreningsanläggningen.
Matarvatten	Vatten, som beretts av kondensat och spädvatten med erforderlig kvalitet. Matarvattnet trycks medelst matarpump in i pannan som ersättning för ångavgång och utblåst pannvatten.
Insprutningsvatten	Vatten som sprutas in i ångan före en överhettare för att reglera temperaturen på dess utgående ånga. Insprutningsvattnet kan vara ånga från ångdomen, vilken kondenserats i en Dolezalkylare eller matarvatten eller spädvatten med tillräcklig renhet, dvs. motsvarande totalavsaltat vatten. Insprutningsvatten får inte innehålla salter, framför allt inte överskott på natriumjoner. Motsvarande krav gäller för insprutningsvatten som används till temperaturreglering av låg- och mellantrycksånga.
Pannvatten	Vatten i en panna med själv- eller tvångscirkulation. Pannvattnet består av uppkoncentrerat matarvatten och den ackumulerade mängden salter i pannvattnet hålls under kontroll genom utblåsning.
Mättad ånga	Utgående ånga från domen, före överhettaren. Mättad ånga är normalt en blandning av vätskefas (vattendroppar) och ångfas.
Torr mättad ånga	Mättad ånga som befriats från vätskedroppar, t.ex. genom att den har passerat ångdomens cykloner.
Överhettad ånga	Ånga, vars temperatur överskrider mättningstemperaturen vid rådande tryck. Temperaturen hos utgående ånga från sodapannor ligger oftast vid 450-500 °C. Ångöverhettning sker för att maximera

	elproduktion och för att undvika vattenutfällning i ångledningar och turbin.
Kondensat	Det vatten som erhålls vid kondensering av ånga i turbinkondensor eller värmeväxlare samt kondenserad ånga från produktionsavdelningar i en industri. Riktvärden anges för kondensat efter eventuell kondensatrening.

2.1 Spädvattenbehandling

Kraven på framför allt pannvattnet är olika beroende på panntryck och om anläggningen spädmatas med avhärdat eller avsaltat spädvatten. Sodahuskommittén rekommenderar att avsaltat spädvatten väljs även för sodapannor med lägre tryckklass. För pannor med domtryck över 8 MPa, rekommenderas att man använder totalavsaltat spädvatten.

Riktvärdena har delats upp i tabeller, figur 1-3 i kapitel 3 och figur 10 i Bilaga 1, den sistnämnda avser avhärdat spädvatten.
När de gamla riktvärdena från DENÅ (”Matarvatten Del 1, Riktvärden och analysmetoder”, Ångpanneföreningen 1985) togs fram använde ett stort antal anläggningar i Sverige fortfarande avhärdat spädvatten. I dagsläget ser det annorlunda ut och avsaltat spädvatten används vid även lägre panntryck. Orsaken är att driftsäkerheten blir bättre med avsaltat eller totalavsaltat spädvatten samtidigt som kostnaderna kring en avsaltningsanläggning har minskat.

2.2 Matarvatten

I en massafabrik består pannornas matarvatten av 50-70 returkondensat och resten av behandlat spädvatten. Kondensat och spädvatten får således avgörande betydelse för matarvattenkvaliteten.

För att undvika vatten- och ångsidig korrosion i pannor samt ång- och kondensatsystem avgasas matarvattnet. Flyktiga alkaliseringsmedel tillsätts också matarvattnet för att kompensera for de sura och vanligen flyktiga produkter, som naturligt uppstår i vatten-ångcykeln, t.ex. HCl, som har nära samma ångtryckskurva som pannvattnet och som annars kan göra att kondensatet blir surt.

Det är viktigt att hela matarvattensteget, således även matarvattentank och matarpumpar, omfattas av alkaliseringen med tanke på risken för erosionskorrosion. Strömningshastigheten, pH och syrehalten i matarvattnet har stor betydelse för risken för erosionskorrosion i matarledningarna och syrehalten får därför inte bli för låg. För att säkerställa att förutsättningar för erosionskorrosion ej förekommer samt att analysen av ett exakt värde på syrehalten är svår rekommenderas värdet att ligga i ett intervall på 5-10 µg/kg.
I standarden SS-EN 12952-12 anges syrehalten till < 0,020 mg/l (20 µg/kg) och att det under normal drift är viktigare att se till att man ej har en överdosering av syrereducerande kemikalier som kan resultera i låga syrehalter.
I Rapport 2021-1: ”Matarvatten och korrosion” som finns publicerad på SHK-webbsida finns mera beskrivet om korrosion i matarvattensystemet.

2.3 **Pannvattenbehandling**

För att kunna ha kontroll på salthalten i pannvattnet måste en viss mängd blåsas ut från pannan. Normalt sker detta genom s.k. kontinuerlig utblåsning samt i vissa fall chockblåsning från pannans lågpunkter. Utan utblåsning skulle pannvattnets halt av icke flyktiga salter växa okontrollerat. Chockblåsning från utblåsningsledningarna från bottenlådorna hjälper även till att avlägsna slam, t.ex. magnetitslam, som annars sedimenterar på botten av bottenlådorna. Upptäcker man låga pH-värden med missfärgning av pannvattnet eller att det förekommer svartlut eller olja så är det att betrakta som mycket allvarliga störningar, som snabbt kan förorsaka skador. I sådana fall måste omedelbara åtgärder vidtagas enligt de riktlinjer som anges i kapitlen 5-8.
I anläggningar, som spädmatas med avsaltat vatten, finns några olika sätt att behandla pannvatten. Riktvärden ges för de tre vanligaste behandlingsmetoderna i Sverige.

De är:

- FOSFAT. Dosering av fosfat i kombination med alkaliserande aminer (eller ammoniak) är det vanligaste behandlingssättet vid svenska anläggningar.
- AVT (All Volatile Treatment) är ett amerikanskt uttryck och innebär behandling med enbart ammoniak och/eller (flyktiga) alkaliserande aminer.
- LUT. Dosering av lut (NaOH) används vid en del anläggningar för att justera pH-värdet i pannvattnet och därmed skapa förutsättningar för en bra pannvattenkemi. Luten är inte flyktig, utan måste kompletteras med ett alkaliseringsmedel för ånga och kondensat. Doseringen kompletteras då med ammoniak och/eller alkaliserande aminer så att även kondensatet kan erhålla ett tillräckligt högt pH.

Dosering av lut till pannvattnet förekommer i en del större kraft- och värmeanläggningar med panntryck högre än ~ 10 MPa. Sådan dosering bör då göras under noggrann kontroll eftersom felaktig dosering eller överbäring av pannvatten till ångan kan medföra risk för lokal spänningskorrosion i systemet, vilket ställer höga krav på övervakning av bl.a. ångkvalitén.

Också AVT-kemi är förenat med högre krav på övervakning av pannvattnet.

Se även rekommendation C5.

2.4 **Kondensat**

Returkondensatet från fabriken innehåller ofta korrosionsprodukter, vilka kan ge beläggningar i pannorna. Därför bör kondensaten filtreras i s.k. partikelavskiljande filter, vanligen precoatfilter.

Kondensaten kan också förorenas av råvatten (t.ex. tätningsvatten för pumpar), vilket kan medföra beläggningar av hårdhetsbildare i pannorna. Av detta skäl filtrerades kondensaten tidigare ofta även i avhärdningsfilter/blandbäddfilter.

Filtrering i avhärdningsfilter ersätter hårdhet i kondensatet med natrium och då får kondensatet en hög natriumhalt och samma sker då också med matarvattnet. En förutsättning för korrosionsangrepp är då att pannvattnets halt av övriga salter är låg, vilket blir fallet om

spädvattnet avsaltas. Hög natriumhalt i pannvattnet kan ge upphov till allvarliga korrosionsangrepp i form av spänningskorrosion (och också till alltför kraftig skumbildning).

För att då avlägsna hårdhet ur kondensatet utan att ersätta det med natriumjoner måste det ske genom avsaltning (i st. f avhärdning). Normalt är dock kondensattemperaturen alltför hög för att kunna rena kondensatet i en avsaltningsanläggning. Kondensatreningen måste då kompletteras med en värmeväxlare för kylning av kondensatet före avsaltningsfiltret och samtidig återvärmning av det renade kondensatet.

2.5 Ånga

För ånga gäller i princip samma riktvärden och åtgärdsnivåer för alla energianläggningar, oavsett spädvattenkvalitet.

Ånga, som inte är tillräckligt ren kan ge besvärande beläggningar i överhettare och ångturbiner, t.ex. av kisel. En låg ångkvalitet kan bero på dålig separation av pannvattnet från ångan i ångdomens cykloner. En orsak kan vara felaktig pannvattensammansättning (t.ex. tendens till skumning), otillräcklig kapacitet eller andra brister hos separationsanordningarna eller häftiga tryck- och lastvariationer. Även temperaturregleringen kan medföra förorening av ångan genom inläckage av pannvatten eller matarvatten i pannans indirekta ångkylare eller genom att insprutningsvattnet vid direkt ångkylning inte har tillräcklig renhet. Förutom beläggningar kan även korrosion uppstå, om kraven på insprutningsvattnets pH-värde eller restsyrehalt ej uppfylls.

3 Kvalitetskrav vid olika driftförhållanden

3.1 Åtgärdsnivåer

Förr angavs riktvärden endast med ett värde eller ett intervall. Alla värden över (eller under) riktvärdet var oacceptabla. För att hjälpa anläggningsägare och ansvariga operatörer började man på 1990-talet införa åtgärdsnivåer. Det innebar att ett överskridande delas in i nivåer där värdena kan accepteras under kortare perioder. Även periodens längd anges.
Fortfarande är det lämpligt att viktiga halter, som pH, konduktivitet eller natriumhalt, är övervakade, så att larm ges innan man når Åtgärdsnivå 1. Ytterligare larm bör ges om pannvattnets sammansättning når Åtgärdsnivå 2.
För att säkra vattenkvalitén vid kontinuerlig drift bör kritiska värden, som pH, (sur) konduktivitet, natriumhalt m.m. mätas kontinuerligt. Det bör sedan uppmärksammas om analysvärdena avviker från de värden som är normala för ostörd drift, även om de uppmätta analysvärdena fortfarande skulle ligga inom de rekommenderade riktvärdena.
Vid värden som avviker från normal drift bör lämpliga åtgärder göras för att återfå det normala driftvärdet även om det ligger inom det tillåtna intervallet. Observera att man både kan behöva återställa vattnet i pannan, t.ex. genom ökad utblåsning och utröna och åtgärda eventuella brister i vattenreningen, t.ex. genom att kasta förorenade kondensat eller regenerera överutnyttjade jonbytesfilter.

Tabeller med riktvärden och åtgärdsgränser för ånga, kondensat pannvatten och matarvatten med olika typer av vattenkemi finns upprättade i följande avsnitt från 3.3ff, (se figur 1-9), med förklaring till åtgärdsnivåer enligt avsnitt 3.2.

3.2 Förklaring av åtgärdsnivåerna:

Analysvärden lägre än R (eller inom angivet intervall) är det analysvärde som normalt erhålls vid en längre tids drift med konstanta förhållanden, s.k. ”steady-state”. En säkerhetsmarginal finns inbakad i riktvärdet. Nivån förväntas medföra låg risk för problem i form av beläggningar eller korrosionsangrepp.

R **Riktvärde eller intervall** anges i riktvärdestabellerna. **Intervallet mellan Riktvärdet och Åtgärdsnivå l** är fortfarande ett acceptabelt värde. Analysvärden som ligger mellan Riktvärdet och Åtgärdsnivå 1 innebär att vattenkemin inte är optimal. Orsaken till detta bör undersökas och på sikt åtgärdas även om gränsvärden för ÅN l inte överskrids.

ÅN1 **Åtgärdsnivå l** anges i riktvärdestabellerna. **Inom intervallet mellan ÅN1 och ÅN2** finns en potentiell risk för korrosion och/eller kontaminering. Åtgärder måste vidtas för att återkomma till normal nivå inom en vecka. Maximalt accepterad sammanlagd tid med sämre värden än Åtgärdsnivå l anses vara två veckor/år (med undantag för tid vid driftsättning, dvs. första uppstart av anläggningen).

ÅN2 **Åtgärdsnivå 2** anges i riktvärdestabellerna.
Intervallet mellan ÅN2 och ÅN3. Här föreligger stor risk för korrosion och/eller kontaminering. Åtgärder måste vidtas för att återkomma till normal nivå inom ett dygn. Maximalt tillåten sammanlagd tid med sämre värden än Åtgärdsnivå 2 är 48 timmar/år (med undantag för tid vid driftsättning, dvs. första uppstart av anläggningen).

ÅN3 Åtgärdsnivå 3 anges i riktvärdestabellerna.
Analysvärden som överstiger (eller understiger) ÅN3 nivå innebär omedelbar fara för anläggningen. Stoppa anläggningen så fort som omständigheterna tillåter för att undvika skador. Systemet måste felsökas och åtgärder vidtas för att återföra vattenkemin till riktnivå innan pannan åter startas.
ÅN3 anges inte för alla parametrar utan endast för de parametrar som anses medföra akut fara för haveri i anläggningen om de överskrids.

3.3 Ånga och kondensat

Parameter		ånga (ångkondensat)				ånga (ångkondensat)				returkondensat				returkondensat			
Vattenkemi		AVT och LUT				FOSFAT				AVT och LUT				FOSFAT			
material i systemet		Cu[1]		Fe[2]		Cu[1]		Fe[2]		Cu[1]		Fe[2]		Cu[1]		Fe[2]	
pH	R	9,0 – 9,2		9,2 - 9,6		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6	
	ÅN1	<8,5	>9,4	<8,8	>10,0	<8,5	>9,4	<8,8	>10,0	<8,5	>9,4	<8,8	>10,0	<8,5	>9,4	<8,8	>10,0
	ÅN2	<8,2	>9,5	<8,0	>10,5	<8,2	>9,5	<8,0	>10,5	<8,2	>9,5	<8,0	>10,5	<8,2	>9,5	<8,0	>10,5
	ÅN3																
konduktivitet µS/cm	R	3 - 6[3]		4 - 11[3]		3 - 6[3]		4 - 11[3]		3 - 6[3]		4 - 11[3]		3 - 6[3]		4 - 11[3]	
	ÅN1																
	ÅN2																
	ÅN3																
sur konduktivitet µS/cm	R	<0 ,10[4]				<0,20[4]				<020[4]		<0,30[4]		<020[4]		<0,30[4]	
	ÅN1	>0,20				>0,30				>0,30				>0,30			
	ÅN2	>0,50				>0,50				>0,50				>0,50			
	ÅN3	>1				>1											
kisel, SiO_2 µg/kg	R	<5				<5				<5				<5			
	ÅN1	>20				>20				>20				>20			
	ÅN2	>30				>30				>30				>30			
	ÅN3	>50				>50											
hårdhet °dH	R									<0,003 (<0,01 ber. på analysmetod)							
	ÅN1									>0,01							
	ÅN2									>0,02							
	ÅN3																
natrium, Na µg/kg	R	<3				<5				<3				<5			
	ÅN1	>5				>10				>5				>10			
	ÅN2	>10				>20				>10				>20			
	ÅN3	>20				>40											
järn, Fe µg/kg	R	<10				<10				<10				<10			
	ÅN1	>20				>20				>20				>20			
	ÅN2									>50				>50			
	ÅN3																
koppar, Cu µg/kg	R	<1				<1				<3				<3			
	ÅN1	>3				>3				>3				>3			
	ÅN2									>10				>10			
	ÅN3																
restsyre, O_2 µg/kg	R									<10							
	ÅN1									>20							
	ÅN2																
	ÅN3																

1) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.

2) Fe gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.

3) Gäller endast ammoniakdosering, andra alkaliseringsmedel kan ge högre konduktivitet.

4) Högre värde kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten i Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar kapitel 10.2.5.2

Observera att tabelldata i Rek C4 kan avvika mot de i Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar på grund av tidigare införda ändringar.

Figur 1: Riktvärden för ånga och kondensat till turbindrift.
Riktvärdena för ånga i tabellen gäller såväl mättad som överhettad ånga.
Beträffande organisk substans i kondensat, se kapitel 8-10.

3.4 Pannor med avsaltat spädvatten och fosfatkemi

Parameter		Spädvatten[1]	matarvatten				pannvatten	
domtryck, MPa		>4	>4				4 - 10	10 – 16
material i systemet			Cu[2]		Fe3[3]			
pH	R		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6		9,5 - 10,0	9,4 - 9,6
	ÅN1		<8,5	>9,4	<8,8	>10,0	9,4 – 10,2	9,3 – 9,7
	ÅN2		<8,2	>9,5	<8,0	>10,5	9,0 – 10,3	9,0 – 9.9
	ÅN3						8,5 – 10,5	8,5 – 10,2
							se kapitel 5	
konduktivitet µS/cm Se avsnitt 3.10	R	<0,10					15 – 50	10 - 30
	ÅN1	>0,20					>50	>30
	ÅN2	>0,50					>100	>50
	ÅN3						>200	>100
avgasad sur konduktivitet µS/cm Se avsnitt 3.10	R		<0,20[4]					
	ÅN1		>0,30					
	ÅN2		>0,50					
	ÅN3		>1,0					
kisel, SiO_2 µg/kg	R	<10	anläggningsspecifikt, får inte vara högre än att pannvattenkvalitén uppfylls				<0,25 x ÅN1	
	ÅN1	>20					enligt kurva figur 5	
	ÅN 2						>2 x ÅN1	
	ÅN3							
hårdhet °dH Se avsnitt 3.9	R		<0,005 (se avsnitt 2.9)					
	ÅN1		>0,01					
	ÅN2		>0,02					
	ÅN3							
natrium, Na µg/kg	R	<5	<5					
	ÅN1	>10	>10					
	ÅN2	>20	>20					
	ÅN3							
restsyre, O_2 µg/kg	R		5-10[5]					
	ÅN1		>20					
	ÅN2		>50					
	ÅN3		>100					
fosfat, PO_2 mg/kg	R						enligt kurva figur 6	
	ÅN1							
järn, Fe µg/kg	R		<10				anläggningsspecifikt, avgörs från fall till fall	
	ÅN1		>20					
	ÅN2		>50					
	ÅN3							
koppar, Cu µg/kg	R		<3					
	ÅN1		>3					
	ÅN2		>10					
	ÅN3							

1) Spädvatten direkt efter avsaltning, högre värden kan ev. accepteras om riktvärden för pannvatten och ånga uppfylls.
2) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
3) Fe gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
4) Högre värden kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten kapitel 10.2.5.2 i Energiforskrapport 2015:113
5) Ett helt syrefritt vatten kan innebära risk för erosionskorrosion. ~~Syrehalten bör vara minst 2 ppb.~~

Observera att tabelldata i Rek C4 kan avvika mot de i Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar på grund av tidigare införda ändringar.

Figur 2: Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten och fosfatkemi.

Beträffande organisk substans, se kapitel 8-10.

3.5 Pannor med AVT-kemi

Riktvärden gäller pannor som doseras med enbart ammoniak och/eller alkaliserande aminer.

Parameter		spädvatten	matarvatten				Pannvatten		
domtryck, MPa		alla	alla				<8	8- 16	>16
material i systemet			Cu[1]		Fe[2]				
pH	R		8,8 - 9,2		9,2 - 9,6		>9,0		
	ÅN1		<8,5	>9,2	<8,8	>9,6	<7,5 Se kapitel 5		
	ÅN2		<8,2	>9,5	<8,0	>10,0			
	ÅN3								
konduktivitet µS/cm Se avsnitt 3.10	R	<0,10					anläggningsspecifikt, inte högre än att ångkvalitén uppfylls se figur 7		
	ÅN1	>0,20							
	ÅN2	>0,50							
	ÅN3								
sur konduktivitet µS/cm Se avsnitt 3.10	R		<0,10[3]						
	ÅN1		>0,20						
	ÅN2		>0,50						
	ÅN3		>1						
kisel, SiO_2 µg/kg	R	<10	<5				0,25 x ÅN1		
	ÅN1	>20	>20				enligt kurva figur 5		
	ÅN2	>50	>30				2 x ÅN1		
	ÅN3								
hårdhet °dH Se avsnitt 3.9	R		<0,003						
	ÅN1		>0,005						
	ÅN2								
	ÅN3								
natrium, Na µg/kg µg/kg	R	<5	<3[4]				anläggningsspecifikt, inte högre än att ångkvalitén uppfylls		
	ÅN1	>10	>5						
	ÅN2	>20	>10						
	ÅN3								
restsyre, O_2 µg/kg	R		5-10[5]						
	ÅN1		>20						
	ÅN2		>50						
	ÅN3		>100						
järn, Fe µg/kg	R		<10				anläggningsspecifikt, avgörs från fall till fall		
	ÅN1		>20						
	ÅN2		>50						
	ÅN3								
koppar, Cu µg/kg	R		<3						
	ÅN1		>3						
	ÅN2		>10						
	ÅN3								

1) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
2) Fe gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
3) Högre värden kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten kapitel 10.2.5.2 i Energiforskrapport 2015:113.
4) Högre värden kan accepteras där matarvatten inte används som insprutningsvatten.
5) Ett helt syrefritt vatten kan innebära risk för erosionskorrosion.

Observera att tabelldata i Rek C4 kan avvika mot de i Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar på grund av tidigare införda ändringar.

Figur 3: Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten och AVT-kemi. Beträffande organisk substans, se kapitel 8-10.

3.6 Pannor med avsaltat vatten och med lutdosering

Parameter		spädvatten	matarvatten				Pannvatten			
domtryck, MPa			>4				4 - 10		10 – 16	
material i systemet			Cu[1]		Fe[2]					
pH	R		8,8 - 9,2		8,8 - 9,6		9,5 - 10,0		9,4 - 9,6	
	ÅN1		<8,5	>9,4	<8,8	>10,0	<9,4	>10,2	<9,3	>9,7
	ÅN2		<8,2	>9,5	<8,0	>10,5	<9,0	>10,3	<9,0	>9,9
	ÅN3						<8,5	>10,5	<8,5	>10,2
	ÅN4						Se Kapitel 5			
konduktivitet µS/cm Se avsnitt 3.10	R	<0,10					8 - 25		6 – 10	
	ÅN1	>0,20					<6	>40	<5	>12
	ÅN2	>0,50					<2,5	>50	<2,5	>20
	ÅN3						<0,8	>80	<0,8	>40
sur konduktivitet µS/cm Se avsnitt 3.10	R		<0,20[3])							
	ÅN1		>0,30							
	ÅN2		>0,50							
	ÅN3		>1							
kisel, SiO2 µg/kg	R	<10	<5				<0,25 x ÅN1			
	ÅN1	>20	>20				enligt kurva figur 5			
	ÅN2	>50	>30				>2 x ÅN1			
	ÅN3									
hårdhet °dH Se avsnitt 3.9	R		<0,01							
	ÅN1		>0,01							
	ÅN2		>0,1							
	ÅN3									
natrium, Na µg/kg	R	<5	<5				anläggningsspecifikt, inte högre än att ångkvalitén uppfylls			
	ÅN1	>10	>10							
	ÅN2	>20	>20							
	ÅN3									
restsyre, O2 µg/kg	R		5-10[4]							
	ÅN1		>20							
	ÅN2		>50							
	ÅN3		>100							
järn, Fe µg/kg	R		<10				anläggningsspecifikt, avgörs från fall till fall			
	ÅN1		>20							
	ÅN2		>50							
	ÅN3									
koppar, Cu µg/kg	R		<3							
	ÅN1		>3							
	ÅN2		>10							
	ÅN3									

1) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
2) Fe Gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
3) Högre värden kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten kapitel 10.2.5.2 i Energiforskrapport 2015:113.
4) Ett helt syrefritt vatten kan innebära risk för erosionskorrosion.

Observera att tabelldata i Rek C4 kan avvika mot de i Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar på grund av tidigare införda ändringar.

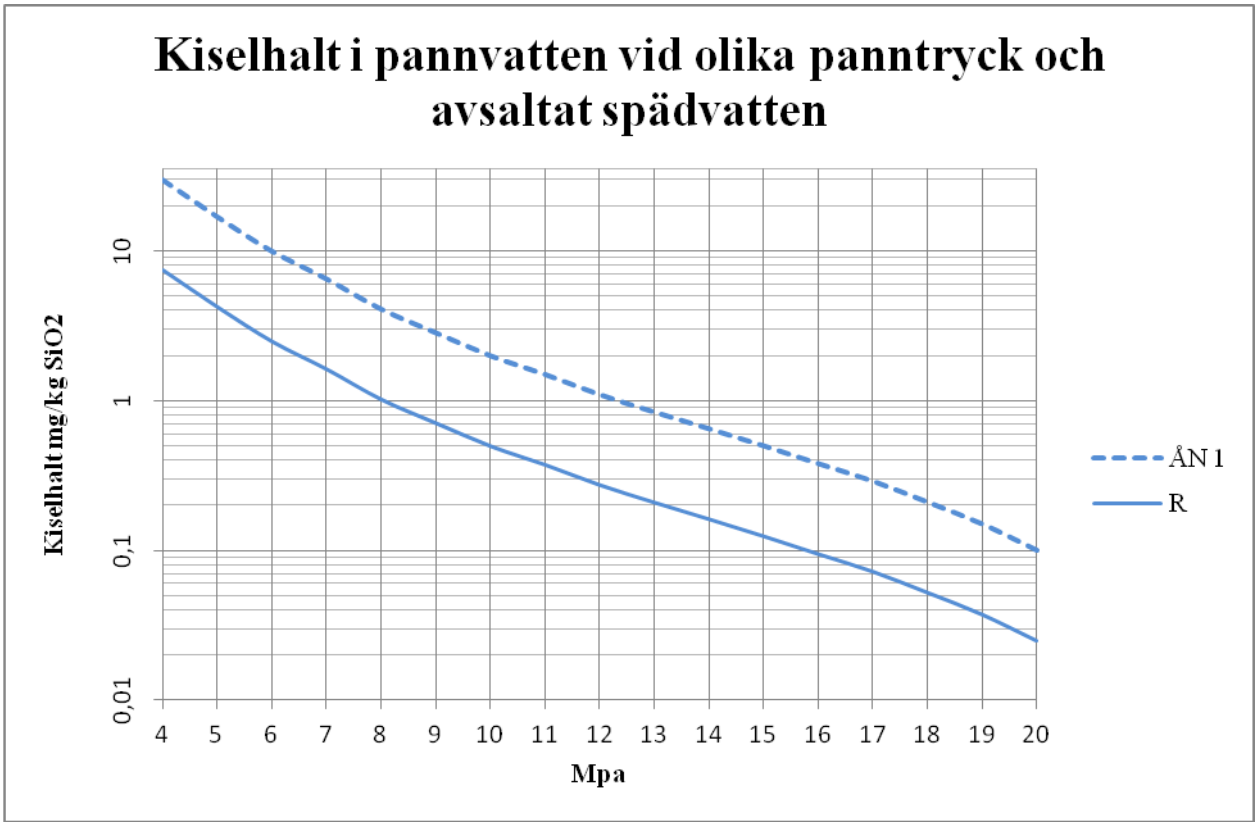
Figur 4: Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten och lutdosering.
Riktvärdena i tabellen gäller pannor där lut (NaOH) doseras för att justera pH-värdet i pannvattnet och därmed skapa förutsättningar för en bra pannvattenkemi. Lutdoseringen bör kompletteras med ammoniak och/eller alkaliserande aminer.

Beträffande organisk substans, se kapitel 8-10.

3.7 Kiselhalt i pannvatten för pannor med avsaltat spädvatten

Kiselsyrans fördelningskoefficient, dvs. förhållandet mellan koncentrationen i ångfas och vattenfas är temperatur- och tryckberoende. Det för med sig att kiselsyrans partialtryck i ångfasen ökar med stigande tryck och minskar när trycket sjunker. Det innebär i sin tur att riktvärdet för kiselsyra i pannvattnet måste sänkas med stigande tryck för att mängden kisel i ångan inte skall öka.

Riktnivå på kisel i ånga är <5 µg/kg SiO_2. Åtgärdsnivå l ligger på 20 µg/kg SiO_2. Figuren nedan visar motsvarande riktvärden för kiselsyra i pannvattnet vid olika domtryck. Observera att värdena i figuren anges i mg/kg (l mg/l =1000 µg/kg).



Figur 5: Riktvärden och ÅN 1 för kiselhalt i pannvatten vid olika domtryck och avsaltat spädvatten

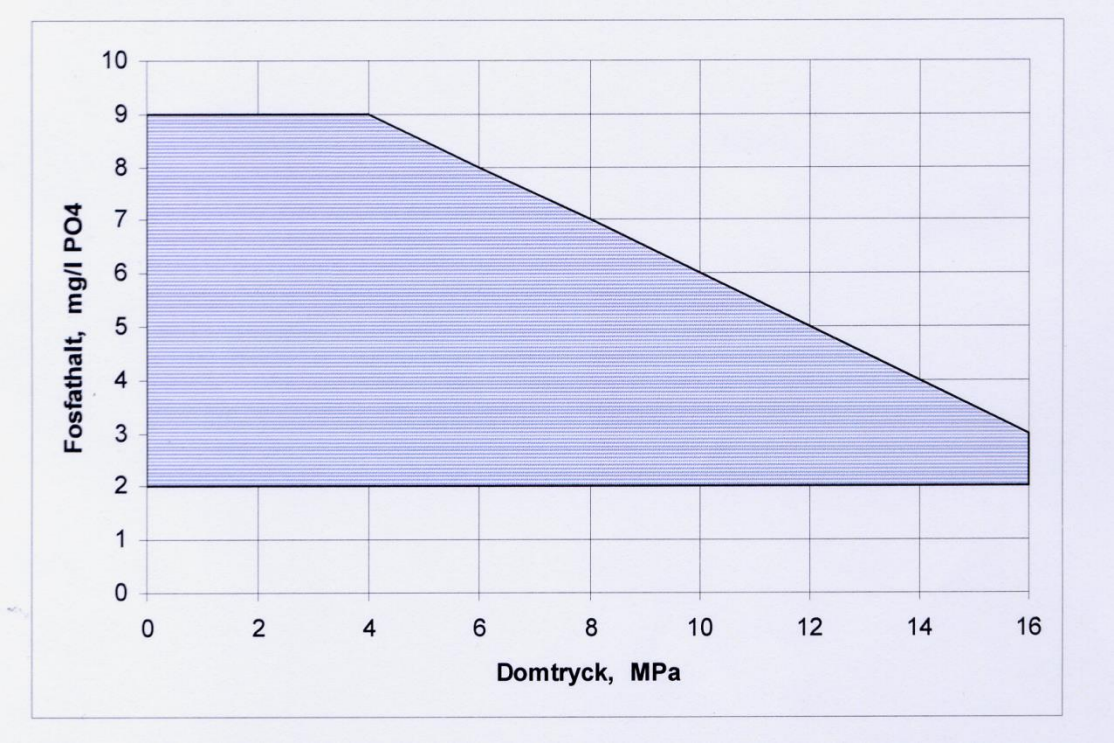
3.8 Fosfathalt i pannvatten

Natriumfosfatet har omvänd löslighet, dvs lösligheten minskar vid ökande temperatur. Vid panntryck över ca 16 MPa bör därför fosfat inte användas p.g.a. risken för hide-out, dvs utfällning av fast natriumfosfatsalt på tubväggarna.

Fenomenet ”hide-out” inträffar i många anläggningar och innebär att fosfathalten sjunker vid förhöjd last för att sedan återgå till det normala då lasten går ner igen. Fosfatet har en komplicerad kemi och det gör att lösligheten för fosfatet minskar med ökande temperatur, s.k. omvänd löslighet. En bidragande orsak är också den högre temperaturen i gränsskiktet intill

tubväggen, vilket gör att pannvattnet som närmast tubväggen får en lägre löslighet för fosfatet än pannvattnet utanför gränsskiktet. Lösligheten för natriumfosfatet överskrids lokalt, vilket medför en ständigt ökande utfällning av fosfatet ur pannvattnet. Det medför att fosfathalten i pannvattnet sjunker. det utfällda fosfatet bildar nu en beläggning på tubväggen, vilken kan orsaka överhettning av hårt värmebelastade värmeytor.

Det rekommenderade intervallet för fosfathalt i pannvatten vid olika domtryck och koordinerad fosfatkemi är därför enligt figur 6.



Figur 6: Riktvärden för fosfathalt i pannvatten vid olika domtryck, avsaltat spädvatten och koordinerad fosfatkemi.

Fosfathalten i pannvattnet bör helst ligga i den övre delen av intervallet för att erhålla bästa möjliga buffertkapacitet i vattnet. Svårigheter att erhålla bra ångkvalitet eller problem med hide-out kan medföra att det för vissa pannor är aktuellt att istället ligga i underkant av intervallet.

3.9 Hårdhet (Ca + Mg) hos matarvatten

Riktvärden för rekommenderad högsta godtagbara hårdhet hos matarvattnet vid avsaltat spädvatten varierar mellan olika källor. Angivet värde svarar mot Sodahuskommitténs och DENÅ:s tidigare rekommendationer och har varit tillämpat riktvärde i Sverige under åtskilliga decennier. Även ASME (1979) specificerar ett lägre värde, vid 7 MPa domtryck lika med <~ 0,003 °dH. Pannvattenstandarden SS-EN 12952-12 specificerar ett högre riktvärde

<0,005 mmol (Ca+Mg)/kg, vilket motsvarar <~ 0,03 °dH.

Inläckage av små mängder hårdhet från kylvatten (pumpar), kondensorer, etc. kommer att ge beläggning på vattensidan i eldstadstuber med risk för överhettning, korrosion, sprickor och sämre värmeöverföring. Driftstörningar förekommer. Hårdhet som består av salter kommer att ackumuleras i system och kommer i första hand falla ut på högt värmebelastade ytor. Sodahuskommittén rekommenderar därför att den äldre i Sverige tillämpade max-gränsen <0,003 °dH bibehålles som riktvärde för matarvatten till sodapannor.

Analysmetod måste väljas med en detektionsgräns som är avpassad till det aktuella riktvärde som skall innehållas, vilket kan medföra att riktvärdet kan behöva justeras.

Analysmetod och uppföljning måste även anpassas till typ av anläggning man har för spädvatten- och kondensatrening.

I figurbilagan till Sodahuskommitténs rekommendation B15, beskrivs olika anläggningar för kondensatbehandling från en fabrik och hur de hårdhetsbildande föreningar (Ca+Mg) som kan erhållas genom inläckage, behandlas på olika sätt. Beroende på typ av anläggning måste man vara extra observant på detta inläckage av hårdhet.

I en anläggning där kondensatet kyls och därefter behandlas via en blandbädd, enligt fig. 2 i B15, kommer (Ca+Mg) samt deras anjoner att omvandlas till väte-/hydroxid joner eller till vattenmolekyler. Detta är det utförande av anläggning som normalt väljs idag.

I en anläggning där kondensatet behandlas via ett katjonfilter, enligt fig. 1 alternativ 1 i B15, kommer (Ca+Mg) att omvandlas till vätejoner, men motsvarande anjoner passerar vidare till matarvattnet.
En nackdel kan vara att det renade kondensatet kommer att få ett marginellt sänkt pH, vilket normalt kan hanteras.

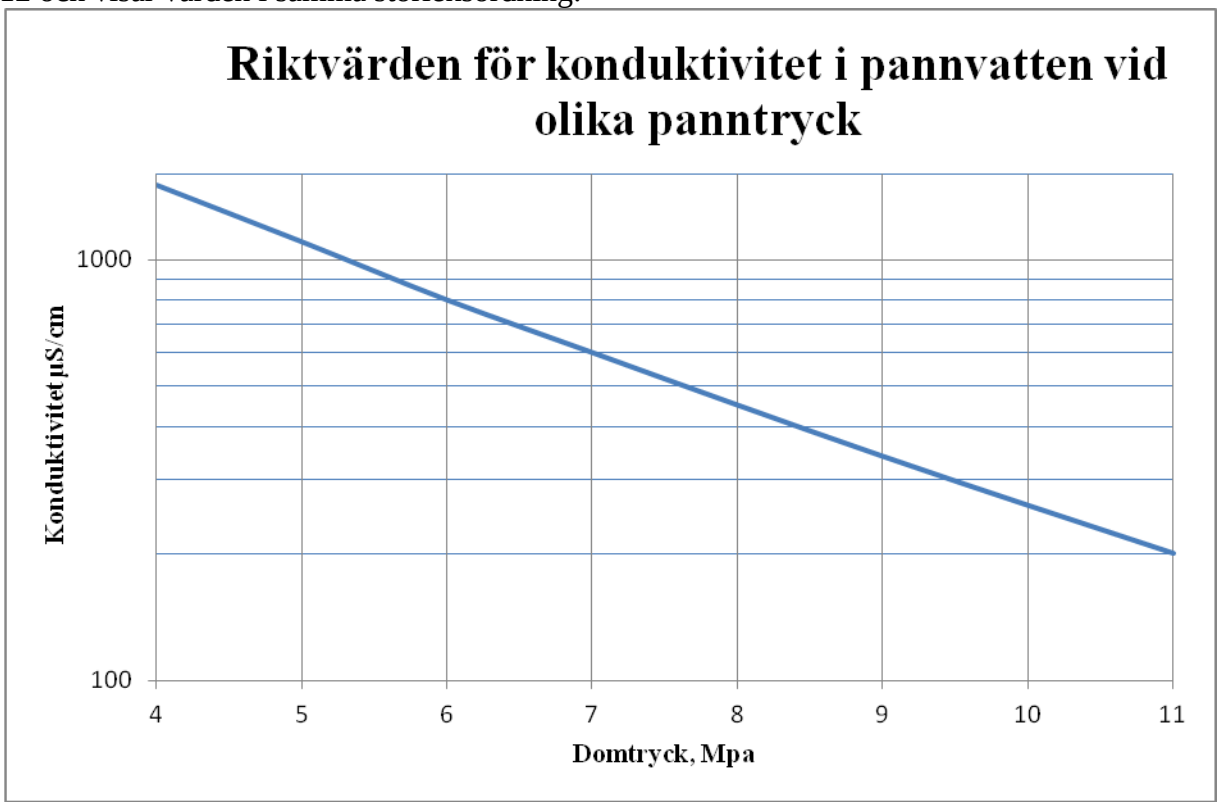
I en anläggning där kondensatet behandlas via ett avhärdningsfilter, enligt fig. 1 alternativ 2 i B15, kommer (Ca+Mg) att bytas mot avhärdningsfiltrets katjoner som normalt är natrium (Na) och tillsammans med anjonerna från hårdhetbildarna (Ca+Mg) passerar vidare till matarvattnet.
Nackdelen med denna behandling av kondensat kombinerat med en totalavsaltning av spädvattnet är att behandlingen kan innebära en belastning med beläggningsbildande kemikalier på pannans värmeytor. Om matarvattnet även används som insprutningsvatten vid ångkylningar kommer natriumutfällningar att fås.
Denna kombination av anläggning rekommenderas ej idag.

Kombineras denna kondensatrening med avhärdning av spädvatten är användning/utrustning anpassad för detta och är därmed mer tillförlitlig.

I en anläggning där kondensatet behandlas endast via ett patron-/precoatfilter, enligt fig. 1 alternativ 3 i B15, kommer hårdhetsbildarna (Ca+Mg) att gå direkt till matarvattnet eftersom här erhålls endast en mekanisk rening av kondensatet. Denna kombination av rening kräver mycket noggrann kontroll av eventuell förekomst av hårdhetsbildande ämnena. Eventuell förekomst innebär att man direkt måste vidta åtgärder för att leda bort det kontaminerade flödet för att ej få utfällningar på pannans värmeytor och andra ställen för kylning.

3.10 **Konduktivitet hos pannvatten**

Rekommendationer om rekommenderad konduktivitet för pannvattnet varierar mellan olika källor. Sodahuskommitténs och DENÅ:s riktvärde har varit <800 µS/cm vid 6,4 MPa och <300 µS/cm vid 10 MPa domtryck. Fig. 7 är omräknad från gällande standard SS-EN 12952-12 och visar värden i samma storleksordning.



Figur 7 Riktvärden konduktivitet i pannvatten vid olika domtryck och avsaltat spädvatten.

Valet av alkaliseringsmedel påverkar starkt både matarvattnets och pannvattnets konduktivitet. Sodahuskommittén rekommenderar att det för varje sodapanna sätts riktvärden, som bestäms med utgångspunkt från den vattenkemi som tillämpas.

4 Kontroll och övervakning

För varje sodapanna skall det upprättas ett kontrollprogram, samt riktvärdestabell och åtgärds- och i tillämpliga fall larmnivåer, med hänsyn till de specifika förutsättningar som gäller för den aktuella sodapannan. Samtliga relevanta parametrar i riktvärdestabellen för den aktuella anläggningen bör övervakas med on-line-instrument eller med regelbundet återkommande manuella analyser.

pH-värdet kan t.ex. ofta övervakas indirekt genom mätning av konduktiviteten, vilket är en enklare och mer tillförlitlig mätmetod. Det är samtidigt också viktigt att alla avvikande värden följs upp och orsaken kontrolleras och åtgärdas. Det gäller även mindre avvikelser från riktvärdet, även där någon åtgärdsnivå inte överskrids. Ett typexempel är hårdhet, där även

mindre stegringar inom åtgärdsgränsen kan vittna om att det uppstått ett mindre läckage t.ex. i en kondensor, så att det orena kylvattnet läcker in i returkondensatet. Genom att alltid följa upp sådana mindre avvikelser erhålls värdefull kunskap om den egna anläggningen, vilket kan hjälpa till att förhindra framtida driftstörningar och eventuella haverier.

Riktvärdena är förtecknade i styckena 3.3 – 3.6 (och i Bilaga 1 för pannor med avhärdat spädvatten).

4.1 On-line instrument

Det är svårt att ge ett generellt förslag som täcker alla anläggningar oavsett tryckklass, vattenkemi, industri och bemanning. Instrumenteringen måste anpassas individuellt för varje anläggning då förutsättningarna varierar från fall till fall.

Manuella analyser för kontroll av onlineinstrumenten görs förslagsvis en gång i månaden samt vid avvikande värden eller oförklarliga svängningar i trendkurvorna. Man måste dock vara uppmärksam på att vissa instrument kan kräva tillsyn oftare.

4.1.1 Direkt konduktivitet

Direkt konduktivitet mäter mediets verkliga konduktivitet justerad till 25°C. Av den totala konduktiviteten utgör alkaliseringsmedlets konduktivitet en mycket stor andel, vilket beror på OH^--jonens höga ledningsförmåga. På grund av variationer i dosering av alkaliseringsmedel, varierar också konduktiviteten, vilket blir bestämmande för larmgränsen. Av denna orsak kan man inte upptäcka mindre inläckage, trots att även små inläckage av hårdhetssalter på sikt kan ställa till med allvarliga problem med invändiga beläggningar . Mätmetoden är fortfarande användbar för stora momentana inläckage och som en allmänt översiktlig övervakning av pannvattnet (för riktvärden, se avsnitt 3.10).

4.1.2 Sur konduktivitet

Sur konduktivitet mäter konduktiviteten i provflödet efter neutralisation av alkaliseringsmedlet. Neutralisationen sker med hjälp av en katjonbytare installerad mellan provtagningskylaren och mätinstrumentet. Den konduktivitet som härrör från inläckage av lösta föroreningar, t ex hårdhet, görs synlig med hjälp av anjonbytaren. Resultatet blir att konduktivitetens grundnivå är låg och jämn samt att ett relativt litet inläckage med säkerhet kan detekteras (för riktvärden, se avsnitt 3.10).

Larmgränsen kan därmed sättas med liten marginal till konduktivitetens grundnivå. Natriumhydroxid (lut), och en del liknande föreningar, neutraliseras på samma sätt som alkaliseringsmedlet och kan således ej spåras på detta sätt. Mätmetoden är lämplig för små inläckage, men upptäcker alltså inte om det läcker in lut. Därför behövs även mätning av direkt konduktivitet parallellt med mätningen av den sura konduktiviteten.
Metoden att mäta sur konduktivitet är oftast olämplig att använda för att spåra överbäring av pannvatten till mättad och överhettad ånga. Detta gäller i synnerhet då spädvattnet avsaltas. I detta fall innehåller pannvattnet en stor andel alkali (NaOH), vilken neutraliseras och således ger en felaktig bild av ångkvaliteten. Man bör även följa skillnaden i värde mellan konduktivitet mätt med direkt metod och med sur metod och jämföra med t.ex. natriumhalten.

4.1.3 Avgasad sur konduktivitet

Efter neutralisering avlägsnas dessutom de lösta gaser, som kan förekomma i kondensatet som nedbrytningsprodukter efter flyktiga alkaliseringsmedel.

4.1.4 Natrium

Natriumhalten mäts lämpligen med en jonselektiv elektrod, vilken har en detektionsgräns kring l µg/kg eller lägre. Mätmetoden kan spåra flertalet typer av inläckage av hårdhet, då natrium oftast förekommer gemensamt med hårdheten. Detektionsgränsen påverkas ej av alkaliseringsmedlet, vilket innebär att ringa inläckage av de allra flesta föroreningar i löst form (och vilka innehåller natrium) kan indikeras.

4.2 Manuell mätning

Den kontinuerliga mätningen måste kompletteras med manuella analyser i den omfattning som behövs för kontroll av instrumenten. Förutom de angivna parametrarna, som mäts kontinuerligt, skall minst pH-värde och hårdhet bestämmas. Matarvatten och samlat kondensat skall alltid analyseras. Vilka delkondensat, som skall analyseras och om det skall göras kontinuerligt, får avgöras efter en riskbedömning.

4.2.1 Hårdhet

Hårdheten bör bestämmas med en metod, som har detektionsgränsen 0,005°dH eller lägre.

4.2.2 Konduktivitet

Bestämningen utföres enligt metodbeskrivning. Observera att luftens innehåll av koldioxid påverkar provet och att ett prov som får stå i luft absorberas koldioxid från omgivningen, så att mätvärdena förändras. Vattenprover förvaras i slutna kärl utan lufttillträde och mätningen skall utföras utan dröjsmål efter det att provburkarna har öppnats. Om samma prov användes för både konduktivitets- och pH-bestämning, skall konduktiviteten bestämmas först, i annat fall kan för högt värde erhållas.

4.2.3 pH-värde

Bestämningen utföres enligt metodbeskrivning. Luftens innehåll av koldioxid påverkar provet. Mätningen skall därför utföras utan dröjsmål efter det att provburkarna har öppnats. En pH-elektrod, som är avsedd för mätning i saltfattiga vatten, bör användas. pH-elektroderna skall ej användas till andra prover med organiskt innehåll.

4.2.4 Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten

I riktvärdestabellerna anges inte värden på Åtgärdsnivå 3, ÅN3, för alla parametrar, utan endast för de som medför akut fara om de överskrids.

I figuren nedan visas en sammanställning av de parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avsaltat spädvatten. De är så viktiga för anläggningen att de bör övervakas

kontinuerligt. Kan ej onlineinstrument användas skall analyserna ske med regelbundna intervall.

Anläggning	provpunkt	pH-värde	konduktivitet total	konduktivitet sur	kiselsyra	natrium	restsyre
Alla	avsaltning		x		x		
	ånga			x	x	x	
	kondensat	x					
pannor med	matarvatten			x			x
FOSFAT-dosering	pannvatten	x	x				
pannor med	matarvatten			x			x
AVT-kemi	pannvatten	x		x			
pannor med	matarvatten			x			x
LUT-dosering	pannvatten	x	x	x			
genomströmningspannor	matarvatten	x		x		x	x

Figur 8a: Sammanställning av riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avsaltat spädvatten.

Anläggning	provpunkt	Avgasad sur konduktivitet	Hårdhet	Koppar	Järn
Alla	avsaltning		m		
	ånga		m		
	kondensat	x			
pannor med					
FOSFAT-dosering	pannvatten			x	x
pannor med					
AVT-kemi	pannvatten			x	x
pannor med					
LUT-dosering	pannvatten			x	x

Figur 8b: Sammanställning av ytterligare några parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avsaltat spädvatten.

Observera att den nedan rekommenderade lägsta omfattningen av onlineinstrument inte ger tillräcklig övervakningen av vatten-ångcykeln utan måste kompletteras med mer omfattande manuella vattenanalyser. En ökad onlineinstrumentering medför en mindre omfattning av manuella analyser.

Graden av onlineinstrumentering är beroende av pannans domtryck, då högre domtryck medför ökade krav på renhet i vatten-ångcykeln. För alla anläggningar med turbin rekommenderas en onlineinstrumentering åtminstone enligt figur 8a.
En mer omfattande onlineinstrumentering är ofta att föredra, t.ex. kan det vara lämpligt att komplettera med:
Sur konduktivitet och/eller natriummätning på kondensat ger värdefull information om eventuella föroreningar i kondensatet. Vid cellulosaindustrins anläggningar är detta extra viktigt då risken för förorenat kondensat är stor.
Total konduktivitet på kondensat och matarvatten kan användas för att kontrollera doseringsnivån på alkaliseringsmedlet.
Vid hög sur konduktivitet bör även natriumhalten övervakas.
Kisel i alla anläggningar med turbin.

För anläggningar med <4 MPa domtryck kan mindre omfattande övervakning accepteras, men det rekommenderas åtminstone kontinuerlig övervakning med sur konduktivitet på ångkondensatet samt total konduktivitet på matarvatten och pannvatten. Syrehalten i matarvattnet bör också övervakas.

Kisel är inte nödvändigt att mäta kontinuerligt i anläggningar som saknar turbin, men kiselmätning på vattnet efter avsaltningen ger ändå en förbättrad övervakning då kisel inte ger utslag på konduktivitet.

Konduktivitet, både sur och total, är ett effektivt, enkelt och billigt sätt att övervaka vattenkvalitén. Man kan med fördel sätta in ett flertal konduktivitetsmätare i systemet för att därigenom få värdefull information om ång- och vattenkvalitén och tidigt kunna se förändringar i vattenkemin.

5 Låga pH-värden i pannvatten

5.1 Allmänt beträffande låga pH-värden i pannvatten

Lågt pH-värde i pannvatten kan uppkomma på ett flertal sätt. De vanligaste är:

- Läckage av syra till matarvatten, t ex i samband med regenerering av en totalavsaltning.
- Utbyte av katjoner såsom kalcium och magnesium mot t ex ammonium i jonbytande kondensatfilter. En del av de härigenom erhållna ammoniumsalterna spaltas i pannan till saltsyra och svavelsyra, som sänker pannvattnets pH-värde. Ammoniak, som också bildas vid spaltning, medföljer ångan.
- Om katjonbytare (både från avhärdningsfilter och från avsaltningsfilter) läcker in i pannan, kan jonbytaren sönderdelas under bildning av svavelsyra, vilket sänker pannvattnets pH-värde. För motåtgärder, se rekommendation B 15.
- Om magnesiumsalter kommer in i pannan utfälls magnesiumhydroxid, varvid ekvivalent mängd syra bildas.

Vilka åtgärder, som skall vidtas vid konstaterad pH-sänkning, beror på hur lågt pH-värdet sjunkit. Om pH-värdet är över 5,0 brukar skyddsskiktet på de vattenberörda ytorna i pannan ej lossna och några skador erhålles normalt ej. Har pH-värdet sjunkit under 5,0 är däremot risken stor för att skyddsskiktet lossnar, varvid pannvattnet blir svart eller blåsvart. Viktigt är då att slammet avlägsnas innan pannan åter tas i normal drift.

Sjunker pH-värdet under 3,5 föreligger stor risk att korrosionsskador uppstår i pannan.

Vid oljeeldade pannor - utan kvarvarande värmeutvecklande bränsle efter eldningsavbrott - finns också alternativet att vid lågt pH-värde i pannvattnet avbryta eldningen, tömma pannan samt därefter genast fylla den med vatten, som alkaliseras med exempelvis natronlut så att pH 10 uppnås i pannvattnet. Detta gäller även sodapannan vid enbart eldning med olja eller gas, t.ex. vid uppeldning av pannan efter ett stopp. Återfyllning av pannan måste dock ske försiktigt för att undvika temperaturchocker i dommaterialet. Se rekommendation nr C 2 angående åtgärder vid för låg (eller hög) domnivå.

5.2 Åtgärder vid låga pH-värden i pannvatten

Riktlinjerna gäller främst sodapannor samt barkpannor och andra pannor för fastbränsleeldning.

Vid oljeeldning – utan kvarvarande värmeutvecklande bränsle efter eldningsavbrott – finns andra alternativ vid låga pH-värden i pannvattnet.

5.3 Uppspårande av orsak till pH-sänkning

I samband med nedan rekommenderade åtgärder vid låga pH-värden skall källan till pH-sänkningen omgående spåras och åtgärdas. I de flesta fall kan inläckage, som påverkar pannvattenkvaliteten, spåras i matarvattnet under den tid som inläckaget pågår. Inläckage av anjonbytare ger ej utslag med de vanliga kemiska analyserna, varför andra driftfunktioner måste kontrolleras om en oförklarlig sänkning av pannvattnets pH-värde uppkommer.

Exempel på sådana funktioner är igensättning i silar, felställda ventiler och förkortad driftcykel för en avsaltningslinje. Se närmare om detta i rekommendation B15.

5.3.1 pH-värden mellan 9,0 och 7,0

Även vid måttliga men varaktiga sänkningar av pH-värdet skall åtgärder vidtas för att höja pH till normalt värde.

5.3.2 pH-värden mellan 7,0 och 5,0

Nedanstående åtgärder skall omedelbart vidtas under förutsättning att matarvatten-kvalitéten är godtagbar. I annat fall skall rekommendationerna under punkt 5.3.4 följas.

- Minska om möjligt pannlasten till <50 av nominellt värde.
- Öka den kontinuerliga utblåsningen till maximalt flöde.
- Chockblås genom samtliga bottenblåsningsventiler minst 2 gånger i timmen. Utblåsningen bör endast ske från en ventil i taget under högst 5 sekunder från varje ventil.
- Dosera alkali, exempelvis natronlut, så att ett pH-värde mellan 10 och 11 uppnås.

Pannan bör inspekteras vid nästkommande stopp.

Om pannvattnet blivit svart eller blåsvart under pH-sänkningen, bör vidare åtgärder övervägas, eventuellt i samråd med extern expertis. Beroende på bl.a. störningens längd kan ett stopp av pannan för inspektion och kemisk rengöring bli aktuellt.

5.3.3 pH-värden mellan 5,0 och 3,5

Nedanstående åtgärder skall omedelbart vidtas under förutsättning att matarvatten-kvalitéten är godtagbar. I annat fall skall rekommendationerna under punkt 5.3.4 följas.

- Minska pannlasten så mycket som möjligt, dock i varje fall till en last <50 av nominellt värde.
- Öka den kontinuerliga utblåsningen till maximalt flöde.
- Chockblås genom samtliga bottenblåsningsventiler minst 2 gånger i timmen. Utblåsningen bör endast ske från en ventil i taget under högst 5 sekunder från varje ventil.
- När pH-värdet i pannvattnet är < 5,0, dosera alkali, exempelvis natronlut, så att ett pH-
- värde mellan 10 och 11 uppnås. Risken är dock stor för överdosering.
  Om NaOH doseras bör man inte dosera mer än noga kontrollerade mängder initialt för att få pH att vända. Doseringen bör inte vara högre än halva den uppskattade syramängden i pannan. För den enskilda pannan bör rekommenderade mängder finnas framräknade i förväg.
- Fortsätt panndriften under ovanstående förutsättningar till dess att pannvattnet är fritt från slam och återtagit normalt utseende.

Var observant på eventuella jäsningstendenser i pannan genom att kontrollera konduktivitet och natriumhalt i mättad ånga. Följ noga pannvattnets slamhalt under den närmaste tiden. Om överbäring upptäcks, måste lasten minskas ytterligare.

Inspektera pannan snarast.

Viktigt! Om pannvattnet blivit svart eller blåsvart under pH-sänkningen skall, sedan ovanstående åtgärdsprogram genomförts och vattnet återtagit sitt normala utseende, pannan omedelbart stoppas för inspektion och, om så visar sig behövas, underkastas en kemisk rengöring. Se vidare om kemisk rengöring i rekommendation C 12.

5.3.4 pH-värden lägre än 3,5

Nedanstående åtgärder skall omedelbart vidtas:

- Avbryt luteldning och reducera pannlasten till <10 % av nominellt värde.
- Öppna startång ventilen och stäng huvudångventilen.
- Öka den kontinuerliga utblåsningen till maximalt flöde.
- Chockblås genom samtliga bottenblåsningsventiler minst 2 gånger i timmen. Utblåsningen bör endast ske från en ventil i taget under högst 5 sekunder från varje ventil.
- När pH-värdet i pannvattnet är < 5,0, dosera alkali, exempelvis natronlut, så att ett pH-värde mellan 10 och 11 uppnås. Risken är dock stor för överdosering.
  Om NaOH doseras bör man inte dosera mer än noga kontrollerade mängder initialt för att få pH att vända. Doseringen bör inte vara högre än halva den uppskattade syramängden i pannan. För den enskilda pannan bör rekommenderade mängder finnas framräknade i förväg.

Sedan ovanstående åtgärdsprogram genomförts och pannvattnet återtagit sitt normala utseende, skall pannan omedelbart tas ur drift för besiktning och eventuellt kemisk rengöring. Se rekommendation C 12.

6 Åtgärder vid höga pH-värden

6.1 Allmänt beträffande onormalt höga pH-värden i pannvatten

Onormalt höga pH-värde i pannvatten kan uppkomma på följande sätt

- Läckage av NaOH till matarvatten, t ex i samband med regenerering av anjon-, blandbäddfilter eller avhärdningsfilter.
- Överdosering av NaOH i samband med att åtgärd enligt 5.3.2 i C 4 genomförts för att justera för pH-värden mellan 7 och 5 eller lägre
- Inläckage av svartlut i pannvattnet. Åtgärder för denna händelse finns beskriven under avsnitt 7, **" Svartlut i matarvatten och pannvatten"** och skall då hanteras enligt detta avsnitt.

Med pH över 12,5 inträffar snabbt en ökad korrosion på grund alkali och man kan iaktta att pannvattnet blir förorenat och med en svart färg som är magnetit.

Läckage av NaOH från en regenerering bör ej resultera i höga pH om man har väl fungerande ledningsförmågevakter som omedelbart larmar och att åtgärder vidtas snabbt för att ej försämra det matarvatten man har i buffert systemen.

I samband med att man får låga pH och vidtar justering med NaOH enligt rekommendation i avsnitt 5.3.2 är det viktigt att göra denna justering i måttlig takt så att överdosering ej sker. Risken för överdoseringar torde vara större ju lägre pH man måste justera för.

Om överdosering fås och man riskerar eller överskrider pH 12,5 vidtas följande åtgärder

- Visuell kontroll av pannvattnet för att se om det förorenas
- Halvera pannlasten
- Stoppa mottrycksturbin
- Öka fosfatdoseringen för att uppnå ökad buffertkapacitet
- Eftersom man har tillsatt NaOH till fosfaten finns risken att man försämrar situationen. Tillsats av NaOH måste därför ske med ytterst stor försiktighet.
- Kontroll av ingående matarvatten, pannvatten med avseende på natrium och andra kemikalier
- Kontroll av utgående ånga från ångdom till överhettare och ut på huvudångnätet med avseende på natrium och andra kemikalier

Åtgärder efter att pH har normaliserats och innan pannans last ökas samt återstart av turbin.

- Fosfatnivå i pannvattnet justeras till normal nivå för att undvika skumningar i pannan
- Fortsatt utökad kontroll av pannvatten och ånga

Åtgärder att vidta vidare

- Planera för kontroll av pannans delar vid nästa underhållsstopp
- Se över rutiner för dosering av NaOH för en likande situation genom att överslagsmässigt ta reda på behovet för olika pH nivåer
- Se över rutiner och kunskapen för ansvarig driftspersonal
- Analysera behov av kompletterande behov av instrument för att förhindra orsakerna till försämringen av späd-, matarvatten
- Vid mer omfattande korrosion och svårigheter att återställa läget bör man överväga att stoppa pannan för omedelbar inspektion samt att rådfråga extern expertis eller kontrollorgan.

7 Indikering av tubläckage vid förändrad ledningsförmåga eller natriumhalt hos pannvatten

7.1 En metod att indikera tubläckage eller läckande avstängningsventiler

Förut sättningarna för metoden är följande:

- Variationerna i matarvattnets salthalt måste vara kända. Om salthalten varierar mycket. Krävs kontinuerlig mätning av natriumhalten och datorberäkning. Vid en relativt konstant salthalt räcker punktkontroller av konduktiviteten eller natriumhalten.

- För att metoden skall fungera krävs en viss salthalt i pannvattnet. Sker läckageindikeringen genom konduktivitetsmätning av pannvattnet, bör dess salthalt vara lägst 5 mg/kg, vilket motsvarar en konduktivitet av 2,5 mS/m i neutraliserat pannvatten. Mäts pannvattnets natriumhalt kan salthalten hållas lägre, och gränsen

bestäms då i huvudsak av natriummätningens precision och detektionsgräns.

- Noggrann kontroll måste hållas på utblåsningen av pannvatten. Utblåsningen behöver inte vara extremt låg men relativt konstant. Mätning av utblåsningsmängden bör ske. En icke oväsentlig utblåsning sker vid provtagningsutrustningen. Detta flöde bör således också hållas konstant. Mätning av flödet sker lämpligen med rotameter.

- Dosering av kemikalier påverkar också salthalten och konduktiviteten i pannvattnet. Dosering av flyktiga kemikalier bör vara proportionell mot matarvattenflödet till pannan om läckageindikering baseras på konduktivitetsmätning. Dosering av salter, som trinatriumfosfat, kan också ske både kontinuerligt och diskontinuerligt. Doserad mängd och tidpunkt måste då journalföras.

- Täthetskontroll av pannans ventiler utförs i samband med att metoden börjar tillämpas.

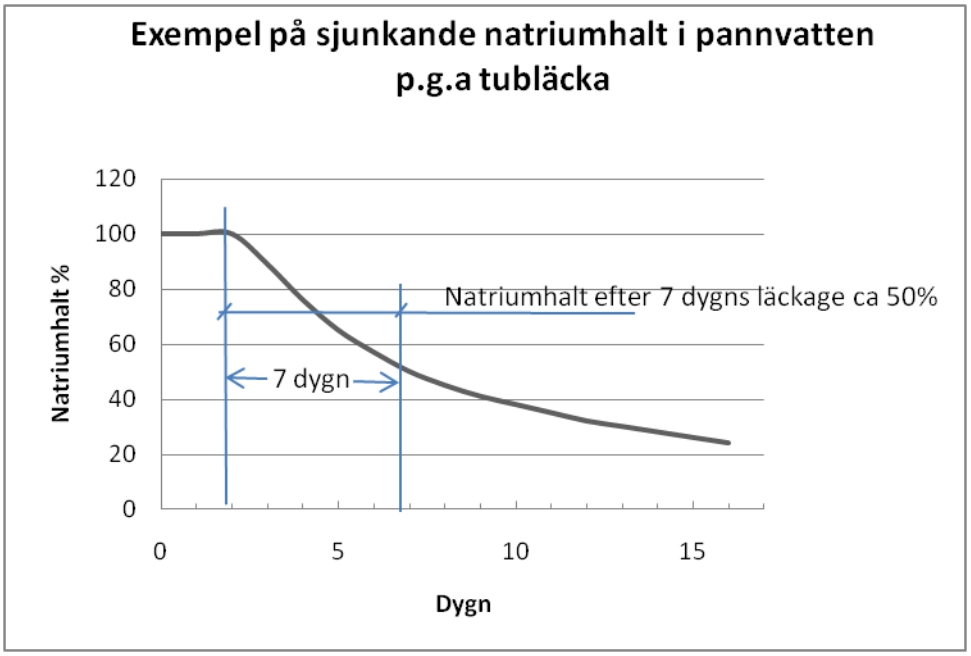
- Genom att stoppa dosering av salter och stänga utblåsning samt minimera provtagningsflödet under en kortare period kan pannans täthet fastställas.

7.2 Uppföljning av natriumhalten eller salthalten i pannvatten

För uppföljning av salthalten är naturligtvis en kontinuerlig mätning och registrering av natriumhalten en fördel. Fullt tillräckligt för att indikera ett läckage är dock dagliga analyser av natriumhalt och inprickning av analysvärden i ett diagram enligt exemplet i 7.3.

Konduktivitetsmätning kan också användas, men med lägre precision. Om man därvid konstaterar en kontinuerlig sänkning av salthalten, bör man först kontrollera att värdena på utblåsning, dosering och salthalt i matarvattnet varit och är normala. Om så är fallet, är sannolikheten stor för att sänkningen beror på att en läcka uppstått i pannan.

7.3 Exempel



Diagrammet visar ett exempel på hur natriumhalten ändras vid ett läckage, som antagits vara 10 % av pannvattenvolymen per dygn och dessutom konstant. I praktiken ökar alltid läckaget, vilket gör att kurvan speciellt på slutet blir brantare än vad exemplet visar.
Kemikaliedoseringen förutsätts vara konstant.

En liknande kurva som i ovanstående exempel erhålls om konduktiviteten insätts i stället för natriumhalten.

Hur små läckage som kan indikeras, beror alltså på pannvattenvolymen och hur konstant man kan hålla utblåsning, dosering och salthalt i matarvattnet. Vid t ex 100m^3 pannvatten och konstant utblåsning och dosering erfordras ett läckage på ca 6,9 l/min för att sänka natriumhalten till 50 %, se diagrammet. Om pannvattenvolymen är 25 m^3 erfordras ett läckage på endast 1,7 l/min. Dessa siffror är baserade på det förhållandet att något mer än halva pannvattenvolymen måste bytas ut för att salthalten ska reduceras till 50 % .

8 Svartlut i matarvatten och pannvatten.

8.1 **Riktvärden**

För organisk substans (humusämnen) i matarvatten och insprutningsvatten rekommenderas i SS-EN 12952-12:
För sodapannor med arbetstryck upp till 10 MPa:
Högst 0,2 mg TOC/liter, (alternativt permanganatindex) <3 mg/l).

För sodapannor med arbetstryck under 6 MPa och med avhärdat spädvatten:
högst 0,5 mg TOC /liter, (alternativt permanganatindex <5mg/l).

Gränsvärdet avser mängden organiskt kol (Total Organic Carbon, TOC) i vattnet och bestäms enligt SS-EN 1484.

Riktvärdet för andra typer av organisk substans, som förekomst av svartlut eller lut-ångkondensat i pannvattnet, är mera svävande eftersom sammansättningen av föroreningar kan variera, vilket gör att det är svårt att förutsäga hur de uppträder i pannan och vad det får för konsekvenser.
Svartlut ger skumningstendenser i pannan medan lutångkondensat kan orsaka sänkt pH och känns även igen vid provtagning genom sin lukt av svavelföreningar.

Om förhöjda värden på organisk substans i matarvatten eller pannvatten konstateras eller om andra indikationer eller misstankar att svartlut eller lutångkondensat förorenat matarvattnet skall detta omgående följas upp med provtagningar, analys och åtgärder. Se 6.2.

Anm.
Permanganatindex motsvaras av enheten COD-Mn, ”Chemical Oxygen Demand”, där Mn står för kaliumpermanganat. COD-Mn har under senare år vid många anläggningar ersatt bestämningen av permanganatförbrukning.

1 mg COD-Mn /l motsvarar ungefär 4 mg permanganat(KMnO4)-förbrukning /l.

Omräkning mellan COD(Mn) och TOC kompliceras av att TOC är analys av total kol och blir beroende av hur lätt nedbrytbara ämnen som finns i provet samt andel oorganiska kemikalier.
Ett lämpligt intervall för TOC som motsvarar 250 COD-Mn /l för svartlut antas ligga inom 40 – 80 mg TOC/l. Om ett mer korrekt värde för varje bruk skall anges måste det analyseras genom bestämning av TOC i ett prov motsvarande 250 mg COD-Mn/l.

8.2 Åtgärder vid upptäckt inläckage av svartlut eller motsvarande

Nedan är riktlinjer sammanställda för åtgärder, som skall vidtas dels när mindre och dels när större mängder svartlut kommit in i pannvattnet. Gränsen mellan mindre och större mängder har satts vid en $KMnO_4$-förbrukning av 1000 mg/l.
1000 mg/l $KMnO_4$-förbrukning motsvarar ett permanganatindex (eller COD-Mn) om ca 250 mg/l.

För att personalen i sodahuset snabbt skall kunna avgöra mängden svartlut i pannvattnet bör ett värde på den konduktivitet som motsvarar en $KMnO_4$-förbrukning av 1000 mg/l, (eller COD-Mn 250 mg/l) tas fram.

8.2.1 COD-Mn i pannvattnet ≤250 mg/l

- Minska pannlasten till <50 % av nominellt värde.
- Kontrollera visuellt om skumning förekommer. Om så är fallet, följ punkt 6.2.2.
- Öka den kontinuerliga bottenblåsningen till maximalt flöde.
- Chockblås genom samtliga bottenblåsningsventiler minst 2 gånger i timmen. Utblåsningen bör endast ske från en ventil i taget under högst 5 sekunder från varje ventil.
- Kontrollera ångans renhet. Vid oren ånga: Minska lasten ytterligare och friblås ångan.

När COD-Mn i pannvattnet är <25 mg/l eller nått riktvärdesgränsen, kan lasten ökas under noggrann kontroll av ångans renhet.

8.2.2 COD-Mn i pannvattnet >250 mg/l

- Avbryt luteldningen och minska pannlasten till <10 % av nominellt värde.
- Stäng huvudångventilen och öppna startångventilen.
- Öka den kontinuerliga utblåsningen till maximalt flöde.
- Chockblås genom samtliga bottenblåsningsventiler minst 2 gånger i timmen. Utblåsningen bör endast ske från en ventil i taget under högst 5 sekunder från varje ventil.
- Finns det risk för att stora mängder svartlut kommit in i pannvattnet måste vidare åtgärder övervägas, bl.a. om pannan skall köras vidare eller stoppas för inspektion och eventuellt kemisk rengöring

Om beslut tas att köra vidare och COD-Mn i pannvattnet är <25 mg/l eller nått riktvärdesgränsen ökas lasten försiktigt under noggrann observation av pannvattnets analysdata och ångans renhet.

Inspektera pannan vid närmast kommande stopp.

9 Olja i pann- och matarvatten

9.1 Riktvärden

Följande Gränsvärde enligt SS-EN 12952-12 rekommenderas:

Matarvatten och Pannvatten:
Högst 0,5 mg/liter.

Analysdata för förekomst av olja i matarvatten/pannvatten kan innehålla osäkerhet på grund av svårigheter att ta ut ett representativt prov, eftersom olja flyter på vatten.
Ett snabbt och beprövat sätt att indikera förekomst av olja är att lägga en bit kamfer i fast form, på ett uttaget vattenprov. Kamferbiten ligger stilla vid oljeförekomst, ”dansar” annars. (Kamfer, $C_{10}H_{16}O$, är en bicyklisk keton som utgörs av lättflyktiga kristaller med en karakteristisk doft, finns på apotek).

9.2 Åtgärder

Vid misstänkt förekomst av olja i matarvatten eller pannvatten skall följande åtgärder vidtagas:

- Stoppa eldningen genast.
- Öppna startångventilen och stäng huvudångventilen.
- Tappa ej vattnet ur pannan utan håll normal domnivå! Vid sänkning av vattennivån finns det risk att en oljefilm fastnar på tubytorna. Oljan flyter på vattenytan och det är därmed stor chans att begränsa oljekontamineringen till domen. Genom att brädda ut oljan från domen kan man undvika att smeta ut oljan i resten av pannan. Domen är lättare att sanera än vad det innebär att göra en komplett kemisk rengöring av hela pannan.
- Kontrollera matarvattentank, kondensattankar och spåra källan till oljeinflödet, rengör vid behov.
- Efter sanering och återstart bör det övervägas om ett lämpligt dispergeringsmedel skall doseras för att hantera eventuella oljerester. Även regelbunden blåsning av bottenlådor under en tid efter uppstart bör övervägas.
- Åtgärderna bör utföras i samråd med vattenteknisk expertis!

10 Jonbytesmassa i pannvattnet

Finner man t.ex. vid en panninspektion eller genom att man noterar störningar eller avvikelser i matarvattentillförseln, att det kommer in jonbytesmassa eller andra beläggningsskapande ämnen i dom eller lådor, bör man överväga att ta ut en provtub från någon starkt värmebelastad position.
För att undanröja orsakerna till läckage av jonbytesmassa till matarvattnet skall omedelbara åtgärder vidtas. Vid konstaterad eller misstänkt förekomst av jonbytesmassa i pannvattnet bör följande åtgärder vidtas.

- Prov på pannvatten från bottenlådor tas ut och filtreras, t.ex. milliporfiltrering, för att se om pannvattnet innehåller rester av jonbytesmassa. Även prov på matarvatten från ekonomiserns bottenlådor analyseras.
- Vid spår av jonbytesmassa skall bottenblåsning av pannan göras. Även bottenlådorna skall blåsas med jämna intervall tills proverna från pannan och ekonomisern är fria från jonbytesmassa. Vid stora mängder jonbytesmassa i bottenlådor får man överväga att stoppa pannan för inspektion.
- pH-värdet på pannvattnet följs upp med täta intervaller.
- Om pH-värdet sjunker vidtas åtgärder enligt Kapitel 5.2.
- Vid oförändrat, normalt pH-värde i pannvattnet kan anläggningen köras vidare till nästa planerade stopp, då en invändig inspektion av domar och bottenlådor skall utföras.
- Vid behov kontaktas extern expertis.
- Om man vid ett stopp upptäcker jonbytesmassa i domar eller bottenlådor bör tubprover tas ut.

För vidare åtgärder, se också rekommendation C 12.

Bilaga 1 Pannor med endast avhärdat spädvatten.

Sodahuskommittén rekommenderar att man använder avsaltat spädvatten, men samtidigt kan det vara olönsamt att investera i en avsaltningsanläggning för en del äldre, mindre anläggningar. Fosfatdosering rekommenderas för alla pannor med avhärdat spädvatten. Även i anläggningar med väl fungerande jonbytesfilter kommer det avhärdade vattnet att innehålla någon, om än mycket låg halt resthårdhet. Här finns en potentiell risk för beläggningar på värmeöverförande ytor i pannan.

För ånga gäller i princip samma riktvärden och åtgärdsnivåer för alla energianläggningar, oavsett spädvattenkvalitet (se figur 1). Den sura konduktiviteten kan dock vara högre i anläggningar med avhärdat spädvatten p.g.a. koldioxid och eventuella organiska föroreningar. Avgasad sur konduktivitet skall då ge lägre värden.

När spädvattnet endast avhärdas får pannvattnet oftast högre salthalt med annan sammansättning än om det istället hade avsaltats. Ett tillskott av natrium genom att kondensatet filtreras i avhärdningsfilter får i detta fall mindre inverkan på pannvattnets alkalitet och returkondensatet behöver därför inte renas med blandbäddfilter.

I riktvärdestabellen figur 10 anges inte värden på åtgärdsnivå 3, ÅN3, för alla parametrar, utan endast för de som medför akut fara om de överskrids. I figur 9 nedan visas en sammanställning av de parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avhärdat spädvatten. De är så viktiga för anläggningen att de bör övervakas kontinuerligt.

provpunkt	hårdhet	pH-värde	Konduktivitet total	Konduktivitet sur	kiselsyra	natrium	restsyre
spädvatten	x						
matarvatten							x
pannvatten		x	x				
Ånga				x	x	x	
kondensat		x					

Figur 9: Sammanställning av de parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avhärdat spädvatten

Vid de tryckklasser som är aktuella för pannor med avhärdat spädvatten, behöver i de flesta fall inte natrium och kisel mätas kontinuerligt med onlineinstrument. En regelbunden kontroll med manuella analyser i kombination med on-linemätning av sur konduktivitet bör ge tillfredsställande övervakning av ångkvalitén. Vid turbindrift bör även natriumhalten övervakas om värdet på sur konduktivitet är högt. Observera att den rekommenderade lägsta omfattningen av onlineinstrument inte ger tillräcklig övervakning av vatten-ångcykeln utan måste kompletteras med manuella vattenanalyser.

En ökad onlineinstrumentering medför en mindre omfattning av manuella analyser. On-linemätning av hårdheten efter avhärdningsfiltren är inte nödvändig, även om det ger en ökad driftsäkerhet. Det räcker som regel att mäta hårdheten efter avhärdningsfiltren manuellt efter regenerering och regelbundet i slutet av driftscykeln.

En övergång från avhärdat till avsaltat spädvatten kan vara förenat med risker. Erfarenhet från bruk som gått över till avsaltat spädvatten visar att läckor kan hänföras till ett renare matarvatten. Bedömningen är att det renare vattnet löser upp beläggningar i porer. Beläggningarna har i vissa fall varit tätande och när de löses upp gett upphov till läckor.

Riktvärden för pannor med avhärdat pannvatten

Parameter		Matarvatten				Pannvatten	
Domtryck MPa		4 – 6				4 – 6	
Material i systemet		Cu förekommer[1]		Endast Fe[2]			
pH	R	8,8 – 9,2		9,2 – 9,6		10,5 – 11,0	
	ÅN1	<8,5	>9,4	<8,8	>10,0	<10,3	>11,3
	ÅN2	<8,2	>9,5	<8,0	>10,5	<9,5	>11,5
	ÅN3					<9,0	>12,0
	ÅN4					Se kapitel 5	
Konduktivitet µS/cm	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten-kvalitén uppfylls				<ÅN1	
	ÅN1					750 - 1800	
	ÅN2					>1,2 x ÅN1	
	ÅN3					>1,5 x ÅN1	
p-alkalitet m-ekv/kg	R					1 – 2	
	ÅN1					<0,5	>2,5
	ÅN2					<0,5	>5
	ÅN3						
kisel (SiO_2) µg/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten-kvalitén uppfylls				<0,25 x ÅN1	
	ÅN1					>10 – 50	
	ÅN2					>1,25 x ÅN1	
	ÅN3						
Hårdhet °dH	R	<0,01					
	ÅN1	>0,01					
	ÅN2	>0,1					
	ÅN3						
Reststyre O_2 µg/kg	R	<10					
	ÅN1	>20					
	ÅN2	>50					
	ÅN3	>100					
Fosfat, PO_4 mg/kg	R					Anpassas till önskat pH-värde Risk för saltutfällning vid för mycket jämför figur 6.	
	ÅN1						
	ÅN2						
	ÅN3						
Järn, Fe µg/kg	R	<10				Anläggningsspecifikt Avgörs från fall till fall[3]	
	ÅN1	>20					
	ÅN2	>50					
	ÅN3						
Koppar, Cu µg/kg	R	<3					
	ÅN1	>3					
	ÅN2	>10					
	ÅN3						
Permanganatförbrukning $KMNO_4$ mg/kg	R					<14	
	ÅN1					>85	
	ÅN2						
	ÅN3						

1) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar
2) Fe gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar.
3) Allmänna riktvärden för järnhalt kan inte anges, utan måste avgöras från fall till fall.

Figur 10: Riktvärden för pannor med domtryck upp till 6,0 MPa som spädmatas med avhärdat vatten och med eller utan värmeväxlare av koppar ingående i systemet.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr C 5
Utgåva 4, 2023

Förebyggande åtgärder och övervakning för att skapa och upprätthålla en beläggnings- och korrosionshämmande pannvattenbuffert

En väsentlig egenskap hos ett högkvalitativt pannvatten är dess pH, d.v.s. dess förhållande mellan sura vätejoner och alkaliska hydroxyljoner. För att optimera pannvattnets egenskaper med hänsyn till väsentliga risker, som till exempel korrosion, skumningstendenser och beläggningsbildning behöver man styra pH till ett specifikt pH-område som är optimalt för att upprätthålla dels ett korrosionsskyddande oxidskikt (magnetitskikt) på panntubernas vattensida, dels förhindra oönskade effekter som skumning och beläggningar. För att stabilisera pH använder man lämpligen s.k. koordinerad fosfatkontroll, vilket innebär att man alkaliserar pannvattnet med ett natriumvätefosfat, där man styr förhållande mellan komponenterna natrium och väte, så att alkaliseringsmedlet inte enbart styr pH till önskad nivå, utan att det också stabiliserar pH-värdet på den önskade nivån, d.v.s. att alkaliseringsmedlet utövar en buffertpåverkan på pannvattnet.

Rekommendation är skriven för sodapannor med arbetstryck upp till 100 bar. För högre arbetstryck kan sedan i princip samma metoder tillämpas, även om de behöver modifieras t.ex. för att förebygga det fenomen som kallas hide-out, d.v.s. utfällning av ett skikt av värmeisolerande natriumfosfat på högt värmebelastade delar av pannan.

De i rekommendationen beskrivna metoderna kan behöva kompletteras med någon form av flyktigt alkaliseringsmedel för att förebygga att ångkondensatet i t.ex. turbin och kondensor får en annan och ofördelaktig sammansättning, t.ex. surt kondensat om det skulle förekomma klorider eller bildas sura nedbrytningsprodukter i pannvattnet.

Hänvisningar

Föreskrifter

Standard
SS-EN 12952–12:2003 Vattenrörspannor och hjälpinstallationer - Del 12: Krav på matar- och pannvattenkvalitet

Rekommendationer:
C1, Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd.
C4, Kvalitet på spädvatten, kondensat, matarvatten, pannvatten och ånga samt åtgärder vid avvikelser
B15, Förebyggande av inläckage av jonbytesmassa till pannvatten.

Övriga rapporter
Värmeforskrapport 873, Modifierad sur konduktivitet. (Se Energiforsk rapportsök)
Reglering av pH-värde Mava konf. 1993. Föredrag av Folke Persson. Se SHK hemsida under Rapporter/Övriga dokument.
Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar

Innehåll

1 Bakgrund 4

2 Övervakningsmetoder och provpunkter 4

3 Kontinuerliga mätningar 4
3.1 Direkt konduktivitet 5
3.2 Sur konduktivitet 5
3.3 Natrium 5
3.4 Manuell mätning 6
3.4.1 Hårdhet 6
3.4.2 Konduktivitet 6
3.4.3 pH-värde 6
3.5 Utvärdering av mätresultat 6

4 Förhindrande av beläggningar och korrosion på värmeförande ytor 7
4.1 Konditioneringskemikalier 7
4.2 Buffertkapacitet och pH-sänkning vid syrainbrott. 7
4.3 Indunstningseffekter 10
4.4 pH-reglering av ånga och kondensat. 11
4.5 Jonbytande kondensatfilter 11

1 Bakgrund

Ångpannors tillgänglighet och livslängd är till stor del beroende av kvaliteten på det matarvatten som tillförs. Pannvattnets sammansättning bestäms av en mängd faktorer. I det fall spädvattnet avsaltas får kondensatkvaliteten oftast en avgörande betydelse på grund av inläckage av salter via kondensatsystemet. Utblåsning av pannvatten medverkar till att rekommenderade riktvärden kan innehållas, men utgör inte någon garanti för att pannvattnets sammansättning är tillräckligt bra. Lokal korrosion, som inte kan förutses med ledning av normalt analysprogram och tillämplig riktvärdestabell, kan uppstå. Med avvägd dosering av lämpliga kemikalier kan dock denna risk minimeras. Mekanismerna för utfällning av hårdhet gör att i första hand de mest värmebelastade ytor drabbas när föroreningshalterna blir för höga. Att upprätthålla den kvalitet på pannvattnet, som vore nödvändig för att helt eliminera beläggningar, är i praktiken inte möjligt och det kan därför vara nödvändigt att tillföra en kemikalie som binder eventuellt förekommande hårdhet. Föroreningar i form av partiklar utgörs till största delen av magnetitslam. Dessa partiklar kan inte enkelt avlägsnas på kemisk väg utan måste frånskiljas i härför avsedda filter. Filtrens effektivitet och driftsekonomi är starkt beroende av partikelmängden och det är därför viktigt att så långt som möjligt motverka uppkomsten av partiklar.

Vid höga panntryck och höga värmebelastningar tillkommer problemet med natriumfosfatets omvända löslighet, vilket kan komma att innebära att värmeisolerande natriumfosfat fälls ut på de mest värmebelastade ytorna.

Om spädvattnet endast avhärdas kan man lätt få en ogynnsam pannvattensammansättning eftersom endast delar av råvattnets föroreningar avlägsnas.

2 Övervakningsmetoder och provpunkter

Vid övervakning av pannvattnets kvalitét måste stor omsorg ägnas åt provtagningsuttagens utformning och placering. Grundregeln är att provtagningsledningen bör vara ansluten på en vertikal del av huvudledningen med uppåtgående strömningsriktning. Materialet i provtagningsutrustningen, som står i direkt kontakt med provvattnet, skall vara utfört av stål EN 1.4436 eller bättre. Provtagningsledningar skall ha en inre diameter på maximalt 4 millimeter, förutsatt att trycket i systemet klarar ett provflöde på minimum 0,2 liter per minut med denna dimensionering. För en fullgod övervakning av kondensat- och matarvattenkvaliteten kan en kombination av både kontinuerlig och manuell mätning enligt nedanstående förslag användas. I SS-EN 12952–12:2003 och i rekommendation C 4 ges riktvärden och åtgärdsnivåer för kondensat- och matarvattenkvalitet.

3 Kontinuerliga mätningar

Övervakningen sker i första hand genom kontinuerlig mätning med registrerande instrument med larmfunktion och eventuellt automatisk styrning av kondensatet direkt till avloppet.

Direkt konduktivitet och sur konduktivitet mäts parallellt på delkondensat, samlat kondensat och matarvatten.

Natrium mäts t.ex. med jonselektiv elektrod på samlat kondensat och/eller matarvatten.

3.1 Direkt konduktivitet

Direkt konduktivitet mäter mediets verkliga konduktivitet justerad till 25°C. Av den totala konduktiviteten utgör alkaliseringsmedlets konduktivitet en mycket stor andel. På grund av variationer hos pH och i doseringen av alkaliseringsmedel, så varierar därför också konduktiviteten, vilket blir bestämmande för hur snävt man kan sätta larmgränsen. Av denna orsak kan ej små men ändå betydelsefulla inläckage detekteras. Den här analysmetoden är alltså lämplig för att upptäcka stora momentana inläckage och den vanliga konduktivitetsmätaren kan därför lämpligen vara kopplad till en dumpventil.

3.2 Sur konduktivitet

Sur konduktivitet mäter konduktiviteten i provflödet efter neutralisation av alkaliserings-medlet med hjälp av en katjonbytare installerad mellan provtagningskylaren och mätcellen. Den konduktivitet som härrör från inläckage av lösta salter, t ex hårdhet, görs synlig med hjälp av jonbytaren eftersom konduktivitetsbidraget från alkaliseringsmedlet nu inte längre maskerar bidraget till konduktiviteten från de lösta föroreningarna. Resultatet blir att konduktivitetens grundnivå är låg och jämn så att även små inläckage kan upptäckas. Larmgränsen kan därmed sättas med liten marginal till konduktivitetens grundnivå.

Natrium från alkaliseringsmedlen och från liknande föreningar (d.v.s. egentligen alla katjoner, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}….), fastnar i jonbytaren och ger således inget utslag vid den efterföljande konduktivitetsmätningen efter det att provet har passerat katjonbytaren. Mätmetoden är lämplig för att detektera små inläckage av lösta salter, men alltså inte för att detektera hydroxider, som NaOH.

Vid mätning av modifierad sur konduktivitet så ingår ytterligare ett moment där man värmer provet och driver av löst koldioxid. Det neutraliserar den koldioxid som tas upp ifrån luften i samband med jonbytesprocessen, men gör också att man inte kan detektera förorenande salter som föreligger som karbonater. Karbonatets katjon absorberas i jonbytaren, karbonatjonen bildar H_2CO_3 som drivs av som CO_2 vid avgasningsmomentet. Kvar blir bara vatten. (Värmeforskrapport 873).

Om man misstänker överbäring och vill studera ångkondensatet, så kan metoden med sur konduktivitet inte detektera sådan natriumhydroxid som går över i ångform, eftersom natriumet absorberas i katjonbytaren och man får vatten som restprodukt. Överbäring i form av små pannvattendroppar kommer dock fortfarande att detekteras, eftersom natriumfosfatet i dropparna visserligen modifieras till fosforsyra, men den fosforsyran avgår inte vid koldioxidavdrivningen.

3.3 Natrium

Natriumhalten mäts med en kontinuerligt arbetande analysator, som har en detektionsgräns vid l µg/kg eller bättre. Mätmetoden kan spåra flertalet typer av inläckage av hårdhet, då natrium oftast förekommer gemensamt med hårdheten. Detektionsgränsen påverkas inte av alkaliseringsmedlet, vilket innebär att små inläckage av de allra flesta föroreningar i löst form kan indikeras.

3.4 Manuell mätning

Den kontinuerliga mätningen behöver kompletteras med manuella analyser i den omfattning som är nödvändig för kontroll av instrumenten. Förutom de ovan angivna parametrarna, som mäts kontinuerligt, skall åtminstone pH-värdet och hårdheten bestämmas. Matarvatten och samlat kondensat skall alltid analyseras. Vilka delkondensat, som skall analyseras, får avgöras efter en riskbedömning.

3.4.1 Hårdhet

Hårdheten bör bestämmas med metod, som har detektionsgränsen 0,005 °dH (~1 μM/liter, ~40 μg Ca/liter) eller lägre, t.ex. med Eriochromesvart-indikator.

En enkel våtkemisk metod med Eriochromesvartindikator bygger på jämförelse mellan en delmängd av det prov man vill undersöka och en mängd av samma grundprov, i vilket man fällt ut all hårdhet med ett överskott av titrerlösningen. Om man inte kan upptäcka någon färgskillnad mellan de bägge delmängderna, så är hårdhetshalten lägre än metodens detektionsgräns, vilken utgör kravnivå för det undersökta provet.

Kvantitativ bestämning kan ske till ex. med emissionsspektrofotometri eller atomabsorption, om man har tillgång till sådan utrustning.

3.4.2 Konduktivitet

Bestämningen utförs enligt metodbeskrivning. Luftens koldioxid påverkar konduktiviteten genom att lösa sig i provet under bildning av karbonatjoner. Konduktivitetsmätningen skall därför utföras så snart som provburkarna har öppnats. Om samma prov användes för både konduktivitets- och pH-bestämning, skall konduktiviteten bestämmas först, i annat fall kan ett för högt värde erhållas.

3.4.3 pH-värde

Luftens innehåll av koldioxid påverkar provet. Mätningen skall därför utföras utan dröjsmål efter det att provburkarna har öppnats. En pH-elektrod, som är avsedd för mätning i saltfattiga vatten, bör användas. pH-elektroderna får inte användas till andra prover med organiskt innehåll.

3.5 Utvärdering av mätresultat

Varje enskilt mätvärde ger en indikation på om en akut åtgärd behöver vidtas. Jämförelse av flera kontinuerliga och manuella mätningar ger dock en mycket säkrare bedömning av lämpliga åtgärder.

En riskbedömning över anläggningen bör göras, innefattande ett åtgärdsprogram avseende såväl nödvändiga åtgärder på längre sikt som utarbetandet av handlingsprogram för att kunna hantera eventuella i framtiden akut uppkomna situationer.

4 Förhindrande av beläggningar och korrosion på värmeförande ytor

4.1 Konditioneringskemikalier

Konditioneringskemikalier skall användas restriktivt. Endast kemikalier som direkt enkelt kan spåras, eller vars effekt kan mätas, bör användas. Kemikalierna har tre huvuduppgifter:

1. Skapa en buffert mot en för kraftig ändring av pH-värdet i pannvattnet.

2. Binda hårdhet.

3. Justera pH-värdet i ånga och kondensat till rekommenderat intervall. För att justera pH i ångan behöver man komplettera natriumfosfatbuffertsystemet med ett flyktigt alkaliseringsmedel.

4.2 Buffertkapacitet och pH-sänkning vid syrainbrott.

Buffertsystemet skall ha en god kapacitet och förhindra att korrosion uppstår på grund av okontrollerad förändring av pannvattnets sammansättning. Ett buffertsystem, som bygger på ett bestämt förhållande mellan fosfat, natrium och pH-värde, uppfyller dessa kriterier. Buffertsystemet kallas "Koordinerad pH-fosfatkontroll", se diagram fig. l. Injustering av de tre parametrarna kan ske med natriumhydroxid, natriumdivätefosfat och utblåsning av pannvatten.

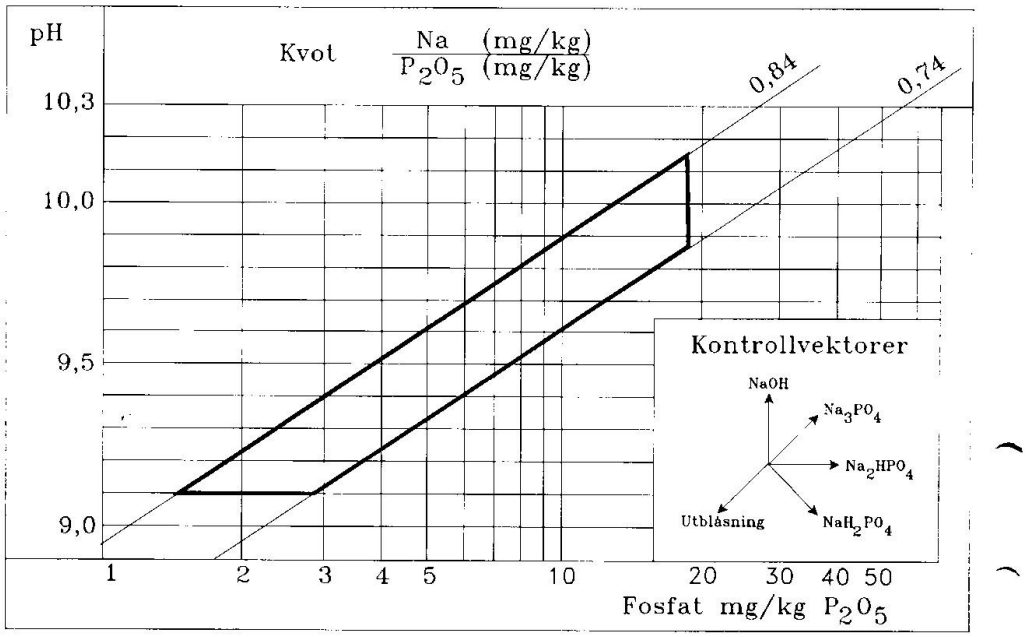
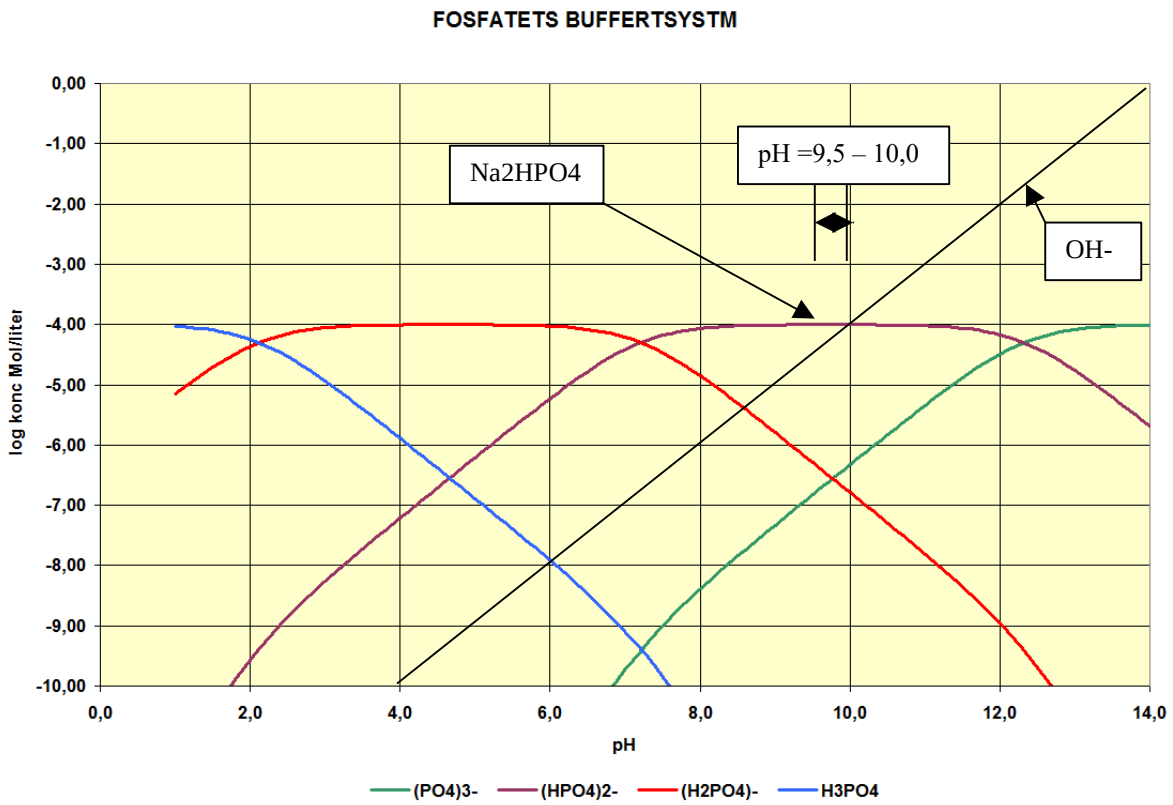


Fig. 1. Koordinerad pH-fosfat-kontroll (<14 MPa)

Trinatriumfosfat kan användas som alternativ till natriumhydroxid. Bufferten fungerar genom att pH-värdet stabiliseras och ej når de höga eller låga områden som ger korrosion på magnetitskikt och stålgods. Metoden med koordinerad pH-fosfat-kontroll förutsätter att mängden inläckande salter är lågt för att inte utblåsningsgraden skall bli för stor.



Fig, 2: Jämviktsdiagram för natriumfosfatets olika jonslag (vid 0,1 mM/liter).

Påpekas bör att diagrammets buffertsystem avser ideala förhållanden. I praktiken kan förhållandet natrium/fosfat förskjutas något beroende på den aktuella vattenkemin.

Pannvattnets känslighet för förorening med syra är alltså beroende av dess buffertkapacitet. Buffertkapaciteten i sin tur bestäms av vilket alkaliseringsmedel som används för att stabilisera pannvattnets pH i det intervall mellan 9,5 och 10,0 som man eftersträvar (för pannor upp till 100 bar, se Rekommendation C4). Pannvattnets pH styr faktorer som korrosion och ytspänning. För korrosionens skull försöker man hålla pH inom ett snävt område, framförallt därför att pH styr bildningen av ett skyddande magnetitskikt (det svarta oxidskiktet av Fe_3O_4) på stålytan.

Vid mycket höga pH kan man riskera att det bildade oxidskiktet angrips genom bildning av alkalikomplexjoner, som löser sig i pannvattnet så att oxidskiktet går i lösning och förlorar sin skyddande verkan. De höga pH som behövs för alkalisk upplösning av magnetitskiktet är emellertid knappast aktuella att de uppkommer i en panna, men kan ge problem i t.ex. vissa sulfatkokare.

Får man in fabrikslutar i pannvattnet via kondensatsystemet, så ger det i första hand beläggningar som en följd av det höga innehållet av salter och organisk substans i lutarna. Eftersom pH ökar och halten organisk substans är hög riskerar man dessutom att pannan jäser över, så att man får upp förorenat pannvatten i överhettarna. En synnerligen besvärlig rengöring av överhettarslingorna kan då bli nödvändig.

Också vid för lågt pH går magnetitskiktet i lösning. Det kan inträffa om det t.ex. sker hanteringsfel vid regenerering av de jonbytande spädvattenfiltren. När magnetitskiktet då går i lösning och stålet i panntuberna friläggs kan korrosionen bli intensiv. Det är skillnad på förutsättningarna i jämförelse med en vanlig kemisk rengöring av pannan, man tillsätter då en korrosionsskyddande inhibitor och tuberna är inte uppe i samma höga temperatur som om det skulle komma in syra i pannan medan pannan fortfarande är i drift.

Vid normal drift av pannan har man därför i allmänhet en pannvattenbuffert i form av natrium(väte)-fosfat. Buffertsystemet stabiliserar pH, men eftersom halterna är låga, så kan bufferten inte motverka annat än mycket beskedliga föroreningssituationer.

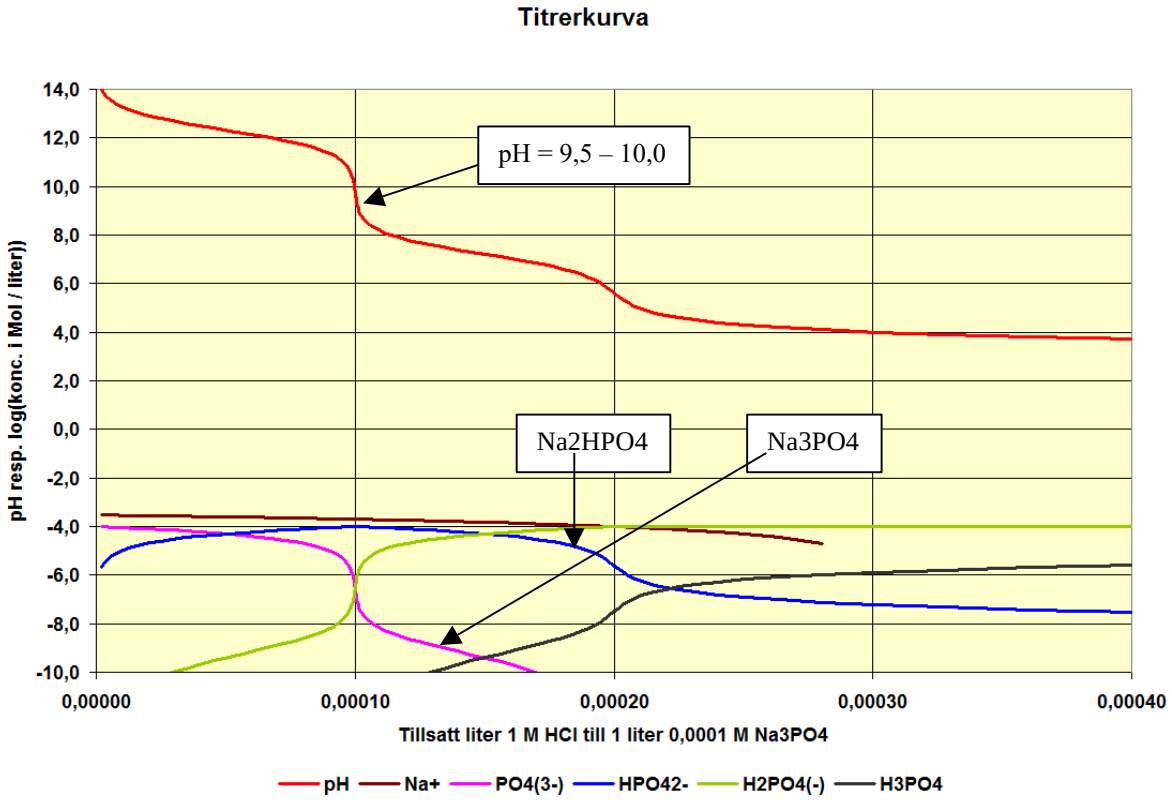


Fig. 3: Förändringar av fosfatjonhalter och pH vid syratillsats till en natriumfosfatlösning.

När man följer titrerkurvorna från vänster till höger, kan man se hur pH och de olika jonslagen förändras allteftersom man tillsätter mer HCl till sin vattenlösning. Antingen utgår man från vänstra hörnet, som ungefär svarar mot upplösningen av rent trinatriumfosfat Na_3PO_4, eller så kan man till exempel utgå från pannvattnets normala pH ~ 9,8, som blir resultatet om man gör en lösning med dinatriumvätefosfatsammansättning.

När man får in en förorening i pannvattnet (i exemplet här HCl) kan pH följaktligen förändras drastiskt även för små tillskott för att sedan stabiliseras vid en ny nivå (i vårt exempel pH ~4), allt beroende på föroreningens omfattning. Det hänger samman med pH-systemens jämvikter och logaritmiska uppbyggnad. Man kan jämföra vad som händer om man tillsätter syra till ett pannvatten med eller utan natriumfosfatbuffert. Natriumfosfatbufferten omvandlas successivt

till fosforsyra, men håller under tiden tillbaka pH-sänkningen, så att den särskilt vid mindre föroreningsinflöden inte blir lika brutal.

Fosfatets pH-stabiliserande verkan är dock inte obegränsad. Av diagrammet kan man räkna sig till att inläckage av en liter koncentrerad saltsyra (koncentration ca 12 Molar) är tillräckligt för att sänka pH på 100 kubikmeter pannvatten ner till pH ~ 4. Normal mängd natriumfosfatbuffert ligger i storleksordningen motsvarande ungefär 0,1 mM Na_3PO_4 (~14 mg P_2O_5 per liter, vanligen alltså i form av en blandning av natriumdivätefosfat och dinatrium-vätefosfat, (se föredrag av Folke Persson: ”Reglering av pH-värde i pannvatten för att undvika korrosion”) och eftersom koncentrationen är så låg behövs det därför inte mycket syra in i pannan för att få surt pannvatten.

Samtidigt skulle det inte behövas mer än femtedelen så mycket syra för att sänka pH till samma låga värde om pannvattnet enbart varit alkaliserat med natriumhydroxid och man inte haft någon pH-buffert i pannvattnet. Använder man rent natriumfosfat i stället för natriumvätefosfatblandning hamnar man någonstans mittemellan.

4.3 Indunstningseffekter

En av avsikterna med den balanserade fosfatkemin, där man alkaliserar pannvattnet med en blandning av natriumtrifosfat och natriumvätedifosfat är att förhindra att pH i pannvatten stiger okontrollerat i indunstningssituationer. Indunstning får man om pannvatten får stänka på heta ytor, så att vattnet avdunstar varvid koncentrationen av de i pannvattnet lösta salterna (i normalfallet natrium(väte)fosfat, men också natriumhydroxid om man inte har fosfatbuffert) stiger okontrollerat. Det motsvarar en situation där sammansättningen rör sig åt vänster i diagrammet från pH-området ~ 9,8 som rekommenderas i Rekommendation C4. Den största korrosionsrisken är om man har spalter eller sprickor i den värmda delen om rökgaserna stryker förbi undersidan av ångdomen i pannan.

Genom att ha en balanserad blandning av natriumvätefosfatsalter stabiliserar man alltså pH, så att det inte sticker i väg uppåt okontrollerat i sådana här situationer. Med enbart trinatriumfosfat i lösningen så har man ingen buffertkapacitet i pannvattnet om man på motsvarande sätt får en förorening med alkali. Om man alkaliserar pannvattnet med enbart natriumhydroxid och inte har något buffertsystem med i bilden kan pH öka än mer och risken för alkalisk spänningskorrosion blir då överhängande om koncentrationen ökar därför att vattnet hydroxiden är löst i ångar bort.

Också risken för invändiga frätskador på tuberna vid hög värmebelastning och porösa invändiga beläggningar motverkas med en balanserad fosfatkemi, här måste man dock ta hänsyn till natriumfosfatets omvända löslighet, vilket innebär att det vid hög värmebelastning och för mycket fosfat i pannvattnet kan fällas ut fast natriumfosfatsalt på väggarna, vilket hindrar värmeöverföringen och orsakar överhettning (s.k. hide-out-effekt). Sådan natriumfosfatutfällning anses inte utgöra något problem vid panntryck upp till 100 bar, men med de höga panntryck som man idag börjar tillämpa, så bör fenomenet hållas under kontroll genom noggrann övervakning av pannvattnet och hålla alkaliseringen med fosfat inom snäva gränser.
”Hide-out” effekten beskrivs närmare i Energiforsk rapport nr 2015:113 Handbok i vattenkemi för energianläggningar.I rapporten finns även rekommendation om nivån på fosfatdosering vid högre domtryck.

Vid användning av spädvatten eller matarvatten för temperaturreglering genom insprutning i ångledningar och mellan överhettarpaket, så föreligger också risk för att det bildas en vätskefilm på ledningens insida, där pH kan stiga okontrollerat, om det är ett överskott av natrium i insprutningsvattnet. Lösta ämnen i insprutningsvattnet kan också bilda inkruster vid insprutningsstället.

4.4 pH-reglering av ånga och kondensat.

När man alkaliserar pannvattnet med salter som innehåller natrium, så föreligger vid det önskade pH-området ~ 9,8 en jämviktshalt av natriumhydroxid, eftersom pH-värdet är ett mått på mängden hydroxidjoner. Då föreligger också en jämviktshalt av flyktig natriumhydroxid i ångan. Andra alternativa pannvattenkemikalier är i stället med avsikt flyktiga, som hydroxylamin m.fl.

Ibland föreligger också sura nedbrytnings- och restprodukter i pannvattnet, varför ångan också kan innehålla ett överskott av sura komponenter, som HCl eller organiska syror.

Beroende på omständigheterna (spädvattenrening, kondensatrening etcetera) kan därför natriumfosfatbufferten behöva kompletteras med ett flyktigt alkaliseringsmedel. Dessa används huvudsakligen för att alkalisera ångkondensatet, men också som enda alkaliserings-medel vid högre panntryck, eftersom natriumfosfatet kan ställa till med problem och orsaka överhettning p.g.a. ”hide-out” om den lokala värmebelastningen blir för hög.

4.5 Jonbytande kondensatfilter

Flera typer av jonbytande kondensatfilter finns. Den vanligaste typen är avhärdningsfilter. Denna typ av filter har nackdelen att kondensatet tillförs stor andel natrium, vilket påverkar ångkvaliteten negativt om matarvattnet används för temperering av ångan i överhettaren. Den ökade natriumhalten medför också svårigheter att innehålla buffertsystemets ramar. I praktiken bör avhärdningsfiltren användas mycket restriktivt, till exempel vid tillfällen då ett stort inläckage av hårdhet inte omedelbart kan åtgärdas, samt kompletteras med hög utblåsnings-grad. Ovanstående gäller alltid då spädvattnet avsaltas.

Blandbäddfiltrering sänker kondensatets totala salthalt och ger den bästa vattenkvaliteten. Kondensatets temperatur är dock oftast för hög för filtrets ena typ av jonbytare och kondensatet måste därför kylas. Detta kan anordnas utan nämnvärd energiförlust, se flödesschema fig. 4 på omstående sida.

Om spädvattnet enbart avhärdas är användning av avhärdningsfilter för kondensatet mindre kritisk, men det kan i stället samtidigt leda till en mindre gynnsam allmän pannvattenkvalitet.

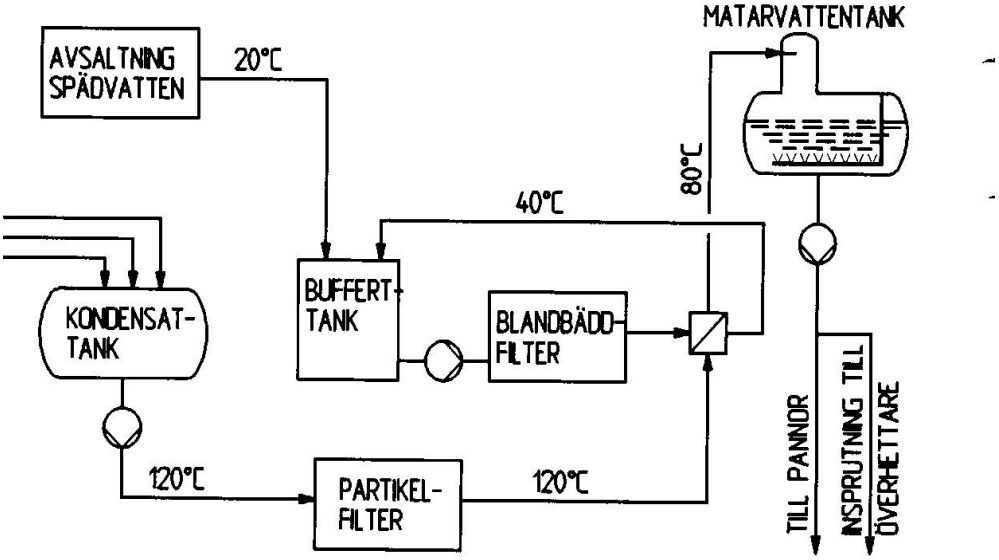


Fig. 4: Exempel på blandbäddfiltrering av matarvatten

Rekommendation C 6 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation C 4. Den tidigare rekommendationen C 6 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation C 7 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation C 4. Den tidigare rekommendationen C 7 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation C 8 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation B 8. Den tidigare rekommendationen C 8 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation C 9 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation B 16. Den tidigare rekommendationen C 9 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr C 10
Utgåva 2, januari 2023

Information om domnivåproblem samt deras orsaker och åtgärdande

Rekommendation avser att vara en hjälp vid felsökning vid problem med mätning och reglering av domnivån.

Hänvisningar

Föreskrifter

Standard

Rekommendationer

B 1 Sodapannans konstruktion och utrustning.
B 6 Utformning och tillsyn av utrustning för nivåövervakning i sodapannor.
C 1 Säker eldning av sodapannan, hantering av risker och kritiska tillstånd.

Innehåll

1 Störningar i domnivåregleringen 3
2 Extremt låg och hög domnivå 3
3 Manuell reglering av domnivån 3
4 Differens i vattennivå mellan ångdomars båda ändar 3
4.1 Möjliga orsaker till differens i domnivå (bortsett från ren felmätning) .. 4
4.2 Tänkbara orsaker av mindre betydelse 5
4.3 Problem, som skillnad i domnivå kan föra med sig 5
4.4 Att tänka på angående dominredningens utformning 5

1 Störningar i domnivåregleringen

En kraftigt svängande domnivå kan ha flera orsaker t.ex.

- Trycksvängningar i det ångnät som pannan levererar ånga till. En tryckhållningsventil på utgående ångledning är en fördel om man har sådana problem. Se rekommendation B1, avsnitt ”Panntrycksregulator”.

- Dåligt justerade parametrar för domnivåregleringen. Reglerparametrarna kan behöva ändras beroende på pannlasten (kan göras automatiskt).

2 Extremt låg och hög domnivå

Beträffande åtgärder vid extremt låg och hög domnivå samt deras orsaker - se rekommendation C 1.

3 Manuell reglering av domnivån

Manuell reglering ,då operatören styr matarvattenventilen och/eller varvtalet på matarvattenpumpen manuellt, kan vara nödvändig vid till exempel ingrepp i regulatorerna för matarvattenregleringen eller domnivåmätningen. Dessa perioder skall vara så korta som möjligt och under den tiden måste en operatör avdelas som endast har till uppgift att styra matarvattentillförsel till panna och således hela tiden sitter framför regulatorn.

4 Differens i vattennivå mellan ångdomars båda ändar

Om uppmätt nivå skiljer mellan domens båda ändar bör man börja med att fastställa att mätningen fungerar tillfredsställande. Bland annat bör nedanstående åtgärder vidtas. Nedanstående kontroller är ganska enkla att utföra:

- Kontrollera att nivåglas och nivåmätning med DP-cell indikerar samma nivå.

- Kontrollera att glasets och DP-cellens 0-nivå överensstämmer med domens centrum.

- Kontrollera att domen ligger i vågrätt läge. Kontrollen kan vara motiverad vid långvarig och stor avvikelse. Görs enklast genom att man drar en plastslang mellan domens båda ändar och kontrollerar att centrum på gavlarna ligger i våg via vattennivån i plastslangen.

- Kontrollera att impulsledningarna är fria från igensättningar. Möjlighet till renblåsning skall finnas, se SHK rekommendation B 6.

På längre sikt bör följande kontrolleras/åtgärdas:

- Kontrollera att installationen är riktigt utförd med avseende på kondenskärl och nivårör, enligt B 6.

- Kontrollera att avstängningsventilerna mellan dom och mätgivare fungerar tillfredsställande.

- Kontrollera att nivåglas och mätning med DP-cell har skilda anslutningar i dommanteln

- Den nedre anslutningen mot domen bör vara utrustad med ett T-stycke inuti domen för att eventuella strömningar i domens längdled ej skall påverka mätningen.

- Kontrollera eventuell avvikelse efter att pannan fyllts, men innan tändning (både nivåglas och indirekt mätning).

4.1 Möjliga orsaker till differens i domnivå (bortsett från ren felmätning)

- I pannor med vattendom, där konvektionsytan består dels av falltuber, dels stigtuber, kan tuber avsedda att fungera som falltuber i stället verka som stigtuber. Det kan beräkningsmässigt visas att vid start av pannan kan ett stort antal (mer än 20 av totala antalet) falltuber fungera som stigtuber och denna situation kan bestå upp till fullast på pannan. De falltuber som fungerar som stigtuber, kan under drift vända och bli falltuber
  .
- Exempel från åtminstone en sodapanna tyder på att även falltuber, som verkligen går som falltuber, kan under drift vid lägre pannbelastning vända och bli stigtuber. Situationen påverkas av vilken underkylning vattnet i domen har, på det sättet att större underkylning minskar risken för att falltuber skall fungera som stigtuber. Det är också viktigt att matarvattnet fördelar sig jämnt längs hela domen, annars kan man ha partier i domen där underkylningen är i princip noll
  .

Ovan beskrivna fenomen kan verifieras genom att man undersöker om nedanstående åtgärder påverkar avvikelsen:

- Stäng av all luftförvärmning (förutsätter att luftförvärmning sker med matarvatten). Detta höjer matarvattentemperaturen från eko till domen, vilket i sin tur sänker matarvattnets underkylning i domen.

- En kraftig lastökning, när pannan går hårt, kan få falltuber, som går som stigtuber, att vända och börja gå rätt väg, eftersom mängden vatten som skall ner till vattendomen ökar.

- Försök att medvetet elda pannan snett (mer värme på en sida).

- Prova att forma bädden på olika sätt.
- Om pannan har kylda väggar i konvektionsdelen, och dessa väggar matas från vattendomen eller något fallrör från vattendomen, kan det löna sig att se efter om det

finns något samband mellan cirkulationen i dessa kretsar och differens i domnivå.

- Om cyklonernas rotationsriktning är sådan att vatten-ångemulsionen i fler cykloner snurrar åt samma håll, finns risk att vattnet i domen drivs mot ena sidan.

- I endomspannor har man visat (se ref.1) att nivån kan variera avsevärt (flera hundra mm) beroende på en icke idealisk placering av de stora fallrören. Detta ger dock ingen differens mellan domens ändar, utan endast lägre nivå i domens mitt i förhållande till gavlarna.

4.2 Tänkbara orsaker av mindre betydelse

- Pannans cirkulation i eldstadsväggarna går snett. För att åstadkomma en stor (> = 100 mm) avvikelse mellan domens ändar, måste en väldigt stor mängd vatten strömma längs domen. Det är osannolikt att värmebelastningen uthålligt skulle vara så ojämn (detta förutsätter att emulsionsrören från eldstadsväggarna är symmetriskt kopplade till domen).

- Med ett någorlunda stort tryckfall över cyklonerna bör dessutom en utjämning ske innan vattnet kommer in i själva domen.

- Vattenflödet från ekonomisern till ångdomen är ojämnt fördelat sinsemellan sidorna. Detta kan påverka underkylningen av domvattnet längs domen, vilket har betydelse i tvådomspannor med värmebelastade falltuber (se föregående sida). Vattenflödet från ekonomisern är i sig litet i förhållande till den vattenmängd som cirkulerar i pannan.

- Vid fullast är den vattenmängd som cirkulerar i en sodapanna med 70 bars domtryck, ca 15-20 gånger större än matarvattenflödet, varför den ovannämnda ojämna fördelningen ej kan orsaka större skillnader i domnivå mellan ändarna.

4.3 Problem, som skillnad i domnivå kan föra med sig

- Om nivån ligger betydligt över idealnivån på en sida finns risk att droppavskiljningen i domen inte fungerar tillfredsställande. Man bör alltså kontrollera natriumhalten i ångan i den ände av domen där man har hög nivå. Detta bör göras med ett kontinuerligt visande instrument under en ganska lång tidsperiod (flera veckor). Kritiska situationer är kraftiga lastökningar samt svängningar i domtryck.

- Om nivån ligger betydligt under idealnivån kan man i extremfall närma sig minsta tillåtna domnivå för pannan.

4.4 Att tänka på angående dominredningens utformning

- I vissa dominredningar finns öppningar längst ner i den skärmplåt som separerar utrymmet före cyklonerna från den övriga domen. Dessa öppningar minskar domvattnets underkylning och bör pluggas.

- Vid installation av dominredningar med större kapacitet i befintliga domar bör det öppna, fria tvärsnittet ej bli för litet; detta för att tillåta måttliga strömningar längs domen utan att större nivåskillnader uppstår.

Referenser:

Ref l: Process Inst. Mechanical Engrs 1974, Vol. 188 18/74: Longitudinal water-level variations in the drums of high-pressure circulation boilers, I G Crown, B Eng, Ph D

Rekommendation C 11 är indragen, innehåll har införlivats i rekommendation C 1. Den tidigare rekommendationen C 11 finns under fliken ”Gamla rekommendationer”.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr C12
Utgåva 2, november 2020
(P 6.1reviderad, juni 2021)

Kemisk rengöring av vattensidiga beläggningar i sodapannor

Sodapannan får i likhet med alla ångpannor efter en tids drift beläggningar på vattensidan. Med sodapannans speciella funktion ställs särskilda krav på en korrekt bedömning av beläggningarnas inverkan på pannans säkra drift.
Sodahuskommittén har därför med hjälp av en särskild arbetsgrupp utrett möjligheterna att utarbeta en rekommendation om kemisk rengöring av sodapannor. Arbetsgruppen har belyst och givit riktlinjer för vad som är relevant och bör beaktas i samband med bedömning av behovet av kemisk rengöring i en sodapanna.
För att man skall få en korrekt bedömning när en kemisk rengöring skall utföras rekommenderas att ha en systematisk uppföljning av matar-/pannvattenkvalité och ha periodvisa visuella kontroller av pannans delar samt uttag av tubprover för uppföljning av beläggningar.

Planering och genomförande av en kemisk rengöring bör ske i samråd med specialist inom området.

Vid översyn av äldre sodapannor bör man beakta om det förekommit att man ökat pannlasten (t.ex. genom att öka luttorrhalten) eller om man byggt om eldstaden så att fördelningen av värmebelastningen har ändrats.

Inför en uppgradering av äldre pannor bör man även beakta de förändringar man kan få i värmebelastning och dess fördelning samt att historiska mätdata/resultat kan vara annorlunda.

Rekommendationen ska tillämpas efter de lokala förutsättningar som föreligger vid varje enskild anläggning.

Föreskrifter

Standard

Rekommendationer

C 4- Kvalitet på spädvatten, kondensat, matarvatten, pannvatten och ånga samt åtgärder vid avvikelser

Övriga rapporter.

Föredrag Sodahuskonferensen 2010 ”Kemisk rengöring av en sodapannas vattensida” Mikael Ahlroth

Sodahuskommmitténs Rapport 2011-1 ”Riktlinjer för att skapa en bedömningsgrund för kemisk rengöring av en sodapanna” Rapport från arbetsgrupp 2011-08-17, Bert Flodqvist, ÅF Konsult.

Energiforsk rapport nr 2015:113: Handbok i vattenkemi för energianläggningar
Avsnitt 13: Betning och Kemisk rengöring

Innehåll

1 Inledning 4

2 Vattensidiga beläggningar 4

3 Värmebelastning och vattenkvalitet 5

4 Kemisk rengöring 5

5 Beslutsunderlag inför kemisk rengöring 5

6 Uttag av provtuber, undersökning av beläggningar 7
6.1 Val av provtagningspunkt 7
6.2 Provtagningsfrekvens 9
6.3 Förfarande vid uttag av tubprov 9

7 Behandling av tuberna efter provuttag 9
7.1 Undersökning av tubytans status 9
7.2 Analys av beläggningens sammansättning 10
7.3 Mätning av beläggningens tjocklek 11
7.4 Mätning av beläggningens vikt per ytenhet 12
7.5 Redovisning av mätvärden 12

8 Kriterier 12
8.1 Förenklad sammanfattning av kriterier 14

9 Dokumentation 16
9.1 Exempel på hur historik skapas för skikttjocklek. 16

10 Sammanfattning av rekommendationer 17

1 Inledning

När en ny panna tas i drift vill man snabbt bilda ett tunt skyddande magnetitskikt som skydd för pannans vattenförande delar. En förutsättning för bildning av detta skyddsskikt är att pannans vattensida är metalliskt ren. Innan en ny ångpanna tas i drift utförs därför en betning av pannan för att avlägsna glödskal, svetsslagg och föroreningar som kommit in i pannan under montagetiden och därmed skapa en metalliskt ren tubyta. Under drift kommer sedan genom lämplig kemikaliedosering och rätt matarvattenkvalité ett skyddsskikt av magnetit att bildas i pannans vattenförande delar.
Med tiden kommer beläggningar av olika sammansättningar att bildas främst i högt värmebelastade delar av pannan. Beläggningar av föroreningar och oxider på insidan av eldstadstuber orsakar en höjning av materialtemperaturen eftersom beläggningarna utgör ett isolerande skikt mellan vattnet och tuben. Tillväxten av beläggningarna varierar inom vida gränser och styrs av vattnets innehåll av föroreningar och värmebelastningens intensitet. Efter en viss drifttid eller då beläggningarna blivit så tjocka och tubtemperaturen så hög att materialet riskerar att skadas avlägsnas beläggningarna genom kemisk rengöring av pannan.
Generellt riktvärde för intervallet mellan rengöringar brukar anges till ca 8- 10 år förutsatt att man inte haft allvarliga störningar i matarvattenkvalité till pannan då kortare intervaller kan behövas.
Teknik för betning eller kemisk rengöring är väletablerad och utförs på alla typer av pannor. Behandlingarna är effektiva och oftast erhålls helt rena tuber.
Val av cirkulationsmetod är väsentlig för resultatet och man bör rådgöra med specialiserad leverantör vid planering av kemisk rengöring.

2 Vattensidiga beläggningar

Den främsta orsaken till att beläggningar bildas i panntuber är förekomst av föroreningar i matarvattnet. Hårdhetsbildande ämnen av kalcium och magnesium utkristalliseras och bildar fasta skal i tuberna vid den höga temperaturen i pannvattnet.
Även korrosionsprodukter från kondensat- och matarvattensystemen bildar partiklar som fastnar i tuberna.
Beläggningarnas skadliga inverkan på pannans driftsäkerhet avgörs förutom av deras mängd även av deras uppbyggnad och egenskaper. De farligaste beläggningarna är de som är hårda och bildar skal. Om släpp uppstår mellan tubytan och beläggningen bildas spalter. I dessa spalter kan ångblåsor bildas, vilka kraftigt reducerar kylningen. Tubmaterialet riskerar då att komma upp i så hög temperatur att tubmaterialets hållfasthet kraftigt reduceras, vilket i sin tur kan leda till att tuben brister. Redan med en måttlig ökning av materialtemperaturen ökar dessutom risken för korrosion på ugnstubens gassida.

Porösa beläggningar har dålig värmeledningsförmåga eftersom porerna fylls med ånga.
I porösa beläggningar kan salter från vattnet uppkoncentreras genom indunstningsprocesser. Salterna följer med vattnet in i beläggningen och stannar kvar när vattnet lämnar ytan i form av ånga. De uppkoncentrerade salterna (framförallt överskott av natronlut, NaOH, eller svavelsyra, H_2SO_4) kan sedan orsaka korrosion på tuberna.

Beläggningarna skadar således pannan genom att försämra kylningen av tuberna (överhettning) och öka risken för korrosion på tubernas gassida. Uppkoncentration av salter ökar risken för korrosion på tubernas vattensida, bla. avlagringskorrosion.

3 Värmebelastning och vattenkvalitet

Riktvärden för vattenkvalité framgår av Sodahuskommitténs rekommendation C 4, eller där hänvisning sker till svensk standard se SS-EN 12952-12. Det är viktigt att beakta värmebelastningens betydelse för beläggningsbildning. Således rekommenderas i Värmeforsks ”Vattenkemisk handbok” som i fråga om riktvärden väl överensstämmer med Sodahuskommitténs-rekommendation C 4 att *"Vid värmebelastningar, även lokala, över 230 kW/m^2 rekommenderas riktvärden för 16 MPa vid alla panntryck*".

4 Kemisk rengöring

Med kemisk rengöring avses hela processen från vattensidig rengöring till bildning av nytt skyddande magnetitskikt. Den kemiska rengöringen kan bestå av alkalisk urkokning men i regel ingår också rengöring som görs med syra (eventuellt också salter) i syfte att lösa beläggningarna på de vattenförande tubernas insida.

Det är väsentligt att beskriva beläggningens struktur och sammansättning då vissa komponenter i pannbeläggningar t.ex. kol är svårare att ta bort vid en kemisk rengöring. Det kan därför i vissa fall vara nödvändigt att lägga till fler steg i rengöringsprocessen. Genom undersökning av beläggningarna kan det framgå om vidare åtgärder är nödvändigt att planera in vid den kommande kemiska rengöringen.

Vid kemisk rengöring är val av cirkulationsmetod väsentlig för resultatet.

Betning eller kemisk rengöring av pannan innebär, felaktigt utförd, risk för att pannans tryckdelar skadas. Man bör alltid rådgöra med specialiserad leverantör vid planering av kemisk rengöring.

5 Beslutsunderlag inför kemisk rengöring

En vanlig strategi som förekommit är att tillämpa ett bestämt tidsintervall mellan de kemiska rengöringarna. Vanligen ligger dessa intervall mellan 8 - 10 år, beroende på hur beläggningsbilden i den aktuella pannan tidigare har utvecklats. Risken med denna strategi är att man inte reagerar på oförutsedda förändringar av beläggningsbilden. Sådana förändringar kan orsakas av förändrat driftsätt eller förändringar i matarvattenberedningen. Därför bör en sådan strategi också kompletteras med krav på att historik upprättas för pannvattenkemi och för beläggningsbildning i pannans högst värmebelastade delar.
En kemisk rengöring utförs helst i samband med ett planerat revisionsstopp i fabriken och tidsåtgången för den kemiska rengöringen inklusive den tid som krävs för magnetitbildning gör att stopptiden i sodapannan förlängs.

Eftersom det är praktiskt och ekonomiskt att samordna en förlängd stopptid med andra större planer t.ex. investeringsprojekt i andra avdelningar, andra större underhållsinsatser eller helt enkelt för att anpassa ett fabriksstopp till en marknadssituation kan man vilja tidigare- eller senarelägga en kemisk rengöring med en eller flera driftperioder (1-3 år).

För att skapa ett beslutsunderlag så man kan hantera oförutsedda händelser och skapa flexibilitet i planeringen bör en noggrann historik/dokumentation upprättas, varvid nedanstående punkter bör beaktas.

- Förändringar av pannans driftsätt som kan påverka värmebelastning eller cirkulation
    - Höjd luttorrhalt, processändringar som ger höjt värmevärde i brännlut
    - Ändrad luftfördelning
- Eventuella följder av förekommande ombyggnader respektive förändringar i pannlasten/pannbelastningen eller i värmebelastningens fördelning i eldstaden.
- Uppföljning av matarvattenkvalité och eventuella förändringar eller störningar i pannvattenkemi
    - Förekomst av hårdhetsbildande ämnen
    - Incidenter med förorenat matarvatten
- Tubprover från zonen med högsta värmebelastningen, screen och ekonomiser
    - Beläggningarnas sammansättning, porositet, värmeledningsförmåga, förekomst av hårdhet (Ca, Mg, Si) koppar (Cu), kol (C)
    - Beläggningsskiktets täthet och porositet
    - Lösningsförsök på lab. av tubbeläggningar i de syralösningar som är aktuella vid kemisk rengöring.
    - Historik över beläggningstjocklek sedan föregående kemiska rengöring
        - Regelbundna provuttag (varje eller varannan driftperiod) från värmebelastade tuber
        - Jämförelse med någon tub från område med lägre värmebelastning
        - Ett mindre antal provuttag från vattenscreen, ekonomiser
        - Vid pannor som undergått förändringar i eldstaden eller som fått ökad kapacitet kan värmebelastningsintensiteten ha blivit förändrad till sin storlek eller sin fördelning
    - Tecken på korrosionsangrepp under beläggningen
- Beläggningsbild i ekonomiserlådor och domar
- Övriga observationer i samband med besiktning som tecken på hög värmebelastning, korrosion m.m.

6 Uttag av provtuber, undersökning av beläggningar

Uttagning och metallografisk undersökning av provtuber är den mest tillförlitliga och vanligast förekommande metoden för mätning och karakterisering av vattensidiga beläggningar.
Temperaturmätningar med ett stort antal termoelement har med framgång provats i kraftverkspannor men torde med hänsyn till den kemiska miljön, smälta och beläggningar på tuberna vara en metod som är svår att vidmakthålla i sodapannan.
Inte heller mätningar med ultraljud ger någon tillförlitlig bild över beläggningar då tubtjocklekarna varierar för mycket.

6.1 Val av provtagningspunkt

Valet av provtagningspunkt för uttag av tubprover är viktigt för att representativa värden ska erhållas. Den styrande faktorn för beläggningstillväxten är värmebelastningen som inte enbart är avhängig eldbelastningen utan även beror av cirkulationen (kylningen) i tuberna. Provtuberna bör således tas i de positioner i pannan där värmebelastningen är högst.

Pannkonstruktionen, bränslet och eldningen är varierande från panna till panna och det kan vara svårt att generellt förutsäga var värmebelastningen är högst, utan detta bör bedömas i det enskilda fallet, i samråd med panntillverkaren.
I sodapannor brukar den nedre delen av ugnen mellan primär och sekundärluftnivå anges som den hetaste delen av pannan och den högst värmebelastade delen bör därför i de flesta fall ligga inom det rödrandiga området markerat i *bild 1*.
Dock bör även eventuella screentuber kontrolleras, speciellt översidan av icke vertikala tuber, då erfarenhet har visat att kraftiga beläggningar i vissa fall kan bildas i dessa.

För att möjliggöra en tillförlitlig historik rekommenderas att tubprover tas ut regelbundet i utvalda positioner/områden under ett antal år i följd i samband med revision och besiktning av pannan. Det rekommenderas att dessa provområden identifieras och för dokumentation markeras på ritning eller skiss.

Resultaten från tubprov kan variera något mellan provtagningarna. Det är därför viktigt att proverna tas i samma eller närliggande tub varje gång, (om dock något olika höjd). Genom att en serie värden fås kan man lätt förlänga trenden till när maximal beläggningstjocklek är att förvänta. Detta underlättar planeringen för en rengöring.

Tubprov tas således på de intilliggande ställen som tidigare bidragit till den historik som sammanställts för att följa beläggningstillväxten. Det är ofta nyttigt att komplettera med tubprover från positioner där man av någon anledning kan ana problem (korrosion, färgförändring, ytstruktur, position, vattenförsörjning, eller dylikt).

Även prover från tuber som byts av någon annan orsak än provtagning, som t.ex. vid reparation efter en skada, bör tillvaratas och dokumenteras i historiken.

Det kan även vara av värde att jämföra beläggningen med en tub med lägre värmebelastning exempelvis hörntub, som ofta har en annan beläggningssammansättning beroende på ett lägre flöde.

Även om ugnens samt i vissa pannor vattenscreenens tuber är de viktigaste delarna för bedömning av pannans rengöringsbehov så är det viktigt att man vid varje underhållsavställning kontrollerar ångdom (vattendom) och lådor. Det är också viktigt att inkludera kondensat- och matarvattentankarna samt avgasaren i inspektionen av vattensidan. Dessa kan ge viktig information om vattenbehandlingens funktion.

Över tid bör också tubprover tas ut i ekonomiser. Ekonomisern kan ge tidiga tecken på om vattenbehandlingen är bristfällig. Ekonomisern har lägre vattentemperatur och därmed är dess skyddsskiktbildning (magnetit-/oxidbildning) långsam, däremot faller mycket av beläggningsbildande salter (hårdhet) ut i ekonomiserns inloppsdel.

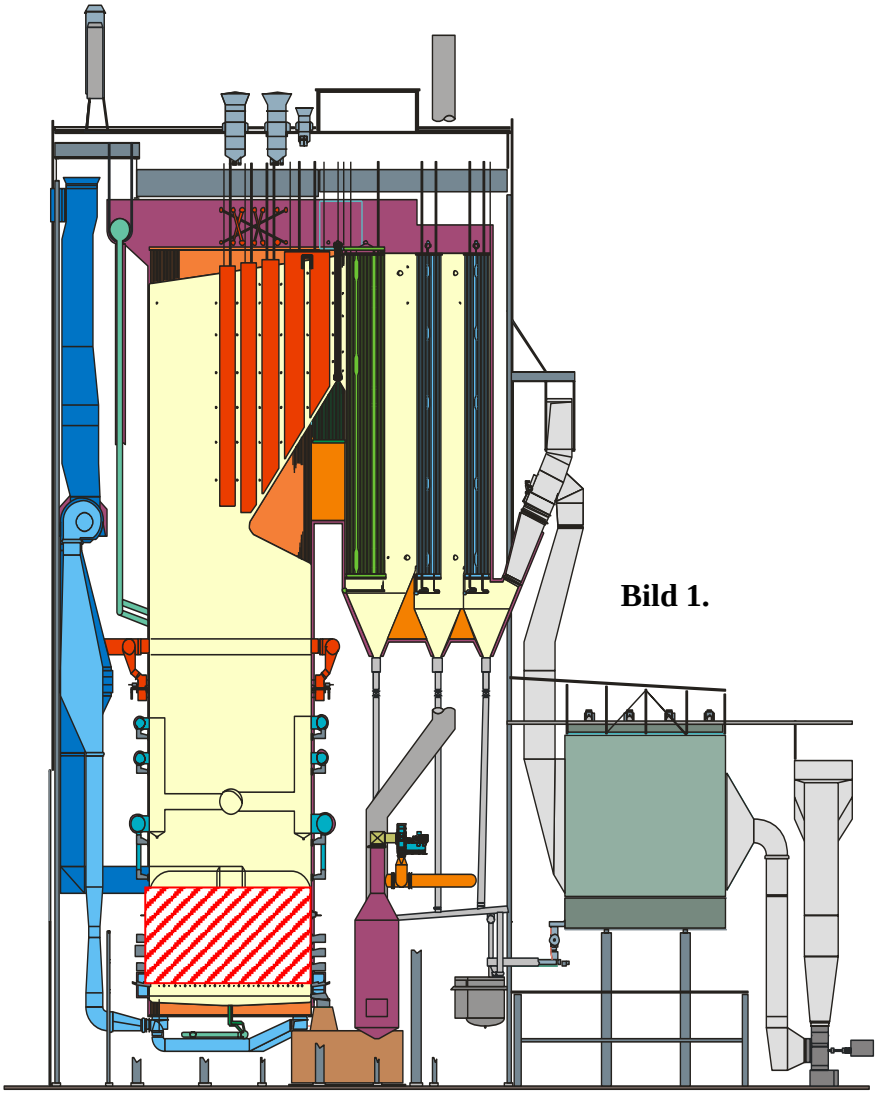


Bild 1.

6.2 Provtagningsfrekvens

Hur ofta provtuber bör tas ut för undersökningar beror i hög grad på vilka erfarenheter man har vid aktuell anläggning.
I pannor med mycket hög värmebelastning görs mätningar varje år vilket ger kontroll och dokumenterade värden över beläggningarnas tillväxthastighet samt ett bevis på hur vattenkvaliteten varit under den senaste driftperioden.
I pannor med hög vattenkvalitet och ringa beläggningsstillväxt kan tubprov uttas med lägre frekvens, t ex efter varannan driftperiod (normalt 2-3 år).

Prover bör som nämnts också tillvaratas från tuber som byts av någon annan orsak än provtagning t.ex. vid reparation efter en skada.

I händelse av att något missöde inträffar med vattenreningen eller att föroreningar kan observeras i samband med inspektioner av dom och lådor kan detta utgöra skäl för utökad provtagning och kontroll av eldstadstuber.

6.3 Förfarande vid uttag av tubprov

Vid uttag av tubprover bör tubprovernas längd vara cirka 600 mm om man använder kapskiva eller såg (helst bör kapning med skärbrännare undvikas pga. att beläggningen kan förstöras). Om tuben i alla fall kapas med skärbrännare bör tubprovets längd ökas till cirka 1000 mm.
Tuben skall behandlas varsamt eftersom beläggningen oftast är spröd och ibland porös, slag på tuben kan förstöra beläggningen. Direkt när provet tagits ur skall tuben torkas med hårtork eller liknande om den är fuktig och sedan förslutas i båda ändar för att undvika att skada skiktet (för att skydda det från ”nyfikna fingrar”) i väntan på transport till laboratoriet.

Beläggningen undersöks med avseende på tjocklek, karaktär och föroreningar. Med ledning av dessa undersökningar kan uppskattningar göras om beläggningens värmeisolerande egenskaper och om dess benägenhet att orsaka skador på tuberna.

7 Behandling av tuberna efter provuttag

7.1 Undersökning av tubytans status

Det är vanligt att den vattensidiga beläggningen skiljer sig, mellan varm och kall sida (värmebelastad och isolersida) både vad gäller tjocklek och sammansättning. Därför är det vanligt att klyva prover för att behandla dessa delar separat.

Det första steget är att undersöka tubprovets vattensida okulärt. Baserat på detta väljs delar ut för bestämning av beläggningens tjocklek, analys av dess sammansättning, bestämning av beläggningens vikt per ytenhet, samt undersökning av tubytans status under beläggningen.

Enligt urvalskriterierna ovan rengörs en del, varefter den rengjorda ytan undersöks okulärt med avseende på korrosionsangrepp.

7.2 Analys av beläggningens sammansättning

Det är väsentligt att beskriva beläggningens struktur och sammansättning. Vissa komponenter i pannbeläggningar t.ex. kol (C) är svårare att ta bort vid en kemisk rengöring och det kan krävas fler steg i rengöringsprocessen.
Om en tillräcklig mängd beläggning kan skrapas loss från vattensidan, kan en våtkemisk analys av sammansättningen göras. I fall med tunna beläggningar, görs undersökningen direkt på tubytan, lämpligen med svepelektronmikroskop, SEM (-EDS, alternativt WDS).

För att uppnå bra resultat vid den kemiska rengöringen bör även uttagna tubprov rengöras i de syralösningar som är lämpliga för aktuell beläggning. Genom sådana förstudier kan ett bästa val av kemikaliekoncept utformas och behandlingstider och temperaturer optimeras.

Beläggningens tjocklek är av avgörande betydelse för tubens materialtemperatur. Materialtemperaturen påverkar tubens hållfasthet, med ökande temperatur sjunker inte bara hållfastheten utan tubens korrosionsegenskaper förändras.

Beläggningens sammansättning har betydelse för dess värmeledningsförmåga. Om beläggningen isolerar kommer tubens yttemperatur att stiga. Järnoxid har allmänt relativt god värmeledningsförmåga medan hårdhet har sämre värmeledning.

Vid analys av beläggningen skall också hänsyn tas till dess struktur (huruvida den är porös eller inte). Samtidigt bör materialytan på både eldstadssida/isolersida och vattensida kontrolleras med avseende på korrosionsangrepp.

Om beläggningen har normal sammansättning består den av ca 72 % järn och ca 28 % syre.

Exempel på resultat från analys av beläggningsprover.

Chemical component	Rear Wall Tube 1	Rear Wall Tube71
CaO	2.1%	9,0%
MgO	2,2%	11,5%
SiO_2	3,2%	2,2%
Al_2O_3	1,9%	-
Fe_2O_3	64,6%	62,5%
MnO	0,5%	3,7%
Cr_2O_3	0,2%	-
TiO_2	0,6%	0,5%
NiO	0,3%	-
P_2O_5	1,3%	6,4%
SO_3	0,6%	2,2%
ZnO	0,2%	-
CuO	22,3%	2,0%
K_2O	0,1%	-
Σ	99,9%	100%

Kol (C) är av intresse i de fall det kan misstänkas att pannvattnet kan ha förorenats eller då pannan närmar sig det datum då en kemisk rengöring skall genomföras. Rengöringsmetoden är beroende av om kol skall avlägsnas. I andra fall kan kol undantas eftersom det kräver extra provning för att kvantifieras.

7.3 Mätning av beläggningens tjocklek

Positioner i tubprovet för bestämning av beläggningens tjocklek, bestäms efter resultatet av den okulära undersökningen av tubytorna enligt avsnitt 7.1, ovan.

Beläggningens tjocklek mäts vanligtvis i ett metallmikroskop, på ett slipat och polerat tvärsnitt av tubväggen. För praktisk hantering, gjuts provbitarna först in i krympfri plast,

varefter provberedningen kan påbörjas. För att få ett någorlunda statistiskt säkert resultat bör mätningen utföras på ett 30-tal ställen på det undersökta provet.

I många fall är det bra att försöka uppskatta beläggningens tjocklek på ett större prov. Detta är extra viktigt när man kan misstänka att delar av beläggningen faller av vid kapning och hantering av tubproverna. På den större provbiten skrapas ytan stålren på ett litet område. Här kan sedan en bladmåttsats användas för att uppskatta beläggningens totala tjocklek.

Ovanstående procedur bör utföras på material som tagits ut från den värmebelastade delen av tubprovet, såväl som på den del som varit vänd mot isolersidan.

På de preparerade tvärsnitten görs också en bedömning av det skyddande oxidskiktets kvalité, samt förekomst av korrosion på tubytan.

7.4 Mätning av beläggningens vikt per ytenhet

Mätning av beläggningens vikt per ytenhet innebär att man löser upp den vattensidiga beläggningen med inhiberad saltsyra och jämför provets vikt före och efter. På detta sätt kan man sedan beräkna mg/ytenhet som förlorats och då man kan beräkna provets inre yta.

Det är också möjligt att välja om en hel ”ring” av tubprovet skall testas eller om det skall separeras med avseende på isoleringssida och ugnssida.

7.5 Redovisning av mätvärden

För att följa beläggningens utveckling rekommenderas:

- En analys av beläggningens innehåll skall alltid göras.
  Vid förhöjda halter av hårdhet (Ca, Mg på >5%) och koppar försämras beläggningarnas värmeledande egenskaper och motiverar ett övervägande om kemisk rengöring av pannan.

- Endast uppföljning av skikttjocklek kan vara tillräckligt i de fall då beläggningen är stabil utan att falla av vid provberedningen.

- I händelse av porösa beläggningar skall skikttjocklek kombineras med mätning av vikt per ytenhet. För att testa beläggningsvikt per ytenhet rekommenderas att följa ASTM 3483.

8 Kriterier

Under förutsättning att matarvattnet är rent och att de kemiska vattenspecifikationerna kan innehållas är tillväxten av vattensidiga beläggningar liten. Behovet av kemisk rengöring aktualiseras därför inte förrän oxidskikten uppnått en viss tjocklek. Tillväxten av oxiden som följd av reaktioner mellan vattnet och tubmaterialet är låg (10-15 µm per år), vilket innebär ca 10 års drift innan kemisk rengöring aktualiseras.
Flera av de större *kraftverkspannorna* har rengjorts efter denna drifttid och vid oxidtjocklekar på 100-125 µm. I *industripannor*, som har lägre värmebelastning, kan beläggningarna vara tjockare (250 µm) utan att detta medför någon större risk för

överhettningsskador eller korrosionsangrepp.

Sodapannor i modernt utförande med ”multilevel-, eller vertikalluftsystem” som eldas med höga luttorrhalter (över 75 % luttorrhalt) har som regel högre värmebelastningar i den nedre eldstaden än äldre pannor. Vid beläggningstjocklekar över 150 µm bör man, med beaktande av beläggningarnas sammansättning, överväga kemisk rengöring.

Ombyggda och uppgraderade äldre sodapannor bör betraktas som en med högre värmebelastning och att vid beläggningstjocklek över 150 µm bör man överväga kemisk rengöring.
Föroreningar av hårdhet och koppar försämrar beläggningens egenskaper och halter av Ca, Mg >5% räknat som element motiverar ett övervägande om kemisk rengöring av pannan även om skikttjockleken understiger 150 µm.

När beläggningsproverna visar på en beläggningsanalys med ett eller flera mätvärden av kalcium, magnesium, koppar och kisel över de värden som visas i tabellen nedan rekommenderas att en erfaren och renommerad pannvattenspecialist, med stor erfarenhet från sodapannor, kontaktas för att medverka vid bedömning av vilka åtgärder som eventuellt bör vidtas.

Högsta tillåtna värden på skadliga föroreningar i beläggningsprover:

Beläggning	**Vikts-% (räknat som element)**	
Kalcium (Ca)	**5 %**	
Magnesium (Mg)	**5 %**	
Koppar (Cu)	**2 %**	
Kisel (Si)	**0,8 %**	

Beslut om kemisk rengöring av panna bör således vara underbyggt med uppgifter om beläggningens tjocklek och karaktär, kemisk sammansättning, drifttiden sedan föregående kemiska rengöring, pannas tillgänglighetskrav och konstaterade observationer vid den senast utförda inspektionen, se avsnitt 5.

8.1 Förenklad sammanfattning av kriterier

En förteckning över de faktorer som påverkar sodapannans behov av kemisk rengöring framgår av avsnitt 5. I nedanstående tabell visas förenklat några av de beslutssituationer som kan uppstå efter genomgång och summering av dessa faktorer.

- **Beslutssituation 1**
  - Normala beläggningsprover (72 % järn och ca 28 % syre)
  - Beläggningstjocklek ca150 µm
  - Drifttid sedan senaste kemiska rengöring > 8 -10 år

  Möjliga orsaker
  - Normal beläggningstillväxt

  Följder
  - Strukturförändring av material
  - Överhettning
  - Korrosion

  Åtgärd
  - Kemisk rengöring

- **Beslutssituation 2**
  - Beläggningsprov med förhöjda halter av hårdhet (Ca, Mg, Si >5%), förekomst av Cu, C

  Möjliga orsaker
  - Bristande matarvattenkvalité
  - Föroreningar (t.ex. otillåten kopparlegering i kondensat system?, olja?, lut?)

  Följder
  - Överhettning
  - Strukturförändringar i material
  - Korrosion

  Åtgärd
  - Kem. rengöring
  - Förbättrad kontroll och styrning av matarvattenkvalité
  - Översyn av materialval i kondensatsystem vid spår av koppar

- **Beslutssituation 3**
  - Normala beläggningsprover (72 % järn och ca 28 % syre)
  - Beläggningstjocklek >150 µm
  - Kort drifttid sedan senaste kemiska rengöring < 5 år

  Möjliga orsaker
  - Dålig matarvattenkvalité
  - Hög värmebelastning

Följder
- Strukturförändring av material
- Överhettning
- Korrosion

Åtgärd
- Kontroll av matarvattenberedning
- Kontroll av pannbelastning och körsätt
- Kemisk rengöring

- **Beslutssituation 4**
  - Drifttid > 10 år
  - Beläggningsundersökningar saknas

  Möjliga orsaker
  - Otillfredsställande uppföljning och kontroll

  Följder
  - Osäkerhet om beläggningsbild och rengöringsbehov
  - Strukturförändring av material
  - Överhettning
  - Korrosion

  Åtgärd
  - Undersökning av beläggningsprover
  - Införa rutiner för uppföljning av beläggningar
  - Kemisk rengöring

- **Beslutssituation 5**
  - Befarade föroreningar av matarvatten
  - Störningar i matarvattenberedningen

  Möjliga orsaker
  - Processfel

  Följder
  - Skadliga beläggningar som kan ge
  - Strukturförändring av material
  - Överhettning
  - Korrosion

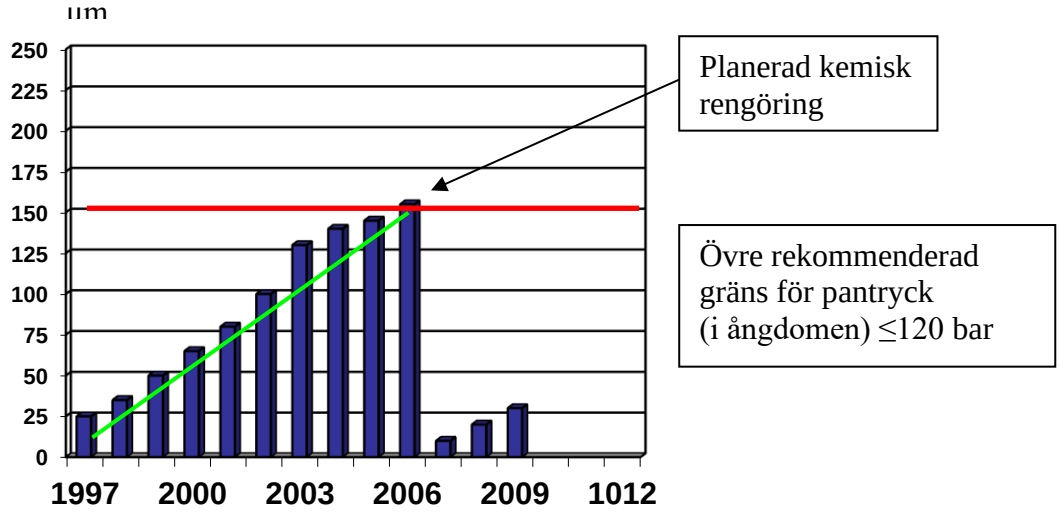
  Åtgärd
  - Undersökning av pannvatten
  - Kontakta specialist
  - Överväga behov av kemisk rengöring

9 Dokumentation

Det är viktigt att insamlade data dokumenteras på ett systematiskt sätt så att utvecklingen kan följas löpande och så att pannans rengöringsbehov kan fastställas i god tid, förutsatt att inget oförutsett inträffat.

9.1 Exempel på hur historik skapas för skikttjocklek.

Pannan startades för första gången 1996. Kontrollområde 1 ligger på vänster sidovägg och omfattar tuberna 52-62 mellan primär och sekundärluftnivå. Område 1 på vänster sidovägg indikerar behov av kemisk rengöring. Tubprover inom området har tagits ut varje år efter starten 1996. Andra provområden på front- och sidovägg visar liknande utveckling men beräknas nå 150 µm först efter ytterligare ett års drift.



10 Sammanfattning av rekommendationer

- Beslut om kemisk rengöring av panna bör vara underbyggt med uppgifter om beläggningens tjocklek och karaktär, kemisk sammansättning, drifttiden sedan föregående kemiska rengöring, matarvattnets kvalité under den gångna driftperioden sedan senaste rengöring, pannas tillgänglighetskrav och konstaterade observationer vid den senast utförda inspektionen.

- Matarvattenkvalité skall väljas med hänsyn till pannans värmebelastning, se avsnitt 3.

- Vid störningar i matarvattenkvalité eller utrustning i matarvattenberedningen eller vid misstanke om föroreningar i matarvattnet kan särskilda undersökningar av beläggningssituationen krävas genom uttag av ugnstuber.

- Om beläggningen innehåller förhöjda halter av hårdhet (Ca, Mg, Si>5%), kol eller koppar bör kemisk rengöring övervägas och samråd ske med specialist inom området.

- För bedömning av lämpligt tidsintervall mellan kemiska rengöringar rekommenderas att beläggningsprover tas ut regelbundet så att beläggningshistorik finns i beslutsunderlaget.

    - För detta ändamål identifieras sodapannans högst värmebelastade områden, med hänsyn till aktuellt körsätt, och i samråd med panntillverkaren. Positioner/områden inom det högst värmebelastade området identifieras och markeras på ritning för framtida uttag av provtuber.

    - Lämpligen tillvaratas tubprover även i samband med andra tubbyten t.ex. efter reparationer.

    - Provtuber bör även tas från vattenscreen och ekonomiser, dock med längre provtagningsintervall

- Såvida man inte hittar föroreningar i domar och lådor då prover bör uttas med tätare intervall, bör man eftersträva att med regelbundna intervall (som längst ca 3 års intervall) säkerställa prover så att man under en10-års period har ett statistiskt underlag för bedömning av rengöringsbehovet. Mot slutet av perioden kan uttag av prover rekommenderas med tätare intervall, årligen eller efter varje driftperiod vid besiktning.

- Mot slutet av perioden när rengöringsbehov närmar sig, eller om föroreningar av matarvattnet befaras ha skett, bör beläggningsanalysen även innefatta kol (C).

- Planering av kemisk rengöring bör ske i samråd med specialist inom området.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr D 1
Utgåva 6, november 2020
(Rev 2022-10-18, ny p 3.9)

Vattentvättning av sodapannans gassida

Rekommendationen avser sådan vattentvättning, som utförs i samband med att sodapannan är avställd och med användning av de vanliga sotapparaterna, högtrycksaggregat eller tvättrobot. Vattentvättning utförs lämpligen i samband med den periodiska inspektionen.

Vattentvättning har förekommit av ekonomiser och konvektionstubsats under reducerad luteldning av sodapannan. Den snabba nedkylningen av rökgaser och värmeytor resulterar i kraftiga variationer i pannans ångflöde och cirkulation. Det finns även risk för att en sotapparats lans eller dysa skulle kunna brista och som resulterar i att en stor mängd tvättvatten under högt tryck sprutar in i aggregatet.

OBS! *Sodahuskommittén avråder bestämt från att låta utföra sådan vattentvättning.*

Rengöring av sodapannans gassida kan även förekomma med s.k. sprängsotning.

Hänvisningar

Föreskrifter

Standard

Rekommendationer

Rekommendationer från Sodahuskommittén:
B 1 Sodapannors konstruktion och utrustning
B 2 Säkerhet i sodahusbyggnader
B 9 Ångsotningssystem och sotblåsare till sodapannor

Innehåll

1 Tillämpning 3
2 Utrustning för vattentvätt 3
3 Tvättningens utförande 4
4 Tvättning av ugnsbotten 6

1 Tillämpning

1.1 Vattentvättning lämpar sig i första hand för pannor med gastäta eldstadsväggar och som även i övrigt redan på konstruktionsstadiet anpassats för vattentvättning.

1.2 Installation av vattentvättningssystem innebär inte att regeln beträffande användning av skyddstak för eldstaden enligt Sodahuskommitténs rekommendation nr B 1 får åsidosättas.

1.3 För varje panna, som skall vattentvättas, skall finnas en av driftledningen fastställd, detaljerade anvisning, för hur tvättningen skall genomföras.

1.4 Anlitas extern entreprenör skall en dokumenterad riskanalys och genomgång av arbetssättet finnas i god tid före genomförandet. Man skall även ha en noggrann uppföljning under arbetets gång för att förhindra skador på tuber av tvättrobot eller högtrycksaggregat.

2 Utrustning för vattentvätt

2.1 Tvättvatten kan tillföras på följande sätt

- Via separat tvättvattenledning och pump från hetvattencistern
- Via pannans matarvattenpump från matarvattencistern
- Genom toppfyllning av pannan från matarvattencistern

2.2 Tvättvattnet bör direkt tillföras sotningssystemets stamledning genom särskild tvättvattenledning. Sotångledningen från pannan, yttre ångnät eller tryckluftnät skall vara säkert avstängbart med två ventiler och mellanliggande dränering.

2.3 Tillförsel av tvättvatten sker lämpligast med för ändamålet särskilt anordnad pump och tvättvattenledning från hetvattencistern.

Det är också möjligt att utnyttja en av sodapannans matarpumpar, varvid matarvatten används som tvättvatten. Matarvattnet kan då ledas till sotningssystemet genom en relativt kort avskiljningsbar förbindelseledning från en av matarledningarna.

2.4 Varje anslutning av tvättvatten till sotningssystem eller lutsprutor skall vara så utförd att tvättvattenledningen måste kopplas bort med löstagbart rörmellanstycke, varefter anslutningarna blindflänsas. Anslutning av tvättvatten ska indikeras i manöverrum.

2.5 Tvättvattenpump bör vara dimensionerad så att vattnet kan tillföras sotapparaterna med ett tryck av ca 2 MPa(e). Trycket skall vara reglerbart.

2.6 Toppfyllning av pannan med matarvatten kan också tillämpas för att vattentvätta med sotapparaterna. Då fyller man emellertid primäröverhettarna med tvättvatten och det kan ge problem vid påeldning av pannan.

2.7 Tvättvattnet från eldstaden samlas upp i smältlösartanken, varifrån det pumpas eller bräddas till fabrikens slutna avlopp. Från askfickorna kan vattnet ledas till lösartank eller helst

direkt till dumpningstank eller avlopp. Beträffande avlopp, se Sodahuskommitténs rekommendation nr B1 och B2.

Föreligger risk att tvättvattnet kan bli surt, måste åtgärder vidtas så att tvättvattnet inte kan komma i kontakt med avlopp, som innehåller spill från grönlut eller svartlut.

3 Tvättningens utförande

3.1 Före vattentvättning skall nedeldningen pågå till dess att bädden bränts ned fullständigt och mängden kvarvarande smälta i eldstaden blivit så liten som möjligt. Det är dock av största vikt att nedeldningen sker försiktigt, så att man inte överhettar bottentuberna.

3.2 Under hela tiden nedeldningen pågår bör man låta sotapparaterna arbeta.

3.3 När smältan slutat att rinna i löprännorna skall resterande bädd svalna minst 15 timmar innan vattentvättningen får ta sin början i konvektionsdel och överhettare. Obs viktigt: *Beroende på mängd kvarvarande bädd kan väntetiden behöva förlängas utöver 15 timmar.*

3.4 Det kommer att utvecklas metoder som syftar till att förkorta tiden för avställning av sodapannan.
Ett exempel är *smältapumpning* som tillämpas i ett antal sodapannor. *Om anläggningsägaren överväger att krympa väntetiden innan vattentvättning påbörjas under rekommenderade 15 timmar, måste detta i varje enskilt fall föregås av en inspektion av eventuellt kvarvarande bädd och en noggrann riskanalys måste utföras av erfaren personal.*

3.5 Även till synes stelnad smältabädd kan bestå av ett stelnat skal och inkapslad flytande smälta. Temperaturchocken vid tillförsel av tvättvattnet kan få detta skal att spricka.

3.6 Tvättning av de delar av pannan där tvättvattnet inte kan nå eldstaden, exempelvis vissa ekonomisers, (men inte konvektionsdelen) kan påbörjas tidigare än vad som tillåts för pannans ugn. Anslutningen av tvättvatten till dessa grupper av sotapparater skall vara separat och avskild från övriga sotapparater. När den inte används skall anslutningen demonteras.

3.7 Det rekommenderas att vissa betjäningsöppningar och luftportar är avskärmade samt att sotapparaternas spärrluft är påkopplad under tvättningen.

Såväl pannleverantör som sotapparatleverantör bör lämna anvisningar om vad som behöver avskärmas.

3.8 Vid vattentvätt skall packboxarna dras före tvätt och väggenomföringarna renblåsas. Stoftfyllda väggenomföringar packar sig till hårt stelnat stoft om de inte renblåses före tvättningen.

3.9 För att minska risken för spänningskorrosion bör pannan vara trycklös innan vattentvättning påbörjas.

3.10 Tvättvattnets temperatur bör vara minst 70°C för att uppnå god tvätteffekt och låg vattenförbrukning. Temperaturskillnaden mellan tvättvatten och pannvatten bör dock vara högst 50°C.

3.11 Tvättningen bör i regel påbörjas med de översta sotapparaterna först och därefter fortsätter man nedåt.

3.12 Beroende på resultatet av tvättningen med sotapparaterna, kan det i vissa fall vara nödvändigt med en kompletterande spolning av eldstadsväggarnas nedre del och utrymmet under näsan. Detta kan utföras med s.k. tvättrobot.

3.13 Anlitas en extern entreprenör för tvättning med tvättrobot eller högtrycksaggregat skall firman inneha kunskap och utbildning för denna typ av hantering.

3.14 Kontinuerlig tillsyn av tvättningen och robotens funktion måste finnas för att förhindra att tvättroboten eller högtrycksaggregatet ger upphov till erosionsskador på tuberna. Försök tyder på att redan ett fåtal minuters spolning i samma punkt på en tubyta med ca 1000 bars tryck kan ge djupa erosionsskador.
Om en spolrobot lossnar eller kommer i svängning kan den orsaka mekaniska skador på tuber som den träffas av. Spolroboten ska därför vara väl förankrad under pågående arbete.
Kontinuerlig övervakning av varje tvättrobot ska anordnas så att vattnet omedelbart stängs av om den fastnar i någon position eller om den lossnar eller kommer i svängning. Spoltrycket bör begränsas med beaktande av skaderisken.
Efter utförd högtryckstvätt skall det berörda området besiktigas för att se om det uppstått några erosionsskador.

3.15 Samtliga berörda stofttransportörer skall vara i drift såväl under som efter tvättningen till dess transportsystemet är helt torrt. På så sätt undviks att igångsättningen av transportörer och slussapparater fastnar och att igångsättningen försvåras.

3.16 Efter avslutad vattentvättning kan sotningsprogrammet köras en gång utan vatten för att få en extra spolning av boxarna med spärrluft. Därefter skall tvättledningen avskiljas från sotningssystemet. Sotningssystemet dräneras därefter noggrant.

3.17 Efter genomförd tvättning skall väggenomföringarna inspekteras.

3.18 Skall pannan inspekteras efter vattentvättningen kan en eventuell torkeldning försvåra den efterföljande inspektionen. Man bör därför om möjligt torka eldstaden med förvärmd luft.

Har man vattentvättat därför att man haft igensättningar i pannan och pannan skall tas i drift omedelbart efteråt, så måste pannan torkeldas innan luteldningen startas. Torkeldningen måste

pågå ända till dess att det slutar rinna vatten från löprännorna.

4 Tvättning av ugnsbotten

4.1 Om man avser att också tvätta ugnsbotten så bör man tillföra vattnet genom lutsprutorna samtidigt som tvättningen sker via sotningssystemet.

Det rekommenderas starkt att man undviker mekanisk bearbetning av stelnad smälta på bottentuberna eftersom risken för tubskador är stor. Förekomsten av utrustning för mekanisk bearbetning, t.ex olika former av spett och korpar bör förbjudas i eldstaden.

Som alternativ till mekanisk bearbetning rekommenderas högtryckstvättning med beaktande av p 3.13.
Det förutsätts att ovanstående anvisningar helt följs i de punkter som berör personsäkerhet och mekaniska skador på eldstaden samt i övrigt i tillämpliga delar.

4.2 Efter avslutad tvättning av ugnsbotten skall tvättledningen avskiljas från lutsprutorna och systemet dräneras väl. Även sotångsystemet skall avskiljas och dräneras på samma sätt.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr D2
Utgåva 5, februari 2026

Kontroll av Sodapannor

Arbetsmiljöverkets föreskriftssamling har som omtalats på annat håll omarbetats och ersatts med ett antal nya mer sammanfattande föreskrifter, vilka trädde i kraft den 1 januari 2025.

Med Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2023:11: ”Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning, säker användning” trädde därför alltså en ny regelsamling i kraft, vilken ersätter den äldre föreskriften AFS 2017:3 ”Användning och kontroll av trycksatta anordningar”. Den gamla föreskriftens krav kvarstår i stort sett oförändrat, men ordningen på innehållet har samtidigt blivit starkt förändrad.

AFS 2023:11 är i sin tur kompletterad med en ändringsföreskrift AFS 2024:4, varför man bör hålla sig ajour med den uppdaterade (konsoliderade versionen) på Arbetsmiljöverkets hemsida. Kraven på utbildning och certifiering av pannoperatör har t.ex. förändrats.

föreskriften AFS 2001:1 ”Systematiskt arbetsmiljöarbete” har på samma sätt förts över till den nya föreskriften AFS 2023:1, ”Systematiskt arbetsmiljöarbete - grundläggande skyldigheter för dig med arbetsgivaransvar”. Här noteras två nytillkomna paragrafer, 2§ och 3§, i övrigt med paragraferna ungefär som tidigare.

Däremot återfinns den tidigare föreskriften AFS 2020:1, (tidigare AFS 2009:2) ”Arbetsplatsens utformning” i inte mindre än tre nya olika föreskrifter:
AFS 2023:3, “Projektering och byggarbetsmiljösamordning – grundläggande skyldigheter”,
AFS 2023:11, “Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning”,
AFS 2023:12, “Utformning av arbetsplatser “,

Ikraftträdandet av de nya föreskrifterna innebär till övervägande del endast mindre förändringar i innehållet, men när det gäller de enskilda paragraferna, så har ordningen dem emellan alltså bitvis “stuvats om” i väsentlig omfattning.

Beträffande besiktningarna, eller kontrollen, som de numera alltså heter, så innebar även det tidigare systemet en större flexibilitet vad avser besiktningsperiodernas längd. Det gavs också redan då en större möjlighet till att basera kontrollen och kontrollintervallen på utförd riskbedömning (ordet riskanalys är utmönstrat, men lever i viss mån kvar i en del dokument). Nya pannor, eller där dokumenterad erfarenhet saknas, får börja som tidigare med ett antal perioder om 1 år mellan de återkommande besiktningarna. Sedan dokumenterade goda erfarenheter vunnits ges sedan möjlighet till såväl längre kontrollintervall som till kontroll baserad på riskbedömning.

Utöver de rent säkerhetsmässiga föreskrifterna har tillkommit detaljerade föreskrifter om pekuniära bestraffningar för den som trotsar regelverket.

Hänvisningarna i denna Rekommendation hänför sig till den konsoliderade versionen av AFS 2023:11 där ej annat sägs.

För denna Rekommendation gäller ansvarsbegränsning enligt Rekommendation A3SE.

Hänvisningar

föreskrifter efter 1 januari 2025
AFS 2023:1, ”Systematiskt arbetsmiljöarbete - grundläggande skyldigheter för dig med arbetsgivaransvar.”
AFS 2023:3, “Projektering och byggarbetsmiljösamordning – grundläggande skyldigheter”,
AFS 2023:11, “Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning”,
AFS 2023:12, “Utformning av arbetsplatser “,

Äldre föreskrifter (numera ej längre gällande)
AFS 2017:3/(AFS 2020:10), ”Användning och kontroll av trycksatta anordningar”
AFS 2001:1/(AFS 2008:15), ”Systematiskt arbetsmiljöarbete”
AFS 2009:2/(AFS 2020:1), ”Arbetsplatsens utformning”
AFS 1982:3, ”Ensamarbete”
AFS 1999:4, ”Tryckbärande anordningar”
AFS 2002:1, ”Användning av trycksatta anordningar”
AFS 2005:2, ”Besiktning av trycksatta anordningar”

Standard, normer m.m.
SSG 5264 Processövervakning - Larmsignal och varningsindikering
SS-EN 31000 Riskhantering – principer och riktlinjer
SS-EN 31010 Riskhantering – metoder för riskbedömning

Rapporter

Skadegruppen informerar nr 97-02 (matarvattenledningar)

Innehåll

1 Rekommendationens tillämpningsområde 4
2 Några definitioner 4
3 Indelning och övervakning 5
4 Förutsättningar för användning 5
5 Allmänt om kontroll 6
5.1 Praktiska synpunkter 7
6 Villkor för trycksättning 7
7 Första kontroll 8
8 Fortlöpande tillsyn 8
8.1 Journalföring 9
8.2 Komponenter med begränsad livslängd 9
9 Återkommande kontroll (vid ej riskanpassad kontroll) 10
9.1 Driftprov 10
9.1.1 Funktionskontroll av säkerhetsutrustningen 10
9.1.2 Systemkontroll 10
9.2 In- och utvändig undersökning 11
9.3 Intervall för återkommande kontroll 11
9.3.1 Flera sammankopplade anläggningar 11
9.3.2 Intervall mellan driftprov 11
9.3.3 Förkortat intervall för funktionskontroll av säkerhetsutrustning 12
9.3.4 Intervall mellan in- och utvändig undersökning 12
10 Riskanpassad kontroll av trycksatta anordningars skick 13
10.1 Allmänt om riskanpassad kontroll 13
10.2 Förutsättningar för riskanpassad kontroll 13
10.3 Utformning av program för riskanpassad kontroll. 14
10.4 Uppföljning av program för riskanpassad kontroll 14
10.5 Oanmälda besök hos arbetsgivaren 15
10.6 Återkallande av program för riskanpassad kontroll 15
10.7 Rapporter och intyg 16
11 Revisionskontroll 16
11.1 Dokumentation av utförda reparationer och ändringar 16
12 Förfallomånad 17
13 Åtgärder efter kontroll, skyltar 18
14 Kontrollorgan 19
14.1 Bevarande av dokument 19
15 Sanktionsavgifter 19
16 Ikraftträdande och övergångsbestämmelser 19
17 Tillämpning av denna Rekommendation 20

1 Rekommendationens tillämpningsområde

Dessa rekommendationer avser kontroll av sodapannor såväl vid nyinstallation, som vid återkommande kontroller och efter reparationer och ombyggnader (tillämpningsområde, 9 Kap. 1§, sid.71). Råden i Rekommendationen kan innehålla sådant som kan tillämpas även på andra objekt, men innebär inte för dem något tillräckligt underlag för planerande och genomförande av åtgärder.

Man skiljer i föreskriften mellan Sodapannor som tagits i drift efter föreskriftens tillkomst och äldre sodapannor, där en övergångsperiod mellan tidigare och ny tillämpning är indikerad. T.ex. får utrustningar som godkänts enligt den äldre föreskriften AFS 1999:4 även fortsättningsvis tillhandahållas på marknaden resp. tas i bruk (AFS 2023:11, 9 kap. 42§, sid. 98) (även AFS 2023:5, 3§). Likaledes gäller t.ex. bestämmelserna om ”Första kontroll” endast till vissa delar för utrustning som tillverkats enligt EU:s produktdirektiv (10 kap. 9§, sid.109), motsvarande gäller också för Revisionskontroll (10 kap. 20§, s.115).

Arbetsgivaren (företagsledningen) är ansvarig för att föreskriften tillämpas (9 kap. 5§, sid.77 resp. 10 kap. 6§, sid.107) vilket omfattar även ansvaret för underentreprenörer. Det innebär att de kontroller som föreskrivs skall vara utförda och anläggningen godkänd av ett ackrediterat kontrollorgan (10 kap, 43§, sid.125).

Utöver kravet på föreskrivna kontroller reglerar föreskriften (10 kap. 27§, sid.118) även ett antal övriga krav för användning:

- Ansvarig skall hålla sig städse informerad om förhållandena på anläggningen (9 kap. 20§, s.115 samt 10 kap. 27 – 32§ och 38 – 42§, sid.118 - 125).
- Anläggningen får inte användas vid tryck eller temperatur som överskrider eller på annat sätt avviker från de Kontrollorganet fastställt för anläggningen (10 kap, 27 – 29§, sid.118).
- Anläggningen får inte användas för annan tid än den godkänts (10 kap. 27§, sid.118).

Sodahuskommittén bedömer att drift av sodapanna skall ske med ständig övervakning och att periodisk övervakning inte kommer ifråga. I praktiken innebär detta också att det ständigt bör finnas behöriga operatörer i bakgrunden eftersom föreskriften inte berör hur man löser situationen om ansvarig operatör blir akut opasslig (10 kap. 32§ och 33§, sid. 122)

2 Några definitioner

- Kontroll — Undersökning av en utrustning
- Besiktning — Utmönstrat begrepp. Se ”kontroll”
- Riskanalys — Utmönstrat begrepp. Se ”riskbedömning”
- Riskbedömning — Begreppet används i 2023:11, men är inte definierat.
- Egenkontroll — Utmönstrat begrepp. Se ”Fortlöpande tillsyn”.
- Fortlöpande tillsyn — Begreppet används i 2023:11, men är inte definierat.
- Systemkontroll — Se bilaga 7, 1.3§ sid 217

3 Indelning och övervakning

En Sodapanna klassas som Klass A och skall vara föremål för ständig övervakning. Periodisk övervakning av en sodapanna är inte ifråga (9 kap. 29§, sid. 88, se även 10 kap. 28§, sid. 119).

Utbildnings- och certifieringskrav för pannoperatör enligt den ursprungliga versionen av AFS 2023:11 och tidigare föreskrifter är ändrade och har nu följande lydelse:

10 kap. 30§ och 31§, sid. 120 - 121 i föreskiften (enligt ändringsföreskrift AFS 2024:4):

30§: Arbetsgivaren ska se till att pannoperatörer som övervakar en panna i klass A eller B i enlighet med 27§ och 28§ har kunskaper enligt bilaga 8. Arbetsgivaren ska dessutom se till att pannoperatörerna får de kompletterande kunskaper och färdigheter som driften av den specifika pannan kräver. Arbetsgivaren ansvarar för att kunskaperna är dokumenterade

Allmänna råd: Kunskaperna kan vara dokumenterade på flera sätt, till exempel genom:
1. kursintyg för relevanta kurser, eller
2. intyg från arbetsgivaren som visar antingen att pannoperatören har erfarenhet av drift och övervakning av den specifika pannan, samt längden av denna erfarenhet, eller
3. intyg från arbetsgivaren som visar att pannoperatören har fått praktisk och teoretisk utbildning på den specifika pannan som övervakas, samt hur denna kunskap förvärvats.

31§: 1. En arbetsgivare som låter en pannoperatör övervaka en panna i klass A eller B, ska dokumentera uppdraget. Av dokumentationen ska det framgå uppgifter som 1. identifierar den pannoperatör som har uppdraget,
2. upplyser om vilka uppgifter som ingår i uppdraget, och
3. anger hur arbetsgivaren har säkerställt att 30§ är uppfylld. På ett gemensamt arbetsställe ska den samordningsansvariga arbetsgivaren ha rutiner för att säkerställa att den som övervakar en panna har dokumentation enligt första stycket från sina respektive arbetsgivare.

Arbetsgivaren ska även säkerställa att tillräckligt många certifierade pannoperatörer är tillgängliga för att utesluta att pannan lämnas utan behörig övervakning när den är i drift. Ständig övervakning innebär att operatören omedelbart kan nå behållaren och utan svårighet avgöra om det fortfarande är säkert att låta anordningen vara trycksatt samt vid avvikelser vidta nödvändiga åtgärder i tid (9 kap. 37§, sid. 94). Kan övervakningen inte upprätthållas så får driften av den inte fortsätta (10 kap. 32§, sid. 122).

4 Förutsättningar för användning

I föreskriften 9 kap. 6§ (sid. 78) innehåller föreskrifter om hur arbetsgivaren skall hålla sig informerad om och förebygga eventuellt förekommande risker med verksamheten.

Härutöver märks:

- Anläggningen skall ha godkänts vid kontroll och kontrollintervallets bortre tidsgräns får inte ha överskridits (10 kap. 10§, sid. 110). Av Kontrollorgan fastställt högsta tryck och högsta temperatur får inte överskridas (9 kap. 28§, sid. 88)
- En riskbedömning av anläggningen och anläggningens användning skall vara utförd och ligga till grund för beviljande av driftstillstånd (9 kap. 6§, sid.78). Arbetsgivaren skall

härvid överväga vilka omständigheter, som kan medföra arbetsskada eller annan fara (AFS 2023:1, 11§, AFS 2023:11, 9 kap. 7§, s.78).

- Riskbedömningen skall härvid ta hänsyn till anläggningens ålder, kondition och andra livslängdsbegränsande faktorer. Den ska även väga in övriga erfarenheter, såväl från den egna, som från andra liknande anläggningar, tex. efter utförda reparationer eller ändringar, tidigare olyckor och tillbud, anmärkningar i kontrollrapporter (9 kap.6§, sid.78).
- Risk för frysning om lokalen står ouppvärmd bör beaktas (9 kap. 8§, s.79).
- Riskbedömningen skall redovisas skriftligen. Inträffar skada eller olycksfall som påverkar riskbedömningens slutsatser eller innehåll skall händelsen utredas och de åtgärder vidtas som härvid kan bli aktuella (AFS 2023:1, 12§ och 13§).
- Riskbedömningen skall följas upp regelbundet, vilket kan ske t.ex. genom daglig tillsyn och genom återkommande skyddsronder (9 kap. 9§, sid. 79).
- Upptäckta eller konstaterade risker skall ofördröjligen åtgärdas (9 kap. 9§, pkt 1-6, s.79 samt 9 kap. 38§, sid. 95).
- Upptäckta risker och vidtagna åtgärder skall dessutom dokumenteras. Personal, såväl egen som utomstående, skall hållas väl informerad om aktuella risker (9 kap. 38§, s. 95).
- Även tryckbärande anordningar som inte är direkt besiktningspliktiga bör beaktas även om de är i klass B, t.ex. alla rörledningar direkt anslutna till pannkroppen.
- Arbetsgivaren skall utse en person som ansvarar för och samordnar kontroll- (d.v.s. tidigare benämnt besiktnings-) och underhållsåtgärder, så att föreskrivna krav enligt föreskrifterna innehålles, (9 kap. 12§, sid. 81 samt 38§, s. 95).
- Arbetsgivaren skall upprätta en skriftlig förteckning över samtliga trycksatta anordningar av såväl klass A som B på arbetsstället. Utöver själva tryckkärlet kan det gälla andra trycksatta kärl och rörledningar, som Dolezalkylare och liknande samt t.ex. matarvattenledningar och matarvattentank eller trycksatta lutcisterner eller ångledningar för överhettad ånga (9 kap. 36§, s. 94).
- Anordningar med begränsad livslängd, t.ex. genom korrosion, utmattning eller krypning, skall regelbundet tillses och eventuella upptäckter eller åtgärder journalföras (9 kap. 39§, sid. 96).

5 Allmänt om kontroll

Kontrollorganens kontroll av en trycksatt utrustning omfattar åtgärderna:

- Första kontroll
- Återkommande kontroll: driftprov, in- och utvändig undersökning,
- Fortlöpande tillsyn
- Revisionskontroll, tryckkontroll
- Åtgärder efter kontroll
- Återkommande kontroll enligt schema kan ersättas med riskanpassad kontroll

5.1 Praktiska synpunkter

En första förutsättning är att anläggningen är tillgänglig, att nödvändiga ställningar finns på plats, att skyddsstaket är inlagt och att besiktningsmannen har registrerat sin närvaro till ansvarig operatör i kontrollrummet.

Slutna utrymmen skall vara kontrollerade på dräglig temperatur, atmosfärssammansättning, nödvändig renhet, säkerhet mot fallande föremål eller fallande beläggningar. Nödvändig belysning skall finnas anordnad eller tillgänglig. Instigningsluckor skall kunna blockeras i öppet läge.

Öppna stegar eller gångvägar mellan ställningsplan skall ha ryggskydd eller motsvarande och vara lätt tillgängliga. Instigningsluckor högre än ½ meter ovan gångplan skall ha anordnats för att lättare kunna åla sig in i pannan. Notera AFS 2023:2 om ensamarbete i den mån besiktningsmannen inte har medhjälpare med sig.

Utrustning och instruktioner skall finnas för att kunna hantera akuta sjukdomsfall, t.ex. fallskador, som kan uppträda i samband med vistelsen i eldstaden.

Besiktningsmannen skall ha tillgång till och använda för tillfället rekommenderad skyddsutrustning, som hjälm, visir, säkerhetslina m.m. alltefter uppkommande behov.

Utrustning som förvaras i fickor skall vara säkrad i sådana fall som t.ex. i ångdomen, när det finns oskyddade fallrör.

Syror, t.ex. för metallografisk provberedning, får inte införas i pannan utan att samtliga i pannan berörda personer bär ett fullgott skydd mot svavelväteutveckling. Syror utgör ett faromoment även i övriga utrymmen i sodahuset och måste behandlas med största försiktighet, t.ex. vid kemisk rengöring.

Vad ovan sägs gäller i tillämpliga delar även annan personal som tjänstgör i sodahuset.

6 Villkor för trycksättning

Innan en ny eller omgjord/reparerad anläggning har färdigställts för att tas i bruk och genomgå första kontroll eller revisionskontroll får den inte trycksättas annat än vad Kontrollorganet bedömer vara lämpligt för tryckkontroll, provdrift, intrimning eller liknande (10 kap. 7§, sid. 108).

Vidtagna ändringar och reparationer skall vara dokumenterade och åtföljas av föreskrivna kontrollintyg, t.ex. avseende konstruktion och konstruktionsberäkningar, flödesschema, säkerhetsutrustning eller tillverkningsåtgärder, som svetsning eller liknande enligt AFS 2023:5 (d.v.s. PED). Riskbedömning över aktuella ändringar eller tillägg skall vara utförd och dokumenterad (AFS 2023:1, 11§). I förekommande fall skall tryckkontroll vara utförd och dokumenterad. Säkerhetsutrustningen skall vara i gott skick. Tillämpliga tillverknings- och användningsinstruktioner skall finnas (AFS 2023:9, 6 kap. 4§ och 5§; AFS 2023:11, 9 kap. 40 – 42§, sid. 97 – 98).

Anläggning som täcks av en försäkran om överensstämmelse med Tryckkärlsdirektivet anses uppfylla kraven och omfattas inte av kravet på första kontroll (10 kap. 9§, sid. 107).

7 Första kontroll

Kontroll som görs innan utrustningen trycksätts för första gången. Som ett led i den första kontrollen kan göras tryckkontroll, driftprov eller liknande innan den godkänts om kontrollorganet anser att vara lämpligt (10 kap. 9§, sid. 109).

Första kontroll kan också indiceras av sammankoppling mellan trycksatta anordningar eller om utrustning flyttats och fått ny placering.

Kontrollorganet gör vid den första kontrollen en bedömning av utrustningens utförande och allmänna lämplighet för sitt ändamål och kontrollerar att tillverkningsunderlaget i form av ritningar, kontrollrapporter, svetslicenser m.m. uppfyller ställda krav. Anläggningen skall medge nödvändiga förutsättningar för tillträde och åtkomlighet och vara placerad så att den inte utgör en potentiell risk för omgivningen, såväl vid ordinarie drift som vid extraordinära tillfällen.

Till det senare hör utrymningsmöjligheter och nödutgångar, men även t.ex. utblåsningsrörens placering och robusthet vid snabbtömning eller om säkerhetsventilen öppnar. Andra förhållanden är bl.a. risken för frysning eller eventuell förekomst av oskyddade heta ytor.

Det skall finnas drifts- och säkerhetsinstruktioner såväl för uppstart, ordinarie drift som för förutsebara driftsavvikelser.

Första kontroll underlättas om Kontrollorganet ges möjlighet att följa tillverkningen medan den pågår istället för att mötas av en nyckelfärdig anläggning.

Då anläggningen vanligen åtföljts av ett Intyg om Överensstämmelse enligt Tryckutrustningsdirektivet inskränker sig Kontrollorganets insatser vi första kontroll till att bedöma anläggningens placering och lämplighet, medan tillverkningsunderlaget täcks av Intyget om Överensstämmelse.

8 Fortlöpande tillsyn

Det skall finnas dokumenterade rutiner för tillämplig fortlöpande tillsyn av sodapannan inklusive dess säkerhetsutrustning (9 kap. 9§, avsnitt 1-6, sid. 79; 9 kap.13§ sid. 81 och 38-39§ sid. 95 - 96 resp. 10 kap. 38§, sid. 124). Arbetsgivaren ska ge en enskild person uppgiften att ansvara för att den fortlöpande tillsynen genomförs och dokumenteras. Denne ska minst en gång per år utvärdera och vid behov revidera rutinerna för fortlöpande tillsyn.

Arbetsgivaren skall mellan kontrolltillfällena hålla anläggningen i gott skick och snarast åtgärda avvikelser som kan ha betydelse för säkerheten, t.ex. brister i kontroll-, regler- eller övervakningsutrustning. Regelbunden rondering i pannhuset med föreskrivna kontrollpunkter bör arrangeras och ingå i personalens arbetsbeskrivning. Dagbok bör föras där alla avvikelser noteras och där det noteras när de blivit åtgärdade. Riskbedömningen kan tjäna som underlag för vilka kontrollpunkter som behöver särskilt beaktas. Eventuellt uppträdande läckage i tryckkärlet eller misstanke om läckage måste omedelbart medföra åtgärder.

Övrig utrustning skall hållas i gott skick alltefter behov, ett exempel är sotningsutrustningen, där felfunktioner kan smyga sig in och med tiden ge upphov till sekundärskador.

Vibrationer, missljud, olje- eller lutläckage, deformationer, värmeläckage eller liknande i utrustningen bör uppmärksamma och i den mån de kan leda till skador bör de utredas och åtgärdas i god tid. Anläggningen bör hållas i gott skick vad avser framkomlighet, renlighet m.m, så att dess status kan överblickas, men också så att framkomligheten i anläggningen inte åsidosätts. Nödutgångar får inte blockeras.

Brandtillbud skall förebyggas genom att bl.a. ge akt på oljeläckage eller ansamlingar av brandfarligt material. Olja som tränger in i isoleringen till pannväggen utgör en särskild risk.

8.1 Journalföring

Dagbok skall föras över inträffade händelser och anmärkningar samt över relevanta driftsparametrar (9 kap. 39§, sid. 96).

Uppföljning och utvärdering av kontrollrapporter och där föreskrivna åtgärder bör också dokumenteras och arkiveras. Åtgärder som vidtas på grund av att en komponent har skadats eller på annat sätt försämrats ska dokumenteras i en avvikelserapport.

Avvikelserapporten ska beskriva (9 kap. 13§, sid. 81):

- skadan eller försämringen,
- genom vilken iakttagelse skadan eller försämringen har upptäckts,
- datum för iakttagelsen,
- vilken åtgärd som behövs,
- orsaken till det som iakttagits, om den inte är uppenbar, och
- datum då åtgärd vidtogs.

Av avvikelserapporten ska det framgå vem som har gjort rapporten.

8.2 Komponenter med begränsad livslängd

Om den begränsade livslängden för en komponent har uppnåtts enligt de givna förutsättningarna, så får den fortsättningsvis bara användas om Kontrollorganet bedömer det styrkt genom en riskbedömning att anordningen i verkligheten har en längre användbar livslängd än som förutsetts från början (9 kap. 39§, sid. 96).

Dessutom gäller att i de fall där man har ångtemperaturer vid eller över 480°C bör särskild timdagbok föras över utgående ångtemperatur och över panntrycket, så att man kan utvärdera den krypskada som successivt ackumuleras och som kan avgöra när en högtemperaturutrustnings livslängd är utlupen.

I den mån anläggningen är utsatt för utmattningspåkänningar bör journal föras över driftsstillestånd eller motsvarande som kan ge upphov till termisk utmattning.

Uppföljningen av driftsparametrar sker lämpligen via det datoriserade övervakningssystemet.

Exempel på information som tillverkaren ofta lämnar i bruksanvisningen angående en anordnings livslängd är:

- för krypning: antalet driftstimmar vid specificerade temperaturer,
- för utmattning: antalet cykler vid specificerade trycknivåer, eller
- för allmän korrosion: väggtjocklek.

9 Återkommande kontroll (vid ej riskanpassad kontroll)

Den återkommande kontrollen kan utföras antingen enligt ”ordinarie” schema (se avsnitt 9.3 resp. avsnitt 12 nedan), eller enligt särskilt program för riskanpassad kontroll.

I det förstnämnda fallet består den återkommande kontrollen dels av driftprov och dels av en in- och utvändig undersökning. Driftprovet i sig består sedan av de bägge delmomenten funktionskontroll av säkerhetsutrustningen och systemkontroll. Återkommande kontroll beskrivs i Författningens bilaga 7, sid. 217 ff.

9.1 Driftprov

Driftprov består av funktionskontroll av säkerhetsutrustningen och systemkontroll. Kontroll i form av in- och utvändig undersökning ingår inte i begreppet driftprov, utan den kontrollen görs enligt ett särskilt schema. (bilaga 7, pkt. 1.1, sid 217)

9.1.1 Funktionskontroll av säkerhetsutrustningen

Vid funktionskontroll av säkerhetsutrustningen skall Kontrollorganet kontrollera att säkerhetsutrustning som fanns vid föregående kontroll dels att den finns kvar och dels att den fungerar utan anmärkning. Kontrollorganet skall härvid också kontrollera dess skick, så att den inte påverkats negativt av t.ex. invändig korrosion, korrosionsprodukter eller saltbeläggningar eller annan materialpåverkan som kan påverka dess säkerhet eller dess funktion. (bilaga 7, pkt. 1.2, sid. 217)

9.1.2 Systemkontroll

Systemkontrollerna ska ligga till grund för bedömningen av om anordningen kan användas på ett säkert sätt tillsammans med andra trycksatta anordningar eller maskiner som den påverkar eller påverkas av. (bilaga 7, pkt. 1.3, sid. 217)

Kontrollorganet skall kontrollera om

- den trycksatta anordningen påverkats av vibrationer, utmattningslaster eller andra skadliga belastningar och vilka man inte tagit hänsyn till i samband med att den togs i bruk.
- det förekommer läckage som har betydelse för säkerheten
- det uppstått omständigheter som kräver att man gör revisionskontroll

Vid kontrollen skall Kontrollorganet ta hänsyn till brister som dokumenterats vid arbetsgivarens fortlöpande tillsyn.

I de fall driftprovet inte utförs i kombination med en in- och uvändig undersökning kan kontrollorganet göra systemkontrollen genom att granska rutinerna för och dokumentationen av den fortlöpande tillsynen, förutsatt att den är tillräcklig för att göra bedömningen av om anläggningen uppfyller ställda krav i de bestämmelser den kontrollerats emot och att den även i övrigt är säker att använda för det av Arbetsgivaren avsedda ändamålet (bilaga 7, pkt. 1.3, sid. 217)

9.2 In- och utvändig undersökning

Kontrollorganet skall utföra in- och utvändig undersökning i den omfattning som krävs för att bedöma om slitage, skador eller andra omständigheter gör att det inte längre är säkert att låta den trycksatta anordningen vara trycksatt (Bilaga 1, pkt.2.1, s.220).

Beroende på förutsättningarna kan ”den omfattning som krävs” innebör okulär bedömning, oförstörande provning, ett inspektionsprogram, mätningar eller andra dokumenterade iakttagelser från användningen.

Vid undersökning av rörledningar är ”den omfattning som krävs” normalt endast utvändig undersökning av högt påkända delar, expansionsanordningar och rörstöd samt delar där korrosion, nötning, sprickor eller andra felaktigheter kan misstänkas kunna uppstå.

Beträffande framförallt huvudångledningen bör även en bedömning av eventuell materialkrypning och följdskador av materialkrypning vid hög temperatur övervägas.

Ledningar dragna i sluten (skyddad) kulvert undersöks normalt enbart i den utsträckning de är åtkomliga (10 kap. 5§, sid. 106).

9.3 Intervall för återkommande kontroll

9.3.1 Flera sammankopplade anläggningar

Funktionskontroll av säkerhetsutrustning som utförts vid driftprov av en viss trycksatt anordning, får tillgodoräknas vid driftprovet av en annan trycksatt anordning som driftprovats under den första trycksatta anordningens intervall.

9.3.2 Intervall mellan driftprov

Grundintervallet mellan driftprov är för en sodapanna 2 år (bilaga 1, pkt. 1.4, sid. 218). Sodapannan räknas som ”övrigt tryckkärl”. För ångledningen är grundintervallet 4 år.

Om kontrollorganet har konstaterat att eventuell säkerhetsutrustning fungerade utan åtgärd vid de två föregående driftproven, samt bedömer att systemkontrollen gått att ersätta med granskning av arbetsgivarens rutiner för och dokumentationen av den fortlöpande tillsynen, kan kontrollorganet medge en förlängning av intervallet.

Det maximala intervallet mellan driftprov är 4 år.

Om kontrollorganet vid nästa driftprov bedömer att det inte längre finns förutsättningar för förlängt intervall så ska grundintervallet åter tillämpas (se nedan, bilaga 7, pkt. 1.4.3, sid. 220).

Om kontrollorganet har konstaterat att eventuell säkerhetsutrustning fungerade utan åtgärd vid de två föregående driftproven, samt bedömer att systemkontrollen gått att ersätta med granskning av arbetsgivarens rutiner för och dokumentationen av den fortlöpande tillsynen, kan kontrollorganet medge en förlängning av intervallet (bilaga 7, pkt. 1.4.2, s.220).

Om arbetsgivaren byter ut säkerhetsutrustningen efter det senaste driftprovet så ska den utbytta säkerhetsutrustningen antingen funktionskontrollernas av ett kontrollorgan direkt efter

bytet, eller bevaras för att funktionskontrolleras vid nästa återkommande kontroll, för att det förlängda intervallet fortfarande ska gälla (bilaga 7, pkt. 1.4.2, sid. 220).

Säkerhetsutrustning som är gemensam för flera utrustningar förutsätts provas enligt det för dem gällande kortaste intervallet (bilaga 7, pkt. 1.2, s. 217).

9.3.3 Förkortat intervall för funktionskontroll av säkerhetsutrustning

Om kontrollorganet vid driftprov konstaterar att eventuell säkerhetsutrustning inte fungerar utan åtgärd, ska intervallet till nästkommande funktionsprov av säkerhetsutrustning sänkas till 1 år för sodapanna. Om bedömningen vid nästkommande kontroll är att säkerhetsutrustningen fungerar utan åtgärd ska grundintervallet åter gälla för utrustningen (bilaga 7, pkt 1.4.3, sid. 220).

9.3.4 Intervall mellan in- och utvändig undersökning

Den in- och utvändiga undersökningen kan delas upp så att den utvändiga undersökningen görs oftare, förutsatt att undersökningarna var för sig följer de för dem föreskrivna intervallen. Ett grundintervall om fyra år enligt bilaga 7, pkt. 2.2.2 (sid. 221) är inte aktuellt för sodapannor. För sodapannor gäller att intervallet mellan in- och utvändig är ett år så länge anläggningen inte kvalificerat sig för längre tid mellan undersökningarna. Ett undersökningsintervall om två år kan bli aktuellt om antingen (bilaga 7, pkt. 2.2.3, sid. 221):

- det utförts minst två på varandra följande undersökningar med ett intervall om 1 år dem emellan, eller
- den senaste undersökningen är baserad på ett tidigare medgivet tvåårigt intervall.

Dessutom ska kontrollorganet bedöma att:

- slitage eller skador som upptäckts vid den senaste in- och utvändiga
- undersökningen inte är sådana att det har krävts reparation eller annan åtgärd,
- det är mer än tre år fram till dess att korrosion, erosion eller andra
- skador kommer att kräva åtgärd,
- arbetsgivaren har visat att den återstående livslängden är mer än tre år

och

- arbetsgivaren har visat i sin riskbedömning enligt 9 kap. 6§. (sid. 78) att driftsbetingelserna är säkra fram till nästa kontroll.

Framkommer anmärkningar kan Kontrollorganet förordna att intervallet mellan undersökningarna sänks till 1 år om (bilaga 7, pkt. 2.2.4, sid. 222):

- kontrollorganet bedömer att skicket är sådant att den fortfarande är säker att använda i ett år

och

- arbetsgivaren i sin riskbedömning visat att den fortfarande är säker att använda i minst ett år.

Om anläggningen inte beräknas vara säker för ett års drift kan kontrollorganet medge sex månaders besiktningsintervall (bilaga 7, pkt. 2.2.5, sid. 222).

Längre intervall mellan besiktningarna än 2 år (bilaga 7, pkt 2.2.6 m. fl., sid 223) anses inte vara aktuella för sodapannor.

10 Riskanpassad kontroll av trycksatta anordningars skick

Riskanpassad kontroll innebär att kontrollintervallen ersätts med behovsanpassade förfallomånader baserade på anläggningsägarens riskbedömning.

10.1 Allmänt om riskanpassad kontroll

Om en arbetsgivare tillämpar ett program för riskanpassad kontroll av trycksatta anordningars skick som bedömts av ett kontrollorgan i enlighet med 10 kap.§ 11 - 19 (sid. 80 - 83) får förfallomånaden för nästkommande kontroll med in- och utvändig undersökning bedömas utan tillämpning av föreskriftens bilaga 7 (Återkommande kontroll, sid. 217ff.).

En förutsättning för programmets tillämpning är att ett kontrollorgan har bedömt att programmet ger minst samma säkerhet som om bilaga 1 tillämpats. Programmet ska omfatta en sammanfogad grupp av trycksatta anordningar och dessa anordningar ska användas med samma tryck, temperatur, fluid och andra driftsbetingelser.

Programmet kan dock upprättas för enstaka anordningar i en sammanfogad grupp om arbetsgivaren bedömer att avställning av anordningen för in- och utvändig undersökning medför synnerliga olägenheter.

10.2 Förutsättningar för riskanpassad kontroll

Innan ett program för riskanpassad kontroll upprättas ska de trycksatta anordningar i klass A och B som ingår i programmet åtminstone ha genomgått en in- och utvändig undersökning vid en återkommande kontroll, d.vs. efter minst ett första grundintervall (för sodapanna som hör till klass A är det nominellt 2 års drift), (10 kap. 12§, sid. 111).

En anordning kan dock omfattas av ett program utan att en invändig undersökning enligt första stycket är genomförd om arbetsgivaren bedömer att sådan undersökning av anordningen medför synnerliga olägenheter.

Dessutom ska det antingen finnas en bedömning av ett kontrollorgan att

- det finns metoder som vid specificerade driftbetingelser ger samma säkerhet som att utföra in- och utvändig undersökning enligt 10 kap. 10§, sid. 110,

eller

- det är bevisat att anordningens innehåll inte är skadligt för det material som den är tillverkad av och att ingen annan skademekanism rimligen är förutsebar.

De metoder som avses i detta avsnitt (10.2 om föreskriftens 10 kap. 12§, sid. 111) är huvudsakligen sådana som

- är baserade på standardiserade förfaranden som åberopas i erkända produktstandarder, eller liknande regler för kontroll av aktuella anordningstyper och för vilka det ställs likartade kvalitetskrav

eller

- har använts under lång tid, med dokumenterad erfarenhet av deras detekterings- och diskrimineringsförmåga, och som har en praktisk tillämpning som är preciserad i tekniska instruktioner eller provningsprocedurer, vilka innehåller nödvändiga kalibrerings- och handhavandebeskrivningar samt tillhörande metod- och teknikbaserade acceptansstandarder.

10.3 Utformning av program för riskanpassad kontroll.

Program för riskanpassad kontroll ska tas fram skriftligt av arbetsgivaren (10 kap. 13§, sid 112). Dokumentet ska identifiera de trycksatta anordningar som omfattas av programmet och innehålla uppgifter om:

- de driftsförutsättningar som programmet baserats på,
- erfarenheter från användning,
- bedömningar och provrapporter från tidigare kontroller,
- intervall för kontrollorganets återkommande kontroll av de trycksatta
- anordningar som omfattas av programmet,
- uppgifter om de metoder som programmet förutsätter och kraven på de personer som utför den tillsyn som anges i programmet
- samt den utökade riskbedömning avseende skicket hos som tagits fram i enlighet med 9 kap. 6§ (Allmänna krav på användning, sid. 78), och som här ska omfatta analyser av konsekvenser och skademekanismer som gör det möjligt att avgöra intervall utan att tillämpa föreskriftens bilaga 7 om schemalagd återkommande kontroll (sid. 217ff.)

Det ska också framgå hur programmet ökar omfattningen av den fortlöpande tillsynen i förhållande till vad som skulle ha motiverats om återkommande kontroll istället utförts enligt intervallen i föreskriftens bilaga 7.

Standarder som utfärdats av ISO/CEN eller andra internationella branschstandarder för riskinformerad in- och utvändig undersökning bör beaktas vid utformningen av ett program för trycksatta anordningars skick.

Exempel på sådana ”skademekanismer” som bör beaktas är korrosion, erosion, materialkrypning, termiskt betingade deformationer och utmattningssprickning.

10.4 Uppföljning av program för riskanpassad kontroll

Ett program för riskanpassad kontroll enligt 10 kap. 11§ (sid. 121) ska kontinuerligt utvecklas utifrån det som framkommer vid användningen, den fortlöpande tillsynen och kontrollerna (10 kap. 14§, sid. 113).

Arbetsgivaren ska undersöka och vid behov revidera programmet när:

- revisionskontroll eller första kontroll har utförts,
- programmet inte längre är aktuellt på grund av nya kunskaper om liknande anordningar,

eller

- uppgifterna i 10 kap. 13§ första stycket 1–6 (sid. 112) har ändrats.

Efter en revidering enligt andra stycket eller när sex år gått sedan den senaste bedömningen enligt 10 Kap. 11§ (sid 111), första stycket, gjordes ska kontrollorganet göra en bedömning av om programmet fortfarande ger samma säkerhet som om in- och utvändig undersökning hade utförts i enlighet med bilaga 7.

Ett kontrollorgan som bedömt att en arbetsgivares program enligt 11§ första stycket (d.v.s. program för första kontroll resp. revisionskontroll) ger samma säkerhet som om in- och utvändig undersökning hade utförts enligt föreskriftens bilaga 7, ska besöka arbetsgivaren två gånger per år för att försäkra sig om att arbetsgivaren upprätthåller och tillämpar programmet. Efter varje besök ska kontrollorganet lämna en rapport till arbetsgivaren som visar att förutsättningarna som låg till grund för den föregående bedömningen av programmet fortfarande är uppfyllda (10 kap. 15§, sid. 115).

10.5 Oanmälda besök hos arbetsgivaren

Kontrollorganet kan göra oanmälda besök hos arbetsgivaren utöver besöken som nämns i 10 kap. 15§, sid. 113, se avsnitt 10.4. Nödvändigheten av dessa besök och deras frekvens ska följa ett besökskontrollsystem som handhas av kontrollorganet (10 kap. 14§, sid. 110). Vid utformningen av besökskontrollsystemet ska kontrollorganet särskilt ta hänsyn till följande faktorer:

- Resultaten av tidigare kontroller enligt 10 kap. 11§ och 14§ tredje stycket (d.v.s. Riskanpassad kontroll s.111 - 113) samt resultaten av tidigare besök.
- Behov av att följa upp åtgärder som föranletts av arbetsgivarens fortlöpande
- tillsyn enligt 10 kap. 13§ tredje stycket, sid. 110 (d.v.s bedömningar och provrapporter från tidigare kontroller, se pkt. 13.3)
- Om det finns speciella villkor som är knutna till programmet.
- Betydelsefulla förändringar i arbetsgivarens organisation som kan påverka programmet.

I samband med oanmälda besök får kontrollorganet vid behov utföra eller låta utföra provningar för att kontrollera att programmet fungerar tillfredsställande. Kontrollorganet ska lämna en rapport till arbetsgivaren och en provningsrapport om provning har utförts (10 kap. 16§, sid. 114).

10.6 Återkallande av program för riskanpassad kontroll

Om kontrollorganet inte bereds möjlighet att göra besök i enlighet med Avsnitt 10.5 får anordningen inte vara trycksatt innan kontroll med in- och utvändig undersökning utförs i enlighet med bilaga 7. (10 kap. 18§, sid 114). Kontrollorgan som inte bereds möjlighet att göra besök vid riskanpassad kontroll enligt 10 kap. 15–16§ (sid. 114) ska meddela Arbetsmiljöverket detta.

Om ett kontrollorgan efter ett besök eller en kontroll, eller Arbetsmiljöverket efter tillsyn, bedömer att en arbetsgivares program för riskanpassad kontroll av trycksatta anordningars skick inte längre ger samma säkerhet som om in- och utvändig undersökning hade utförts enligt bilaga 7 ska arbetsgivaren se till att återkommande kontroll med in- och utvändig undersökning enligt bilaga 1 utförs inom sex månader. Sedan ska intervallet för in- och utvändig undersökning bedömas utifrån kraven i föreskriftens bilaga 1 om återkommande besiktning (10 kap. 18§, sid. 114).

10.7 Rapporter och intyg

Ett kontrollorgan som bedömt att ett program för trycksatta anordningars skick uppfyller avsnitt 10.3 och 10.4 ska lämna en rapport till arbetsgivaren samt för varje anordning som ingår i programmet utfärda ett intyg enligt 10 kap. 25§ (sid. 118) där intervallet för nästkommande in- och utvändig undersökning anges.
Kontrollorganet ska meddela Arbetsmiljöverket vilka anordningar som omfattas av program för riskanpassad kontroll av trycksatta anordningars skick (10 kap. 19§, sid. 115).

11 Revisionskontroll

Sodapanna eller komponent i sodapanna ska genomgå en revisionskontroll när de väsentligen har reparerats eller ändrats (10 kap. 20§, sid. 115)
eller

- har utsatts för sådana risker att de kan ha skadats,
- ska vara trycksatt med väsentligt ändrade driftsförhållanden,

eller

- ska vara trycksatt efter det att journalen i 9 kap. 39§ (sid. 96) visar att komponentens återstående livslängd är förbrukad.

En revisionskontroll behöver här inte utföras om ett kontrollorgan bedömer att omständigheterna har en obetydlig påverkan på anordningens hållfasthet.
För att göra bedömningen om omständigheterna nödvändiggör en revisionskontroll är det ofta nödvändigt att kontrollorganet får möjlighet att undersöka anordningen innan åtgärden eller reparationen utförs. Exempel på sådant som kan vara en väsentlig reparation, eller ändring är byte av eller svetsarbete i tryckbärande delar eller annat utbyte av skadade tryckbärande delar där det nya materialet sammanfogas med den trycksatta anordningen.

Exempel på ”sådana risker” som medför att en trycksatt anordning kan ha skadats är att den har stått avställd utan korrosionshindrandeåtgärder, eller att den har utsatts för tryck- eller temperaturnivåer som avviker från de värden som avsetts av tillverkaren.

Vid revisionskontroll ska kontrollorganet kontrollera om anordningen efter åtgärden fortfarande är lämplig för sitt ändamål och att dokumentationen av vidtagna åtgärder uppfyller ställda krav i AFS 2023:9, 6 kap. 5§ resp. AFS 2023:11, 9 kap. 40 - 41§, sid. 97-98).

För att göra kontrollen är det ofta nödvändigt att kontrollorganet även innan arbetsgivarens åtgärder får möjlighet att undersöka anordningen.

Om arbetsgivaren kan visa att en reparation eller ändring har utförts som ett led i tillverkningen enligt de väsentliga säkerhetskraven i något av Europeiska unionens produktdirektiv behöver ingen revisionskontroll utföras (10 kap. 20§, sid. 113).

11.1 Dokumentation av utförda reparationer och ändringar

Den som utför eller låter utföra en väsentlig reparation eller ändring av en trycksatt komponent eller installerar en sådan komponent genom sammanfogning till annat trycksatt system, ska se till att det upprättas en dokumentation för åtgärden (AFS 2023:9, 9 kap. 40 -41§ respektive AFS 2023:11, 9 kap. 41§, sid. 97).

Dokumentationen ska omfatta

- konstruktions- och tillverkningsritningar samt flödesschema för åtgärden tillsammans med de beskrivningar och förklaringar som behövs för att förstå ritningarna och flödesschemat,
- de metoder som använts för att utföra förband som gör att anordningarna bara går att ta isär med förstörande metoder,
- den skriftligt upprättade riskbedömningen enligt 9 kap. 6§ (sid. 78) som visar att arbetsgivaren beaktat alla de för säkerheten relevanta avvikelser och händelser som rimligen går att förutse som en följd av åtgärden,
- beräkningar som visar att säkerhetsutrustning som valts är tillräcklig,

samt

- eventuella konstruktionsberäkningar för åtgärden.

Dokumentation av åtgärden ska, i förekommande fall, visa:

- att sådana förband som gör att anordningarna bara går att ta isär med förstörande metoder utförs på samma sätt som om förbandet utförts vid tillverkning enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2023:5) om tryckbärande anordningar bilaga 1, punkt 3.1.2 (s.35) om permanenta förband,
- att personalen som utför förband enligt punkt 1 eller den oförstörande provningen av förbandet är kvalificerad eller godkänd för att utföra motsvarande åtgärder enligt AFS 2023:5, bilaga 1, punkt 3.1.2 eller 3.1.3,
- att eventuell värmebehandling utförs på samma sätt som om värmebehandlingen hade utförts vid tillverkning enligt AFS 2023:5 bilaga 1, punkt 3.1.4 och att värmebehandlingen utförs vid ett lämpligt skede av åtgärden i de fall som materialets egenskaper kan påverkas i sådan utsträckning att det påverkar anordningens säkerhet,
- att tryckkontroll utförts efter åtgärden,
- att det finns nödvändig säkerhetsutrustning som fungerar
- att eventuella instruktioner i bruksanvisningen för åtgärden har följts såvida inte instruktionerna avviker från vad som nämnts ovan.

Den dokumentation som upprättas för åtgärden enligt ovan ska i huvudsak visa överensstämmelse med de väsentliga säkerhetskrav som skulle gälla enligt de Europeiska unionens produktdirektiv eller enligt motsvarande regler för konstruktion och tillverkning om anordningen hade satts på marknaden eller tagits i bruk vid den tidpunkt då åtgärden utfördes. Vid sammanfogningar, reparationer och ändringar kan relevanta ISO/CEN-standarder och IEC/CENELEC-standarder fungera som vägledning.

Om det inte är möjligt eller lämpligt att tillämpa ovan uppräknade säkerhetskrav ska det tydligt framgå av dokumentationens riskbedömning vilka tekniska lösningar som istället är lämpliga för att anordningen ska vara säker att trycksätta efter åtgärden.

Exempel på när ”motsvarande regler” finns är när anordning inte tillverkats och konstruerats enligt väsentligt säkerhetskrav i något av Europeiska unionens produktdirektiv vid tidpunkten för åtgärden.

12 Förfallomånad

Återkommande kontroll ska utföras inom den tidsperiod som bestämts av Kontrollorganet (10 kap. 26§, sid.118)

Kontrollen får utföras tidigast sex månader före eller fem månader efter den tillämpliga förfallomånaden.

I de fall då intervallet fram till nästa återkommande kontroll är satt till sex månader ska nästa kontroll vara utförd innan förfallomånaden löpt ut.

Arbetsgivaren kan begära ändring av förfallomånaden att infalla tidigare, vilket då blir den nya förfallomånaden.

De år då såväl in- och utvändig undersökning som driftprov ska utföras ska förfallomånad för nästa kontroll markeras på skylten först när bägge dessa kontroller är utförda.

13 Åtgärder efter kontroll, skyltar.

Efter en kontroll ska kontrollorganet bedöma om den kontrollerade anordningen uppfyller ställda krav i bestämmelserna som den har kontrollerats mot och i övrigt är säker att använda för det av arbetsgivaren avsedda ändamålet (10 kap. 23§, sid. 118).

För anordningar som uppfyller ställda krav ska kontrollorganet därefter bedöma högsta respektive lägsta tryck, i bar, och temperatur, i °C, med hänsyn till säkerheten vid den avsedda användningen. Kontrollorganet ska även bedöma en förfallomånad för nästa återkommande kontroll (enligt 10 kap. 10§ sid. 110 eller 10 kap. 19§, sid. 115).

För en behållare som kontrollorganet bedömt uppfyller ställda krav ska kontrollorganet utfärda en skylt eller uppdatera informationen på en existerande skylt (10 kap. 24§, sid. 117). På skylten ska det finnas lättförståeliga och tydliga uppgifter om anordningens identitet, t.ex

- dess tillverkningsnummer eller registreringsnummer
- förfallomånad för nästa återkommande kontroll angiven med månad och år,
- kontrollorganets märke,
- högsta respektive lägsta tryck och temperatur som anordningen får trycksättas vid, och
- markering att anordningen är kontrollerad och har bedömts uppfylla kraven i dessa föreskrifter.

Arbetsgivaren ska se till att den senast utfärdade skylten finns fast anbringad invid soda-pannan i anslutning till tillverkarens motsvarande skylt.

Efter en kontroll eller en bedömning enligt 10 kap. 19§ (sid. 115) första stycket ska kontrollorganet utfärda ett intyg om att kontrollen gjorts med uppgift om datum för kontrollen, resultatet av kontrollen och förfallomånad enligt 10 kap. 22§ (sid. 117).

Om kontrollorganet bedömt att en trycksatt anordning inte uppfyller kraven i 18§ första stycket ska det snarast sända intyget till arbetsgivaren och Arbetsmiljöverket. Arbetsgivaren ska då i sin tur informera andra yrkesmässiga verksamhetsutövare som använder den trycksatta anordningen.

14 Kontrollorgan

Kontroll av sodapanna enligt avsnitten 9-11 ovan (10 kap. i föreskriften) ska utföras av kontrollorgan som ackrediterats för sådan kontroll enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 765/2008 av den 9 juli 2008 om krav för ackreditering och marknadskontroll i samband med saluföring av produkter och upphävande av förordning (EEG) nr 339/93, eller den som uppfyller motsvarande krav enligt bestämmelser i ett annat land i Europeiska unionen, Europeiska ekonomiska samarbetsområdet eller Turkiet 10 kap. 43§, sid. 125).

För att få utföra återkommande kontroll i form av in- och utvändig undersökning av rörledningar eller funktionskontroll av säkerhetsutrustning ska kontrollorganet vara ett kontrollorgan av typ A (helt fristående från den egna organisationen) eller typ B (fristående kontrollavdelning inom den egna organisationen).

För övriga kontroller ska kontrollorganet vara ett kontrollorgan av typ A. För samtliga kontroller gäller att Kontrollorganet är behörigt för respektive kontrollmoment (10 kap. 44§, sid. 126 resp. 10 kap. 47§, sid. 127).

14.1 Bevarande av dokument

Kontrollorganet ska bevara dokumentation från återkommande kontroll till dess att ett år gått sedan nästa återkommande kontroll. Dokumentation från första kontroll och revisionskontroll ska bevaras i tio år (10 kap. 46§, sid. 126).

Bruket bör bevara samtlig tillverknings- och kontrolldokumentation för framtida bruk.

15 Sanktionsavgifter

I föreskriften anges sanktionsavgifter för den som avviker från föreskrivna åtgärder (10 kap. 8§, sid. 108).

16 Ikraftträdande och övergångsbestämmelser

- Författningen AFS 2023:11 trädde i kraft den 1 januari 2025.
- Genom denna författning upphävdes Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2017:3) om användning och kontroll av trycksatta anordningar samt Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2016:1) om tryckbärande anordningar.
- Bestämmelserna om journal förblir som tidigare.
- För övervakning av sodapannor började de tidigare bestämmelserna om certifiering av sodahusoperatör i 10 kap. 30§ första stycket (sid. 120) gälla tre år efter att AFS 2017:3 i dessa föreskrifter trätt i kraft och upphävdes genom AFS 2024:4 den 1 jan. 2025.
- Bestämmelserna om första kontroll gäller inte för anordningar som tagits i bruk innan föreskriften trädde ikraft.
- In- och utvändig undersökning respektive driftprov vid återkommande kontroll av trycksatta anordningar som besiktigas enligt de upphävda bestämmelserna ska senast ha kontrollerats innan gällande intervall enligt de upphävda reglerna löpt ut. I

samband med den då första återkommande in- och utvändiga undersökningen ska även ett driftprov utföras enligt de nya föreskrifterna.

- Anordningar som inte tidigare omfattats av krav på återkommande besiktning, men som kommer att omfattas av sådana krav enligt de nya föreskrifterna ska genomgå en återkommande kontroll senast tre år efter att dessa föreskrifter träder i kraft.

17 Tillämpning av denna Rekommendation

Denna Rekommendation är skriven för att underlätta för sulfatfabrikerna att i sin planering följa gällande Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Den återger tillämpliga delar av Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2023:11 ”Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning” utvalda för tillämpning på sodapannor och AFS 2023:9 ”Produkter – stegar och ställningar…”. Andra trycksatta utrustningar kan vara underkastade andra krav och där hänvisas till föreskriften.

Skulle tolkningstvist uppstå mellan Rekommendationens text och föreskriften så är det föreskriftens version som gäller. Innehållet är i stora delar hämtat från föreskriftstexten och anpassat till tillämpningsområdet.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Rekommendation D3

Utgåva 5, rev. 2025

Minsta godstjocklek hos släta och stiftade vattenförande tuber i en sodapanna.

I en sodapanna måste man bevaka förekomsten av korrosion hos sådana vattenförande tuber, vilka vid en tubskada kan ge vattenläckage in i eldstaden. Beräkning av minsta tillåtna kvarvarande godstjocklek beräknas för släta och stiftade kolstålstuber (inkl. 16Mo3) med värden från SS-EN 10216-2 och formler från SS-EN 12952-3, kapitel 11. Diagrammen återger de vanligaste material- och dimensionskombinationerna.

Bedömning och svetsreparation av kompoundtuber och spiralpåsvetsade tuber behandlas i Rekommendation D4.

För överhettare kan motsvarande diagram inte konstrueras, utan här hänvisas direkt till standarderna.

Diagram och beräkningsförutsättningar i denna utgåva 5 överensstämmer i övrigt tekniskt med tidigare utgåvor. Annex A1 (2020) till SS-EN 10216-2:2013 tillför inga ändringar i rekommendationstexten. Redigeringsfel i utskriften korrigerade nov. 2025.

Hänvisningar

Rekommendationer

Rekommendation D4: ”Reparations- och underhållssvetsning i sodapannor”

Föreskrifter

AFS 2017:3: Användning och kontroll av tryckbärande anordningar.

OBS: AFS 2017:3 ersätts med AFS 2023:11 vid årsskiftet 2024/2025

Svensk standard

SS-EN 12952-3:2022 Water-tube boilers and auxiliary installations-part 3; Design and calculation for pressure parts in the boiler.

SS-EN 10216-2:2013 + A1:2020 Seamless steel tubes for pressure purposes-technical delivery conditions- part 2: Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temparture properties

Innehåll

1	Beräkning av minsta tubgodstjocklek	3
2	Diagramförutsättningar	3
3	Mätningar av godstjocklek	4
4	Vattensidig korrosion	5
5	Diagram 1-3	6

1 Beräkning av minsta tubgodstjocklek

1.1 Beräkningarna och diagrammen i det följande avser släta resp. stiftade kolstålstuber (samt 16Mo3). De kan med viss försiktighet även tillämpas på bottentuberna. Den minsta tubgodstjocklek, som under en driftsperiod kan tillåtas hos dessa tuber (e_{ct}, tidigare benämnt S_{min}), beräknas enligt anvisningar i Avsnitt 11 i SS-EN 12952-3. Man måste till detta värde lägga marginal för den korrosion, som kan förväntas inträffa under den kommande driftsäsongen fram till nästa besiktning och också ta hänsyn till mätprecisionen hos den utförda tjockleksmätningen. Till hjälp vid beräkning av minsta tubtjocklek har ett antal beräkningsdiagram framtagits.

1.2 Om man vid kontroll av tubtjockleken finner tuber, vilkas tjocklek underskrider de i diagrammen för respektive tubdiameter d_o (tidigare Dy) rekommenderade minimivärdena, rekommenderas att de ersätts med nya tuber innan sodapannan åter tas i normal drift.

1.3 Om utbyte ej kan genomföras under pågående pannstopp kan utbytet senareläggas till dess att erforderliga åtgärder låter sig utföras på lämpligt sätt. Som en förutsättning för detta skall man förvissa sig om att det inte föreligger någon risk för att minimigodstjockleken e_{ct} (d.v.s. vad som tidigare benämndes s_{min}) kommer att underskridas under mellanperioden.

1.4 För mätvärden från gittret och konvektionstubsatsen kan man acceptera ~ 0,2 mm lägre minimitjocklek än den som erhålls ur diagrammen (p.g.a. mindre statisk höjd och p.g.a. konvektiv värmeöverföring). Används diagrammen för att bedöma mätvärden från ekonomisrarna föreslås en motsvarande avräkning.

1.5 Vid bottentuber, vilka kan komma att ligga ovanför smältanivån eller i övrigt bli dåligt skyddade av smältabädden, bör risken för skador från fallande klumpar från eldstadens övre regioner beaktas.

1.6 Hårt slitna stiftade (botten-)tuber kan vara svåra att få säkra mätvärden ifrån. Risken är stor att man förbiser de sämsta partierna. Därför bör en extra säkerhetsmarginal tillämpas (förslagsvis 1-2 mm beroende på hur tuberna ser ut). Kan man inte säkerställa pålitliga minimivärden för tjockleken bör de aktuella tubpartierna bytas.

1.7 Råder osäkerhet om att tuberna är tillräckligt tjocka bör man inte enbart byta de tunnaste partierna, utan tillämpa bredare marginaler.

2 Diagramförutsättningar

2.1 Diagrammen bygger på nedan uppräknade förutsättningar. Om avvikande förhållanden föreligger kan de rekommenderade värdena justeras i motsvarande utsträckning.

2.2 Diagrammen är enbart tillämpliga vid jämn avfrätning (allmänkorrosion) på eldstadssidan av homogena resp. stiftade tuber i respektive stålkvalitet.

2.3 Diagrammen tar hänsyn till den spridning hos mätvärdet som man normalt får vid ultraljudmätning av korroderade eldstadstuber. Hänsyn måste dock också tas till möjligheten av att det finns partier med kraftigare korrosion på andra ställen än de, där mätvärden tagits.

2.4 Diagrammen gäller inför en förestående driftsperiod på högst 1 år och om man antar att den högsta beräknade korrosionshastigheten inte överstiger 0,3 mm/år och att mätprecisionen motiverar ytterligare 0,1 mm säkerhetsmarginal., d.v.s. totalt +0,4 mm.

2.5 Om driftsperioden kommer att överstiga 1 år eller om korrosionen visat sig kraftigare, så rekommenderas att man gör ett extra tillägg till de minimivärden, som diagrammen anger.

2.6 Diagrammen är beräknade med hänsyn till övertemperaturen i den värmebelastade tubväggen. Temperaturtillägget skall härvid enligt tabell 6.1.1 i SS-EN 12952-3 antas vara 50°C på värmestrålningsbelastade pannväggar.

2.7 Med högsta tryck avses här pannans högsta tillåtna tryck PS i bar (vilket räknas i ångdomen) enligt SS-EN 12952-1, tabell 5-1.

2.8 Diagrammen är beräknade med hänsyn till det hydrostatiska trycket, under förutsättning att höjdskillnaden mellan mätstället och vattennivån i ångdomen inte överstiger 50 resp. 70 meter.

2.9 Beräkningar över korrosionshastigheten från år till år bör göras för att verifiera, att man inte behöver göra ytterligare tillägg för den förväntade korrosionen under kommande driftsperiod.

2.10 Diagrammen är beräknade för tuber utförda i stålen P235GH, P265GH och 16Mo3 enligt nu gällande svensk (europeisk) standard för tryckkärlsrör SS-EN 10216-2:2013.

2.11 Diagram nr 1 för stål P235GH är också tillämpligt på tuber av kvalitet St 35.8/III enligt DIN 17175/ NGS 124. Diagram 1 bör emellertid också tillämpas på tuber utförda i stål 1330-05 enligt SS 141330 och stål 1234-05 enligt SS 141234, trots att de stålen genomgående har högre beräkningsvärden än P235GH/St 35.8/III.

2.12 Diagram nr 2 för stål P265GH är också tillämpligt på tuber av kvalitet St 45.8/III enligt DIN 17175/ NGS 218. Diagram 2 bör emellertid också tillämpas på tuber utförda i stål 1435-05 enligt SS 141435, trots att det genomgående har högre beräkningsvärden än P265GH/St 45.8/III.

2.13 Diagram nr 3 för tuber i stål 16Mo3 enligt SS-EN 10216-2 bör också användas för tuber av typ 15Mo3/III enligt DIN 17175 (NGS 413) eller stål 2912-05 enligt SS 142912 (NGS 424, ed.6), trots att de genomgående har högre beräkningsvärden än 16Mo3 enligt SS-EN 10216-2.

3 Mätningar av godstjocklek

3.1 Efter nyinstallation av tuber, även efter utförda tubbyten, rekommenderas att en referensmätning, s.k., "nollmätning", utförs så att tubernas verkliga godstjocklekar är kända, som komplement till nominella konstruktionsuppgifter.

3.2 När de lägsta mätvärdena närmar sig de rekommenderade minimigodstjocklekarna plus någon mm extra säkerhetsmarginal bör de aktuella områdena mätas oftare, samtidigt som mängden mätvärden i närheten av de tunna ställena kan behöva utökas. Särskilt vid manuell mätning bör mätgittret över eldstadsväggen göras tätare när marginalerna minskar, eftersom

man då ganska säkert kan ha tunnare partier på andra ställen än de där uppmätta mätvärdena tagits.

3.3 Mätvärden bör tas på tubernas krona (d.v.s ytan vänd inåt mot eldstaden), och även snett, 45^{o} åt var sida, där materialförlusten brukar kunna vara som störst (t.ex. som vid rotationseldning).

Det rekommenderas att man använder någon form av mätmetod, t.ex. ultraljud, virvelström eller annan säker mätmetod, vilken kontinuerligt tar mätvärden utefter tubens längd istället för som tidigare manuell mätning med handhållet instrument utefter horisontella mätlinjer, vilket brukade lämna större delen av de undersökta ytorna obeaktade.

3.4 Skador och korrosion på det korrosionsbeständiga ytterskiktet måste bedömas efter andra kriterier än enbart resterande godstjocklek hos den lastbärande innerkomponenten, se avsnitt 5

3.5 Erhållna mätvärden och utförda reparationer dokumenteras, t.ex. med avseende på omfattning av mätningarna, vilka positioner som mätts, vilka metoder som använts m.m.

Om svetsning förekommit dokumenteras uppgifter om vald svetsare, valda svetsmetoder, svetslägen och använda tillsatsmaterial samt eventuell övrig formalia enligt relevanta delar av SS-EN 12952-6, avsnitt 11: ”Documentation”.

4 Vattensidig korrosion

4.1 Speciellt om man haft problem med tjocka porösa invändiga beläggningar kan det uppträda lokala skarpt avgränsade, rätt djupa nedfrätningar på vattensidan under beläggningsskikten. Sådana bör bedömas med extra stor försiktighet, då de är svårfångade, eftersom man inte kommer åt att se var angreppen är som kraftigast. Dessa angrepp är då också ofta slumpvis utbredda över större områden av högt värmebelastade delar av eldstaden.

4.2 Föreligger det sådana utbredda ”badkarsformade” nedfrätningar på vattensidan, så är tuberna normalt inte säkra och de bör därför kasseras.

4.3 I dessa fall bör åtgärderna kompletteras med en ingående undersökning av pannans vattenbehandling och beläggningsförutsättningar.

5 Diagram 1 - 3

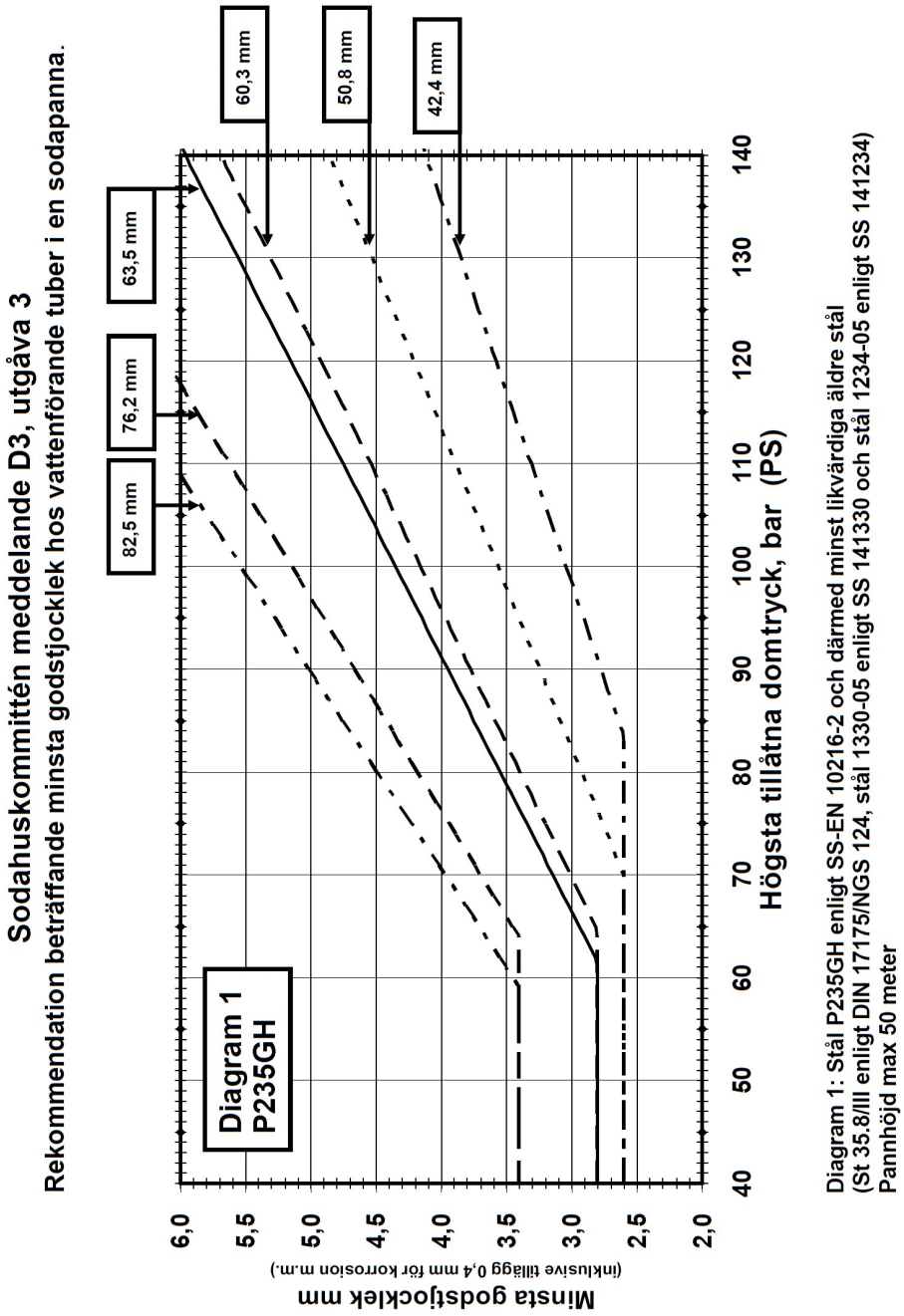


Diagram 1: Stål P235GH enligt SS-EN 10216-2 och därmed minst likvärdiga äldre stål
(St 35.8/III enligt DIN 17175/NGS 124, stål 1330-05 enligt SS 141330 och stål 1234-05 enligt SS 141234)
Pannhöjd max 50 meter

Sodahuskommittén meddelande D3, utgåva 3

Rekommendation beträffande minsta godstjocklek hos vattenförande tuber i en sodapanna.

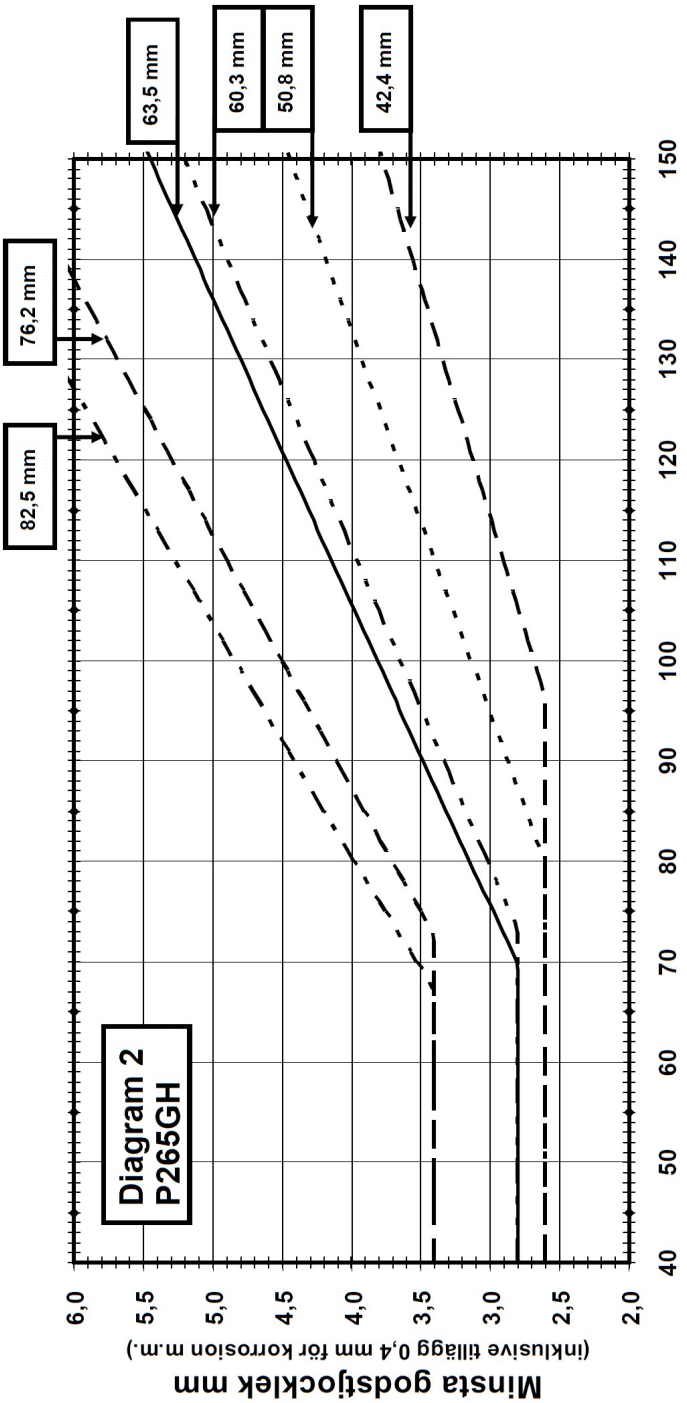


Diagram nr 2: Stål P265GH enligt SS-EN 10216-2 och därmed minst likvärdiga äldre stål (St 45.8/III enligt DIN 17175/NGS 218 och stål 1435-05 enligt SS 141435) Pannhöjd max 70 meter

Sodahuskommittén meddelande D3, utgåva 3

Rekommendation beträffande minsta godstjocklek hos vattenförande tuber i en sodapanna.

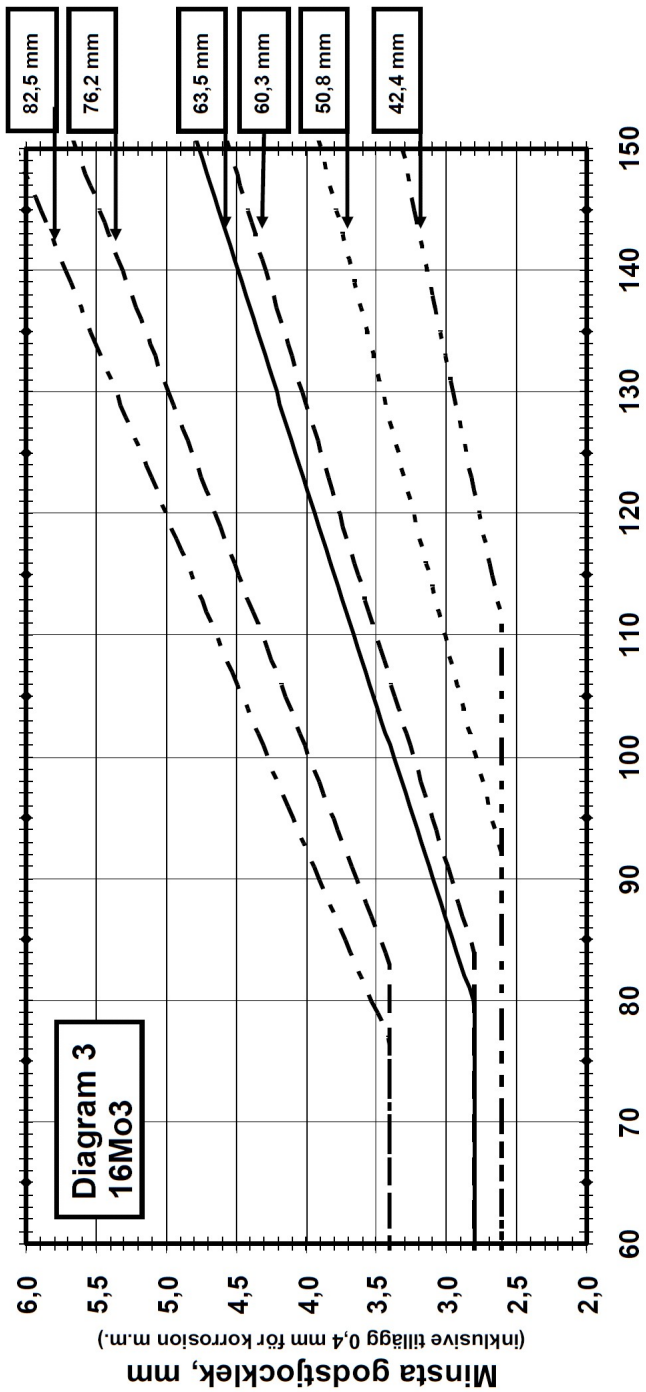


Diagram nr 3: Stål 16Mo3 enligt SS-EN 10216-2 och därmed minst likvärdiga äldre stål (15Mo3/III enligt DIN 17175/NGS 413 och stål 2912-05 enligt SS 142912) Pannhöjd max 70 meter

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr D 4
Utgåva 7, 2024
(2024-10-05)

Reparations- och underhållssvetsning i sodapannor

Med anledning av de krav som måste ställas på sådant svetsarbete, som utförs i sodapannor har Sodahuskommittén utarbetat nedanstående rekommendationer för reparations- och underhållssvetsning av tryckdelar i sodapannor. Rekommendationerna är avsedda att utgöra en komplettering till de föreskrifter och råd som ges i tillämpliga delar av Arbetsmiljöverkets kungörelser AFS 2023:5 (Tryckbärande anordningar) och AFS 2023:11 (Användning av arbetsutrustning) samt i den svenska och europeiska standard de hänvisar till.

Rekommendationerna får inte betraktas som så kompletta vad avser alla detaljer som måste beaktas vid ett enskilt arbete, att de skulle ersätta utarbetade arbetsprocedurer och svetsinstruktioner. De avser inte heller att ta över entreprenörs, leverantörs eller myndighets ansvar och befogenhet.

Största förändringen från tidigare upplaga är en omfattande omarbetning av kapitlet om kompoundtuber, inklusive inkorporering av kapitlet om kompoundtuber från Rek. D3.

För fältbruk finns en förkortad version som Rapport till Sodahuskommittén nr 2024-1

Hänvisningar

Föreskrifter:

Föreskrifter i Arbetsmiljöverkets kungörelser om tillverkning och användning av tryckbärande anordningar/arbetsutrustning (AFS 2023:5 och AFS 2023:11) och de föreskrifter till vilka de hänvisar skall alltid följas.
OBS: AFS 2023:5 respektive AFS 2023:11 ersätter i och med årsskiftet 2024/2025 tidigare gällande AFS 2016:1 och AFS 2017:3.

Standard:

SS-EN 12952-serien med särskilda Annex i delarna 2, 5, 6, 7 och 8, revision år 2022
SS-EN ISO 1011: Rekommendationer för svetsning av metalliska material, del 1-5.
SS-EN ISO 15 607 – 15 614: Kvalificering av svetsprocedurer, svetsare etc.
SS-EN ISO 3834:2021: Kvalitetskrav vid smältsvetsning, del 2: ”Omfattande kvalitetskrav”
SS-EN ISO 5817: Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och dess legeringar.
SS-EN ISO 9606: Svetsarprövning, del 1-5
SS-EN ISO 9692-1:2013: Rekommendationer för svetsfogar, manuell metallbågsvetsning.
SS-EN 10025-2:2019: Varmvalsade konstruktionsstål
SS-EN ISO 10 893: Oförstörande provning av stålrör, del 1-8.
SS-EN ISO/TR 15608: Gruppering av stålsorter
För övriga standarder, se Bilaga 1 i denna Rekommendation samt ”Standardisering och föreskrifter – en översikt” (juni 2022) under fliken ”Standardiseringsarbete”.

Rekommendationer och rapporter:

Sodahuskommitténs rekommendation D3, utgåva 5: ”Minsta godstjocklek hos tuber i sodapannor ”
Rapport till Sodahuskommittén nr 2014-3 resp. 2015-2: Svetsgruppens arbete
Rapport till Sodahuskommittén” nr 2019-4, Sprängprovning
”Övriga dokument” för år 2021: Svetsen nr 3/2020 o. 4/2020

Innehåll

Rekommendationens syfte **3**
1 Förberedelser **3**
2 Föreskrifter och standard **3**
3 Ackreditering **4**
4 Svetsmetoder och tillsatsmaterial. **4**
5 Accepterade svetsmetoder **5**
6 Svetsbetingelser **5**
7 Ersättningsmaterial **7**
8 Utförande **7**
9 Stutsar och tubinfästningar i domar och lådor. **10**
10 Kompoundtuber **12**
11 Spiralpåsvetsade tryckkärlsrör enl. SS-EN 10216-2. ..... **27**
12 Lucksvetsning **28**
13 Underhåll av stift, täck- och triangelplåtar m.m. **29**
14 Bockning av tuber **31**
15 Värmebehandling efter svetsning. **31**
16 Kontroll **31**
17 Gjutjärnsekonomisrar **33**
18 Tryckkontroll **34**
19 Dokumentation **34**
20 Ansvarsfriskrivning **34**
Bilaga 1: Exempel på standarder som berör svetsning **35**
Bilaga 2: Exempel på standarder för svetstillsatsmaterial. **37**

Rekommendationens syfte

Dessa rekommendationer är i första hand tänkta för sodapannor med konstruktionstryck upp till ca 140 bar och lokala skador på vattenförande tuber, framför allt kompoundtuber, i sodapannans eldstad (som t.ex. bottentuber, löptuber, luftportsöppningar, brännare/lutspruteöppningar, vid instigningsluckor och luckor för skyddstaksbalkar). Rekommendationerna beskriver övergripande hur framför allt skador på kompoundtuber bör hanteras, medan själva svetsmetoderna styrs av de svetsande företagens egna procedurer. De senare sammanfattas i den Welding Procedure Specification, WPS, som beskriver hur det aktuella arbetet skall utföras.

1 Förberedelser

Behov av svetsreparationer i sodapannan kan uppkomma plötsligt och oförutsett och fordra snabba åtgärder för att inte orsaka väsentliga ekonomiska förluster för berörd fabrik.
Regler och rekommendationer är omfattande och dessutom krävs i allmänhet formella förutsättningar för att kunna genomföra arbetet, t.ex. svetsare med giltiga svetscertifikat, svetsande företag med rätt kompetens och ackreditering. Omedelbar tillgång till utbytesmaterial med nödvändiga materialcertifikat, godkända svetselektroder och annan utrustning bör finnas, åtminstone hos leverantör inom landet. Ackrediterat kontrollorgan och annan rådgivning kan behöva tillkallas.

Tänkbara situationer och skador bör kunna förutses, t.ex. med kännedom om Sodahuskommitténs skadegrupps erfarenheter och tillgång till Skadedatabanken.

Uppkomna skador bör dessutom anmälas till Sodahuskommitténs Skadegrupp, vars arbete går ut på att förekomma och förebereda för uppkommande situationer.

2 Föreskrifter och standard

De regler som gäller för svetsning av tryckkärl i Sverige, är framför allt Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2023:5 respektive AFS 2023:11. AFS 2023:5 utgör tillämpningen i Sverige av EU:s Tryckkärlsdirektiv (PED, dvs. Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/68/EU) och ger förutsättningarna för tillverkning av tryckkärl, d.vs. här sodapannor. AFS 2023:11 innehåller föreskrifter för hur tryckkärlet får används, t.ex om besiktning.

Föreskrifterna har status som lagtext enligt 18 § arbetsmiljöförordningen (1977:1166) och 6 § andra stycket förordning (2011:811) om ackreditering och teknisk kontroll.

Sodapannan inklusive överhettare och ekonomiser räknas till kategori IV enligt 9 § (Klassning av tryckbärande anordningar) och bilaga 2 (Diagram för bedömning av överensstämmelse) i Arbetsmiljöverkets kungörelse för Tryckbärande Anordningar, 2023:5. Den klassningen gäller också icke avstängbara tillbehör i form av tryckkärl och rörledningar direkt anslutna till pannan, t.ex. impulsledningarna till strömningsmätningens pitotrör, Dolezalkylare, vattenståndsställ etc. Det innebär i princip att det alltid är de strängaste kraven som gäller.

De krav som ställs i dessa AFS:ar uppfyller man lämpligen genom att tillämpa de harmoniserade (alltså i överensstämmelse med direktivets krav) konstruktions- och tillverkningsstandarderna i serien SS-EN 12952 del 1-18 för ”vattenrörpannor” (det är den kategori till vilken sodapannorna räknas, senaste reviderade utgåvor är från 2022 och senare). För sodapannor finns det i SS-EN 12952-serien dessutom särskilda Annex i delarna 2, 5, 6, 7 och 8. Dessa annex är normativa, dvs. tvingande.

Standarderna utgör exempel på hur man kan göra, vilket innebär att arbetar man efter standarderna så kommer det färdiga resultatet att uppfylla de krav som ställs i Direktivet resp. dess svenska tillämpning AFS 2023:5. Behöver man gå vid sidan av standarderna, så kan man istället arbeta direkt mot direktivet, vilket är mer omständligt.

Standarden SS-EN 12952 del 5 behandlar tillverkning av tryckkärlet, vilket inkluderar svetsning, kapitel 8 i standarden. Reglerna för tillverkning är även giltiga för utförandet av reparationer. Kapitel 8 i del 5 hänvisar sedan vidare till de svetsstandarder som är tillämpliga.

Dessa svetsstandarder ger sedan förutsättningarna för kompetensen hos svetsare, tekniskt underlag för svetsprocedurer (WPS:er), ackreditering och kontroll av svetsande företag, kvalitetskrav för tillsatsmaterial som används etc.

Standardprocedurer för kontroll av svetsresultatet återfinns sedan i Part 6 av SS_EN 12952.

De mest använda svetsstandarderna listas nedan i Bilaga 1.

3 Ackreditering

3.1 Det svetsande företaget skall ha till sig knutet en behörigen utbildad och ackrediterad svetsansvarig person. Denne skall ha en IWE-examen (International Welding Engineer) (SS-EN ISO 14731).

3.2 För svetsarbete på tryckbärande anordning krävs en skriftlig svetsprocedur, en ”WPS” . (SS-EN 12952-5, § 8.3 och 8.4).Den skall vara baserad på en svetsprocedurkvalificering, benämnd ”WPQR”, tidigare WPAR, där även de tillsatsmaterial som får användas skall specificeras (SS-EN ISO 15609, del 1).

Förkortningen “WPQR” står för “Weld Procedure Qualification Record”, den äldre benämningen “WPAR” för “Weld Procedure Approval Record”. Det svetsande företaget ansvarar alltid för att de svetsmetoder och de tillsatsmaterial de väljer är lämpligt valda. Dokumenten skall vara utarbetade och signerade av en person med IWE-behörighet. (SS-EN ISO 14731).

3.3 Vid reparation eller ändring av besiktningspliktig tryckbärande anordning skall alltid ett anmält organ (notified body) kontaktas.

3.4 Sodahuskommittén rekommenderar dessutom att mer omfattande och komplicerade svetsningsarbeten alltid utförs i samråd med panntillverkare och kontrollorgan.

4 Svetsmetoder och tillsatsmaterial.

4.1 Alla underhållsåtgärder och reparationer skall riskbedömas med hänsyn till eventuell påverkan på tryckkärlets säkerhetsmarginaler, t.ex. påverkan på det lastbärande skiktet hos kompoundtuber.

4.2 För alla enskilda svetsarbeten på tryckbärande delar skall det finnas en svetsprocedur, ”WPS” och en WPQR, se paragraf 3.2 (och SS-EN ISO 12952-5, § 8.3 och 8.4).

En svetsprocedur är unik för det svetsande företaget, så man får inte hänvisa till något annat företags svetsprocedur. Svetsproceduren skall vara underskriven av en behörig svetskunnig person, dvs med IWE-behörighet (SS-EN ISO 14731:2019). För svetsprocedurprovning och svetsarprövning gäller beroende på typ av svetsprocedur någon av SS-EN ISO 15609-1, SS-EN ISO 15610, SS-EN ISO 15611, SS-EN ISO 15612, SS-EN 15613 resp. SS-EN ISO 15614-1 samt för svetsarprövning SS-EN ISO 9606-1 eller prövning av svetsoperatörer SS-EN ISO 14732:2013. Härutöver finns också krav på svetsprocedurens innehåll i kapitel 6 i SS-EN 12952-6:2022.

4.3 Giltighetstiden för svetsarprövning skall beaktas. Observera att ett utgånget intyg om svetsarprövning kan medföra att arbetet kan behöva göras om.

4.4 Beträffande val av svetselektroder, se Bilaga 2.

4.5 Reparationer och ändringar bör planeras och utföras med hänsyn till de värmebelastningsförhållanden som de kan bli utsatta för i en sodapanna, t.ex. genom värmespänningar eller kraftig korrosion. Det kan gälla t.ex. fenor eller infästningsöron, membran mellan tuber eller svetsar mellan

eldstadstuber och pannans balkkonstruktion. Ibland kan s.k. avväxlingsplåtar, som t.ex. mellan tuber och inhållningsbalkar vara en lösning.

5 Accepterade svetsmetoder

5.1 Av Sodahuskommittén accepterade svetsmetoder för tryckbärande svetsar är enligt paragraf 5.1.1, 5.1.2 och 5.2.

För påsvetsning av membran, täck- och triangelplåtar, fenor och liknande får även MIG/MAG-metoder enligt paragraf 5.3 användas, samt för reparation av stift bågbultsvetsning enligt paragraf 5.4.

5.1.1 Bågsvetsning med belagd elektrod

Ett stort problem vid svetsning är risken för vätesprickor orsakade av fukt från elektrodhöljet. Därför kan endast belagda elektroder med ett väl torkat basiskt hölje kan rekommenderas. Rutilelektroder och cellulosaelektroder kan av samma anledning inte anses lämpliga för användning på sodapannans tryckkärlsdelar.

5.1.2 TIG-svetsning med argon som skyddsgas.

Annan skyddsgas kan ifrågakomma.

5.2 Vid montagesvetsning i panna rekommenderar Sodahuskommittén svetsning av rotsträng med TIG-svetsning enligt paragraf 5.1.2 och uppfyllning med bågsvetsning med belagda elektroder enligt paragraf 5.1.1 ovan.

5.3 Sodahuskommittén rekommenderar tillsvidare att MIG- och MAG-svetsning (GMAW resp. FCAW) inte används för reparations- och underhållssvetsning av tryckbärande svetsar. Däremot kan de användas för påsvetsning på tuber av fenor, membran och liknande detaljer.

5.4 Bågbultsvetsning (bränn- eller stuksvetsning eller liknande svetsmetod) av stift för underhåll och reparation skall vara dokumenterad med i förväg utförda svetsprocedurprover (för dessa svetsar gäller SS-EN ISO 14732 och SS-EN ISO 15612). Se även SS-EN ISO 14555.

5.5 Även för svetsning, som enbart berör utsidan av tryckbärande del, skall det finnas en godkänd och underskriven svetsprocedur ”WPS” (enligt någon av ovannämnda SS-EN 15607 – SS-EN 15614).

5.6 Sodahuskommittén avråder helt från skarvning med bränn- eller stuksvetsning av tuber i eldstaden, ekonomiser eller i överhettaren (jfr SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § A.2, som här avviker från Sodahuskommitténs rekommendation)

5.7 Sodahuskommittén avråder helt från gassvetsning med nuvarande teknik.

5.8 Sodahuskommittén avråder från användningen av permanenta rotstöd, ”backing rings” vid skarvsvetsning av tuber i sodapannan (p.g.a. risk för korrosion på vattensidan).

5.9 Där tillfredsställande dokumentation och erfarenhet föreligger kan avvikelse från ovannämnda rekommendationer i vissa fall ändå motiveras. Sodahuskommittén rekommenderar dock att svetsning med andra metoder än de som nämnts ovan inte sker utan föregående samråd med den svetsansvarige och med anmält organ samt, vid legerade stål, med materialtillverkare.

6 Svetsbetingelser

6.1 Höga vätehalter i svetsgods och HAZ kommer oftast från användning av svetselektroder som inte är tillräckligt väl torkade. Vid bågsvetsning med belagd elektrod skall dessa hållas väl skyddade från fukt

enligt elektrodtillverkarens rekommendationer. Redan under lagring kan elektroderna ta åt sig av luftfuktigheten, varför de elektroder som väntar på att användas under ett pågående arbete inte får ligga framme, utan de skall i väntan på användning förvaras i torrhållare med förhöjd temperatur. Lagringstiden är begränsad och beroende av hur den oöppnade elektrodförpackningen förvaras. De flesta plastförpackningar förmår inte hålla fukten ute under längre tid, och i allmänhet finns sista förbrukningstillfälle utan omtorkning angivet på förpackningen.

6.2 Oöppnade förpackningar bör i möjligaste mån förvaras i lokaler med låg luftfuktighet, vid rumstemperatur helst en luftfuktighet under 50 %. Detta kan vara svårt sommartid, då luftfuktigheten även inomhus blir betydligt högre än så. Öppnade förpackningar skall förvaras i torrhållare (minimum 75ºC) och skall i normalfallet förbrukas inom 8 timmar. Det bästa är om man kan ta elektroderna direkt ifrån torrhållningskärlet (värmeskåp eller torrhållare) till svetspistolen utan att ha dem liggande runt omkring sig när man svetsar.

6.3 Elektroder, vilka kan antas ha förvarats utanför förpackning eller utanför torrhållare/värmeskåp, så att fukthalten i elektrodhöljet har ökat, skall omtorkas enligt tillverkarens rekommendationer. För olika elektrodfabrikat, förpackningskvalitéer och sammansättningar av elektrodhöljet kan här gälla olika marginaler för vad elektroderna kan utsättas för innan deras halt av fukt i elektrodhöljet blir olämpligt hög.

6.4 Arbetsstället skall vara torrt och fritt från kondenserad fukt. Svetsning får ej ske om stålet är kallare än omgivningen, eftersom det annars föreligger risk för kondensation på stålytan av luftens fuktighet. Svetsning får ej heller ske med mindre än att materialtemperaturen hålls över +5ºC om omgivningstemperaturen är lägre. Sodahuskommittén tillråder rent allmänt att svetsstället värmes något före svetsningen, även där förhöjd arbetstemperatur inte är föreskriven. Se SS-EN 12952-5:2022, § 10.3.1. och § 10.3.2.

6.5 All svetsning skall ske på metalliskt rena ytor, där alla rester av oxider och andra beläggningar avlägsnats. Rengöring skall ske av och kring svetsstället på båda sidor, så att de är torra och helt rena från damm, fett eller olja. Beläggningar och oxidskikt i en sodapanna kan innehålla avsevärda mängder svavel, vilket medverkar till uppkomsten av stelningssprickor genom bildning av järnsulfid eller nickelsulfid. Skiktet måste avlägsnas fullständigt genom slipning eller smärgling eller med roterande fil.

6.6 Fogkanterna (eller motsvarande område) skall synas före svetsningen med avseende på lamineringar, slagg eller andra materialfel.

6.7 Stålborstning, även med användning av roterande stålborste, för rengöring av korroderade metallytor rekommenderas inte, eftersom stålborstning enbart ger en polering av oxidskiktet.

6.8 Blästring med stålsand eller järnsilikatslagg (fajalit) till Sa3 kan också ifrågakomma. Blästringsresultatet måste då särskilt kontrolleras före svetsningens påbörjande.

6.9 Vid blästring med hårda och kantiga blästermedel, t.ex. fajalit, måste uppmärksammas risken för erosionsskador på de blästrade partierna. Blästermunstycket måste hållas i ständig rörelse och på lagom avstånd, så man inte får lokala nederoderade partier.

6.10 Kvartshaltig sand får inte användas utan att risken för lungskador har blivit eliminerad.

6.11 Sodahuskommittén avråder från all grovrengöring och avlägsnande av stelnad smältsoda med bilningsmaskin, korp eller motsvarande mekaniska metoder. Risken för mekaniska skador på tuberna är alltför stor.

6.12 Högtrycksspolning bör användas med försiktighet. Om munstycket inte hålls i ständig rörelse riskerar man att det uppstår lokalt nederoderade ställen. Materialförlusten kan då bli avsevärd även på kort tid.

6.13 Vid svetsningen skall svetsstället skyddas mot damning, eftersom dammet kan äventyra svetsgodsets renhet. Särskilt vid svetsning med tillsatsmaterial med höga nickelhalter är det viktigt att svetsgodset inte förorenas av svavelhaltiga partiklar.

6.14 Svetsstället skall skyddas mot drag och blåst. Vid svetsning med skyddsgas måste tillses, att

gasskyddet dels är tillräckligt och dels att det inte blåser bort. Vid svetsning av långa vertikala tuber skall åtgärder vidtagas för att förhindra uppkomsten av luftströmmar inuti tuberna genom skorstensverkan. Pluggar, t.ex. av vattenlösligt specialpapper, kan insättas i de tubändar som ansluts till ångdomen.

6.15 Svetsning bör inte ske på tuber, vilka inte dränerats från kvarvarande kondensat. Detta gäller även hängande överhettartuber. Den högre avkylningshastigheten kan annars ge upphov till spröda zoner vid svetsen.

Dränering kan ske genom punktering, innan man utför svetsningsarbetet. Undantag medges om det svetsande företaget har kvalificerat sig med en särskild WPS för att svetsa även tuber som det fortfarande står kondensat i. Punkteringen bör ej läggas längst ner i en böj, då det där är svårt att hålla tillräckligt rent för återsvetsningen. Läggs punkteringen högre upp bör utrymmet nedanför dräneras t.ex. med sughävert innan man återsvetsar det upptagna hålet. Lämplig storlek på punkteringshålet bestäms av den slang, som används som sughävert. Är dimensionerna för små tar de aktuella tömningsoperationerna onödigt lång tid. Hålet återsvetsas t.ex. genom att man lägger till en bricka för att fylla upp hålet.

Efter avslutat montage måste kontrolleras att tubernas genomlopp inte blivit blockerade.

7 Ersättningsmaterial

7.1 Förutom de godtagna materialen enligt SS-EN 12952-2:2022, § 4.3.2 (tabell A.1 i Annex A) får material enligt samma standard, § 4.3.3 och § 4.3.4 användas, varvid särskild hänsyn skall ha tagits vid utvärderingen till materialets lämplighet för användning i en sodapanna.

7.2 Vattenförande tuber, vilka vid läckage kan ge vatten in i eldstaden skall vara kontrollerade enligt de delar av SS-EN ISO 10893 som specificeras i SS-EN 10216-2.

7.3 Nytt material skall, där så inte är uppenbart onödigt, rengöras på vattensidan genom blästring eller annan lämplig metod. Blästring kan ske med stålsand eller järnsilikatsand (fajalit).

7.4 Material till fenor och konstruktionsdetaljer, som svetsas fast på domar, lådor eller tuber skall vara av minst kiseltätat konstruktionsstål enligt SS-EN 10025-2, tabell A1 eller motsvarande. Exempel på sådant material är SS-EN 10025-2 stål S235JRG2.

7.5 Stål av s.k. duplextyp (ferrit-austenitiska stål) är inte lämpliga till tryckdelar m.m. i soda pannor p.g.a. risk för γ'-utskiljning vid användning över ca 250 ^{o}C.

8 Utförande

8.1 Svetsarbete på sodapanna och framförallt på dess tryckbärande delar kräver särskild noggrannhet och omsorg. Svetsning av tryckbärande delar till sodapanna skall vara planerad och utförd enligt SS-EN ISO 3834-2 och till kvalitetsnivå B enligt SS-EN ISO 5817 och till tilläggskravet "S" enligt tabellerna § 7.3.5 tabell 5 och § 7.4.1.2 tabell 6 i SS-EN 12952-6:2022.

8.2 Svetsning på tryckbärande delar skall ske mot en godkänd svetsprocedur, WPS/WPQR. Alla relevanta parametrar skall specificeras i denna svetsprocedur, jfr paragraf 3.2.

8.3 För mer komplicerade svetsarbeten kan krävas arbetsprov, som tar hänsyn till arbetsställningar och åtkomlighet resp. metallurgi och krympspänningstillstånd hos den färdiga konstruktionen (Beträffande arbetsprov, se paragraferna 9.2, 9.13, 10.9, 10.13, 12.1, 12,11 och 19.2.

8.4 Svetsreparationer i domar och lådor i legerade stål kräver särskild omsorg med hänsyn till de krympspänningar och metallurgiska omvandlingar (t.ex. härdnings- och utskiljningseffekter) som kan uppstå vid svetsningen eller utvecklas på lång sikt. Svetsarna kan behöva slipas extra noga till jämn yta för att motverka sprickbildning som en följd av framtida tryckkontroller m.m. Övergången mellan svetsråge och anslutande grundmaterial måste vara jämn och utan tvära

övergångar, vilka annars kan initiera spricktillväxt efter en längre tids drift.

8.5 Alla tuber med bulor eller andra lokala svällningar skall alltid bytas. I den mån man upptäcker bulor, otillåtna svällningar (här svällningar om eller överstigande 1% på diametern) eller liknande tecken på otillåten överhettning, så skall även skadorna förtecknas och orsaken till deras uppkomst utredas.

8.6 Reparationssvetsning av krypskador på överhettarlådor och överhettartuber (och ångledningar) med temperatur över 350^{0}C för stålgrupp 1 och 450^{0}C för stålgrupp 5.1 och 5.2 enligt SIS-CEN ISO/TR 15608:2017 kräver särskilda försiktighetsåtgärder för att inte krypskadorna skall återkomma i ett accelererat tempo. Exempel på sådana åtgärder kan vara slätslipning av svetsrågarna eller värmebehandling av utförda reparationssvetsar.

8.7 Rent allmänt tillråder Sodahuskommittén att all svetsning sker med en viss förhöjning av arbetstemperaturen för att motverka bildning av svetsdefekter. Svetsproceduren bör här mer ta hänsyn till det önskade slutresultatet än till minimikrav enligt gällande standarder.

8.8 Vid svetsning av eller på tuber och lådor av stål legerade med krom och molybden (som t.ex. stål 13CrMo4-5 eller 10CrMo9-10 enl. SS-EN 10216-2) med arteget tillsatsmaterial skall där så är tillämpligt förhöjd arbetstemperatur förekomma (jämför SS-EN 12952-5:2022 §10.3, som i sin tur hänvisar till tabell C.5 i SS-EN 1011-2:2001 med tillägg A1:2004). Miljöförhållandena på plats i en sodapanna är svåra att kontrollera, och även om svetselektroder med lägsta möjliga vätehalt rekommenderas, så rekommenderar Sodahuskommittén därför ändå för svetsning på överhettarlådor >15mm en arbetstemperatur om 150-200ºC för stål 13CrMo4-5 och 200-250ºC för stål 10CrMo9-10. Även omedelbart anslutande värmebehandling eller att svetsen direkt täcks in med värmeisolerande filtmaterial kan förekomma (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.3). Vilken åtgärd som används skall framgå av svetsproceduren.

8.9 Vid all svetsning med rostfria/austenitiska elektroder på kolstål eller låglegerade stål skall minst s.k. överlegerade elektroder användas (t.ex. typ 23%Cr/13%Ni), se exempel i Bilaga 1. Normalt föreskrivs här inte någon förhöjd arbetstemperatur, i motsats till när man använder arteget tillsatsmaterial.

8.10 Användning av s.k. intermittent svets skall undvikas, om man istället kan lägga en kontinuerlig längsgående svets.

8.11 Vid skarvsvetsning av tuber, anslutning av stutsar och liknande, skall svetsningen ske med minst två lager, där svetssträngarna har förskjutna start- och stoppställen (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.10.3).

8.12 Sodahuskommittén rekommenderar att påsvetsning på vattenförande tuber för att återställa ursprunglig godstjocklek i en sodapannas eldstad endast får utföras under förutsättning att den återstående godstjockleken (hos den lastbärande komponenten) överskrider den minsta tillåtna godstjockleken enligt rekommendation D3, dock minst 3,0 mm. För kompoundtuber, se paragraf 10.15.

8.13 Vid svetsning på överhettartuber bör på samma sätt den minsta kvarvarande tjockleken före svetsning motsvara minst den minsta tillåtna tjockleken e_{ct} (enligt SS-EN 12952-3, kap. 11) plus 1 mm, det senare tillägget för att kompensera för svetsgodsets inträngning.

8.14 Djupare uppslipningar på tuber lika breda eller mindre än två gånger godstjockleken får dock svetsas på samma sätt som om det vore fråga om skarvsvetsning. Notera då paragraf 8.18 alt. paragraf 8.19.

8.15 Rotgapet mellan fogkanter skall i möjligaste mån innehållas, t.ex. genom häftsvetsning eller med mekanisk inspänning. Endast smärre avvikelser från förbestämt rotgap accepteras. Framförallt för stort rotgap medför stor risk för svetsdefekter, t.ex. bindfel. Toleranser för rotgap och rätkant skall specificeras i WPS:en (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.2). Standardiserade utföranden finns beskrivna i SS-EN ISO 9692-1:2013. S.k. Y-fog, där rätkanterna pressas mot varandra är inte tillåten (avrådan gäller även I-fog).

8.16 Också fogkanternas flankvinkel måste vara väl avvägd, så att åtkomligheten till svetsroten inte inskränks. Detta bör särskilt uppmärksammas vid konstruktioner som vid halv V-fog och vid genomgående stutsar. Detta gäller särskilt för den TIG-svetsning som man normalt använder för rotsträngen.

8.17 Häftsvetsar skall utföras så att de ej stör den färdiga svetsen (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.3).

8.18 Risken för härdning vid häftsvetsning skall beaktas (se SS-EN 12952-5:2022, §10.3.1).

8.19 Rotsträng skall läggas utan onödiga avbrott, dvs annat än för att byta arbetsställning hos svetsaren, för byte av elektrod eller liknande (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.2)

8.20 Vid stora uppslipningar i godset bygger man successivt på fogkanterna från sidan, så att höga svetsspänningar undvikes. Låg mellansträngstemperatur bör eftersträvas.

8.21 Skarvsvetsar får inte läggas närmare varandra än vad som motsvarar längden av två tubdiametrar (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.4)

8.22 Reparation av samma svetsställe bör inte upprepas mer än två gånger. Vid svetsning på tuber bör man därför efter tre misslyckade försök till reparationssvetsning sätta in ett nytt stycke och göra nya svetsar från början. Fler reparationsförsök än tre kan göras, men först efter särskilt övervägande Vid återkommande sprickbildning i svetsgods eller värmepåverkad zon intill smältgränsen rekommenderas att WPS:en omarbetas.

8.23 Krypskador som återkommer i område som tidigare svetsreparerats av samma orsak bör föranleda byte till friskt material. Har området varit föremål för svetsreparation tidigare, avgörs på basis av tillgänglig dokumentation om ytterligare reparationer skall accepteras, dock att området svetsas sammanlagt högst tre gånger. Är dokumentationen ofullständig bör tubpartiet bytas.

8.24 Vinkelavvikelse vid skarvning av tuber skall understiga 3^{o} dvs 5 mm per 100 mm (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.6.)

8.25 Vid återkommande byten och återsvetsning av tuber, t ex vid återkommande löphålstubsbyten, och vid återsvetsning av inspektionsstutsar tillråder Sodahuskommittén att de nya svetsarna förläggs så att man inte senare tvingas svetsa i tidigare svetspåverkat material. Den tidigare skarvsvetsen bör därför från början förläggas till det tubstycket som kasseras. Vid inspektionsstutsar kapas den gamla skarvsvetsen bort och kasseras. ”Stubbarna” bör därför göras tillräckligt långa redan på konstruktionsstadiet

8.26 Vid återsvetsning efter uttag av hålborrade provstycken skall de nya tubrondellerna vara uttagna ur likartade tuber med mekanisk bearbetning. Fogkanterna skall vara fogberedda med kantvinkel, rätkant och rotgap i enlighet med svetsproceduren. Svetsen skall röntgas.

8.27 Sodahuskommittén rekommenderar att risken för att det med tiden uppstår sprickor och korrosionsangrepp på baksidan av svetsar lagda direkt mot tuberna beaktas. Vattensidig korrosion kan uppstå på baksidan av svetsöron och svetsar mellan tuber och t.ex. infästningsbalkar eller upphängningsjärn om krafterna som verkar på svetsarna blir för stora. Finner man dylika korrosionsskador på vattensidan vid påsvetsade inhållningsjärn och liknande, så kan hela eldstaden behöva undersökas noggrannare.

8.28 Vid svetsning av konstruktionsdetaljer mot ångpannetuber skall därför beaktas att svetsarna inte bör göras starkare än tubgodset om svetsarna kan bli utsatta för inspänningskrafter. Användningen av avväxlingsplåtar skall i så fall övervägas.

8.29 Vid fastsvetsning av fenor på tuber vid t ex luftportar och manluckor skall utöver krymp- och värmespänningar i svetsen även beaktas att svetsens tvärsnittsarea blir tillräckligt stor för att fenan skall bli tillräckligt kyld. Det sammanlagda a-måttet för svetsen kan behöva vara större än fenans tjocklek.

8.30 Täck- och triangelplåtar och liknande smådetaljer insvetsade på mer än ett ställe kan behöva slitsas för undvikande av sprickor genom värmespänningar.

8.31 Tillfälliga svetsöron etc. avlägsnas. Snittytan kontrolleras med ytmetod (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.3).

8.32 Längsgående membran mellan tuber bör helst inte vara bredare än ½" (12,5 mm), men kan tillåtas vara ytterligare något bredare om de kan hållas väl skyddade mot överhettning.

8.33 Svetsreparationer av utförda svetsar skall göras utifrån den WPS som tillämpats vid den ursprungliga svetsningen eller utifrån en omarbetad WPS, om så bedöms bättre. Svetsreparationen skall dokumenteras (exakt position, så att den kan återfinnas, m.m.) och den oförstörande provningen av det reparerade stället göras på nytt med minst samma omfattning (jfr. SS-EN 12952-5:2022, § 8.6.1).

8.34 Defekter avlägsnas med någon skonsam metod. Användes luftbågmejsling skall ytornas ges en slutlig slipning, så att uppkolat och värmebehandlat ytskikt avlägsnas (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.6.1).

8.35 Brännsår skall undvikas. Eventuella brännsår bortslipas och kontrolleras med ytmetod (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.4).

8.36 Återsvetsning av stapelfenor bör undvikas. Vid påskarvning av nya fentoppar beaktas att full genomsvetsning erhålles, då för liten fogarea här leder till dålig värmebortledning, höga temperaturer och kort livslängd.

8.37 Flamriktning av ångpannetuber, framförallt överhettartuber och kompoundtuber, skall ske med försiktighet, eftersom materialets mekaniska egenskaper kan påverkas ofördelaktigt.

Sodahuskommittén tillråder att:

- *för kolstålstuber bör 650°C ej överskridas.*
- för låglegerade överhettartuber bör 700°C ej överskridas.
- för kompoundtuber bör 500°C ej överskridas.

Temperaturgränserna bör kontrolleras, t.ex. med termokrita.

8.38 Tryckkontroll med höga kontrolltryck bör användas återhållsamt, se Rapport till Sodahuskommittén nr 2020-1.

9 Stutsar och tubinfästningar i domar och lådor.

9.1 Reparationsarbeten på stutsar och tubinfästningar i domar, framförallt domar av legerade stål, kräver på grund av sin svårighet extra omsorg och skicklighet. Vid höghållfasta stål skall särskild hänsyn tas till den sprickbildning genom korrosion som kan uppstå på vattensidan om inte övergången mellan svets och grundmaterial görs tillräckligt jämn, t.ex. genom slipning eller TIG-behandling. Smältdiken och skarpa vinklar bör undvikas (SS-EN ISO 5817, klass B). Se rapport till Sodahuskommittén 2020-2, avsnitt 7.3.

9.2 Sodahuskommittén rekommenderar att den som utför svetsning eller annat arbete på domarna utöver giltig svetsarprövning (för stål: SS-EN ISO 9606-1:2017) också har dokumenterad erfarenhet av motsvarande reparationsarbeten. På begäran skall det svetsande företaget styrka lämpligheten av föreslagna svetsarbeten med ett motsvarande arbetsprov utfört av den tilltänkte svetsaren.

9.3 Tuber, vilka svetsas fast på utsidan av cylindriska lådor, skall vara avskurna vinkelrätt mot längdaxeln. Tubänden skall vara fogberedd på lämpligt sätt, så att man får full genomsvetsning av skarven, föreslagen fogberedning skall framgå av WPS:en. Lådans vägg planas runt varje hål. Tubens centrering i förhållande till hålet skall noga kontrolleras.

9.4 Hål i domar och lådor för genomgående stutsar skall vara maskinbearbetade. Genomgående stutsar bör helst vara fullt genomsvetsade, alternativt att det inbyggda rotfelet hålls så kort i höjdled som

möjligt. Gängförband och s.k. socket weld (SS-EN 12952-3, figur 28) accepteras inte.

9.5 Vid svetsreparation av domplåten vid tubhål och stutsar måste beaktas att värmebehandling i allmänhet inte kan utföras efter svetsningen. Det innebär att arbetet i så fall måste utföras med en svetsprocedur och med efterföljande kontroll utarbetade i förväg av den svetsansvarige och med besiktningsorganet och i förekommande fall med materialtillverkare eller annan svetsteknisk expertis.

9.6 Borrhål avsedda för invalsning av tuber skall vara fria från repor som kan medföra läckage. Den tubhålskant som vetter mot tubens sträckning skall vara avgradad (bruten). Tubhålens ytfinhet bör vara runt ca 0,06-0,07 mm. Speciell uppmärksamhet efter kvarvarande defekter skall ägnas sådana borrhål som svetsreparerats.

9.7 Tubhålsdiametrarna bör icke vara mer än ca 0,5 mm större än aktuell tubs uppmätta ytterdiameter före pressningen. Tubhålens diameter anpassas till aktuell tubdimension. Tubändar, som skall pressas, måste vara noggrant rengjorda. Vid pressningen skall ett i vatten emulgerbart fett användas som smörjmedel för pressverktygen. De pressade tubändarna rengöres invändigt från fett före provtryckning. Tuberna skall pressas före svetsningen, så att anliggningen mot tubhålsväggen blir fullgod.

9.8 Sodahuskommittén rekommenderar att pressade tubinfästningar också tätsvetsas enligt paragraf 9.9 – 9.16 nedan. Hur detta sedan skall genomföras skall finnas beskrivet i den för arbetet utarbetade WPS:en.

9.9 Vid tätsvetsning av tubändar är det svårt att utföra värmebehandling efteråt. Det innebär att man i gengäld tvingas till rätt höga arbetstemperaturer för att motverka martensitbildning och sprickbildning, se paragraf 9.12 nedan...

9.10 Tätsvetsning av tubändarna i domen skall utföras som minst 2-lager-svetsning, varvid första svetssträngen skall läggas i huvudsak mot dommaterialet, medan den andra svetssträngen inte får beröra detta. Svetssträngarnas start- och stopppunkter skall vara förskjutna i förhållande till varandra. Om man låter den först lagda svetsen svalna innan man lägger nästa, så håller man ned de kvarvarande restspänningarna.

Vid tätsvetsning av genomgående tubändar bör kälsvetsens sammanlagda a-mått vara lika stort som tubens väggtjocklek.

9.11 Vid invalsade tuber, som skall tätsvetsas, kan med fördel metoden med ring användas. Då svetsas först ringens utsida till domplåten med kälsvets med minst två strängar och därefter ringens innerkant till tubänden, också med minst två strängar. Ringens höjd bör motsvara a-måttet för den nedre (yttre) svetsen. Ringens innerdiameter anpassas gentemot den invalsade tubändens ytterdiameter (d.v.s. något lite större än tubens nominella ytterdiameter före invalsningen), så att spalten mellan ring och tubände hålls så liten som möjligt. (För en 2½”-tub kan ringen göras med t = 6-8 mm, di ~ 64-65 mm, dy ~ 85 mm och böjas till en krökning som motsvarar domens krökning, så man får god anpassning).

9.12 Svetsproceduren bör vara utformad så att den värmepåverkade zonen i domgodset (HAZ) inte tar härdning genom martensitbildning vid svetsningen. Tätsvetsning av invalsade tuber i domar fordrar därför speciella försiktighetsåtgärder, vilket innebär att arbetet måste utföras med svetsprocedur utarbetad i förväg av den svetsansvarige i samråd med besiktningsorgan och materialtillverkare eller annan svetsteknisk expertis.

9.13 Tätsvetsade tubändar värmebehandlas normalt inte efter svetsningen, även när dommaterialet är sådant att en efterföljande värmebehandling normalt skulle krävas. En sådan svetsprocedur kan därför i vissa fall även inbegripa en föreskriven eftervärmning/varmhållning för att föregripa uppkomsten av härdsprickor i domgodset strax nedanför smältgränsen mellan svetssträng och dommaterial. Sådana kan annars vid låglegerade stål uppträda även något dygn efter det själva svetsningen avslutats. Ett sätt att motverka härdning/martensitbildning kan vara att man svetsar med en kraftigt förhöjd arbetstemperatur, och sedan låter den höga arbetstemperaturen ligga kvar tills den nylagda svetsen svalnat tillräckligt i förhållande till martensitbildningstemperaturen, M_s. Den aktuella svetsuppgiften medger inte i praktiken att man laborerar med att föreskriva en lägre mellansträngstemperatur. Utfört arbete synas och provas med penetrant eller magnetpulver sedan svetsen svalnat till rumstemperatur, eventuellt i svårare fall efter

något dygns väntetid. Möjligheten till att genomföra ett arbetsprov bör övervägas.

9.14 Förvärmning (förhöjd arbetstemperatur) skall ske med metod som ger fullgod genomvärmning och så att den föreskrivna arbetstemperaturen innehålles ända tills dess den aktuella svetsningen är avslutad. Arbetstemperaturen skall kontrolleras individuellt för varje enskild tub innan svetsningen av den påbörjas.

9.15 Efter genomförd tätsvetsning skall förbandet ges en lätt eftervalsning om tubsätet är utfört utan rillor. För tubsäte med rillor skall framgå av svetsproceduren om och i så fall hur en eventuell eftervalsning skall utföras.

9.16 Kompoundtuber lämpar sig inte för inpressning (p.g.a. skillnader i värmeutvidgningskoeffecient). Antingen pressar man en tubände där ytterskiktet avlägsnats minst motsvarande domgodsets tjocklek eller så pressar man in en påskarvad tubände gjord i samma stål som det lastbärande skiktet i kompoundtuben.

9.17 Om risk föreligger att den på detta sätt inpressade tubänden kommer att angripas av korroderande rökgaser intill inpressningen genom att lådan/domen ligger inne i rökgasstråket bör det föranleda åtgärder, eftersom det finns en risk för att det blottade innerskiktet korroderar.

10 Kompoundtuber

Rekommendationerna nedan är i huvudsak baserade på erfarenhet och kunskap kring svetsreparationer av kompoundtuber med innerkomponent i P265GH enligt SS-EN 10216-2, Sandviks resp. Alleimas beteckning 4L7 och med ytterkomponent i X2CrNi19-11 (EN materialnummer 1.4306/Sandviks resp. Alleimas beteckning 3R12) alternativt Sanicro 38 (Nr. 2.4858/typ Alloy 825).

Rekommendationerna är i första hand tänkta för kompoundtuber i sodapannor med konstruktionstryck upp till ca 140 bar och lokala skador på vattenförande tuber i sodapannans eldstad (som t.ex. bottentuber, löptuber, luftportsöppningar, brännare/lutspruteöppningar, vid instigningsluckor och luckor för skyddstaksbalkar).

Eftersom det i svenska sodapannor i huvudsak endast förekommer 2½” kompoundtuber med ovannämnda material i inner- respektive ytterskikt, så behandlar detta kapitel huvudsakligen bara den dimensionen och de materialkombinationerna.

Dessa råd kan emellertid också i stort sett ses som tillämpliga även med kompoundrör med högre legerade ytterskikt respektive motsvarande överhettartuber i kompoundutförande. Ytterskikten med högre nickelhalter kräver emellertid andra svetsprocedurer och andra tillsatsmaterial och på samma sätt brukar överhettartuber ha en innerkomponent i något varmhållfast stål, vilket också det kräver mer avancerade svetsprocedurer än de standardvarianter som behandlas här.

10.1 Beteckningar och dimensioner

Kompoundrör på marknaden i Sverige idag är i praktiken uteslutande från företaget Alleima® i Sandviken.. Tidigare leverantör, SANDVIK rördivision SANDVIK MATERIALS TECHNOLOGY, ”SMT” upphörde år 2022, i och med att den fysiska verksamheten avknoppades till det då nybildade bolaget Alleima® med dotterbolaget Alleima® Tube AB.

Det innebar bl.a. att de aktuella materialkvalitetsbeteckningarna som SANDVIK använt övertogs oförändrade av Alleima (utöver att prefixet ”Sandvik®” ersattes med ”Alleima®”). De kom att varumärkesskyddas under sina nya namn. Alleima® och Sanicro® är alltså av företaget Alleima® registrerade varumärken.

Används dessa beteckningar med ®-märke så måste det därför vara Alleimas produkter som avses. Vill man att ett dokument skall omfatta även befintliga gamla SANDVIK-rör från före 2022, så bör man begränsa sig till standard- och/eller materialbeteckningarna, eftersom det kan vara upplagt för problem om man kommer i konflikt med de skyddade varumärkena. Även de äldre SANDVIK-beteckningarna var på sin tid varumärkesskyddade.

Även beteckningen ”Sanicro 38” kan ifrågasättas, samtidigt som även Sandviks äldre beteckningar av typ SANDVIK® 3R12 respektive SANDVIK® Sanicro 38 kan behöva ersättas, eftersom de kommer i konflikt

med Alleimas varumärkesskydd. Man kan använda t.ex. Materialnummer 2.4858 eller UNS NO8825) för det som har kallats SANDVIK® Sanicro 38 respektive innerkomponent i P265GH enligt SS-EN 10216-2 istället för SANDVIK® 4L7. I mindre solenna sammanhang accepterar emellertid Alleima® att man använder beteckningarna Sanicro 38, 3RE12 resp. 4L7 (och motsvarande för deras högre legerade kvalitéer) utan ®-märke utan att det kommer i konflikt med Alleimas varumärkesrättigheter.

OK att skriva i dokumentet	EN Materialnummer/klassificering/standarder
Sanicro 38	EN 2.4858 / UNS N08825 mod.
Sanicro 67	EN 2.4642/Alloy690/UNS N06690
Sanicro 28	EN 1.4563/X1NiCrMoCu31-27-4/UNS N08028
Alleima 3RE12	EN 1.4306/1.4301/X2CrNi19-11/UNS S30403/S30400/AISI 304L
Alleima 3RE28	EN 1.4845/AISI310

Dokument som WPS:er eller WPQR behöver egentligen också enbart hänvisa till materialgrupperingen enligt SIS-CEN ISO TR 15608, vilket är neutralt.

Kompoundrör som finns att tillgå på marknaden idag är alltså enbart från Alleima®, med undantag för att det kan finnas enstaka äldre SMT-tillverkade rör och rörkonstruktioner, t.ex. löphål, i reserv på förråden på de enskilda fabrikerna. Desssutom är ju alla hittills levererade eldstäder utförda med kompoundrör från SMT. Alla dokument, men framförallt WPS:er, måste därför kunna hantera, att kompoundrör med samma sammansättning och egenskaper kan ha olika namn, beroende på vilket av de bägge företagen som tillverkat det individuella tubmaterialet. WPS:en måste kunna hantera rör från bägge dessa materialleverantörer samtidigt och äldre WPS:er som är utförda på kompoundrör från SMT kan behöva skrivas om så att de också kan hantera motsvarande tuber från Alleima®. Det är ju samma material och tillverkningsmetoder i botten. De bör därför inte hänvisa till framförallt SMT:s äldre varumärkesskyddade beteckningar. Det räcker dessutom enligt standarden SS-EN ISO 15614-1:2017 med materialgrupperingen enligt SIS-CEN ISO TR 15608.

En ytterligare komplikation är/har varit att kompoundtuber från Alleima (och tidigare Sandvik/SMT) levereras på marknaden certifierade enligt både amerikansk (ASTM/ASME SA 210 grade A-1 och SA 450) och europeisk (EN 12952-2/SS-EN 10216-2) tillverknings- & materialstandard med ett och samma garanterade minimimått för den nominella tjockleken (**ε**) på det lastbärande innerskiktet för att passa bägge standarderna.

Här har ett tidigare missförstånd uppstått vid tolkningen av SS-EN 10216-2, nämligen att man tolkat standardens tjocklekstoleranser enligt Tabell 7 med **(+/-** 12,5 **%)** - tolerans istället för Tabell 9 med minustoleransen noll, **(+** 28%/-0**)**. Den senare medger ett bättre utnyttjande av innerskiktets tillverkningsdata, den angivna tjockleken är den tjocklek man räknar med. Standarden likställer dessa möjligheter (tabellerna 7 och 9) och detta borde ha uppmärksammats tidigare.

Aktuella materialcertifikat för de här kompoundtuberna hänvisar emellertid inte till SS-EN10216-2 för det lastbärande skiktet, utan till en certifiering direkt gentemot tryckkärlsdirektivet utförd av TÜV Nord.

Tidigare så har man konstruerat eldstaden mot en garanterad minimitjocklek för rören, som motsvarat den angivna tjockleken minus minustoleransen. Erfarenheten från senare utförda pannor visar att Kontrollorganen nu godtar att den av tillverkaren angivna och garanterade minsta tjockleken på det lastbärande skiktet (4,88 mm för 2½" 3RE12/4L7-tuber, 4,71 mm för motsvarande Sanicro 38/4L7) är det värde som gäller (i enlighet med nämnda Tabell 9 för tjocklekstoleransen). Det innebär att tidigare resonemang och beräkningar som förts med utgångspunkt från Tabell 7 i SS-EN 10216-2 har varit onödigt konservativa. Man kan därför nu tillåta sig att dimensionera pannorna för en aning högre högsta tillåtna tryck än tidigare.

Anm.: Enligt den av Alleima (på samma sätt som före år 2022 rördivisionen i SANDVIK, SANDVIK Materials Technology, SMT) och Sodahuskommittén tillämpade terminologin benämns kompoundtuberna som "rör" vid tillverkning, försäljning och lagerhållning. Det innebär samtidigt att de benämns som "tuber" först när de blivit inmonterade som en integrerad del i eldstaden.

10.2 Aktuella material till inner- och ytterkomponent.

Det absolut vanligaste utförandet är med det lastbärande skiktet av ett ferritiskt kolmanganstål, typ P265GH, men dessa råd är lika tillämpliga även när det lastbärande skiktet består av någon annan jämförbar stålkvalitet, t.ex. 16Mo3 (också det enligt EN 10216-2, materialnummer 1.5415, vilket medger ett något högre konstruktionstryck i eldstaden). Alla dessa stål har fortfarande en betydligt lägre relativ varmhållfasthet, om man jämför med de rostfria stål och nickelbaslegeringar som används i kompoundskiktet.

EN-stålet P265GH är ett konventionellt kolmanganstål legerat med upp till 1,4 % mangan och har en kolhalt om högst 0,20 % C. Det ger sammantaget goda svetsegenskaper. Risken för att P265GH tar härdning och bildar några väsentliga mängder martensit vid svetsning vid rumstemperatur vid de dimensioner, som är aktuella för kompoundtuberna, är t.ex. liten. Att man ändå vill ljumma på svetsstället med en lätt förvärmning har mer att göra med att man vill motverka kondensation på svetsstället med den risk för gasporer som annars i värsta fall skulle kunna bli följden.

Innerkomponent av EN-stålet 16Mo3 kan alltså vara ett möjligt alternativ, Det har ungefär samma svetsegenskaper i de aktuella tubdimensionerna.

Det korrosionsskyddande ytterskiktet kan sedan bestå av ”ett vanligt austenitiskt rostfritt stål”, EN X2CrNi19-11. (Alleimas beteckning 3R12) eller vara mer legerat med nickel och krom, då vanligen motsvarande typ Alloy 825 (med beteckning Sanicro 38, materialnummer 2.4858, med riktanalys 20 % Cr, 38,5 % Ni, 2,6 % Mo, 1,7 % Cu och 0,8 % Ti).

I äldre sodapannor accepterades från början en ännu något högre kolhalt i det rostfria 18/8-ytterskiktet, dvs motsvarande tidigare stålbeteckning SS Stål 2333 med max. 0,05 % kol istället för nuvarande standardmaterial (tidigare SS Stål 2352) numera X2CrNi19-11 med max. 0,03% kol. Detta betyder i praktiken egentligen ingen större praktisk skillnad, eftersom man vare sig räknar med någon sammanhängande karbidutskiljning eller med någon därav följande risk för korngränskorrosion.

Höglegerade nickelbaslegeringar förekommer också vid svårare korrosionsförhållanden, och då i ytterskiktet, det skikt som är vänt mot rökgaserna. Således förekommer att man använder Sanicro 67 (EN materialnummer 2.4642/typ Alloy 690/nickelbas med 30 % Cr,60 % Ni och 10 % Fe) vid risk för svårare korrosionsförhållanden. För högre legerade tuber föreligger ett magrare erfarenhetsmaterial och därför kan ytterligare säkerhetsåtgärder bli aktuella, framförallt för att undvika varmsprickbildning i svetsgodset.

Som innerkomponent i överhettartuber används mest låglegerade krom-molybdenstålskvalitéer med förhållandevis låga krom- och molybdenhalter. Samtliga dessa har ferritisk mikrostruktur och de här låglegerade stålen kräver i allmänhet något mer uppmärksamhet på svetsningsparametrarna, framförallt en eventuellt förhöjd arbetstemperatur. Föreliggande råd avser inte dessa tuber, men bör ändå ge en viss ledning i samband med svetsreparationer på dem.

10.3 Dimensioner och toleranser

Av störst betydelse för kompoundtubernas användning till pannor med högre tryck och temperatur är, att den minimitjocklek på det lastbärande skiktet som garanteras, kan användas som den tjocklek på det lastbärande skiktet, ε_t, som man räknar mot med kapitel 11 i designstandarden EN 12952-3.

Den egentligen tillåtna tjocklekstoleransen (+28 %) för innerskiktet (enligt Tabell 9 i SS-EN 10216-2) är betydligt vidare än den extra tjocklek hos den lastbärande komponenten tuberna i praktiken levereras med för att minimivärdet på tjockleken med säkerhet skall innehållas. Men det är fortfarande fråga om ett dolt extra tillskott till hållfastheten, men så länge den inte är känd kan man inte tillgodoräkna sig den.

Det har tidigare rått en del oklarheter om hur innerkomponentens minsta tjocklek skall beräknas, det är alltså den garanterade minimitjockleken som gäller.

Skillnaden mellan fordrad tjocklek ε_{ct} enligt kapitel 11 i EN 12952-3 och tillverkarens garanterade minimitjocklek ε_t utgör sedan en extra säkerhetsmarginal, vilken kan komma att behöva utnyttjas vid eventuellt framtida svetsreparationer. För pannor där man utnyttjat tjockleken på det lastbärande skiktet

maximalt, d.v.s. $\varepsilon_{ct} = \varepsilon_t$ finns det däremot inte kvar några marginaler om man behöver svetsreparera en tunn nedkorroderad ytterkomponent eller om man upptäcker korrosion på vattensidan.

10.4 Materialgruppering för svetsning.

Kompoundtuber räknas för varje enskild materialkombination som en egen materialgrupp (vilket kräver att man gör separata svetsprocedurer och kvalifikationsprov). Speciellt bör härvid beaktas de särskilda svårigheter, som kan uppträda vid svetsning på kompoundtuber vid trängda svetslägen, lucksvetsning, byxningar och i liknande situationer (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.1).

På samma sätt som man lagerför ersättningstuber i olika materialkombinationer bör man försäkra sig om tillgången på svetsare med yrkeskompetens (och behörighet) gällande för de olika sorter och material-kombinationer, som används i den egna eldstaden

10.5 Materialförväxling

Eftersom kompoundtuber med ytterskikt i Sanicro 38 används parallellt med kompoundtuber med vanliga ytterskikt i X2CrNi19-11 (Alleima 3R12/tidigare ”Sandvik 3R12”) så måste man också beakta risken för materialförväxling. I ett stort antal pannor finns kompoundtuber av båda dessa typer. När det förekommer högre legerade kompoundtuber i eldstaden, så är det därför viktigt att hålla reda på var man har vanliga kompoundtuber och var man har höglegerade, så att man inte tillämpar fel svetsprocedurer. Risken för materialförväxling måste beaktas genom hela kedjan från inköp till montage

Föreligger osäkerhet kan man vid svetsningen ändå utgå ifrån antagandet, att det är den mer legerade varianten. På samma sätt kan man alltid om man är osäker ersätta tidigare okända kompoundtuber i eldstaden med Sanicro 38-tuber (försåvitt det inte förekommer ännu högre legerade tuber i pannan. I enstaka sodapannor förekommer som tidigare nämnts på enstaka ställen kompoundtuber med Sanicro 67).

10.6 Tillverkningskontroll

Föreskriven tillverkningskontroll av kompoundtuber för sodapannor specificeras i SS- EN 12952-2:2022, Annex C. Kompoundtuberna skall vara kontrollerade med 100 % ultraljud, samt med ringvidgningsprov, mekaniska test som dragprov av innerkomponent och mot bindfel. Också ytterskiktets tjocklek skall vara kontrollerat, vilket görs med virvelströmsmätning..

10.7 Riskbedömning

Alla underhållsåtgärder och reparationer av tubernas kompoundskikt bör riskbedömas med hänsyn till hur åtgärden eventuellt kan inskränka den användbara tjockleken på det lastbärande inre skiktet.

Vid bedömningar som baserar sig på tjockleksmätning av tubtjocklek eller av kompoundskiktets tjocklek bör man betänka att korrosionsangreppen kan vara både spridda och ojämna, d.v.s. man kan inte utan vidare ta ett uppmätt lokalt tjockleksvärde, som representativt för en större yta, utan man bör försäkra sig om att man har kontroll på var värdena kan vara som sämst.

10.8 Krav på svetsare och svetsande företag

Skarvsvetsning, skarvsvetsning med lucka, påsvetsning och annan svetsning av eller på kompoundtuber får bara ske av svetsare och svetsande företag, vilka förutom kvalificering enligt SS-EN ISO 9606-1 (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.7.2.1) och svetsprocedur för kompoundtuber enligt tillämpliga del av standardserien SS-EN ISO 15607 t.o.m. SS-EN ISO 15614, även äger dokumenterad erfarenhet av och kännedom om den typ av arbete man avser utföra, t.ex. genom certifiering gentemot SS-EN ISO 9001/9002.

10.9 Arbetsprov före svetsreparation

Arbetsprov bör utföras på en motsvarande kompoundtub, vilken getts en liknande geometri och svetsläge som skadan. Innan reparation genom påsvetsning utförs på bortfrätta partier av ytterskikt, rekommenderas att, om så överenskommes, varje enskild svetsare genomför ett godkänt arbetsprov. Företrädesvis bör detta arbetsprov utföras före och i direkt anslutning till det reparationsarbete som skall utföras. Det utesluter inte att svetsarna också upprätthåller sin yrkeskompetens mellan de skarpa insatserna genom att i övningssyfte utföra motsvarande svetsprov vid sidan av sina ordinarie uppdrag.

Den kvarvarande godstjockleken efter nedslipning, men innan påsvetsning, skall dokumenteras. Efter svetsningen snittas arbetsprovet tvärs svetssträngens riktning och bedöms visuellt och med kopparsulfat med avseende på inträngningsdjup och svetsutförande. En identisk miljö (parametrar som kompoundtubs-typ, svetsläge, svetsström och spänning, skyddsgas, åtkomlighet, renlighet m.m.) som vid den avsedda reparationssvetsningen bör eftersträvas. Godkänt arbetsprov skall dokumenteras och om möjligt sparas.

Innefattar svetsningen risk för uppblandning av svetsgodset, som t.ex. vid lucksvetsning, så att man riskerar martensitbildning, kan med fördel hårdheten i de kritiska svetssträngarna i arbetsprovet mätas med mikrohårdhetsmätning. Det går inte att sätta någon bestämd gräns för hårdheten i en enskild svetssträng, men överskrider den ~300 HV i en enskild svetssträng, så bör det uppmärksammas .

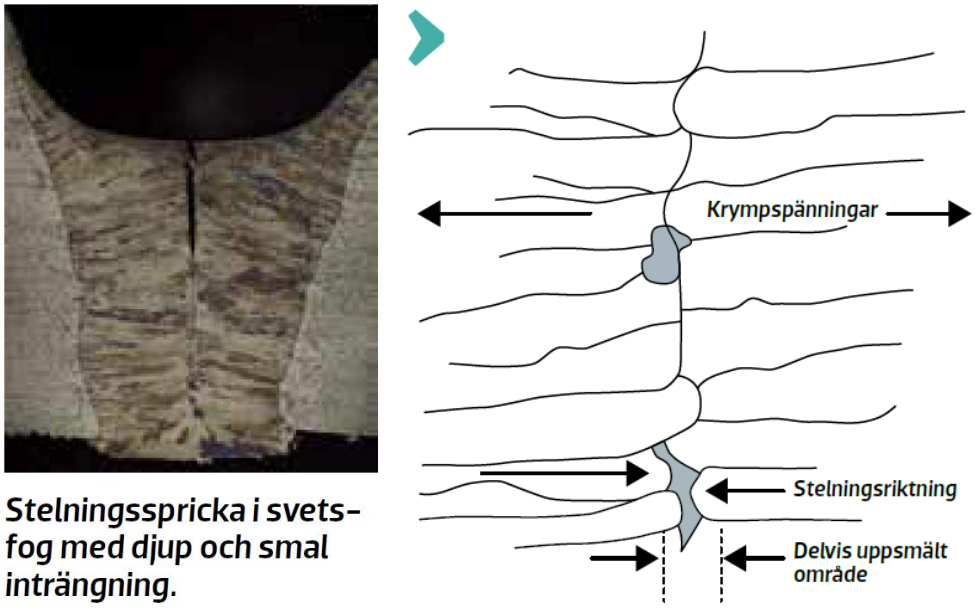
10.10 Svetsning, några allmänna synpunkter.

Svetsning med låg sträckenergi bör eftersträvas vid svetsning med legerade elektroder på kompoundtuber, eftersom det begränsar uppsmältningen och dämpar restspänningarna. När man svetsar med låg sträck-energi, så måste man emellertid då samtidigt vara mycket uppmärksam på den ökade risken för bindfel. Motsvarande resonemang gäller även för mellansträngstemperaturen.

Fastsvetsning av membran, fenor, stift, bärjärn och liknande på kompoundtuber kan medföra att det med tiden uppstår termiska utmattningssprickor. De rostfria (austenitiska) stålen och de ferritiska stålen (som t.ex.P265GH eller 16Mo3) har mycket olika vämeutvidgningskoeffecient och olika termisk ledningsfömåga. Fastsvetsade fenor och membran blir också mycket varmare än de vattenkylda tuber de är fästa vid, så risken för termiska spänningar och medföljande sprickbildning kan förutsättas vara större för kompoundtuber i jämförelse med vanliga kolstålstuber.

Fastsvetsning av sådana detaljer direkt på kompoundtuber får därför endast ske sedan hänsyn tagits till vilka termiska belastningar och termiska spänningar de kan komma att utsättas för. Om detaljerna är av ferritiskt stål (d.v.s. som oftast vanligt konstruktionsstål stål S235JRG2 enligt SS-EN 10025-2.) måste dessutom vid svetsningen överlegerade austenitiska svetselektroder användas. Möjligast jämna övergång mellan tuben och den fastsvetsade detaljen skall eftersträvas, så att senare sprickbildning motverkas. Inträngningsdjupet skall alltid vara så litet som möjligt. Svetsdiken skall avlägsnas. Intermittent svets är inte tillåten.

Vid användning av höglegerade elektroder (som t.ex. vid svetsning med elektroder med förhöjd nickelhalt vid svetsning av Sanicro 38) ökar risken för bildning av stelningssprickor (äldre benämning: varmsprick-or).



Stelningsspricka i svets-fog med djup och smal inträngning.

Fig. 1: Exempel på stelningssprickor (tidigare kallade ”varmsprickor”)
Illustrationer : Eva-Lena Bergquist, ESAB

Kompoundskikt med högre nickelhalter kan därför kräva arbetsprocedurer, vilka speciellt tar hänsyn till risken för bildning av varmsprickor, varför svetsprocedurer utformade för de dominerande 18Cr8Ni-kompoundskikten ej alltid är direkt överförbara.

Om det skulle bli så att det bildas en tvär övergång mellan tuben och täcksvetsens svetsråge, så har den då uppkomna spänningskoncentrationen i dokumenterade fall medfört att det uppstått utmattningssprickor, vilka löpt i själva kompoundskiktet strax innanför smältgränsen. Även om den bakomliggande orsaken till dessa skador inte är helt utredda, så rekommenderas det att man i görligaste mån slipar till övergången till svetsrågen så att den ansluter mjukt till tubens ursprungliga kontur. Mjuka övergångar mellan tub och svetsreparation/svetsråge är en förutsättning för att minimera risken för framtida utmattningssprickor, framförallt bör dessutom eventuellt kvarvarande svetsdiken mellan svetsrågarna undvikas.

- Tjockleksmätning och kopparsulfatstest skall utföras på det svetsreparerade området efter slipning.
- Utförda reparationer skall dokumenteras för framtida revisioner.

10.11 Den värmepåverkade zonen och det avkolade skiktet

Minsta tillåtna godstjocklek för det lastbärande innerskiktet beräknas enligt Kapitel 11 i SS-EN 12952-3. Utöver det finns inget formellt krav på innerskiktets tjocklek. Vare sig standardens Part 3 (konstruktion) eller Part 5 (tillverkning) nämner eller påtalar emellertid den försvagning av innerskiktet som förekomsten av den avkolade zonen i innerskiktet alldeles intill ytterskiktet innebär. Eftersom det avkolade skiktet brukar kunna vara ~ 0,1 mm i nya tuber och ~ 0,2 mm i tuber som varit med en längre tid eller utsatts för överhettning, så kan det kanske vara att rekommendera att man tar hänsyn till avkolningen (jfr. paragraf 10.12).

Notera att även en (mindre) del av HAZ (den värmepåverkade zonen från svetsningen) också kan inkräkta på den lastbärande komponentens hållfasthet. Man måste dessutom räkna med att det finns en tunn avkolad zon i den värmepåverkade zonen (HAZ) alldeles under smältgränsen, där hållfastheten är väsentligt nedsatt.

Avkolningen beror på att kolet diffunderar (rör sig) till kompoundskiktet eller täcksträngen, eftersom det har högre kromhalt, vilket gör att det bildas kromkarbider på den austenitiska sidan av fasgränsen. En sådan avkolad zon förekommer också direkt under det rostfria kompoundskiktet även på helt fabriksnya tuber. Det avkolade skiktet brukar vara ca 0,1 mm på nytillverkade rör och kan ofta bli uppemot 0,2 mm eller mer efter en längre tids drift eller efter någon överhettningsepisod. Ytterligare något material blir då också mer eller mindre mjukglödgat med sfäroidiserad karbidstruktur och viss korntillväxt.

Den försvagningen bör egentligen räknas bort från den del av den lastbärande komponenten, som kan medtas i hållfasthetsberäkningen. Mot den bakgrunden är det svårt att rekommendera påsvetsning med mindre än att man från början har minst en millimeters sammanlagd marginal (kvarvarande kompoundskikt plus $(\varepsilon_t - \varepsilon_{ct})$) gentemot den enligt pannans hållfasthetsberäkning fordrade minimitjockleken ε_{ct}.

10.12 Lastbärande skiktets minsta tillåtna tjocklek (ε_{ct}).

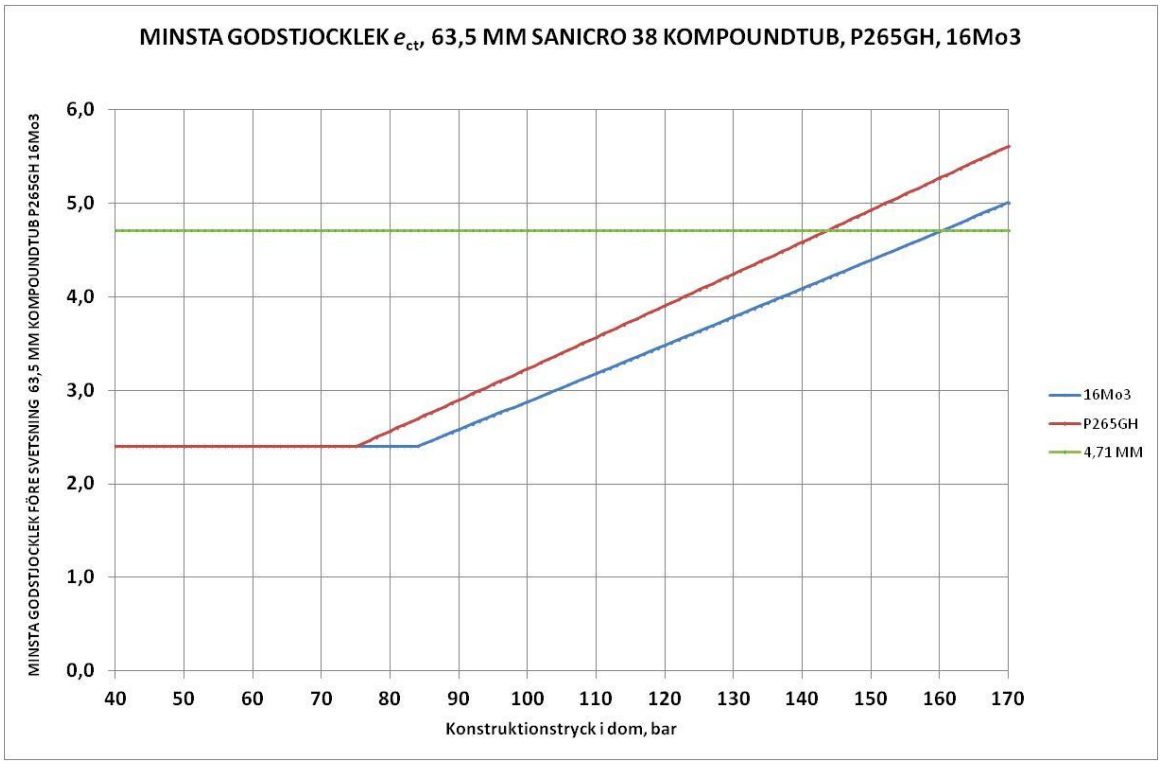


Diagram 1: Minsta ostörda tjocklek ε_{ct} på den lastbärande komponenten. Diagrammet gäller ε_t för 2½" Sanicro 38/4L7 bottentuber vid en pannhöjd om 50 meter. Vid annan pannhöjd eller högre upp i pannan justeras kurvan i motsvarande mån uppåt eller nedåt med 1 bar per 10 meter..Värdet 2,4 mm för de lägre trycken kommer från standardens minimikrav: SS-EN 12952-3, § 11.2. Hänsyn till det avkolade skiktet är ej medtaget i diagrammet.

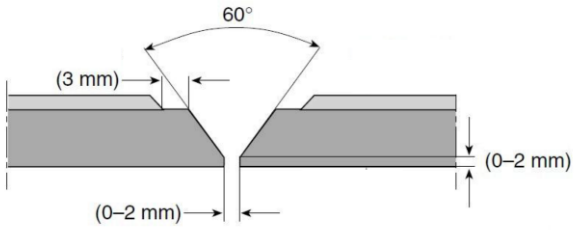
Om man har både tuber med 3RE12/4L7 och Sanicro 38/4L7 i samma eldstad, så kommer Sanicro 38-tuberna att bestämma högsta möjliga trycket, då de har den minsta garanterade tjockleken på det kraftbärande 4L7-skiktet.

Vid svetsning av membran eller liknande till kompoundtuber med längsgående svets måste på samma sätt tillses att svetsens inträngning inte gör att kompoundtubens bärande innerskikt inskränks. Inträngningen får även då inte vara större än att fortfarande en kvarvarande tjocklek minst motsvarande ε_{ct} kvarstår opåverkad (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.2.1).

Kan man säkert mäta levererad tjocklek på det lastbärande skiktet $\boldsymbol{\varepsilon}$ med tillräcklig noggrannhet, så bör det finnas utrymme att utnyttja skillnaden mellan $\boldsymbol{\varepsilon}$ och $\boldsymbol{\varepsilon_t}$.

10.13 Skarvsvetsning, utförande

Före skarvsvetsning av kompoundtuber (eller annan svetsning, som innebär en uppsmältning av kompoundtubens innerskikt, som byxningar, lucksvets och liknande) skall det rostfria ytterskiktet närmast den fogberedda änden avlägsnas, så att minst 3 mm av innerkomponenten frilagts.



(Bildoriginal: Alleima)

Fig. 2a: Exempel på fogberedning av kompoundtub inför skarvsvetsning.

Härigenom undviks att man oavsiktligt smälter upp närliggande delar av det rostfria ytterskiktet, så att det förorenar smältbadet när man svetsar det lastbärande skiktet, eftersom de lagda svetssträngarna inte kommer att tåla utspädning med höglegerat material från ytterskiktet. Kommer det in framförallt krom i smältbadet när man svetsar rotsträng och fyllnadssträngar i innerkomponenten (med en kolstålsbaserad/d.v.s. ferritisk elektrod) så riskerar man att svetssträngen tar härdning när smältbadet stelnat. Först när innerkomponenten är svetsad och godkänd kan man sedan lägga på de rostfria täcksträngarna med användning av någon form av överlegerade elektroder. Mått på flankvinkel och rätkant i figuren är förslag.

Det måste med bestämdhet varnas för att använda austenitiska svetselektroder till samtliga svetssträngar i en rundskarv, d.v.s även till rotsträngen. Innerkomponenten måste svetsas med ferritiska elektroder, d.v.s någon form av kolstålselektroder. Det austenitiska stålet är känsligt för spänningskorrosion från vattensidan, vilket innebär att man måste åstadkomma en kontinuerligt ferritisk inneryta gentemot pannvattnet, jfr. paragraf 10.20. Det har hänt att man måste svetsa om en hel eldstad, sedan man råkat välja olämpliga svetselektroder. För lucksvetsning, se kapitel 12.

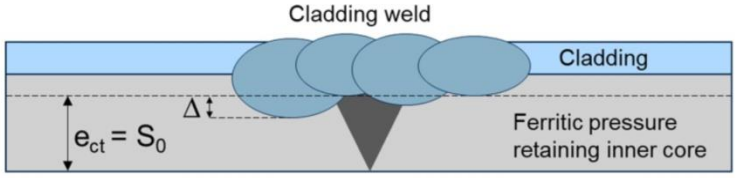


Fig. 2b: Illustration av överdriven inträngning av svetsträng vid svetsskarv mellan kompoundtuber. Δ är inträngningen in i ε_{ct}.
Illustration: Finska Sodahuskommittén, rapport 16A0913-E0225.

Vid skarvsvetsning av tuber, anslutning av stutsar och liknande, skall svetsningen av den lastbärande innerkomponenten ske med minst två lager med till grundmaterialet anpassade svetselektroder. Svetssträngarna skall förläggas med förskjutna start- och stoppställen (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.10.3). Om man låter den först lagda svetsen svalna innan man lägger nästa, så håller man ned de kvarvarande restspänningarna. Detta gäller även inför påsvetsningen av det rostfria täckskiktet.

Det ovanpå själva svetsskarven påsvetsade rostfria täckskiktet räknas sedan som ett tredje helt separat lager (vilket emellertid ej bidrar till tubens hållfasthet).

Skador eller reparationer som utövar endast en liten inskränkning av ε_{ct} i tubens längsled (i tubens längsled inte större än ungefär dubbla godstjockleken) medför en mindre negativ påverkan på tubens hållfasthet och kan inte anses som mer begränsande än en rundsvets. I bedömningen kan man härvid också få ledning av de sprängförsök som redovisats i Svetsen nr 3/2020 o. 4/2020, se ”Rapport till Sodahuskommittén” nr 2019-4 och ”Övriga dokument” för år 2021.

Täckskiktets utbredning i sidled vid skarvsvetsning sträcker sig normalt inte speciellt mycket utöver den del av svetsfogen, där kompoundskiktet avlägnsats, d.v.s. ca 3 mm från överkanten på V-fogen. Har man då tuber, där det lastbärande innerskiktet utnyttjats helt eller i hög grad, d.v.s. ε_{ct} lika med eller ungefär lika med den nominella tjockleken $\boldsymbol{\varepsilon_t}$, så innebär det att dels bortfräsningen av kompoundskiktet och dels inträngningen från påsvetsningen av täckskiktet kommer att kannibalisera på det lastbärande skiktets tjocklek, d.v.s. att den lastbärande tjockleken på ett mindre område av själva skarvsvetsen kan komma att bli tunnare än ε_{ct}. Information från undersökningar utförda av den Finska Sodahuskommittén visar emellertid, att man här lokalt kan acceptera en något större inträngning och en motsvarande tjockleksförlust. Täcksvetsar utförda under de här förutsättningarna kan då stickprovsvis behöva kontrollmätas, för att förebygga att inträngningen, och därmed förlusten av bärande tvärsnitt, blir för stor (det kan också ske vid granskningen av utfört arbetsprov). Finska Sodahuskommittén har bestämt denna tillåtna inträngning till maximalt 1,5 mm av ε_{ct} (se rapport 16A0913-E0225). De finska erfarenheterna ligger helt i linje med de slutsatser man kan dra av Sodahuskommitténs och Sandvik SMT:s försök med sprängprovning av tuber med avsiktligt åstadkomna svetsfel i skarvsvetsar.

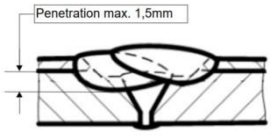


Fig. 3: Maximalt inträngningsdjup under täcksträngarna i den lastbärande delen av innerskiktet är max 1,5 mm. Illustration: Finska Sodahuskommittén, rapport 16A0913-E0225.

10.14 Förutsättningar för svetsreparation genom påsvetsning.

Den yttre rostfria komponenten hos en kompoundtub (eller ett motsvarande påsvetsat rostfritt skikt) medtages inte i hållfasthetsberäkningen utan räknas istället som att det ersätter korrosionstillägget, c_2.

Kompoundskiktet bidrar i och för sig också till hållfastheten hos tuben, men enbart så länge det är intakt, dvs framförallt fritt från sprickbildning.

I praktiken innebär det, att kompoundskiktet fungerar som en extra ”stödstrumpa” på tuben. Det innebär att kompoundskiktet då står för en proportionsvis stor del av tubens verkliga varmhållfasthet ifall tuben skulle bli överhettad. Det är också endast ett ytterst litet fåtal fläkningar, som inträffat på överhettade kompoundtuber på grund av överhettning, även om det har förekommit. De fläkningar som inträffat med kompoundtuber har också visat sig bli mycket mindre i jämförelse med de uppfläkningar som drabbat rena kolstålstuber. Kompoundskiktet har högre varmhållfasthet och håller ihop tuben som en stödstrumpa.

Där det rostfria skiktet som en följd av korrosion eller annat slitage har kommit att understiga någon millimeters tjocklek bör åtgärder börja vidtas i form av utökad kontroll/övervakning. Lämplig åtgärd på sikt kan sedan inbegripa tubbyte eller en svetsreparation, där man lägger på ett nytt ytterskikt i form av rostfritt svetsgods.

Det avråds från att lämna tuber med ”nakna” partier till nästa underhållsstopp, skyddet från kompoundskiktet bör alltid beräknas räcka till nästa inspektionstillfälle. Det innebär att man inför varje underhållsstopp bör vara förberedd för att kunna utföra de reparationer, som kan komma att visa sig nödvändiga.

Minsta tillåtna tjocklek $\boldsymbol{\varepsilon_{ct}}$ på det lastbärande skiktet måste beaktas. När man lägger på nytt svetsgods, så måste man räkna med att en mindre mängd av det material man svetsar på dels smälter upp och blandas med svetsbadet, men också att ett tunt skikt under det kommer att bli påverkat av värmen från uppsmältningen, den s.k. värmepåverkade zonen, HAZ. I den kan oönskade metallurgiska reaktioner ske, som mjukglödning, avkolning eller i vissa fall martensitbildning. Normalt kan man alltså inte förutsätta, att den värmepåverkade zonen fullt ut uppfyller standardens krävda hållfasthetsvärden.

När hållfastheten hos kompoundtuber ska bedömas är det alltså enbart det inre lastbärande tryckkärlsstålsskiktet, som får utnyttjas i den hållfasthetsberäkning man gör enligt kapitel 11 i SS-EN 12952-3. Formellt sett skulle man föreskriva att HAZ därför skall hållas helt utanför den framräknade minimitjockleken, ε_{ct}, men om den tillgängliga materialtjockleken är tillräckligt stor ($\boldsymbol{\varepsilon > \varepsilon_{ct}}$) och den marginalen bedöms tillräcklig för att väl kompensera för det hållfasthetsbortfall som svetsningens värmepåverkan utövar, så kan man tillåta sig att göra en helhetsbedömning huruvida man ändå kan garantera hållfastheten hos det med denna säkerhetsmarginal sammanlagda lastbärande skiktet. Hänsyn bör då också tas till att hela tubtvärsnittet kan ha blivit något påverkat, speciellt efter längre driftstider.

I normalfallet och som tumregel bör man emellertid fortfarande utgå ifrån att minst ½ mm av kompoundskiktet bör återstå, för att man utan ytterligare avväganden skall kunna genomför en påsvetsning på tuberna för att återställa den korrosionsskyddande funktionen hos det ursprungliga kompoundskiktet.

Är kolstålet blottat gäller paragraf 10.15.

När det kvarvarande kompoundskiktet har korroderat ner till ½ mm i tjocklek, så bör dessutom hänsyn börja tas till inträngningen från de pålagda svetssträngarna på det underliggande lastbärande skiktet, eftersom delar av det lastbärande skiktet kan komma att smälta, vilket också innebär att svetsgodset blir förorenat/uppblandat med material från det lastbärande skiktet. Använder man då ”vanliga” 18/8-svetselektroder (t.ex. typ 308, som är avsett för svetsning av vanligt rostfritt stål, typ 304) finns det då en risk för härdsprickbildning genom att det bildas martensit i svetsgodset när det svalnar. Enklare överlegerade tillsatsmaterial, då minst av typ. 309L (~20Cr10Ni), anses i och för sig kunna tåla detta (om än i begränsad omfattning) utan att det orsakar risk för härdsprickbildning. Det rekommenderas här

emellertid att använda lite ”fetare” varianter av E309L (t.ex. ESAB OK 67.75 med ~23 % Cr och ~13 % Ni) eller typ E310L eller E 27 31 4 Cu L R-elektroder om man vill öka säkerheten mot martensitbildning.

Gränsen för minsta acceptabla tjocklek på kompoundskiktet, om det skall kunna lämnas utan åtgärd, bör också bedömas utifrån under hur lång tid angreppet pågått. Är det fråga om en långsam nedfrätning, vilken man har följt under flera driftsperioder, så kan man acceptera att lämna kvar ett tunnare skikt till nästa underhållsinspektion. Men även om korrosionshastigheten är låg och korrosionsangreppet har tagit lång tid på sig, så bör dock fortfarande kravet på kvarvarande tjocklek för det utvändiga kompoundskiktet inte sättas lägre, än att ett kontinuerligt ytterskikt med säkerhet kan förväntas finnas kvar vid instundande driftsperiods avslutande.

Om man däremot utan tidigare förvarning upptäckter ett djupare korrosions- eller nötningsangrepp, så måste kravet på kvarvarande ytterskikt behandlas betydligt mer konservativt. Under sådana förhållanden bör samtidigt också ett mer korrosionsbeständigt tillsatsmaterial väljas för svetsreparationen.

Vid eventuell nötning får man istället gå upp i hårdhet på ersättningsmaterialet, för att få det mer nötningsbeständigt.

I sammanhanget påminns om de största storlekar på påsvetsade områden som man tidigare definierat, se paragraf 10.16.

Sammantaget innebär det att av korrosion angripna kompoundtuber bör bedömas både utifrån tjockleken på kvarvarande ytterskikt och utifrån hur det lastbärande innerskiktet påverkas. Är de befintliga resterna av det ursprungliga kompoundskiktet alltför tunna, så kommer det inte gå att i förebyggande syfte förbättra tjockleken genom påsvetsning, utan att samtidigt den lastbärande andelen av det invändiga lastbärande skiktet riskerar att påverkas negativt på grund av uppsmältning och/eller värmepåverkan. Har man inte tillräcklig marginal där, så kan man bli tvungen att byta det aktuella tubavsnittet.

Eftersom påverkan på tuben från en påsvetsad yta har en utsträckning i tubens längsled, så finns det inga dolda marginaler vid bedömningen av tubens hållfasthet. Det skiljer den längsgående svetsen från en skarvsvets, som ju går i tubens omkretsriktning, och där den del av tuben i dess längsriktning som berörs är mycket kort, i samma storleksordning som tubens egen tjocklek. Den opåverkade tuben intill stödjer ju där det berörda partiet, vilket innebär att man vid skarvsvetsning kan tillåta en kortare bit, där den pålagda rostfria täckströngen inkräktar på tubens minsta tillåtna tjocklek $\boldsymbol{\varepsilon_{ct}}$**.**

Hur stor påvekan är från HAZ är också föremål för diskussion, det är ju mer fråga om en möjlig försvagning än en total förlust av hållfastheten i det värmepåverkade avsnittet. På samma sätt kan det avkolade skiktet efter lång tids drift göra att man tappar ytterligare någon tiondels millimeter. Uppsmältning och inblandning av material från det rostfria skiktet kan också påverka svetsgodsets sammansättning med en oönskad martensitbildning och inre spänningar som följd.

Sammanfattningsvis rekommenderas att för varje enskild sodapanna bestämmer vilka marginaler man har, vilket kan göras med kännedom om materialegenskaperna och pannans konstruktionstryck med hjälp av diagram 1.

10.15 Påsvetsning av ”nakna” partier där det underliggande lastbärande skiktet blottats

Nakna partier på kompoundtuber bör alltid åtgärdas innan pannan återstartas, eftersom korrosionen på det blottade lastbärande skiktet måste förutsättas bli betydligt mer aggressiv än vad den är eller varit på det ursprungliga kompoundskiktet. Om det yttre skiktet har korroderat bort helt och hållet kan korrosionshastigheten hos det blottade innerskiktet bli kraftig. Det blir ju då frågan om korrosionen på en slät kolstålstub, vilken inte är skyddad genom att vara försedd med studding.

Är kolstålet blottat över större ytor så bör (i normalfallet) tuben bytas. I de fall, där det finns tillräckliga marginaler, så kan man ändå låta svetsreparera den blottlagda tubytan, men enbart så länge kraven för det lastbärande skiktets ostörda tjocklek innehålles. Om tidigare observationer visar på ett snabbt skadeförlopp med hög korrosionshastighet, så rekommenderas att ytterligare försiktighetsmått vidtages, t.ex. genom att samtidigt välja ett mer korrosionshärdigt tillsatsmaterial.

Vid avfrätning av det rostfria skiktet, så att underliggande innerkomponent blottlägges, kan svetsreparation genom påsvetsning endast utföras om det kvarvarande lastbärande innerskiktets godstjocklek överskrider den minsta tillåtna godstjockleken ε_{ct} med minst (0,8 -) 1 mm. (Detta tillägg balanserar här förlusten av bärande tvärsnitt p.g.a. inträngningsdjupet vid svetsningen (uppsmältning + avkolning + HAZ) och är beroende av hur man ställer in svetsparametrarna.)

Är så ej fallet bör den aktuella tubsträckan bytas till nytt material. Om marginalerna däremot är tillräckliga kan det nya ytterskiktet istället läggas direkt ovanpå det befintliga lastbärande skiktet. Det bör övervägas huruvida man då också för säkerhets skull skall gå upp i materialkvalitet/-korrosionsbeständighet för det nya ytterskiktet.

- Anm.: för överhettartuber rekommenderas tillägget + 2 mm. Korroderade överhettartuber kan ofta vara kraftigt uppkolade, varför man under sådana förhållanden snarare bör överväga att helt byta ut de korroderade tuberna.
- Undantag från huvudregeln kan ifrågakomma för korrosion som inträffar inne i spalten mellan en gjuten dysa och intilliggande tubvägg inne i en luftport. Sådana korrosionsangrepp får bedömas i varje enskilt fall och måste bekräftas genom kemisk analys av korrosionsmiljön inne i luftporten, vilken då måste ha varit mycket starkt alkalisk.

  Orsaken är att den extremt alkaliska miljön (vilket kan vara fråga om uppkoncentrerad restalkali från brännluten) är mer aggressiv på det austenitiska kromnickelstålet än på det ferritiska innerskiktet, så att den galvaniska cellen blir omvänd med kromstålet som den part som går i lösning.

  (Referens: Robert A. Rapp: Hot corrosion of materials. Pure & Applied chemistry, vol. 62 (1990), no 1, pp 113-122)

  För detta undantagsfall föreslås att man använder nickelbaselektroder, t.ex. helst av typ Alloy 600 eller om typ Alloy 600 inte går att få tag på, typ Alloy 625. Hastelloy och motsvarande med liknande sammansättning håller för hög molybdenhalt och är definitivt inte lämpliga i just den här mycket speciella och starkt alkaliska korrosionsmiljön.

Nedanstående diagram nr 2 anger den minsta godstjocklek som den nedkorroderade tuben fortfarande bör uppfylla för att man skall kunna rekommendera, att man anbringar ett nytt skyddsskikt genom påsvetsning med rostfria, d.v.s. i det här fallet väl överlegerade, elektroder.

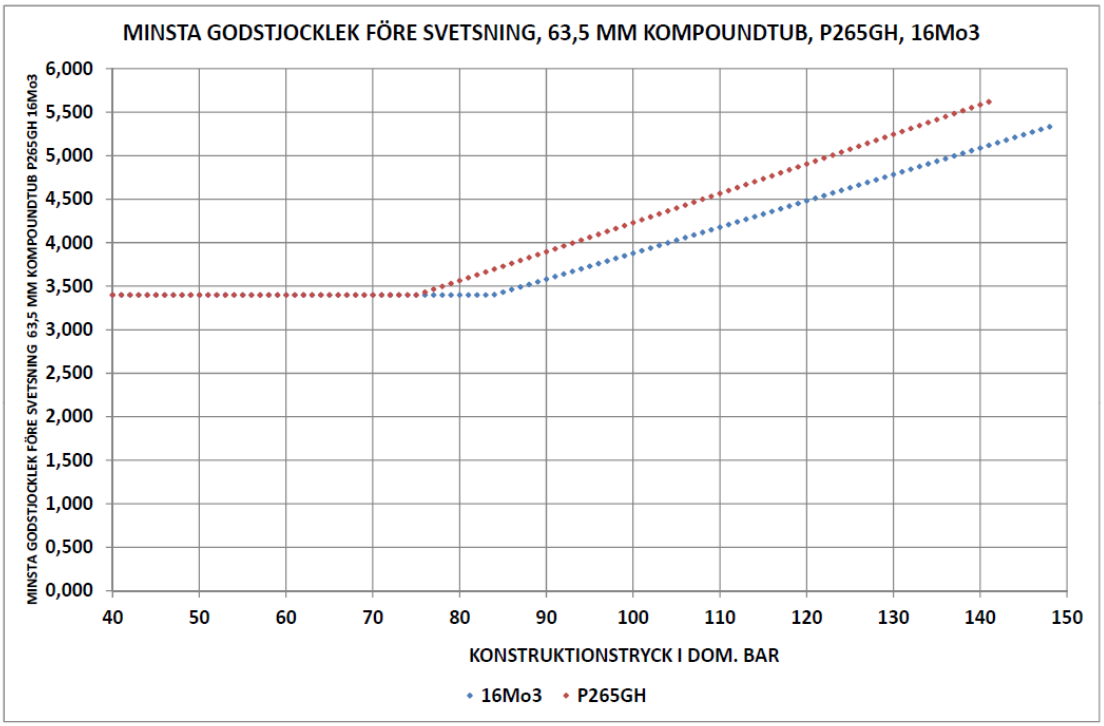


Diagram 2: Minsta godstjocklek på blottad tub före svetsreparation. Dessa värden motsvarar alltså ε_{ct} + 1 mm.

Av svetstekniska och formella skäl bör en minsta tjocklek om 3,4 mm före påsvetsning ej underskridas, även om hållfasthetsberäkningen skulle tillåta tunnare gods (SS-EN 12952-3, § 11.2.3 med tillägg 1 mm).

För kompoundtuber med annan ytterdiameter än 63,5 mm gäller andra värden.

10.16 Begränsning av storleken på områden som påsvetsas

Erfarenheten visar att ytor upp till 75 mm x 50 mm på golv och väggtuber kan repareras (svetsbeläggas) på ett säkert sätt.

Flera mindre skador inom detta område klassas som ett sammanhängande skadeområde. Svetsreparation av större ytor får utföras endast om anpassad svetsteknik och en dokumenterad teknisk bedömning visar att detta kan genomföras utan att restspänningarna i skiktet blir för stora. Teknik med mindre svetselektroddiametrar, mindre sträckenergi eller att man låter arbetsområdet svalna mellan varje svetssträng är härvid möjliga arbetssätt.

Används svetselektroder med högre nickelhalt än de normalt rekommenderade ”överlegerade” elektroderna typ (AISI 309L)/EN 1.4332 (hellre än 309L/1.4828) bör storleken eller påsvetsmetodiken anpassas. Den mindre längdutvidgningskoeffecienten gör att svetsspänningarna minskar, medan den högre nickelhalten gör att risken för varmsprickbildning ökar (se ovan paragraf 10.10).

10.17 Sprickbildning i kompoundskikt

Sprickor i kompoundtubernas ytterkomponent kan ha många bakomliggande orsaker. Om det förekommit sprickbildningar i ytterskiktet skall före reparationssvetsningen penetrantprovning utföras på det frilagda område som skall svetsrepareras samt närmast angränsande ytor,.

I de fall sprickor genom det rostfria skiktet fortsätter in i det underliggande skiktet skall den skadade delen bytas. (En antydan till korrosion i botten på en genomgående spricka genom kompoundtubskiktet förekommer normalt och föranleder inte att man behöver byta tuben). Bildade sprickor från rökgassidan som fortsätter in i innerkomponenten är vanligen fråga om utmattningssprickor, vilket oftast kan vara termiska utmattnings-sprickor, t.ex. vid löphål, och i tuber med typ Sanicro 38 eller högre legerat kompoundskikt. Förekommer dessa sprickor vid löphål, så kan de ha flera orsaker, varför en närmare utredning om driftsförhållanden rekommenderas. Här kan t.o.m. ”vanliga” kompoundtuber” med ytterskikt av X2CrNi19-11 (1.4306,

Sandvik/Alleima 3R12) möjligen vara att föredra, även om den allmänna avfrätningen av deras kompoundskikt i så fall sannolikt skulle vara högre.

Sprickor av denna typ är allvarliga, eftersom de kan utvecklas till linjära vattenläckor. Förekommer de under eller vid smältanivån, kan vatten som ackumuleras i smältan leda till explosion.

Tubpartierna närmast löphålet bör inte gärna reparationssvetsas, eftersom svetsgodsets oregelbundna mikrostruktur innebär en ökad risk för förnyad sprickbildning i det påsvetsade skiktet.

Vid oväntad sprickbildning som uppkommer på kompoundtuber vid svetsning eller under drift bör materialteknisk expertis involveras, är man osäker bör tuben bytas, hellre än att man svetsreparerar den.

Om det bildas stelningssprickor i svetsgodset vid användning av elektroder med högre nickelhalter (se paragraf 10.10), så kan dessa sprickor normalt repareras genom uppslipning och omsvetsning (dock enligt praxis med maximalt två ytterligare reparationstillfällen).

10.18 Skarvsvetsning av kompoundtuber med lucka

Se kapitel 12, framförallt paragraf 12.7.

10.19 Ferritiska elektroder (typ kolstål/kolmanganstål/låglegerat Mo-haltigt) och risken för inblandning i smältbadet av uppsmält material från kompoundskiktet.

All användning av ”kolstålselektroder”, eller låglegerade (varmhållfasta) elektroder, direkt på, mot eller i kontakt med det rostfria ytterskiktet eller tidigare lagda rostfria svetssträngar skall undvikas av hänsyn till risken för uppblandning av svetsgodset med rostfritt material, eftersom det kan förväntas medföra härdsprickbildning i svetsgodset.

Vid svetsreparation av kompoundtubernas rostfria ytterskikt skall överlegerat tillsatsmaterial med förhöjda krom- och nickelhalter (se Bilaga 2) användas. Man kan annars råka ut för härdsprickbildning om uppsmältningen skulle råka bli så stor, att man får inblandning i smältbadet av det underliggande ferritiska stålet. Även vid högre legerade ytterskikt och tillsatsmaterial skall hänsyn tas till eventuell uppblandning med insmält material från den underliggande ”kolståls”-komponenten. Tillsatsmaterialet kan då samtidigt också väljas så att det påsvetsade skiktet får en bättre korrosionshärdighet än det ursprungliga kompoundskiktet.

Vid skarvsvetsning, eller insvetsning av kompoundtuber till låda av ferritiskt stål, så avlägsnas normalt minst 3 mm av det rostfria kompoundskiktet närmast fogkanten, så att man lägger skarvsvetsen i enbart innerkomponentens material utan att svetsbadet får nå kontakt med det anslutande ytterskiktet. Uppsmältning av ytterskikt, så att det ferritiska svetgodset förorenas med uppsmält material från ytterskiktet medför annars stor risk för härdsprickbildning av svetsgodset (se EN 12952-5 § 8.10.3).

Kan man inte undvika risk för uppblandning av svetsgodset med uppsmält material från det rostfria skiktet, t.ex. i samband med lucksvetsning, så kan man mildra skadan genom att välja ”kolstålselektroder” med så låg kolhalt som möjligt för buffertskiktet. Det är kolhalten som konstituerar hårdheten hos den bildade martensiten, och kan man välja att lägga buffertskiktet med elektroder med mycket låg kolhalt, så kan man hålla ner hårdheten i de bildade svetssträngarna och på så sätt undvika att martensiten spricker.

.

10.20 Spänningskorrosionsrisk på vattensidan

Som allmän regel gäller att man inte får lägga rostfria (austenitiska) svetssträngar direkt mot vattensidan. Orsaken är att den rostfria mikrostrukturen är illa känslig för spänningskorrosion under inverkan av pannvattnet vid pannans driftstemperatur. De svetsprocedurer man använder för svetsning vid all svetsning i eldstaden måste ta hänsyn till den här allvarliga risken, det gäller speciellt för s.k. lucksvetsning.

Rostfria eller överlegerade elektroder med austenitisk grundsammansättning får därför inte användas till rotsträng eller motsvarande direkt mot vattensidan vid skarvsvetsning eller vid reparationer, då de elektrodtyperna inte ger ett svetsgods som är spänningskorrosionsbeständigt gentemot pannvattnets påverkan

(med undantag för en del nickelbaslegeringar). Beträffande rotsträng och täcksträngar vid lucksvetsning, se paragraf 12.7.

10.21 Övrig korrosion på tubernas vattensida.

Korrosion på vattensidan kan uppträda i form av s.k. spänningsinducerad korrosion, vilket vanligen visar sig i äldre pannor genom riklig förekomst av små pittings, men också i form av mer eller mindre trubbiga sprickbildningar vid tubskarvar, tubböjar, T-stycksinfästningar, på vattensidan mittemot ytterändan av längre fenor eller infästningsjärn. De är svåra att komma åt med oförstörande provning, då ofta belägenheten är sådan att man inte kommer åt dem med röntgen eller ultraljud. Det förekommer mest i äldre sodapannor, där driftsförhållandena tidigare varit ”lite varierande”. att eldstadstuberna invändigt kan vara så angripna med pittings och korrosionssprickor (se Rapport till Sodahuskommittén: Övriga dokument/ **2019:** Om korrosion och sprickbildning i sodapannor), att det kan vara dags att ta dem ur drift. Sådana fall har rapporterats från USA/BLRBAC, men det kan vara bra att känna till att risken finns.

Sprickorna orsakas av att det korrosionsskyddande men samtidigt rätt spröda magnetitskiktet spricker upp i samband med nedeldningar och att det under tiden pannan är nedeldad sker ett litet korrosionsangrepp i botten på sprickan. Det växer vidare med allteftersom på varandra följande nedeldningar. Sprickorna blir rätt trubbiga, eftersom de består av på varandra följande oftast linjära korrosionsgropar. Små pittings är också vanliga. De orsakas av syret, som i allmänhet finns i riklig mängd i pannvattnet vid uppeldning, vare sig man nu bytt ut pannvattnet, eller syret har fått tillträde ändå medan pannan varit nedeldad. Den här typen av skador är inte något typiskt för kompoundtuber, utan förekommer på pannans vattensida lite här och där. För närmare information, se ”övriga rapporter” 2019: ”Om korrosion och sprickbildning i sodapannor”.

Om kompoundtuben efter rengöring visar tecken på bildning av kromsulfid på ytterytan (ett svart ytskikt), så kan den ha blivit kraftigt överhettad. I sådana fall bör tuben också bytas, se fig. 4.

I den svavelrika sodapannemiljön bildar kraftigt överhettade kompoundtuber svarta beläggningar av kromsulfid på tubytan, samtidigt som risken för kraftig korrosion p.g.a. tjocka invändiga beläggningar och hetvattenoxidation på vattensidan kan ge upphov till allvarliga nedfrätningar på tubernas vattensida. De är då vända ”uppåt”, d.v.s. mot det håll som den kraftigaste värmen kommer ifrån..

Dessa nedfrätningar kan inte upptäckas vid en utvändig visuell besiktning. Hetvattenoxidation bildar däremot tydligt avgränsade och djupa nedfrätningar i tubgodset på vattensidan. Förekomsten av hetvatten-oxidation kan upptäckas med röntgen eller annan likvärdig oförstörande provning. Ser man omotiverade snabba skift i tubtjockleken vid tjockleksmätning, kan det vara en indikation, vilken i så fall bäst komplet-teras med en röntgenupptagning av det misstänkta området.

Angreppen orsakas av att det bildats tjocka porösa invändiga beläggningar, t.ex. vid inläckage av orent vatten med höga halter av kalcium och magnesium. De tjocka beläggningarna i sin tur är den bakom-liggande orsaken till överhettningen. Överskottsalkali i pannvattnet koncentreras genom termisk diffusion till gränsskiktet mellan tubens vattenensida och beläggningens undersida och pH blir så högt, att tubens egentliga korrosionsskyddande magnetitskikt går i lösning under bildning av $HFeO_2^-$-joner.

Fig.4: Missfärgade rostfria ytor som kräver tubbyte pga. risk för vattensidig korrosion

Hetvattenoxidation innebär att det avsätter sig porösa avlagringar, t.ex. i form av hårdhet (kalcium/-magnesiumkarbonatavlagringar) på insidan av tubväggen) och att pannvattnet i porerna successivt kokar bort. Genom att tubväggen är varmare får man en anrikning av pannvattenkemikalierna i porerna genom s.k. termisk diffusion, en process som styr de lösta pannvattenkemikalierna mot den varmare tubväggen. Är då pannvattnet inte neutralt, utan innehåller ett alkaliöverskott, så bildas det en koncentrerad lösning med mycket högt pH, vilket medför rätt djupa (vanligen någon eller ett par mm) badkarsformade frätgropar i tubväggen på dem varma sidan av tuben och under beläggningen.

Det kan uppstå långa sträckor med en djup, lokal nedfrätning på kronan av eldstadstuberna, dvs på den varmaste delen riktad mot värmeflödet. Hetvattenoxidation har medfört några fall med omfattande tubbyten av de varmaste sektionerna i eldstaden. Skulle hetvattenoxidationen få fortgå obehindrat, så slutar det med tubfläkning, och den blir i så fall inte liten.

Hetvattenoxidation är relativt sällan förekommande och förutsätter hög värmeblastning av tubväggen, hårdhetsbildande föroreningar och samtidigt en hög restalkalinitet i pannvattnet.

Med tanke på risken för hetvattenoxidation är det därför mycket viktigt med en mycket god pann-vattenkemi och med låga halter av kalcium- och magnesiumsalter. Man kan också minska risken för skador genom att bygga upp buffertkapaciteten hos pannvattnet, se Rekommendation C5.

10.22 Förekomst och behandling av övriga tubskador

Alla eventuellt förekommande bulor och utbuktningar på kompoundtuber, vilka skulle kunna antyda att ytterskiktet släppt ifrån innerkomponenten, skall medföra att berörda delar av tuben byts mot nytt material. Då sådana skador, där kompoundskiktet släppt ifrån det lastbärande skiktet, inte är kända sedan de svenska kompoundtuberna släpptes ut på marknaden, så skall eventuellt förekommande misstänkta fall tillställas materialtillverkare och Sodahuskommitténs Skadegrupp för närmare utredning.

Övriga skador, som intryckningar, nakna fläckar eller liknande, anmäls i vanlig ordning till Sodahus-kommitténs skadegrupp för bedömning.

10.23 Uttag av tubprover för kontrollmätning av vattensidans magnetitskikt.

Vid uttag av tubprov i enlighet med rekommendation C12 skall provets position, historik och driftstid dokumenteras, samt vattensidan och rökgassidan undersökas med avseende på vattensidans status i enlighet med rekommendation C12.

Det inbegriper en allmän metallografisk undersökning av såväl det inre lastbärande skiktet som av det yttre korrosionsskyddande (rostfria) skiktet innefattande:

- Hårdhetsprovning

- Mikroskopi på det rostfria skiktet före etsning

- Avkolning/uppkolning av bindzonen, samt eldstadssidan

- Mikrostruktur hos det lastbärande skiktet och hos det rostfria skiktet

- Karakterisering av magnetitskiktets struktur och sammansättning och skattning av skiktets tjocklek, t.ex. vid behov med svepelektronmikroskopi med EDX/EDS. Förekomsten av hårdhetsbildare i beläggningen bedöms.

10.24 Dokumentation

Position, utförande och valda svetstillsatsmaterial för gjorda svetsreparationer skall diarieföras

Allt montage av höglegerade tuber (som t.ex. Sanicro 38/4L7-tuber) skall noggrant dokumenteras, så att information om var de finns, finns tillgänglig vid senare kommande reparationer.

Pannägaren måste tydligt informera besiktningsorgan och entreprenörer om vilka material som finns och i vilken position.

Läget för förekommande skador och reparationer (djupare än 0,5 mm) skall dokumenteras så att de kan återfinnas vid följande revisioner. Skador skall vara väl dokumenterade genom foto, skiss eller motsvarande. Detta gäller även skador enbart i ytterskiktet och som inte nödvändigtvis kräver åtgärd. Resultat från tjockleksmätning av såväl det invändiga lastbärande skiktet som det rostfria ytterskiktet skall dokumenteras.

11 Spiralpåsvetsade tryckkärlsrör enl. SS-EN 10216-2.

11.1 För spiralsvetsade tuber gäller särskilda regler, se. SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.

11.2 För bedömning av godstjocklekar före svetsreparation av spiralsvetsade tuber, jämför med paragraf 10.11 respektive 10.14.

11.3 Godstjockleken hos en spiralsvetsad tub bestäms av tubens undre tjocklekstolerans samt att man ovanpå detta förlorar ½ - 1 mm av denna som en följd av inträngningen genom påsvetsningen.

11.4 När väggtjockleken hos spiralpåsvetsade tryckärlsrör ska bedömas är det enbart det inre lastbärande tryckkärlsstålet, d.v.s. den påsvetsade innertuben, som tas med i hållfasthetsberäkningen. Avräkning av den ursprungliga tubens godstjocklek görs därför för inträngning och värmepåverkad zon med ~ 1 mm.

11.5 Spiralpåsvetsade rör baseras på rör enligt EN standard (t.ex. P265GH eller 16Mo3, enl. SS-EN10216-2) som påsvetsats med svetsmaterial i t.ex. ERNiCrMo-3 / UNS N06625. De påsvetsade rören anges i ritningar och intyg som vanliga panntuber med nominell ytterdiameter och medelvägg. Det korrosionsskyddande ytskiktet, normalt kring 2 mm tjockt, betraktas som korrosionstillägg och inkluderas som sådant i den nominella väggtjockleken.

11.6 Spiralsvetsade tryckkärlsrör bör inte användas som löphålstuber, eftersom den oregelbundna mikrostrukturen kan underlätta sprickbildning när löphålen utsätts för termisk belastning.

11.7 Bedömning, underhåll och reparationer av det korrosionsskyddande ytterskiktet på spiralsvetsade rör görs i övrigt som för kompoundrör, kapitel 10.

11.8 Förekomsten av påsvetsade tuber anges på förekommande ritningar med hänvisning till tillämpad WPS.

12 Lucksvetsning

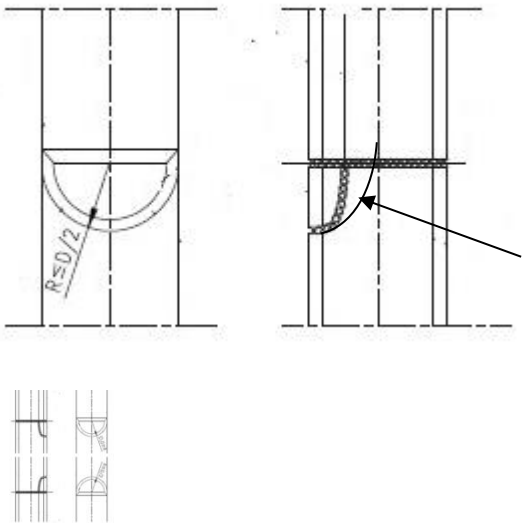


Fig. 5: Allmän utformning av lucksvets. En bredare lucka (pilen) ger bättre åtkomlighet. Ursparingen förläggs lämpligen till ersättningsdetaljen.

12.1 Lucksvetsning är en svår utmaning och fordrar av svetsaren har redovisat sin kompetens med ett arbetsprov. Vid arbetsprovet bör motsvarande förhållanden som vid skarpt läge eftersträvas, t.ex. svetsläge, men även åtkomligheten för svetsaren att kunna utföra ett gott arbete.

Skarvsvetsning med lucka får bara ske av svetsare och svetsande företag, vilka förutom kvalificering enligt SS-EN ISO 9606-1 och svetsprocedur för lucksvetsning enligt tillämplig del av standarderna SS-EN ISO 15607 t.o.m. SS-EN ISO 15614, även äger dokumenterad erfarenhet av och kännedom om den typ av arbete man avser utföra, t.ex. genom certifiering gentemot SS-EN ISO 9001/9002.

12.2 Vid skarvsvetsning av tuber i en eldstadsvägg (tätsvetsad med kontinuerliga ~ ½” membran) kan noteras att de delar av skarven som är exponerade mot isoleringssidan då inte nödvändigtvis behöver vara av rostfri (korrosionsbeständig) sammansättning. **En förutsättning är emellertid då, att man kan utesluta möjligheten att isoleringssidan i ett senare skede kan komma att utsättas för korrosion, t.ex. i samband med vattentvättning.** Det innebär i så fall då att man lika gärna kan lägga rotsträngen mot isoleringssidan med en kolstålselektrod, om man svetsar från rökgassidan genom en lucka belägen på rökgassidan.

12.3 Samtliga fogkanter skall vara fogberedda med kantvinkel, rätkant och rotgap anpassade till svetsmetoden. Luckans storlek skall anpassas, så att insvetsning och kontroll inte hindras av intilliggande tuber.

12.4 Tuberna fogbereds på vanligt sätt, men (i första hand) ersättningstuben ges en halvmånformad utskärning i vardera änden (se fig. 3 nedre). Ursparingen bör göras tillräckligt stor för att svetsaren skall ha god åtkomst till tubens insida. Luckan görs på motsvarande sätt, så att den så väl som möjligt passar emot ursparingen när den skall svetsas in.

12.5 Tuben häftas på plats, varefter man svetsar rotsträngen genom luckan och fyller upp med strängar t till färdig svets. Fogberedningen i hörnpunkterna justeras och luckan häftas på plats och svetsas utifrån på vanligt sätt och företrädesvis med start. och stoppunkter förlagda på annat ställe än luckans ”spetsar”.

12.6 Svetsningen genom luckan måste av åtkomlighetsskäl ske med belagda elektroder, TIG-

svetsningsmunstycket får inte plats. För att undvika alltför mycket deformationer i luckans geometri bör man låta de enskilda svetssträngarna svalna innan man lägger nästa.

12.7 Vid lucksvetsning av kompoundtuber tillkommer det problemet att rotsträngen vid skarv-svetsningen av den motsatta sidan genom luckan i normalfallet måste ske med rostfri överlegerad elektrod. Genom att välja högre legerade elektroder till den här första rostfria (rot-)strängen kan dels korrosionsbeständigheten förbättras och dels minskar risken för att den här första strängen får inslag av martensitbildning. Efterföljande strängar, som läggs med ferritisk elektrod (läs kolstål) kommer då att bli mer eller mindre förorenade med krom från uppsmältningen av den här rostfria ytterströngen. Framförallt de därefter fösta lagda ferritiska strängarna kommer då att riskera att råka ut för martensitbildning (ta härdning), det går inte att undvika. Man kan begränsa den här härdningen genom att välja de ferritiska svetselektroderna med så låg kolhalt som möjligt, eftersom det är kolhalten i den bildade martensiten som styr hur hög hårdheten blir i de här kritiska svetssträngarna, se paragraf 10.19.

Ett sätt att ytterligare minska på uppblandningen av den först lagda rostfria strängen när man svetsar tubens ytterskikt gentemot rökgaserna är att hålla ner sträckenergin, vilket dock samtidigt innebär att man måste vara extra vaksam mot uppkomsten av bindfel.

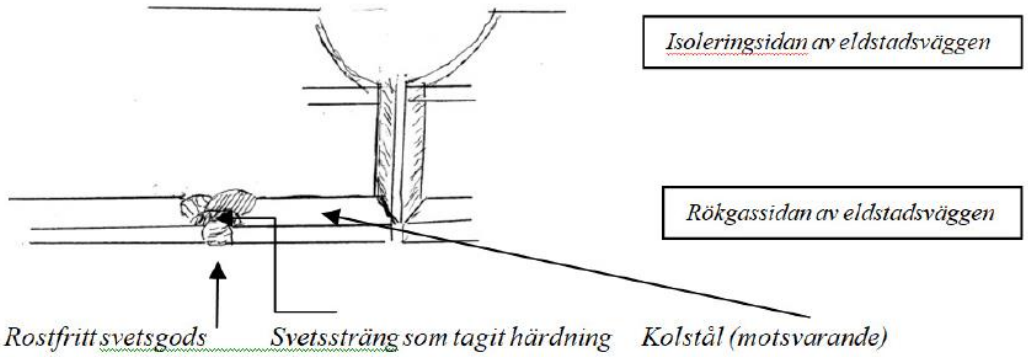


Fig. 6:Strängföljden vid lucksvets gjord från isolerinssidan av eldstadsväggen.

12.8 Uppfyllnadssträngarna bör därför läggas med elektroder med liten diameter och med låg sträckenergi för att undvika alltför stor uppsmältning.

12.9 Här är det ännu mer viktigt att man låter svetsarna svalna av innan man lägger nästa sträng. Däremot kan man motverka sprickbildning genom att låta arbetstycket hålla en rätt hög arbetstemperatur, som man också behåller efter det att svetsen är färdiglagd. Det motverkar också härdsprickbildning. Insvetsningen av själva luckan kan sedan ske på vanligt sätt.

12.10 Generellt beträffande lucksvetsning av kompoundtuber, se även kapitel 10.

12.11 All lucksvetsning av kompoundtuber måste verifieras med godkänt arbetsprov, varvid svetssträngarnas hårdhet bedöms och dokumenteras, se paragraf 10.9 och 10.19.

12.12 Beträffande kontroll av utförda lucksvetsar, se paragraf 16.15 och 16.16.

13 Underhåll av stift, täck- och triangelplåtar m.m.

13.1 Förutsättningarna för påsvetsning av ersättningsstift på redan slitna stift måste granskas kritiskt, särskilt om stiftlängden understiger 5 mm. Kvarvarande tubtjocklek mellan stiften kan vara mycket olika mellan olika mätställen. Om tjockleken på tuben mellan stiften minskat påtagligt genom korrosion tillråder Sodahuskommittén att tuben byts. Också om det uppmätta stiftsslitaget på stift kortare än 10 mm återkommande överstiger 2-3 mm om året bör man överväga att byta ut hela det

nerslitna tubpartiet (lämpligen till tuber med tätare stiftning och med större stiftdiameter). Se även paragrafer 8.12 samt rekommendation D3.

13.2 Kraftigt stiftslitage i verkningsområdet för en intilliggande luftport bör medföra t.ex att man stänger luftporten eller byter det aktuella tubpartiet till kompoundtuber. Vid nerfrätningar inne i själv luftporten mellan dysa och kompoundtub bör ytterskikt i Sanicro 38 eller Sanicro 67 föredras framför ytterskikt i Alleima 3R12/EN 1.4306.

13.3 Manuell fastsvetsning av stift på tuber med svetspistol (bågbultsvetsning enl. SS-EN ISO 14555) på kol/kolmanganstålstuber (som P265GH, samt på 16Mo3) tillåts (ur svetsningssynpunkt) endast om tubens tjocklek är minst 4 mm. Tubpartier, vars tjocklek inte når upp till s_{min}/ε_{ct} måste dessutom bytas. Hänsyn bör tas till inträngning/uppsmältning i samband med svetsoperationen, även om de svets-påverkade områdena var för sig har begränsad utsträckning.

13.4 Äldre slitna stift slipas, så att en lämplig fogyta erhålles. De bör emellertid inte slipas ner så mycket att de blir kortare än ca 5 mm. Ersättningsstift bör ha minst samma diameter som de tidigare. De insvetsade stiften bör inte vara längre än 2 ggr. (eventuellt 2,5 ggr) diametern av dem.

13.5 Svets mellan stift och tub skall ha en tillräcklig bindyta, så att värmeöverföringen inte hindras. Vid kromlegerade stift kan kolutarmning allra närmast smältgränsen också orsaka en mindre lokal hållfasthetsnedsättning. Bindytan skall vara fri från porositeter och icke metalliska föroreningar, som t.ex. sulfider. Inträngningen vid svetsningen får inte vara så stor, att man riskerar genombränning av tuben även om den är lokalt förtunnad. Innan svetsningsarbetet påbörjas skall svetsmetodens lämplighet verifieras med procedurprov. Svetsoperatören skall vara certifierad enligt SS-EN ISO 14732.

13.6 Höglegerade stift kan ge såväl spröd bindyta som oväntade korrosionsfenomen. Instängd smält fas kan ge upphov till porositeter, särskilt i kombination med nickelbaslegeringar. Större omstiftningar med legerade stift bör därför enbart ske om beprövad erfarenhet föreligger.

Tillräcklig erfarenhet av stiftning av kompoundtuber saknas för att kunna rekommendera att de skyddas med stiftning. Istället bytes om så behövs alltför kraftigt korroderande kompoundtuber lämpligen till en mer korrosionsbeständig materialkvalitet.

13.7 Täck- och triangelplåtar insvetsas så att de får bästa möjliga kylning, t.ex. genom att svetsen genomsvetsas och att insvetsningens tvärsnittsarea blir så stor som möjligt. Vid ersättning av nedkorroderade fenor och täck- och triangelplåtar lämnas minst ca 5 mm kvar av den gamla fenan/täckplåten, så att man inte behöver svetsa in den nya direkt mot tuben. Värmeöverföring och värmespänningar beaktas vid fogutformningen. Vid svetsning mot kompoundtuber beaktas kapitel 10.

13.8 Täck- och triangelplåtar, membran och liknande fästa med svets mot flera ändytor granskas särskilt med avseende på uppkommen termisk sprickbildning orsakad av inspänningskrafter. Plåtarna kan behöva vara slitsade för att skadliga termiska spänningar skall undvikas (lämpligt avstånd mellan slitsarna brukar kunna vara ca 30 mm). Slitsarna bör ges en rundad botten för att förebygga att det bildas utmattnings-sprickor i botten på dem. Alla skarpa hörn som kan ge utmattningssprickor bör avrundas, det gäller även övergången mellan svetsråge och grundmaterial.

13.9 Problematiska täck/triangelplåtar kan i vissa fall ersättas med stiftning av tuberna för att fylla ut mellanrummet (gäller ej kompoundtuber).

13.10 Stapelfenor i löphål lämpar sig ej för underhållssvetsning, utan är stapelfenorna för hårt slitna bör hela löphålet bytas.

13.11 Istället för stapelfenor på löphål och stiftning på släta väggtuber bör användningen av lämpliga kompoundtuber övervägas.

14 Bockning av tuber

14.1 För tuber som bockas skall finnas intyg om bockningsprovning (se SS-EN 12952-5:2022, § 7.3.2).

14.2 Kompoundtuber räknas som egen materialgrupp (regler för bockning av kompoundtuber finns i SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.2.2).

14.3 Kallbockade rörböjar av olegerat stål skall vara värmebehandlade enligt vad som krävs i SS-EN 12952-5:2022, § 7.3.8 och § 7.3.9, d.v.s. om bocken är snävare än $r_b/D_y<1.3$. Detta gäller även för kompoundtuber.

14.4 Kallbockade överhettarböjar av låglegerat (varmhållfast) stål skall - oberoende av graden av kalldeformation - vara avspänningsglödgade efter bockningen enligt vad som krävs i SS-EN 12952-5:2022, § 7.3.8 och § 7.3.9. Detta gäller även kompoundtuber.

14.5 Sodahuskommittén tillråder att svetsar på bockade rördelar i eldstaden värmebehandlas i de fall bockningsradien är mindre än 10 ggr tubdiametern.

15 Värmebehandling efter svetsning.

15.1 Om man måste svetsa på tryckbärande delar, vilka skall vara värmebehandlade, så skall man göra en ny värmebehandling, så att även den nya svetsen blir värmebehandlad (se SS-EN 12952-5:2022, § 10.4.1.7). Då detta ibland är ogenomförbart kan man undantagsvis bli tvungen att svetsa ändå utan att kunna genomföra föreskriven värmebehandling. Särskild hänsyn till detta skall då tas i svetsproceduren (WPS).

15.2 Tubinfästningar i domar föranleder ej ny värmebehandling av domen, men svetsproceduren måste utformas med tanke på att förnyad värmebehandling ej är möjlig att utföra. Sådant svetsarbete kräver speciella svetsprocedurer, som tar hänsyn till och kompenserar för att svetsningen inte fullföljs med en värmebehandling. Svetsning på tryckkärlsdelar, vilka skall vara värmebehandlade, skall därför alltid ske först efter samråd med den svetsansvarige och med besiktningsorganet och i förekommande fall med materialtillverkare eller annan svetsteknisk expertis.

För tätsvetsning av tubändar i domar gäller kapitel 9..

16 Kontroll

16.1 Svetsar skall så långt möjligt utföras och förläggas så, att de föreskriftsenligt kan kontrolleras med oförstörande provning. Kan tillfredsställande provning ej genomföras skall metodprover eller stickprovsvis förstörande provning användas.

16.2 För att förebygga, att flera svetsar kan komma att göras med samma svetsfel bör den oförstörande provningen utföras så i anslutning till själva svetsarbetet, att eventuellt underkända svetsar upptäcks i så god tid som möjligt innan ytterligare svetsar hinner göras med en upprepning av samma fel.

16.3 Föreskriftsenlig inspektion och kontroll skall vara utförd att ett ackrediterat organ i tredjepartsställning. Personer som utför eller ansvarar för kontroll skall ha tillämplig befogenhet för respektive

arbetsområde. Ansvarig skall normalt ha nivå 2 - kompetens för sin provningsmetod.

16.4 All kontroll utförs efter eventuell värmebehandling utom för material i grupp 1 och 8, där kontrollen även får utföras före eventuell värmebehandling (se SS-EN 12952-6:2022, § 7.1.1).

16.5 Om svetsfel upptäcks görs förnyad kontroll enligt SS-EN 12952-6:2022, § 7.1.1. och § 7.1.5.

16.6 Oförstörande provning av svetsar skall alltid utföras i minst den föreskriftsenliga omfattningen, varvid särskilt beaktas de delar av sodapannan, där vattenförande tuber kan förorsaka vattenläckage in i ugnen. Utförda svetsar kontrolleras där ej annat sägs enligt kapitel 7 i SS-EN 12952-6:2022. Tabell 1 i § 4.5 i standarden ger en översikt över de kontrollmoment som föreskrivs.

16.7 Alla svetsar skall synas i hela sin längd (se SS-EN ISO 17637). Även rotsidan synas där så är möjligt.

16.8 För tubskarvar i sodapannans eldstad (tuber varifrån vatten vid läckage kan nå ner till smältan) gäller att oförstörande provning skall utföras med 100% volumetrisk kontroll (se SS-EN 12952-6:2022, Annex A, § A.2.2).

16.9 Sodahuskommittén rekommenderar att vid all skarvsvetsning av vattenförande tuber i eldstadsdelen, så skall svetsen efteråt kontrolleras med röntgenmetod (ellipsradiogram) med minst två filmer (upptagningar, även metoder utan traditionell röntgenfilm förekommer) på varje svets. Fotograferingsriktningen för dessa lägges ungefär vinkelrätt mot varandra.

16.10 Om endast en röntgenupptagning kan göras av en lagd tubskarv i eldstadsdelen, så skall den kompletteras med annan provning, som säkerställer utförandet hos hela svetsskarven, vilket innebär särskild provning på annat sätt av kontaktpunkterna till förekommande andra tuber eller membran (se § A.2.3).

16.11 Även provning med 100% volumetrisk undersökning med ultraljud i kombination med 10 % ytmetod godtages som alternativ enligt SS-EN 12952-6:2022 Annex A, § A.2.2-2.3, men Sodahuskommittén tillråder här 100% ytmetod.

16.12 Vid skarvsvetsning av tuber i skyddade delar av domtubsatsen får antalet röntgenfilmer inskränkas till en per skarv. Röntgenstrålen lägges lämpligen med snett infall, så att de mest svåråtkomliga delarna av skarven blir tydliga på röntgenfilmen. Filmningsriktningen skall också läggas så att svetsens start- och stoppunkter kan bedömas.

16.13 Vid svetsning av överhettartuber och ekonomisertuber rekommenderar Sodahuskommittén att röntgenradiografering också utföres med minst en film per skarv. Filmningsriktningen skall vara sådan att svetsens start- och stoppunkter kan bedömas.

16.14 Vid annan svetsning av uppslipningar och liknande i pannans eldstadsdel skall svetsen, där så är möjligt, kontrolleras med röntgenmetod eller med ultraljud, varvid svetsen skall kunna bedömas i sin helhet.

16.15 Vid skarvsvetsning av kompoundtuber kan kontrollen ske så snart som tubernas innerkomponenter skarvats samman, vilket innebär att det rostfria korrosionsskyddet appliceras först efter det att innerkomponenternas sammansvetsning utvärderats och godkänts.

16.16 Vid svetsning av lucksvets i eldstaden skall två röntgenfilmupptagningar göras på den halvfärdiga tubskarven innan luckan insvetsas. Fotograferingsriktningen för dessa läggs med snett infall och ungefär vinkelrätt mot varandra. Efter insvetsning av luckan görs, beroende på luckans storlek, ytterligare en eller två röntgenfilmupptagningar av den färdiga skarven. Speciell uppmärksamhet skall ägnas trippelpunk-

terna.

16.17 Vid lucksvetsning av tuber i domtubsatsen kan antalet röntgenupptagningar inskränkas till en före och en efter att luckan insvetsats, under förutsättning att trippelpunkterna kan granskas.

16.18 Svetsar i dommanteln, som t.ex. insvetsning av manlucksringar eller större stutsar i domar i domtubsatser kontrolleras med 100% volumetrisk metod och 100% ytmetod (i den mån åtkomlighet föreligger).

16.19 Övriga svetsar, t.ex. kälsvetsar, stutsar med ytterdiameter mindre än 142 mm eller tätsvetsar till tubinfästningar kontrolleras med ytmetod till 100%.

16.20 För övriga svetsar i domar rekommenderas motsvarande provningsomfattning, d.v.s. 100% ytmetod och där så är tillämpligt 100% volumetrisk provning. Jämför med § 4.5 tabell 1 i SS-EN 12952-6:2022.

16.21 Förekomsten av s.k. inbyggt rotfel vid genomgående stutsar eller manlucksringar skall följas upp, så att de inte tillåts tillväxa okontrollerat.

16.22 Svetsar i lådor kontrolleras som för domar i den mån de kan ge vattenläckage till sodasmältan. Övriga (även överhettarlådor) kontrolleras enligt § 4.5 tabell 1 i SS-EN 12952-6:2022.

16.23 Alla kälsvetsar till lastbärande fenor och öron och mellan tryckkärlsdel och pannans upphängningsanordningar eller luftkanaler eller liknande kontrolleras till 100% genom syning och lämpligt vald ytmetod. Vid syningen skall särskild vikt läggas vid att tvära övergångar undviks vid svetsavsluten.

16.24 Längsgående svetsar mellan tuber och längsgående membran eller fenor eller direkt mellan tuber kontrolleras genom syning kompletterad med 100% ytmetod. Tvärgående svetsar kontrolleras på samma sätt, också med 100% ytmetod. Vid syningen skall särskild vikt läggas vid att tvära övergångar undviks vid svetsavsluten.

16.25 I övriga tryckkärlsdelar kontrolleras icke lastbärande svetsar genom syning kompletterad med 10% ytmetod. Lastbärande svetsar kontrolleras på samma sätt, men med 100 % ytmetod (avvikelse från SS-EN 12952-6:2022, Annex A, § A.2.3)

16.26 Vid syningen skall även här särskild vikt läggas vid att tvära övergångar undviks vid svetsavsluten. Ändar på membran och liknande bör vara avfasade, så man undviker spänningskoncentrationen vid en för tvär övergång. Svetsrågen vid membranets ytterände slipas till jämn övergång i svetsroten mellan kälsvetsen och tubytan.

16.27 Provning på angränsande ytor görs på ett område motsvarande svetsreparationens storlek, dock minst 1 cm på var sida.

16.28 Vid all svetning på plats i eldstaden av eller på kompoundtuber skall svetsrågen, alternativt det rostfria täckskiktet penetrantprovas till minst 100 % (avvikelse från SS-EN 12952-6:2022, Annex A, § A.2.3).

17 Gjutjärnsekonomisrar

Svetsning på ekonomiserrör i gjutjärn får ej förekomma, med undantag för ändflänsarnas bearbetande tätningsytor, vilka får reparationssvetsas för smärre fel. I sådana fall skall slipning, avspänningsglödgning och spricksökning utföras efter svetsningen. Observera lämpligt val av svetstillsatsmaterial.

18 Tryckkontroll

18.1 Föreskrifter för Tryckkontroll m.m. efter svetsreparationer, se AFS 2023:11. kapitel 9 – 10.. Ofta genomförs enbart en täthetskontroll vid en nivå av 1,3 x det av kontrollorgan fastställda högsta tillåtna trycket.

18.2 Tryckkontroll kan i förekommande fall, och om Kontrollorganet så samtycker, ersättas av motsvarande volumetrisk provning och ytprovning av utförda svetsarbeten samt täthetskontroll.

18.3 Vid tryckkontroll med särskilt höga kontrolltryck bör risken för skador i form av sprickbildning på tubernas resp. domens vattensida beaktas. Svetsrågar och andra geometriska diskontinuiteter kan behöva avjämnas genom slipning innan tryckkontroll vid högre kontrolltryck genomförs.

18.4 Tuber med utvändiga svetsar till t.ex. infästningsöron, fenor, inhållningsbalkar, stapelfenor eller liknande påsvetsade järn kan drabbas av invändig sprickbildning som en följd av utmattningssprickning och efterföljande korrosion orsakad av tuffa tryckkontroller på äldre pannor. Det leder med tiden till slumpvis uppträdande läckage vid dessa infästningar där spänningskoncentrationen blir som värst. sådan sprickbildning kan utgöra en explicit fara för en smältavattenexplosion om de uppträder smältanivån i eldstaden. Sådana skador kan möjligtvis upptäckas med röntgen, men kan annars i västa fall medföra att stora delar av eldstaden måste dömas ut.

19 Dokumentation

19.1 Den, som utför eller ansvarar för svetsning i sodapannor, skall föra sådana anteckningar eller märka svetsar på sådant sätt att han efter arbetets utförande kan identifiera vilket material som använts och vilken svetsare, som utfört varje enskild svets. Han skall även lämna protokoll över de anteckningar som förts (tillägg till SS-EN 12952-5:2022, § 6.3 och 6.4).

19.2 Materialcertifikat, svetsprocedurer, montageritningar, kontrollintyg, bedömning av arbetsprover och liknande dokumentation över utförda svetsarbeten skall arkiveras i (minst) 1 exemplar eller i datasystem hos anläggningen. All sådan dokumentation skall hållas tillgängligt åtminstone under anläggningens återstående driftstid.

20 Ansvarsfriskrivning

Detta dokument utgör endast ett dokument över vad som förekommit vid möte med medlemmar i Sodahuskommittén. Informationen i detta dokument är enbart avsedd för Sodahuskommitténs medlemmar. Det är upp till varje medlem eller annan part som tar del av innehållet i dokument att på egen risk och eget ansvar följa de rekommendationer och riktlinjer som i förekommande fall kan anses följa av dokumentets innehåll. Sodahuskommittén frånskriver sig allt ansvar för fel och skada oavsett orsak som kan följa av att rekommendationer eller riktlinjer följs. Det är upp till varje medlem eller annan part att själva, i sin riskbedömning, avgöra om man vill följa Sodahuskommitténs rekommendationer och riktlinjer. Det åligger varje medlem eller annan part att, vid tillämpningen av rekommendationer och riktlinjer, stämma av med tillämpliga myndigheter att rekommendationerna och riktlinjerna är i överensstämmelse med gällande rätt och andra föreskrifter.

Bilaga 1: Exempel på standarder som berör svetsning

SS-EN 1011-1:2009 Svetsning - Rekommendationer för svetsning av metalliska material - Del 1: Allmänna riktlinjer för bågsvetsning

SS-EN 1011-2 Svetsning - Rekommendationer för svetsning av metalliska material - Del 2: Bågsvetsning av ferritiska stål· Tillägg: SS-EN 1011-2/A1:2004

SS-EN ISO 3834-2:2021: Kvalitetskrav för smältsvetsning av metalliska material - Del 2: Omfattande kvalitetskrav (ISO 3834-2:2021)

S-EN ISO 5817:2023 Svetsning – Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och deras legeringar (strålsvetsning undantagen) – Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser (ISO 5817:2023, IDT)

SS-EN ISO 9692-1:2013 Svetsning och besläktade förfaranden - Rekommendationer för svetsfogar - Del 1: Manuell metallbågsvetsning, gasmetallbågsvetsning, gassvetsning, TIG-svetsning och strålsvetsning av stål (ISO 9692-1:2013)

SS-EN 10204:2005 Metalliska varor - Typer av kontrolldokument

SS-EN 10216-2:2013+A1:2020 Sömlösa rör av stål för tryckändamål - Tekniska leveransbestämmelser - Del 2: Olegerade och legerade stål med fordrade högtemperaturegenskaper

SS-EN ISO 10893-1:2011 förstörande provning av stålrör - Del 1: Automatiserad elektromagnetisk provning av sömlösa och svetsade (förutom pulverbågsvetsade) stålrör för kontroll av vätsketäthet (ISO 10893-1:2011) · Tillägg**:** SS-EN ISO 10893-1:2011/A1:2020

SS-EN ISO 10893-8:2011 Oförstörande provning av stålrör - Del 8: Automatiserad ultraljudprovning av sömlösa och svetsade stålrör för detektering av lamineringsfel (ISO 10893-8:2011)· Tillägg**:** SS-EN ISO 10893-8:2011/A1:2020

SS-EN ISO 9606-1:2017: Svetsarprövning - Smältsvetsning - Del 1: Stål (ISO 9606-1:2012 including Cor 1:2012 and Cor 2:2013)

SS-EN ISO 14555:2017: Welding - Arc stud welding of metallic materials (ISO 14555:2017)

SS-EN ISO 14731:2019: Tillsyn vid svetsning - Uppgifter och ansvar (ISO 14731:2019)

SS-EN ISO 14732:2013 Svetspersonal - Prövning av operatörer för helmekaniserad svetsning och maskinställare för helmekaniserad och automatiserad svetsning av metalliska material (ISO 14732:2013)

SS-EN ISO 15607:2019 Specification för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Allmänna regler (ISO 15607:2019)

SS-EN ISO 15609:2019: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Svetsdatablad - Del 1: Bågsvetsning (ISO 15609-1:2019)

SS-EN ISO 15612:2018 Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Kvalificering genom införande av en standardsvetsdatablad (ISO 15612:2018)

SS-EN ISO 15613:2004: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Qualification based on pre-production welding test (ISO 15613:2004)

SS-EN ISO 15614-1:2017: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll: Del 1: Båg- och gassvetsning a stål och bågsvetsning av nickel och nickellegeringar.

SS-EN ISO 15614 -7:2019, Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll - Del 7: Overlay welding (ISO 15614-7:2016)

SS-EN ISO 15614-8:2016: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll: Del 8: Insvetsning av tuber i tubplattor

SS-EN ISO 15614-13:2016: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll: Del 13: Stuksvetsning och brännsvetsning.

SS-EN ISO 14732:2013 Svetspersonal - Prövning av operatörer för helmekaniserad svetsning och maskinställare för helmekaniserad och automatiserad svetsning av metalliska material (ISO 14732:2013)

SIS-CEN ISO/TR 15608:2017 Svetsning - Riktlinjer för ett system för gruppering av metalliska material (ISO/TR 15608:2017)

SS-EN ISO 17663:2023 Svetsning - Riktlinjer för kvalitetskrav för värmebehandling i anslutning till svetsning och besläktade förfaranden (ISO 17663:2023)

SIS-CEN ISO/TR 20172:2021 Svetsning - Grupperingssystem för material - Europeiska material (ISO/TR 20172:2021)

SS-EN ISO 3452-1:2013, Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles(ISO 3452-1:2013, Corrected version 2014-05-01)

SS-EN ISO 23277:2015, Non-destructive testing of welds - Penetrant testing - Acceptance levels

SS-EN ISO 17638:2016, Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing (ISO 17638:2016)

SS-EN ISO 23278:2015, Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing - Acceptance levels

SS-EN ISO 17639:2013, Destructive tests on welds in metallic materials - Macroscopic and microscopic examination of welds (ISO 17639:2003)

Bilaga 2: Exempel på standarder för svetstillsatsmaterial.

Standarder:

SS-EN ISO 2560:2020 ”Tillsatsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 2560:2020)”

SS-EN ISO 3580:2017 ”Tillsatsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av varmhållfasta stål - Indelning (ISO 3580:2017)”

SS-EN ISO 3581:2016 ”Tillsatsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av varmhållfasta stål - Indelning (ISO 3580:2017)

Observera att för svetsarbete på tryckbärande anordning krävs en skriftlig svetskvalificering ”WPAR/WPQR”, där även det tillsatsmaterial som får användas specificeras. Den skall vara utarbetad/godkänd av en person med IWE-behörighet. (se SS-EN ISO 14731).

Endast basiska elektroder med kontrollerad vätehalt (ej överstigande 10 ml H_2/100 g svetsgods, helst ej överstigande 5 ml H2/100 g svetgods) rekommenderas för svetsning med belagda elektroder. Alternativt kan oftast TIG(MIG)-svetsning med motsvarande TIG(MIG)-tråd användas.

Nedanstående standarder/beteckningar är exempel på elektroder som kan användas. Olika detaljer i beteckningen kan beteckna t.ex. utbyte eller svetsläge, och de kan därför anpassas efter svetsarbetets förutsättningar . Svetstillsatsmaterial bör därför om möjligt väljas i samråd med elektrodtillverkaren.

För det ferritiska stålet kan de belagda svetselektroderna vara enligt SS-EN ISO 2560-A:2020

typ E 42 4 B 42 H5 eller enligt ANSI/AWS A5.1 typ E 7018 H4 R

Exempel på beteckningar för låglegerade stål med svetselektroder enligt SS-EN ISO 3580-A:

A = Överensstämmelse finns med motsvarande AWS/ASME-standard.
E = belagd elektrod/manuell metallbågsvetsning;
CrMo1 = kemisk sammansättning hos helsvetsgods (1,1 % Cr och 0,6 % Mo);
B = typ av elektrodhölje (basiskt hölje = B, surt hölje = A, rutilelektrod = R);
3 eller 4= utbyte och strömart (4 = likström med utbytet 120 %);
4 = svetsläge (horisontell stumsvets och liggande kälsvets);
H5 = vätetal (max 5 ml/100g helsvetsgods).

För svetsning av SS-EN-stål av typ 16Mo3 eller motsvarande (t.ex. stål 15Mo3 enligt DIN 17175 eller SS stål 2912 enligt SS 142912) kan användas elektroder av typ SS-EN ISO 3580-A:2017 E Mo B 3 (eller 4) 2 H5 eller typ SS-EN ISO 3580-A:2017 E Mo B 3 (eller 4) 2 H5 eller typ E7018-A1 enligt ANSI/AWS A5.5 eller E7018-A1 enligt ASME IIC SFA A5.5/AWS A5.5.

För svetsning av SS-EN stål av typ 13CrMo4-5 eller motsvarande (t.ex. stål 13CrMo44 enligt DIN 17175 eller stål 2216 enligt SS 142216) kan användas elektroder av typ SS-EN ISO 3580-A:2017 typ ECrMo1 B 3 (eller 4) 2 H5 eller enligt ANSI A5.5/AWS A5.5 eller ASME IIC SFA 5.5, typ E 8018-B2.

För svetsning av SS-EN stål 10CrMo9-10 eller motsvarande (t.ex. äldre beteckningar stål 10 CrMo 9 10 enligt DIN 17175 eller stål 2218 enligt SS 142218) kan användas svetselektroder enligt SS-EN ISO 3580-A:2017 typ E CrMo2 B 3 (eller 4) 2 H5 eller E 9018-B3 enligt ANSI/AWS A5.5 eller ASME IIC SFA 5.5.
Svetselektroder av typ E 19 9 L B 2 2 enligt SS-EN 3581-A:2016 eller AWS/SFA AISI: E308 är avsedda enbart för svetsning på och med enbart rostfritt stål av 18/8-typ, som t.ex. stål 1.4307

(X2CrNi18-9) och får inte användas för svetsning av kolstål (eller motsvarande) mot rostfritt på grund av risken för martensitbildning i svetsgodset. De kan användas för att bättra på ytterskiktet på kompoundtuber under förutsättning att kvarvarande tjocklek på det nedkorroderade rostfria skiktet inte understiger 0,5 mm.

Exempel på beteckningar för rostfria elektroder enligt SS-EN ISO 3581-A:
A = Finns motsvarande standard enligt ASME/AWS.
E = belagd elektrod/manuell metallbågsvetsning;
19 12 2 = kemisk sammansättning hos helsvetsgods (19 % Cr, 12 % Ni och 2 % Mo);
B, R, A= typ av elektrodhölje basisk, rutil eller sur elektrodbeläggning);
3 = utbyte och strömart (växelström eller likström med utbytet 120 %);
4 = svetsläge (horisontell stumsvets och liggande kälsvets)

Vid svetsning av kolstål. kolmanganstål eller låglegerat stål mot rostfritt eller annat höglegerat stål måste speciella (överlegerade) svetselektroder användas. Dessa kan ha beteckningen EN 1.4332 eller enligt ASTM/ASME E309L eller högre legerat E310L enligt ANSI/AWS 5.4 resp. ASME IIC SFA 5.4 eller E 23 12 L B 3 2/ E 23 12 L B 4 2 enligt SS-EN 3581-A:2016. Elektroder av typ E309L skall enligt standarden hålla 19-21% Cr och 11-13% Ni W.Nr. 1.4828), men ”fetare” sammansättningar med ~23,5% Cr och ~13,5% Ni (W.Nr. 1.4332) bör föredras, och ger i så fall ett säkrare svetsresultat. Elektroder av typ E310L är högre legerade: 26,5% Cr och 20,5% Ni.

”L” står för låg kolhalt, andra elektroder med högre kolhalt bör undvikas. De är till för högtemperaturtillämpningar, där högre varmhållfasthet eftersträvas, t.ex. överhettare.

Elektrodvalet blir beroende av grundmaterialens kemiska sammansättning, leverantörens rekommendationer beträffande svetsmetod, tillförd sträckenergi, foggeometri, uppsmältning m.m.

För svetsning av Sandvik Material Technologys olika varianter av kompoundtuber bör Sandviks alternativt Alleimas informationsmaterial konsulteras. För svetsning av eller på kompoundtuber hänvisas dessutom till kapitel 10.

Molybdenlegerade elektroder (som E 309Mo-L eller E 23 12 2 L B 5 3 enligt SS-EN ISO 3581-A:2016 brukar i allmänhet användas som ersättning för de molybdenfria, men för användning i den speciella korrosionsmiljö som råder i en sodapannas eldstad föreligger inga speciella fördelar med molybdenlegerat material, sannolikt snarare tvärtom. Anledningen till att man ändå undviker de icke molybdenlegerade elektroderna är för att undvika förväxling vid andra tillämpningar, där molybdenlegerat material behövs för korrosionsbeständighetens skull.

För svetsning av molybdenlegerade rostfria stålkvaliteter, där sådana förekommer, t.ex. stål EN nr 1.4435 (EN beteckning X2CrNiMo18-14-3 ungefär motsvarande AISI/ASME SA316L/UNS S31603 eller enligt äldre, numera indragen, svensk standard SS stål 2353) rekommenderas att artegna elektroder, d.v.s. molybdenlegerade, användes.

För svetsning, där tillsatsmaterial med förhöjd korrosionsbeständighet eftersträvas och där högre legeringshalt kommer ifråga, rekommenderas TIG-svetsning och då med t.ex.

för TIG/GTAW: AWS A5.14 ER NiCrMo-3, eller

för MMA/SMAW: AWS A5.11 E NiCrMo-3,

Vid svetsning av materialet Sanicro 38 (EN nr 2.4858 / UNS N08825 mod.) elektroder typ ASME SFA/AWS A5.11 ENiCrMo-3. Vid svetsning med ASME SFA/AWS A5.14 ERNiFeCr-3, UNS N06625. (AWS A resp. ASME SFA är identiska och betecknar samma material)

Vid svetsning av materialet Sanicro 67 (EN 2.4642/UNS N06690) rekommenderas elektroder av typ AWS A5.11 ENiCrFe-7 alt. för TIG AWS A5.14 ECrNiFe-7.

Svetselektroder skall alltid väljas enligt den svetsprocedur ”WPS”, som man avser att tillämpa för det aktuella svetsarbetet. Vid osäkerhet skall den som ansvarar för svetsproceduren rådfrågas.

Standarder enligt ASTM och ASME är identiska, det är de ansvariga huvudmännen som skiljer dem åt. ASME (American Society of Mechanical Engineers) står för standarderna för tillverkning av tryckkärl, ASTM (tidigare: American Society for Testing and Materials) för standarderna för tillverkning av de använda materialen.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr D 5
Utgåva 1, april, 2018

Högtemperaturdeformation av överhettare mm i sodapannor.

Materialkrypning innebär en successiv försämring av egenskaperna hos ett material, om det utsätts för hög temperatur samtidigt som det är belastat. För konventionella ångpannor för kraft- och värmeproduktion är problemen med materialkrypning större eftersom man där har högre tryck och högre materialtemperaturer i de mest utsatta delarna. För sodapannor är de mest utsatta delarna tuber och samlingslådor till överhettarna samt utgående ångledning till turbin. Temperaturen hos ångan från sodapannor har emellertid länge inte kommit i konflikt med gränstemperaturen för materialkrypning för de använda materialen, men med ökande tryck, ång- och materialtemperatur, så har även för sodapannor materialkrypning blivit ett nytt problem att ta hänsyn vid kontroll och underhåll.

De skador som successivt utvecklas i materialet är i form av en ”inre uppruttning”, det bildas felställen som dislokationer, kaviteter, porositeter, sprickbildningar mm, som gör att materialet allteftersom förlorar sin hållfasthet. Krypskador är ett problem som successivt utvecklas med tiden, d.v.s. att idag bör krypskador utgöra en risk i huvudsak hos äldre anläggningar. Härvid har man att ta hänsyn till att materialkrypningsegenskaperna även kan variera starkt mellan olika delar av samma panna. Vid de här höga temperaturerna är ju också framförallt korrosionen en begränsande faktor. Samtidigt, om man ser framåt, så måste också nya anläggningar konstrueras för att verkligen hålla in i framtiden, så att man får ut den livslängd och den energiproduktion man projekterat anläggningen för.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2016:1: Tryckbärande anordningar
AFS 2017:3: Användning och kontroll av tryckbärande anordningar
Pressure Equipment directive, PED, 2014/68/EU

Standard
SS-EN10216-2: Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties
SS-EN10216-5: Rostfria stål.
SS-EN12952-3 Konstruktion och beräkning: Avsnitt 5.6, 5.8, 6.3, 13, Annex B
SS-EN 12952-4: Beräkning av återstående livslängd.
SS-EN 13480-3: Rörledningar: Konstruktion och beräkning
EN764-9: Pressure equipment and assemblies — Part 9: Creep design

Innehåll

1 Högtemperaturdeformation av överhettare mm i sodapannor. 3
1.1 Allmänt om materialkrypning och krypskador. 3
2 Materialsammansättningen och dess inverkan på stålets hållfasthetsegenskaper 5
3 Svetsning och kryphållfastheten hos utförda svetsar 7
4 Övriga geometriska svaghetspunkter, som rörböjar, stutsar, dimensionsförändringar mm. 8
5 Uppföljning, återkommande kontroll 9
6 Särskilda rekommendationer beträffande sodapannans olika delar 10
6.1 Överhettartuber 10
6.2 Överhettarens samlingslådor 10
6.3 Ångledningar 11
Bilaga 1: Beräkningsvärden för stål vid förhöjd temperatur: 12
Bilaga 2: Litteraturreferenser 13
Bilaga 3 Utdrag ur AFS 2016 -1, Tryckbärande anordningar 14

1 Högtemperaturdeformation av överhettare mm i sodapannor.

1.1 Allmänt om materialkrypning och krypskador.

Materialkrypning innebär en successiv försämring av egenskaperna hos ett material, om det utsätts för hög temperatur samtidigt som det är belastat. För pannor, såväl sodapannor, som övriga, är de mest utsatta delarna tuber och samlingslådor till överhettarna samt utgående ångledning och turbin. Materialet ger efter och deformeras successivt, men det är en process som normalt är utspridd över tidrymder om något eller ett par tiotals år innan det gått så långt att allvarliga skador börjar uppträda.

Materialkrypning brukar bli ett problem först över en viss temperatur, gränstemperaturen, vilket bl.a. innebär att endast de mest uppvärmda delarna av sodapannan och dess kringutrustning är utsatta. En viktig faktor att också hela tiden ta hänsyn till är att det erfarenhetsmässigt föreligger en mycket stor spridning i krypegenskaperna mellan enskilda delar av anläggningen, t.ex. mellan komponenter från samma metallurgiska charge, men med olika värmebehandlingshistoria. Stora skillnader kan också föreligga mellan komponenter från olika metallurgiska charger, dvs stålverkens dagliga variation av produktionsresultatet. Tidigare kunde skillnader i tid till brott vid provning variera uppåt och nedåt med flera tiotals procent, för senare producerade produkter har analysprecisionen vid stålverken förbättrats betydligt, vilket borde göra att den här osäkerheten minskat.

Ångtemperaturen i sodapannor har länge legat rätt lågt. 450^{o} har varit rätt vanligt och som mest har man drivit upp ångtemperaturen till ca 480^{o}. Att man ofta inte uthålligt använt 480^{o} ångtemperatur trots den bättre ångekonomin, beror på att man önskat begränsa korrosionen. Temperaturen hos ångan från sodapannor har emellertid länge inte nått upp till gränstemperaturen för de använda materialen, men med ökande tryck, ång- och materialtemperatur, så blir materialkrypning ett nytt materialproblem att ta hänsyn vid kontroll och underhåll. I äldre sodapannor har problemet inte adresserats sålänge ångtemperaturen med hittills använda stålkvaliteter hållet sig upp till ca 480^{o}C. Från 480^{o}C och uppåt har det börjat göra sig påmint och från materialtemperaturer på 500^{o}C och uppåt så måste hänsyn tas till krypningen allteftersom allt högre materialtemperaturer kommer i fråga. Det är ju också en följd av den tilltänkta driftstiden. Tidigare har man beräknat kryprisken utifrån en tänkt 10-årsperiod (d.v.s. ca 100.000 timmar), sedan en 20-årsperiod (d.v.s. ca 200.000 timmar)

Idag bör ett ännu längre perspektiv anläggas, eftersom man ändå inte byter överhettarskärmarna när den tilltänkta driftsperioden förlupit, utan man numera genom en successiv utvärdering och uppföljning försöker krama ur mesta möjliga återstående driftstid ur de befintliga anläggningarna. Detta motiveras inte minst av de höga kostnaderna för att ersätta dem. Idag kan vi ha anläggningar som är upp till 40-50 år gamla, och då måste vi beakta att de inte från början konstruerats med tanke på att man skulle kunna riskera krypskadehaverier i framtiden.

Härvid har vi också att ta hänsyn till att materialkrypningsegenskaperna kan variera starkt mellan olika delar av samma panna. Andra faktorer som inverkar är sådant som värmebehandling och slutbehandlingstillstånd, eventuell kallbearbetning, inverkarn av tidigare svetsning, bockning mm standardoperationer som kommer till användning vid tillverkningen. Högre materialtemperatur än den tilltänkta är en annan risk, vare sig den beror

på invändiga beläggningar i överhettartuberna eller på mätfel eller någon annan kontrollerbar faktor.

Krypskador är också ett problem som successivt utvecklas med tiden, dvs att idag bör krypskador utgöra en risk i huvudsak hos äldre anläggningar med tjugo eller kanske t.o.m. trettio-fyrtio års tid på nacken. En ytterligare skillnad är att ångtemperaturen hos sodapannorna successivt drivits mot allt högre temperatur för att därigenom höja (el-)verkningsgraden. När man för fyrtio-femtio år sedan konstruerade med en ångtemperatur på 450^{o}C, så låg man med god marginal under den s.k. gränstemperaturen och bör ha upplevt mindre risk för begynnande sprickbildning, men vid högre ångtemperatur, som t.ex. vid 480^{o}C, så finns det all anledning att vara uppmärksam. Dagens ångtemperaturer har vuxit sig ännu högre och anläggningarnas driftstid kommer därmed definitivt att begränsas av hänsyn till kryplivslängden. Samtidigt skall man komma ihåg att för överhettartuberna får man inte glömma bort det temperaturpåslag om 35-50^{o}C som tillkommer på grund av den yttre värmebelastningen. Det är tänkt som ett konservativt värde, men den verkliga temperaturökningen i materialet kan också vara högre, och har man ökat pannans kapacitet kan det kanske vara läge att tänka efter.

Eftersom man vill successivt öka både livslängd och elverkningsgrad så måste man därför arbeta både med överhettarmaterialens högtemperaturegenskaper och med korrosionsbetingelserna. Vid de här höga temperaturerna är ju framförallt korrosionen en begränsande faktor, med 500^{o}C ångtemperatur måste man ha noggrann kontroll på stoftets kalium- och kloridhalter, eftersom partiellt smälta beläggningar är förödande för korrosionsbeständigheten. Stoftbeläggningen smälter successivt med ökande temperatur och beroende på mändgen kalium- och kloridföroreningar i beläggningen visar sig de första tecknen på att beläggningen börjar smälta redan vid ca 550^{o}C. Det är komplexa sulfater som gör att smältintervallet sträcker sig ner i området 500 - 600^{o} C och man bör hålla en marginal på minst 50^{o} mellan utgående ångtemperatur och smältintervallets lägre begränsningstemperatur för att inte överhettartubernas varmare delar ska ta stryk. För att höja ångtemperaturen över 500^{o}C blir det därför nödvändigt att följa kalium- och kloridhalterna i överhettarbeläggningarna och kombinera stoftåterföringen med någon av de reningsmetoder som utvecklats för detta ändamål.

Samtidigt om man ser framåt så måste därför nya anläggningar dels konstrueras för att verkligen hålla in i framtiden, så att man får ut den livslängd man projekterat anläggningen för. Dels måste de också kontinuerligt följas upp så att man parerar de skador som slumpvis kan uppträda under anläggningens driftstid.

Med hittills använda varmhållfasta överhettarkvalitéer kommer man nu också upp i temperaturer där man måste ta alltmer hänsyn till materialets krypegenskaper. Dels vill man räkna med en lång driftstid för de utsatta delarna, dels tillkommer ett problem att det kan uppstå skador även om anläggningen är beräknad för att ligga på den säkra sidan av den s.k. gränstemperaturen. Gränstemperaturen är den temperatur över vilken materialets krypegenskaper är avgörande för anläggningens livslängd, är temperaturen lägre än gränstemperaturen är det tänkt så att krypprocesserna går så långsamt att man inte skulle behöva bry sig om dem.

För konventionella ångpannor för kraft- och värmeproduktion är problematiken större eftersom man där har högre tryck och högre materialtemperaturer i de mest utsatta delarna. De

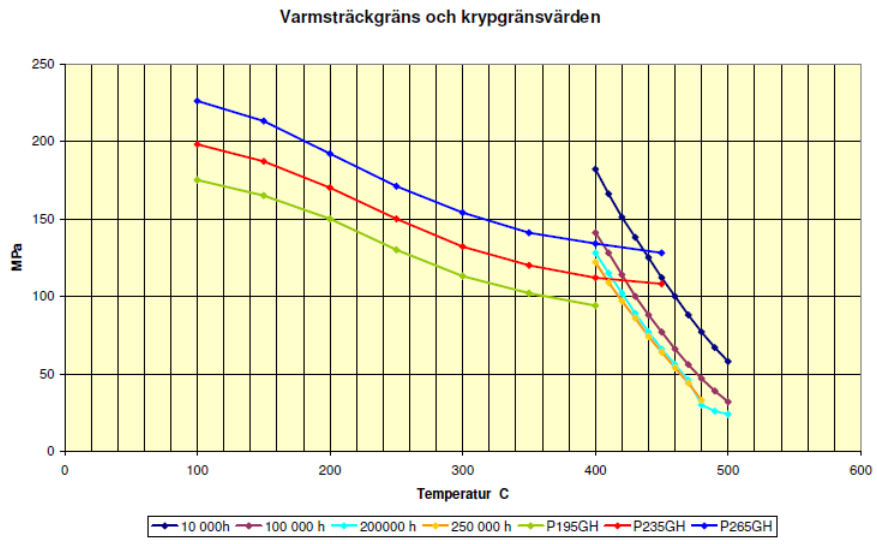
skador som successivt utvecklas i materialet är i form av en ”inre uppruttning”, det bildas felställen som dislokationer, kaviteter, porositeter , sprickbildningar mm, som gör att materialet allteftersom förlorar sin hållfasthet.

För bedömning av livslängden vid konstruktion av pannkomponenter finns ett antal standarder som underlag. Även Föreskriften (AFS 2016:1) fokuserar på de långsiktiga skador som materialkrypningen med tiden kan ge upphov till, se Bilaga 3.

2 Materialsammansättningen och dess inverkan på stålets hållfasthetsegenskaper

Materialsammansättningen hos stålet har stor betydelse för krypegenskaperna och man legerar stålet på olika sätt för att förbättra högtemperaturhållfastheten. Stålets grundstruktur har också stor betydelse, vilket innebär att generellt sett så har austenitiska rostfria stål bättre högtemperaturegenskaper (hållfasthet och duktilitet) än ferritiska stål av typen kolstål (som t.ex. P265GH) eller ”låglegerade” varmhållfasta ferritiska stål med krom, molybden och ibland också t.ex. niob eller vanadin, t.ex. 13CrMo 4 5 eller 14MoV6 3. Materialens egenskaper vid temperaturer lägre än gränstemperaturen framgår av respektive del av EN 10216, t.ex.SS-EN 10216-2 för varmhållfasta ferritiska stål och SS-EN 10216-5 för rostfria stål. Materialegenskaperna vid temperaturer högre än gränstemperaturen hittar man i Annex A till nämnda materialstandarder.

Gränstemperaturen är den temperatur, vid vilken kurvorna för krypvärdena korsar kurvorna för varmsträckgränsvärdena. Gränstemperaturen avskiljer det lägre temperaturområde, där materialkrypning inte anses ha någon påverkan på materialets hållfasthetsegenskaper. Vid temperaturer högre än gränstemperaturen så måste man räkna med att det med tiden uppstår krypskador, vilka efter en tid leder till materialskador eller sammanbrott av den utsatta tryckkärlsdelen. Gränstemperaturen är dessutom både spänningsberoende och materialberoende.



Under gränstemperaturen sjunker materialhållfastheten, räknad som sträckgränsen, ganska långsamt med ökande temperatur, medan över gränstemperaturen är såväl temperaturberoendet som spänningsberoendet mycket kraftigt och driftstiden till brott minskar drastiskt med ökande temperatur eller ökande spänning. Dimensionerar man en överhettare eller en ångledning för drift vid högre temperatur brukar man i allmän numera räkna med att anläggningen skall hålla för 200.000 timmars drifttid (d.v.s. ca 23 år) vid kontinuerlig drift. Äldre anläggningar kunde vara räknade för 100.000 timmar, det var det vanliga tidigare. På senare år har det börjat komma fram beräkningsvärden för 250 000 timmars drifttid. Efter det att den utmätta tiden passerats brukar anläggningarna ändå drivas vidare, men under noggrann tillsyn och mer omfattande kontrollåtgärder.

Om beräkningstemperaturen är lägre än gränstemperaturen brukar man säga att det inte föreligger någon risk för krypskador, men det finns två invändningar för anläggningar, där beräkningstemperaturen ligger strax under gränstemperaturen.
1: Om en anläggning fortsätter att användas tillräckligt länge kan den komma i konflikt med hypotetiska krypvärdeskurvor för längre tid än 250 000 timmar (28 år).
2: Om det finns svetsar eller geometriska diskontinuiteter i materialet, så kan kryphållfastheten för dessa vara betydligt sämre än för det ostörda materialet.

Man har alltid spänningskoncentrationer vid ojämna svetsrågar, vid stutsar och vid hål i den i övrigt ostörda mantelytan. Beräkningsvärdena för kryphållfasthet är baserade på släta, osvetsade dragprovstavar och man tar hänsyn till nämnda avvikelser dels genom att man applicerar kända eller uppskattade spänningkoncentrationsfaktorer samt genom att man applicerar en allmän säkerhetsfaktor på beräkningarna. För anläggningar som avses användas även vid temperaturer strax under gränstemperaturen är det dock långtifrån alltid man vid konstruktionen av dem har tagit hänsyn till risken för att särskilt högt belastade ställen, som otillräckligt förstärkta hål vid stutsar eller anvisningar vid svetsar, mycket lokalt kan komma att komma upp i det för krypning kritiska området. Börjar det sedan bildas små lokala krypsprickor på dessa särskilt påkända ställen, så kommer de att snabbt försämra situationen, eftersom spänningskoncentrationen vid dessa sprickors sprickspetsar kommer att vara betydligt högre än de ursprungliga defekternas spänningsförhöjande inverkan.

Som framgår av diagrammen i Bilaga 1 är krypprocessen alltså både starkt spänningsberoende (kurvorna lutar kraftigt) och starkt temperaturberoende (kurvorna för de successivt ökande temperaturerna ligger farligt nära varandra).

→ Eftersom sprickbildningen genom krypning är starkt spänningsberoende innebär detta att sprickbildningshastigheten accelererar starkt så fort som de första initialsprickorna har bildats.

Effekten av temperaturberoendet kan man se på en konstruktion där olika delelement har olika temperatur, t.ex. mellan de enskilda tuberna i en överhettare. Om man konstruerar en överhettare och försöker räkna fram temperaturen på den utgående ångan finns många faktorer att ta hänsyn till:

→ Ångflödet varierar mellan olika skärmar och om överhettarlådorna är matade från bägge sidor får man en zon i mitten med störd ångströmning. Lägre ånghastighet i dessa tuber gör att temperaturen på den utgående ångan kan vara åtskilliga grader högre än för övriga skärmar i överhettaren.

→ Den yttre tuben i varje tubskärm är utsatt för betydligt högre värmebelastning, såväl genom strålning som genom konvektion, än de inre mer skyddade tuberna i skärmen. Detta gäller speciellt nedre böjar och tubsträckan närmast utloppet genom taket.

→ Förekomsten av fukt i ångan kan medföra avsättningar vid t.ex. nedre böjar, så att dels de nedre böjarna utsätts för extra övertemperatur, dels att det avsätter sig så mycket invändiga saltbeläggningar att ångflödet påverkas. Invändiga saltbeläggningar kan medföra betydande och svåråtgärdade skador på överhettartuberna. Fukt i ångan är inte heller bra för turbinen.

→ Materialtemperaturen hos de värmebelastade överhettartuberna inne i eldstaden är också betydligt högre än temperaturen på ångan i dem.

Man kan följaktligen inte använda utgående ångtemperatur som enda parameter att bedöma pannan efter, man måste komplettera med temperaturmätning av de tuber som man antar kommer att producera den högsta ångtemperaturen. Termoelementen placeras lämpligen på tubytan strax under samlingsådan uppe i ”doghouse”. Eftersom tuberna inte är värmebelastade här får man sedan addera ett temperaturtillägg för att få en uppskattning av hur hög temperaturen verkligen är i de mest värmeutsatta delarna av eldstaden. Vanligen är detta temperaturtillägg 35-50^{o} i en sodapannas överhettare, men det är inte fel att göra en beräkning istället för att använda ett schablonvärde.

3 Svetsning och kryphållfastheten hos utförda svetsar

Svetsarna utgör en svaghetszon för konstruktioner utsatta för krypdeformation. Problemen är dels att man kan få spänningskoncentrationer ifall svetsarna är ojämnt utförda, dels att svetsgodset och den värmepåverkade zonen i grundmaterialet kanske inte får samma kryphållfasthet som grundmaterialet.

Förekomsten av geometriska avvikelser hos svetsar utgör en svaghet, som i större utsträckning än för konstruktioner beräknade mot varmsträckgränsen kan leda till förtida brott. När man konstruerar med ett duktilt stål vid temperaturer under gränstemperaturen är det istället så att ställen med spänningskoncentration tenderar att deformeras plastiskt (”flyta”), och då utjämnas spänningarna. Det är först när materialet är genomplasticerat, som det kan gå till brott. Finns spänningskoncentrationerna kvar efter det att konstruktionen spänningssatts, så kan det däremot uppstå utmattningssprickor på de utsatta ställena. Det förekommer, men det är knappast något större problem i ångpannor av typ sodapannor, som håller långa sammanhängande driftsperioder med små spänningsvariationer under driftsstiden.

Över eller strax under gränstemperaturen däremot kan spänningskoncentrationen leda till för tidiga sprickbildningar. När det väl bildats en liten spricka i det mest spänningsbelastade partiet, så ökar spänningskoncentrationsfaktorn där och spricktillväxthastigheten accelererar tills konstruktionen gått till läckage eller till brott.

Svetsrågar bör därför slipas jämna och alla svetsdiskontinuiteter repareras eller avlägsnas genom ytbehandling. Även TIG-behandling är en möjlig åtgärd. Invändiga defekter som rotfel, porer eller genomrinningar måste undvikas och bör repareras innan den svetsade konstruktionen tas i drift.

Metallurgiskt utgör speciellt svetsar mellan material med olika sammansättning en risk. Om man skall svetsa samman material med olika kromhalt, så kan det medföra en svaghetszon som kallas PFZ, ”precipitation free zone”. Det innebär att kolet vid smältgränsen vandrat över till den sida, som har den högsta kromhalten och att det intill bildas en tunn zon utan de karbider, som är nödvändiga för att upprätthålla materialets varmhållfasthetsegenskaper. Man får en tunn spricka genom den utskiljningsfria zonen och svetsen delar sig, så att m an kan identifiera smältgränsens utseende i brottytorna.

4 Övriga geometriska svaghetspunkter, som rörböjar, stutsar, dimensionsförändringar mm.

Rörböjar är utsatta för spänningar på insidan av böjen. Är böjen snäv så får det betydelse, varför rörböjar gärna bör tillverkas av ett utgångsmaterial med lite högre godstjocklek. Gör man det bör man tänka på att göra övergången mellan det tjockare godset i rörböjen och anslutande rakrör så jämn som möjligt. Rörböjens utsida är dubbelkrökt och faktiskt starkare, trots att den oftast blir tunnare än godset i det rakrör man utgått ifrån. Rörböjens baksida däremot blir som en sadelpunkt, korsningen mellan en konkav och en konvex yta. Det är därför som det är rörböjens insida/baksida som är mest utsatt för spänningar. Får man dessutom spänningar som böljar fram och tillbaka allteftersom temperaturen i ledningen växlar mellan drift och driftsstillestånd, så kan kombinationen av krypning och utmattning leda till en ännu kortare tid till brott.

Stutsar och tubinfästningar är en annan risk, där avstickaren kan råka ut för böjspänningar beroende på temperaturspänningar i den anslutande ledningen. Hela infästningen kan bli skev med böjspänningar som följd. Med inte alltför tjocka gods i ledningarna kan böjspänningarna bli höga, kanske inte så mycket i rakrören, men mer i rörböjar, stutsar och vid insvetsade stöd och fenor. Replikaprovningen och spricksökningen (med företrädesvis magnetpulver) bör därför koncentraras så långt som möjligt till sådana ställen, eftersom de är de mest utsatta.

Om man har hög ångtemperatur och överhettarpaneler, där tuberna är dragna genom trånga öppningar i taket, så bör man vara uppmärksam på takgenomföringarna, eftersom man riskerar att få en kombination av krypning och utmattningspåkänning, som kan bidra till tubbrott i genomföringen.

När man summerar delskador, så samverkar krypning och utmattning till att ge oproportionerligt korta tider till brott, så ställen som dels håller hög temperatur och dels samtidigt är utsatta för pulserande spänningar är särskilt utsatta för att uppvisa tidiga skador.

5 Uppföljning, återkommande kontroll

En uppfläkning av ångledningen är katastrofal för all personal i sodahuset och måste till varje pris undvikas.

Materialkrypning är en långsamt smygande process och ingenting man normalt märker av under det inledande skedet av en anläggnings möjliga livslängd. Med åren måste man dock successivt skärpa kontrollerna och särskilt när man närmar sig den sista tredjedelen av anläggningens beräknade tillåtna driftstid bör återkommande spricksökning av utsatta delar göras. För en ångledning innebär det t.ex. vid dimensionsändringar, vid svetsar till ventiler i ledningen eller svetsar till avstickare, termometerfickor eller liknande geometriska diskontinuiteter. Även rörböjarnas innerradie är särskilt utsatta och bör uppmärksammas.

Ångledningen avisoleras i sin helhet och spricksöks på alla misstänkta ställen. Enbart uppmätning av dimensionsökningen på särskilda kontrollställen kan ge viss vägledning, men alla ostörda raksträckor är mindre utsatta än övriga delar av ledningen och att koncentrera sig på dimensionsmätning av raksträckor gör det visserligen lätt att räkna på livslängden, men är fortfarande gravt missvisande vad avser ledningens kondition som riskobjekt.

Ofta gör man så att när ångledningens utmätta tid uppnåtts, så kan man fortsätta användningen av den, men under noggranna och ofta återkommande kontroller. Anledningen är den variation i materialets krypegenskaper som det har på grund av svårfångade avvikelser i legeringssammansättning, värmebehandling och övrig historia. Beräkningsvärdena är ju uträknade utan hänsynstagande till att man måste fånga upp den variationen, så i genomsnitt håller materialet betydligt bättre än beräkningsvärdena antyder, samtidigt som man egentligen måste gardera sig mot de exemplar som visar upp den sämsta beständigheten. Noggrann uppföljning över tid av lokal temperatur och lokalt ångtryck kan därför ge underlag för att motivera en ytterligare förlängd driftstid.

I leveransprovningen till material för överhettare och ångledningar ingår inte (och finns inte att tillgripa) någon krypprovning, och dessutom så är den inneboende variationen hos möjliga spänningskoncentrationer och variationer i materialegenskaperna en tillkommande osäkerhetsfaktor.

För att kompensera för den inte obetydliga variationen i krypegenskaperna hos de enskilda materialchargerna så ska de tillsammans med inverkan från okompenserade spänningskoncentrationer tas upp av den pålagda säkerhetsfaktorn. En svaghet med dimensioneringen av en anläggnings kryphållfasthet är att man använder krypbrottgränsvärden som utgör medelvärdet av de värden som framkommer vid provningen. Det gör att man måste räkna med en variation hos krypbrottgränsen hos materialstandardens tabellvärden med +/- 20%. Den säkerhetsfaktor man har valt för beräkningarna, $S_f = 1{,}25$ talar därför för sig själv.

Man kompenserar för detta genom att rekommendera uppföljande provningar och kontroller. Det är därför av yttersta vikt att man följer utvecklingen av krypskadorna i ledningen redan under den från början utmätta tiden, för att undvika obehagliga överraskningar mot slutet av ledningens beräknade livslängd. Uppföljning av äldre ledningar görs också med replikmetod för att i tid upptäcka mikroskopiska krypskador i materialet innan dessa har hunnit leda till upptäckbara sprickbildningar. Replikuppföljningarna måste dock kompletteras med noggrann spricksökning, eftersom replikorna normalt tas på raksträckor, medan eventuella allvarliga skador uppträder där man har spänningskoncentrationer. Dessa undersökningar bör överlåtas till ett kvalificerat kontrollorgan med särskild kompetens för området.

Ångledningar beräknade för krypning bör dessutom förläggas så att de vid eventuellt förekommande skador på dem ger upphov till så begränsade sekundärskador som möjligt. T.ex. att de dras i speciella kulvertar och inte fritt i lokaler där personal har anledning att uppehålla sig.

6 Särskilda rekommendationer beträffande sodapannans olika delar

6.1 Överhettartuber

Utsatta delar av överhettarna är dels de sista nederböjarna, dels utloppsdelarna av tuberna närmast under taket. I nederböjarna är ångtemperaturen lägre, men värmebelastningen högre, högre upp är ångan varmare, men läget mer skyddat mot strålning. Aktuella svetsar som kan bli utsatta är främst mellan nålarnas nedre böjar och raktuberna.

Även påsvetsade fenor löper stor risk för krypsprickor. Det som inträffat är att man med hänsyn till korrosionsrisken gjort fenorna i nickelbaslegering. Problemet är bara att nickelbaslegeringen har betydligt högre affinitet till kolet i legeringen och det är de findispersa karbiderna som konstituerar materialets kryphållfasthet. Det uppstår en kolutarmad zon, antingen i den värmepåverkade zonen (”HAZ”) på tubsidan eller i svetsgodset och den kolutarmade zonen (precipitate free zone, PFZ) har betydligt lägre kryphållfasthet än intilliggande material. Man får en knivskarp inre spricka som följer smältgränsen och som återger smältgränsens topografi.

6.2 Överhettarens samlingslådor

Överhettarens samlingslådor och utgående ångledning är de konstruktionselement i pannan som är utsatta för den högsta ångtemperaturen. Däremot är de belägna utanför eldstaden, så de är inte värmebelastade.

Överhettarlådorna riskerar dels deformation, dels sprickbildning i tubinsvetsningarna. Den delen av överhettarlådan som utgör det nedåtriktade tubborrade partiet riskerar att tubhålen blir ovala. Runt tubhålen får man en spänningskoncentrationsfaktor på tubhålets sida som

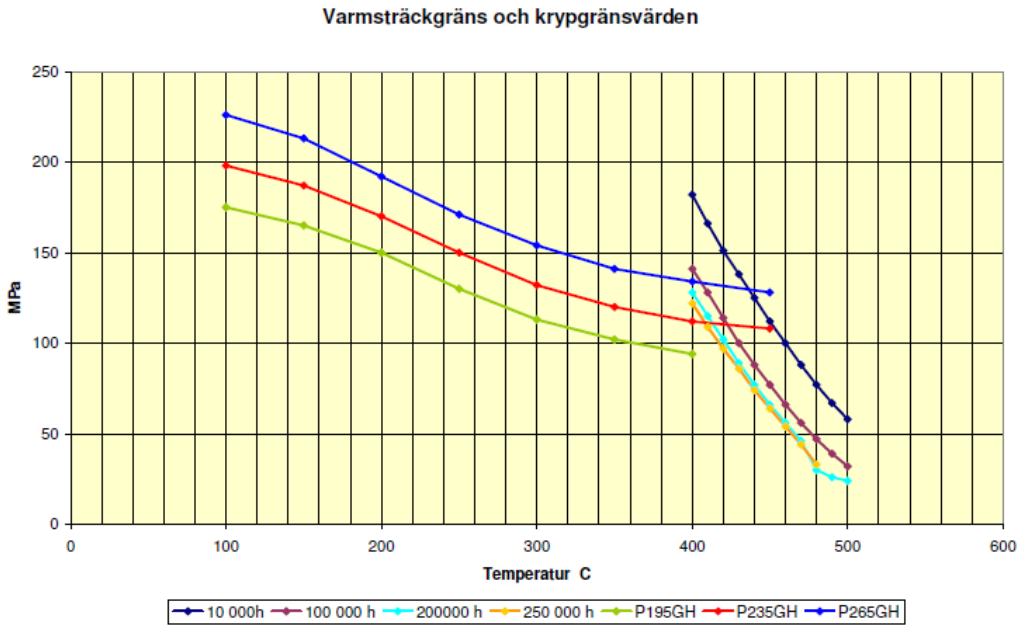
teoretiskt sett för oförstärkta hål är $\eta = 2,0$, dvs spänningen i tubhålet blir dubbelt så hög som spänningen i tubplåten runtomkring i den aktuella spänningsriktningen. Med en rad av närliggande tubhål blir den maximala spänningskoncentration ännu högre, samtidigt motverkas detta av att tubhålen förstärks, genom att anslutande tuber eller stutsar tar upp det mesta av spänningarna.

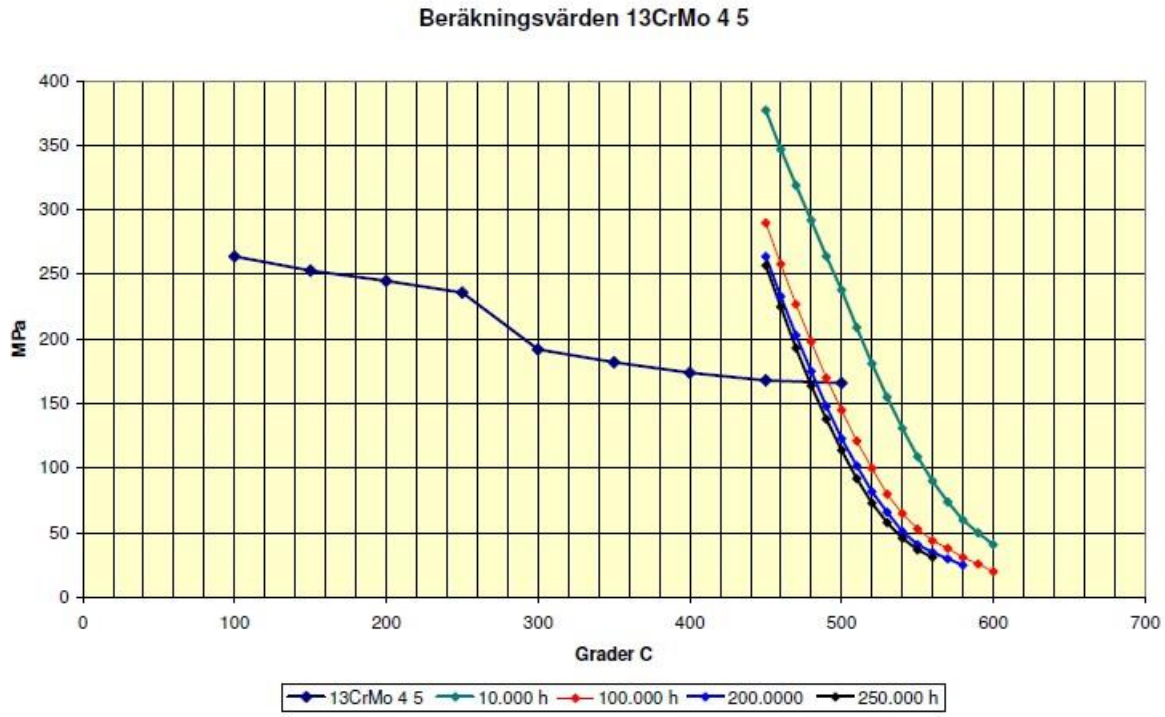
6.3 Ångledningar

För ångledningar är det främst rörböjar, T-stycken, byxningar och liknande som kan orsaka problem. Rörstöden är viktiga, dels överför de krafter på rörledningen, dels håller de rörledningen inom förutbestämda gränser. Rörstöd som lossnar kan bli orsak till skador på andra ställen av rörledningen.

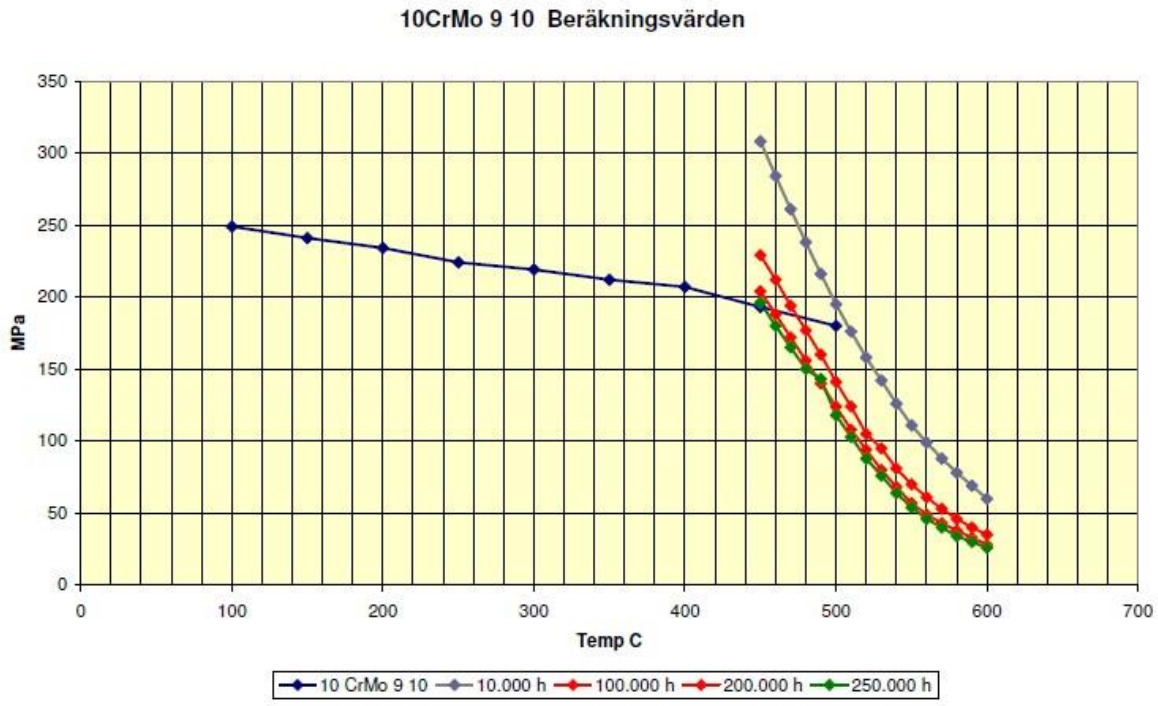
Bilaga 1: Beräkningsvärden för stål vid förhöjd temperatur:

Beräkningsvärden: P195GH, P235GH, P265GH. Krypvärden endast för P235GH och P265GH.





Beräkningsvärden för varmhållfast stål typ 13 CrMo 4 5



Beräkningsvärden för stål 10CrMo 9 10

Bilaga 2: Litteraturreferenser

Värmeforsk rapporter (författare Jan Storesund):

766. Rekommendationer för optimering av svetsreparationer i kryppåkända ångsystem
885. Handbok för livslängdsarbete med energianläggningar; utgåva 2
980. Creep properties and simulation of weld repaired low alloy heat resistant CrMo and Mo steels at 540ºC
1025. Cyklisk drift av kraftvärmeverk
779. Utvärdering av krypskadeutveckling med replikmetoden
978. Oväntade krypskador och/eller haverier orsakade av krypmekanismer under gränstemperaturen
1024. Livslängdsbedömning och reparation av blandsvetsskarvar, etapp 2
1027. Creep properties and simulation of weld repaired low alloy heat resistant CrMo and Mo steels at 540°C
1032. Stöd vid besiktning av anläggningar avseende krypning under gränstemperaturen

Handbok för livslängdsarbete med energianläggningar. Energiforsk rapport 2015:150

Bilaga 3 Utdrag ur AFS 2016 -1, Tryckbärande anordningar

2.2.3 b: Hållfasthet

Hållfastheten hos den aktuella tryckbärande anordningen ska fastställas genom lämpliga konstruktionsberäkningar.
Speciellt gäller följande:
beräkningstrycket får inte vara lägre än det högsta tillåtna trycket, och hänsyn ska tas till fluidens statiska och dynamiska tryck liksom sönderfall av instabila fluider. Då en behållare består av olika, åtskilda rum under trycket, ska skiljeväggarna vara konstruerade med beaktande av det högsta möjliga tryck som kan förekomma i ett rum och det lägsta möjliga tryck som kan förekomma i rummet bredvid.
- beräkningstemperaturerna ska innefatta tillräckliga säkerhetsmarginaler.
- vid dimensioneringen ska alla möjliga kombinationer av temperatur och tryck som kan uppkomma under rimligen förutsägbara driftsförhållanden noga beaktas.
- de maximala spänningarna och spänningskoncentrationerna ska hållas inom säkra gränser.
- dimensioneringen mot inneslutet tryck ska baseras på tillförlitliga värden på materialegenskaperna som är grundade på klart bevisade data, med beaktande av bestämmelserna i punkt 4 liksom av tillräckliga säkerhetsfaktorer. De materialegenskaper som ska beaktas innefattar beroende på omständigheterna
- sträckgränsen, 0,2 %, eller 1,0 %-förlängningsgränsen vid beräkningstemperaturen,
- draghållfastheten,
- hållfastheten som funktion av tiden, dvs. kryphållfastheten,
- uppgifter om utmattningshållfastheten,
- youngs modul (elasticitetsmodulen),
- den nödvändiga plastiska formändringsförmågan,
- energi vid slagprovning,
- brottsegheten.
- lämpliga förbandsfaktorer ska tillämpas på materialegenskaperna beroende på t.ex. typen av oförstörande provning, materialegenskaperna i förbandet och de avsedda driftsförhållandena.
- vid dimensioneringen ska särskilt beaktas samtliga skademekanismer som rimligen kan förutses, (i synnerhet korrosion, krypning, utmattning), och som motsvarar den användning som anordningen är avsedd för. De instruktioner som avses i punkt 3.4 ska fästa uppmärksamheten på sådana konstruktionsförutsättningar som är avgörande för anordningens livslängd såsom

för krypning: det teoretiska antalet driftstimmar vid specificerade temperaturer,
- för utmattning: det teoretiska antalet cykler vid angivna spänningsnivåer,
- för korrosion: teoretiskt valt korrosionstillägg.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr D6
Utgåva 2, april 2023
(Hänvisningar till AFS reviderade september 2025)

Fortlöpande tillsyn och journalföring.

Denna rekommendation syftar till att extrahera de delar av Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2023:11 (Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning), vilken behandlar fortlöpande tillsyn och journalföring med tillämpning på sodapannor. AFS 2023:11 ersätter den tidigare AFS 2017:3 ”Användning och kontroll av tryckbärande anordningar”. Ändringar i AFS 2023:11 gällande fr.o.m. 2025-01-01 finns förtecknade i AFS 2024:4.

Föreskriften innehåller därutöver en hel del föreskrifter som gäller andra tillämpningar och andra anläggningar, t.ex. cisterner, brandsläckare eller gasflaskor, och som därför inte är aktuella att tillämpa för sodapannor.

Arbetsmiljöverkets Föreskrift AFS 2023:1 specificerar i 9 kap. 9:e och 10:e paragrafen, att arbetsgivaren utarbetar särskilda rutiner för fortlöpande tillsyn och särskilda krav på journalföring för tryckbärande anordning. Sodapannor hänförs till klass A enligt föreskriftens uppdelning i 9 kap. § 29 och omfattas därför av föreskriftens krav fullt ut. Främst är det 9 kap. § 38 om journalföring som en del av rutinerna för fortlöpande tillsyn samt 9 kap. § 39 om journal över anläggningens beräknade återstående livslängd.

Eftersom sodapanna drivs med ständig övervakning behöver man inte heller tillämpa de delar av Föreskriften som gäller för pannor och andra anläggningar med periodisk övervakning. De delarna är ändå inte tillämpliga för ständig övervakning, eftersom de delarna handlar om den periodiska övervakningens utformning.

Hänvisningar

Nu gällande föreskrifter

AFS 2023:11, Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning.

AFS 2024:4, Om ändringar i AFS 2023:11.

Indragna föreskrifter

AFS 2001:1, Systematiskt Arbetsmiljöarbete (rev. AFS 2008:15)

AFS 2006:4, Användning av arbetsutrustning (rev. AFS 2020:4)

AFS 2016:1, Tryckbärande anordningar

AFS 2017:3, Användning och kontroll av trycksatta anordningar (rev. AFS 2022:2)

Standarder

SS-EN 12952-18: Driftsinstruktioner

Rekommendationer

F1, Övervakning av sodahusanläggningar

D5. Högtemperaturdeformation av överhettare mm i sodapannor

Rapporter

Tryckkontroll vid återkommande besiktning/revisionsbesiktning

(Sodahuskommittén, rapport 2007-2)

Innehållsförteckning

Fortlöpande tillsyn och journalföring.....1

Hänvisningar.....1

1 Föreskrifter för journalföring och fortlöpande tillsyn. 3

2 Allmänt om Föreskriftens krav.....4

3 Rekommendationer för fortlöpande tillsyn 4

4 Rekommendationer för journalföringen.....5

5 Rekommendationer avs. återstående livslängd. 5

5.1 Journalföring 5
5.2 Allmänt om rökgassidig korrosion av kolstålstuber i sodapannans eldstad.....5
5.3 Vattensidig korrosionsutmattning. 6
5.4 Korrosionsskador på kompoundtubernas rostfria skikt.....6
5.5 Högtemperaturkrypning. 6
5.6 Åldring eller annat fenomen som inskränker den användbara livslängden. 8
5.7 Invändiga beläggningar. 8
5.8 Övriga skador 9
5.9 Märkning 9

6 Dokumentation efter reparationer och ombyggnader.....9

7 Praktiska aspekter 9

7.1 Praktisk utformning av journalsystemet.....10

1 Föreskrifter för journalföring och fortlöpande tillsyn.

Föreskriftens (AFS 2023:11) krav på fortlöpande tillsyn är (för sodapannor):
9 kap. § 10: Behov av rutiner för fortlöpande tillsyn.
(Innebörden av paragrafen är att sådana rutiner skall finnas för sodapannor)

9 kap.§ 9 : *För att få vara trycksatta måste trycksatta anordningar med tillhörande säkerhetsutrustning regelbundet undersökas med fortlöpande tillsyn. Undersökningen ska ge underlag för arbetsgivarens bedömning av om den Trycksatta anordningen och eventuell säkerhetsutrustning har skadats eller på annat sätt försämrats.*

Den fortlöpande tillsynen ska minst omfatta tillsyn av att
1. anordningen fungerar tillfredsställande,
2. inga otätheter har uppkommit,
3. anordningen eller säkerhetsutrustningen inte har utsatts för skadlig yttre eller inre påverkan,
4. inga andra fel eller avvikelser har uppstått,
5. trycksatta anordningar, ventiler och nödstopp är korrekt märkta, och
6. eventuell föreskriven kontroll enligt 9 kap., 5 kap. eller sådan kontroll som avses i 9 kap.§ 4 pkt. 1–2 har utförts.
och:
9 kap.§ 12 *Arbetsgivaren ska tilldela en fysisk person arbetsuppgiften att planera och samordna arbeten när trycksatta anordningar i klass A eller B monteras, installeras, demonteras, rengörs, får service och underhåll, samt kontrolleras. Denna person ska se till att det upprättas en skriftlig instruktion för arbetet enligt bilaga B, kapitel B 2.1 till Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2006:4/AFS 2020:4) om användning av arbetsutrustning.*

9 kap.§ 36: *Arbetsgivaren ska se till att det förs en förteckning över alla trycksatta anordningar i klass A och B som finns på de arbetsställen som arbetsgivaren råder över.*

9 kap. § 38: *En arbetsgivare som låter en trycksatt anordning i klass A eller B vara trycksatt ska se till att det finns dokumenterade rutiner för fortlöpande tillsyn av anordningen och dess eventuella säkerhetsutrustning.*

Av rutinerna enligt första stycket ska det framgå hur arbetsgivaren säkerställer att kraven i 9 kap.§ 9 pkt. 1–6 följs. Arbetsgivaren ska regelbundet och minst en gång per år utvärdera och vid behov revidera rutinerna för fortlöpande tillsyn. Arbetsgivaren ska ge en fysisk person uppgiften att se till att den fortlöpande tillsynen genomförs och dokumenteras enligt den upprättade rutinen. (forts.)

9 kap.§ 39: *Arbetsgivaren ska till stöd för den fortlöpande tillsynen se till att det förs en journal som visar den återstående livslängden för trycksatta anordningar i klass A eller B som har en begränsad livslängd. Om de delar som en anordning består av har olika livslängd ska journalen beskriva de olika delarna separat.*

En anordning som undantas från krav på revisionskontroll i 9 kap.§ 4 och för vilken det av journalen följer att livslängden enligt bruksanvisningen har uppnåtts, får fortsättningsvis bara vara trycksatt om arbetsgivaren genomfört en analys som visar att anordningen har en förlängd livslängd och dokumenterat analysen i journalen.

Allmänna råd: *Exempel på information som tillverkaren ofta lämnar i bruksanvisningen angående en anordnings livslängd är*
– för krypning: antalet driftstimmar vid specificerade temperaturer,
– för utmattning: antalet cykler vid specificerade trycknivåer, eller
– för allmän korrosion: väggtjocklek.

2 Allmänt om Föreskriftens krav.

- Arbetsgivaren skall föra en journal som förtecknar samtliga tryckbärande anordningar klass A resp. B, d.v.s. sodapannan inklusive kringutrustning. Förteckningen bör innehålla väsentliga karakteristika för anordningen samt bör göras anteckningar om resultatet av den fortlöpande tillsynen, tillsynsintervall, resultat av återkommande kontroll/revisionskontroll och gällande kontrollintervall.
- Arbetsgivaren ska ge en (någon) fysisk person uppgiften att se till att den fortlöpande tillsynen genomförs och journalförs. De ingående arbetsuppgifterna kan sedan delegeras.
- Enligt 9 kap. § 38 skall det för detta finnas utarbetade skriftliga rutiner för hur den fortlöpande tillsynen skall utföras och vad den minst skall omfatta. Arbetsgivaren ska dessutom vid behov eller minst en gång per år se över att rutinerna för fortlöpande tillsyn är uppdaterade.
- Gjorda iakttagelser om eventuella fel och avvikelser skall antecknas i en därför avsedd journal.
- ***I journalen bör förtecknas:***
  - vad som iakttagits enligt 9 kap. § 9, pkt 1-4.
  - vad det har för säkerhetsmässig betydelse.
  - hur eventuella avvikelser har åtgärdats.
  - uppgift enl. 9 kap. § 9 pkt 6 om kontrollorgan kontaktats och vilket beslut de har tagit.
  - eventuella återkopplingar mot den framtida driften.
  - utredningar, protokoll, kontrollrapporter m.m. som initieras som ett resultat av den fortlöpande tillsynen arkiveras separat med anteckning därom i journalen.
- ***Till objekt med begränsad livslängd räknas utrustningar som är utsatta för***
  - Korrosion, erosion eller nötning.
  - Utmattningspåkänning.
  - Högtemperaturkrypning.
  - Åldring eller annat fenomen som inskränker den användbara livslängden.
  - Invändiga beläggningar.

3 Rekommendationer för fortlöpande tillsyn

- För den regelbundet återkommande ronderingen skall för varje tryckbärande anordning i förteckningen över de tryckbärande anordningarna upprättas en instruktion med kontroll-punkter.
- Till tillsynen räknas också det man upptäcker med syn och hörsel när man befinner sig i anläggningen medan den är i drift.

- Funktionen av vakter , ventiler och övrig utrustning, vilka är av betydelse för anläggningens ostörda drift, följs under drift och kontrolleras i samband med avställning av anläggningen, under nedeldningen eller vid motsvarande lämpligt tillfälle.

4 Rekommendationer för journalföringen

- I journalen antecknas gjorda iakttagelser av betydelse för pannans fortsatta säkerhet och driftstillgänglighet. Hit hör även kontrollrapporter, mätprotokoll, utredningar och riskanalyser och liknande samt underlag som kan ha betydelse för en framtida bedömning av den återstående livslängden.
- Vid risk för materialkrypning journalför man framförallt ångtemperaturens utveckling.
- Om man bedömer att det finns risk för utmattningsskador bevakas och journalförs t.ex. återkommande större tryckvariationer (tryckstötar) samt listas förekommande nedeldningar/driftstillestånd.
- Till journalen fogas tillämpliga tillverkningsdokument, som konstruktions- och svetsritningar, materialintyg, provningsprotokoll och liknande. Journalen kan därför komma att innehålla både dokument och rapporter på papper, som löpande anteckningar (t.ex. från den dagliga tillsynen) gjorda i datorn.
- Även utförd löpande tillsyn, vilken ej föranlett anmärkningar bör journalföras.
- Journalen bör också innehålla en sökbar löpande förteckning över gjorda anteckningar och sparade dokument. Det är upp till det enskilda bruket att organisera den praktiska hanteringen av dokumentationen, både dokumenten och journalanteckningarna i datorn, så att man i efterhand kan dels se vad som utförts men framförallt också framgent ha underlag för framtida ingrepp i pannan.

5 Rekommendationer avs. återstående livslängd.

5.1 Journalföring

- Arbetsgivaren ska till stöd för den fortlöpande tillsynen journalföra de beräkningar, mätprotokoll, kontrollrapporter och andra iakttagelser som hänför sig till den beräknade återstående livslängden eller som i övrigt kan påverka anläggningens fortsatta säkerhet.
- Om de delar som en anordning består av har olika livslängd ska journalen beskriva de olika delarna separat.
- Om den förutbestämda livslängden för pannan eller del därav, t.ex. överhettare eller ångledning, har uppnåtts får den ej längre brukas. Om anläggningsägaren kan visa genom en utredning och riskanalys att den ändå kan användas även sedan den förutbestämda livslängden förlupit kan kontrollorganet medge förlängt driftsintervall ***(9 kap.§ 39)***.

5.2 Allmänt om rökgassidig korrosion av kolstålstuber i sodapannans eldstad

- En första mätning bör också göras redan före idrifttagandet, så att man redan vid första återkommande besiktning kan skaffa sig en uppfattning om hur allvarlig eventuellt förekommande korrosion egentligen är.
- Tjockleksmätningar med avseende på korrosion av berörda delar utförs normalt årligen.
- Beräkningar görs av bilden av den allmänna korrosionen utifrån kontrollorganens och inspektionsföretagens mätrapporter och redovisas beträffande antagen återstående tid till

tubbyte samt som underlag för kontrollorganens godkännande för instundande kontrollintervall.

- Tjockleksmätningarna bedöms individuellt mot meddelande D3 och med hänsyn till längden av instundande kontrollintervall.
- Protokoll över tjockleksmätningar mm från de återkommande kontrollerna sparas tillsammans med övriga rapporter och utredningar från Kontrollorgan, konsultrapporter mm.

5.3 Vattensidig korrosionsutmattning.

- Korrosionsutmattning på vattensidan förekommer dels i domar och liknande, dels i eldstadens tuber. Förutsättningarna för att kunna hantera den här sprickbildningen är betydligt sämre i tuberna, där man inte kommer åt att undersöka och reparera dem från vattensidan.
- Den mest förekommande mekanismen för vattensidig korrosionsutmattning i pannor finns beskriven i Rapport till Sodahuskommittén 2007:2.
- Det går inte att lämna sprickor som de är och tro att det reder sig till nästa gång. Man måste räkna med att om man lämnar nedslipningar, så måste man räkna med att tiden till lokalt tubbyte eller motsvarande åtgärd är avsevärt förkortad, d.v.s. proportionsvis betydligt kortare än den tid det förflutit för att utveckla den skada man åtgärdat.
- Vid tubbyte bör man överväga att gå upp i materialdimension.
- Även om man svetsreparerat till full godstjocklek måste man räkna med att svetsreparationen utgör ett svaghetsställe och att man kan räkna med att skadorna ofta kommer tillbaka på samma ställe. Särskild inspektion av eldstaden med avseende på vattensidig sprickbildning hos eldstadstuberna bör göras när ett större antal upp- och nedeldningar har uppnåtts.

5.4 Korrosionsskador på kompoundtubernas rostfria skikt.

- Eventuell förekomst av spänningskorrosion hos kompoundtuberna bevakas enligt Kontrollorganets bedömning i samband med de återkommande kontrollerna.
- Allmänkorrosion på kompoundtubskiktet kan förekomma. Som oftast kan man se ytojämnheter som dragrepor etc från tillverkningen, vilket tolkas som att ingen märkbar korrosion förekommer.
- Kan man inte direkt se att tuberna är okorroderade bör kompoundskiktets tjocklek återkommande kontrollmätas. Om återstående tjocklek på kompoundskiktet är mindre än ½ mm måste speciella tillsatsmaterial användas vid svetsreparation, som kompenserar för uppsmältning av det underliggande ferritiska stålet.

5.5 Högtemperaturkrypning.

- Överhettartuber, överhettarnas samlingslådor och ångledningar för överhettad ånga kan förutses successivt bli utsatta för skador och deformation p.g.a högtemperaturkrypning efter en viss längre driftstid vid temperaturer över den s.k. gränstemperaturen. Dessa skador begränsar anläggningens tillåtna driftstid.

- Gränstemperaturen är den temperatur över vilken högtemperaturkrypning börjar få praktisk betydelse. Gränstemperaturen bestäms med utgångspunkt från materialval och beräkningsspänning och med hänsyn till eventuella spänningskoncentrationer.
- När temperaturen är nära eller strax under gränstemperaturen anses risken för krypsprickor störst vid spänningskoncentrationer, t.ex. vid övergången till svetsrågar. Den annorlunda mikrostrukturen i den värmepåverkade zonen kan också utgöra en svaghet, som kan komma i dagen även om svetsrågen slipats till jämn yta.
- Vid tillräckligt låg ångtemperatur i förhållande till materialens gränstemperatur behöver man inte befara att måttliga temperaturavvikelser skall behöva medföra krypskador. Samtidigt kan fortfarande i samband med t.ex. torrkokning farligt höga temperaturer på kort tid orsaka allvarliga skador.
- Krypegenskaperna är starkt temperaturberoende och när krypskador kan befaras kan även kortvariga temperaturförhöjningar orsaka problem. Journal bör därför föras över hur materialtemperaturen varierar med tiden. Det är särskilt viktigt att de högsta temperaturerna blir väl redovisade.
- Journalföringen av ångtemperaturen för bedömning av högtemperaturkrypning är för sodapannor närmast aktuellt för överhettare och ångledningar, där beräkningstemperaturen ligger över eller som mest strax under den s.k. gränstemperaturen.
- Dels noterar man vad den normala drifttemperaturen är i förhållande till konstruktionstemperaturen (högsta tillåtna temperatur), dels noterar man temperatur och varaktighet för ångtemperaturer högre än högsta tillåtna temperatur.
- Särskild bevakning av eventuell materialkrypning rekommenderas för alla anläggningar där den beräknade ångtemperaturen närmar sig eller överstiger den gränstemperatur för materialkrypning som beräknas för en enskild konstruktionsdel, som t.ex. överhettartuber eller utgående ångledning.
- Krypskador kan emellertid också inträffa vid svetsar och där man har spänningskoncentrationer även för temperaturer strax under den beräknade gränstemperaturen.
- Kan man visa på att det inte föreligger risk för krypdeformation vid normal drift av anläggningen kan omfattningen av tillsyn och journalföring anpassas därefter.
- Om pannägaren kan visa att anläggningen har så beskedliga ångdata och tillräckligt kort planerad återstående driftstid att uppkomsten av krypskador kan uteslutas kan man anpassa ambitionen för att bevaka uppkomsten av krypskador.
- Krypskador kan emellertid också uppstå även vid mer måttliga ångtemperaturer om anläggningen har använts betydligt längre tid än vad som avsågs när den togs i drift. Om pannägaren då kan visa med en utredning och en riskanalys att det ändå inte föreligger någon risk med fortsatt drift och att det ännu inte uppstått några väsentliga skador, så kan Kontrollorganet medge en fortsatt driftstid ***(9 kap.§ 39)***.
- Vid pannproblem som gett upphov till högre temperaturer än som förutsatts måste anläggningens status beträffande krypning och högtemperaturdeformation kontrolleras, oaktat att man tidigare visat att sådana skador inte kunde förväntas vid en normal drift.
- Befarar man uppkomsten av krypdeformationsskador bör man överväga att före pannans idrifttagande kontrollmäta kritiska dimensioner för konstruktionselement som kan tänkas bli utsatta, så att man kan göra meningsfulla jämförelser senare under anläggningens livslängd. Nollmätning av tubdiametrar är ett exempel på mått som kan användas vid

bedömning av en skadad anläggning eller efter lång driftstid. Samtidigt måste hänsyn tas till att tubdiametern visserligen kan ha ökat genom materialkrypning, men samtidigt ha minskat något genom korrosion. Förekomsten av eventuell svällning kan också iakttas intill tubinfästninger eller rundskarvar.

- Vid krypskador med uppmätta deformationer (tubsvällning) över 1 % bör man överväga ett nära förestående tubbyte och uppmätta deformationer runt 2% eller mer kräver omedelbara åtgärder. Dock skall man komma ihåg att så små deformationer kan vara svåra att mäta säkert, särskilt om tuberna samtidigt är utsatta för materialavgång genom korrosion.
- Uppföljning av krypskador och bedömning av anordningens återstående möjliga driftstid bör överlåtas till på området särskilt kompetenta personer och organisationer.
- Särskild uppmärksamhet bör ägnas ångledningarna från pannan, eftersom brott på ångledningarna inne i sodahuset, om ett sådant skulle ske, utgör en mycket allvarlig personfara.

5.6 Åldring eller annat fenomen som inskränker den användbara livslängden.

- Om man vid de återkommande inspektionerna noterar särskilt gropig korrosion eller dimensionsökningar på överhettartuber bör tubprover tas ut för metallurgisk undersökning. Vid kraftig överbäring kan brinnande kolhaltiga beläggningar på tuberna ge upphov till uppkolning av tubmaterialet.

5.7 Invändiga beläggningar.

- Här tar man regelbundet (normalt årligen efter några första års drift) ut tubprover för undersökning på metallurgiskt laboratorium. När och hur ofta tubprover behöver tas ut beror på pannvattnets renhet och på förekomsten av eventuellt kraftigt värmebelastade väggpartier.
- Gjorda pannvattenanalyser bör journalföras, gärna så att man betraktar enskilda föroreningar och andra motsvarande parametrar var för sig.
- Uppföljning och undersökning beträffande invändiga beläggningar i eldstadstuberna bör uppdras åt särskilt utbildad personal och institutioner. Likaså kemisk rengöring är ett arbete som bör förbehållas specialister.
- Skulle man vid tjockleksmätning upptäcka att tuberna är illa korroderade på vattensidan på starkt värmebelastade ytor, kan tjocka invändiga beläggningar och hetvattenoxidation misstänkas. Porösa beläggningar i hårt värmebelastade eldstadstuber kan ge upphov till allvarliga korrosionsangrepp under beläggningen på tubernas insida.
- Skadorna föranleder ofta omfattande tubbyten, men föranleder också en översyn av pannans matarvattenkvalitet. Pannans vattenkemi har stor betydelse för uppkomsten av dessa skador, varför förekomsten av hårdhet och fritt alkali i pannvattnet bör bevakas vid vattenanalyserna.
- Ofta är det tydlig skillnad mellan ganska djupt korroderade och helt okorroderade partier. Förekomsten av sådan korrosion (s.k. hetvattenoxidation) upptäcks normalt vid de ordinarie tjockleksmätningarna. Rutinmässigt bör därför prover tas av korroderat tubmaterial i de mest värmebelastade zonerna och undersökas på laboratorium.
- Undersökningsrapporterna sorteras tillsammans med Kontrollorganens rapporter. Omfattningen av hur ofta och hur många prover som kan vara befogade avgörs utifrån en

bedömning av pannvattnets renhet och den lokala graden av värmebelastning.

5.8 Övriga skador

- Förekomsten av övriga skador, t.ex. uppkomna skador från spettning eller annan rengöring bör beaktas. De får bedömas från fall till fall.
- Säkerhetsventiler på ångdomen utgör en särskild säkerhetsrisk om de inte fungerar tillförlitligt. Stänger de inte som de ska riskerar utgående delar av överhettaren och framförallt ångledningen att bli kraftigt överhettad.

5.9 Märkning

- Vad beträffar kravet på korrekt märkning bör det tolkas så att iakttagelse om eventuell avvikelse åtgärdas utan onödig tidsutdräkt, samt att anteckning om eventuell avvikelse införs i journalen.

6 Dokumentation efter reparationer och ombyggnader

- För tryckkärl som omfattas av kraven i AFS 2023:5 (tidigare AFS 2016:1), Tryckbärande anordningar, är det värdefullt om anläggningsägaren sparar all föreskriven officiell dokumentation avseende konstruktion, materialval, svetsmetoder, utförda reparationer och ombyggnader.
- Normalt åligger det det utförande företaget att spara detta material under minst 10 år, men bruket bör ha en egen dokumentation för att ha kontroll över materialet. För det egna företaget bör därför bevakas att materialet är tillgängligt under anläggningens hela livstid. Detta gäller särskilt konstruktionsritningar och materialintyg och liknande dokument, eftersom de kan komma att krävas vid senare svetsreparationer.

  Hit hör t.ex.:

- Konstruktionsritningar
- Konstruktionsberäkningar
- Svetsritningar
- Svetsande företags behörighet.
- Svetslicenser (dokumentation över svetsares behörighet).
- Materialintyg för använda material och tillsatsmaterial.

7 Praktiska aspekter

Omfattning och frekvens för den regelbundna tillsynen är inte närmare definierat i föreskriften, kravet är att det skall ske regelbundet, vilket torde innebära att tillsynen utförs med bestämda tidsintervall. Daglig rondering ger information om t.ex. ångläckor, vattenspill, oljespill, missljud, eventuellt grövre vibrationer mm, plus annan information, t.ex. om det råder oordning någonstans, eller om något annat som har säkerhetsmässig betydelse behöver åtgärdas. Iakttagelser enligt föreskriftens uppräkning skall införas i journalen, övrigt vid behov enligt arbetsgivarens bedömning.

Det bör bevakas att alla utrymningsvägar hålls i gott skick och fria från ansamlat material.

Kravet på att den ständiga tillsynen av anordningen skall omfatta även dess funktion kan bli lite mer arbetskrävande om det inbegriper t.ex. funktionen hos ventiler, sotblåsare etc., vilka inte manövreras/brukas kontinuerligt. Exempel på detta är vakter och ventiler, vilka i så fall

måste provas särskilt genom att de manövreras, vilket kan påverka den ostörda driften negativt. Ett extremt exempel på detta är rutinen för provning av utrustningen för snabbtömning av pannan, men omfattar egentligen alla vakter och ventiler som mest finns i bakgrunden under ordinarie drift, men som måste fungera när de väl skall tas i anspråk. Viss annan utrustning, som t.ex. ventiler till den diskontinuerliga bottenblåsningen kontrollas enligt särskilt schema, där omfattningen av kontrollen vägs emot den eventuella säkerhetsmässiga betydelse som utrustningen har.

För överskådlighetens skull bör något datorbaserat system för journalen utformas, så att man inte enbart dagligen skriver ned iakttagelserna manuellt i en årsalmanacka. Med ett datorbaserat system kan sökrutiner i journalen utvecklas, så att man söker på enskilda fenomen, särskilda utrustningar eller andra sökbegrepp.

Det bör noteras att uppföljningen av de ovan nämnda skademekanismerna i huvudsak bara kan ske i samband med den återkommande kontroll som utförs av ett Kontrollorgan, varför journalen kommer att inskränka sig till referenser till de rapporter och protokoll som då framkommer.

Det bör noteras att för att bedöma utvecklingen av en riskfaktor, främst korrosionen, kan det behövas att man kontrollerar och journalför godstjockleken i berörda delar redan från tidpunkten före första idrifttagandet (s.k.nollmätning), även om problemen och riskerna är något som blir till ett problem först efter åtskilliga års ostörd drift. För objekt utsatta för krypdeformation är ytterdiametern ett motsvarande mått, där man med fördel kan ta fram mätvärden redan innan anläggningen tas i drift.

7.1 Praktisk utformning av journalsystemet

Journalsystemet bör vara upplagt för att tillfredsställa flera olika behov:
Här märks:

- **Förteckning över besiktningspliktiga tryckkärl.**

Den är ett krav för att tillgodose Kontrollorganens behov av överblick.

Förteckningen bör innehålla allmänna data som registreringsbeteckning, högsta tillåtna tryck- och temperatur, kapacitet eller liknande, länkar till aktuella besiktningsprotokoll och beslut, anteckning om senast utförda och närmast instundande besiktningstillfälle.

- **Förteckning över samtliga enheter som ingår i fabrikens schema för fortlöpande tillsyn och egenkontroll.**

Materialet bör kunna indelas efter tillsynsintervall, avdelning, gemensamma egenskaper (t.ex. alla pumpar för sig, alla ventiler för sig, etc.), men också att man kan t.ex. få ut allt om en enskild komponent. Registret bör innehålla både besiktningspliktiga och icke besiktningspliktiga komponenter, t.ex. system för lutsprutorna eller lösartank/löprännor. I en tillsyns-/inspektionsrond kan ju både besiktningspliktiga och icke specifikt besiktningspliktiga enheter ingå.

- **Exempel på dokument som bör finnas åtkomliga genom systemet:**

Inköpsdokument som kan ha betydelse vid framtida reparationer och underhåll.

- Ritningar
- Tillverkningsdokument
- Ritningar (svets- och övriga).

- Provningsrapporter
- Konsultrapporter
- Riskbedömningar/Riskanalyser
- Livslängdsbedömningar
- Utfärdade arbetsorder
- Utförda arbetsorder
- Instruktioner för fortlöpande tillsyn.
- Anteckningar från utförd fortlöpande tillsyn
- Flödesscheman, rörritningar,
- Ansvar och ansvarsfördelning
- Lista över behöriga operatörer med tillhörande information om behörigheter, kompetenser, samt utgångsdatum för dessa.

Protokoll från:

- Första kontroll/klassning (A, B, ej klassad).
- Återkommande kontroll
- Revisionskontroll
- Övriga iakttagelser och noteringar.

- **Övriga synpunkter:**

En kontrollrapport eller en konsultrapport kan omfatta flera besiktningspliktiga respektive icke besiktningspliktiga komponenter. För att underlätta dokumentationen och tillfredsställa dokumentationskraven bör inkomna rapporter vara tydligt uppdelade, så att för varje enhet relevanta delar kan arkiveras separat. Det finns utarbetade underhållssystem att tillgå på marknaden, vilket kan vara en möjlig lösning på en egentligen rätt omöjlig uppgift.

Dokumentationen kan vara både i digital form och i pappersform, varvid systemet länkar till de digitala dokumenten och anger fysiskt lagringsställe för pappersdokumenten.

Ovanstående uppräkning får ses som en listning av egenskaper/information som kan efterfrågas av olika enheter, som kontrollorgan, underhållsavdelningen, driftsledningen, ekonomiavdelningen. Ett heltäckande system kan förväntas bli dels omfattande, dels tillkrånglat och ta oskäligt lång tid att få på plats.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr E 1
Utgåva 7, mars 2025

Utbildning och behörighetscertifiering av sodahusoperatörer

I industrins alltmer komplicerade och dyrbara produktionsanläggningar erfordras hög kompetens hos den drifttekniska personalen för att optimal produktion skall upprätthållas samtidigt som de allt högre ställda säkerhets- och miljökraven skall uppfyllas. Detta gäller inte minst i massaindustrin och dess sodahusanläggningar.

Myndigheternas kompetenskrav när det gäller driftspersonal i pannanläggningar framgår av AFS 2023:11, vari bl.a. föreskrivs att anläggningen skall övervakas och skötas av personal, som fått erforderlig utbildning och praktik. Beträffande arbetsgivarens skyldigheter föreskrivs i 3 kap. 3§ arbetsmiljölagen, AFS 2023:1 samt Miljöbalken att denne skall förvissa sig om att ”arbetstagaren har den utbildning som behövs samt vetskap om vad som skall iakttas för att undgå riskerna i arbetet”.

Både från arbetsgivar- och arbetstagarhåll finns behovet av en enhetlig och kvalificerad utbildning av sodahusoperatörer och att denna utbildning tillsammans med arbetspraktik skall leda till en personlig behörighet, som medger att självständigt ansvara för sodapanndrift. Sodahuskommittén har därför, med bred förankring hos berörda parter, låtit utarbeta följande rekommendationer för utbildning och behörighetscertifiering av sodahusoperatörer.

Hänvisningar

Föreskrifter

Arbetsmiljölagen Kap 3, 3§
AFS 2023:1
AFS 2023:11

Standard

Rekommendationer

Innehåll

1 Behörighetscertifiering ... 3
1.1 Grundläggande teoretiska kunskaper ... 3
1.2 Utbildning för den specifika pannan ... 3
2 Utbildningens huvudman och styrgrupp ... 3
3 Utbildningens utformning ... 4
3.1 Teoretisk utbildning ... 4
3.2 Praktik ... 5
4 Utbildningens teoretiska innehåll ... 5
4.1 Etapp 1 (omfattar ca 32 timmar teori) ... 5
4.2 Etapp 2 (omfattar ca 32 timmar teori) ... 5
4.3 Etapp 3 (omfattar ca 25 timmar teori + 3h studiebesök) ... 6
4.4 Etapp 4 (omfattar ca 32 timmar teori) ... 7
4.5 Generellt beträffande etapperna ... 8
5 Sodahuskommitténs Certifikat för Sodahusdrift ... 8
5.1 Utfärdande av certifikat ... 8
5.2 Certifikatets giltighetstid ... 8
6 Upprätthållande av kompetens ... 9
7 Uppdatering av certifikat ... 9
7.1 Administration och genomförande ... 9
7.2 Perioder för kunskapstest avseende uppdatering av certifikat ... 9
7.3 Omfattning ... 9

1 Behörighetscertifiering

För att självständigt ansvara för övervakning av panndrift krävs:

- Kunskapskrav enligt AFS 2023:11, Bilaga 8

För att ansvara för övervakning av sodapanna krävs dessutom enligt Sodahuskommitténs rekommendation:

- Sodahuskommitténs certifikat för Sodahusdrift. Certifikat gäller i 7 år.

De krav som ställs på arbetsgivaren angående sodahusoperatörers kompetens och uppdrag finns angivna i AFS 2023:11, kap 10, 30 – 32 §§, 34 §.

Erforderlig utbildning för sodahusoperatör kan kortfattat beskrivas enligt nedan:

1.1 Grundläggande teoretiska kunskaper

- SHK:s grundutbildning för Sodahusoperatörer omfattar 4 deletapper, se kapitel 4. Utbildningen inbegriper även de kunskapskrav som krävs enligt AFS 2023:11, bilaga 8.
- Kunskapsprov för sodahuscertifikat genomförs efter varje deletapp.
- Sodahuskommitténs certifikat utfärdas av Sodahuskommittén sedan villkor enligt 5.1 är uppfyllda. Sodahuscertifikat är giltigt i 7 år, därefter måste nytt teoretiskt prov avläggas.

1.2 Utbildning för den specifika pannan

- Skall ske genom respektive medlemsbruks försorg.

Det åligger respektive medlemsbruk att ha program och rutiner för att operatörer skall upprätthålla sin kompetens mellan tidpunkter för förnyelse av certifikaten.

2 Utbildningens huvudman och styrgrupp

Arbetsgivaren har ansvar för att sodahusoperatörerna är utbildade och behörigen certifierade. För certifieringsutbildning har Sodahuskommittén åtagit sig att verka som styrgrupp för kursverksamheten och för att utfärda behörighetscertifikat efter genomgången godkänd utbildning. För att säkerställa kvalité och inriktning av utbildningen utser vidare Sodahuskommittén lämplig huvudman för genomförandet av certifieringsutbildningen.

Huvudmannen skall ansvara för administration, lärararanskaffning, kursutveckling samt genomförande av kurserna, inbegripet kunskapsprov. Huvudmannen administrerar och utfärdar alla certifikat för sodahusdrift på Sodahuskommitténs uppdrag. Det åligger huvudmannen att till kurserna knyta lärare med hög kompetens och pedagogisk skicklighet.

3 Utbildningens utformning

3.1 Teoretisk utbildning

3.1.1 Komplettering av baskunskaper (ej obligatoriska)

För att operatörer helt skall kunna tillägna sig innehållet i nedanstående kurser fordras att deras kunskaper i matematik, fysik och kemi ligger på en nivå som motsvarar treårig teknisk gymnasieutbildning.

Det förutsätts att erforderlig komplettering av kunskaperna i ovannämnda ämnen sker genom arbetsgivarens försorg.

3.1.2 Delkurser för sodahusoperatörer (obligatoriska)

De fyra nedanstående etapperna omfattar vardera ca 32 timmars undervisning, plus hemarbete som ska utföras mellan etapperna. Kursinnehållet framgår av kapitel 4.

Huvudmoment:

Etapp 1: Sulfatfabrikens grunder. Process- och produktionsekonomi, miljöteknik samt hur man jobbar med ett projekt.

Etapp 2: Olika panntyper och energisystem, energiteknik, Sodapannans konstruktion och funktion, Matarvattenteknik samt förbränningsteknik. Styr- och reglerteknik. Delredovisning av projektarbete.

Etapp 3: Regelverk, Säkerhetssystem, Material och skador i Sodapannor. Styr- och reglerteknik och studiebesök samt delredovisning av projektarbetet

Etapp 4: Säkerhet i sodahus. Projektredovisning. Styr- och reglerteknik

Projekt: För att skapa direkt nytta av utbildningen och ännu mer koppling till det egna befattningsområdet ska operatören tillsammans med sin chef ta fram ett projekt/fall att jobba med under utbildningstiden.
Ett projekt väljs ut innan kursstart och tas med till första etappen där man presenterar vad som skall utföras. Projektet bör vara av sådan art att operatören tvingas ta hjälp av andra resurser (driftingenjör, lab., underhåll, leverantörer m.fl.) för att lösa uppgiften. Omfattningen bör inte vara större än att man kan utföra arbetet på ca 10-20 dagar.
Om möjligt utförs arbetet med fördel tillsammans med kollega/kollegor som också går utbildningen.
Projektarbetet fortgår mellan etapperna.
Arbetet och resultatet redovisas för Sodahuskommitténs Utbildningsgrupp vid sista etappen.

3.1.3 Kunskapsprov

Varje enskild deletapp avslutas med kunskapsprov. Se för övrigt 4.5.2.

3.2 Praktik

3.2.1 För att påbörja utbildningen krävs minst 6 månaders arbetspraktik i sodahuset.

3.2.2 För erhållande av behörighetscertifikat krävs, förutom godkänd teoretisk utbildning, minst 2 års arbetspraktik i sodahuset, varav minst 1 år skall avse relativt självständig driftövervakning tillsammans med - eller under överseende av - ansvarig operatör.

3.2.3 Ett obligatoriskt praktikinslag är uppstart och nedeldning av sodapanna. Praktikintyg utfärdas av driftansvarig chef hos arbetsgivaren.

4 Utbildningens teoretiska innehåll

4.1 Etapp 1 (omfattar ca 32 timmar teori)

4.1.1 Sulfatfabrikens grunder

En genomgång av hela sulfatfabrikens processavsnitt från fiberlinje till återvinningen. Sodapannans betydelse för hela fabrikens kemikalie- och energibalans. Kursdeltagarna presenterar ”sin” fabrik.

4.1.2 Process- och produktionsekonomi

Grundläggande process- och produktionsekonomi för en ökad förståelse. Vad är mängdkostnader och vad är fasta kostnader? Hur påverkas ekonomin av hur fabriken körs?

4.1.3 Miljöteknik

Grundläggande kunskaper om vilka utsläpp till luft och vatten som kan förekomma från en Sulfatfabrik, samt hur dessa minimeras. Genomgång av de tillstånd och villkor som normalt gäller. En stor del av ämnet ska genomföras som hemarbete för att sedan kunna diskuteras under Etapp 1.

4.1.4 Genomgång hur projektarbetet ska genomföras

- Val av projektarbete
- Skapa en projektplan
- Kontaktperson för projektarbetet på bruket

4.2 Etapp 2 (omfattar ca 32 timmar teori)

4.2.1 Panntyper, Energisystem, Cirkulationsprinciper

- Olika panntyper
- Systemuppbyggnad olika energisystem
- Cirkulationsprinciper i pannor och energisystem
- Sodapannans grundläggande konstruktion

4.2.2 Energiteknik

- Grundläggande ångtekniska begrepp, storheter och enheter
- Ångtekniska beräkningar

- Värmebelastning i sodapannans olika delar
- Energi och effekt

4.2.3 Matarvatten/Pannvatten

- Föroreningar i vatten
- Beläggningar och korrosion i vatten- och ångsystem
- Matarvattenberedning
- Kvalitetskrav på Spädvatten, matarvatten, pannvatten och ånga

4.2.4 Förbränningsteknik i Sodapannor

Förbränningslärans grunder (torkning, pyrolys, förgasning och förbränning). Svartlutens kemiska och fysikaliska egenskaper.

- Eldningsteknik
- Optimering av smältans reduktionsgrad och termiska verkningsgrad
- Luft-bränsleförhållandet i olika förbränningszoner
- Tillgänglighetsstörningar

4.2.5 Styr- och reglerteknik

Avsnittet avser att ge kursdeltagaren kännedom om processens dynamik och reglerkretsens funktion med inriktning på regleroptimering enligt SSG 5253.

- Styrsystemet
- Reglerkretsen
- Komponenter
- Förreglingar
- Tillämpningsövningar i simuleringsprogram

4.2.6 Delredovisning projektarbete

- Redovisning projektplan
- Delredovisning projektarbete

4.3 Etapp 3 (omfattar ca 25 timmar teori + 3h studiebesök)

4.3.1 Svenska Regelverket

Genomgång av vilka lagar, regler och normer som gäller för panndrift i allmänhet och Sodapanndrift i synnerhet:

- Arbetsmiljölagen
- AFS 2023:11, AFS 2023:5

4.3.2 Säkerhetssystem

- Krav på säkerhetssystem
- Riskanalys och SIL-klassning

- Sodapannors säkerhetssystem

4.3.3 Material och Skador

- Kännedom om olika material
- Materialval i Sodapannor
- Skador i sodapannor
- Besiktningsrapport

4.3.4 Styr- och reglerteknik

- Reglerprocessen
- Processens egenskaper
- Flödesschema
- Reglerkopplingar (kaskad, kvot)
- PID-regulatorn
- Tillämpningsövningar i simuleringsprogram

4.3.5 Studiebesök 3h

- Studiebesök i Sodahus på närliggande bruk

4.3.6 Delredovisning projektarbete

4.4 Etapp 4 (omfattar ca 32 timmar teori)

4.4.1 Säkerhet – fakta

- Genomgång av kritiska och farliga situationer i sodahuset
- Genomgång av Sodahuskommitténs rekommendationer
- Sodapannans säkerhetssystem
- Aktuella skadefall inrapporterade till SHK skadegrupp

4.4.2 Säkerhet – problemlösning

- Diskussioner av praktikfall i grupper med aktivt användande av Sodahuskommitténs rekommendationer
- Gruppredovisningar med gemensam diskussion och avslutande sammanfattning.

4.4.3 Projektredovisning

- Slutredovisning av genomfört projektarbete

4.4.4 Styr- och reglerteknik

- Felsökning
- Repetition

4.5 Generellt beträffande etapperna

4.5.1 Miljö

Yttre och inre miljö skall tas upp i sitt naturliga sammanhang i varje kursavsnitt.

4.5.2 Kunskapsprov

Varje etapp skall avslutas med ett kunskapsprov. Tidplan för genomförande av kunskapsprov:

- Huvudmannen skickar ut prov senast 2 veckor efter etappens sista utbildningsdag.
- Proven skickas per post till brukens kontaktpersoner.
- Kursdeltagarna skall genomföra proven enskilt enligt anvisningar i utskicket.
- Proven skall skickas tillbaka till huvudmannen senast 4 veckor senare, vilket alltså innebär senast 6 veckor efter genomförd etapp.
- Huvudmannen rättar proven och meddelar resultat senast 2 veckor senare, dvs senast 8 veckor efter genomförd etapp.

För att denna tidplan skall fungera åligger det bruken att planera in tidpunkt för genomförande av kunskapsproven i god tid. Med stöd av tidplanen kan bruken planera dag för kunskapsprov redan i samband med anmälan till utbildningen då tidpunkter för respektive etapp är fastställd.

Underkänns kunskapsprovet efter genomgången etapp, bör provet få göras om upp till två gånger.

Underkänns även det andra omprovet, skall utbildningens huvudman avgöra huruvida det är godtagbart eller meningsfullt med ytterligare prov eller om särskild handlingsplan behöver upprättas.

5 Sodahuskommitténs Certifikat för Sodahusdrift

5.1 Utfärdande av certifikat

Sodahuskommittén har uppdragit till huvudmannen att utfärda certifikat när följande krav är uppfyllda:

- Samtliga etapper genomförda med godkända prov
- Projektarbete godkänt
- Arbetat med Sodahusdrift i två år
- Deltagit vid minst ett stopp och en uppstart av Sodapanna, intygas av arbetsgivaren

5.2 Certifikatets giltighetstid

Certifikat som utfärdas av Sodahuskommittén har sista giltighetsdatum 20XX-12-31, 7 år efter utfärdandet

Certifikatet är giltigt i 7 år. Nytt teoretiskt test måste genomföras före sista giltighetsdatum, se kap 7.

6 Upprätthållande av kompetens

Sodahuskommittén rekommenderar att arbetsstället har ett eget program som säkerställer att kompetensen bibehålls och utvecklas mellan tidpunkterna då certifikatet skall uppdateras genom teoretiskt kunskapsprov enl. kap 7.

7 Uppdatering av certifikat

Personligt certifikat utfärdat av Sodahuskommittén avseende behörighet att självständigt leda och ansvara för sodapannedrift skall genom teoretiskt kunskapstest uppdateras vart 7:e år.

7.1 Administration och genomförande

Sodahuskommittén har uppdragit till huvudmannen att ansvara för registerhållning av certifikat. Certifieringsutbildningens huvudman meddelar arbetsgivarna i september månad vilka personer vars certifikat skall uppdateras genom teoretiskt kunskapstest nästkommande år.

Certifieringsutbildningens huvudman tillhandahåller ett webbaserat teoretiskt kunskapstest som genomförs enskilt hos arbetsgivaren under arbetsgivarens övervakning.

7.2 Perioder för kunskapstest avseende uppdatering av certifikat

7.2.1 Testperiod januari – mars

Anmälningsperiod	september föregående år
Kunskapstest	januari – mars
Senast tid för godkänd	sista december

7.3 Omfattning

7.3.1 Kunskapstestets utformning

Kunskapstestet omfattar 3 avsnitt:

- Funktion och konstruktion
- Förbränningsteknik
- Säkerhet

7.3.2 Nivåer för godkänt och metoder för att uppnå godkänt

7.3.2.1 Funktion och konstruktion

≥ 75 %	Godkänd
< 75%	Självstudier teori, därefter nytt kunskapstest

7.3.2.2 Förbränningsteknik

≥ 75 %	Godkänd
<75%	Självstudier teori, därefter nytt kunskapstest

7.3.2.3 Säkerhet

≥ 85 %	Godkänd
< 85 %	Självstudier teori, därefter nytt kunskapstest

7.3.3 Handlingsplan för att uppnå godkänd nivå

Arbetsgivaren ansvarar för att handlingsplan upprättas för person som ej klarat godkänd nivå vid teoretiskt kunskapstest för uppdatering av certifikat. Målet med handlingsplanen är utbildningsinsats för att uppnå godkänd nivå enligt 7.3.2 inom den tidsram som beskrivs i 7.2.1.

Certifieringsutbildningens huvudman bistår i upprättandet av enskild handlingsplan genom anvisningar om vilka avsnitt som behövs repeteras inför omprov.

7.3.4 Certifikatets förnyande

Certifikat skall förnyas med nytt godkänt kunskapsprov före certifikatets utgångsdatum.

Huvudmannen meddelar arbetsgivare och operatör i god tid före certifikats upphörande så att förnyad utbildning och certifiering hinner utföras.

7.3.5 Tidsram för återupprättande av certifikatet

Certifikat kan återta sin giltighet inom ett år efter förlorad giltighet genom förfarandet som beskrivs i kap 7.3.3, dvs självstudier och därefter erlagt godkänt kunskapstest. Operatör utan giltigt certifikat är ej behörig att köra pannan.

Därefter krävs ny utbildning enligt kap 3-4. Undantag från tidsramen kan göras om särskilda skäl anges. De angivna skälen skall bedömas av SHK:s styrelse.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr F 1
Utgåva 2, augusti 2018

Övervakning av sodahusanläggningar

Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2002:1 om användning av trycksatta anordningar ersätts från 1 december 2017 med Arbetsmiljöverkets föreskrifter om användning och kontroll av trycksatta anordningar AFS 2017:3.
Denna rekommendation, F1_2_2017, innehåller noteringar om väsentliga ändringar i föreskriften, samt förtydliganden och tolkningar av nämnda föreskrift i fråga om övervakning av sodahusanläggningar.
I rekommendationen lämnar SHK även en sammanställning över vissa övriga viktiga instruktioner, som kan behövas för att uppnå och vidmakthålla en säker arbetsmiljö i anläggningen. Utgåva 2 av F 1 ersätter tidigare utgåvor av rekommendation F 1 och F 2 som därmed utgår.

Hänvisningar

Föreskrifter
AFS 2017:3

Standard

Rekommendationer
SHK rekommendation B 5, B 6, B 8, B 18, C1, E1

Sodahuskommittén, 169 99 Stockholm
Tel: +46-(0)10 505 00 00 info@sodahuskommitten.se www.sodahuskomitten.se Org.nr 802402-2165

Innehåll

1 De viktigaste förändringarna i ny föreskrift AFS 2017:3 3

2 Definition av begrepp 3
2.1 Anläggning 3
2.2 Operatör 3

3 Övervakning av sodahusdrift 4
3.1 Ständig driftövervakning 4
3.2 Säkerhetsrelaterade larm 4
3.3 Instruktioner för säkerhetsrelaterade larm 4

4 Säkerhetssystem 5

5 Övriga viktiga instruktioner för en sodahusanläggning. 5
5.1 Dokumentation 5
5.2 Ansvarsdelegering, befattningsbeskrivningar 5
5.3 Ensamarbete 5
5.4 Personlig skyddsutrustning 5
5.5 Sodahuslarm, utrymning av sodahuset, närvarokontroll 5
5.6 Tillfälliga besökare i sodahuset 5
5.7 Åtgärder efter smälta-vattenexplosion 5
5.8 Användning av hissar 5
5.9 Start och stopp 6
5.10 Nödnedeldning och snabbtömning 6
5.11 Driftövervakning 6
5.12 Fortlöpande tillsyn 6
5.13 Överlämnande av övervakningsansvar 6
5.14 Skiftavlösning 6

6 Driftpersonalens arbetsuppgifter och kompetens 6
6.1 Arbetsuppgifter 6
6.2 Kompetens 7
6.2.1 Vidmakthållande av kompetens 7
6.3 Ensamarbete 7
6.4 Fortlöpande tillsyn 7

7 Kontroll 7

1 De viktigaste förändringarna i ny föreskrift AFS 2017:3

Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2002:1 om användning av trycksatta anordningar ersätts från 1 december 2017 med Arbetsmiljöverkets föreskrifter om ”användning och kontroll av trycksatta anordningar”, AFS 2017:3.
De viktigaste förändringarna är:

- Besiktning benämns kontroll
- sanktionsavgifter vid överträdelse av vissa föreskrifter
- vid riskbedömning beaktas drifterfarenheter, data om olyckor och tillbud
- anläggningens placering ska underlätta kontroll och underhåll samt minimera konsekvenser vid olyckor
- krav på dokumentation inför reparationer eller ombyggnader
- krav på journaler och dokumenterade rutiner för tillsyn
- installationsbesiktning ersätts med första besiktning för alla tryckbärande anordningar
- möjligt med flexibelt kontrollintervall upp till 4 år
- utrymme för kontrollorgan att bedöma vilken driftperiod och typ av övervakning som ska tillämpas för pannanläggning
- ny kontrollform-Riskanpassad kontroll
- funktionskrav ersätter panntyper
- krav på certifiering av operatörer
- föreskrifter om larm och särskild larmtablå för säkerhetskritiska larm har utgått.

2 Definition av begrepp

2.1 Anläggning

Sodahuskommitténs definition av en sodahusanläggning innebär att en anläggning består, förutom av själva sodahusbyggnaden, av manöverrum, en eller flera sodapannor med tillhörande ekonomiser, elektrofilter och all övrig hjälputrustning såsom fläktar, pumpar etc. Tillsammans bildar detta en integrerad funktionell enhet.

Exempel på sodahusanläggning:

- en sodapanna med närliggande manöverrum räknas som en anläggning.
- två sodapannor i samma hus med närliggande gemensamt manöverrum räknas som en anläggning.
- två sodapannor i skilda hus, med antingen ett närliggande gemensamt manöverrum, eller med skilda manöverrum, räknas som två anläggningar.
- Tre sodapannor i skilda hus, med antingen ett närliggande gemensamt manöverrum, eller med skilda manöverrum, räknas som tre anläggningar.

2.2 Operatör

Ansvarig operatör leder och ansvarar för sodahusdriften samt övervakningen av densamma. Han biträdes av assisterande operatör.
Särskilda krav på yrkeskvalifikationer och certifiering av ansvarig operatör anges i AFS 2017:3, kap.6, §4.

3 Övervakning av sodahusdrift

3.1 Ständig driftövervakning

Föreskrift AFS 2017:3 lämnar utrymme för kontrollorgan att bedöma vilken driftperiod och typ av övervakning som ska tillämpas för pannanläggning.
Sodakommittén rekommenderar för tydlighets skull att sodapannan skall stå under ständig driftövervakning. Ständig driftövervakning innebär i praktiken att ansvarig operatör inte får lämna manöverrummet utan att dessförinnan tillfälligt ha överlämnat driftövervakningen till assisterande operatör.
Den som med ständig övervakning använder en panna ska säkerställa att tillräckligt många pannoperatörer är i tjänst för att utesluta att pannan lämnas utan övervakning när den är i drift, AFS 2017:3, kap. 6, §6.

3.2 Säkerhetsrelaterade larm

Den larmkategori som behandlas i AFS 2017:3 benämns säkerhetsrelaterat larm.
Säkerhetsrelaterat larm definieras i AFS 2017:3 som ”en indikation om en avvikelse från avsedda driftbetingelser som kan påverka säkerheten negativt”. Till sådana larm skall finnas instruktion om åtgärd.
Beträffande övriga larm och varningsindikeringar hänvisas till SHK:s meddelande B 14 (under omarbetning).

3.3 Instruktioner för säkerhetsrelaterade larm

Instruktion vid säkerhetsrelaterat larm skall endast innehålla sådana uppgifter, som på ett snabbt och säkert sätt ger information om vilka åtgärder som skall vidtas efter ett larm.

Säkerhetsinstruktioner skall enligt föreskriften uppvisas för det ackrediterade kontrollorganet vid varje tillfälle de utför föreskriven besiktning av de ingående tryckbärande anordningarna. Sodahuskommittén (SHK) vill särskilt göra den enskilda fabriken uppmärksam på att dessa säkerhetsinstruktioner alltid ska finnas tillgängliga och kunna presenteras för kontrollorganet.

-
- Säkerhetsinstruktioner skall vara skriftliga och finnas samlade, tillgängliga i sodapannans manöverrum. Om säkerhetsinstruktionerna föreligger i digital form skall data vara åtskilda från processtyrsystem och tillgängliga även vid el- och instrumentbortfall.
- Säkerhetsinstruktionerna skall anpassas till brukets egna erfarenheter och vara upprättade med stöd av leverantörernas driftinstruktioner. I dessa instruktioner skall leverantören ge information om sådana åtgärder, som behöver vidtas för att minska riskerna även vid drift och underhåll.
- Säkerhetsinstruktionerna skall innehålla rutinåtgärder efter det att prioriterade farolarm och larm enligt SHK:s rekommendation B 14 aktiverats.
- Säkerhetsinstruktionerna skall innehålla uppgifter om hur provningar av säkerhetssystem och dess förreglingar skall utföras, exempelvis beträffande frekvens, åtgärder och journalföring. Se även SHK:s rekommendation B 6 och B 14.
- Säkerhetsinstruktionerna skall dessutom innehålla detaljerade föreskrifter om hur panndriften på ett säkert sätt kan upprätthållas vid el- och instrumentarbeten under drift.

4 Säkerhetssystem

Uppbyggnad och konstruktion av sodapannans säkerhetssystem behandlas i Sodahuskommitténs rekommendation B18.

5 Övriga viktiga instruktioner för en sodahusanläggning.

Nedan ges exempel på aktiviteter och förhållanden, för vilka instruktioner kan behöva upprättas för att uppnå och vidmakthålla en säker arbetsmiljö i anläggningen.

5.1 Dokumentation

Rutiner för upprätthållande av korrekt och aktuell dokumentation över driftinstruktioner, processutrustning, säkerhetssystem och förreglingar.

5.2 Ansvarsdelegering, befattningsbeskrivningar

Skriftligt dokumenterad delegering skall upprättas där ansvarsområde, arbetsuppgifter och befogenheter ska framgå.

5.3 Ensamarbete

En lista över arbetsuppgifter som får utföras som ensamarbete skall upprättas. Listan skall finnas tillgänglig i manöverrummet.
Detaljerade uppgifter om ensamarbete återfinns i AFS 1982:3.

5.4 Personlig skyddsutrustning

Instruktioner för användning av personlig skyddsutrustning ska upprättas, se SHK:s rekommendation nr B 5.

5.5 Sodahuslarm, utrymning av sodahuset, närvarokontroll

Beskrivning av rutiner för användning av sodahuslarm, utrymning av sodahus, närvarokontroll.

5.6 Tillfälliga besökare i sodahuset

Beskrivning av regler som gäller för anmälningsplikt och närvarokontroll för entreprenörer och personal som vistas i sodahuset.

5.7 Åtgärder efter smälta-vattenexplosion

SHK:s rekommendation nr B 8.

5.8 Användning av hissar

Regler för hissars användning vid olika tillstånd i sodahuset.

5.9 Start och stopp

Rutiner för start och stopp inbegriper:

- checklistor för start och stopp
- instruktion för tryckupptagning
- dräneringslistor vid avställning i kyla.

5.10 Nödnedeldning och snabbtömning

Rutiner för start och stopp inbegriper:

- checklistor och instruktioner för nödnedeldning och snabbtömning.
- rutin för provning av snabbtömningssystem.

5.11 Driftövervakning

Se SHK:s rekommendation C 1.

5.12 Fortlöpande tillsyn

Ansvar och rutiner för regelbundna inspektionsronder i sodahuset som:

- drifttillsyn
- förebyggande underhåll
- provning av instrumentutrustning, säkerhetskretsar
- kontroll av säkerhetsanordningar, nödduschar, ögonduschar
- ordning och reda
- skyddsronder

5.13 Överlämnande av övervakningsansvar

Rutiner för tillfälligt överlämnande av ansvarig operatörs övervakningsansvar till biträdande operatör.

5.14 Skiftavlösning

Rutiner vid skiftavlösning.

6 Driftpersonalens arbetsuppgifter och kompetens

6.1 Arbetsuppgifter

Den ansvarige operatörens huvuduppgift att övervaka driften av sodahusanläggningen, se AFS 2017:3, kap.6, § 6. Denna övervakning sker i huvudsak från manöverrummet.
Operatören får inte utöver detta åläggas sådana arbetsuppgifter, som skulle inskränka hans möjligheter att ha tillfredsställande uppsikt över anläggningen.
Den ansvarige operatören skall ges möjligheter att en gång per skift gå en inspektionsrunda i sodahuset. Vid sådana tillfällen skall assisterande operatör överta driftövervakningen i manöverrummet enligt vedertagen rutin, se p 5.13.

6.2 Kompetens

Arbetsgivaren är skyldig tillse att driftpersonalen har erforderlig kompetens för de arbetsuppgifter som delegerats. Av delegeringen, som bör vara skriftligt dokumenterad, skall ansvarsområde, arbetsuppgifter och befogenheter framgå.
Nya föreskrifter om yrkescertifiering för operatörer träder i kraft med AFS 2017:3. För pannor i ”kategori 1”, dit sodapannor hänförs, börjar bestämmelserna om operatörscertifiering att gälla tre år efter att AFS 2017:3 träder i kraft, (dvs. 1 december 2020). Detta kommer att föranleda översyn av Sodahuskommitténs rekommendation E1.

Tills vidare, angående utbildning och behörighetscertifiering av sodahusoperatörer se SHK:s meddelanden E 1. Ansvarig operatör bör, förutom erforderlig praktik, inneha certifikat över genomgången teoretisk utbildning enligt meddelande E l.
De kompetenskrav som kan ställas på en assisterande operatör, är att denne, förutom teoretisk utbildning, lämpligen enligt meddelande E 1, skall ha genomgått praktisk utbildning på arbetsplatsen, samt ha utbildning i säkerhetssystem för pannan.

6.2.1 Vidmakthållande av kompetens

Aktiviteter för att vidmakthålla operatörs kompetens kan exempelvis omfatta:

- regelbundna genomgångar av sodahusets säkerhetssystem och förreglingar.
- årlig genomgång av sodahusets säkerhetsinstruktioner och övriga instruktioner, riskbedömning och i samband därmed dokumentation av erforderliga ändringar och kompletteringar.
- deltagande i säkerhetsseminarier, SHK:s erfarenhetsträffar o. dyl.
- träning och övningar i simulator.

6.3 Ensamarbete

Vid övervakning av sodapannan skall föreskrifter beträffande ensamarbete följas, se p 5.3.

6.4 Fortlöpande tillsyn

Arbetsgivaren ska se till att det finns dokumenterade rutiner för fortlöpande tillsyn av tryckbärande anordning, här **Sodapannan**, med dess säkerhetsutrustning.
Arbetsgivaren ska delegera till en fysisk person, uppgiften att tillse, att den fortlöpande tillsynen genomförs och dokumenteras enligt den upprättade rutinen.

7 Kontroll

Besiktning benämns ”kontroll” i föreskrift 2017:3.
Beträffande kontroll se ny rekommendation D 2.

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr F 3
Utgåva 1, 2017

Säker avställning

Vid reparation och tillsyn av maskiner och utrustningar är det alltid av största vikt att maskiner, ventiler eller processkärl inte oavsiktligt kan inkopplas eller sättas igång och därmed vålla skador på människor och utrustning.

Denna rekommendation avser att ge vägledning till medlemsföretagen vid upprättande av säkra arbetsrutiner för avställning av maskiner och utrustning med speciellt beaktande av sodahusets förhållanden. Gemensamma instruktioner för säker avställning bör tillämpas inom hela driftsstället (fabriken), men med beaktande av sodahusets speciella förhållanden.

All manövrering för säker avställning och inkoppling av maskiner och processutrustningar som rör, ventiler spjäll mm. skall utföras efter särskilt uppgjord instruktion för ”säker avställning av utrustning” (instruktionen ofta kallad ”Bryt- och Låsinstruktion” eller ”instruktion för förhindrande av farlig start”).
Vid ett fast driftställe har arbetsgivaren (”den som råder över arbetsplatsen”) ansvar för att sådan instruktion upprättas och tillämpas vid arbeten på anläggningen.

Vanligen skiljer sig instruktionerna åt vid olika arbetsplatser men vissa grundläggande säkerhetsaspekter bör alltid beaktas för att reglerna ska ge betryggande säkerhet. Sodahuskommittén har i denna rekommendation samlat viktiga säkerhetsregler som Sodahuskommittén anser alltid bör gälla vid säker avställning och förhindrande av farlig start. För att erbjuda entreprenörer och kringresande servicepersonal så enhetliga regler som möjligt vid olika arbetsplatser uppmanar Sodahuskommittén vidare till vidgat samarbete mellan bruken kring rutiner för Säker avställning.

Hänvisningar

Föreskrifter
Arbetsmiljölagen
AFS 2001:1 Systematiskt arbetsmiljöarbete
AFS 2002:1 Användning av trycksatta anordningar
AFS 2003:3 Arbete i explosionsfarlig miljö
AFS 1984:16 Maskiner för papperstillverkning
AFS 2006:4 Användning av arbetsutrustning
AFS 2008:1 Maskiner
Standard
SSG 2220 Vägledning för säker av- och påställning av arbetsutrustning
Rekommendationer
B5 Skyddsutrustning och skyddsåtgärder i sodahus
Arbetsmiljöverket, Rutiner för säkra stopp, förslag till checklista.

Innehåll

1 Lagar och föreskrifter 3
1.1 Skyldigheter enligt arbetsmiljölagen 3
1.2 Specifika krav enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter 4

2 Allmänt om säker avställning 5
2.1 Riskbedömning 5
2.2 Generella rekommendationer för säker avställning 5
2.3 Låsning och skyltning 6
2.3.1 Arbeten på enskilt objekt med avdelningen i drift 7
2.3.2 Arbeten under fabriks- eller avdelningsstopp 7
2.4 Arbeten i slutna utrymmen 8

3 Instruktioner 8

Appendix, Exempel på instruktioner för låsning och skyltning 10

1 Lagar och föreskrifter

Vid reparation och tillsyn av maskiner och utrustningar i processanläggningar är det av största vikt att maskineriet inte oavsiktligt kan sättas igång och därmed vålla skador på människor och utrustning.
Vid arbete på rörledningar och i cisterner och slutna utrymmen är det också mycket viktigt att åtgärder vidtagits så att risk för personskador undanröjs.
Det är arbetsgivarens ansvar att se till att adekvata instruktioner finns upprättade, är väl kända och tillämpade på arbetsplatsen.

1.1 Skyldigheter enligt arbetsmiljölagen

Arbetsgivarens ansvar för arbetsmiljön framgår av arbetsmiljölagen:
”Arbetsgivaren skall vidta alla åtgärder som behövs för att förebygga att arbetstagaren utsätts för ohälsa eller olycksfall” (§2).

Vidare ska arbetsgivaren ”*systematiskt planera, leda och kontrollera verksamheten på ett sätt som leder till att arbetsmiljön uppfyller föreskrivna krav på en god arbetsmiljö*”,
samt skall Arbetsgivaren*” se till att arbetstagaren får god kännedom om de förhållanden, under vilka arbetet bedrivs, och att arbetstagaren upplyses om de risker som kan vara förbundna med arbetet” (§2 och 3)”.*

Av samma lag framgår arbetstagarens ansvar för att medverka i arbetsmiljöarbetet samt följa givna föreskrifter och skyddsåtgärder:

”Arbetstagaren skall medverka i arbetsmiljöarbetet och delta i genomförandet av de åtgärder som behövs för att åstadkomma en god arbetsmiljö. Han skall följa givna föreskrifter samt använda de skyddsanordningar och iaktta den försiktighet i övrigt som behövs för att förebygga ohälsa och olycksfall”(§4).

Beträffande samordning av arbetsmiljöfrågor när fler bedriver verksamhet vid ett fast driftställe säger lagen, § 7d, att samordningsansvaret innehas av ”den som råder över arbetsstället”.
Sådan samordning är exempelvis nödvändig när entreprenörer anlitas till ett underhållsstopp eller i ett projekt.
Det skall vid varje arbetsställe finnas namngivet vem (företag och person) som har det övergripande samordningsansvaret. Kontinuiteten i samordningen skall upprätthållas även vid skiftarbete.
Den som är ansvarig för samordningen av arbetsmiljöfrågor skall bland annat tillse att:

- *arbetet med att förebygga risker för ohälsa och olycksfall samordnas på det gemensamma arbetsstället,*

- *allmänna skyddsanordningar inrättas och underhålls och allmänna skyddsregler för arbetsstället utfärdas,*

- *ansvaret för de speciella skyddsanordningar som kan behövas för ett visst eller vissa arbeten klargörs.*

En viktig del i arbetsgivarens arbetsmiljöansvar är självfallet att sörja för att säkra rutiner och regler för säker avställning och uppstart av maskiner och processavdelningar finns upprättade och tillämpade vid arbetsplatsen.

1.2 Specifika krav enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter

Under rubriken ”Hänvisningar” förtecknas några av de föreskrifter i vilka specifika frågor rörande skyddsanordningar och säkerhetsrutiner behandlas.

I AFS 2001:1 - Systematiskt arbetsmiljöarbete, finns föreskrifter beträffande riskbedömning, åtgärder och uppföljning. Där sägs bland annat att
”Arbetsgivaren skall regelbundet undersöka arbetsförhållandena och bedöma riskerna för att någon kan komma att drabbas av ohälsa eller olycksfall i arbetet, osv.”(§8)

I AFS 2006:4 - Användning av arbetsutrustning finns flera krav som rör säker av- och påställning av maskiner och arbetsutrustning:
”Vid service-, underhålls- och rengöringsarbeten skall ingående energitillförsel normalt frånkopplas och om det inte är uppenbart onödigt skall frånkopplingsdonet låsas. Åtgärder skall vidtas så att eventuell ackumulerad energi inne i arbetsutrustningen inte kan orsaka oförutsedda rörelser eller andra farliga händelser(AFS 2006:4Bilaga B).

Om det inte är uppenbart omotiverat skall det finnas skyltar med upplysning om att service-, underhålls-, rengörings- eller besiktningsarbete pågår”.

”En arbetsutrustning skall vara säkert stoppad eller på annat sätt säkrad när driftstörningar avhjälps eller vid annat tillfälligt arbete i utrustningens riskområde”.

I AFS 2008:1- Maskiner, sägs beträffande maskiners stoppanordning att:
”Maskinens stoppanordning ska vara överordnad dess startanordning. När maskinen eller dess riskfyllda funktioner har stoppat, ska kraftförsörjningen till berörda drivorgan vara bruten.”

I AFS 1984:16 - Maskiner för papperstillverkning, sägs beträffande arbetsinstruktioner:
”Instruktioner skall finnas om de arbetsrutiner som behöver tillämpas för att främja säkerheten såväl under normal drift som i samband med underhåll, rengöring, tillsyn och liknande former av periodiskt återkommande arbeten.”(§29)

Vid arbeten i explosionsfarlig miljö gäller särskilda regler enligt AFS 2003:3 (som även med fördel är tillämpbara för andra liknande arbeten på rörledningar och i slutna utrymmen):

”Innan arbete påbörjas i klassat område eller på säkerhetsutrustning skall arbetstillstånd utfärdas av en person med särskilt ansvar för denna uppgift. Ett arbetstillstånd skall innehålla de villkor och instruktioner som krävs för en säker hantering”(§14).

”Rutiner för säker avställning och driftklarhetsverifiering skall finnas och tillämpas vid underhållsarbete eller tillfälliga stopp på utrustningar och anordningar i eller för explosiv atmosfär” (§15).

2 Allmänt om säker avställning

2.1 Riskbedömning

Före användning eller ingrepp i arbetsutrustning skall riskbedömning utföras och det skall säkerställas att instruktioner om säkert handhavande finns och tillämpas. I synnerhet när instruktion för säker avställning utformas skall det föregås av noggrann riskbedömning.
I riskbedömningen skall ingå att:

- Identifiera och definiera riskområdet
- Identifiera frånskiljningsställen för all energi till utrustningen (el, ånga, ackumulerat hydraulik- eller lufttryck, lägesenergi mm.)
- Identifiera frånskiljningsställen för alla förekommande media till utrustningen.
- Inventera alla risker inom riskområdet (tryck, temp, kemikalier, explosion mm)
- Beakta risker för farlig start (ofrivillig eller felaktig igångsättning av utrustning eller processflöde i riskområdet).
- Tillse att alla risker förebyggs och där detta inte är möjligt, genom lämplig information och instruktion förebygga olycksfall
- Beakta om samordningsrisker föreligger

2.2 Generella rekommendationer för säker avställning

Det kan vara praktiskt att skilja något på avställningsrutinerna vid arbete på enskild utrustning med processavdelningen fortfarande i drift och på avställning av utrustningar som sker vid avställning av hela processen (exempelvis avdelningsstopp eller årligt underhållsstopp). Dessa avvikelser behandlas i följande moment, se 2.3.1 och 2.3.2.

Följande generella rekommendationer bör beaktas vid upprättande av säkerhetsinstruktioner för säker avställning:

- Alla åtgärder/arbetsuppgifter som anges i en instruktion ska åtföljas av entydig angivelse av vem som utför uppgiften. Vem som gör vad kan beroende på organisation och arbetssätt variera mellan olika bruk men det måste tydligt anges vad som gäller vid den aktuella arbetsplatsen.

- Vid säker urkoppling av maskin skall en allpolig brytare frånskiljas. En maskin får aldrig anses säkert avställd genom att enbart manöverspänning till maskinen är bruten. Inte heller om maskinen stoppats genom fotocell, lägesbrytare eller förregling i processkedjan är maskinen säkert avställd.

- För vissa stora motorer förekommer att arbetsbrytare saknas och brytningen måste ske i ställverk med hjälp av elektriker.

- En frånskild arbetsbrytare skall låsas och skyltas med ”arbete pågår”. Detaljerna kring hur låsning och skyltning skall utföras kan variera, se avsnitt 2.3.

- En säker avställning av rörledning innehållande farliga ämnen (som heta, frätande, giftiga media) innebär att rörledningen är avstängd med dubbla avstängningsventiler med mellanliggande dränering eller vid explosiva eller hälsofarliga medier med blindfläns. Beträffande tillämpning (exempelvis för högtrycksånga) bör respektive anläggningsägare i egen riskanalys fastställa vid vilka ångtryck och ledningsdimensioner detta krav eventuellt kan åsidosättas utan fara.

- En rörledning är aldrig säkert avställd genom att en automatventil manövrerats till läge stängd. En automatventil får aldrig användas för säker avställning med mindre än att energiförsörjningen (el, luft, hydraulik) till ventilens manöverdon är bortkopplad och ventilen är mekaniskt spärrad i säkert läge. Mekanisk spärrning är viktig vid kul-, kalott-, eller spjällventiler som lätt kan påverkas mekaniskt av mediet. Stängd kilslidventil däremot kan anses mekaniskt spärrad av spindelgängan.

- Avstängd rörledning (ventil eller blindfläns) skall i likhet med arbetsbrytare på maskin förses med lås och skylt, se ovan.

- Vem som är ansvarig för start och stopp av maskiner och anläggningar och för manövrering av ventiler skall vara tydligt klargjort och dokumenterat i arbetsplatsens delegeringsordning. Sodahuskommittén anser det lämpligast att denna uppgift delegeras till driftavdelningens ansvarige operatör. Operatören måste underrättas om alla arbeten som igångsätts och avslutas inom hans/hennes arbetsområde av såväl egen personal som underhållspersonal eller entreprenörer.

- Lås och skylt skall tas bort av den som satt dit dem. Detta är en väsentlig del i brytinstruktionen. I vissa fall måste dock lås och skylt tas bort av annan och då gäller följande:

    - Den för arbetet ansvarige söker kontakt med den som satt dit låset för att få bekräftelse på att lås kan brytas.

    - Om detta inte är möjligt måste arbetsledning i det enskilda fallet bedöma och säkerställa att åtgärden inte innebär någon risk för farlig start.

2.3 Låsning och skyltning

Att arbete pågår på en avställd maskin skall enligt föreskrift, AFS 2006:4, markeras med skylt ”arbete pågår”.
Ett traditionellt och säkert sätt att utföra säker avställning och markera att arbete pågår sker genom att:

- Skylt ”arbete pågår” placeras på maskinens samtliga manöverströmbrytare och med motsvarande markering och blockering i styrsystem (där detta är möjligt).

- Lås anbringas på arbetsbrytare och på avstängda ventiler för att markera att arbete pågår. Det bör finnas information om vem som utför arbete på en avstängd maskin eller processutrustning.

- För vissa stora motorer förekommer att arbetsbrytare saknas och brytningen måste ske i ställverk med hjälp av elektriker. För sådana objekt skall elavdelningen föra en särskild brytlista i ställverket, eller tillämpa rutin som erbjuder minst samma säkerhet.

- Säkerheten ökar ytterligare om låsning och skyltning sker under överinseende av annan person.

- Ingen får arbeta på en annan persons låsning.

- Användning av personliga lås på varje ventil kan vara svår att genomföra vid fabriks- eller avdelningsstopp eller systemavställningar där 10-tals eller 100-tals ventiler och brytare omfattas, se avsnitt 2.3.2.
  Det är möjligt att använda ett system med låsbar nyckelförvaring s.k. "Lock Box" vid sådana tillfällen.
  Operatören bryter och låser då alla positioner som ingår i systemet, och lägger därefter alla nycklar i en "Lock Box". Den eller de som skall utföra arbete på systemet sätter sitt lås på "Lock Boxen". Först då alla utförare har tagit bort sitt lås från "Lock Boxen" kan operatören komma åt nycklarna för att återställa alla objekt.
  Ytterligare beskrivning av ”Lock Box” se Bilaga 1, avsnitt 4.2.

- Numera kan även finnas möjligheter att använda moderna system med passerkort och/eller streckkoder för att identifiera vem som utför ett arbete på anläggningen.
  Det väsentliga är att varje person, som vid eventuell farlig igångsättning av utrustning är utsatt för risk, kan identifieras. Valet av lås och identifieringsmetod är att anse som ett medel för att uppnå syftet.

2.3.1 Arbeten på enskilt objekt med avdelningen i drift

I processindustri är det vanligt att underhåll utförs på en enskild utrustning i processen medan övrig processutrustning är i drift.

- Innan arbete påbörjas i sodahuset skall såväl egen personal som entreprenörer göra anmälan i sodahusets manöverrum. Skriftlig förteckning på tavla eller motsvarande skall finnas över all personal som vistas i sodahuset (Inklusive deras kontaktinformation som mobilnummer etc.), se rekommendation B 5.
  Anmälningsplikten vid vistelse i sodahuset avser att underlätta information till underhållspersonal om särskilda risker och aktuella förhållanden i sodahuset, samt att möjliggöra räddningsinsatser i sodahuset om olyckor och kritiska tillstånd så kräver.

- Innan arbete påbörjas skall låsning och skyltning utföras enligt gällande instruktion.

  Exempel på förfarande vid låsning och skyltning se bilaga 1, avsnitt 4.1.

2.3.2 Arbeten under fabriks- eller avdelningsstopp

För systemavställningar, fabriksstopp (som t ex vid årligt underhållsstopp) eller vid avställning av en hel avdelning eller processlinje kan *ansvarig driftarbetsledning*, eller *utsedd Person med särskilt ansvar för denna uppgift*, svara för frånkoppling, skyltning och låsning

av en hel produktionsavdelning, t ex en panna. Om sådan rutin tillämpas gäller att:

- Särskild brytlista ska upprättas. I brytlistan skall alla brytställen anges.
- Trots gruppavställning skall varje enskilt objekt brytas och låsas innan arbete påbörjas. En smidig hantering får man om en "Lock Box" används.
- Vissa arbeten, se avsnitt 2.4, ”Arbeten i slutna utrymmen”, kräver skriftligt tillstånd eller särskild s.k. ”hålvakt” vid manlucka eller öppning till slutet utrymme.
- Förteckning skall föras över alla arbetsgrupper/personal som arbetar i Sodahuset eller indunstningen (den avställda processavdelningen).
- Vid idrifttagning ska särskilda rutiner finnas och tillämpas för att verifiera att anläggningen är driftklar:
    - Avstämning med samtliga inblandade entreprenörer och arbetslag.
    - Avrapportering av avslutade arbeten till driftoperatör eller driftledning (beroende på delegeringsordning vid driftstället)
    - Platsundersökning exempelvis i samband med stängning av luckor och manhål.
    - Borttagning av lås och skyltar samt klarmarkering i brytlista.

2.4 Arbeten i slutna utrymmen

Med slutna utrymmen avses ”ett utrymme där det på grund av otillräcklig ventilation kan bildas farlig atmosfär och där det är svårt att ta sig ut”.
I vissa fall exempelvis i flisfyllda fack och indunstningsapparater finns risk för gasbildning eller syreunderskott. Om detta kan befaras måste friskluftmask användas och medhjälpare finnas vid instegslucka.
Vid arbete i cisterner och i elfilter ska man sörja för god luftväxling med fläkt och före instigning kontrollera luften med gasmätare. Vid svets- och skärningsarbeten anordnas utsugning vid arbetsstället.
Ansvarig driftarbetsledare eller särskilt utsedd person ansvarar för att säkra objektet. Alla maskiner avskiljs enligt ”instruktion för säker avställning”, handventiler stängs och låses och automatventiler säkras av instrumentavdelning. Blindflänsning rekommenderas mot hälsovådliga, giftiga eller explosiva ämnen.
Vissa arbeten i slutna utrymmen får ej utföras som ensamarbete.
Vid arbeten i explosionsfarlig miljö krävs skriftligt arbetstillstånd enligt föreskrift i AFS 2003:3.
Sodahuskommittén rekommenderar att tillämpning av skriftligt arbetstillstånd utvidgas att omfatta alla arbeten i slutna utrymmen i panna, samt i tankar och cisterner i sodahus och indunstning (oavsett om miljön är klassad som explosionsfarlig eller inte).

3 Instruktioner

I bifogat appendix ges några exempel på hur rutiner för säker avställning och driftklarhetsverifiering kan utformas. Beroende på hur verksamheten vid bruket är

organiserad, arbetsuppgifterna fördelade och vilka styrsystem som förekommer behöver instruktioner anpassas lokalt vid varje bruk. Instruktionsexemplen kan utgöra en utgångspunkt för brukets egen instruktion men bör granskas i en särskild riskanalys för den aktuella anläggningen. En instruktion om säker avställning bör, för att underlätta information och efterlevnad, vara gemensamt utformad för hela driftstället.
Arbetsmiljöverkets publikation, Säkra stopp, innehåller ”förslag på checklista för arbetsplatser med automatiserade arbetsutrustningar” och är avsedd att kunna användas av arbetsgivaren som stöd i det systematiska arbetsmiljöarbetet.

Appendix, Exempel på instruktioner för låsning och skyltning

Arbeten på enskilt objekt med avdelningen i drift

- Grundregel är att den person som skall utföra arbete på en processutrustning eller maskin, ska förhindra manövermöjlighet samt markera avställning genom att sätta sitt lås och sin skylt på maskinens frånskilda skyddsbrytare samt på avstängda ventiler till maskinen.

- Om arbete sker i skiftgång skall nytillkomna skift sätta sitt lås på arbetsbrytaren och avgående skift avlägsna sitt lås. Skiftavlösning måste då ske vid arbetsstället för att inte lämna arbetsbrytaren olåst under skiftbytet.

- Alternativt sätter operatören sina lås på samtliga berörda brytställen och placerar sin nyckel i en låsbar nyckelförvaring, s.k. ”Lock Box” och markerar objektet klart för arbete med ett grönt lås på boxen. Den person som ska utföra arbete sätter sitt lås på ”Lock Box” samt "skriver in sig" på ett arbetstillstånd för det aktuella arbetet och "skriver ut sig" då han är klar eller går hem. Nästkommande skift får då skriva in sig på arbetstillståndet.

  Ytterligare beskrivning av ”Lock Box”, se avsnitt 4.3.

- För vissa stora motorer förekommer att arbetsbrytare saknas och brytningen måste ske i ställverk med hjälp av elektriker. För sådana objekt skall elavdelningen föra en särskild brytlista i ställverket, eller tillämpa rutin som erbjuder minst samma säkerhet.

Saxbygel

För att rymma flera lås på ett brytställe kan med fördel saxbygel användas.

Beskrivning av ”Lock Box”

Användning av ”Lock Box” kan organiseras enligt följande men kan behöva anpassas lokalt till brukets organisation och arbetsfördelning.

Operatören upprättar en blockeringsarbetsorder och tillhörande arbetstillstånd där samtliga brytställen anges.

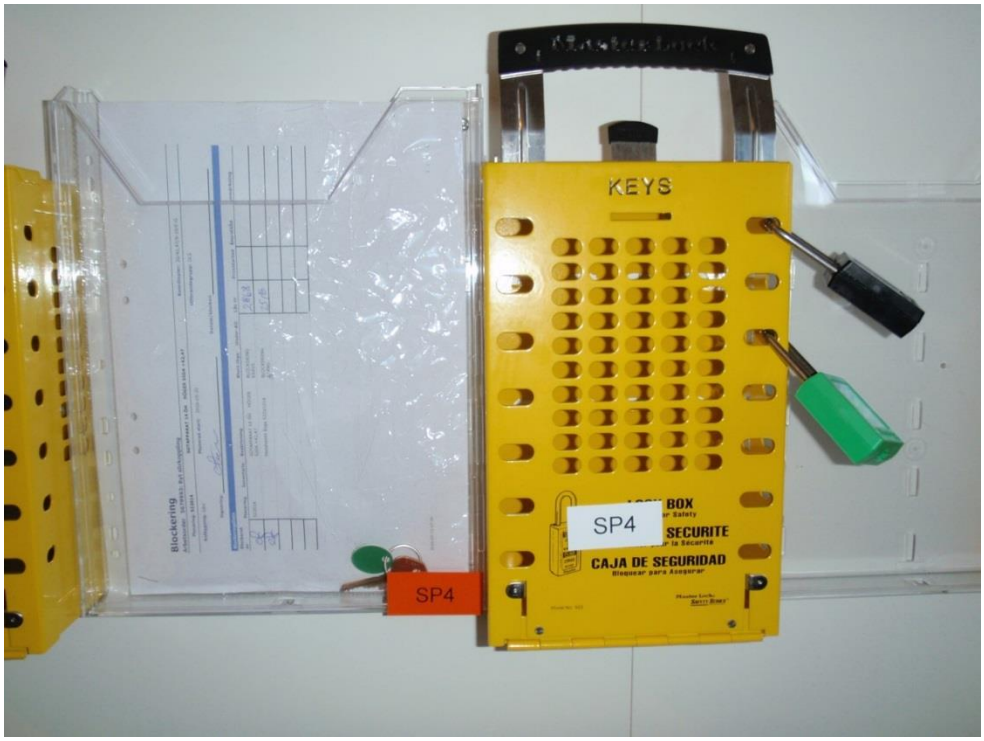
Operatören bryter och låser samtliga positioner och lägger nycklarna i den gula ”Lock Boxen”. Operatören sätter ett grönt hänglås på ”Lock Boxen” som talar om att det är säker att jobba på objektet.

De personer som skall utföra arbete på objektet tilldelas ett hänglås som de sätter på ”Lock Boxen”, och behåller nyckeln. De skriver också in sig på arbetstillståndet som ligger i plastfickan.

När arbetet är utfört, tar var och en av utförarna bort sitt hänglås och ”skriver ut sig” från arbetstillståndet, och när endast det gröna hänglåset är kvar, som är operatörens, kan ”Lock Boxen” öppnas av operatören och nycklarna för att återställa görs åtkomliga. Se förklarande bilder 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3.

Boxar för nycklar monterade på vägg

Låst ”Lock Box”
Boxen är ” klarmarkerad” för arbete, arbetstillstånd i plastficka.



Lås att sätta på ”Lock Boxen”
Lås erhålls av stoppkoordinator eller operatör som antecknar vem som har respektive lås. Färgen i detta exempel visar vilken kategori som personen tillhör.

Tillämpningsexempel med ”Lock Box”

(Endast exempel på instruktion; bör anpassas till lokala förhållanden)

1. Operatören upprättar en blockeringsarbetsorder och tillhörande arbetstillstånd där samtliga brytställen finns angivna.

2. Operatören bryter och låser samtliga positioner och lägger nycklarna i den gula ”Lock-Boxen”. Operatören sätter ett grönt hänglås på ”Lock Boxen” som talar om att det är säker att jobba på objektet.

3. De personer som skall utföra arbete på objektet tilldelas ett hänglås som de sätter på ”Lock Boxen”, och behåller nyckeln. De skriver också in sig på arbetstillståndet som ligger i plastfickan.

4. När arbetet är utfört, tar var och en av utförarna bort sitt hänglås och ”skriver ut sig” från arbetstillståndet, och när endast det gröna hänglåset är kvar, som är operatörens, kan ”Lock Boxen” öppnas av operatören och nycklarna för att återställa blir åtkomliga.

Tillämpningsexempel, avställning av maskiner och utrustning (utan lock-box)

(Endast exempel på instruktion; bör anpassas till lokala förhållanden)

1. Stoppa maskinen med ordinarie manöverdon

   Utförs av *Operatör*

2. Sätt upp signerad skylt ”Arbete pågår” vid alla till maskinen hörande manöverdon.

3. I styrsystem skall operatör sätta driften i läge ”Arbete pågår”, under överinseende av den som ska utföra arbete som signerar detta i härför avsedd liggare.

4. Slå ifrån arbetsbrytare, lås och sätt upp signerad skylt ”Arbete pågår”. Varje person eller arbetslag (se avsnitt 2.3) som skall utföra arbete, låser och skyltar vid brytstället. Vid skiftbyte skall skyltar och lås normalt bytas mellan avgående och pågående skiftlag. Om arbetsbrytare saknas, se nedan.

   Utförs av *Den som utför arbetet*

5. Om arbetsbrytare saknas, begär frånkoppling hos elavdelningen via synligt brytställe och häng upp signerad skylt ”Arbete pågår” vid brytstället. Anmoda elektriker att kontrollera och bekräfta att kontakter eller brytare är i frånläge.

   Utförs av *Den som utför arbetet (eller via dennes arbetsledare beroende på delegeringsordning)*

6. Vid arbeten i elfilter eller på maskiner eller anläggningsdelar med spänning över 1000V skall arbetsjordning utföras.

   Utförs av *Elektriker*

7. Kontrollera brytning genom att provstart utförs.

   Utförs av *Operatör*

Tillämpningsexempel, inkoppling av maskiner och utrustning
(Endast exempel på instruktion; bör anpassas till lokala förhållanden)

1. Arbetet är avslutat, arbetsplatsen är återställd och driftklar.

2. Personligt lås och skylt ”Arbete pågår” vid säkerhetsbrytare tas bort.
   Utförs av *Den som satt upp lås och skylt*

3. Den som tar bort sista låset och skylten ”Arbete pågår” meddelar avdelningens operatör att arbetet är klart. (eller via dennes arbetsledare beroende på delegeringsordning)

4. Slå till säkerhetsbrytaren efter samråd med operatör.

   Utförs av *Den som utför arbetet*

5. Om arbetsbrytare saknas, begär hos elavdelningen tillkoppling, samt att eventuell arbetsjordning avlägsnas. Operatör meddelas att arbetet är avslutat och tillkoppling beställd.
   Utförs av *Den som utför arbetet (eller via dennes arbetsledare beroende på delegeringsordning)*

6. När anläggningsdel eller maskin utan arbetsbrytare har tillkopplats meddelas operatör.

   Utförs av *Elektriker*

7. När anläggningsdel eller maskin utan arbetsbrytare har tillkopplats avmarkeras ”arbete pågår” i styrsystem samt iakttas de särskilda rutiner som gäller, enligt 2.5 i samband med fabriks- eller avdelningsstopp, för att verifiera att anläggningen är driftklar.

   Utförs av *Operatör*

Tillämpningsexempel, avställning av rörledningar och arbete i cisterner och slutna utrymmen

(Endast exempel på instruktion; bör anpassas till lokala förhållanden)

1. Kontakta driften och begär orientering om aktuell arbetsplats och tag rätt på vad anläggningen senast innehållit.

   Utförs av *Den som utför arbetet*

2. Driftledning eller avdelningens operatör undersöker och anvisar vilka rörledningar, ventiler, pumpar etc. som måste säkras innan arbetet påbörjas.

   Utförs av *Berörd driftsarbetsledare eller av honom utsedd operatör*

3. Om anläggningen innehållit brandfarlig eller giftig vätska eller gas skall den ångas ur så länge att alla risker är eliminerade. Innan arbete påbörjas skall gasmätning vara utförd och kärlet förklarat gasfritt.

   Utförs av *Operatör*

4. Vid arbeten i explosionsfarlig miljö gäller särskilda regler enligt AFS 2003:3 (även tillämpbara för andra liknande arbeten på rörledningar och i slutna utrymmen): Sodahuskommittén rekommenderar att Skriftligt arbetstillstånd utfärdas vid alla arbeten i slutna utrymmen.

   - Innan arbete påbörjas i klassat område eller på säkerhetsutrustning skall skriftligt arbetstillstånd utfärdas av en person med särskilt ansvar för denna uppgift. Ett arbetstillstånd skall innehålla de villkor och instruktioner som krävs för en säker hantering”(§14).

     Tillstånd inhämtas av *Den som utför arbetet*
     Tillstånd Utfärdas av Person med särskilt ansvar för denna uppgift

5. Alla berörda maskiner, pumpar, omrörare etc. frånkopplas enligt brytinstruktion, se exempel 3.1

6. Ventiler skyltas och låses efter anvisning av operatör. Om låsning inte kan utföras, begär hjälp av instrumentavdelningen för att säkra ventil i stängt läge. Separat instruktion.
   Utförs av *Den som utför arbetet*

7. Blindflänsa mot farliga ämnen och gaser under tryck eller vidtag åtgärd med motsvarande säkerhet. Om risk finns för giftig eller explosiv gas bör även rördel tas bort.
   Utförs av *Den som utför arbetet*

8. Vissa arbeten i slutna utrymmen får ej utföras som ensamarbete. Undersök om arbetet omfattas av sådan begränsning.

   Utförs av *Den som utför arbetet*

9. Innan arbete med skärning etc. påbörjas på rörledning eller att personal går in i kar eller cistern, skall anläggningen vara gasfri. Om tveksamhet råder skall luftanalys utföras med explosimeter eller gasmätare. Se pkt 3.

   Tillstånd inhämtas av *Den som utför arbetet*
   Tillstånd Utfärdas av Person med särskilt ansvar för denna uppgift

10. I vissa fall, t ex flisfyllda fack och indunstningsapparater finns risk för syreunderskott. Om detta misstänks får nedstigning endast ske med påtagen friskluftsmask. I dessa fall skall medhjälpare finnas vid instigningslucka.

11. Vid arbete inne i cisterner bör man sörja för god luftväxling med fläkt. Vid svetsning och skärning anordnas utsugning vid arbetsstället och vid behov används lämpligt andningsskydd.

12. Till förebyggande av elolycksfall skall utrustning som används i trånga utrymmen med ledande väggar vara anslutna till klenspänning eller jordfelsbrytare.

   Utförs av *Den som utför arbetet*

13. Vid arbete i slutet utrymme skall instigningsöppning vara skyltad och låst och angivet vid ingången/instigningsluckan vilka som uppehåller sig därinne, alternativt skall öppningen vara bemannad med ”hålvakt” försedd med nödvändig skydds- och räddningsutrustning.

   Utförs av *Den som utför arbetet*

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr F4
Utgåva 1, maj 2023

Riskanalyser för Sodapanna

En systematisk identifiering av faror och bedömning av olika risker blir allt viktigare i arbetslivet. Detta gäller inte minst i massaindustrin med dess sodahusanläggningar.
Ett noggrant, systematiskt och återkommande arbete med riskbedömningar och skadeförebyggande åtgärder är nödvändigt vid planering, konstruktion, utförande, samt vid användning av Sodahusanläggning med alla dess process- och säkerhetssystem.

Allt fler standarder för säkerhet och funktion bygger också på ett riskbaserat synsätt. Föreliggande rekommendation är framtagen för att visa på vilka riskanalyser som behöver genomföras.

För den mer detaljerade informationen ges hänvisningar till rekommendationer, standarder och föreskrifter.

Hänvisningar

Föreskrifter
EU direktiv 2014/68/EU
AFS 2016:1, Tryckbärande anordning
AFS 2017:3, Användning och kontroll av trycksatta anordningar
AFS 2001:1 Systematiskt arbetsmiljöarbete.
Maskindirektivet - 2006/42/EG
AFS 2008:3, Föreskrift om maskiner
AFS 2006:4, Användning av arbetsutrustning
Bygglagen SFS 2010:900
Boverkets byggregler (2011:6) –föreskrifter och allmänna råd, gällande BBR finns på Boverkets hemsida.
Boverkets byggregler i grundförfattningen EKS är BFS 2011:10 samt gällande EKS finns på Boverkets hemsida.
SFS 1998:808; Miljöbalken
SFS 2017:966; Miljöbedömningsförordning
SFS 2010:1011; Lag om brandfarliga och explosiva varor
SFS 2010:1075 Förordningen om brandfarliga och explosiva varor
SFS 2003:778 Lag om skydd mot olyckor
SFS 2003:789 Förordningen
SRVFS 2004:3 Allmänna råd om systematiskt brandskydd
SRVFS 2014:2 Allmänna råd – skydd mot olyckor
SRVFS 2003:10 Skriftlig redogörelse för brandskyddet
Brandförsvarsföreningens handbok ”Systematiskt brandskyddsarbete”

Standard
SS-EN 764, SS-EN 12952, SS-EN 61508, SS-EN 61511, SS-EN 50156
SS-EN 1050 (Ersatt av 14 121.) ”Maskinsäkerhet - Principer för riskbedömning”
SS-ISO 31000, Riskhantering, Principer och vägledning

Rekommendationer
B 2 - Säkerhet i sodahusbyggnader

Sodahuskommitténs rapporter

Rapport 2016–1: Riskanalys Sodapanna Fas 1
Rapport 2017–1: Riskanalys Sodapanna Fas 2 Bilaga 1 Checklista Excel-fil
Rapport: Åtgärder för Säkerhetsfunktioner, SIF Riskanalys Fas 3

Innehåll

1 Miljökonsekvensanalys 4

2 Riskanalyser 4

3 Systematiskt arbetsmiljöarbete 4

4 Metoder för riskanalys 5
4.1 Metoder allmänt 5

5 Föreskrifter för sodahusbyggnaden 5

6 Föreskrifter för personsäkerhet och ”brandskydd” 6

7 Föreskrifter och standard för maskiner 6

8 Föreskrifter och standard för tryckbärande anordning 7
8.1 Riskanalys tryckbärande anordning 7
8.1.1 Tillverkning av tryckbärande anordning 7
8.1.2 Användning av tryckbärande anordning 8
8.1.3 Processförändringar 8

9 Riskanalys av sodapannans tryckbärande anordning 8
9.1 Riskhanteringsprocess, sodapannan som tryckbärande anordning 9
9.2 Metodik och analysresultat 9

1 Miljökonsekvensanalys

Vid utformning av en anläggning med byggnad och panna måste en miljökonsekvensanalys tas fram som sedan ligger till grund för en ansökan om ett miljötillstånd för att bedriva den verksamhet som man avser starta.

2 Riskanalyser

Vid utformning av en anläggning med byggnad och panna samt dess hjälputrustningar skall alla delar och system underkastas en grundlig riskanalys och riskbedömning med avseende på såväl funktion som säkerhet för personer och omgivning. Detta gäller såväl pannans tryckkärl som pannans maskiner och hjälpsystem, brännlutsystem och trycksatta sådana. Även byggnad, omgivningar, utrymningsvägar, brandrisker samt gemensamma system för pannan (Luft-, el, styr och reglersystem mm) ska omfattas av riskanalyser.
Metoderna att genomföra riskanalyser kan variera beroende på vilka utrustningar eller system som ska säkerställas. Krav från myndigheter om vilken risanalysmetod som skall användas kan förekomma och bör beaktas.
Standarden SS-ISO 31000 behandlar riskhantering. Där finns riktlinjer för att hantera de risker som en organisation kan ställas inför och en gemensam strategi för hantering av alla sorters risker.
Hur man planerar och väljer metod, hur man leder en riskbedömning och hur man går vidare och tillämpar resultatet behandlas vidare i tillämpningsstandarden SS-EN IEC 31010, Riskhantering – Metoder för riskbedömning.

Sammanfattningsvis skall enligt följande föreskrifter och standarder riskanalyser finnas vid nybyggnation eller ändringar samt vid löpande användning,

- Systematiskt arbetsmiljöarbete AFS 2001:1
- Föreskrifter för byggnaden Boverkets regler och Bygglagen SFS 2010:900
- Föreskrifter för brandskydd och skydd mot olyckor SFS 2003:778, SFS 2010:1011
- Föreskrifter och standard för tryckbärande anordning, se hänvisningar sida1
- Sodapannans säkerhetssystem enligt standarder, se hänvisningar sida 1
- Riskanalys tryckbärande anordning AFS 2016:1
- Användning av tryckbärande anordning AFS 2017:3
- Riskanalys maskiner AFS 2016:10/AFS 2008:3

Riskanalyser rekommenderas att finnas framtagna i god tid och att de uppdateras systematiskt.

3 Systematiskt arbetsmiljöarbete

Det systematiska arbetsmiljöarbetet skall ingå som en naturlig del i den dagliga verksamheten och skall omfatta alla fysiska, psykologiska och sociala förhållanden som har betydelse för arbetsmiljön. Arbetsgivaren skall regelbundet undersöka arbetsförhållandena och bedöma riskerna för att någon kan komma att drabbas av ohälsa eller olycksfall i arbetet.

Det är angeläget att ta hänsyn till arbetsmiljön, dels innan verksamheten kommit i gång, dels inför förändringar. Det är angeläget att ta hänsyn till arbetsmiljön exempelvis när man tar in anbud, tecknar avtal, projekterar, konstruerar och köper in varor och tjänster. Det är också

viktigt att ta hänsyn till att leverantörens/entreprenörens eget systematiska arbetsmiljöarbete är tillfredsställande under löpande drift. Det är viktigt att hitta riskerna och åtgärda dem innan de ”byggts in i systemet”.

I AFS 2008:15/AFS 2001:1 beskrivs mer ingående hur arbetet skall utföras och användning av riskbedömningar och riskanalyser är naturliga inslag i ett systematiskt arbetsmiljöarbete och ett flertal av arbetsmiljöverkets föreskrifter stipulerar att sådana analyser ska utföras.

Rekommendationen är att riskanalys och riskbedömning är framtagen i ett tidigt skede inför projektering av nyinstallation eller förändringar.

4 Metoder för riskanalys

4.1 Metoder allmänt

Det finns ett flertal analys och bedömningsmetoder för riskanalysarbete.
Några exempel:

- PHA-Preliminary Hazard Analysis, I Sverige kallad Grovanalys, är en metod där man under konstruktionsarbetet försöker identifiera riskkällor, risksituationer och riskhändelser som kan leda till skada på operatör eller material. Sannolikheten för att riskhändelsen äger rum bedöms, samtidigt som det göres en kvalitativ värdering av skadornas omfattning. Slutligen tas förslag fram på skyddsåtgärder. Metoden användes mycket inom maskinriskbedömningar.

- HAZOP-Hazard and Operability Study, är metod som behandlar driftbetingelserna genom att varje del analyseras, vanligtvis från processcheman, med utgångspunkt att hitta alla sannolika avvikelser från det normala tillståndet samt orsakerna till dessa. Bedömningen av konsekvenserna skall resultera i att passande skydd eller säkerhetsutrustningar installeras som kan detektera avvikelser och ingripa under driften för att undvika skador. (Användes mycket på kemiska processer och i processanläggningar).

- WHAT IF (Vad händer om). Här går man igenom hela processen/tillverkningen från början till slut och i varje steg ställer man sig frågan: Vad Händer Om och vad får detta för konsekvens om t.ex. en komponent eller konstruktionsdetalj inte uppfyller sitt syfte. Metoden användes mycket för att riskbedöma styrsystem.

5 Föreskrifter för sodahusbyggnaden

En total riskanalys och riskbedömning skall göras vid projektering av nya sodahusbyggnader. När man avser utföra ändringar i äldre anläggningar skall man uppdatera riskanalysen för att bedöma eventuella behov att öka säkerheten i byggnaden.

Boverkets byggregler, BBR, gäller både när man uppför och ändrar en byggnad. BBR innehåller föreskrifter och allmänna råd om tillgänglighet, bostadsutformning, rumshöjd, driftutrymmen, brandskydd, hygien, hälsa och miljö, bullerskydd, säkerhet vid användning och energihushållning.

Den totala riskanalysen och riskbedömningen skall göras för sodahusbyggnaden för att beskriva följderna av de olyckshändelser som kan tänkas inträffa i sodahuset. Det gäller då i första hand explosioner, stora läckage av olika slag, bildning och utströmning av heta, frätande, giftiga och eldfarliga ämnen, brand men även eventuell risk för närområdet kring anläggningen.
Risker som beskrivs i rekommendationerna B 8 och C 1 skall beaktas och med riskbedömningen som utgångspunkt skall personskyddet utformas inom och i närområdet kring byggnaden.

I rekommendation B 2 beskrivs mer ingående hänvisningar till lagar, standarder och föreskrifter.

Rekommendationen är att riskanalys och riskbedömning är framtagen i ett tidigt skede.

6 Föreskrifter för personsäkerhet och ”brandskydd”

Enligt Lag om skydd mot olyckor, SFS 2003:778, skall räddningstjänsten planeras och organiseras så att räddningsinsatserna kan påbörjas inom godtagbar tid och genomföras på ett effektivt sätt. Detta gör att Räddningstjänstens skall involveras i frågor som gäller räddningsinsatser i ett tidigt skede i samband med uppförande av ny sodahusbyggnad eller ändringar men även vid löpande verksamhet.

Riskanalysen och riskbedömningen skall syfta till att beskriva och hantera risker som kan uppkomma och att eventuella räddningsinsatser kan utföras säkert och effektivt. Rutiner skall finnas för att med jämna tidsintervall uppdatera bedömningarna.

I rekommendation B 2 beskrivs mer ingående hänvisningar till lagar, standarder och föreskrifter.

Rekommendationen är att riskanalys och riskbedömning är framtagen i ett tidigt skede.

7 Föreskrifter och standard för maskiner

Utöver sodapannas trycksatta delar innehåller sodahuset ett flertal maskiner och tekniska anordningar där maskindirektivets regler ska beaktas. Exempel på sådana maskinerier är sotapparater, spettningsrobotar, asktransportörer, pumpar, fläktar, mm.

En ny maskin skall tillverkas och CE-märkas enligt "Maskindirektivet - 2006/42/EG" implementerad genom föreskrift om maskiner AFS 2016:10/AFS 2008:3.
Direktivet omfattar bland annat fastläggande av krav för att undvika olyckor i industriella maskinparker vid konstruktion, tillverkning, drift och underhåll av maskiner.

Installerad maskin ska för sin användning även uppfylla "AFS 2006:4 - Användning av arbetsutrustning".

Vid större ändring av maskin/ system (teknikbyte, placering av barriär, byte av maskintyp, verktygsbyte, programvara som räknas som en stor avvikelse från originalsystemet) skall ny riskanalys och ny CE märkning utföras enligt gällande lagar och regler.

En befintlig maskin behöver oftast inte CE-märkas på nytt men måste ändå uppfylla kraven enligt "AFS 2006:4 - Användning av arbetsutrustning".

8 Föreskrifter och standard för tryckbärande anordning

Sodapannan med alla dess hjälputrustningar skall projekteras och tillverkas i överensstämmelse med EU direktiv 2014/68/EU. Direktivet har implementerats i svensk lagstiftning genom Arbetarskyddsstyrelsens föreskrift AFS 2016:1.
Direktivet innehåller endast grundläggande säkerhetskrav. Utarbetandet av erforderliga tekniska specifikationer överlämnas till standardiseringsorgan. Ett sätt att uppfylla direktivets krav är att tillämpa s.k. harmoniserade standarder. Produkter som tillverkas enligt harmoniserade standarder förutsätts uppfylla de grundläggande kraven som fastlagts i direktivet. (Det bör påpekas att det även finns vissa standarder som inte är ”harmoniserade” och således inte med säkerhet uppfyller kraven i föreskriften).
Som ett sätt att uppfylla EU direktiv 2014/68/EU (tidigare 97/23/EG), Pressure Equipment Directive, vanligen kallat PED, har i fråga om ångpannors (vattenrörspannor) och sodapannors konstruktion och utrustning europastandardserien EN 12952 utarbetats.
Serien, som består av 18 delar, gäller som svensk standard med beteckning SS-EN 12 952, ”Vattenrörpannor och hjälpinstallationer”. Vad som särskilt gäller sodapannor behandlas kortfattat i ett antal bilagor (annex) till SS-EN 12 952, delarna 2, 5, 6,7 och 8.

8.1 Riskanalys tryckbärande anordning

8.1.1 Tillverkning av tryckbärande anordning

Det åligger tillverkaren av en tryckbärande anordning att göra en dokumenterad riskanalys, se Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2016:1, Tryckbärande anordning. Denna föreskrift riktar sig till tillverkare, tillverkarens representant, importör och distributör av tryckbärande anordningar och den som tar sådana anordningar i bruk. Vissa av bestämmelserna riktar sig dessutom till anmälda organ och brukarnas kontrollorgan.
Föreskriften reglerar att grundläggande säkerhetskrav enligt AFS 2016:1, Bilaga 1, är uppfyllda, samt hur överensstämmelse med PED skall fastställas och dokumenteras.
Syftet med riskanalysen är att i tillverkningsskedet fastställa de risker som kan förknippas med en specifik tryckbärande anordning i dess användning. Sedan skall tillverkaren utifrån denna analys:

- i första hand bygga bort riskerna
- lämna information till användaren om kvarstående risker
- lämna instruktioner om säkert handhavande
- välja rätt material och tillverkningsmetod
- dokumentera riskanalys, instruktioner, material, konstruktion och tillverkning
- utfärda CE-märkning och/eller intyg om överensstämmelse med direktivets krav.

Sodahuskommittén rekommenderar, för att säkerställa att de grundläggande säkerhetskraven i PED alltid innehålls, att vid upphandling av tryckbärande anordningar hänvisa till gällande harmoniserade standarder, kompletterade med de rekommendationer som Sodahuskommittén utfärdat inom området.

8.1.2 Användning av tryckbärande anordning

Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2017:3 behandlar användning och kontroll av trycksatta anordningar. Beträffande undersökning och riskbedömning hänvisar AFS 2017:3 även till AFS 2008:15/AFS 2001:1 om systematiskt arbetsmiljöarbete.
Där anges regler om hur arbetsgivaren regelbundet ska undersöka arbetsförhållanden och bedöma vilka risker som kan förekomma i verksamheten.
Syftet med en sådan undersökning och riskbedömning är att fastställa de risker som kan förknippas med en specifik tryckbärande anordning i dess användning. Där finns också regler om att åtgärder ska vidtas för att förebygga riskerna. Arbetsgivaren ska vid sin bedömning av riskerna med användning av trycksatta anordningar ta hänsyn till:

- erfarenheter från användningen av anordningen (se även Skadegruppens erfarenheter),
- uppgifter om anordningens återstående livslängd,
- utförda reparationer och ändringar,
- inträffade olyckor och tillbud, samt
- eventuella avvikelserapporter och resultat från kontroll av de trycksatta
- anordningarna.
- Av 2–4 §§ i AFS 2017:3 framgår ytterligare risker som är förknippade med användning av trycksatta anordningar

8.1.3 Processförändringar

Särskild uppmärksamhet samt kommunikation med berörda avdelningar bör iakttas vid ingrepp och förändringar som kan ge upphov till skador och påverkan i andra processavdelningar som vid:

- ingrepp och förändringar hos ång- och kondensatsystem
- mediasammankopplingar där risk finns för att föra föroreningar till matarvattensystem.
- ingrepp i gasuppsamlingssystem
- vid underhåll av styrsystem, så att nödvändiga säkerhetssystem inte sätts ur funktion.

9 Riskanalys av sodapannans tryckbärande anordning

På Sodahuskommitténs uppdrag har Kiwa som projektarbete genomfört en riskanalys av Sodapannan.
I den avslutande etappen, del 3, se nedan, begränsas riskanalysen till sodapannan som tryckbärande anordning.
Syfte med denna etapp är att uppfylla kraven på avsäkring enligt: AFS 2016:1, bilaga 1, §2.10 - Skydd mot överskridande av tillåtna gränsvärden för tryckbärande anordningar.

Uppdraget har uppdelats i steg:

- I den inledande delen var syftet att identifiera de risker som finns beskrivna i Sodahuskommitténs rekommendationer, analysera riskerna och placera dem i en riskmatris där tolerabel risknivå finns angiven, samt ange vilka riskreducerande åtgärder som Sodahuskommitténs rekommendationer anger för varje enskild risk.

- I riskanalys del 2 omarbetas de riskreducerande åtgärderna som omskrivs i SHK:s rekommendationer till en kortform och dokumenteras i riskprotokollet tillsammans med numret på den rekommendation som avses.

- I del 3, som fortfarande pågår, begränsas syftet med riskanalysen att uppfylla AFS 2016:1, Bilaga 1, § 2.10 ”Skydd mot överskridande av tillåtna gränsvärden för tryckbärande anordningar”.
  I del 3, genomförs bedömning av sannolikhet och konsekvens för de identifierade riskerna. Efter bedömning av riskerna kan ett SIL-krav enligt SS- EN IEC 61508/61 511 fastställas för säkerhetsfunktioner, SIF. Detta SIL-krav som kommer ut som resultat från arbetet kan eventuellt användas som ”Sodahuskommitténs rekommendation om lägsta SIL-krav för rekommenderad säkerhetsfunktion”.

9.1 Riskhanteringsprocess, sodapannan som tryckbärande anordning

Den metodik som använts i del 3, avseende tryckbärande anordning, inleds med en Hazop studie, baserad på sodapannans flödesscheman. De risker som identifierades i Hazop och som är föremål för avsäkringskrav enligt AFS 2016:1, bilaga 1, 2.10 - Skydd mot överskridande av tillåtna gränsvärden för tryckbärande anordningar, överfördes därefter till riskbedömning med What-If metod.
Bedömningen av SIL-krav genomförs sedan enligt metoden med riskgraf som beskrivs i EN 50156, (2015).

Arbetet kan sammanfattas i fyra steg:

- Riskidentifiering
- Riskanalys - Sannolikhet och konsekvens
- Riskvärdering - Är risken tolerabel eller ej?
- Riskreducering - För de risker som inte anses tolerabla

9.2 Metodik och analysresultat

För detaljer om tillämpad metodik i studien samt för redovisning av resultat hänvisas till Rapporter på Sodahuskommitténs hemsida.

2016–1: Riskanalys Sodapanna Fas 1
2017–1: Riskanalys Sodapanna Fas 2 Bilaga 1 Checklista Excel-fil
20xx-y: Riskanalys Sodapanna Fas 3, under arbete