LIITE I

Ohje kattilalaitosten varmennetun jännitejakelun periaatteeksi
Pöyry

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
FI-01621 Vantaa
Finland
Kotipaikka Vantaa
Y-tunnus 0625905-6
Puh. +358 10 3311
Faksi +358 10 33 21818
www.poyry.fi

Päiväys 19.1.2011

SUOSITUS KATTILALAITOSTEN VARMENNETUN JÄNNITEJAKELUN PERIAATTEEKSI

Sisältö 1 kattilalaitoksen ups-järjestelmän periaate

Liitteet

Jakelu Suomen Soodakattilayhdistys

1 KATTILALAITOKSEN UPS-JÄRJESTELMÄN PERIAATE

Ohjausjärjestelmien jännitesyötöissä tulee olla mahdollista tuoda kaksi erillistä jännitesyöttöä. Molemmissa jännitesyötöissä on normaalitilanteessa jännite. Syötöt DCS:lle ja TAJ:lle ovat käytettävissä mikäli jompikumpi syöttävistä jännitteistä on käytettävissä.

Varmennettuja jännitesyöttöjä varten tulee olla kaksi täysin erillistä UPS-laitteistoa:

- UPS 1, esim. kattilalaitoksen UPS
- UPS 2, esim. turbiinilaitoksen UPS.

Sekä DCS, että TAJ syötetään molemmista UPS-laitteistoista. Mikäli UPS-laitteistot ovat identtiset, ovat syötöt redundanttiset. Mikäli UPS-laitteistot ovat eri valmistajilta, täyttää syöttö sekä redundanttisuus-, että diversiteettisyysvaatimukset.

UPS:ien nimellistehojen tulee olla sellaisia, että yksi UPS-laite kykenee syöttämään koko UPS-järjestelmään kytketyn kuorman. UPS-laitteissa tulee olla lisäksi sellainen ylivirran syöttökyky, että UPS-järjestelmän suurin moottori saadaan käyntiin yhdellä UPS-laitteella muiden kuormien saadessa samaan aikaan niiden tarvitseman virran. UPS-laitteiden ylivirran syöttökyvyn tulee lisäksi olla sellainen, että UPS-laitteiden syöttämän UPS-järjestelmän suurin suojalaite (sulake, katkaisija tai johdonsuojakatkaisija) saadaan laukaistua yhdellä UPS-laitteella ja samaan aikaan muille lähdöille saadaan syötettyä niiden tarvitsema jatkuva virta.

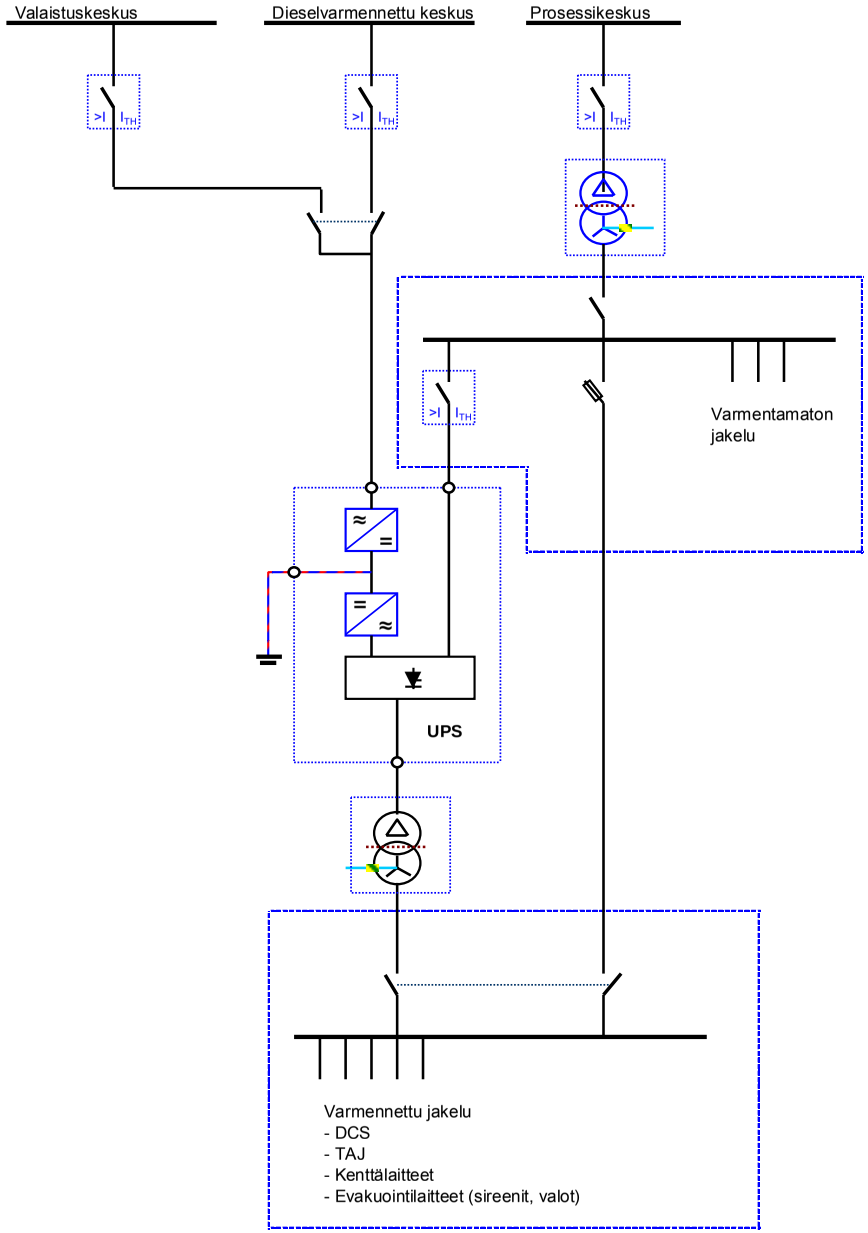
UPS-laitteistojen jännitesyötöissä tulisi käyttää kompaktikatkaisijoita. Kun syötöissä käytetään sulakesuojausta, ei vikatilanteessa saada kolminapaista katkaisua. Tämä vaikeuttaa sekä suojauksen suunnittelua, että vikatilanteen hallitsemista (varmaa kolminapaista poiskytkentää). Myös vanhojen laitosten varokekytkimet tulisi korvata kompaktikatkaisijoilla, joissa on virranrajoitusominaisuus. Näihin kompaktikatkaisijoihin on saatavissa elektroniset suojareleet jotka mahdollistavat asianmukaisen suojauksen toteutuksen.

Varasyöttö toteutetaan käsin ohjattavalla huoltokytkimellä. Varasyöttöä on tarkoitus käyttää ainoastaan UPS-laitteiston huollon aikana. UPS-laitteistot ehdotetaan syötettäviksi dieselgeneraattorilla varmennetusta keskuksesta. Tällöin akkujen toiminta-aika voidaan rajoittaa (pienemmät akut).

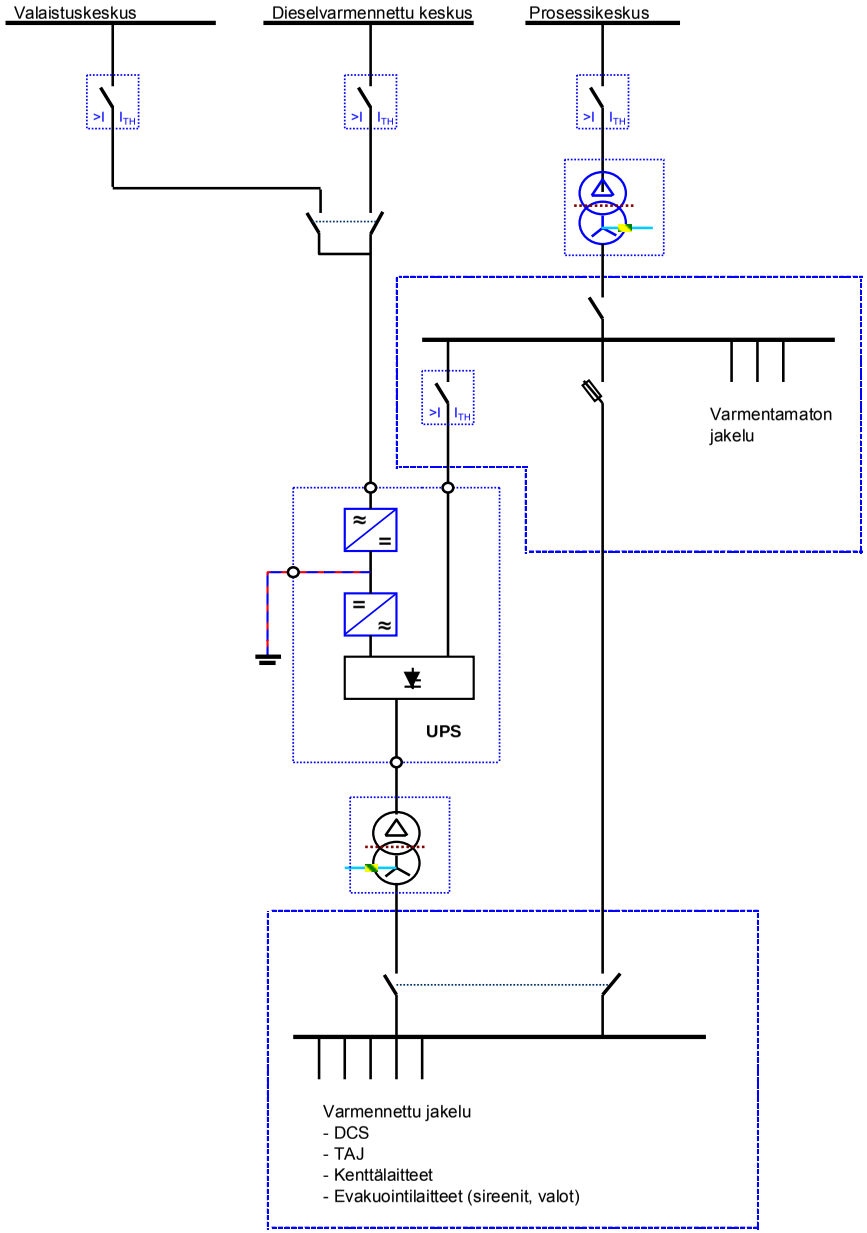
Yllä olevilla toimenpiteillä pyritään poistamaan osa laitevioista johtuvista jännitekatkoista.

Seuraavan sivun kuvassa on esitetty UPS-järjestelmän periaate. UPS-lähdön ja varmennetun jakelun keskuksen välissä oleva muuntaja on erotusmuuntaja, jonka tehtävä on erottaa galvaanisesti UPS-keskus UPS:ia syöttävästä verkosta, jolloin UPS-jakelussa mahdollisesti tapahtuvan maasulun vikavirta ei kulkeudu UPS:ia syöttävään verkkoon.

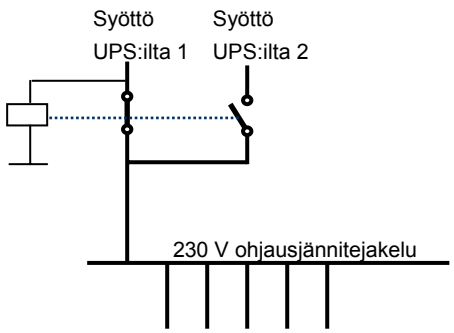
UPS 1


Valaistuskeskus
Dieselvarmennettu keskus
Prosessikeskus
>I
I_{TH}
Varmentamaton jakelu
UPS
Varmennettu jakelu
- DCS
- TAJ
- Kenttälaitteet
- Evakuointilaitteet (sireenit, valot)

UPS 2


Valaistuskeskus
Dieselvarmennettu keskus
Prosessikeskus
>I
I_{TH}
Varmentamaton jakelu
UPS
Varmennettu jakelu
- DCS
- TAJ
- Kenttälaitteet
- Evakuointilaitteet (sireenit, valot)

UPS-laitteen vikaantumisen huomioiva vaihtoautomatiikka UPS1:n ja UPS2:n syöttämässä 230 V ohjausjännitejakelukeskuksessa voidaan toteuttaa seuraavan kuvan mukaisesti:



Dieselvarmennetusta keskuksesta syötettävät laitteet:

- UPS-laitteet
- Päähöyryventtiilit
- Moottoriventtiilien UPS-keskus
- Liuottimien sekoittimet (2 kpl)
- Savukaasupuhallin (pieni)
- Varavalaistus (loisteputki)
- Lentoestevalot
- Hissi
- Nuohoojien keskuksen syöttö
- Syöttövesipumpun kytkimien öljypumppu
- Kattilahuoneen savunpoistopuhaltimet (2 kpl)
- Salarännien jäähdytysvesipumput
- Turbiinin syvävesipumpun öljypumppu
- Ohjausjännitekeskuksen (ei UPS-keskuksen) syöttö

LIITE II

TAJ määräaikaistestaus – alustava raportti
Pöyry/BMS
29.1.2011

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Raportti alustava

Suomen Soodakattilayhdistys ry

MÄÄRÄAIKAISTESTAUKSET SOODAKATTILOILLA

Raportti xy/2011

.Suomen Soodakattilayhdistys ry

MÄÄRÄAIKAISTESTAUKSET SOODAKATTILOILLA

SISÄLLYS

1 YLEISTÄ
2 SELVITYKSEN TAVOITE
3 SELVITYS
4 MÄÄRÄAIKAISTESTAUSVÄLIN JA MENETELMIEN MÄÄRITYS
5 TESTAUSMENETELMÄT
6 KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO-OHJEET
7 YHTEENVETO

MÄÄRÄAIKAISTESTAUKSET SOODAKATTILOILLA

1 YLEISTÄ

Suomen Soodakattilayhdistyksen Automaatiotyöryhmä perusti työryhmän keväällä 2010 laatimaan soodakattiloille määräaikaistestausselvityksen, jossa on koottu parhaat hyväksyttävät testausmenetelmät turva-automaatiojärjestelmään liittyville kenttälaitteille. Kohteeksi asetettiin myös selvittää, kuinka pitkä testausväli olisi hyväksyttävää ja järkevää asettaa eri tyyppisille kenttälaitteille.

Työryhmään on kuulunut puheenjohtajana Eero Hakkarainen Oy Botnia Mill Service Ab ja jäseninä Toni Henriksson Stora Enso Oyj Sunilan tehdas ja Mauri Heikkinen Pöyry Finland Oy. Selvitystä on käsitelty ja kommentoitu Automaatiotyöryhmän kokouksissa.

Selvityksessä ei oteta kantaa soodakattiloiden turva-automaatiojärjestelmien (TAJ) toteutustapoihin ja tarvittavaan henkilöiden asiantuntemukseen, vaan viitataan yleisesti Soodakattilan Turva-automaatiosuositukseen, jossa nämä asiat on käsitelty laajamittaisesti.

2 SELVITYKSEN TAVOITE

Selvityksen päällimmäisenä tavoitteena oli selvittää, miten Suomen Soodakattiloilla ja samalla myös muilla tehdaslaitoksissa määräaikaistestaustyötä olisi mahdollista keventää pidentämällä määräaikaistestausvälejä ja selkeyttämällä kenttälaitteiden testaustapoja.

Aluksi tavoitteena oli tutustua muiden toimialojen vallitseviin käytäntöihin ja yrittää hyödyntää sieltä mahdollisesti löytyviä parhaita ratkaisuja ja käytäntöjä määräaikaistestausten toteutukseen. Tavoitevaiheessa asetettiin jo tutustumiskohteiksi öljyn jalostamo ja joku voimalaitos sekä Metsä Botnian Äänekosken tehtailla oleva käytäntö.

Tavoitemäärittelyssä haluttiin lisäksi selvittää, että voiko kunnon valvonnalla ja laitteiden omalla diagnostiikalla pidentää määräaikaistestausten väliä. Ja mitä eri turva- ja painelaitestandardit ja –säädökset määrittelevät määräaikaistestauksen turva-automaatiojärjestelmään kuuluville kenttälaitteille?

Selvityksen valmistuttua tavoitteena oli myös pyytää asiantuntijat Tukesista ja Inspecta Oy:stä kommentoimaan raporttia.

3 SELVITYS

3.1 Tutustuminen muihin toimialoihin

Työryhmä päätti tutustua kolmen laitoksen vallitsevaan käytäntöön määräaikaistestauksissa eli Neste Oy Kilpilahden laitokseen, Valtion Rautateiden Helsinkin yksikköön. Tutustumisten aikana työryhmä päätti ottaa vielä mukaan Vantaan Energialaitoksen, koska VR:n määräaikaistestauskäytäntö selvisi puhelin soitolla.

3.2 Yhteenveto muiden laitosten käytännöistä

3.2.1 Neste Oy

Vierailukohteista Neste Oy:llä on lähdetty siitä, että kaikki määräaikaistestaukset suoritetaan tehdasseisokin yhteydessä, mikä on joko 4 tai 5 vuoden välein. Suunnitteluvaiheessa pidetään kiinni periaatteesta, että turva-automaatiojärjestelmään liitettävät kenttälaitteet ja niiden arkkitehtuurirakenne valitaan siten, että määräaikaistestaukset voidaan suorittaa tehdasseisokkien mukaisesti.

Testaukset Neste Oy:llä tehdään jakamalla suojapiiri lähde-, logiikka- ja kohdelaitteisiin ja testaamalla kukin osa-alue erikseen. Kuten on jo käytäntönä usealla uudemmalla soodakattilalla.

3.2.2 Vantaan Energialaitos

Vantaan Martinlaakson Energialaitoksella on turva-automaatiojärjestelmä rakennettu Metson AIU4I ja PLU-korteilla, mikä vaatii järjestelmän testaamisen aina 18kk välein. Käytäntö on kuitenkin pakottanut laitoksen tekemään määräaikaistestauksia lähettimille harvemmin ja keskittymään lähinnä impulssiputkien ja yhteiden tarkastamiseen.

3.2.3 Oy VR Rata Ab

Oy VR Rata Ab ilmoitti, että heillä ei tunneta ns. määräaikaistestausta vaan puhutaan kunnossapidosta. VR:llä kaikki laitteet ovat turvajärjestelmässä ja ovat kokoajan jatkuvassa käytössä ja on oletuksena, että laitteiden/ohjelmiston diagnostiikka löytää kaikki vikakohteet.

3.2.4 Metsä Botnia Äänekoski

Metsä Botnia Äänekosken tehtailla turva-automaatiojärjestelmä on uudistettu noin kaksi vuotta sitten ja määräaikaistestaukset tehdään harvemmin kuin muilla vastaavilla tehtailla. Esimerkiksi standardilähettimillä testaukset tehdään kahdessa vaiheessa siten, että 5 vuoden välein HART-palikalla syötetään lähettimelle ala- ja ylähälytysraja

sekä lähettimen alue (4 ja 20mA) ja tarkistetaan mA-mittarilla, että arvot vastaavat toisiaan. 10 vuoden välein tarkistetaan edellä esitetyn lisäksi myös lähettimen arvot 0%, 25%, 50%, 75% sekä 100%:ssa kalibraattoreiden (esim.paine, lämpötila jne) avulla.

Lähettimien impulssiputket ja yhteet puhalletaan seisokeissa vuoden välein.

Muut lähdepuolen laitteet kuin standardilähettimet testataan 2 vuoden välein. Samoin kohdepuolen laitteet testataan 2 vuoden välein muut kuin pikatyhjennysventtiilit, jotka testataan kuukauden välein.

3.3 Standardit ja asetukset

3.3.1 Turvastandardit EN 61508 ja EN61511

Kattostandardi EN 61508 ja sovellusstandardi EN 61511 käsittelevät määräaikaistestausta ja määräaikaistestausvälin pituutta vain suojan eheystason pysymisen kannalta määritellyssä. Standardeista ei löydy muunlaisia rajoitteita testausvälin pituudelle.

3.3.2 Painelaitelaki, standardit, asetukset

Painelaissa, KTM:n päätöksissä sekä Tukesin ohjeissa painelaitteiden määräaikaistestauksista sanotaan, että painelaitteiden lisäksi tulee testata myös turvallisuuslaitteiden ja –järjestelmien, kuten automatiikan, ratkaisut ja toimintavarmuus. Edelleen niissä annetaan rekisteröidyille painelaitteille eri testauksille testausvälien pituudet, mutta tulkinnanvaraan jää kuitenkin, tuleeko turvallisuuslaitteet ja –järjestelmät testata samalla aikavälillä vai riittääkö niille, että ne on testattu sen määräaikaistestausvälin mukaisesti, jotta vaadittu eheystaso säilyy.

Työryhmä oli yhteydessä Tukesiin ja Inspectaan tarkoituksena selvittää painelaitteisiin liittyvien TAJ:n laitteiden testauskäytäntö painelaitteiden yhteydessä.

Yleisenä informaationa painelaiteviranomaisilta on tullut, että määräaikaistarkastuksissa katsotaan painelaite sekä turvalaitteiden toiminta, mutta itse turvalaitteiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa erikseen muullakin tavalla. Esim. TET-hyväksynnällä / osoituksella ja siihen liittyvillä keinoilla ja määräaikaisvelvoitteilla. Eli näyttää vahvasti siltä, että painelaitteisiin liittyvät TAJ:n laitteet voidaan testata erillisenä painelaitteista. Oleellisinta on, että on luotettava osoitus turvalaitteiden toiminta kyvystä – mikäli niitä joskus sitten tarvittaisiin – ja määräaikaistarkastus toteaa osoituksen riittävyyden.

Työryhmä päätti ottaa kannan, että painelaitteiden turvajärjestelmään liittyvät kenttälaitteet pysyvät kunnossa niiden oman

määräaikaistestausvälin mukaisella testauksella, vaikka painelaitteita tarkistettaisiin osittain tiheämpään.

3.4 Kunnonvalvontajärjestelmät

Määräaikaistarkastusvälin pituutta voidaan pidentää hyväksytyn laitoksen tarkastuskohdetta varten vahvistamalla kunnonvalvontajärjestelmällä, jos se vaikutukseltaan vastaa määräaikaistarkastusta.

Kunnonvalvontajärjestelmä on laadittava kirjallisesti. Määräaikaistarkastukset korvaavien toimenpiteiden määrissä, sisällössä ja ajankohdissa on otettava huomioon tarkastuskohteen riskeistä, käytöstä ja tarkastuksista saadut tiedot. Toimintaan osallistuvien henkilöiden tehtävät ja pätevyysvaatimukset sekä toiminnan edellyttämien mittalaitteiden kunnossapito on määriteltävä. Painelaitteen omistajan tai haltijan on jatkuvasti kehitettävä kunnonvalvontajärjestelmää painelaitteen käytöstä ja tarkastuksesta saatujen tietojen avulla. Jos kunnonvalvontaa käytetään, tulee se käsitellä ja hyväksyttää.

Työryhmä käsitteli kunnonvalvontajärjestelmää siten, että se käsittää niin sähköisen kunnonvalvontajärjestelmän kuin myös kunnossapitohenkilökunnan toiminnan sisältäen laitteiden tarkkailun, kalibroinnin, putkien puhallukset jne.

4 MÄÄRÄAIKAISTESTAUSVÄLIN JA MENETELMIEN MÄÄRITYS

4.1 Yleistä

Määräaikaistestausvälin määrityksessä ensimmäisenä tulee laskennallinen määritys, jossa määritetään rakennetun suojapiirin eheyden säilyminen lasketulla määräaikaisvälillä. Mitä useammin testataan sitä korkeamman eheystason suojapiiri saavuttaa. Jäljempänä olevista laskennoista selviää, että laskennallisesti voidaan käytettävillä kenttälaitteilla saavuttaa hyvinkin pitkiä määräaikaisvälejä, joilla vielä vaadittava eheystaso (riskin alenema) saavutetaan.

Laskennallisen määrityksen lisäksi tulee ottaa huomioon kenttälaitteiden valmistajien suositukset määräaikaistestausten suorittamiselle. Valmistajien testaussuosituksia löytyy laite-esitteistä.

Laskennallisten määritysten ja laitevalmistajien suositusten lisäksi tulee ottaa huomioon prosessi- ja ympäristöolosuhteet, jotka määrätyissä kohteissa vaativat kunnossapitotoimia huomattavasti useammin kuin esim. laskennallinen määräaikaistestausvälin määritys osittaisi.

4.2 Laskennallinen määritys

Määräaikaistestausvälin määrittämisessä tarvitaan turvasuojiin kuuluville kenttälaitteille vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys arvot tuntiakohtia $\lambda_{D.}$ Tämä kokonaisvaarallisen vikaantumisen todennäköisyys tuntiakohti tulee vielä voida jakaa havaittujen vaarallisten vikaantumisten todennäköisyyteen λ_{DD} (tuntia kohti) ja havaitsemattomien vaarallisten vikaantumisten todennäköisyyteen λ_{DU} (tuntia kohti).

Helpoin tapa löytää ko. arvot on käyttää laitetoimittajien esitteitä tai laitetoimittajien teettämiä vikaantumisanalyysiselvityksiä valmistamilleen laitteille. Tunnetuin vikaantumisanalyysien tekijä lienee Exida. Oreda on toinen, joka on keskittynyt lähinnä öljyteollisuuden laitteisiin ja jonka kotisivuilta on löydettävissä myös mekaanisille laitteille tehtyjä analyysejä.

Vikaantumistodennäköisyysarvoja haettaessa tulee ottaa huomioon laitteen hankintavuosi. Saman laitetyypin uudemmille versioille laitetoimittajat antavat parempia vikaantumistodennäköisyysarvoja kuin vanhemmille laitteille oli saatavissa.

4.2.1 Pfd-laskenta kaavat

Pfd (probability of the failure on demand) vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä arvoa käytetään sähköisellä suojausjärjestelmällä saavutetun turvallisuuden ehestason arvioinnissa.

Kaavat on esitetty IEC 61508-6 liitteessä B.

Huom. Kaavoja sovellettaessa on huomioitava standardissa esitetyt oletukset ja rajoitukset.

Taulukossa 1 on nimitykset kaavoissa käytetyille parametreille;

Taulukko 1

MTTR (h)	Keskimääräinen palautumisaika (tuntia)
TI (h)	Määräaikaistestien väli (tuntia)
PFD_G	Laitteen keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä
PFD_{SYS}	Turvatoiminnan keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä
λ_D (1/h)	Vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys (tuntia kohti)
λ_{DD}	Havaittujen vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)
λ_{DU}	Havaitsemattomien vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)
β_D	Se osa havaituista vaarallisista vikaantumisista, joilla on yhteinen syy
β	Se osa havaitsemattomista vaarallisista vioista, joilla on yhteinen syy
t_{CE}	Laitteen ekvivalentti keskimääräinen käytöstä poissaolon aika (h)
t_{GE}	Järjestelmän ekvivalentti keskimääräinen käytöstä poissaolon aika (h)

Rakenne 1oo1

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_G = (\lambda_{DU} + \lambda_{DD})\, t_{CE}$

missä
$t_{CE} = (\lambda_{DU} / \lambda_D)\, ((T_1 / 2) + MTTR) + (\lambda_{DD} / \lambda_D)\, MTTR$, joten

$PFD_G = \lambda_{DU}\, (T_1 / 2 + MTTR) + \lambda_{DD}\, MTTR$

Rakenne 1oo2

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_G = 2((1-\beta_D)\lambda_{DD} + (1-\beta)\lambda_{DU})^2\, t_{CE}\, t_{GE} + \beta_D\, \lambda_{DD} MTTR + \beta\lambda_{DU}(T_1 / 2 + MTTR)$

missä
t_{CE} = kuten rakenteessa 1oo1

$t_{GE} = (\lambda_{DU} / \lambda_D)\, ((T_1 / 3) + MTTR) + (\lambda_{DD} / \lambda_D)\, MTTR$

Rakenne 2oo2

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_G = 2(\lambda_{DU} + \lambda_{DD})\, t_{CE}$

missä
t_{CE} = kuten rakenteessa 1oo1

Rakenne 2oo3

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_G = 6((1-\beta_D)\lambda_{DD} + (1-\beta)\lambda_{DU})^2\, t_{CE}\, t_{GE} + \beta_D\, \lambda_{DD} MTTR + \beta\lambda_{DU}(T_1 / 2 + MTTR)$

missä
t_{CE} = kuten rakenteessa 1oo1

t_{GE} = kuten rakenteessa 1oo2

4.2.2 PFD laskentaesimerkkejä eri laiterakenteille

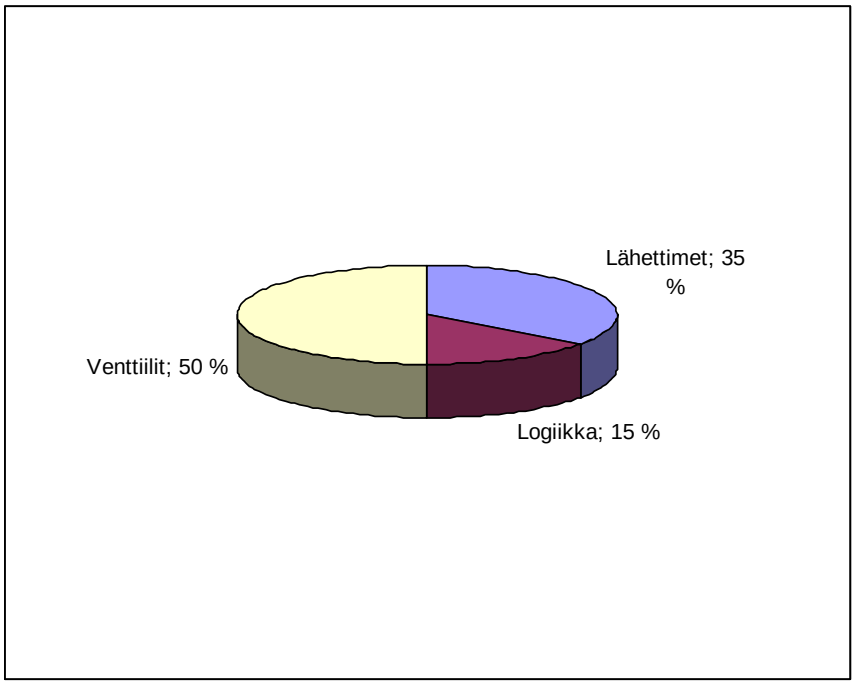
Pfd arvoja laskettaessa käytetään vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyttä tuntia kohti ja vielä siten, että vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys jaetaan havaittujen vaarallisten vikaantumisten todennäköisyyteen (tuntia kohti) ja havaitsemattomien vaarallisten vikaantumisten todennäköisyyteen (tuntia kohti). Liitteessä 1 on esitetty laitetoimittajien esitteistä sekä kirjallisuudesta saatuja vikaantumisarvoja TAJ:ään kuuluville kenttälaitteille.

Liitteessä 2 on esitetty saatuja Pfd_G arvoja eri laiterakenteille käyttämällä edellä esitettyjä kaavoja. Esimerkkilaskennassa on käytetty painelähetintä, turvalogiikkaa sekä palloventtiiliä (ks.liite 1).

Laskentaesimerkeissä on MTTR (h) :lla käytetty 8 h, B_D :llä lähettimellä arvoa 1% ja venttiilillä 5% sekä B:llä lähettimellä arvoa 2% ja venttiilillä 10%. On huomattava, että ko. arvoilla ei ole kovin merkittävää vaikutusta saatuun tulokseen.

4.2.3 Pfd laskennallinen määritys

Kenttälaitteiden vaarallisten vikaantumisten jakauma turvasuojissa jakautuu kokemusperäisesti kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Turva-automaatiojärjestelmän vikaantumistodennäköisyysjakauma alajärjestelmille.

Piirikohtaisissa yksittäisille laitteille tehdyissä laskelmissa on lähdettävä siitä olettamuksesta, että lähdepuolen (lähettimet, kytkimet jne.) osuus kokonaissuojan vikaantumisesta ei huomattavasti ylitä 35%, logiikan osuus 15% ja kohdepuolen (venttiilit, moottorit jne.) 50%. Tämä tarkoittaa esim. siteä, että suojan eheystasovaateen ollessa TET 2, ei lähetin puolen laitteiden pfd-arvo ylitä $3{,}5 \times 10^{-3}$. Näin painotus vikaantumistodennäköisyydessä suojan sisällä pysyy kokemusperäisten arvojen mukaisina ja määräaikaistestausvälit pysyvät laskennallisesti asiallisina.

Liitteessä 3 on esitetty laskentataulukko pfd-arvoille eri laitekonfiguraatioille (1oo1, 1oo2, 2oo2 ja 2oo3) ja eri pituisille määräiakaistestausväleille. Taulukko toimii siten, että taulukon sarakkeisiin $\lambda_{D,}$ λ_{DU} ja λ_{DD} syötetään liitteestä 1 tai laite-esitteistä saadut arvot. Jonka jälkeen taulukko laskee kutakin laitekonfiguraatiota ja määräaikaistestausväliä vastaavat pfd-arvot.

On huomattava, että yksittäisiä pfd arvoja hyödynnettäessä kullekin kenttälaitteelle, tulee kenttälaitetta tarkastella siten, että minkälaiseen suojaan laite kuuluu ja mikä on suojalle määritetty eheystaso (TET 1-4).

Määritettäessä suojaan kuuluvien kenttälaitteiden määräaikaistestausvälejä, tulee liitteestä 3 valita haluamansa laitteen konfiguraation mukainen ja haluamaansa määräaikaistestausväliä vastaava pfd arvo. Tämän jälkeen tulee suojaan kuuluvien laitteiden pfd-arvot laskea yhteen ja verrata

taulukoon 2, että onko valitut määräaikaistestausvälit soveltuvia ko. laitteille.

Eheystaso (TET)	Keskimääräinen vikaantumis-todennäköisyys vaadittaessa
4	$\geq 10^{-5}$ $<10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ $<10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ $<10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ $<10^{-1}$

Taulukko 2

Esimerkiksi 1

Jos laiteratkaisut ovat seuraavat:

- Rosemountin lähettimiä 3051T on 3 kpl rakenteella 2oo3
- Himan tulokortti F6217, samoin rakenteella 2oo3
- Hima logiikka H51q-HS rakenteella 1oo1
- Himan lähtökortti F3330 rakenteella 1oo1
- Metson venttiili M1+B6+Magn.ventiilillä Asco rakenteella 1oo1

saadaan liitteestä 3 seuraavat pfd-arvot, kun käytetään lähettimille määräaikaistestausväliä 5 vuotta, logiikalle 10 vuotta ja venttiilille 2 vuotta;

1,7E-05(lähetin) + 4,4E-07 (tulokortti) + 1,7E-04 (logiikka) + 1,24E-07 (lähtökortti) + 4,1E-03 (venttiili) = 4,3E-03 (koko suoja)

Nyt vertaamalla saatua arvoa taulukkoon 2 nähdään, että käytetyillä määräaikaistestausväleillä saavutetaan eheystaso TET 2.

Esimerkki 2

Jos laiteratkaisut ovat seuraavat:

- E+H massamäärämittari Promass 80/83 2 kpl rakenteella 2oo2
- Himan tulokortti F6217, samoin 2 kpl rakenteella 2oo2
- Hima logiikka H51q-HS rakenteella 1oo1

- Himan lähtökortti F3330 rakenteella 1oo1
- Metson venttiili M1+B6+Magn.ventiilillä Asco rakenteella 1oo1

saadaan liitteestä 3 seuraavat pfd-arvot, kun käytetään lähettimille määräaikaistestausväliä 4 vuotta, logiikalle 10 vuotta ja venttiilille 2 vuotta;

6,5E-03(lähetin) + 3,7E-05 (tulokortti) + 1,7E-04 (logiikka) + 6,7E-06 (lähtökortti) + 4,1E-03 (venttiili) = 1,1E-02 (koko suoja)

Nyt vertaamalla saatua arvoa taulukkoon 2 nähdään, että käytetyillä määräaikaistestausväleillä saavutetaan vain eheystaso TET 1. Jos eheystasovaateen ollessa TET 2, tulee lähettimien puolen määräaikaistestausväliä lyhentää ainakin 3 vuoteen, mieluummin 2 vuoteen, jotta päästään lähettimien 35% vikaantumisosuuteen suojassa.

4.3 Laitetoimittajien testausohjeet ja –menetelmät

Testausohjeita löytyy Rosemountilta paine-, paine-ero- ja lämpötilalähettimille sekä massamäärämittarille, ABB:ltä paine-, paine-ero- ja lämpötilalähettimille, E+H:lta paine- ja paine-erolähettimille, Siemensiltä paine-, paine-ero- ja lämpötilalähettimille sekä Yokogawalta painelähettimille. On huomattava, että testausohjeita löytynee laitetoimittajien esitteistä tulevaisuudessa enenevässä määrin myös muille laitetoimittajien laitteille kuin edellä on kerrottu.

Rosemount ja E+H ovat jakaneet turvatestauksen turvatesti 1:een ja turvatesti 2:een, joista testi 1 tehdään viiden vuoden välein HART-kapulan ja mA-mittarin avulla ja testi 2 10 vuoden välein HART-kapulan, mA-mittarin sekä painekalibraattorin avulla. Muut esittävät vain turvatestin, mikä toteutetaan HART-kapulan ja mA-mittarin avulla.

4.4 Käytännön kokemuksien huomioiminen

Määräaikaistestausvälien määrityksessä on otettava huomioon mekaaniset- ja prosessiolosuhteet, jotka on todettu vaikuttavan käytännössä määräaikaistestausten testausvälin pituuteen. Tälläisia sovelluksia voisi olla kuluttava väliaine esim. mustalipeä, joka kuluttaa lähettimien kalvoja tai sitten impulssiputkien tukkeentuminen, mikä hidastaa tai estää mittauksen toimimisen.

Liitteessä 4 on koottu käytännönkokemuksia kenttälaitteiden huolto- ja kunnossapitotarpeista, jotka tulee ottaa huomioon Turva-automaatiojärjestelmään liitettyjen kenttälaitteiden määräaikaistestausväliä määritettäessä. Liitteestä havaitaan, että on monia tapauksia, joissa laskennallinen tai laitetoimittajien suosittelema testausväli voisi olla huomattavasti pitempi, niin todellinen testaus ja/tai huoltotarve on

lyhyempi. Liitteeseen on merkattu eri kenttälaitteille suositusmääräaikaistestausvälit, joita ei tulisi ylittää tai ainakin tulisi tehdä liitteessä esitetyt huoltotoimenpiteet esitetyn mukaisesti.

5 TESTAUSMENETELMÄT

Liitteeseen 5 on koottu esimerkin omaisesti turva-automaatiojärjestelmään liitetyille erilaisille kenttälaitteille testausmenetelmiä. Testausmenetelmiä ei ole lähdetty esittämään laitetyyppien tarkuudella vaan on esitetty mittaus- ja ohjaustavan mukaan. Laitetoimittajien esitteistä tulee katsoa ensisijaisesti testausmenetelmä tai jos ei tälläistä ohjetta ole saatavilla, niin testausmenetelmään voi soveltaa liitteistä löytyvien mallien mukaisesti.

6 KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO-OHJEET

Käyttö- ja ylläpito-ohjeet tulee tulee olla laitoksella, jonka mukaisesti testaukset toteutetaan. Käytön aikaisten kokemuksien mukaan määräaikaistestausohjeistusta (testausvälejä) tulee tarkastella ja korjata tarvittaessa sopivaksi.

7 YHTEENVETO

Selvitys osoitti, että vaikka soodakattiloiden Turva-automaatiojärjestelmien määräaikaistestauksissa on ajauduttu suhteellisen raskaaseen menettelyyn, ei käytäntö muilla toimialoilla olen kovinkaan erillainen. Riippuen toimialan turva-automaatiojärjestelmän toteutusjärjestelmästä, testausmenettely esim. voimalattiloilla on jopa hankalampaa kuin useilla soodakattiloilla tänä päivänä.

Kokonaan toisen ryhmän muodostavat laitokset, joissa TAJ on toteutettu ns. jatkuvan vaateen periaatteella eli TAJ on käytössä kokoajan normaaliohjauksissa. Tällä saavutetaan se etu, että voidaan olettaa normaalitoiminnan yhteydessä dignosoinnilla löydettävän kaikki piilevät vikaantumiset ja siten määräaikaistestaukset voidaan jättää tekemättä. Tämän tyyppinen toiminta soodakattiloilla voitaisin ajatella turvalogiikalla toteutettujen poltinohjausten yhteydessä.

Selvityksen tavoitteena oli saada soodakattiloille sekä samalla muille tehdaslaitoksille ohje TAJ:n määräaikaistestaustyön saamiseksi helpommaksi ja selkeämmäksi. Koska TAJ:n toteutukset eri laitoksissa poikkeavat lukitusten ja laitteistojen osalta suurestikkin toisistaan, niin tarkkaa testausohjetta selvityksessä ei voitu tehdä, vaan selvityksessä on esitetty menettelytapa, jolla eri suojauslaiterakenteisiin saadaan määritettyä paras mahdollinen määräikaistestausväli.

Koska olemassa olevat turva- ja painelaitestandardit ja –säädökset eivät määrittele TAJ:n määräaikaistestausten teolle ja testausväleille selviä tapoja ja aikavälejä, selvityksessä päädyttiin toteuttamaan turvapiirien testaukset

jo osittain vakiintuneella tavalla eli jakamalla suoja osajärjestelmiin ja testaamalla osajärjestelmät sopivien aikavälien mukaisesti. Tämä menettely sallii suojien osajärjestelmien, joissa ei ole havaittu käytännössä vikoja, testata huomattavasti harvemmin kuin järjestelmät, joissa vikoja on ollut ja joissa niitä oletetaan olevan useammin.

Kunnonvalvontajärjestelmät antavat mahdollisuuden myös pidentää osajärjestelmien määräaikaistestausten välejä, kunhan huolehditaan siitä, että kunnonvalvontajärjestelmän käytöstä laaditaan kirjallinen selvitys ja se vahvistetaan hyväksytyllä laitoksella. Selvityksessä katsottiin kuitenkin siten, että kunnonvalvonta yleensä koskee lähetinlaitteita, joiden määräaikaistestausväli saadaan muutenkin tarpeeksi pitkäksi (5–10vuotta), ei kunnonvalvontajärjestelmällä ole kovin suurta käyttöä. Tietenkin, jos esim. venttiilit kuuluvat asialliseen kunnonvalvontajärjestelmään, kannattaa järjestelmää hyödyntää ja laatia tarvittava kirjallinen selvitys ja hyväksyttää.

Kuten pfd-arvojen laskennoista (liitteet 2 ja 3) selviää, päästäisiin varsinkin standardilähettimien osalta hyvinkin pitkiin määräaikaistestausväleihin, aina 10 vuoteen saakka. Tätä puoltavat myös laitetoimittajien suositukset jakamalla testaukset kahteen osaan, joissa osa 1 tehdään 5 vuoden välein HART-kapulalla ja lähettimien alueen tarkistus paine- tai lämpötilakalibraattoreiden avulla osassa 2 10 vuoden välein. Mutta tässä pitää ehdottomasti ottaa huomioon mittauspaikkakohtaisesti prosessi- ja ympäristöolosuhteet, jotka voivat vaatia testauksen tai tarkistuksen tekemään joko kokonaan tai osittain huomattavastikin useammin.

Käytössä olevilla laitoksilla TAJ:ään kuuluvat laitteet ovat jo useimmiten ns. ”vanhempaa sukupolvea”, tulee harkita liitteestä 1 löytyvien vikaantumistodennäköisyysarvojen käyttöä laskelmissa tai ainakin keskustella laitteen toimittajan kanssa, onko arvot käytettävissä laitoksella oleville laitteille tai löytyykö toimittajalta vastaavat arvot ko. laitteille.

Koska TAJ:n lähdepuolen laitteiden määräaikaistestausten osuus on työmäärältään ja ajallisesti huomattavasti suurempi kuin kohdepuolen laitteiden, jotka pääsääntöisesti voidaan tehdä logiikalta ”forcettamalla”, saavutetaan huomattava työmäärän ja ajan säästö, kun lähdepuolen laitteiden (standardilähettimet) testausväli saadaan tämän päivän käytäntöä pitemmäksi. Laskelmista selviää kyllä myös, että kohdepuolen laitteista esim. venttiileille voidaan saada pitempiä testausvälejä, mutta käytännön kokemukset tulee ottaa tällöin huomioon. Jos venttiilien normaaliohjaukset on toteutettu turvalogiikan kautta (esim. auki-kiinni-venttiilit), on luontevaa hyödyntää ns. kokoajan testauksessa periaatetta ja määräaikaistestausväliä voi pidentää laskennan edellyttämälle tasolle.

LIITE 1

Kenttälaitteiden vikaantumistodennäköisyysarvoja

Paine- ja paine-erolähettimien vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Rosemount	3051C	3,9E-07	3,6E-07	3,7E-08	93,10 %
Rosemount	3051T	3,7E-07	3,4E-07	3,4E-08	93,10 %
ABB	2600T - 364xx	9,3E-07	8,9E-07	4,1E-08	90,10 %
Yokogava	EJX	3,0E-07	2,8E-07	2,7E-08	94,60 %
Siemens	DS III PA, PROFIsafe <63 bar	5,7E-07	4,7E-07	1,0E-07	86,00 %
Siemens	DS III PA, PROFIsafe ≥160 bar	5,5E-07	4,5E-07	9,8E-08	86,00 %
E+H	PMP71, PMP72HT, PMP75	4,6E-07	4,0E-07	6,5E-08	92,00 %
E+H	PMC71	4,5E-07	3,7E-07	8,0E-08	91,00 %

Lämpötilahettimien vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmaistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Rosemount	3144P	4,0E-07	3,6E-07	3,9E-08	92,30 %
	3 wire RTD	4,0E-07	3,6E-07	3,9E-08	
ABB	TT*200-*H, TT*3*0-*H	4,2E-07	3,7E-07	5,0E-08	90,00 %
	2/3 wire RTD	4,2E-07	3,7E-07	5,0E-08	
Siemens	Sitrans TR200/TR300	3,3E-07	1,8E-07	1,5E-07	72,00 %
E+H	TMT122	1,6E-07	3,3E-08	1,3E-07	94,00 %
	4-wire RTD	1,6E-07	3,3E-08	1,3E-07	
E+H	TMT122	5,4E-07	3,3E-08	5,1E-07	79,00 %
	2/3-wire RTD	5,4E-07	3,3E-08	5,1E-07	
PR Electronics	PR5335 4-wire RTD	2,4E-06	2,2E-06	2,0E-07	92,00 %
PR Electronics	PR5335 2/3-wire RTD	2,4E-06	1,8E-06	5,8E-07	77,00 %

Massavirtausmittausten vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Rosemount	1700/2700 (800ECP)	2,7E-06	2,5E-06	2,3E-07	93,20 %
		2,7E-06	2,5E-06	2,3E-07	
		2,7E-06	2,5E-06	2,3E-07	
		2,7E-06	2,5E-06	2,3E-07	
Yokogava	YTA 110/310/320	5,1E-07	4,6E-07	5,3E-08	92,00 %
		5,1E-07	4,6E-07	5,3E-08	
		5,1E-07	4,6E-07	5,3E-08	
		5,1E-07	4,6E-07	5,3E-08	
Siemens	Sitrans F C Mass 6000	9,2E-07	5,4E-07	3,8E-07	72,00 %
	(HW SIL 1)	9,2E-07	5,4E-07	3,8E-07	
		9,2E-07	5,4E-07	3,8E-07	
E+H	Promass 80/83	1,2E-05	1,2E-05	1,8E-07	89,50 %
		1,2E-05	1,2E-05	1,8E-07	
		1,2E-05	1,2E-05	1,8E-07	
		1,2E-05	1,2E-05	1,8E-07	

Magneettistenvirtausmittausten vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Siemens	Sitrans F M Mag 6000 i	1,4E-06	8,6E-07	5,6E-07	93,20 %
E+H	Promag 50/53	1,1E-06	7,6E-07	3,0E-07	77,00 %
Krohne	Optiflux 4300	1,9E-06	1,8E-06	1,7E-07	91,30 %

Vortex-virtausmittausten vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Rosemount	8800D	7,0E-07	5,7E-07	1,3E-07	85,80 %
Rosemount	8800D with MTA option	1,3E-06	1,1E-06	1,6E-07	
E+H	Prowirl 72	6,2E-07	4,5E-07	1,8E-07	80,00 %
E+H	Prowirl 73	6,4E-07	4,6E-07	1,8E-07	80,00 %

Analyysimittausten vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

		λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Siemens	Oxymat 6	5,5E-07	3,7E-07	1,8E-07	74,00 %
Siemens	Ultramat 6	1,8E-06	1,1E-06	6,9E-07	87,00 %
K-Patents	Refraktrometri PR-23	3,8E-06	3,3E-06	5,0E-07	

Sähkötoimilaitteen vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Auma	SG-toimilaite ilman ohjausyksikköä	2,6E-07	2,4E-07	1,9E-08	95,00 %
	Auki/Kiinni, PVST*	2,6E-07	2,4E-07	1,9E-08	
Auma	SG-toimilaiteohjausyksiköllä	7,1E-07	6,8E-07	2,3E-08	98,00 %
	Auki/Kiinni, PVST*	7,1E-07	6,8E-07	2,3E-08	
Auma	SA-toimilaite ilman ohjausyksikköä	2,5E-07	2,0E-07	5,6E-08	91,00 %
	Auki/Kiinni, PVST*	2,5E-07	2,0E-07	5,6E-08	
Auma	SA-toimilaite ohjausyksiköllä	7,0E-07	6,3E-07	6,1E-08	95,00 %
	Auki/Kiinni, PVST*	7,0E-07	6,3E-07	6,1E-08	

PVST* = Partial Valve Stroke Test

Toimilaite + venttiili
vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

		λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Somas	1 syl.toimilaite + KVT ventt	1,7E-06	9,4E-07	8,1E-07	
*)	Magn.ventt Asco A327 A6	1,7E-06	9,4E-07	8,1E-07	
		1,7E-06	9,4E-07	8,1E-07	
Somas	2 syl.toimilaite + KVT ventt	1,8E-06	1,0E-06	8,1E-07	
*)	Magn.ventt Asco A327 A6	1,8E-06	1,0E-06	8,1E-07	
		1,8E-06	1,0E-06	8,1E-07	
Neles	L6/LG-sarja läppäventtiili	8,2E-07	2,1E-07	6,1E-07	
	B6-sarja toimilaite	8,2E-07	2,1E-07	6,1E-07	
*)	Magn.ventt Asco A327 A6	8,2E-07	2,1E-07	6,1E-07	
Neles	L6/LG-sarja läppäventtiili	1,4E-06			24
	B6-sarja toimilaite	1,4E-06			24
	ValveGuard	1,4E-06			24
Neles	X/M-sarja palloventtiili	6,8E-07	2,1E-07	4,7E-07	
	B6-sarja toimilaite	6,8E-07	2,1E-07	4,7E-07	
*)	Magn.ventt Asco A327 A6	6,8E-07	2,1E-07	4,7E-07	
Neles	X/M-sarja palloventtiili	1,2E-06			24
	B6-sarja toimilaite	1,2E-06			24
	ValveGuard	1,2E-06			24

*) Laukaisu jännitteettömänä

Asennoittimien vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Siemens	Sipart PS2, 2 wire variants	1,9E-07	4,0E-09	1,8E-07	84,00 %
Siemens	Sipart PS2A, digital shutdown in	1,7E-07	1,3E-08	1,5E-07	87,00 %

Magneettiventtiilien vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Asco	327A6 De-energize on trip, W/PVST	2,1E-07	2,1E-07	2,0E-09	99,80 %
Asco	327A6 Energize on trip, W/PVST	6,4E-07	6,3E-07	6,0E-09	99,50 %
Norgren	24011xx, TUV SIL4				

Turvareleiden vikaantumistodennäköisyysarvoja tuntiakohti

Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Dold	LH 5925	2,7E-10	1,3E-10	1,3E-10	99,70 %
ABB	Kontaktori	4,0E-08	2,0E-08	2,0E-08	

LIITE 2

Eheystason laskentaesimerkkejä

Eheystason laskentaesimerkkejä

Laskennassa on käytetty IEC 61508-6 liitteen B kaavoja

MTTR (h)	Keskimääräinen palautumisaika (tuntia)
TI (h)	Määräaikaistestien väli (tuntia)
PFD_G	Laitteen keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä
PFD_{SYS}	Turvatoiminnan keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä
λ_D (1/h)	Vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys (tuntia kohti)
λ_{DD}	Havaittujen vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)
λ_{DU}	Havaitsemattomien vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)
β_D	Se osa havaituista vaarallisista vikaantumisista, joilla on yhteinen syy
β	Se osa havaitsemattomista vaarallisista vioista, joilla on yhteinen syy

Lähdepuoli; Yksi painelähetin
Kohdepuoli; Yksi venttiili

		Rakenne	MTTR (h)	TI (h)	PFD_G	λ_D (1/h)	λ_{DD}	λ_{DU}	β_D	β
Painelähetin 1oo1 -> venttiili kiinni				**1 vuotta**						
Anturi	3051T	1oo1	8	8760	5,1E-04	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo1	8	8760	6,1E-06	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	8760	3,8E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	8760	2,3E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	3,0E-03	**SIL 2**				
Painelähetin 1oo1 -> venttiili kiinni				**2 vuotta**						
Anturi	3051T	1oo1	8	17520	1,0E-03	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo1	8	17520	1,0E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	17520	6,7E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	17520	4,6E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	5,8E-03	**SIL 2**				
Painelähetin 1oo1 -> venttiili kiinni				**3 vuotta**						
Anturi	3051T	1oo1	8	26280	1,5E-03	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo1	8	26280	1,5E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	26280	6,9E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	8,7E-03	**SIL 2**				
Painelähetin 1oo1 -> venttiili kiinni				**4 vuotta**						
Anturi	3051T	1oo1	8	35040	2,0E-03	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo1	8	35040	1,9E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	35040	1,2E-05	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	35040	9,2E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	1,1E-02	**SIL 1**				

Lähdepuoli; Kaksi painelähetintä (1oo2)
Kohdepuoli; Yksi venttiili

Painelähetin 1oo2 -> venttiili kiinni				**1 vuotta**						
Anturi	3051T	1oo2	8	8760	1,1E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo2	8	8760	1,0E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	8760	3,8E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	8760	2,3E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	2,5E-03	**SIL 2**				
Painelähetin 1oo2 -> venttiili kiinni				**2 vuotta**						
Anturi	3051T	1oo2	8	17520	2,2E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo2	8	17520	1,9E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	17520	6,7E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	17520	4,6E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	4,8E-03	**SIL 2**				

Painelähetin 1oo2 -> venttiili kiinni **3 vuotta**

Anturi	3051T	1oo2	8	26280	3,4E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo2	8	26280	2,7E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	26280	6,9E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 7,1E-03 **SIL 2**

Painelähetin 1oo2 -> venttiili kiinni **4 vuotta**

Anturi	3051T	1oo2	8	35040	4,6E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo2	8	35040	3,6E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	35040	1,2E-05	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	35040	9,2E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 9,5E-03 **SIL 2**

Lähdepuoli; Kaksi painelähetintä (2oo2)
Kohdepuoli; Yksi venttiili

Painelähetin 2oo2 -> venttiili kiinni **1 vuotta**

Anturi	3051T	2oo2	8	8760	1,0E-03	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo2	8	8760	1,2E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	8760	3,8E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	8760	2,3E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 3,5E-03 **SIL 2**

Painelähetin 2oo2 -> venttiili kiinni **2 vuotta**

Anturi	3051T	2oo2	8	17520	2,0E-03	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo2	8	17520	2,1E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	17520	6,7E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	17520	4,6E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 6,9E-03 **SIL 2**

Painelähetin 2oo2 -> venttiili kiinni **3 vuotta**

Anturi	3051T	2oo2	8	26280	3,1E-03	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo2	8	26280	2,9E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	26280	6,9E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 1,0E-02 **SIL 1**

Painelähetin 2oo2 -> venttiili kiinni **4 vuotta**

Anturi	3051T	2oo2	8	35040	4,1E-03	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo2	8	35040	3,7E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	35040	1,2E-05	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	35040	9,2E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 1,4E-02 **SIL 1**

Lähdepuoli; Kolme painelähetintä (2oo3)
Kohdepuoli; Yksi venttiili

Painelähetin 2oo3 -> venttiili kiinni **1 vuotta**

Anturi	3051T	2oo3	8	8760	1,1E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo3	8	8760	1,0E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	8760	3,8E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	8760	2,3E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 2,5E-03 **SIL 2**

Painelähetin 2oo3 -> venttiili kiinni **2 vuotta**

Anturi	3051T	2oo3	8	17520	2,4E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo3	8	17520	1,9E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	17520	6,7E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	17520	4,6E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1

PFD_{SYS} 4,8E-03 **SIL 2**

Painelähetin 2oo3 -> venttiili kiinni **3 vuotta**

Anturi	3051T	2oo3	8	26280	4,0E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo3	8	26280	2,7E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02

Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	26280	6,9E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	7,2E-03	**SIL 2**				

Painelähetin 2oo3 -> venttiili kiinni **4 vuotta**

Anturi	3051T	2oo3	8	35040	5,7E-05	3,3E-07	2,1E-07	1,2E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo3	8	35040	3,6E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	35040	1,2E-05	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	35040	9,2E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,05	0,1
				PFD_{SYS}	9,5E-03	**SIL 2**				

LIITE 3

Pfd-arvojen laskenta

Pfd-arvojen laskenta eri laiterakenteille
käyttäen määräaikaistestausvälejä 1,2,3,4,5,6 ja10 vuotta

λ_D (1/h)	5,0E-07
λ_{DD}	3,4E-07
λ_{DU}	3,4E-08
MTTR (8)	8
B_D	0,01
B	0,02

PFD-arvot	**Määräaikaistestausväli**						
Suojarakenne	1 vuotta	2 vuotta	3 vuotta	4 vuotta	5 vuotta	6 vuotta	10 vuotta
1oo1	1,5E-04	3,01E-04	4,50E-04	5,99E-04	7,48E-04	8,97E-04	1,49E-03
1oo2	3,03E-06	6,06E-06	9,12E-06	1,22E-05	1,53E-05	1,85E-05	3,14E-05
2oo2	3,04E-04	6,02E-04	9,00E-04	1,20E-03	1,50E-03	1,79E-03	2,98E-03
2oo3	3,06E-06	6,19E-06	9,41E-06	1,27E-05	1,62E-05	1,97E-05	3,47E-05

LIITE 4

Käytännönkokemuksia kenttälaitteiden huolto- ja kunnossapitotarpeista

Käytännönkokemuksia kenttälaitteiden huolto- ja kunnossapitotarpeista

Kenttälaite	Käytännön kokemukset	Testausvälisuositus
Paine-ero/paine	-Lähettimen mA-viesti ja lähettimen viritysalue poikkeaa toisistaan erittäin harvoin. Lähettimessä tapahtuu alueryömintää melko vähän ja ryömintä on yleensä markinaalista. Jos lähetin saa paineiskun prosessista taikka se muuten vaurioituu mittapaikalla sen näyttämä muuttuu yleensä siten että se havaitaan näyttöpäätteeltä.	5v
	-Laippalähettimien kalvojen kuluminen pitää tarkastaa tietyin välein. Asiasta pitäisi olla tehtaalla jokin näkemys minkä kalvot kestävät esim. polttolipeällä (korkea kuiva-aine)	4v
	-Mittausyhteen ja ilmpulssiputkien aukipysyminen tarkastettava. Lisäksi aukipysymisessä on huomioitava lähettimien 3- ja 5-tieventtiilit.	1v
	-Mittausyhteet puhallettava käynninaikana taikka heti ylösajon jälkeen (paineellisena)	1v
	-Kalibroitaessa yleisimmät viat on että nollapiste ja/tai yläpää ei ole kohdallaan. Poikkeama yleensä marginaalinen.	10v
	-Painelähettimien kalvoista löytyy ennakkohuollossa satunnaisesti kulumia taikka teräviä jälkiä joiden takia lähetin joudutaan vaihtamaan.	
	-Impulssiyhteet tukkeessa taikka osittain auki. Pelaa normaalissa toimintapisteessä, mutta äkillisessä muutoksessa hidas.	
	-Kaasuja mitattaessa tiivistyvä neste voi haitata mittausta.	
	-Pieniä paineita mitattaessa (esim. tulipesän paine) lähettimen asennusasennon suoruus vaikkuttaa merkittävästi mittaukseen.	
	-Monimuuttujalähettimen ollessa mittauksessa mukana ,esim höyryn määrä, lämpötilamittauksen oikeellisuuden tarkkailu joka menee lähettimelle . Virheellinen lämpötilamittaus vääristää mittausta merkittävästi.	
Lämpötila	-Testauksessa on parempi käyttää PT-100 simulaattoria kuin HART-kapulaa, jotta tulisi tarkastettua myöskin muuntimen R-puoli samalla kertaa.	5v/10v
	-Vikatilanteissa lämpötila-anturit näyttävät harvoin väärin, yleensä anturi joko poikki taikka oikosulussa.	
Magneettiset määrämittarit	-Putken vuorauksen/elektrodien kunto kannattaa tarkastaa tietyin välein	5v
	-Nollatessa putken näyttämää, vaikea varmistua siitä että putki on täysi mitattavaa nestettä (etenkin seisokissa).	

Kenttälaite	Käytännön kokemukset	Testausvälisuositus
	-Toimintavarmoja. Mittauksen vertaaminen muihin prosessisuureisiin ajon aikana on hyvä tehdä aina silloin tällöin että putken näyttämä on "palstallaan"	
Kuiva-aine (Refraktometri/Tiheys)	-Refraktometri luotettava mittaus, vertailunäyte 1 kerta/kk riittävä, jos muita vastaavia mittauksia (vertailu muihin mittauksiin)	Lab. Näyteottoväli
	-Vikaantuessaan refraktometri alkaa yleensä näyttämään liikaa ->huomioitava kuiva-ainelukituksessa	
	-Refraktometrin huoltoväli yleensä noin 2v (menee lipeää prisman sisään)	
	-Tiheysmittauksissa putken piikaantuminen vaikuttaa mittaukseen. Lisäksi kierrossa oleva suolan määrä näkyy hyvin selvästi ko. mittauksessa.	
Happimittaus	-Kalibroitaessa mittausta näytekaasuilla, näytekaasujen pitäisi olla lähellä mitta-alueen ääripäitä. Ilma yleensä kaukana mittauksen ylärajasta.	2v
	-Jos kattilan/puhaltimen pesua(=kosteutta) niin mittaus sondi menee helposti tukkeeseen -->Vääristää / hidastaa mittausta	
	-Mittauskennon ollessa osittain tukkeessa saattaa tulla eteen sellainen tilanne että kalibrointikaasulla mittaus näyttää mitä pitääkin, mutta prosessissa kiinni ollessaan mittaus näyttää väärin.	
	-Yksittäisen happimittauksen vertailu muihin happimittauksiin varmistaa mittausta	
	-Olisi hyvä jos on kostean ja kuivankaasun mittaus kattilassa jotta vesivuotoihin on helpompi päästä kiinni	
Moottoreiden virtamittaus	-Pihtimittarilla pääpiiristä mittaus ja vertailu näyttämään valvomossa/taajuusmuuttajassa yleensä riittävä	5v
	-Jos virtamittauksesta tehdään lukituksia/hälytyksiä pitää olla selvä ero kuormituksen ja tyhjäkäyntivirtojen välillä, jotta tieto on luotettava. Yleensä tieto yksinään epävarma	
Moottoriventtiilit	-Melko usein jos moottoriventtiili takertelee ajon aikana niin seisokissa (kylmänä) se pelaa	2v / 5v(PVST)
Impulssiputkien puhallus	-Puhallukset hyvä tehdä käynninaikana tai heti startin jälkeen. Lisäksi varmistettava 3- ja 5-tieventtiilien auki oleminen.	1v
	-Jos puhalletaan seisokissa lieriön pinnat, huomioitava että mittaukset eivät näytä oikein pitkään aikaan jos ei putkia ole täytetty erikseen. Koskee myöskin muita vastaavia mittauksia.	

Kenttälaite	Käytännön kokemukset	Testausvälisuositus
	-Jos impulssiputket puhalletaan seisokissa, niin on suuri riski, että putkistosta lähtevät liat tukkivat heti yhteet-->Puhallus heti startin jälkeen paineellisena.	
	-Pienipaineiset mittaukset hyvä puhaltaa prosessiin päin, jos se vaan on prosessin kannalta mnahdollista.	
Liekinvartijat/polttimet	-Vanhat liekinvartivat pystyy testaamaan valolla, mutta uudet vartijat eivät pelaa valolla.	2v
Pneumaattiset toimilaitteet	-Toimilaitteissa ilmenee satunnaisesti ilmavuotoja, joten niitä syytä tarkkailla ennakkohuollossa.	4v
	-Magnettiventtiileissä myöskin satunnaisesti ilmavuotoja, joten niitäkin syytä tarkkailla ennakkohuollossa.	
	-Jousi sulkee/avaa toimilaitteet eivät välillä jaksa ajaa kiinni/auki venttiiliä, jos venttiilin välissä jotakin taikka venttiili jumissa.	
Venttiilit, rajat, käyntitiedot, ääni/valo	-Jatkuvasti käytössä olevissa laitteissa (venttiilit, rajat, käyntitiedot, ääni/valo, yms. laitteet) voidaan määräaikaishuoillossa välttää turhaa testaamista hyödyntämällä tietoa siitä että käyttö ajaa laitteita päivittäin. Tällaisissa laitteissa vikojen pitäisi tulla ilmi normaalin käynninaikana.	
	Jos käyttö tekee pikapysäytystestin aina kun kattila ajetaan alas niin ilmapuhaltimien ja sähkösuotimien jännitteettömäksimenoa ei tarvitse testata määräaikaishuollossa jos toiminnot varmistetaan ja dokumentoidaan pikapysäytystestauksessa asiallisesti.	
	-Venttiilien mekaaninen kunto olisi hyvä aika ajoin tarkastaa	
Pikapysäytyspainike	-Testaus käytön toimesta aina alasajon yhteydessä ja asiallinen dokumentointi asiasta niin ei tarvitse välttämättä testata määräaikaishuollossa.	2v
-kahdet kärjet		
Pikatyhjennyspainike	-Testaus käytön toimesta aina alasajon yhteydessä ja asiallinen dokumentointi asiasta niin ei tarvitse välttämättä testata määräaikaishuollossa.	2v
-kahdet kärjet		
Hätäseis-painike	-Testaus käytön toimesta aina alasajon yhteydessä ja asiallinen dokumentointi asiasta niin ei tarvitse välttämättä testata määräaikaishuollossa.	2v
-kahdet kärjet		
Pikatyhjennysventtiilit	Kiinnitettävä huomiota testaukseen täyttäpaine-eroa vasten, mikä tulee olemaan todellinen tilanne pikatyhjennyksessä.	1 kk

LIITE 5

TAJ:n kenttälaitteiden testausesimerkkejä

Hätä-seis-painikkeiden määräaikaistestausohje

Hätä-seis-painikkeet testataan painamalla ja vapauttamalla jokainen painike erikseen. Jokaisen hätä-seis-painikkeen lukkiutuminen painettu-asentoon ja vapauttamisen toimiminen varmistetaan osana määräaikaistestausta.
Oikea toiminta kirjataan määräaikaistestauspöytäkirjaan OK-merkinnällä.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Hätä-seispainikkeiden testaus voidaan hyväksyä kytkinkohtaisesti kun:

- molemmat kärjet toimivat erillisillä kanavillaan TAJ :ään asti
- hätä-seis-painike lukkiutuu painettuasentoon
- hätä-seis-painike vapautuu oikealla tavalla
- hätä-seis-painike kaapelointeineen on vaurioitumaton
- hätä-seis-painikkeen ja kaapelin merkinnät ovat kunnossa

Impulssiputkien määräaikaistestausohje

Impulssiputket:
Impulssiputket puhalletaan vuosittain soodakattilan seisokissa. Paineellisista mittauskohteista puhallus tapahtuu ulospuhalluksena. Pienipaineiset mittaukset, kuten ilman paine- ja virtausmittaukset puhalletaan sisäänpäin paineilmapullon paineella.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Impulssiputkien puhallus voidaan hyväksyä kun:

- ulospuhallettava neste tai ilma ei enää sisällä epäpuhtauksia ja ulospuhallus tapahtuu paine huomioiden riittävän voimakkaasti
- sisäänpäin puhallettavan paineilman puhalluksesta aiheutuva ääni on tasainen ja puhallusnopeutta kuvaava puhallusääni on riittävän voimakas
- impulssiputket ovat vaurioitumattomat

Jäännöshappimittauksen määräaikaistestausohje

Jäännöshappimittaus testataan 0,5 %:n kalibrointikaasulla sekä ilmalla. Lähettimen mA-viesti todetaan kalibraattorilla. TAJ :n Himaluku todetaan TAJ :n päätteeltä.
Määräaikaistestauspöytäkirjaan kirjataan kalibrointikaasun O_2-pitoisuus ja sitä vastaava mA-signaali sekä TAJ :n Himaluku.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Jäännöshappimittauksen testaustulosten analysointia varten huomioidaan kolme suuretta mittausten määräaikaistestauspöytäkirjan testipisteissä:

- kalibrointikaasun O_2-pitoisuus
- virtasilmukkakalibraattorin mA-lukema kussakin testipisteessä
- TLJ-järjestelmän Himaluku kussakin testipisteessä

Kokonaisvirhe on kalibrointikaasun O_2-pitoisuus miinus TAJ :n Himaluvusta laskettu mittausarvo. Kokonaisvirhe voidaan jakaa, jos tarvetta on, tarkempaa tarkastelua varten mA-viestiä hyväksi käyttäen lähettimen virheeseen ja TAJ :n I/O-kanavan virheeseen. Kokonaisvirheen hyväksyttävät rajat ovat
$\pm$ 0,25 % O_2-pitoisuusprosenttiyksikköä
Jäännöshappimittauksen testaus voidaan hyväksyä kun:

- kokonaisvirhe on hyväksyttävissä rajoissa
- lähetin ja anturi kaapelointeineen ovat vaurioitumattomat
- lähettimen ja anturin kaapelien merkinnät ovat kunnossa (poikkema)

Magneettisen määrämittauksen määräaikaistestausohje

Magneettiset määrämittaukset nollataan mittausputken täyttämällä virtaamattomalla väliaineella ennen testausta. Tastaus tehdään lähettimen simulointiohjelman avulla. Lähettimen simulointiohjelmaan syötetään virtausarvot (l/s) ja todetaan vastaava lähtösignaali kalibraattorilla. TAJ-mittausarvo todetaan TAJ-:n päätteeltä.
Määräaikaistestauspöytäkirjaan kirjataan simuloitu mittausarvo annetuissa tarkastuspisteissä ja sitä vastaava mA-signaalin arvo sekä TAJ-järjestelmän Himaluku.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Magneettisten määrämittausten testaustulosten analysointia varten huomioidaan kolme suuretta mittausten määräaikaistestauspöytäkirjan testipisteissä:

- simulointiohjelmaan syötetty kunkin testipisteen mukainen lukema
- virtasilmukkakalibraattorin mA-lukema kussakin testipisteessä
- TAJ-järjestelmän Himaluku kussakin testipisteessä

Kokonaisvirhe on simulointiohjelmaan syötetty lukema miinus TAJ-järjestelmän Himaluvusta laskettu mittausarvo. Kokonaisvirhe voidaan jakaa, jos tarvetta on, tarkempaa tarkastelua varten mA-viestiä hyväksi käyttäen lähettimen virheeseen ja TAJ-järjestelmän I/O-kanavan virheeseen.
Kokonaisvirheen hyväksyttävät rajat ovat ± 2 % mittausalueesta.
Magneettisen määrämittauksen testaus voidaan hyväksyä kun:

- mittauksen nollaus on suoritettu
- kokonaisvirhe on hyväksyttävissä rajoissa
- lähetin ja anturi kaapelointeineen on vaurioitumaton
- lähettimen ja anturin kaapelien merkinnät ovat kunnossa (poikkema)

Moottoreiden virtamittauksen määräaikaistestausohje

Moottoreiden virtamittaukset testataan mittaamalla päävirtapiiristä pihtivirtamittarilla moottorin ottama virta. Virtamuuntimen mA-viesti todetaan kalibraattorilla sekä TAJ:n virtamittaus TAJ :n päätteeltä. Mittaus tehdään kahdella eri kuormitustasolla.
Määräaikaistestauspöytäkirjaan kirjataan päävirtapiiristä mitattu virta ja sitä vastaava mA-signaalin arvo sekä TAJ:n Himaluku.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Moottoreiden virtamittaukset

Testaustulosten analysointia varten huomioidaan kolme suuretta mittausten määräaikaistestauspöytäkirjan testipisteissä:

- päävirtapiiristä mitattu moottorin ottama virta
- virtasilmukkakalibraattorin mA-lukema kussakin testipisteessä
- TAJ :n Himaluku kussakin testipisteessä

Kokonaisvirhe on päävirtapiiristä mitattu moottorin ottama virta miinus TAJ:n Himaluvusta laskettu mittausarvo. Kokonaisvirhe voidaan jakaa, jos tarvetta on, tarkempaa tarkastelua varten mA-viestiä hyväksi käyttäen virtamuuntajan+virtamuuntimen virheeseen ja TAJ:n I/O-kanavan virheeseen.
Kokonaisvirheen hyväksyttävät rajat ovat ± 3,0 % hetkellisarvosta
Moottorin virtamittauksen testaus voidaan hyväksyä kun:

- kokonaisvirhe on hyväksyttävissä rajoissa
- virtamuunnin johdotuksineen on vaurioitumaton
- keskuslähdön merkinnät ovat kunnossa (poikkeama)

Moottorikäyttöjen laukaisun määräaikaistestausohje

Moottorikäyttöjen laukaisu toteutetaan katkaisemalla turvareleellä kontaktorin ohjausjännite. Kontaktori on **moottori**lähdön moottorikontaktori suorakäytöissä tai **taajuusmuuttaja**n pääkontaktori säädetyissä käytöissä. Määräaikaistestaus voidaan suorittaa niin haluttaessa ilman pääsulakkeita. Ennen laukaisukoetta moottori on käy-tilassa tai se ohjataan käyttöautomaatiosta käy-tilaan. Laukaisu aikaansaadaan ”forcettamalla” TAJ :n ulostulo TLJ :n päätteeltä laukaisutilaan. Laukaisun oikea toiminta todetaan moottorilähdöstä tai taajuus- muuttajalta tehdyillä näkö- ja kuulohavainnoilla. Käyttöautomaatiojärjestelmän ajopaikalta tai engineering asemalta todetaan, että myös käyttöautomaatio ohjaa ko. kohteen lähtönsä turvalliseen tilaan. Oikea toiminta kirjataan määräaikaistestauspöytäkirjaan OK-merkinnällä.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Moottorikäyttöjen laukaisutestaus voidaan hyväksyä kun

- moottorikontaktori tai taajuusmuuttajan pääkontaktori laukeaa
- moottorilähdön tai taajuusmuuttajan siisteys on hyväksyttävä
- kilpi- ja kaapelimerkinnät ovat kunnossa

Pneumaattisten toimilaitteiden laukaisun määräaikaistestausohje

Pneumaattisten toimilaitteiden pakko-ohjaus tapahtuu purkamalla toimilaitteen turvallisen asennon puolelta paineilman paine pois venttiilin yhteyteen asennetulla TAJ:n magneettiventtiilillä. Toimilaite ohjautuu turvalliseen asentoon jousivoimalla. Ennen pakko-ohjauskoetta toimilaite on ei-turvallisessa tilassa tai se ohjataan käyttöautomaatiosta ei-turvalliseen tilaan. Pakko-ohjaus aikaansaadaan ”forcettamalla” TAJ :n ulostulo TAJ :n päätteeltä pakko-ohjaustilaan. Pakko-ohjauksen oikea toiminta todetaan paikanpäällä tehdyillä näkö- ja kuulohavainnoilla. Käyttöautomaatiojärjestelmän ajopaikalta tai engineering asemalta todetaan, että myös käyttöautomaatio ohjaa ko. kohteen lähtönsä turvalliseen tilaan.
Oikea toiminta kirjataan määräaikaistestauspöytäkirjaan OK-merkinnällä.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Pneumaattisten toimilaitteiden pakko-ohjausten testaus voidaan hyväksyä kun:

- pakko-ohjaus toimii turvalliseen suuntaan
- pakko-ohjausliike ei takertele
- toimilaite TAJ:n venttiileineen ja kaapelointeineen on vaurioitumaton
- toimilaitteen, TAJ:n magneettiventtiilin ja kaapeloinnin merkinnät ovat kunnossa

Rosemount paine- ja paine-erolähettimien turvatestit

Paine- ja paine-eromittaukset testataan laitevalmistajan määrittelemän turvatestiproseduurin mukaisesti. Turvatestiproseduureja on kaksi erilaista, Turvatesti 1 ja Turvatesti 2, jotka tehdään vuorokerroin viiden ja kymmenen vuoden välein (kts. Tarkemmin Pika-asennusohje 00825-0116-4051, versio BA, Kesäkuu 2009)

Turvatesti 1:
Tarvittavat työkalut: Hart-isäntälaite/käyttöliittymä ja mA-mittari
1. Valitse Hart-isäntälaitteella/käyttöliitynnällä pikanäppäinsarja 1,2,2
2. Valitse ”4, Muu”
3. Anna milliampeeriarvo, joka vastaa ylärajahälytystilaa
4. Tarkista kalibraattorilla, että mA-lähtö vastaa annettua arvoa.
5. Anna milliampeeriarvo, joka vastaa alarajahälytystilaa
6. Tarkista kalibraattorilla, että mA-lähtö vastaa annettua arvoa.

Lisäksi annetaan milliampeeriarvot 4 mA ja 20 mA, jotka vastaavat mittaus-alueen ala- ja ylärajoja.
Määräaikaistestauspöytäkirjaan kirjataan annetut mA-arvot, niitä vastaavat kalibraattorin arvot sekä TAJ :n Himaluvut

Turvatesti 2:
Tarvittavat työkalut: Hart-isäntälaite/käyttöliittymä ja painekalibraattori
1. Tee anturin kalibrointitarkastus 4 – 20 mA alueella testipisteissä 0%, 25%, 50%, 75% ja 100%
2. Tarkista painekalibraattorilla, että mA-lähtö vastaa annettua arvoa.
3. Kirjaa testitulokset

Lisäksi tehdään Turvatesti 1:n mukaiset kohdat 1 - 6
Määräaikaistestauspöytäkirjaan kirjataan kalibrointipisteiden arvot, niitä vastaavat painekalibraattorin mA-arvot ja ylä- ja alahälytysrajaa vastaavat mA-arvot sekä TAJ :n Himaluvut

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Paine- ja paine-ero
Lähettimen ylä- ja alahälytysrajojen avulla suoritetaan lähettimen turvatarkastus ja 4 mA ja 20mA pisteiden avulla TAJ :n analogia- kanavan tarkastus.
Paine- ja paine-eromittausten testaus voidaan hyväksyä kun:

- Lähettimen turvatarkastus täyttää laitevalmistajan asettamat kriteerit
- TAJ :n analogiakanavan virhe Himaluvusta lasketuksi TAJ:n mittaussuureeksi on rajoissa ± 1 % mittausalueesta
- Painekalibraattorilla tehdyssä tarkastuksessa mittauspisteiden kokonaisvirhe on rajoissa ± 2 % mittausalueesta
- Lähetin kaapelointeineen ja mahdollisine impulssiputkituksineen on vaurioitumaton
- Lähettimen ja kaapelien merkinnät ovat kunnossa (poikkema)

Ääni- ja valohälytyksien määräaikaistestausohje

Ääni- ja valohälytyksien ohjaus menee Kaasuhälytyskeskus 1:teen.
Ääni- ja valohälytykset testataan valvomon paneelissa olevalla kytkimellä, jossa on ”valokoestus”- ja ”äänikoestus” asennot . Valokoestuksella koestetaan myös TAJ-kotelon TAJ:ään liittyvät merkkivalot. Kaikkien hälytys-laitteiden toiminta todetaan paikanpäällä tehdyillä näkö- ja kuulohavainnoilla.
Oikea toiminta kirjataan määräaikaistestauspöytäkirjaan OK-merkinnällä.

Määräaikaistestaustulosten analysointi ja hyväksyntä

Ääni- ja valohälytykset voidaan hyväksyä kun:

- kaikki äänihälyttimet toimivat riittävän kuuluvalla äänellä
- kaikki valohälyttimet toimivat oikein
- hälytyslaitteet kaapelointeineen ovat vaurioitumattomat
- hälytyslaitteiden ja kaapelien merkinnät ovat kunnossa

LIITE III

Turva-automaatiosuosituksen käännös

Finnish Recovery Boiler Committee

SAFETY INSTRUMENTATION RECOMMENDATION FOR RECOVERY BOILERS

Finnish Recovery Boiler Committee

Automation Work Group

15.1.2003
8.9.2008 Rev A

Recommendation 2

INTRODUCTION

The members of the Finnish Recovery Boiler Committee have desired a clear set of instructions about the implementation of the safety instrumentation for recovery boilers. This is due to a concern about safety and the variety of implementations between different manufacturing plants.

The first version of the recommendation published in 2003 was revised in the autumn of 2009.In the revised recommendation, the information that had become available by the autumn of 2008 was made use of. The new revision introduces the calibration of a risk graph for a recovery boiler, clarifies model interlocks and documentation needed as well as presents some theory about the verification of integrity levels with the help of a computational analysis.

It is not the intention of this recommendation to force the manufacturers and users to employ similar equipment and control solutions. The recommendation aims, with the help of instructions and model documents, to present an example solution, which can be used as a help for planning, design, manufacturing and use.

Our intent is to develop the recommendation further, and for this reason we ask you to send any possible observations about faults, suggestions for improvements, and experiences to the secretariat of the Finnish Recovery Boiler Committee. Our contact details can be found on the web-pages of the committee.

The committee does not assume the responsibility for any errors in this recommendation or any possible problems due to these. The updated version can be obtained from the committee's web-pages or from the secretariat.

This recommendation is translated into English. If the original Finnish text and its English language translation differ from each other, the original Finnish recommendation applies.

Finnish Recovery Boiler Committee (Registered Association)

Keijo Salmenoja
Chairman of the Board

Olli Ahava
Chairman of the Automation Work Group

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE
P.O. BOX 4 (Jaakonkatu 3)
FIN-01621 VANTAA

Puhelin Telephone
+358 10 3311

Telefax
+358 10 33 21163

Internet
http://www.soodakattilayhdistys.fi

Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)

SAFETY INSTRUMENTATION RECOMMENDATION FOR RECOVERY BOILERS

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

CONTENTS:

INTRODUCTION **0**

1 GENERAL **5**

1.1 Sources 6
1.2 Concepts and definitions 6

2 PART 1 ..... **10**

2.1 GENERAL 10
2.2 MANAGEMENT OF OPERATIONAL SAFETY 10
2.4 ORGANIZATION 11
2.4.1 Parties 11
2.4.2 Competency requirements 13
2.5 DOCUMENTATION 13
2.5.1 Definition phase 15
2.5.2 Planning and implementation phase 17
2.5.3 Testing documentation 19
2.5.4 Operation and maintenance phase 20
2.6 THE LOGIC SOLVER OF THE SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM 20
2.6.1 The plan for a logic solver (hardware) 21
2.6.2 The plan for the logic solver (software) 22
2.7 FIELD EQUIPMENT 23
2.7.1 General 23
2.7.2 Measuring devices 24
2.7.3 Push buttons and switches 24
2.7.4 Valves 25
2.7.5 Pumps and fans 25
2.7.6 Motor valves 26
2.7.7 Safety switches 26
2.7.8 Voltage supply 26
2.8 FIELD DESIGN 26
2.8.1 Installation targets 26
2.8.2 Measurement points 26
2.8.3 Root valves and installation valves 27
2.8.4 Cabling 27
2.8.5 Markings 27
2.9 SAFETY LOCKING FOR THE RECOVERY BOILER 27
2.9.1 Boiler protection 28
2.9.2 Ventilation conditions for the boiler 30
2.9.3 Furnace ventilated 32
2.9.4 Boiler burning permit for startup burners (furnace ready) 33
2.9.5 Burning permit for the startup burner 33
2.9.6 Boiler burning permit for load burners (furnace ready) 34
2.9.7 Burning permit for the load burner 35
2.9.8 The emergency-stop for auxiliary fuel 36

2.9.9 Feeding permit for diluted non condensible gases ... 37
2.9.10 Burning permit for concentrated non condensible gases ... 37
2.9.11 Start permit for liquor recycling ... 38
2.9.12 Liquor firing permit ... 39
2.9.13 Emergency-stop for liquor firing ... 39
2.9.14 Start permit for liquor loop washup ... 40
2.9.15 Start permit for boiler floor washup ... 41
2.9.16 Stopping of air fans ... 41
2.9.17 Main ESD ... 42
2.9.18 Rapid drain ... 44
2.10 TESTING ... 45
2.10.1 Factory acceptance testing ... 45
2.10.2 Deployment testing and periodic testing ... 46
2.10.3 Testing of safety logic ... 46
2.10.4 Testing of field circuits ... 47

3 PART 2 ... 48

3.1 GENERAL ... 48
3.1.1 General risk graph ... 48
3.1.2 Verification of the integrity level for safety instrumented systems ... 48
3.1.3 Interlock diagrams ... 48
3.1.4 Display images ... 49
3.1.5 Circuit design and wiring diagrams ... 49
3.1.6 Testing documents ... 49
3.1.7 Operation and maintenance guidelines ... 49

SUMMARY ... 50

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDICES:

Appendix 1 Definition of the safety integrity level for a recovery boiler with the help of a risk graph
Appendix 2 Verification of integrity levels
Appendix 3 Examples of interlock diagrams
Appendix 4 Models of basic diagrams
Appendix 5 Example of a loop wise functional description
Appendix 6 Examples of monitoring displays
Appendix 7 Models of loop and wiring diagrams
Appendix 8 Models of testing documents
Appendix 9 Guide for operation and maintenance
Appendix 10 Marking recommendation for safety related systems

Deleted: ie

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

1 GENERAL

This recommendation applies to **S**afety **I**nstrumented **S**ystems (**SIS**) for recovery boilers.

The responsibility for this recommendation is assumed by the Automation Work Group of the Finnish Recovery Boiler Committee. The first version of the recommendation was completed in 2003.

The recommendation was revised in 2008 on the instructions of the Automation Work Group of the Finnish Recovery Boiler Committee. The credits for the revision belong to Chairman Mauri Heikkinen Pöyry Forest Industry Oy and the members Sami Forsström Andritz Oy, Reijo Hukkanen Stora-Enso, Mika Kaijanen Tukes, Raimo Koskinen Sunila Oy, Heikki Lappalainen Andritz Oy, Esa Palojärvi Metso Power Oy, Kauko Ylioinas BMS Kemi and Janne Peltonen Mipro Oy.

The recommendation aims, with the help of instructions and model documents, to present an example solution, which can be used as a help for planning, design, manufacturing and use. Any laws, decrees and the instructions and guidelines by competent authorities should be observed and abided to.

The recommendation has been carefully prepared, and, on drawing it up, the opinions of various interest groups (factories and device suppliers) about the structure and activities of SIS have been listened to. Also, the starting point has been that the equipment to be used complies with the requirements of the laws and degrees in effect in Finland and of the authorities responsible. The responsibility for the implementation of SIS belongs to the manufacturers of the equipment and those who implement its control system. It is the responsibility of the users or operators to ensure that SIS is employed correctly and with care and maintained in a similar way.

The recommendation is aimed to comply with the EN-61508 and EN-61511 standards as far as applicable in respect to the definition of safety instrumentation, design, implementation, operation and maintenance. This applies to both the recommendations concerning implementation as well as to the model documents.

This recommendation is divided in two parts: Part 1 is the implementation recommendation, and Part 2 contains the model documents related to the implementation. KLTK's Safety instruction G10, for example, presents general information about how to carry through a SIS project and about SIS's lifecycle. These matters are not repeated in this recommendation. When the need has arises, there is a reference to the instruction in question.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

1.1 Sources

EN 61508 (Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems, Parts 1-7).

EN 61511 Functional safety: Safety Instrumented Systems for the process industry sector, parts 1-3.

IEC 62061 Safety of machinery – Functional safety – Electrical, electronic and programmable electronic control systems.

SFS-EN 50156 Polttolaitteistojen sekä niiden apulaitteiden sähkölaitteet, osat 1-3. (Electrical equipment for furnaces and ancillary equipment, Parts 1-3)

Decree on the Industrial Handling and Storage of Dangerous Chemicals, 29th January 1999/59

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta 8.10.1999/953. (The decision of the Ministry of Trade and Industry concerning the safety of pressure equipment) 8th October 1999/953).

97/23/EC Pressure Equipment Directive

98/37/EC Machinery Directive

TUKES-julkaisu 4/2000, Opas kattilalaitoksen vaaranarvioinnin laatimiseksi. (TUKES publication 4/2000. Guide for boiler plant risk assessment)

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea (KLTK) Suojeluohje G7 Soodakattilat 2000 (The Safety Committee for Boiler Plants (KLTK) Safety Instruction G7 Boiler plants 2000).

TUKES-opas 2007, Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. (TUKES guide 2007. Safety automation in process industries.

1.2 Concepts and definitions

Diagnostics is an operation performed by a safety related system or by some external system or a group of operations by which it is possible to discover a failure suffered by some system related to safety.

Diagnostic coverage (DC) reveals, in percentage terms, the portion of the dangerous faults in the system detected with the help of the diagnostic operations.

Self-diagnostics refers to operations used to discover failures. Utility programs in programmable safety devices are used to test the components

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

of a programmable control unit or one of its channels (e.g., ROM) or the operations of operable modules (e.g., I/O modules).

Residual risk is the risk that still remains after some risk related safety systems have been implemented, in accordance with the risk reduction principles, for the process under control.

Acceptance is used to show, with the help of inspections and testing, that SIS, after its installation, complies with all the safety requirements set for it.

Target is a device or operation that SIS guides to a safe state if necessary.

Usability is the probability by which a planned functionality operates when required.

Operating system is the basic software for SIS.

The closed current principle means that a safety function remains in operation readiness with the help of constant auxiliary energy input and can function when the energy supply is interrupted.

Source signifies a measurement or operation, which either alone or together with another source can trigger a safety function, i.e., to lead the sources into a safe state.

The period between scheduled tests is the time period after which the safety related system will be regularly tested to discover the hidden faults that may have accumulated in the system during that period.

Basic process control system (BPCS) is an automation system which does not include safety related systems and is meant for the normal regulation and control of a recovery boiler plant.

Process safety time is the time period between an appearance of a dangerous fault in the control system and the moment when an accident will happen due to this dangerous fault if the safety function is not performed.

Risk refers to the combination of the probability of a certain dangerous event and of its consequence.

Risk analysis aims to systematically make use of available information to recognize hazards and to estimate the magnitude of risks that people or a population, property, or an environment is subjected to.

Risk assessment is a process that combines risk analysis with the assessment of the risk's significance.

E/E/PE is based on electric (E) and/or electronic (E) and/or programmable electronics (PE) technologies.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Protection means mechanical control by which the target to be controlled is lead to a safe state if the circumstances so demand. Protection functions regardless of possible interlocks or new controls. The functions of a safety related system are, typically, protections.

SIS means Safety Instrumented System and consists of sensors, logic solvers, final control elements (relays, valves, motors etc.) and the cabling between these.

SIS logic part (SISl) is that part of SIS that is connected to sensors and actuators.SRS is an acronym for Safety Related System and it consists of mechanical safety systems (e.g., safety valves) and of Safety Instrumented System (SIS).

Verification scrutinizes every work phase with practices of checking and acceptance that conform to a certified quality system.

Safe failure results, in a case of a failure of some device or system, in a safe state, or the failure does not affect the operation of safety functions.

Safety integrity describes the reliability of a safety function, i.e., that the safety function is realized when needed. Safety integrity combines the safety integrity of the equipment (equipment failure) as well as the systemic safety integrity (systematic errors in the system implementation).

Safety integrity level (SIL) is a discrete level to define the requirements of safety integrity of the safety functions for E/E/PE systems that are safety related. The safety integrity levels are graded from 1 to 4. Of these, 4 is the highest safety integrity.

Type acceptance is an inspection by a third party to ensure that a product, process or service that is appropriately identified complies with a certain standard or with detailed requirements.

Work flow principle ensures that a safety function is activated when the device receives an input of auxiliary energy.

Hazard is a possible source of damage or a situation enabling damage to occur.

Dangerous occurrence can give rise to damage.

Damage signifies a physical injury or health hazard or damage to property or environment.

Redundancy means performing the same function with two or more parallel devices or systems. In spite of their apparent independence, the different channels used to effect redundancy may run the risk of a common failure.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Fault or malfunction indicates an abnormal state, which might reduce the capability of a device or a system to perform a required safety function.

Failure means that a device or a system is no longer capable of performing a required safety function. Failures are either of a random nature (in devices) or systematic (in devices or programs).

Fault tolerance is the capability of a device or a system to continue performing the required safety function regardless of a failure. Fault tolerance in the implementation of safety functions is normally attained by employing redundancy or fail-safe structures.

Fault tolerance time is the period between the occurrence of a hazardous situation (caused by the process itself or by a device malfunction) and the point in time when the process behavior changes to a critical mode, the result of which is a dangerous event if there are no safety systems employed.

Common failure is a failure which causes a simultaneous failure in two or more channels that are performing a safety function in a multichannel system.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2 PART 1

2.1 GENERAL

The safety instrumentation of a recovery boiler is that part of the automation system that reduces risks by protecting the boiler from getting into a dangerous condition, or in a dangerous condition guides the boiler into a safe condition. The acronym SIS (Safety Instrumented System) is used for safety instrumentation. SIS includes the equipment and installations (for example, logic, cabling, and field and electric equipment) needed for the implementation of safety functions.

2.2 MANAGEMENT OF OPERATIONAL SAFETY

The management of the plant's operational safety is a part of the implementation of SIS. An essential part of SIS is documentation, which ensures that the assessment and maintenance of the safety level of safety systems is possible. During the duration of the entire undertaking, it must be kept in mind regarding the documentation, that one should be able to trace the systematic verification and acceptance of the integrity levels. Drawing up of an appropriate safety plan for the project guarantees that all the necessary actions to ensure safety will be done.

The lifecycle of SIS is divided into a definition phase, design and building phase, installation and verification phase, and operation and maintenance phase. The recommendation based on IEC61508 presents, generally applied, the phases, responsibilities and documentation of the life cycle.

Verification must be applied at each work stage during the project, and the overall acceptance should take place at the final installation location before star-up.

2.3 RISK ASSESSMENT

Recovery boilers must be subjected to risk assessment, which includes a hazard and risk analysis and an evaluation of the significance of the risk. In evaluating the significance of the risk, one should consider different danger situations and their consequences, and then decide about the degree of tolerability that is acceptable. Risk reduction which is deemed necessary may consist of different SRSs and of external means to reduce risks (education, restricted movements, or other ways). SRS includes, in addition to SISs for E/E/PE, also SRSs for other technology such as safety valves, rupture disks etc.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

It is useful to divide the hazard and risk analysis into two processes, so that the first process focuses on finding unrecognized hazards and the second on the evaluation of the risks discovered. By first concentrating solely on detecting hazards will ensure that the end results in charting those hazards will be as good as possible.

The safety integrity level (SIL) by safety functions is to be defined based on the hazard and risk analysis. The most widespread method in the definition of the safety integrity level is risk graph in accordance with EN 61508 and 61511. The method is based on risk consideration, where the consequences of, exposure to, the possibility of the avoidance of a danger and its frequency of occurrence are observed when SIS is not being used. The risk graph and calibration suitable for recovery boilers are shown in Appendix 1 of Part 2. Calibration is shown separately for damage to persons, environment, materials, or property. The appendix also shows a model of a hazard and risk analysis form, in which hazards, the reasons for those hazards, their consequences, as well as the current preparation and extent (the required safety integrity level, SIS) are presented.

2.4 ORGANIZATION

The parties to the different phases in SIS project and their responsibilities must be defined in the beginning of the project. SIS's safety plan must present the tasks of the various parties, supply limitations (equipment, documents) and participation in tests and commissioning.

It is necessary to contact a permission authority or inspection office in good time and find out about the required assessment, inspection and permission procedures.

2.4.1 Parties

2.4.1.1 2.4.1.1 Operator

The end user (operator) is responsible for providing the chemical and process information and requirements specification that are essential for SIS. If the delivery of SIS is separate from the complete boiler system, the operator must assume the responsibility for the functionality and acceptance of the whole.

It is the operator's responsibility to ensure the maintenance, change management and periodic testing for the equipment in operation.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.4.1.2 2.4.1.2 SIS supplier

The supplier of SIS must supply a system that meets the requirements specifications of the operator and complies with those of the law.

2.4.1.3 Boiler supplier

The boiler supplier is responsible for the equipment it delivers. If SIS is also included in the total delivery of the boiler, the supplier also takes the responsibility for its documentation, appropriateness, suitability and for the necessary inspections and acceptance procedures.

2.4.1.4 Assessor of SIS

An inspection office or a party that has no self-interests in the manufacturing and is competent can act as an assessor of SIS depending on the skill and competency. The operator or the supplier of the boiler selects a suitable assessor, but it is recommendable that, for the selection, there is communication with the authorities responsible for assessing compliance to the requirements - generally this is the inspection office.

The assessor inspects and verifies the application's operational safety and its compliance with the requirements. The assessor inspects the actions of each phase (definition, planning, implementation, operation and maintenance) of the lifecycle and information obtained from each of the phases. It is the task of the assessor to decide whether the aims of the applied standards and the requirements and procedures decreed have been complied with.

2.4.1.5 Inspection office

The tasks of the inspection office include the evaluation of the safety instrumented systems for pressure equipment, especially for integrated machinery and in periodic inspections. It is also the task of the inspection office to ensure the technical safety and reliability of the equipment being built and implemented and, after that, when it is being used.

2.4.1.6 Authority

Tukes (Safety Technology Authority) is the controlling authority in Finland for technical safety and reliability in its field. Its area of activity includes, among others, industrial handling of dangerous chemicals and pressure equipment and pressurized systems.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Tukes grants permits for plants involved in extensive industrial handling and storing of dangerous chemicals. Modifications and extensions which can be considered equal with building a new plant need a Tukes's permission.

In connection with the permit application or notification about a modification, the operator must present the plans regarding the principles and sufficiency of the implementation of SIS for the planned purpose and the inspection methods to be used during the system use.

2.4.2 Competency requirements

All the persons who deal with the operations of the SIS as a whole or of the lifecycles of software safety, including managerial tasks, should have the appropriate education, technical know-how, experience and competence which are related to their specific tasks.

The competence of the persons responsible for the planning, testing and commissioning of SIS must be indicated in the description of SIS. In addition, the documentation must contain information about the persons responsible. That information must show their education, competence and previous experience in SIS projects.

The following factors should be considered when considering the competence of these persons for their tasks.

- Appropriate technical knowledge suited to their application area
- Technical knowledge applicable to the technology in question (e.g., electrics, electronics, programmable electronics and software technology)
- Knowledge about the safety technology applicable to the technology in question
- Knowledge about legislation and safety regulations
- The consequences if the systems related to E/E/PE safety do not function
- The safety integrity levels of the systems related to the E/E/PE safety.
- The novelty of planning methods, structure or application
- Previous experience and its significance in relation to the particular tasks to be performed and the technology to be used
- The importance of competency in the particular tasks to be performed
- Courses taken that are related to the subject

2.5 DOCUMENTATION

Documentation must be made such that the matters are presented either in the same documentation or with clear references to other documents.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The table of contents could be made of, for example:

Definition phase
- Safety plan
- Hazard and risk analyses
  - Hazop analysis
  - Integrity level definitions
- SIS requirement definitions
- Evaluation report for the definition phase

Planning and implementation phase
- Functional specifications
- Safety locking diagrams
- SIS implementation description
- Field equipment guide and installation instructions
- Verification of integrity levels
  - Integrity level calculations and failure rate data
- I/O card and box layout for safety logic
- Plan for installation and commissioning
- SIS logic diagrams
- SIS program diagrams
- SIS displays
- Loop design and wiring diagrams
- Factory acceptance tests
  - FAT plan
  - FAT instruction
  - FAT test record
  - FAT test report
- Assessment report for the planning and implementation phase

Installation and acceptance phase
- SAT plan
- SAT instruction
- SAT records
- SAT acceptance report
- Assessment report for the installation and acceptance phase

Operation and maintenance phase
- Plan for operation and maintenance
- Plan for periodic testing
- Instructions for periodic testing
- Records for periodic testing
- Reports for periodic testing
- Assessment report for the operation and maintenance phase

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.5.1 Definition phase

The documents of the definition phase are drawn up in collaboration with the operator, with the persons responsible for the electrical design and instrumentation design and with the main equipment supplier.

2.5.1.1 Safety plan

The safety plan presents an implementation plan related to safety. It describes the process of a SIS project by stages and the methods by which safety is ensured. The focus is on quality assurance and matters related to the assessment of the appropriateness of the implementation.

The contents of the safety plan are, briefly:

1. Target
A short description of the target (plant)

2. Regulations, recommendations and standards to be applied
A list of laws, regulations, recommendations and standards to be followed in the definition, planning and implementation of the plants' SRSs.

3. Supply limitations
A short clarification about the planning and implementation supply limitations regarding the client, equipment supplier and SIS supplier.

4. Organization and responsibilities
The persons who are responsible for the definition, planning and implementation of SIS, tasks, responsibilities, supply limitations and competency (see 2.4.1).

5. Documentation
A short description about the documentation to be produced during the definition, planning and implementation of SRS.

6. Modification procedures
A description about how the management of possible changes is to be realized during the planning, testing, commissioning and maintenance phases.

7. Testing, inspection, survey, acceptance and auditing methods
A short description about the testing, inspection, survey, acceptance and auditing procedures to be used during the project.

8. Training plan
A short description about the training on safety functions and about SIS training for the operational personnel.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

9. Schedule
The main issues, documents and different inspections for the definition, planning and implementation of SIS are defined in the schedule.

2.5.1.2 Hazard and risk analysis

Generally, it is the main equipment supplier who draws up the hazard and risk analysis, which is then examined together with the operator. The document should consider dangers associated with recovery boilers and assess the related risks and risk reduction methods.

There are two stages for the hazard and risk analysis:

Stage 1 (HAZOP or similar)
In stage 1, a hazard assessment is made for a plant/equipment/device by using, for example anomaly examination (HAZOP Hazard and Operability Study) or a similar analysis method.

In the assessment the actions to reduce risks are defined with SIS or by other risk reduction methods (e.g., rupture disks, safety valves).

Stage 2 (SIL definition)
In stage 2, an assessment is made, based on the report of stage 1, about the risks associated with hazards and about risk reduction methods. Safety integrity levels (SIL) for the safety functions to be implemented in SIS are also defined. Risk assessment focuses on personal risks, but also serious environmental harm, material damage and production losses may be assessed.

Appendix 1 in Part 2 shows in more detail the implementation and documentation of the hazard and risk analysis for a recovery boiler.

The necessary parts of hazard and risk analyses must be updated if in the planning and acceptance stages:
- decisions are made, which can change the grounds of the decisions made in stages 1 and 2
- new hazard situations come up

2.5.1.3 SIS requirement specification (safety functions implemented by SIS)

The requirement specification for SIS are normally provided by the main equipment supplier. The requirements definition is based on the hazard and risk analysis, and it must contain the functional requirements of total safety for the SIS equipment and for SIS safety functions (descriptions of safety functions) and their integrity level requirements. The level of safety must be defined for each recognized hazard.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The requirement specification discusses the requirements expected from the operations and reliability of safety functions, verification of compliance with the requirements, as well as preparation for hazardous situations, their prevention, limitation of consequences etc.

The requirement specification must be completed before the definition of SIS's logic part and its procurement.

2.5.1.4 Safety interlock diagrams

Interlock diagrams are designed by the main supplier. In the safety interlock diagrams all the safety functions presented in the requirements definition are shown unambiguously.Correct device positions are used and the interlock values for process variables are shown as accurate number values. The interlock diagrams should be completed before programming starts.

2.5.1.5 Field equipment guide and installation instructions

The field equipment guide and installation instructions show the field equipment solutions to be used in the project for the planning and design of instrumentation and electrification. The instructions must also give instructions about installations and markings.

2.5.2 Planning and implementation phase

The documentation for the planning and implementation phase presents the part of the SIS documentation that is created when a SIS is designed and completed in accordance with the definition phase.

2.5.2.1 Description of SIS implementation

The description of SIS implementation shows the part of the safety instrumented system and the part of the field equipment. The description of the logic solver is created by the supplier of the safety instrumented system. The description of the field equipment and installation is created by the designer of the electrical and instrumentation plan supplementing the part done by the supplier of the safety instrumented system, or a separate implementation description is drawn up by that designer.

A selection of the principles to be used in the implementation of SRS is made in the SIS's implementation plans. The description must indicate the equipment used and their behavior in possible equipment break-downs as

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

well as the necessary program blockings to prevent outsiders from changing calibration or parameters.

When selecting the implementation principles, attention should be paid to the SIS's periodic tests and testing interval. One should note that it should be possible to organize a considerable portion of the periodic tests to be conducted during the normal operation of the plant and in connection with its shutdown as well as with its startup.

2.5.2.2 Verification of integrity levels

Verification of integrity levels is part of the implementation description. In verification, the attainability of safety integrity for safety functions must be shown, in accordance with the hazard and risk analysis and the requirement specification. Verification must be performed by examining separately the sufficiency of the device architecture and the probability of an equipment failure due to a fault. This should be based either on the reliability data (failure rate, failure rates due to dangerous faults, and diagnostics) related to the field equipment and logic solver or, if these values are missing, on other estimations and experience. The verification of integrity levels is explained in more detail in Appendix 2 of Section2.

Integrity level calculations are the task for the supplier of the safety instrumented system. These calculations are based on the reliability data (failure rates, failure rates due to dangerous faults, and diagnostics itself) obtained from the designer of the field sections (electrification and instrumentation).

2.5.2.3 The safety instrumented system's layout for cabinets, boards and I/O.

The safety instrumented system's layout for cabinets, cards and I/O is designed by the system's supplier. The layouts must also show any possible spare cards.

2.5.2.4 The plan for installation and commissioning

The plan for installation and deployment consists of several documents from different areas. The complete document is produced by the end client, who collects documents from the different areas of interest to be used in the planning of deployment. The client also draws up a detailed schedule about the stages of deployment and the duties and responsibilities for each party.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The plan for the installation and commissioning of the logic solver, electrification as well as of instrumentation is to be accomplished by the designers of the areas of interest in question.

2.5.2.5 SIS program diagrams

The programming for the SIS's logic solver is the responsibility of the system's supplier. The program must have such documentation that it can be understood without the presence of the program author.

2.5.2.6 SIS displays

SIS displays are shown either on SIS's own terminals or in the normal process control system.

2.5.2.7 Loop and wiring diagrams

The text "RELATED TO INTERLOCKS" must be affixed to the loop and wiring diagrams of the field equipment that is to be connected to the safety instrumented system. The loop and wiring diagrams are made by the designer in that area.

2.5.3 Testing documentation

Testing (FAT factory acceptance testing, SAT site acceptance testing, and periodic testing) documentation includes a testing plan, testing instructions, testing records, and a testing report.

2.5.3.1 Testing plan

The testing plan includes the target of testing, testing organization, conditions for testing, documentation needed in testing, testing equipment, testing methods, testing acceptance criteria, instructions for creating a testing report, as well as the report distribution.

2.5.3.2 Testing instructions

Accurate testing instructions based on tests are made. The instructions explain the preparations for each testing stage, and instruct on how to simulate the sources and how to realize possible temporary connections

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

between the channels. They also explain the interlocks (objects) for each testing stage. Different equipment combinations (1/2, 2/3) must be tested separately and presented in the testing instructions.

The aim of the testing instructions is to guide the testing to such an accuracy that it is possible, afterwards, trace the testing process.

2.5.3.3 Testing records

The testing records must be prepared beforehand in line with the testing instructions and in such a way that the operations realized and the interlocks occurring can be witnessed and the locking limits can be written down.

2.5.3.4 Testing report

The testing report is prepared at the end of testing. The report states the testing target, date, and participants and includes a mention about the test acceptance and the signatures and their clarifications of all the participants. In addition, the modifications and additions made on the definition and testing material are recorded in the report. If the repair, modification and addition operations cannot be tested with the testing under way, it should be recorded when the deficiencies will be tested.

The end client or the supplier of the safety instrumented system is responsible for creating the testing plan, instructions and the testing records.

2.5.4 Operation and maintenance phase

2.5.4.1 The plan for operation and maintenance

A plan for the operation and maintenance of the safety instrumented system must be made. This plan should tell about the target of the plan and the persons responsible for it, and contain an explanation about SIS's documentation, an introduction of the operating and maintenance personnel to SIS, the plant's general safety instructions, guidance to periodic testing, and instructions for maintenance and modification procedures (permissions, acceptances, documentation etc.). The plan is drawn up by the end client together with the supplier of the safety instrumented system.

2.6 THE LOGIC SOLVER OF THE SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM

The logic solver (SISl) of the safety instrumented system must be independent of the basic process control system. It can, nevertheless,

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

be connected to the basic process control system through, for example, bus-connections or hardwiring. A separate SIS unit means a separate logic or a (integrated) logic that has been built with separate control system components and contains only the operations meant for safety protections. It should be kept in mind that the logic solvers and the components must be certified for the purpose intended.

SISl is implemented in accordance with the defined highest integrated safety level based on the hazard and risk analysis. Even though the above mentioned logic solvers, as single-channeled, had been accepted at the safety integrity level 3 (SIL3), SISl when connected with a recovery boiler, for the sake of usability, must be built in such a way that the processors can be changed during the operation. Similarly, redundant I/O's for the input and output cards must be located in such a way that the failure of an individual card cannot result in the deterioration of the usability or safety of the plant.

The measurements of the circuits related to SIS are wired first to SIS1, from where the measurement data for indications, reporting, control and for similar needs is lead to the process control system either directly through a bus, through an I/I transformer or with additional outputs from SISl-

Connection of safety related regulation and control circuits to SIS is realized with a separate control from SISl, with which the final control element (valve, damper, fan, pump etc.) can be brought to a safe state at the so-called "hard wire" independently of the basic process control system. Regulation and control operations which do not have safety requirements are implemented in the basic process control system.

Controlling motor valves and motors related to motor centers to a safe state is implemented with the help of safety relays which are located to the safety logic.

When necessary, to attain the required integrity level, a separate additional control target is needed. This will further reduce the risk associated with the possible non-functioning of the control target in question. This means, in the case of the primary air fan for example, that in addition of the safety control for the fan's motor, the safety logic also guides the air flow control dampers to a safe position.

2.6.1 The plan for a logic solver (hardware)

The logic in its equipment container is installed in the SIS cabinet. Also the incoming and outgoing cables from the field are placed there. The required isolators and relays are also located in the same cabinet or in a distribution frame to be positioned on the side of the cabinet. Redundant input and output signals are located on different boards in such a way that as high as

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

possible degree of usability is achieved (for example, measurements with the selection principle 2 out of 3).

A separate marking is attached to the cabinets, frames, cards and channels that are connected with SIS, to indicate that the equipment belongs to the safety related circuits. The cross-connection to the signals related to SIS is done by red wiring to distinguish it from the signals going to the basic process control system.

The markings of SIS and the circuits related to it must comply with the Report 9/2000, Rev A "Marking recommendation for safety related systems" issued by the Finnish Recovery Boiler Committee.

Voltage feed to the logic solver is arranged from a voltage source that is equipped with a screening transformer. In addition to this, a standby voltage feed must be arranged for the logic solver (and through it to the field equipment) in case of interruptions and faults in the main voltage feed. The standby voltage feed must connect automatically and without an interruption once the main supply has ceased functioning. The standby supply is accomplished with UPS equipment and a set of direct current batteries. The standby voltage supply must be able to feed the system at least 45 minutes (normal rapid drain and safety time period). An alarm for the operator must be connected to the condition monitoring of both the main feed and the standby supply.

2.6.2 The plan for the logic solver (software)

The documentation must include own interlock diagrams for the SIS circuits' operations and unambiguous verbal descriptions as well as the basic circuit arrangement which shows the whole circuit on a single document from the source to the object (trip limits, operation, I/Os, connections to other parts) (see Section 2, Appendices 3, 4 and 5).

Formatted: English (U.K.)

Deleted: or

Separate displays about the SIS safety functions are created for the interface to the safety logic or that to the basic process control system (see Section 2, Appendix 6). These give information about measurement data, binary state data, and, in addition to controls, also about the state of the measuring instruments and about controlled objects under final state monitoring.

Its own alarm pages, in which the SIS alarms can be put into their own category, must be made for SIS in the basic process control system. Apart from the SIS functions, information is needed also about sensor and signal faults in the field equipment. A notification or an alarm text with a time stamp attached (for example in 100 ms intervals) must be generated when SIS is triggered. The system must be able to tell the basic reason for the triggering of SIS. Similarly, the alarms must be able to monitor the

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

deviations of redundant measurement signals (for example, if the deviation is more than 10%).

SIS programs must be protected with a password or by other means in such a way that any modification of the programs by outsiders is prevented.

2.7 FIELD EQUIPMENT

2.7.1 General

The field equipment, in the case of a recovery boiler, does not need a separate SIS which would have its own field equipment and logic solver; for this it is sufficient to use equipment that is normally used in the basic process control. Nevertheless, it should be noted that the signal data from measuring instruments, control switches, limit switches or other sources is first brought to SISl, from where the signal can be further taken to the basic process control system to be utilized there.

Similarly, no separate valves are installed only for the SIS's controls. The necessary closing and opening operations are realized using the process control valves. This, however, presupposes that the required integrity level is achieved.

The higher the requirement for a safety function's integrity level, the more independent and reliable should the equipment for SIS be.

In addition, in the case of field equipment, it is necessary to pay attention to the redundancy and reliability requirements as demanded by the safety integrity levels (SIL) and usability.

When specifying the field equipment one must also pay attention to the possibility of periodic testing during operation.

The safety of SIS as a whole (sensors – logic solver – actuators) should be checked with the help of a computational analysis, to ensure that the integrity level defined with the help of the risk analysis is achieved with the selected structural solution for the safety instrumented system. To be able to conduct a computational analysis in order to ensure the adequacy of the operational safety for the entire SIS, one should demand, for all the field equipment selected, an approval for safety related systems and its probability of failure values in accordance with the EN-61508 standard. There is an example of the computational analysis in Appendix 2 of Section 2.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.7.2 Measuring devices

The measuring devices should be analog 2-wire transmitters with high quality self-diagnostics. The transmitters should be, primarily, certified transmitters meant for safety use. When using normal transmitters, the measurements should be realized using the 2/3 comparison principle to achieve as high usability as possible.

When using the safety transmitters with a higher quality self-diagnostics (the best solution), a higher integrity level and usability is achieved using two transmitters and 1/2D principle. There are two separate signals, the measuring signal and the diagnostics signal, that can be obtained using safety transmitters. The diagnostics signal gives information about the state of the transmitter. It is not necessary to guide the plant into a safe state due to the failure of one transmitter. The responsibility for that is transferred to the other transmitter alone, and the operator is alerted to the failure condition. The failed transmitter must be replaced within a set time period.

In addition to the protective interlocking caused by the process interlock limit, the failure of the transmitter, as well as that of the cable, must trigger a safety interlocking function. All pressure and level measurements related to the recovery boiler's SIS are to be realized by pressure and pressure difference transmitters. The transmitters must block programming and be adjusted with approved calibrated devices. Redundant measurements must be calibrated in the same range.

The compensation of the measurement signals in safety related circuits must be realized in connection with air volume measurements. However, this is not necessary in drum level measurements, where a raw signal should be used as the tripping signal primarily. The reason for this is that compensations increase SIS's circuits, different calculation methods and algorithms complicate the clarity of the whole and the significance of compensations in measurements is not that great. Compensation calculations in SIS must be done in such a way that the compensation signals are included in SIS. If the same compensation signal is used for compensating several measurement signals, the safety of that solution must be justified.

2.7.3 Push buttons and switches

Main ESD, rapid drain and emergency-stop push buttons must be of the mushroom shape, red in color and equipped with a sufficient number of poles. The buttons must lock when pressed in. The interlock caused by the emergency-stop buttons is acknowledged with a separate acknowledgement button located in the control room. The buttons on the field must be marked in such a way that it is clear what effect the use of the button will

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

have and that the button can be seen clearly from a distance of at least 10 meters.

Limit switches must be of such type and connected in such a way that the so-called circuit opening connection principle is realized. The switches may be either inductive (2-wire) or mechanic with self-cleaning contacts.

2.7.4 Valves

The valves connected with the controls of SIS must be equipped with spring return actuated devices. The driving direction of the actuator must be selected in such a way that the spring force guides the valve to a safe state while the pressure air leaves the actuator.

The guidance to a safe state is realized with a solenoid valve, which is installed linking it to the actuator. The solenoid valve when de-energized lets the pressure out of the actuator, and the spring forces the valve to a safe state. It should not be possible to manually control the solenoid valves.

A solenoid valve is installed between the positioner of the control valves and the actuator. In an interlock situation, the solenoid valve uses a spring to force the control valve to a safe position in accordance with the interlock instructions.

”Spring closes” actuators are used as fire valves and ESD valves while “spring opens” actuators are used as ventilation/pressurization valves. Fire valves and ESD valves must comply with the requirements of the medium.

Feed water valves (stop valves), main steam valves, blow down valves, start-up valves, attemperation valves, rapid drain valves, drum level reducing valves, sootblowing valves and main inlet header rapid drain are traditionally electrically driven and equipped with a secured auxiliary supply.

2.7.5 Pumps and fans

The motor outputs used are standard outputs (no different colored internal wirings or different colored terminal blocks).

The running state of pumps and fans are obtained, with the help of closing auxiliary contacts, from motor contactors at the motor centre or, alternatively, from the frequency converter using the contact data at SIL 1 and in addition, for example, from the voltage or current monitoring or from some process measuring value starting from SIL2 integrity level.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Any possible seizing-up of a main output contactor is taken care of by oversizing the contractor. The dimensions of the contractors comply with the IEC60947-2 coordination class 2, AC3, (Simocode trigger class 10), so that ICS (measured breaking capacity for an extreme short circuit) is sufficiently high.

2.7.6 Motor valves

Auxiliary relays for SIS controls are added to the motor valves' outputs. The relays used are auxiliary relays approved for safety and are, depending on the application, in parallel (start) or in series (stop).

The temperature control and torque limits for motor valves are bypassed in connection with the protective interlocking of SIS.

2.7.7 Safety switches

Both the motors and the motor valves are equipped with normal safety switches.

2.7.8 Voltage supply

For field equipment that require a 230 V external supply, the voltage feed must be wired from a UPS secured network.The network must be designed in such a way that it can keep the system running for 45 minutes.

The main supply for motor valves and for other safety related actuators must be arranged from a secured centre (e.g., diesel or by other means).

2.8 FIELD DESIGN

2.8.1 Installation targets

The installation targets must be designed and installed in such a way that tests can be performed without dismantling the installations.

2.8.2 Measurement points

In measurements related to SIS, the basic principle is that each measurement has its own process measurement connection.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

A separate pumping connection point must be included in the measurement points of the measurement transmitters for commissioning tests and for periodic testing. Pumping can be arranged, for example, through a 5/2 installation valve.

2.8.3 Root valves and installation valves

Both the root valves and the installation valves must be lockable, or the handles and hand wheels must be removed so that outsiders cannot change the valve positions. Clear indicators about the open/closed position must be installed in the valves once the handles and hand wheels have been removed.

2.8.4 Cabling

Measurements and controls connected with SIS can be realized using individual or multicore cabling. For analog signals protected cables are used.

SIS's redundant measurement signals are transferred to the SIS's logic solver through different cables and preferably through different routes. If multicore cables are used in the installations, separate multicore cables that are exclusively reserved for SIS are used for signals connected with SIS.

There is not enough experience yet about field bus solutions to be able to recommend them for the transfer of measurement and control data in SIS.

2.8.5 Markings

Field equipment, root and installation valves, process measurement points and cabling must be distinguished by a different marking (red) from the rest of the field equipment (See Appendix 10).

2.9 SAFETY LOCKING FOR THE RECOVERY BOILER

It should be kept in mind that safety functions must always be based on the hazard and risk analysis made for the recovery boiler. Also, when assessing the significance of the risks, the integrity level must be defined. This has not been discussed in connection with the lockings presented below.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

To achieve a adequate safety level, the work group ended up with the following model lockings.

2.9.1 Boiler protection

Purpose:

Boiler protection means all the necessary actions, from the viewpoint of safety, to prevent damage to the boiler. Boiler protection consists of several process values and device states for the boiler. These are defined values and states. When the boiler protection conditions have been complied with, the boiler can be start-up and firing can continue.

Sources:

Main ESD button

- The main ESD button pressed in the control room

Steam drum level

- The drum level is below the lower limit (dry boiling guard)
  3 pressure measurements
  - with 2/3 selection
- The drum level is above the upper limit (wet boiling guard)
  3 pressure measurements
  - with 2/3 selection

Primary air

- The amount of primary air below the lower limit
  2/3 selection, for example, of the following conditions:
  - the fan is not running
  - The amount of primary air below the lower limit
  - the pressure of the air ring below the lower limit

Secondary air

- The amount of secondary air below the lower limit
  2/3 selection, for example, of the following conditions:
  - the fan is not running
  - the amount of secondary air below the lower limit
  - the pressure of the air ring below the lower limit

Furnace pressure

- The pressure of the furnace above the upper limit
  3 pressure measurements
  - with 2/3 selection

Flue gas outlet

- The Flue gas outlet closed (at least one gas outlet must be open)
- The Flue outlet open signal is compiled from the fan's running data and from open limit switch signal of the input and output dampers.
  - the fan is not running

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Using the 2/3 selection about the fan's rotating speed data, electric drives on - data, and the vacuum pressure measurement after the electrostatic precipitator
  - the rotating speed of the fan below the lower limit
  - the fan is not running
  - the vacuum pressure of the channel above the lower limit
- the income channel damper away from the open limit
  3 limit switches
  - 2/3 selection
- the output channel damper away from the open limit
  3 limit switches
  - 2/3 selection

Control air (when required)
- the pressure of the control air below the lower limit
  3 pressure measurements
  - 2/3 selection

The O2 content of the flue gas (when required)
- The content of O2 in the flue gas is below the minimum limit
  3 oxygen measurements
  - 2/3 selection

Objects:

Liquor burning
- liquor burning permit removed
  - liquor feeding pumps stop
  - liquor feeder valves close

Burning of auxiliary fuel
- burning permits for auxiliary fuel systems are removed
  - the burners' quick-closing valves close
- starting permits for auxiliary fuel systems are removed
  - the ignition gas valve closes

Burning of diluted non condensable gases (DNCG)
- the feeding permit for DNCG is removed
  - the feeder valves for DNCG close down
  - DNCG are lead to a stack or to a spare burning place

Concentrated non condensable gases (CNCG)
- the feeding permit for CNCG is removed
  - the feeder valves for CNCG close down
  - CNCG are lead to a chimney or to a spare burning place
  - the feeder valves for the auxiliary fuel of CNCG close down

Blow gas from the dissolver (when required)
- The dissolver's blow gas valves to the boiler close down

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

– The dissolvers blow gas valves to the chimney / roof open

The boiler's lower airs

– The boiler's lower airs stop
  – fans stop
  – dampers close

The boiler's upper airs

– The upper airs of the boiler are left running

Furnace ventilated

– The Furnace ventilated signal removed

2.9.2 Ventilation conditions for the burner

Purpose

Burner ventilation is an operation in which the burner is ventilated in order to ignite the auxiliary fuel. At the start of the ventilation the boiler protection must be in condition so that the first burner can be started after the ventilation. Ventilation conditions are made up of many of the burner's process values and device states which must be at certain values and states.

Sources

Main ESD button

– Main ESD button not pressed in the control room

Primary air

– The amount of primary air above the lower limit
  2/3 selection, for example, of the following conditions:
  – the fan is running
  – the amount of primary air over the minimum
  – the pressure of the air ring above the lower limit

Secondary air

– The amount of secondary air above the lower limit
  2/3 selection, for example, of the following conditions:
  – the fan is running
  – the amount of secondary air above the minimum
  – the pressure of the air ring above the lower limit

Furnace pressure

– The pressure of the furnace below the upper limit
  3 pressure measurements
  – with 2/3 selection

Flue gas outlet

– The Flue-gas-outlet-closed (at least one gas outlet must be open)
– The Flue outlet open signal is compiled from the fan's running data and the input and output data related to open dampers.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

- the fan is running
  Using the 2/3 selection about the fan's rotating speed data, electric drives on - data, and the vacuum pressure measurement after the electrostatic precipitator
  - the rotating speed of the fan above the lower limit
  - the fan is running
  - the vacuum pressure of the channel below the lower limit
- the input channel damper on the open limit
  3 limit switches
  - 2/3 selection
- the output channel damper on the open limit
  3 limit switches
  - 2/3 selection

Control air

- the pressure of the control air above the lower limit
  3 pressure measurements
  - 2/3 selection

The emergency-stop for auxiliary fuel

- The emergency-stop button for auxiliary fuel not pressed

The emergency-stop for liquor burning

- The emergency-stop button for the liquor burner not pressed

The liquor lines to the boiler

- All liquor lines to the boiler closed

Isolation of diluted non condensable gases in the furnace

- The isolation valves for DNCG closed

Isolation of concentrated non condensable gases in the furnace

- The isolation valves for CNCG closed and ventilation valve opens

Fuel lines for auxiliary fuel burners

- The quick closing valves for the auxiliary fuel burner closed

The furnace ventilated

- Permitted time after the ventilation of the furnace exceeded

Objects

Furnace ventilation

- The ventilation permit for the furnace still valid

Implementation

The tripping condition "do not ventilate the boiler" is implemented in SIS. Monitoring related to the ventilation and ignition readiness is implemented in SIS.

The monitoring of the boiler ventilation is implemented in SIS. The safety logic controls that, after the ventilation order, the quantity of air has reached the required level and that the ventilation takes the time required. The time and the quantity of air needed for ventilation must be confirmed with the

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

supplier of the boiler to ensure that the required quantity of air goes through the boiler.

2.9.3 Furnace ventilated

Purpose:

After the boiler has been ventilated for the required time, Furnace ventilated precondition signal arrives, which means that the permit for the firing of the first burner has been obtained. The ventilated signal is not needed when the liquor fire data is in effect in the furnace or when one of the burners is in operation.

Sources

Boiler protection
– Boiler protection in good condition
The emergency-stop for auxiliary fuel
– The emergency-stop button for auxiliary fuel not pressed
Ventilated time
– Furnace ventilated time below permitted
Liquor lines to the boiler
– All firing liquor lines to the boiler closed
Auxiliary fuel burners in operation
– No auxiliary fuel burner in operation
Burner ignition attempts
– Fewer than 2 attempts to ignite a burner with oil or fewer than 1 by gas

Targets

Furnace ventilation
– Furnace ventilated signal still valid

Implementation:

The tripping conditions (do not ignite the boiler) are implemented in SIS. Monitoring of operations related to ventilation and ignition preparedness is implemented in SIS_1. These monitoring processes include:

– Fire in the boiler signal creation
– Counting of ignition attempts

The counting of ignition attempts is implemented in SIS. A single ignition consists of a ignition order and the opening of the quick closing valve of the burner in question (the closing-limit signal – off).Two ignition attempts

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

with oil are permitted, after which the ventilation of the boiler have to be repeated before any further ignition attempts.

2.9.4 2.9.4 Boiler burning permit for startup burners (furnace ready)

Purpose

The boiler burning permit for the startup burners ensures that the boiler condition is such that the startup burner can be set to work.

Sources

Ventilation of the furnace
– Furnace ventilated
OR
Liquor firing
– Liquor firing in operation
– Liquor flow to the boiler above the lower limit, and
– The amount of steam from the boiler above the lower limit
OR
Auxiliary fuel burners
– At least one auxiliary fuel burner in operation

Objects

Furnace burning permit for the startup burners in effect

2.9.5 Burning permit for the startup burner

Purpose

The burning permit for the startup burner ensures that both the furnace and the burner are in a state in which the burner can be started and that the process and state information related to both the auxiliary fuel to be burned and to other intermediate agents needed is correct.

Sources

Boiler protection
– Boiler protection in good condition
The emergency-stop for auxiliary fuel
– The emergency-stop button for auxiliary fuel not pressed
Combustion air
– The pressure of the combustion air above the lower limit
The pressure of auxiliary fuel
– The pressure of auxiliary fuel above the lower limit and below the upper limit
The temperature of auxiliary fuel
– The temperature of auxiliary fuel above the lower limit

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Burners' control air pressure
– The burners' control air pressure above the lower limit
The pressure of the dispersing agent intermediary
– The pressure of the selected dispersing agent intermediary above the lower limit (oil firing)
Boiler burning permit for the startup burners
– Boiler burning permit for the startup burners in effect
Burner in place
– Burner in the burning place signal in effect
Air damper open
– Air damper in open limit
Flame control
– Flame exists (after a certain time from the ignition)

Objects

Burning permit for the startup burner
– Burning permit for the startup burners in effect

2.9.6 Boiler burning permit for load burners (furnace ready) (when required)

Purpose

The boiler burning permit for load burners ensures that the boiler conditions are such that the load burner can be started up.

Sources

Liquor firing
– Liquor firing in operation
  – Liquor flow to the boiler above the lower limit, and
  – The amount of steam from the boiler above the lower limit
OR
Startup burners
– At least the required number of auxiliary fuel start-up burners in operation

Objects

Furnace burning permit for load burners in effect

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.9.7 Burning permit for the load burner

Purpose

The burning permit for load burners ensures that the furnace and the burner are in a state in which the burner can be started and that the process and state information related to both the auxiliary fuel to be burned and to other intermediate agents needed is correct.

Sources

Boiler protection
– Boiler protection in good condition
The emergency-stop for auxiliary fuel
– The emergency-stop button for auxiliary fuel not pressed
Furnace burning permit for load burners in effect (when required)
– Liquor burning in operation - on
OR
– A sufficient number of startup burners on
Combustion air
– The pressure of the combustion air above the lower limit
The pressure of auxiliary fuel
– The pressure of auxiliary fuel above the lower limit and below the upper limit
The temperature of auxiliary fuel
– The temperature of auxiliary fuel above the lower limit
Burners' control air pressure (when required)
– The burners' control air pressure above the lower limit
The pressure of the dispersing agent intermediary
– The pressure of the selected dispersing agent intermediary above the lower limit (oil firing)
Load burner in place
– Load burner in burning place signal in effect
Combustion air flow (when required)
– The flow of the combustion air above the lower limit
The proportion of combustion air and fuel (when required)
– The proportion of combustion air and fuel correct
The pressure of auxiliary fuel at the burner
– The pressure of auxiliary fuel at the burner above the lower limit
Flame control
– Flame exists (after a certain time from the ignition)

Objects

Burning permit for the load burner
– Burning permit for the load burner in effect

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.9.8 The emergency-stop for auxiliary fuel

Purpose

The purpose of the emergency-stop buttons for the auxiliary fuel burners is to stop the auxiliary fuel burners and shut the feeding line valves as well as open the ventilation/pressurization valves in case of a possible disturbance such as fire.

Sources

Main ESD button
- Main ESD button pressed

Emergency-stop buttons
- Emergency-stop button pressed in the control room
- Emergency-stop buttons pressed in the field along the passages
- Emergency-stop buttons pressed in the burner control cabinets

Objects

Fire stop valves for the burner's auxiliary fuel
- Fire stop valves for the auxiliary fuel close

Auxiliary fuel burners
- Quick-closing valves for the auxiliary fuel burners close
  - startup burners
  - load burners

Ignition gas feed for the burners
- The burners' quick-closing valves for the ignition gas close

Startup permit for the burners
- The burners' ignition gas valves close

Burner ventilation
- The ventilation of the burner is interrupted and the "furnace ventilated" signal disappears

Implementation:

Emergency-stop buttons must be equipped with opening contacts (circuit-opening connection principle).

Pressing the emergency-stop buttons in the control room or along the passages closes all fire stop valves and the burners' quick-closing valves either directly through the effect of the outputs of the safety logic or through the outputs of the basic process control system which are wired through relays controlled by the safety logic.

Pressing the emergency-stop buttons in the burner control cabinets closes the feeder valve and, when required, opens the ventilation valve at the

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

burner concerned as well as closes the quick-closing fuel valves at the burner.

2.9.9 Feeding permit for diluted non condensable gases (DNCG)

Purpose

The feeding permit for DNCG ensures that the boiler is in a state in which DNCG can be safely fed into boiler and that the gases burn properly.

Sources

Boiler protection
- Boiler protection in good condition

The amount of steam in the flow (if required)
- The amount of steam in the boiler is above the minimum limit

The level of the odorous gas condensate pocket (when required)
- The level of the odorous gas condensate pocket is below the maximum limit

Odorous gas content (when needed)
- Content is below the minimum limit

Objects

Feeding permit for DNCG
- The feeding permit for DNCG is in effect
  - DNCG to burn valve not locked
  - The collection valves not locked

2.9.10 Burning permit for concentrated non condensable gases (CNCG)

Purpose

The feeding permit for CNCG ensures that the boiler is in a state in which CNCG gases can be safely fed into boiler and that the gases burn properly.

Sources

Boiler protection
- Boiler protection in good condition

Liquor fire signal to the CNCG feed
- Liquor firing in operation
  - Liquor flow to the boiler above the lower limit, and
  - The amount of steam from the boiler above the lower limit

Auxiliary firing in operation, oil/gas or methanol (when required)

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

– Auxiliary firing in operation

The pressure of the combustion air in the burner

– The pressure of the combustion air above the lower limit

The pressure of the burner's CNCG line

– The pressure of the stink gas line above the minimum and below the maximum

Condensate tank level

– Condensate tank level below the upper limit

The surface of the water lock tank

– The surface of the water lock tank above the lower limit and below the upper limit

Drop separator surface

– The drop separator level below the upper limit

Explosion plates in the stink gas line

– Explosion plates unbroken

Objects

Burning permit for CNCG

– Burning permit for concentrated stink gases in effect
  – CNCG to burn valves and ventilation valve not locked

2.9.11 Start permit for liquor recycling

Purpose

In connection with liquor firing, it is important that the liquor to be burnt does not enter the boiler in concentrations that are too low and that the state of the boiler is such that the liquor fed to the boiler burns and thus does not cause any melt water explosion hazard.

Sources

Liquor feeding valves

– All feeding valves for liquor nozzles closed

Liquor nozzles / Safety gates

– All liquor nozzles away from the boiler
– All safety gates closed

Main ESD

– Main ESD button not pressed

Emergency-stop for liquor burning

– The emergency-stop button for liquor burning not pressed

Objects

Start permit for liquor recycling

– Start permit for liquor recycling in effect
  – liquor pumps not locked

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

- Liquor On/Off valves not locked

2.9.12 Liquor burning permit

Purpose

The liquor burning permit ensures that the boiler is in a state where liquor can be safely fed in and that the liquor burns properly. The aim is to prevent the entrance of wash water to the furnace at any stage.

Sources

Boiler protection
- Boiler protection in good condition

Emergency-stop for liquor burning
- The emergency-stop button for liquor firing not pressed

Liquor solids %
- Liquor solids % and/or its density above the lower limit
  - with 2/3 selection

Steam drum pressure (when required)
- Steam drum pressure above the lower limit of the liquor firing limit
  - 2/3 selection

Auxiliary fuel burners in operation
- Adequate number of auxiliary fuel burners in operation

OR

Liquor fire signal still valid
- Liquor flow above the lower limit
- The amount of steam above the lower limit

Wash up for the liquor lines
- Wash up for the liquor lines not selected
- Wash pipe piece not in place
- Hand valve closed

Objects

Liquor firing permit
- Liquor firing permit in effect
- Liquor pumps not locked
- Liquor On/Off valves/control valves not locked

2.9.13 Emergency-stop for liquor burning

Purpose

The purpose of the emergency-stop buttons for liquor burning is to stop liquor burning in case of a possible disturbance, e.g., a broken pipe or fire.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Sources

Main ESD button
– Main ESD button pressed
Emergency-stop buttons
– Emergency-stop button pressed in the control room
– A wall-specific emergency-stop button in the field at the liquor feeding levels pressed

Objects

Liquor feeding valves for the boiler
– Liquor feeding valves close
Liquor feeding and recycling pumps
– Liquor feeding and recycling pumps stop
Liquor recycling valves
– Liquor recycling valves close

Implementation

Emergency-stop buttons must be equipped with opening contacts (circuit-opening connection principle).

Pressing an Emergency-stop button in the control room closes all liquor feeding and recycling valves either directly through the effect of the outputs of the safety logic or through the outputs of the basic process control system which are wired through relays controlled by the safety logic. A wall-specific Emergency-stop button only closes the liquor feeding valve of the wall in question.

2.9.14 Start permit for liquor ring wash up

Purpose

Wash up means, in the first place, washing the liquor feeding lines into a collection tank and, in the second, washing up the nozzle lines and nozzles. The aim is to prevent the entrance of wash water to the furnace at any stage.

Sources

Liquor feeding valves
– All feeding valves for liquor nozzles closed
Liquor nozzles / Safety gates
– All liquor nozzles away from the boiler
– All safety gates closed

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Objects

Wash up start permit
- Wash up start permit in effect
  - Liquor pumps not locked
  - Water valves not locked

2.9.15 Start permit for boiler floor wash up

Purpose

The purpose of the start permit for boiler floor wash up is to prevent the entry of wash water to a boiler that is too hot.

Sources

Boiler-specific definitions

Objects

Start permit for floor wash up
- Wash up start permit in effect
  - Water supply pump not locked
  - Water valves not locked

2.9.16 Stopping of air fans

Purpose:

Stopping the air fans when the flue gas outlets are closing prevents the entry of flue gases to the boiler room and high excess pressure in the boiler.

Sources:
- The flue gas outlet closed (at least one flue outlet must be open)
- The flue open signal is compiled from the fan's operation data and the input and output channel data related to open dampers.
  - the fan is not running
    Using the 2/3 selection regarding the fan's rotating speed data, electric drives on data, and the vacuum pressure measurement after the electrostatic precipitator
    - the rotating speed of the fan below the lower limit
    - the fan is not running
    - the vacuum pressure of the channel above the lower limit
  - the income channel damper away from the open limit
    3 limit switches
    - 2/3 selection
  - the output channel damper away from the open limit

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

3 limit switches
- 2/3 selection

Objects

The boiler's lower airs
- The boiler's lower air stops
  - fans stop
  - dampers close

The boiler's upper airs
- The boiler's upper airs stop
  - fans stop
  - dampers close

2.9.17 Quick stop

Purpose: The purpose of the quick stop is to immediately stop the burning of liquor and the stack by switching off the fuel feed and air supply to the lower part of the furnace. The quick stop is initiated from the control room using the main ESD button.

Source:

Main ESD button in the control room
- The main ESD button has been pressed

Objects

Alarms
- Voice alarms and alarms lights are activated

The feed of liquor
- The liquor pumps stop
- The fire On/Off valves of the liquor feed close
- The feed valves of the liquor close

The auxiliary fuel burners
- The quick-closing valves of the auxiliary fuel burners close

The auxiliary fuel feed
- The fire shut-off valves of the auxiliary fuel feed close

The feed of ignition gas to the burners
- The quick-closing valves of the ignition gas feed to the burners close

The diluted non condensable gases (DNCG)
- The feed valves of DNCG close
- The DNCG are lead to the chimney or to the spare burning place

The concentrated non condensable gases (CNCG)
- The feed valves of CNCG close
- The gasses are lead to the chimney or to the spare burning place

The gasses of the dissolver (when required)
- The gas valves of the dissolver to the boiler close
- The gas valves leading from the dissolver to the chimney / roof open

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The air feeds

- The primary air feed to the furnace is prevented
  - the primary air fan stops
  - the primary air damper closes
- The secondary air feed to the furnace is switched to the quick stop position
  - the damper of the secondary air feed is switched to the quick stop position
- The tertiary air feed to the furnace is switched to the quick stop position
  - the closing plate of the tertiary air feed is switched to the quick stop position

The electrostatic precipitators

- The electrostatic precipitators are switched off

Sooting

- Sooting is stopped and the soot fans driven from the furnace
- The sooting steam valves close

Ash and salt conveyors

- Ash and salt transporters stop

Wait / consideration time for rapid drain is started

- The wait / consideration time (3 min) for rapid drain is started

It will be jointly decided during the boiler risk assessment whether or not boiler bottling will also be automatically performed during a quick stop, in which case:

Water and steam valves

- Feed water pumps stop
- Feed water valves close
- The automatic start of the feed water turbine pump is prevented
- Attemperation water valves close
- Main steam valves close
- Startup closing valve opens
- Startup control valve opens 20%

Implementation:

The main ESD button must be equipped with opening contacts (circuit-opening connection principle).

The quick-closing valves of the auxiliary fuel lines are closed and if needed, the ventilation valves are opened using the safety instrumented system by switching the control signals of the logic part to de-energized. The quick closing valves and the ventilation valves switch to the safety state through spring actuators.

Burner control itself is not necessarily a part of the SIS, but the burn control logic is given permission to burn from the SIS.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The switching of the fire valves, feed valves, air dampers, motor valves, pumps, air fans etc. to a safe state is implemented either through direct switches in the logic part or through separate relays that are controlled from the safety logic (SISl)

2.9.18 Rapid drain

Purpose:

The purpose of the rapid drain is to prevent water from getting in contact with the melt. Once quick stop has been triggered, a rapid drain can be started at discretion using a switch in the control room.

Source:

The rapid drain button

– The rapid drain button has been pressed

Objects:

– Feed water pumps stop
– Feed water valves close
– The automatic start of the feed water turbine pump is prevented
– The steam cooling water line valves close
– Main steam valves close
– The startup close valve closes
– The startup control valve closes

After a set time (3 min) from the quick stop

– The rapid drain valves open

Implementation:

The rapid drain button must be equipped with closing contacts (circuit-closing connection principle).

The safety logic controls separate closing relays that force the valves into the safe position. During safety control the moment limits and the temperature switch of the motor valves must be bypassed.

Releasing the rapid drain button stops the drain, causing the rapid drain valves to close.

All fast purge valves are tested line by line at regular intervals during use by closing the hand valve located after the rapid drain valves. Testing is done valve by valve on the monitor of the control room or locally. Testing can proceed once testing has been chosen on the monitor and the hand valve is closed.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The testing of the rapid drain valves can also be done in the basic automation system. After testing the hand valves must be in the opened position. Testing will be logged. Any faults or inadequacies will be corrected immediately.

There must be an alarm or for instance a red signal light on the emergency stop panel for a closed hand valve.

2.10 TESTING

The SIS acceptance phase includes factory testing (FAT) and deployment testing (SAT), which are primarily used to verify that all safety functions work as they should. Unlike other parts of the normal control system, the SIS is subject to periodic testing at regular intervals in addition to the aforemention testing. The length of the intervals depends on the acceptance requirements of the various parts of the system. Any periodic testing that requires stoppage should, where possible, be aligned with other inspections (pressure equipment, chemicals, etc.) or other known times of stoppage.

As much of the periodic testing as possible should be executed during normal use and/or the boiler's startup and shutdown phases. This should be taken into account when planning periodic testing.

Field instruments normally require more frequent testing than is expected of the safety logics (Hima, Siemens, Honeywell, etc.). The selected devices and installations of field instruments should thus factor for both ease of testing and the possibility for runtime testing.

A dual-channel SIS installation should always include the possibility of testing the channels separately. Each separate channel must be able to complete the necessary safety controls in their entirety.

Any simulators used for testing must have up-to-date calibration logs that meet official national standards.

For each of the aforementioned tests, it is important to establish a test plan and test instructions, and to enter executed tests into both a log and a detailed test report that is signed by all participants.

2.10.1 Factory acceptance testing

In factory acceptance testing (FAT) the emphasis is on program testing. Field equipment can be simulated by different means, for example, by wiring the sources to switch and light boards to speed up the testing.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The important thing is that all the sources and source combinations (2/3 measurement selections and other logical combinations) are examined and that the computational mA values for interlocking limits are carefully scrutinized.

2.10.2 Commissioning testing and periodic testing

When testing the commissioning of the whole (SAT) and in periodic testing, it is recommended that the source signal simulations for field equipment are performed in a manner that is as real as possible. This means that pressure signals and pressure difference signals are simulated by pumping, temperature signals by warming, press buttons and limit switches by real devices, and that running data is obtained from real data (the prevention of accidental start in case of a rotating apparatus must be taken into account).The real objects are also observed and identified in the field, valves by their movements, stopped motors by the contactors, by relay movements etc.

The tests of each testing phase are divided into two stages: safety logic tests and field circuit tests.

2.10.3 Testing of safety logic

In the preparatory stages of each testing, it should be ensured that the reason why the safety object goes into a safe state is due specifically to the operation of a safety interlock and not, for example, of a normal process interlock.

For FAT testing, the system supplier draws up a safety logic related testing plan which covers all the system's fault and error situations that can be tested, taking into account also the redundancy in the different parts of the system. Moreover, the supplier draws up a checkup list about the system assembly, configuration and programming in accordance with the requirements of the manufacturer’s operation instructions. The functionality of different diagnostic alarms must be verified to make it possible to derive a full benefit from the system’s high diagnostics level.

In safety logics that are equipped with doubled processors, the stopping of one of the pair must be tested.

Fault testing of safety logic should include disconnections of cards, isolation of different connections and interruptions of voltage supply. These procedures are also applied in factory acceptance testing (FAT) so that the faults hidden by redundancies can also be revealed. When testing the whole (SAT) and in periodic tests during operation, however, the operating system

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

inspection is not complete. Only some of the cards, connections and voltage interruptions are inspected according to the plan.

2.10.4 Testing of field circuits

In field testing for individual measurement transmitters, in addition to the testing of normal safety limits, also possible signal fault and transmitter failures must be taken into account. Depending on how a signal fault or transmitter failure is arranged in the transmitters, the safety logic must be constructed in such a way that the faults are discovered and the safety functions are implemented.

When testing the field circuits, one should be careful to ensure to that the real interlocking value for a safety limit and the objects observed safe states are recorded.

In 2/3 of the optional measurements the testings should be arranged so that the measurements would be dealt with individually and in 1/3 the safety alarms and fault alarms would be identified and trippings in pairs would be identified.

When drawing up tripping limits based on analog measurements, it should be remembered that a deviation caused by a possible hysteresis should be taken into account downward and that the tripping limit is not to be exceeded at any stage.This applies in cases where the tripping source is the process measurement's upper limit.

The starting point for the testings is always that, for example, in the case of boiler protection, it is simulated initially as being in a good condition. The tripping of the boiler protection will be caused by the signal pairs under testing either by using mA simulators (FAT testing) or by pumping in the field (commissioning and periodic tests). In the same way, the transmitters' signal and transmitter faults must be inspected in pairs, taking into account all the possibilities.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

3 PART 2

3.1 GENERAL

This part presents model documents connected with the SIS lifecycle. There may be plant-specific digressions from the model documents. For example, there are two different ways to present logic diagrams and, in addition or as an alternative to these, there are also verbal descriptions with which these diagrams can be supplemented.

3.1.1 General risk graph

Appendix 1 shows, with the help of a risk graph, the safety integrity level definition for a recovery boiler. The definition is based on the risk graph diagram which complies with the SFS-IEC 61508 standard. The calibration of the diagram was adjusted to make it suitable for the definition of the integrity levels for personal, environmental, property and shut down damage in connection with the recovery boiler. The appendix also has a model of the hazard and risk analysis form and shows how to fill it out.

3.1.2 Verification of the integrity level for safety instrumented systems

Appendix 2 presents the methods for verifying the integrity level (the required risk reduction) achieved by safety instrumented system.

The appendix employs mathematics based on failure probabilities. The values of different safety protection factors are added up, and the conclusion is that the overall probability of failure on demand (PFD) of the protective equipment comes up to the required integrity level.

The appendix also has formulae from Appendix B of the IEC 61508-6 standard. When applying the formulae, attention should be paid to the assumptions and limitations discussed in the standard. The formulae presented are not suitable for calculations of diverse channels.

3.1.3 Interlock diagrams

In interlock diagrams, a format similar to that in Appendix 3 can be used. Either the safety interlocks and basic control process lockings are presented in the same diagram, in which case the SIS interlocks are shown with two parallel lines, one continuous and the other one broken, or they are shown in their own diagram.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Appendix 4 shows SIS basic circuit models designed with the 1/2 principle. These illustrate the functional structure of the entire SIS circuit from the sources to the logic solver and further on to the objects. The diagrams detail the sources, I/Os, auxiliary relays, dependencies to the basic process control system and the objects to control.

An example of a verbalized SIS circuit operation is shown in Appendix 5.

3.1.4 Display images

Appendix 6 consists of examples of display images related to the recovery boiler's safety interlock operations.

3.1.5 Circuit design and wiring diagrams

Model diagrams of the loop and wiring diagrams are shown in Appendix 7.

3.1.6 Testing documents

Appendix 8 shows the SIS model documents for factory acceptance testing (FAT) and periodic testing. Periodic testing documents can be adapted for the use as commissioning testing documents.

3.1.7 Operation and maintenance guidelines

Appendix 9 shows the model for an operation and maintenance plan. It gives details about the persons responsible for SIS, maintenance of the documentation, training, requirement definitions, and about exceptional situations.

The appendix also contains a model guide for SIS modification procedures in case a need arises for them. Such a guide should give the instructions about who has the authority to order application, wiring, device, and testing modifications as well as about the reporting of the modifications. In cases where the modifications change requirements definitions or are otherwise considerable, the whole safety lifecycle must be looked over thoroughly, starting from the hazard and risk analysis.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

SUMMARY

The members of the Finnish Recovery Boiler Committee have inquired for a clear set of instructions about the implementation of safety instrumentation for recovery boilers. This is due to a concern about safety and the variety of implementations between different manufacturing plants.

The enforcement of the SFS-IEC 61508 reference standard as the Finnish national standard has forced the manufacturing plants in all their processes related to functional safety to refer to that standard and use its methods. This, in turn, has created confusion about implementations and handling of functional safety.

The recommendation aims to inform on hardware solutions, both about the selection as well as installation, and thus give the practitioner as clear a picture as possible about the implementation. The recommendation cannot take a position on whether the selected hardware solutions, as far as the measurements and controls are concerned, comply with the integrity level required in each particular case. This matter will be brought to the fore in the future development of the recommendation, once failure probability values that are more reliable have been obtained from the equipment manufacturers in the future. This will allow quantitative (computational) examination of integrity levels for different equipment solutions.

The aim of this recommendation is to present a clear example with the help of guidelines and model documents, to clarify and standardize the practice in the future. The interlocks that the work group listed as candidates to be included in SIS are example interlocks from implemented boiler projects. The definition of final safety interlocks should always be based on a hazard and risk analysis, which should take into account, in a case-specific manner, the equipment and process solutions as well as environmental factors such as location, movement and unfamiliar equipment at the plant.

The carrying thought behind the model documents is that the practitioner should have as good a starting point as possible to implement the required documents. The objective is that the documents and instructions, by their clarity and consistency, would enable efficiency of operation and maintenance in the activities during operation and in periodic testings.

The recovery boiler is subject to many different guidelines and instructions. The implementation and operation of safety instrumentation has required its own recommendation to increase its clarity and unity to a decent level. Even at its first stage, the recommendation has received an enthusiastic and encouraging welcome from different quarters, among them many competent authorities. The feedback obtained has been very useful in the subsequent scrutiny of the recommendation. The work group would like to get feedback in the future also from the practitioners. That would make it possible to update and further develop the recommendation to make it serve in the task for which the work group created it as well as possible in the future.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 1

RISK GRAPH

Definition of the safety integrity level for a recovery boiler with the help of a risk graph

General

Hazard and risk analysis

The purpose of the hazard and risk analysis is to chart and define the hazards related to the operation of a recovery boiler and to define the magnitude of the risks caused by them. The general objective is that the analysis deals separately with personal, environmental, material and shut down hazards.

The authors of the analysis, however, make their decision case by case about whether to deal with the material and shut down hazards in addition to personal and environmental hazards, which according to the general standards and regulations must be dealt with. See EN61508 and EN61511.

A common way to proceed in the Hazard and risk analysis is to start by charting the hazards. An example of this is the Potential Problem Analysis (POA). The charting of hazards continues with the help of hazard recognition methods, the best-known of which is the HAZOP method. HAZOP is based on the examination of the reasons and consequences of the deviations in processes. After the hazards have been recognized, they are categorized, and non-tolerable hazards are then brought to a tolerable level.

Dangers, reasons for those dangers, their consequences, as well as the current preparation and the extent of the risk are presented in an analysis form of which there is a model as an appendix. The management of the hazards must be recorded in the form and in relation to the subprocesses of the boiler. This ensures readability and also that any possible later examination, modifications and additions can be done easily.

The magnitude of the risk (the required risk reduction) related to the risks that can be protected against with safety instrumentation, are defined with the help of the risk graph, which is presented in the following pages. The parameters of the risk graph used in the definition are shown separately for different hazards (personal, environment, material and shut down hazards.

The factors of the hazard and risk analysis

The persons who participate in the authoring of the hazard and risk analysis, must know, among other things, the operation of the boiler (operations supervisor), measurements, different subprocesses, chemicals to be employed, and the boiler's electrics, instrumentation, control and mechanics.

The leader of the analysis must be cognizant with the analysis method and also adequately know the process to be dealt with.

Documentation

One must ensure that all the documents that are necessary for dealing with the matter are up-to-date and available, in order that the identification of hazards became as successful as possible (the plant's layout drawings, PI charts, process descriptions, etc.).

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Hazard management

When dealing with hazard items in the hazard analysis, at least the following matters listed below must be considered. The list can be used as a checklist, though only possible real hazards need to be recorded.

Process hazards / Process deviations:
- water access to the furnace
- high / low temperature
- high / low pressure
- high / low level
- flow deviations (no flow, large flow, backflow)
- fire
- explosion
- leak
- failure (for example, DCS, critical measurement, valve)
- mechanical damage
- interruption in the auxiliary energy supply
- human errors
- startup / shutdown
- shut down / maintenance
- others

Hazard factors related to the working environment of the equipment and machines
- moving machine parts
- crushing
- entanglement
- trapping
- hazards due to high pressure gas or liquid spray
- electrical hazards
- hazards due to temperature (e.g. hot surfaces, for example)
- noise
- radiation
- touching or breathing of harmful substances
- biological or microbiological hazards
- disregard to ergonomic principles
- unexpected startup
- human errors
- falling or thrown parts
- slipping, stumbling or falling of person
- hazards associated with lifting
- others

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Classification of damage

The authors of the analysis (the owner of the plant) can decide case by case whether to classify the material and shut down hazards as risks related to safety or whether they should be dealt with as so-called device protections, in which case the markings would follow the normal practice and the protection circuits would also no come under the periodic testing programs the way safety instrumentation does.

Risk graph

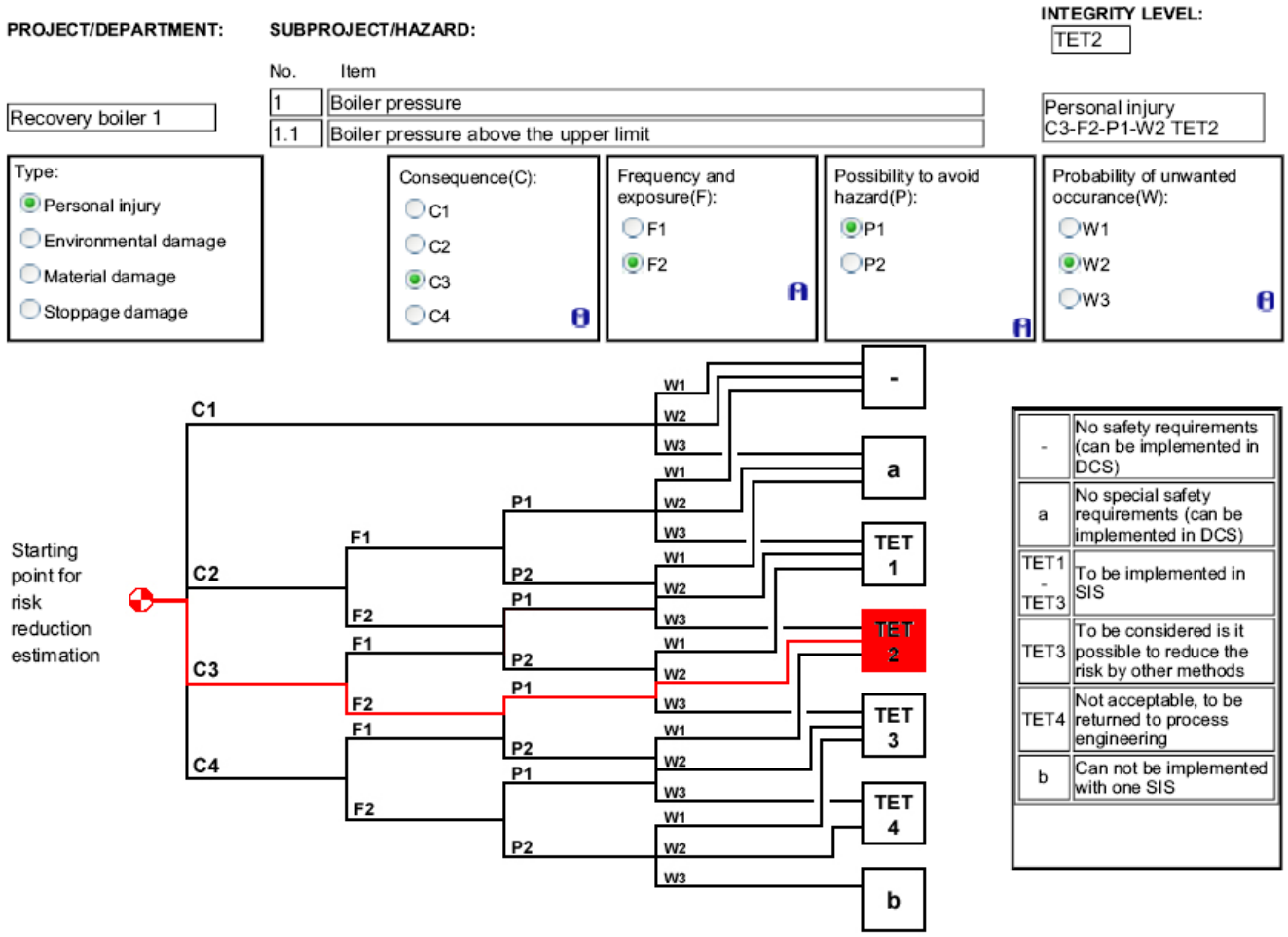


Figure 1. Risk graph

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Integrity levels and the calibration of the parameters in risk graphs

Risk graph parameters

Consequence parameter, C

Personal safety

Consequence parameter C is divided in four levels: C1, C2, C3 and C4. In risk assessment, the result parameter is defined according to the table below:

Consequence parameter	Calibration	For example
C1	Minor injury done	Small wound, bruise or mild burn. No sickness leave
C2	Disablement or sickness, no permanent effect on working capacity	Results in, for example, a medical examination and sickness leave
C3	Death or serious injuries	Disablement
C4	Death of several people	

Environmental safety

Consequence parameter	Calibration	For example
C1	No damage, hazard or harm to residents nearby No negative publicity	- Slight smell inconvenience - Mild and concentrated stink gas conduction to the chimney for a short duration only - Small amount of alkaline liquor to the channel
C2	Slight environmental contamination that can be fixed. Slight contaminant emission to the environment	- Smell inconvenience - Concentrated stink gas conduction to the chimney for a longer duration - Alkaline liquor to the channel - Emission which requires an emission notification to be made
C3	Considerable contaminant emission extending outside the plant area and exceeding the permitted limit for the environment	- A large scale alkaline liquor or other emission which causes the destruction of the bacterial strain in the biological purifying plant
C4	Catastrophic emission outside the plant area	Serious contamination of the ground, ground water or waterway - Serious destruction of plant or animal life nearby

Material safety

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

When estimating the parameter for material damages, equipment damage and repair work, costs are taken into account.

Consequence parameter	Calibration	For example
C1	<50 000 Eur	Replacement of the fan motor
C2	0,05 - 1 M Eur	- Tube leak, - Breakdown of a combustible air fan
C3	1 - 5 M Eur	Stink gas thud
C4	>5 M Eur	Smelt water explosion

Shut down safety

When assessing the result parameter of shut down damages, other plants shut down damages must be considered also.

Consequence parameter	Calibration	For example
C1	<8h	Interruption in liquor firing
C2	8h – 1 wk	- Tube leak, - Breakdown of a combustible air fan
C3	1 wk – 2 mth	Stink gas thud
C4	>2 mth	Smelt water explosion

Frequence and exposure time risk parameter F

Personal safety

Stay parameter	Calibration	For example
F1	The hazard centered on a limited area, and movement around the area is irregular	Electrostatic precipitator area, cylinder level
F2	The hazard centers on the entire boiler room or levels where movement is commonplace	Liquor feeding level, burner level and lowest level

Environmental, material and shut down safety

Environmental, material and shut down risks are not time dependent, for which reason the parameter that is always used is F2.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Possibility to avoid hazard parameter P

The hazard avoidance parameter, P, describes the possibility to avoid an event in a situation where there is no electric safety function or when it is not operational. Timewise, the area of influence of parameter P is between the safety function and the hazardous event.

To discover a non-functionality of the protection, there must be an alarm that is not dependent on safety instrumentation, and the non-functionality of the protection must be detectable from process variables and/or state information.

Personal safety

Possibility to avoid a hazard	Calibration	For example
P1	- Possible in certain circumstances - The operator has a sufficient time to act - The persons in the area have the possibility to move to a safe area	- The hazard can be spotted and avoided in time - Discovered with measurements and alarms - Shutting up of different combustibles, fast stop
P2	Otherwise, select P2	

Environmental, material and shut down safety

The procedures employed, in case of parameter P for hazard avoidance probability, are the same for environmental, material and shut down safety risks.

Possibility to avoid a hazard	Calibration	For example
P1	- Possible in certain circumstances - The operator has a sufficient time to act	- The hazard can be spotted and avoided in time - Discovered with measurements and alarms - Emission of green liquor or other combustibles to the channel - Closure, fast stop
P2	Otherwise, select P2	

Probability of the unwanted occurrence W

Probability of the unwanted occurrence parameter, W, describes the appearance probability of a hazard when protection by safety instrumentation is not taken into account. When estimating the probability of an event, the effect of other means to reduce risks is also considered.

Other risk reduction means include, for example:

- - planning, design
- - normal basic process control interlocks, controls, etc.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

- - safety valves
- - rupture disks
- - explosion relief panels
- - gas and fire detectors
- - training, instructions, etc.

Personal, environmental, material and shut down safety

The procedures employed, in case of parameter P for hazard existence probability, are the same for personal, environmental, material and shut down safety risks.

Probability of the unwanted occurrence parameter	**Calibration**	**For example**
W1	Very small (occurrence interval more than 33 years)	Occurrence of damage not probable in this plant under the present practice
W2	Small (occurrence interval 3 – 33 years)	Damage has occurred in a comparable plant elsewhere and there is a reason to believe that it can happen in this plant within the next 3 – 33 years
W3	Probable (occurrence interval 4mth – 3 years)	It is probable that damage will occur in this plant during the next 3 years

With the help of the occurrence intervals above, a generally tolerable individual risk level can be achieved.

Hazard and risk analysis form

Annex 1 of Appendix 1 shows the form for hazard and risk analysis.

The front page of the form is to be filled out with the details of the plant and the project, the system being analyzed, the drawings used (e.g., PI diagrams), the participants in the analysis, the date, place and possible observations, which later on must be attended to, for example, if the analysis proves inadequate for some reason.

Real hazard situations should be entered in the **Hazard** section. This applies, for example, to excessive pressure in the boiler. All possible hazards due to hazard situations that can cause at least personal or environmental hazards are recorded. The work group decides whether to record also possible material and shut down hazards.

All possible reasons that can cause the hazard to be dealt with or start a possible chain of events that leads to the hazard in question should be entered in the **Hazard causes** section.

In the **Consequences** section, first the cause-specific general consequences are entered and, under that, the damage-specific consequences for personal, environmental, material and shut down damages. Their possible magnitude is also estimated here.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The **Current Protection (without SRS)** section is used to record all possible preparation, whether mechanical or electrical, handled by instruction or by education, that can affect the possible occurrence of damage.

The **Risk (without SRS)** section records the parameter path (e.g., C3-F2-P1-W2) obtained from the risk graph's estimation of the magnitude of the risk reduction requirement and the risk reduction requirement itself (-, a, SIL1 – SIL4 or b). See Figure 1 of the risk graph.

The **SRS/Actions/Comments** section is used to enter the work group's proposals about possible safety operations in SRS and other possibly needed additional clarifications.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Hazard and risk analysis form

	HAZARD	HAZARD CAUSES	CONSEQUENCES -Personal damage -Environmental damage -Material damage -Shut down damage	CURRENT PROTECTION (without SIS)	RISK (without SIS)	SIS/ACTIONS COMMENTS
1. BOILER WATER SYSTEM						
1.1	**Steam drum level too low**	- a big leak in the furnace	- boiling dry - pipe damage - melt water explosion	- level measurement (2/3) - local water glasses 2 pcs + camera - instructions for operation and maintenance	Person: C4-F2-P2-W1 SIL3 Environment: -C2-F2-P2-W1 SIL1 Material: -C4-F2-P2-W1 SIL3 Shut down: -C4-F2-P2-W1 SIL3	Periodic test inspections and strength measurements for boiler pipes.Tripping from a low level 2/3 react (LI-7312, -13, -22)
1.2	**Steam drum level too low**	- a leak in the boiler	- boiling dry - pipe damage - melt water explosion hazard	- periodic test inspections and strength measurements for boiler pipes - level measurements (2/3) - local water glasses 2 pcs + camera - difference measurement for the water feed and amount of steam causing an alarm - instructions for operation and maintenance - periodic test inspections and strength measurements for boiler pipes	Person: C4-F2-P1-W1 SIL2 Environment: -C2-F2-P1-W1 a Material: C1-F2-P2-W2 - Shut down: -C2-F2-P1-W2 SIL1	SIL2 implemented Tripping from a low level 2/3 react (LI-7312, -13, -22) - closing of the auxiliary fuel burners - ventilation discarded - liquor firing stopped - feeding of DNCG stopped

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

	HAZARD	HAZARD CAUSES	CONSEQUENCES -Personal damage -Environmental damage -Material damage -Shut down damage	CURRENT PROTECTION (without SIS)	RISK (without SIS)	SIS/ACTIONS COMMENTS
1.3	**Steam drum level too low**	- feed water flow prevented	- boiling dry - pipe damage - melt water explosion hazard	- level measurements (2/3) - local water glasses 2 pcs + camera - instructions for operation and maintenance - feed water flow measurement	Person: C4-F2-P1-W1 SIL2 Environment: - C2-F2-P1-W1 a Material: C1-F2-P2-W1 - Shut down: C2-F2-P1-W2 SIL1	SIL2 implemented Tripping from a low level 2/3 react (LI-7312, -13, -22) - closing of the auxiliary fuel burners - ventilation discarded - liquor firing stopped - feeding of DNCG stopped
1.4	**Steam drum level too low**	- a sudden increase in pressure	- the surface of the cylinder falls momentarily	- level measurements (2/3) - local water glasses 2 pcs + camera - instructions for operation and maintenance	Person: C1 - Environment: -C1 - Material: C1 -Shut down: C	No safety requirement

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 2

VERIFICATION OF INTEGRITY LEVELS FOR SAFETY INSTRUMENTATION

General

When verifying the integrity level for a protection built within SIS, one must consider separately the adequacy of the device architecture as well as the mathematical probability of failure due to hardware failure. The examination of both the device architecture as well as that of the probability of failure must be conducted for each of the protection's structural part (subsystems) separately. The interlocks that are built for the safety instrumentation consist mainly of the source part or normally transmitters, of safety logic, and of the object part or normally valves and motors (see Figure 1).

Hardware structures

In safety instrumented systems, the functional protections are built of different device structures, so that a single field device, for example, at the source side is replaced by several field devices. This provides additional security for safety operations and in certain structures also more usability for the plant. The most common device structures are:

1/1 structure (1oo1, 1 –out-of-1)
- one component (e.g., measurement), SIS is activated by the component demand or failure

1/2 structure (1oo2, 1 –out-of-2)
- two components connected parallel, SIS is activated by a separate demand or failure from each component

2/2 structure (2oo2, 2 –out-of-2)
- two components connected parallel, SIS is activated by a simultaneously occurring demand or failure from both of the components Thus, a failure of only one of the components does not activate SIS.

2/3 structure (2oo3, 2 –out-of-3)
- three components are connected parallel, SIS is activated by a simultaneously occurring demand or failure of two of the components. Thus, a failure of only one of the components does not activate SIS.

Dangerous and safe failures

Components' failure modes can be divided into safe and dangerous failures. The classification of the failure modes is based on the examination of the system state after the failure.

Dangerous failure refers to a situation, where a safety related system is prevented from responding to a potentially dangerous situation. Dangerous failures may be caused by, for example, an incorrect system definition, systematic or random equipment failures, a programming or human error or changes that have taken place in the system's operating environment.

A failure in a safety related system can lead to an accident if SIS does not correctly function in that exigency. The mathematical failure probability examination due to hardware failures is based on dangerous failures in practice.

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

In the case of a safe failure, the system incorrectly interprets the process to be in a dangerous state and thus often performs a shutdown for the failed system.

Undetected and detected failures

To anticipate failures, it is of the utmost importance that the system or the operator notices a possible failure situation. Based on this, failures can be further classified into undetected and detected failures.

A detected failure is a failure which can be discovered with the internal system diagnostics or in connection with normal operations, for example, from the control room. An undetected failure refers to a situation in which the system experiences a failure but the failure remains unnoticed. Undetected failures are normally found in periodic testing.

Examination of hardware architecture

In the examination of hardware architecture, hardware fault tolerance and safe failure fraction are brought under inspection. The examination of hardware architecture brings added demands to the complexity of the hardware in some cases where a higher SIL could theoretically be achieved if the mathematical examination approach only were used in the examination.

Table 1 shows the permissible hardware safety integrity according to the fault tolerance of the hardware and safe failure fraction of a device for so-called simple devices. Simple devices are assumed to be devices whose

- all failure modes are known
- behavior in a fault situation can be completely defined
- failure rate track record for detected and undetected dangerous failures is sufficiently well known to be regarded as reliable failure information based on practice.

Table 1.

Safe failure fraction	Hardware fault tolerance N		
	0	1	2
< 60 %	SIL1	SIL2	SIL3
60 % - 90 %	SIL2	SIL3	SIL4
90 % - 99 %	SIL3	SIL4	SIL4
> 99 %	SIL3	SIL4	SIL4

Table 2 shows the permissible hardware safety integrity according to the fault tolerance of the hardware and safe failure fraction of a device for other than so-called simple devices.

Table 2.

Safe failure fraction	Hardware fault tolerance N		
	0	1	2
< 60 %	not permissible	SIL1	SIL2
60 % - 90 %	SIL1	SIL2	SIL3

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

90 % - 99 %	SIL2	SIL3	SIL4
> 99 %	SIL3	SIL4	SIL4

In the tables, fault tolerance N means that N+1 faults can result in losing the safety function. In different hardware architecture examinations it is important to consider, e.g., the safe failure fraction for process measurement transmitters. Once that is, for example, between 60-90 %, SIL1 can be achieved with a single transmitter. Employing two transmitters of the same transmitter type, SIL2 can be achieved. Here we need to assume that the quality requirements for the hardware, software and the project to be implemented are of SIL2 level.

If the components have not been given their safe failure fraction (SFF), these can be calculated with the equation:

$SFF = (\lambda_S + \lambda_{DD}) / (\lambda_S + \lambda_D)$
where
λ_S = combined safe failures probability
λ_{DD} = the probability of dangerous failures detected by diagnostics
λS = combined dangerous failures probability

Failure probability examination

In the integrity level verification, each part of the protection is examined separately or, in normal situations, the source (e.g., a transmitter), the logic, and the target (e.g., valve). See Figure 1. In failure probability examination the average probability of failure on demand (PFD_{AVG}) is calculated, once the exigent condition appears, for the protection built in SIS as a whole by adding up the failure probabilities for the different part factors (source, logic, target) as follows:

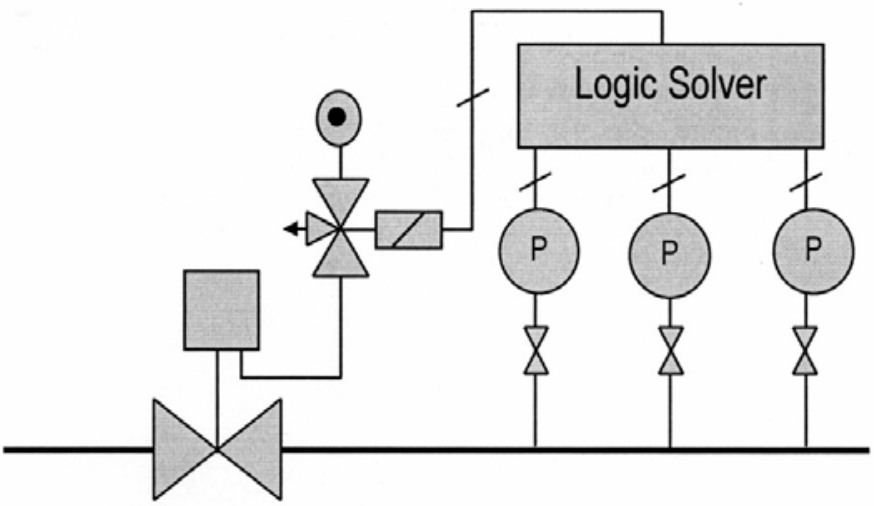


Figure 1. Example basic structure for safety instrumented system

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

$PFD_{AVG} = PFD_{SENSOR} + PFD_{LOG} + PFD_{ACTUATOR}$
where:

- PFD_{AVG} is the average failure probability for the SIS safety function when an exigent situation occurs
- PFD_{SENSOR} is the failure probability of a sensor (e,g., transmitter) or an input connection unit when an exigent situation occurs
- PFD_{LOG} is the failure probability of the logic solver when an exigent situation occurs
- $PFD_{ACTUATOR}$ is the failure probability of an output connection unit or actuator (e.g., valve) when an exigent situation occurs.

Integrity levels and the probability of dangerous failure

Table 3 shows the correspondence between the integrity levels (SIL) and the average probability of dangerous failure on demand (PFD) as well as the achieved risk reduction. The data on the table is based on PFD values for a small number of demands, which means that the safety function demand is less than once a year or at most twice during the interval between periodic testing.

For example, in SIL2 the average probability for the total number of failures should be between 10^{-2} - 10^{-3}. The risk reduction will then be of 100 – 1000 magnitude.

Table 3.

Integrity level (SIL)	Average probability failure on demand	Risk reduction
4	$\geq 10^{-5}$ $<10^{-4}$	>10000 $\leq$ 100000
3	$\geq 10^{-4}$ $<10^{-3}$	>1000 $\leq$ 10000
2	$\geq 10^{-3}$ $<10^{-2}$	>100 $\leq$ 1000
1	$\geq 10^{-2}$ $<10^{-1}$	>10 $\leq$ 100

PFD formulae for hardware structures

The formulae are from Appendix B of the IEC 61508-6 standard.

Note: When applying the formulae, attention must be paid to the assumptions and limitations expressed in the standard. The formulae presented are not suitable for calculations of diverse channels.

Table 4 explains the parameters for the formulae employed:

Table 4.

MTTR (h)	Mean time to repair (hours)
TI (h)	Periodic testing interval (hours)
PFD_G	The average probability of failure on demand for a device
PFD_{SYS}	The average probability of failure on demand for safety functions
λ_D (1/h)	The probability of dangerous failure (per hour)
λ_{DD}	The probability of detected dangerous failures (per hour)
λ_{DU}	The probability of undetected dangerous failures (per hour)

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

β_D	The fraction of the detected dangerous failures that have a common origin
β	The fraction of the undetected dangerous failures that have a common origin
t_{CE}	Device's mean equivalent down time (h)
t_{GE}	System's mean equivalent down time (h)

Structure 1oo1

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_{SENSOR} = (\lambda_{DU} + \lambda_{DD})\, t_{CE}$

where
$t_{CE} = (\lambda_{DU} / \lambda_D)\, ((T_1 / 2) + MTTR) + (\lambda_{DD} / \lambda_D)\, MTTR$, thus

$PFD_{SENSOR} = \lambda_{DU}\, (T_1 / 2 + MTTR) + \lambda_{DD}\, MTTR$

Structure 1oo2

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_{SENSOR} = 2((1-\beta_D)\lambda_{DD} + (1-\beta)\lambda_{DU})2\, t_{CE}\, t_{GE} + \beta_D\, \lambda_{DD} MTTR + \beta\lambda_{DU}(T_1 / 2 + MTTR)$

where
t_{CE} = as in structure 1oo1

$t_{GE} = (\lambda_{DU} / \lambda_D)\, ((T_1 / 3) + MTTR) + (\lambda_{DD} / \lambda_D)\, MTTR$

Structure 2oo2

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_{SENSOR} = 2(\lambda_{DU} + \lambda_{DD})\, t_{CE}$

where
t_{CE} = as in structure 1oo1

Structure 2oo3

$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

$PFD_{SENSOR} = 6((1-\beta_D)\lambda_{DD} + (1-\beta)\lambda_{DU})2\, t_{CE}\, t_{GE} + \beta_D\, \lambda_{DD} MTTR + \beta\lambda_{DU}(T_1 / 2 + MTTR)$

where
t_{CE} = as in structure 1oo1

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

t_{GE} = as in structure 1oo2

PFD calculation examples for different device structures

Table 5 shows some obtained PFD values for different device structures using the formulae presented above. The calculation example uses a pressure transmitter whose:

- λ_D = 3,3E-07 1/h
- λ_{DD} = 1,2E-07 1/h, of which
- λ_{DU} = 2,1E-07 1/h
- β = 2%
- β_D = 1%

In the calculation, the value of MTTR is 8 h and the periodic testing interval (TI) 3 years.

Table 5. PFD calculation example

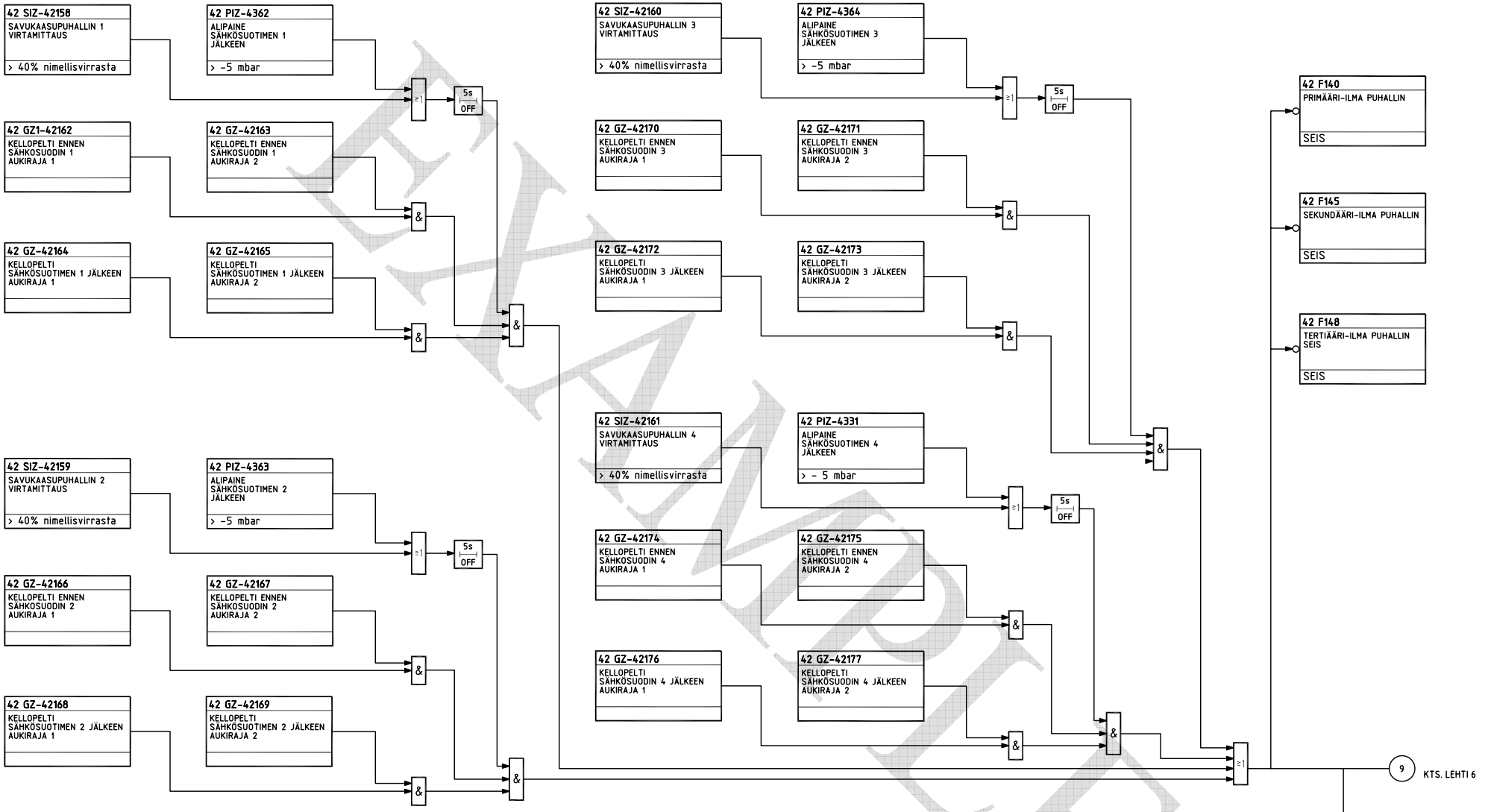
		Rakenne	MTTR (h)	TI (h)	PFD_G	λ_D (1/h)	λ_{DD}	λ_{DU}	β_D	β
Painelähetin 1oo1 -> venttiili kiinni										
Anturi	3051T	1oo1	8	26280	2,8E-03	3,3E-07	1,2E-07	2,1E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo1	8	26280	1,5E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	26280	6,9E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,01	0,02
				PFD_{SYS}	9,9E-03	SIL 2				
Paine-erolähetin 1oo2 -> venttiili kiinni										
Anturi	3051T	1oo2	8	26280	6,7E-05	3,3E-07	1,2E-07	2,1E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	1oo2	8	26280	2,7E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	26280	6,9E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,01	0,02
				PFD_{SYS}	7,2E-03	SIL 2				
Paine-erolähetin 2oo2 -> venttiili kiinni										
Anturi	3051T	2oo2	8	26280	5,6E-03	3,3E-07	1,2E-07	2,1E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo2	8	26280	2,9E-05	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	H51q-HS	1oo1	8	87600	1,7E-04	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	M1 + EJ	1oo1	8	26280	6,9E-03	1,8E-06	1,2E-06	5,3E-07	0,01	0,02
				PFD_{SYS}	1,3E-02	SIL 1				
Painelähetin 2oo3 -> venttiili kiinni										
Anturi	3051T	2oo3	8	26280	8,7E-05	3,3E-07	1,2E-07	2,1E-07	0,01	0,02
Logiikkaosa	F6217	2oo3	8	26280	2,7E-07	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10	0,01	0,02
Logiikkaosa	2 * H51q-HS	1oo1	8	87600	3,7E-04	2,1E-06	2,1E-06	8,1E-09	0,01	0,02
Logiikkaosa	F3330	1oo1	8	26280	9,5E-06	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10	0,01	0,02
Toimilaite	L12 + BJ	1oo1	8	26280	5,0E-03	1,3E-06	8,9E-07	3,8E-07	0,01	0,02
				PFD_{SYS}	5,5E-03	SIL 2				

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 3

INTERLOCK DIAGRAMS

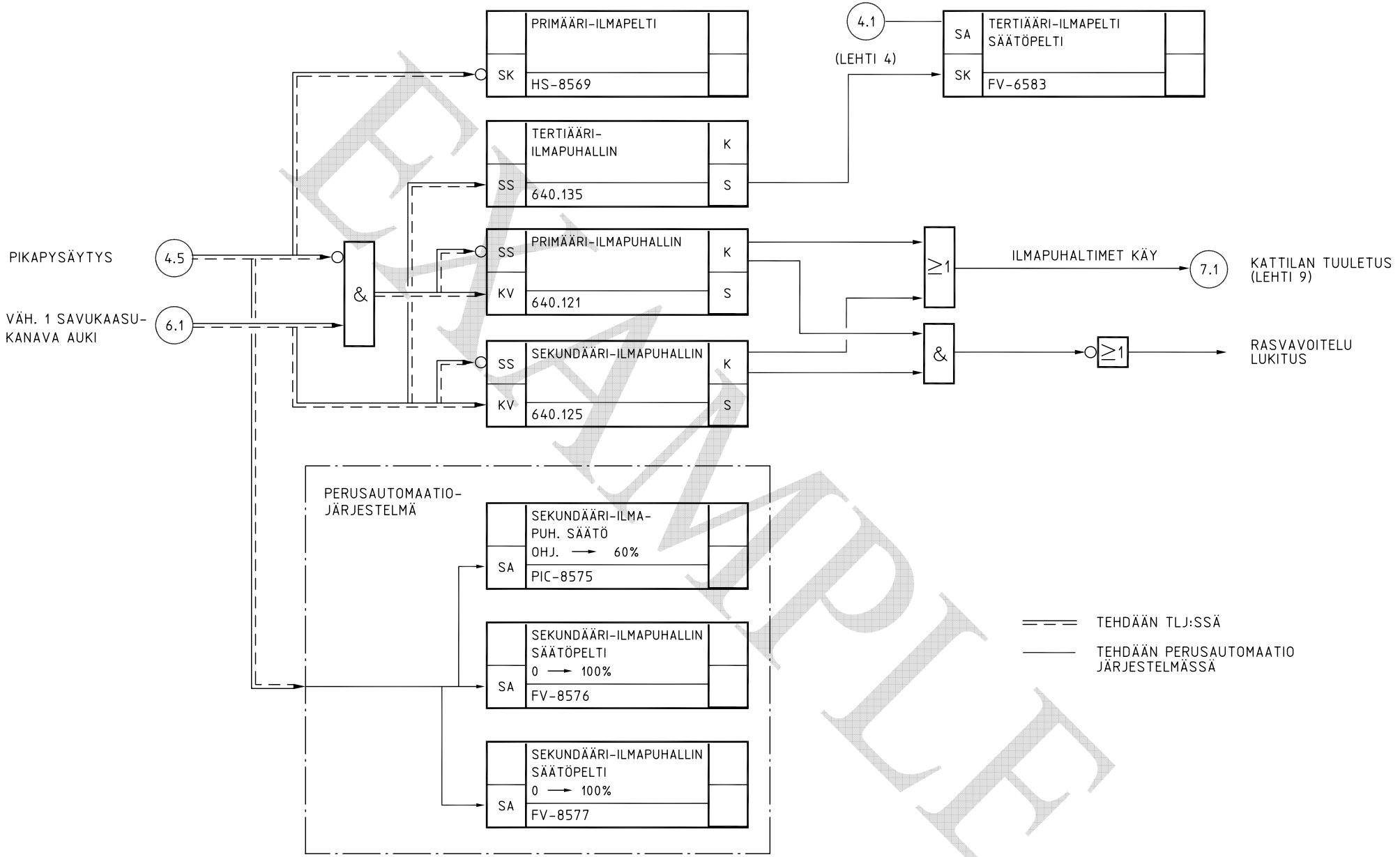
Examples of implemented interlock diagrams



EXAMPLE

51726112_03.dwg 29.01.2008 09:28 /prs16

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka	
Ark.no.		Suunn.		SOODAKATTILA, TURVA-AUTOMAATIO SAVUKAASUTIE AUKI	Keskus		Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto	No.				
		Hyv.	Tekn.kok.	No.	Piir.no.		Lehti	Rev.



EXAMPLE

MALLI02.dwg 29.01.2008 09:59 /prs16

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji / Sovellus / Laitepaikka
Ark.no.		Suunn.		SOODAKATTILAN TLJ LOGIIKKAKAAVIO ESIMERKKI	Keskus / Lähtö / Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto / No.		Piir.no. / Lehti / Rev.
		Hyv.	Tekn.kok. / No.		

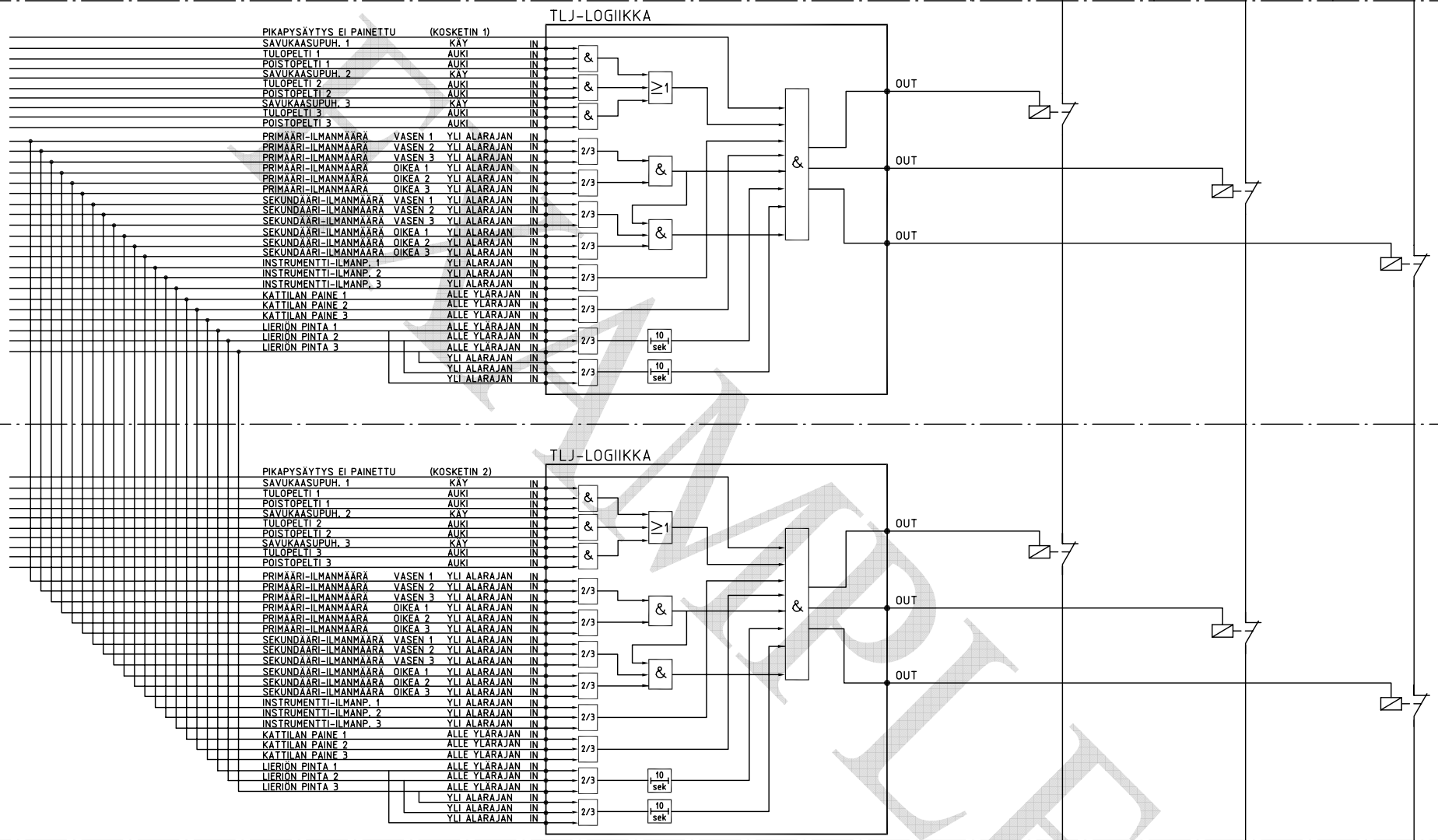
APPENDIX 4

BASIC DIAGRAMS

Examples of a logic solver (1/2 principle)

JÄNNITTEEN SYÖTTÖ POLTIN OHJAUS | JÄNNITTEEN SYÖTTÖ TASAUSMUUTTAJA | PERUSAUTOMAATIO-JÄRJESTELMÄ

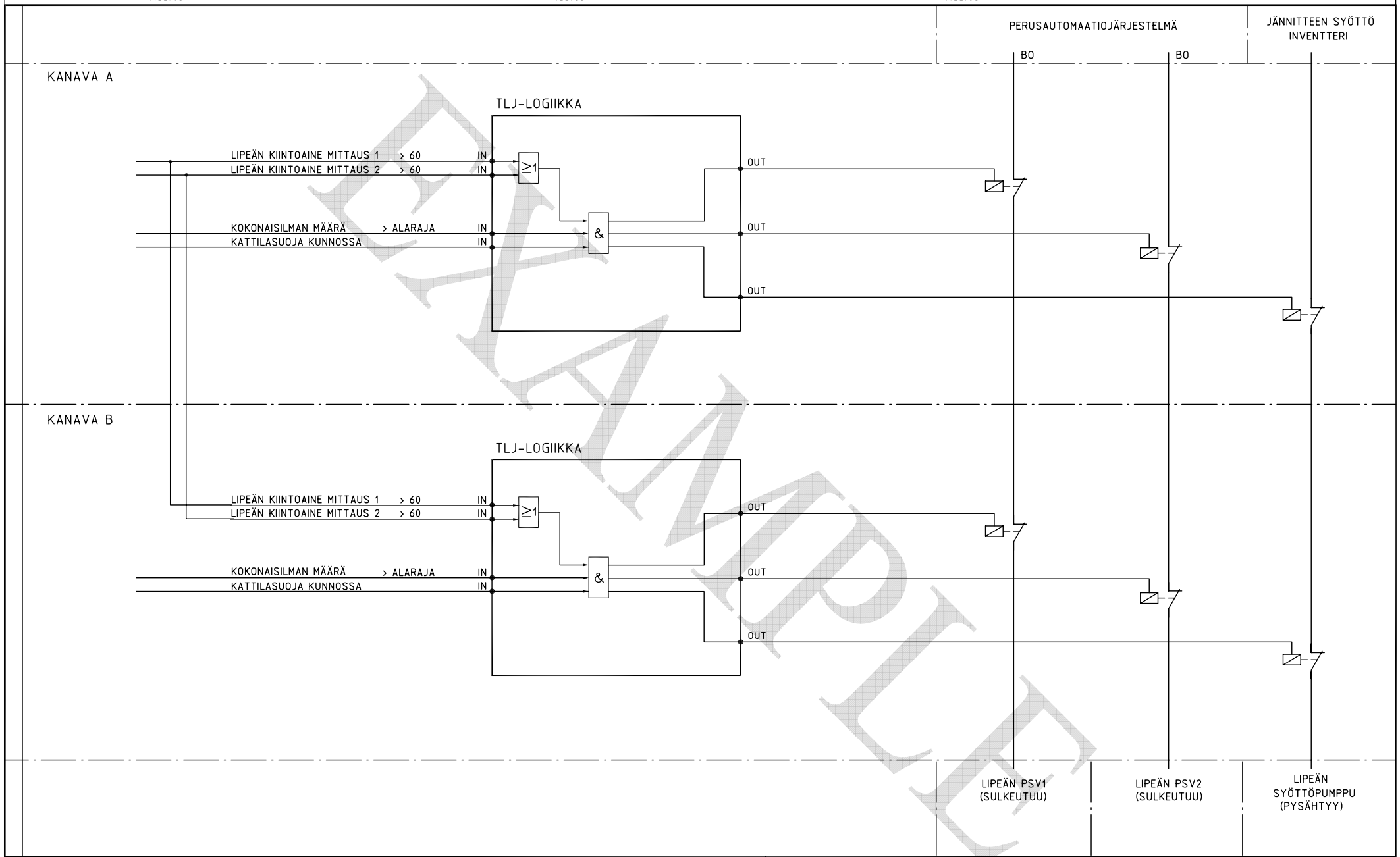
BO



KÄYNNISTYS-, KUORMA-HAJUKAASUPOLTTIMET SAMMUVAT | LIPEÄN SYÖTTÖ-PUMPUT (PYSÄHTYVÄT) | LIPEÄN SYÖTÖN PIKASULKUVENTT. (SULKEUTUVAT)

EXAMPLE

PI-kaavio No.		Lukituskaavio No.			
Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.	Piir. nimi	Laji	Sovellus / Laitepaikka
Ark.no.		Suunn.	SOODAKATTILAN TLJ LOGIIKKAKAAVIO KATTILASUOJA	Keskus	Lähtö / Vaihe
PÖYRY		Tark. / Osasto / No.		Piir.no.	Lehti / Rev.
		Hyv. / Tekn.kok. / No.			



EXAMPLE

MALLI32.dwg 29.01.2008 10:07 /prs16

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji / Sovellus / Laitepaikka
Ark.no.		Suunn.		SOODAKATTILAN TLJ LOGIIKKAKAAVIO LIPEÄN POLTON VALVONTA	Keskus / Lähtö / Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto / No.		Piir.no. / Lehti / Rev.
		Hyv.	Tekn.kok. / No.		

APPENDIX 5

EXAMPLE OF A CIRCUIT-SPECIFIC OPERATION DESCRIPTION

EXAMPLE

93HS0001 FIRE VALVE FOR NATURAL GAS:

Use:

It functions as a fire valve for natural gas

Operation:

The valve is opened and closed by the operator.
The circuit is connected to safety interlocks. Pressing the Main ESD button or the emergency-stop button closes the valve through SRS.

Alarms: Interlocks:

Safety interlocks:

Interlocks close the valve 93HV0001 when:

Main ESD button 93XZ0001 is pressed in the control room. Emergency-stop button 93XZ0002 is pressed in the control room.

Emergency-stop button 93XZ0003 is pressed at the burner level.

Emergency-stop button 93XZ0004 is pressed at the melt channel level.

Emergency-stop button 93XZ0005 is pressed by the auxiliary burners on the roof.

Data to other circuits:

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 6

EXAMPLES OF MONITORING DISPLAYS

Polttolipeä lukitukset

- Hätäseis
- Pikapysäytys

→ & → Polttolipeäpumppu 2

- Hätäseis
- Pikapysäytys
- Renkaan pesu sallittu
- Kierrätys sallittu
- Ajo sallittu

30

→ & → >1 → & → Polttolipeäpumppu 1

Polttoehdot

- Hätäseis
- Pikapysäytys
- Renkaanpesu, kierrätys tai poltto sallittu
- Kattilan seisokki pesulipeäkytkennät kunnossa
- Kattilan seisokki vesipesukytkennät kunnossa

→ & → Seisokki- ja renkaan pesu / ajo sallittu

- Kattilasuoja
- Savukaasun alipaine ekojen jälkeen
- Vähintään 1 kpl KÄPO käynnissä
- Polttolipeän minimipoltto käynnissä

→ >1 → Polttolipeän kierrätysvalmius

- Primääri-ilman syöttö
- Sekundääri-ilman syöttö
- Yläsekundääri-ilman syöttö
- Tertiääri-ja kvartääri-ilman syöttö
- Turvaportit ja säätöv. kiinni
- Polttolipeän kierrätys valmis

→ & → Poltto sallittu

→ >1

Kulttaus

Etuseinän paineensäätöventtiili

- Poltto sallittu
- Seisokkipesu sallittu
- Seinäkohtainen ajo/pesu sallittu

→ >1

Vasemman seinän paineensäätöventtiili

- Poltto sallittu
- Seisokkipesu sallittu
- Seinäkohtainen ajo/pesu sallittu

→ >1

Takaseinän paineensäätöventtiili

- Poltto sallittu
- Seisokkipesu sallittu
- Seinäkohtainen ajo/pesu sallittu

→ >1

Oikean seinän paineensäätöventtiili

- Poltto sallittu
- Seisokkipesu sallittu
- Seinäkohtainen ajo/pesu sallittu

→ >1

29.01.2008 11:53 /prs16 3K01.dwg

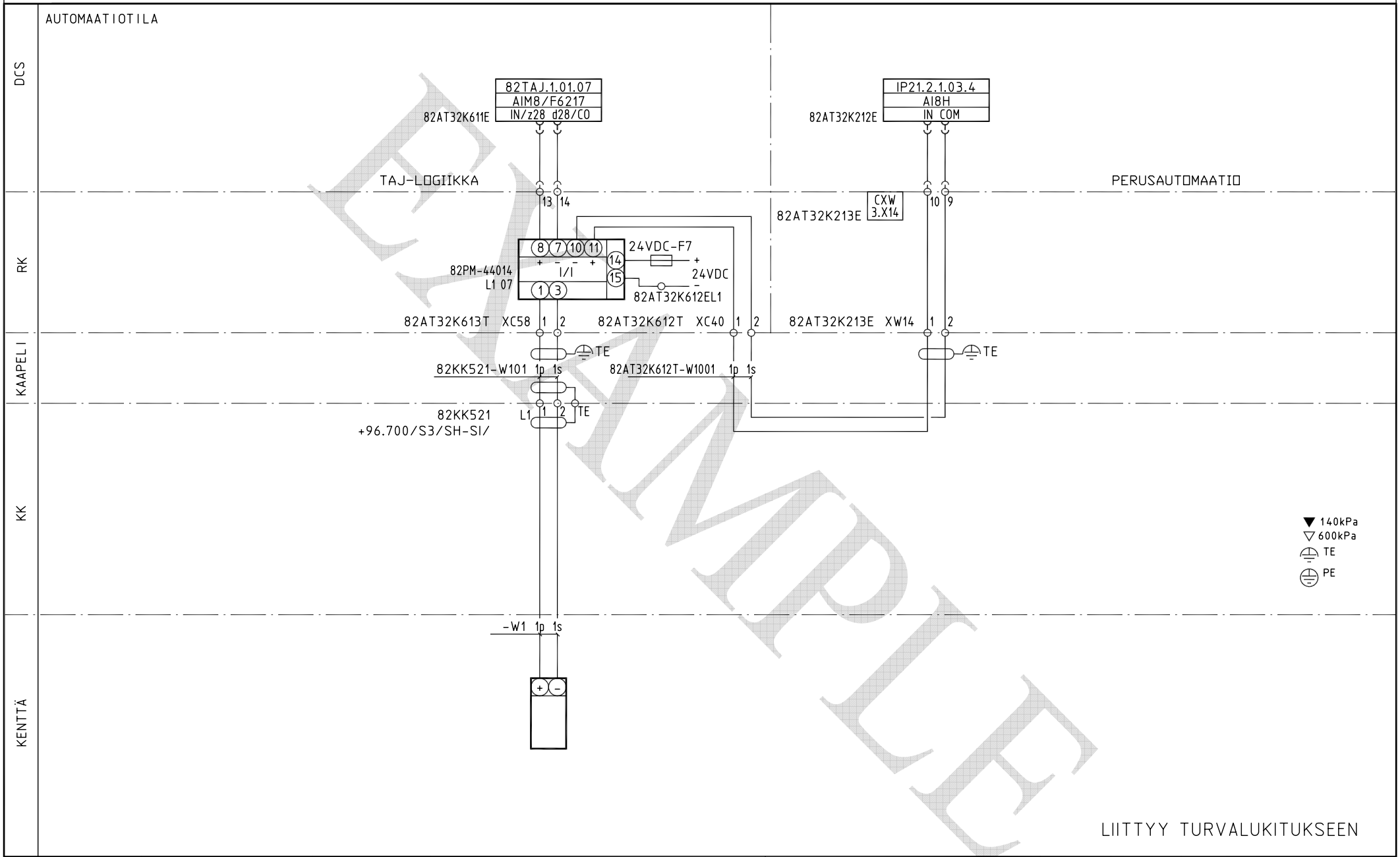
Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka
Ark.no.		Suunn.		LIPEÄNPOLTTO	Keskus	Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto / No.		Piir.no.	Lehti	Rev.
		Hyv.	Tekn.kok. / No.				

SAVUTIE AUKI.dwg 29.01.2008 12:08 /pr816

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka
Ark.no.		Suunn.		SAVUTIEAUKI	Keskus	Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto / No.		Piir.no.	Lehti	Rev.
		Hyv.	Tekn.kok. / No.				

APPENDIX 7

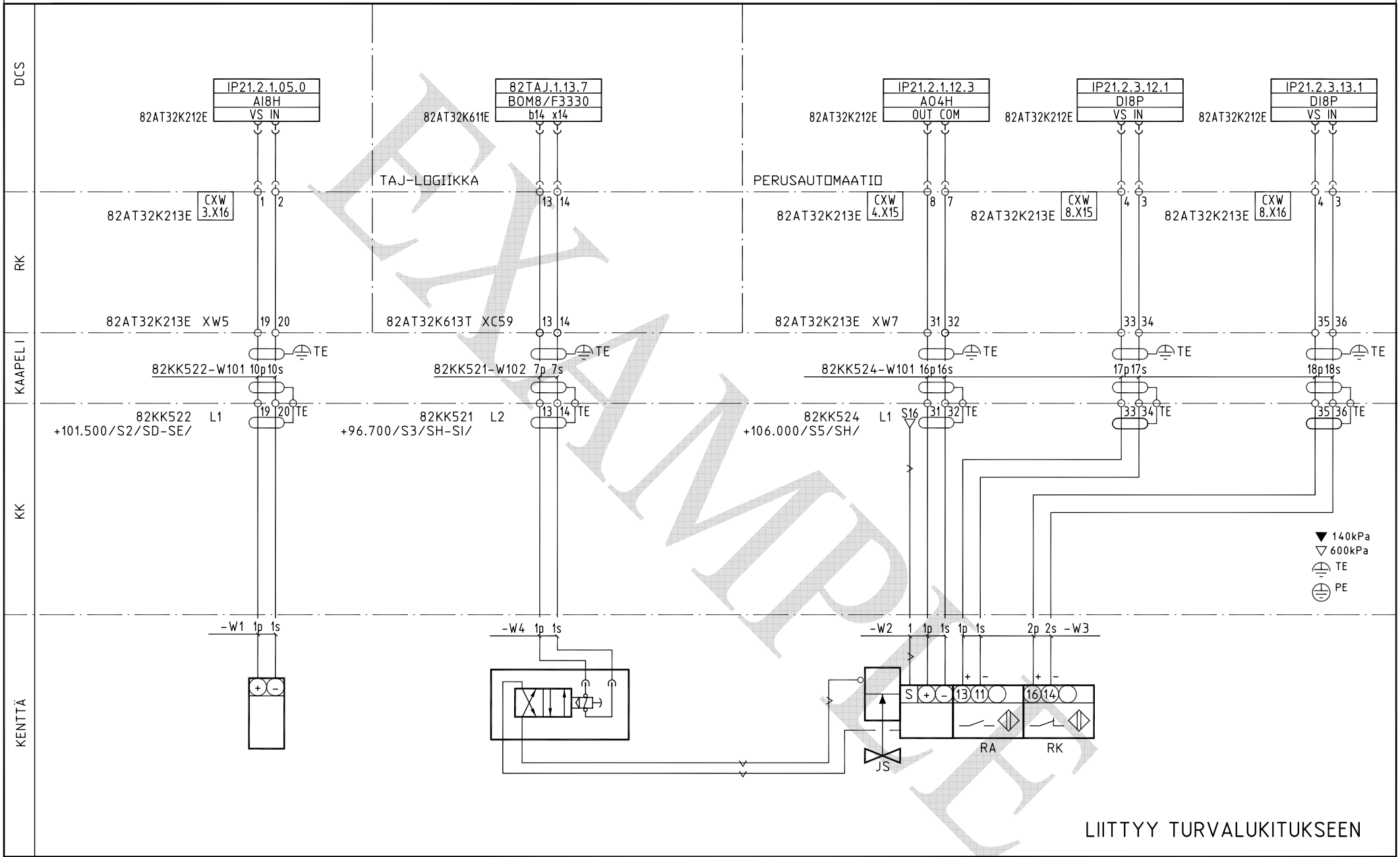
MODELS OF LOOP AND WIRING DIAGRAMS



EXAMPLE

3K077902_001.dwg 29.01.2008 10:19 /prs16

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka	
Ark.no.		Suunn.		MITTAUS	Keskus		Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto	No.				
		Hyv.	Tekn.kok.	No.	Piir.no.		Lehti	Rev.

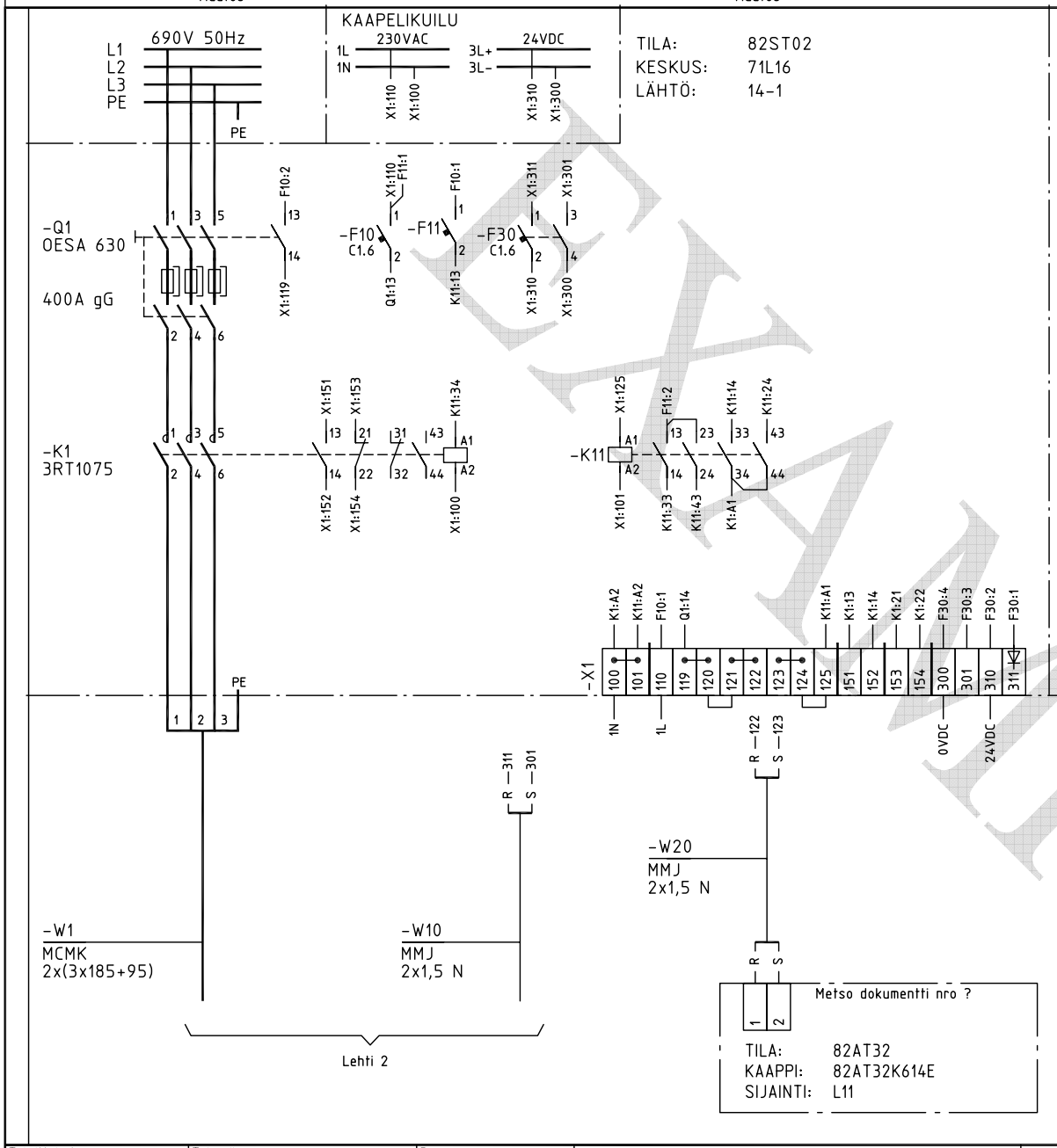


LIITTYY TURVALUKITUKSEEN

EXAMPLE

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka	
Ark.no.		Suunn.		SÄÄTÖVENTTIILI	Keskus		Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto	No.	Piir.no.		Lehti	Rev.
		Hyv.	Tekn.kok.	No.				

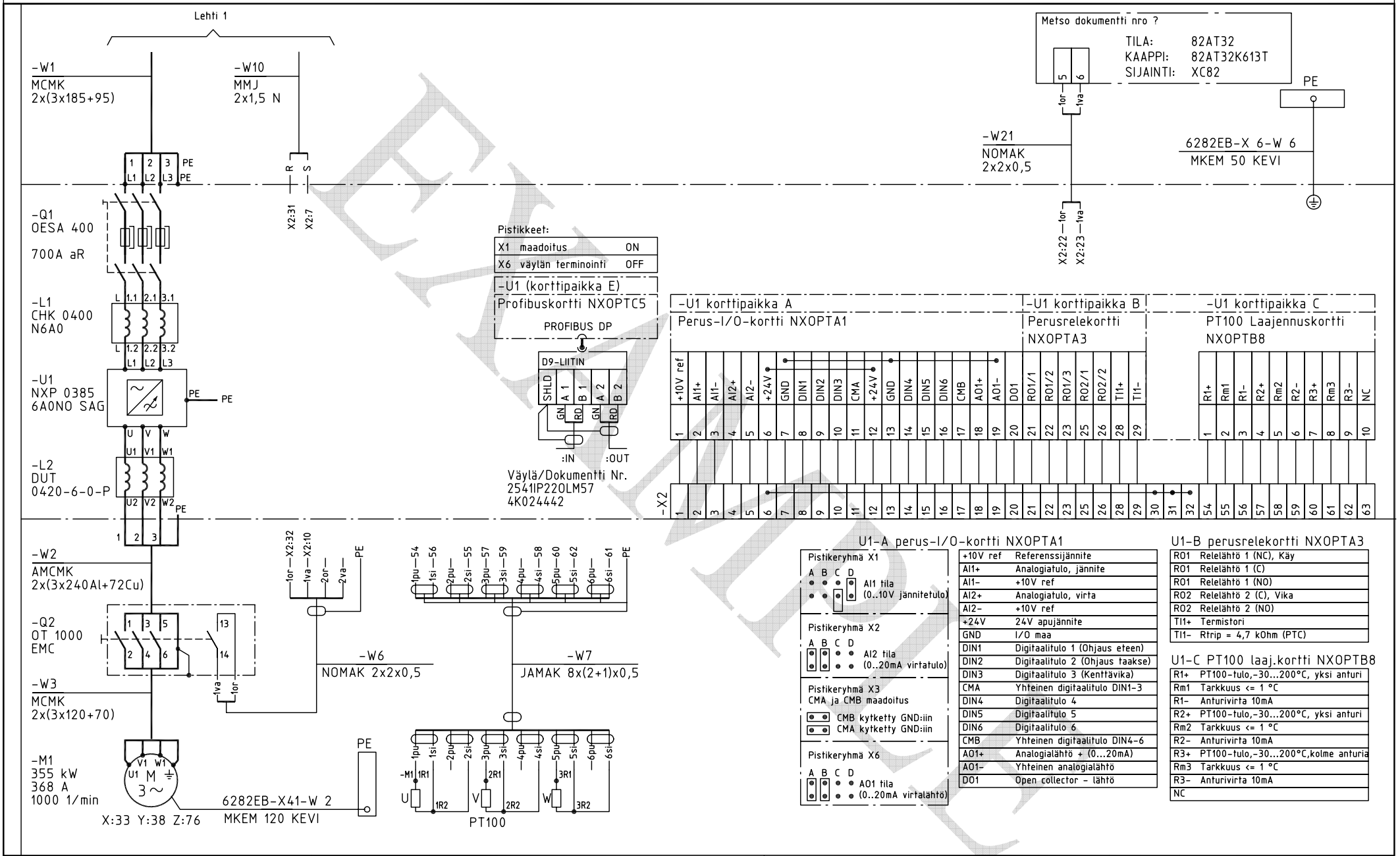
3K077922_001.dwg 29.01.2008 10:4 /prs16



EXAMPLE

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka
Ark.no.		Suunn.		TAAJUUSMUUTTAJA	Keskus	Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto / No.		Piir.no.	Lehti 1/3	Rev.
		Hyv.	Tekn.kok. / No.				

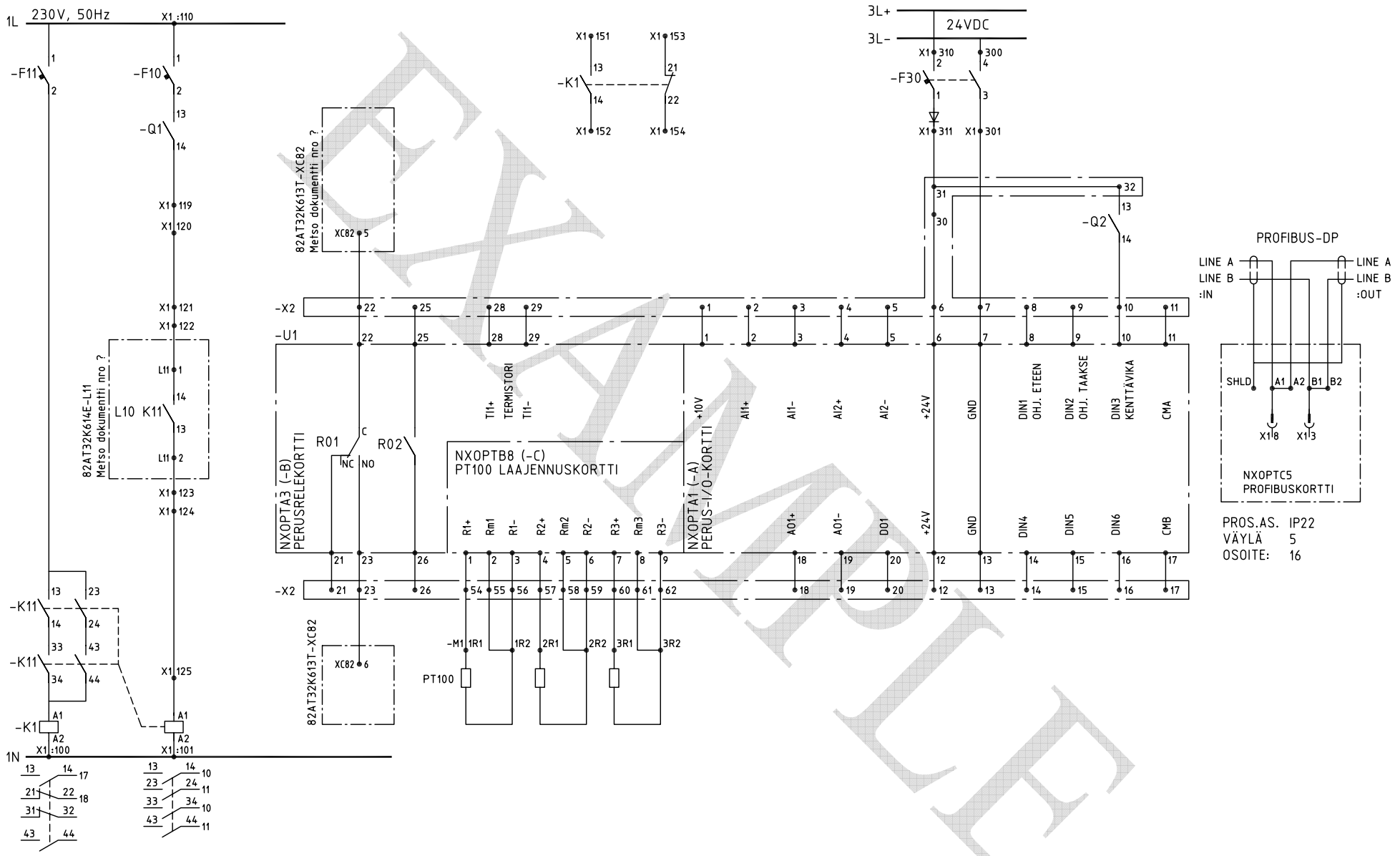
3K081908_001.dwg 29.01.2008 10:51 /prs16



EXAMPLE

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka
Ark.no.		Suunn.		TAAJUUSMUUTTAJA	Keskus	Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto / No.		Piir.no.	Lehti 2/3	Rev.
		Hyv.	Tekn.kok. / No.				

3K081908_002.dwg 29.01.2008 11:23 /prs16



EXAMPLE

3K081908_003.dwg 29.01.2008 11:28 /prs16

Toimittaja/no.	Toim.piir.no.	Pvm.		Piir. nimi	Laji	Sovellus	Laitepaikka	
Ark.no.		Suunn.		TAAJUUSMUUTTAJA	Keskus		Lähtö	Vaihe
PÖYRY		Tark.	Osasto	No.	Piir.no.		Lehti 3/3	Rev.
		Hyv.	Tekn.kok.	No.				

APPENDIX 8

MODELS OF TESTING DOCUMENTS

Examples of implemented projects

Testing instruction, FAT testing, 8A
Testing record, FAT testing, 8B
Testing report, FAT testing, 8C
Testing instruction, periodic testing, 8D
Testing record, periodic testing, 8E
Testing report, periodic testing, 8F

Recovery Boiler Ltd

SRS PROJECT

EXAMPLE

RECOVERY BOILER

A TESTING OF THE FIELD CIRCUITS

1 FAST STOP

1.1 Preparations

1.1.1 Ensure that the process is simulated in such a way that it can be tested.

1.1.2 Using the simulating connectors, put the Main ESD button to an OK state in both A and B channels.

1.1.3 Prevent programmable interlocks and mark the changes in the logbook.

1.1.4 Control valves 93HV0001, 93HV0002, 93HV0003, 93HV0004, 93FV0005, 93FV0006, 93HV007 and 93HV0008 to an open state and valves 93HV0009, and 93HV0010 to a closed state and start pumps 930001 and 930002 and pumps 930003 and 930004.

1.2 Main ESD 93XZ0001.Z1 (Channel A)

1.2.1 Simulate the Main ESD button 93XZ0001 by opening the switch in channel A and record the acknowledgement for channel A.

1.2.2 Verify that the interlocks function with light and sound alarms (card output switches off), with the boiler protection (tripped, LED turns off), valves 93HV0001, 93HV0002, 93HV0003, 93HV0004, 93FV0005, 93FV0006, 93HV0007 and 93HV0008 (close) and 93HV0009 and 93HV0010 (open) and pumps 930001 and 930002 (stop) and pumps 930003 and 930004 (stop).Also verify that the startup, load and odorous gas burners are turned off (auxiliary relays disengage).

1.2.3 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel A.

1.2.4 Turn the simulation switch to an OK state on channel A.

1.3 Main ESD 93XZ0001.Z2 (Channel B)

1.3.1 Do the preparations as in 1.1.

1.3.2 Simulate the Main ESD button 93XZ0001 by opening the switch in channel B and record the acknowledgement for channel B.

1.3.3 Verify that the interlocks function with light and sound alarms (card output switches off), with the boiler protection (tripped, LED turns off), valves 93HV0001, 93HV0002, 93HV0003, 93HV0004, 93FV0005, 93FV0006, 93HV0007 and 93HV0008 (close) and 93HV0009 and 93HV0010 (open) and pumps 930001 and 930002 (stop) and pumps 930003 and 930004 (stop).

1.3.4 Also verify that the startup, load and stink gas burners are turned off (auxiliary relay disengages).

1.3.5 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel B.

1.3.6 Turn the simulation switch to an OK state on channel B.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

1.4 Finalization

1.4.1 If you do not test other interlock circuits at the same time, reset the circuits' programmable interlocks and acknowledge the repairs done on the logbook.

2 BOILER PROTECTION (PRESENTED ONLY PARTIALLY)

2.1 Preparations

2.1.1 Ensure that the process is simulated in such a way that it can be tested.
2.1.2 Prevent programmable interlocks and control valves 93HV0007, 93HV0008 to an open state and start pumps 930003 and 930004.

2.2 Boiler pressure below 25mbar (Channel A) Transmitters 93PT0001 and 93PT0002

2.2.1 On channel B, simulate the limit value data of pressure transmitters 93PT0001, 0002 and 0003 to a good state and in such a way that channel B does not receive the limit exceeded information.
2.2.2 Bring the boiler protection to an OK state as follows:
- Flue open
  - simulate valves 93GZ0001.01 and 02 in an open position and fan 930005 to an operating state (one flue open)
- Primary air fan
  - simulate the primary air fan into an operating state
- Secondary air fan
  - simulate the secondary air fan into an operating state
- Steam drum surface ok
  - use potentiometers to simulate, from the terminal blocks to two steam drum level measuring loops, those values that are between the wet and dry boiling limits.
- Instrument – air measuring circuit ok
  - use potentiometers to simulate, from the terminal blocks to two instrument-air measuring loops, those values that are over the tripping limit.

2.2.3 Increase "pressure" 93PT0001 with a simulator, at the same time observing, on the display, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 12 mA).
2.2.4 Verify the alarm "Safety limit exceeded on the loop and no boiler protection tripped".
2.2.5 Decrease the "pressure" back below the tripping limit.
2.2.6 Increase "pressure" 93PT0002 with a simulator, at the same time observing, on the display, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 12mA).
2.2.7 Verify the alarm "Safety limit exceeded on the loop" and "No boiler protection tripped".
2.2.8 Increase also "pressure" 93PT0001 with a simulator, at the same time observing, on the display, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 12mA).
2.2.9 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), and that the startup, load and odorous gas burners stop (auxiliary relays disengage), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop).
2.2.10 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel A.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.2.11 Decrease, with simulators, the “pressures” from both measurements below the tripping limits.

2.3 Broken signal operations

2.3.1 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0001 by disconnecting the simulator cable.
2.3.2 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.
2.3.3 Reconnect the signal cable.
2.3.4 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0002 by disconnecting the simulator cable.
2.3.5 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.
2.3.6 Break the measurement signal loop also at transmitter 93PT0001.
2.3.7 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), and that the startup, load and odorous gas burners stop (auxiliary relays disengage), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop).
2.3.8 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel A.
2.3.9 Reconnect the simulators to the loops.

2.4 Boiler pressure below 25mbar (Channel B) Transmitters 93PT0001 and 93PT0002

2.4.1 On channel A, simulate the limit value data of pressure transmitters 93PT0001, 0002 and 0003 to a good state and in such a way that channel A does not receive the limit exceeded information.
2.4.2 Bring the boiler protection to an OK state as follows:
- Flue open
  - simulate valves 93GZ0001.01 and 02 in an open position and fan 930005 to an operating state (one flue open)
- Primary air fan
  - simulate the primary air fan into an operating state
- Secondary air fan
  - simulate the secondary air fan into an operating state
- Steam drum surface ok
  - use potentiometers to simulate, from the terminal blocks to two steam drum level measuring loops, those values that are between the wet and dry boiling limits.
- Instrument – air measuring loop ok
  - use potentiometers to simulate, from the terminal blocks to two instrument-air measuring loops, those values that are over the tripping limit.

2.4.3 Increase “pressure” 93PT0001 with a simulator, at the same time observing, on the display, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 12 mA).
2.4.4 Verify the alarm “Safety limit exceeded on the loop and no boiler protection tripped”.
2.4.5 Decrease the “pressure” back below the tripping limit.
2.4.6 Increase “pressure” 93PT0002 with a simulator, at the same time observing, on the display, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 12mA).
2.4.7 Verify the alarm “Safety limit exceeded on the loop and no boiler protection tripped”.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.4.8 Increase also “pressure” 93PT0001 with a simulator, at the same time observing, on the display, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 12mA).

2.4.9 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), and that the startup, load and stink gas burners stop (auxiliary relays disengage), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop).

2.4.10 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel B.

2.4.11 Decrease, with simulators, the “pressures” from both measurements below the tripping limits.

2.5 Broken signal operations

2.5.1 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0001 by disconnecting the simulator cable.

2.5.2 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.

2.5.3 Reconnect the signal cable.

2.5.4 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0002 by disconnecting the simulator cable.

2.5.5 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.

2.5.6 Break the measurement signal loop also at transmitter 93PT0001.

2.5.7 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), and that the startup, load and stink gas burners stop (auxiliary relays disengage), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop).

2.5.8 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel B.

2.5.9 Reconnect the simulators to the loops.

Repeat the same testing also for measurements 93PT0002 and 93PT0003 as well as 93PT0001 and 93PT0003.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 8 B
EXAMPLE
FAT TESTING RECORD

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
1. FAST STOP								
93XZ0001.Z1	Button, control room				Light alarm			
	Pressed	*Pressed*	A		-starts functioning	*Relay checked*	*MTe*	
					Sound alarm			
			A		-starts functioning	*Relay checked*	*MTe*	
					Boiler protection			
			A		-activates	*LED off*	*MTe*	
					FUEL VALVES			
				93HV0001	Fire valve for natural gas			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0002	Fire valve for oil			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0003	Methanol gate			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0004	NCG gate			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0005	Primary air slide			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0006	Primary air slide			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0007	Stop valve for firing liquor 1			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0008	Stop valve for firing liquor 1			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
				93HV0009	Main steam valve			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0010	Main steam valve bypass			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
				93HV0009	Ventilation of natural gas			
			A		-opens	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0010	NCG to stack			
			A		-opens	*Relay disengaged*	*MTe*	
					BURNERS			
					Startup burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					Load burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					NCG burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					FANS			
				930001	Primary fan			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930002	DNCG fan			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930004	firing liquor pump 2			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93XZ0001.Z2	Button, control room				Light alarm			
	Pressed	*Pressed*	B		-starts functioning	*Relay checked*	*MTe*	
					Sound alarm			
			B		-starts functioning	*Relay checked*	*MTe*	
					Boiler protection			
			B		-activates	*LED off*	*MTe*	
					FUEL VALVES			
				93HV0001	Fire valve for natural gas			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0002	Fire valve for oil			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0003	Methanol gate			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0004	NCG gate			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0005	Primary air slide			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0006	Primary air slide			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0007	Stop valve for firing liquor 1			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0008	Stop valve for firing liquor 1			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0009	Main steam valve			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0010	Main steam valve bypass			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
				93HV0009	Ventilation of natural gas			
			B		-opens	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0010	NCG to stack			
			B		-opens	*Relay disengaged*	*MTe*	
					BURNERS			
					Startup burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					Load burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					NCG burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					FANS			
				930001	Primary fan			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930002	DNCG fan			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930004	firing liquor pump 2			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
1. BOILER PRESSURE								
FURNACE PRESSURE								
93PI0001	Furnace pressure							
	-pressure above 25.0 mbar	*12,0 mA*	A		1/3 alarm activated			25 mbar = 12.0 mA
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-pressure above 25.0 mbar	*12,1 mA*	A		-activates	*Activated*	*MTe*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					Load burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					NCG burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930004	firing liquor pump 2			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93PI0001	Furnace pressure							
	-signal broken	*Broken*	A		1/3 alarm activated			
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-signal broken	*Broken*	A		-activates	*Activated*	*MTe*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					Load burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					NCG burners			
			A		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930004	firing liquor pump 2			
			A		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93PI0001	Furnace pressure							
	-pressure above 25.0 mbar	*12,03 mA*	B		1/3 alarm activated			25 mbar = 12.0 mA
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-pressure above 25.0 mbar	*12,05 mA*	B		-activates	*Activated*	*MTe*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					Load burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					NCG burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930004	firing liquor pump 2			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93PI0001	Furnace pressure							
	-signal broken	*Broken*	B		1/3 alarm activated			
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-signal broken	*Broken*	B		-activates	*Activated*	*MTe*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					Load burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					NCG burners			
			B		-stop	*Relay disengaged*	*MTe*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Relay disengaged*	*MTe*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	
				930004	firing liquor pump 2			
			B		-stops	*Relay disengaged*	*MTe*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

Recovery Boiler Ltd

SIS PROJECT

MODEL

FACTORY ACCEPTANCE TEST REPORT ON SAFETY INTERLOCKS (SIS) OF A RECOVERY BOILER

1 TARGET

A safety instrumented system for a recovery boiler (SIS)

2 TIME AND PLACE

01-02.01.2005 Recovery Boiler Ltd

3 PARTICIPANTS

N. N.	Plant operator
N. N.	Person responsible for the plant's SIS
N. N.	Automation installer
N. N.	Main designer
Inspection office/ Y. Y.	Inspector

4 TESTING METHODS

The testing was conducted in accordance with the testing plan and testing instructions.

5 TESTING ACCEPTANCE

On the basis of the testing, we state that the interlocks that form a part of the safety related system for the section function correctly and safely. Therefore, the testing can be accepted.

The testing summary in Appendix 1 presents some alarm deficiencies as well as some parts that were left untested.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Recovery Boiler Ltd	Recovery Boiler Ltd
_____	_____
Plant operator	Person in charge of SIS
Recovery Boiler Ltd	Recovery Boiler Ltd
_____	_____
Inspector	Main designer

APPENDICES

1. Testing summary

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Recovery Boiler Ltd

SIS PROJECT **APPENDIX 1**

MODEL SUMMARY OF THE FACTORY ACCEPTANCE TEST (FAT) FOR A RECOVERY BOILER'S SAFETY INTERLOCKS (SIS)

1 TESTING ARRANGEMENTS

1.1 Safety system

The system as a whole was installed and connected.

Hardware:
- the system was energized and switched on.

Software:
- the programs had been loaded on the system, and, for individual loops, the normal process control procedures at the process stations had been tested beforehand.

Documentation:
- the following documentation was used in testing: SIS connection diagrams, SIS operation descriptions, SIS display images, loop diagrams and wiring diagrams as well as I/O and hardware layout drawings, testing instructions and testing records.

Testing equipment:
- Measurement channels had been wired to a separate potentiometer board, with which the simulation of individual measurements was easy to implement. During measurement simulations, the measuring loops were connected to mA measuring instruments, which allowed the measurement of accurate mA signals. The measurements were performed by a Beamex MIC 10 calibrator. The calibration certificates for the measuring instruments are in Appendix 6.

2 TESTING

In the testing, the process interlocks at the process station for all targets (valves and motors) were removed, to ensure that SIS operations were the reason for the valves and motors to get to a safe state.

The testing was performed in a straightforward manner, by following the testing instructions, which had been made beforehand and where the testing was divided into possible interlock failures and field equipment and process faults.

The field equipment and process faults were tested in full. (the emergency-stop switch as well as each process measurement value of the boiler protection were simulated and tested for each channel).

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

In addition to the functioning of the interlocks, alarm signals and interlock indications on SIS displays were examined. Appended there is also a copy of the page of the alarm printer and a display page both related to tripping situations.

3 COMMENTS ON TESTING

3.1 Testing of the safety system

The testing was performed according to the plan. The programs and the system functioned well. Some observations related to the testing:

- A signal fault did not trigger measurement 93PI0001 to send a loop-specific alarm. It was a programming fault, which was then repaired, and a retesting took place.

- System alarms were generally missing. These alarms had not yet been created for the system. The alarms are tested during the commissioning testing.

4 DOCUMENTATION

The testing plan can be found in the testing folder's interleaf Section 1. Functioning of the sources as well as that of interlocks is marked in the testing record (interleaf 4). The same interleaf divider holds the printouts of the alarm pages for the interlock functions. The final safety interlock connection diagrams for the recovery boiler, SIS display images, program diagrams related to interlocks as well as the hardware layout images are in the same folder.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Recovery Boiler Ltd

SRS PROJECT

EXAMPLE

RECOVERY BOILER

A TESTING OF THE FIELD LOOPS

1 Fast stop

1.1 Preparations

1.1.1 Ensure that the process is in such a state that it can be tested.
1.1.2 Shut hand valves 1000 (natural gas), 1001 (oil), 1002 (methanol), 1010, 1011, 1012 and 1013 (liquor for firing).
1.1.3 Remove the main fuses from fans 930001 (Primary fan), 930002 (Fan for DNCG) as well as from pumps 930003 (Firing liquor pump1), and 930004 (Firing liquor pump 2).
1.1.4 Change the connection to main ESD button 93XZ0001-Z2 (channel B) with terminal blocks 93CR11.12 AX1:1-3, so that 1 and 2 connect together.
1.1.5 Prevent programmable interlocks and mark the changes in the logbook.
1.1.6 Control valves 93HV0001, 93HV0002, 93HV0003, 93HV0004, 93FV0005, 93FV0006, 93HV007 and 93HV0008 to an open state and valves 93HV0009, and 93HV0010 to a closed state and start fans 930001 and 930002 and pumps 930003 and 930004.

1.2 Main ESD button 93XZ0001.Z1 (Channel A)

1.2.1 In the control room, press main ESD button 93XZ0001 in and acknowledge for channel A in the records.
1.2.2 Verify that interlocking takes place for light and sound alarms (activate), boiler burner (trips, LED goes off), valves 93HV0001, 93HV0002, 93HV0003, 93HV0004, 93FV0005, 93FV0006, 93HV0007 and 93HV0008 (close) and 93HV0009 and 93HV0010 (open) and fans 930001 and 930002 (stop) and pumps 930003 and 930004 (stop).
Also verify that the startup, load and odorous gas burners become turned off when cutting the 230V control voltage by relays in the burner control cabinet 93CR05.10.
1.2.3 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel A.
1.2.4 Lift the main ESD button back to the upper position.
1.2.5 Change the connection to main ESD button 93XZ0001.Z2 (channel B) back as it was.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

1.3 Main ESD button 93XZ0001.Z2 (Channel B)

1.3.1 Change the connection to main ESD button 93XZ0001.Z1 (channel A) with terminal blocks 93CR11.08 AX1:1-3, so that 3 and 4 are brought together.
1.3.2 Do the other preparations as in 1.1.
1.3.3 In the control room, press main ESD button 93XZ0001 in and acknowledge for channel B in the records.
1.3.4 Verify that interlocking takes place for light and sound alarms (activate), boiler burner (trips, LED goes off), valves 93HV0001, 93HV0002, 93HV0003, 93HV0004, 93FV0005, 93FV0006, 93HV0007 and 93HV0008 (close) and 93HV0009 and 93HV0010 (open) and fans 930001 and 930002 (stop) and pumps 930003 and 930004 (stop).Also verify that the startup, load and odorous gas burners become turned off when cutting the 230V control voltage by relays in the burner control cabinet 93CR05.10.

1.3.5 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel B.
1.3.6 Lift the main ESD button back to the upper position.
1.3.7 Change the connection to main ESD button 93XZ0001.Z2 (channel A) back as it was

1.4 Finalization

1.4.1 If you do not test other interlock loops at the same time, reset the loops' programmable interlocks and acknowledge the repairs done on the logbook.

2 BOILER PROTECTION (PRESENTED ONLY PARTIALLY)

2.1 Preparations

2.1.1 Ensure that the process is in such a state that it can be tested.
2.1.2 Shut hand valves 1010, 1011, 1012 and 1013 (liquor for firing).
2.1.3 Remove the main fuses from fans 930001 (Primary air fan), 930008 (Secondary air fan), 930005 (Flue gas fan 1), 930006 (Flue gas fan 2) and 930007 (Flue gas fan 3) as well as pumps 930003 (Firing liquor pump 1) and 930004 (Firing liquor pump 2).
2.1.4 Prevent programmable interlocks and control valves 93HV0007, 93HV0008 to an open state and smoke dampers 93GZ0001.01, 93GZ0001.02, 93GZ0002.01, 93GZ0002.02, 93GZ0003.01 and 93GZ0003.02 to a closed state and stop fans 930005, 930006 and 930007

2.2 Boiler pressure below 25mbar (Channel A) Transmitters 93PT0001 and 93PT0002

2.2.1 On channel B, simulate the limit value data of pressure transmitters 93PT0001, 0002 and 0003 to a good state in such a way that the B channel does not receive the limit exceeded information.
2.2.2 Bring the boiler protection to an OK state as follows:
– Flue open

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

  - open dampers 93GZ0001.01 and 02 and start fan 930005 (one flue open)
- Primary air fan
  - start the primary air fan
- Secondary air fan
  - start the secondary air fan
- Steam drum surface ok
  - simulate, from the terminal blocks to two steam drum surface measuring loops, values that are between the wet and dry boiling limits.
- Instrument-air pressure
  - ensure that the pressure in the network is above 3,5 bar. If not, simulate, from the terminal blocks to two instrument-air measuring loops, values that are over 3,5 bar.

2.2.3 Lift the pressure by pumping with transmitter 93PT0001. At the same time observe, on the display terminal, the slow increase in the pressure above the tripping limit (above 25 mbar).

2.2.4 Verify the alarm “Safety limit exceeded on the loop and no boiler protection tripped”.

2.2.5 Decrease the pressure back below 25 mbars.

2.2.6 Lift the pressure by pumping from transmitter 93PT0002. At the same time observe, on the display terminal, the slow increase in the pressure above the tripping limit (above 25 mbar).

2.2.7 Verify the alarm “Safety limit exceeded on the loop and no boiler protection tripped”.

2.2.8 Increase also pressure from transmitter 93PT0001, at the same time observing, on the display terminal, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 25mbar).

2.2.9 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop) and that the startup, load and stink gas burners stop (the relays in the burner control cabinet disengage).

2.2.10 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel A.

2.2.11 Decrease the pressures from both measurements below the tripping limits.

2.3 Broken signal operations

2.3.1 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0001 by disconnecting the signal cable.

2.3.2 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.

2.3.3 Reconnect the signal cable.

2.3.4 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0002 by disconnecting the signal cable.

2.3.5 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.

2.3.6 Break the measurement signal loop also at transmitter 93PT0001.

2.3.7 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop) and that the startup, load and stink gas burners stop (the relays in the burner control cabinet disengage).

2.3.8 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel A.

2.3.9 Reconnect the signal cables with the transmitters.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.4 Boiler pressure below 25mbar (Channel B)
Transmitters 93PT0001 and 93PT0002

2.4.1 On channel A, simulate the limit value data of pressure transmitters 93PT0001, 0002 and 0003 to a good state in such a way that the A channel does not receive the limit exceeded information.

2.4.2 Bring the boiler protection to an OK state as follows:
- Flue open
  - open dampers 93GZ0001.01 and 02 and start fan 930005 (one flue open)
- Primary air fan
  - start the primary air fan
- Secondary air fan
  - start the secondary air fan
- Steam drum surface ok
  - simulate, from terminal blocks to two steam drum surface measuring loops, values that are between the wet and dry boiling limits.
- Instrument-air pressure
  - ensure that the pressure in the network is above 3,5 bars. If not, simulate, from the terminal blocks to two instrument-air measuring loops, values that are over 3,5 bar.

2.4.3 Lift the pressure by pumping from transmitter 93PT0001. At the same time observe, on the display terminal, the slow increase in the pressure above the tripping limit (above 25 mbar).

2.4.4 Verify the alarm “Safety limit exceeded on the loop and no boiler protection tripped”.

2.4.5 Decrease the pressure back below 25 mbars.

2.4.6 Lift the pressure by pumping from transmitter 93PT0002. At the same time observe, on the display terminal, the slow increase in the pressure above the tripping limit (above 25 mbar).

2.4.7 Verify the alarm “Safety limit exceeded on the loop and no boiler protection tripped”.

2.4.8 Increase also pressure from transmitter 93PT0001, at the same time observing, on the display terminal, the slow increase of the pressure over the tripping limit (above 25mbar).

2.4.9 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop) and that the startup, load and stink gas burners stop (the relays in the burner control cabinet disengage).

2.4.10 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel B.

2.4.11 Decrease the pressures from both measurements below the tripping limits.

2.5 Broken signal operations

2.5.1 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0001 by disconnecting the signal cable.

2.5.2 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.

2.5.3 Reconnect the signal cable.

2.5.4 Break the measurement signal loop at transmitter 93PT0002 by disconnecting the signal cable.

2.5.5 Verify the alarm “Signal fault on the loop and no safety interlocks”.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.5.6 Break the measurement signal loop also at transmitter 93PT0001.

2.5.7 Verify that interlocks function with the boiler protection (trips), with valves 93HV0003 and 93HV0004 (close) as well as with pumps 930003 and 930004 (stop) and that the startup, load and stink gas burners stop (the relays in the burner control cabinet disengage).

2.5.8 Acknowledge, on the testing record, that the objects interlocks function on channel B.

2.5.9 Reconnect the signal cables with the transmitters.

Repeat the same testing also for measurements 93PT0002 and 93PT0003 as well as 93PT0001 and 93PT0003.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 8 E
EXAMPLE
ANNUAL TESTING RECORD

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
1. FAST STOP								
93XZ0001.Z1	Button, control room				Light alarm			
	Pressed	*Pressed*	A		-starts functioning	*Functioned*	*MTa*	
					Sound alarm			
			A		-starts functioning	*Functioned*	*MTa*	
					Boiler protection			
			A		-activates	*Activated*	*MTa*	
					FUEL VALVES			
				93HV0001	Fire valve for natural gas			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0002	Fire valve for oil			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0003	Methanol gate			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0004	NCG gate			
			A		-closes		*MTa*	Not tested
				93HV0005	Primary air slide			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0006	Primary air slide			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0007	Stop valve for firing liquor 1			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0008	Stop valve for firing liquor 1			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
				93HV0009	Ventilation of natural gas			
			A		-opens	*Opened*	*MTa*	
				93HV0010	NCG to stack			
			A		-opens	*Opened*	*MTa*	
					BURNERS			
					Startup burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					Load burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					NCG burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					FANS			
				930001	Primary fan			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930002	DNCG fan			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930004	firing liquor pump 2			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93XZ0001.Z2	Button, control room				Light alarm			
	Pressed	*Pressed*	B		-starts functioning	*Functioned*	*MTa*	
					Sound alarm			
			B		-starts functioning	*Functioned*	*MTa*	
					Boiler protection			
			B		-activates	*Activated*	*MTa*	
					FUEL VALVES			
				93HV0001	Fire valve for natural gas			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0002	Fire valve for oil			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0003	Methanol gate			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0004	NCG gate			
			B		-closes		*MTa*	Not tested
				93HV0005	Primary air slide			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0006	Primary air slide			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0007	Stop valve for firing liquor 1			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0008	Stop valve for firing liquor 1			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0009	Ventilation of natural gas			
			B		-opens	*Opened*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
				93HV0010	NCG to stack			
			B		-opens	*Opened*	*MTa*	
					BURNERS			
					Startup burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					Load burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					NCG burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					FANS			
				930001	Primary fan			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930002	DNCG fan			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930004	firing liquor pump 2			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
1. BOILER PRESSURE								
FURNACE PRESSURE								
93PI0001	Furnace pressure							
	-pressure above 25.0 mbar	*25,1 mbar*	A		1/3 alarm activated			
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-pressure above 25.0 mbar	*25,0 mbar*	A		-activated	*Activated*	*MTa*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					Load burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					NCG burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930004	firing liquor pump 2			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93PI0001	Furnace pressure							
	-signal broken	*Broken*	A		1/3 alarm activated			
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-signal broken	*Broken*	A		-activates	*Activated*	*MTa*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					Load burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					NCG burners			
			A		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			A		-closes	*Closed*	*MTa*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930004	firing liquor pump 2			
			A		-stops	*Stopped*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93PI0001	Furnace pressure							
	-pressure above 25.0 mbar	*25,05 mbar*	B		1/3 alarm activated			
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-pressure above 25.0 mbar	*25,04 mbar*	B		-activates	*Activated*	*MTa*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					Load burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					NCG burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930004	firing liquor pump 2			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

SOURCE	NAME	VERIFIED	CHANNEL	TARGET	NAME	VERIFIED	ACK	COMMENTS
93PI0001	Furnace pressure							
	-signal broken	*Broken*	B		1/3 alarm activated			
93PI0001	Furnace pressure				BOILER PROTECTION			
	-signal broken	*Broken*	B		-activates	*Activated*	*MTa*	
93PI003	Simulated to a OK-state	*OK*						
					BURNERS			
					Startup burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					Load burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					NCG burners			
			B		-stop	*Stopped*	*MTa*	
					LIQUOR FEEDING VALVE			
				93HV0007	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
				93HV0008	Fast stop valve for feeding liquor			
			B		-closes	*Closed*	*MTa*	
					PUMPS			
				930003	firing liquor pump 1			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	
				930004	firing liquor pump 2			
			B		-stops	*Stopped*	*MTa*	

Tester in charge:

Signature Name clarification

EXAMPLE

Recovery Boiler Ltd

SIS PROJECT

MODEL

MODEL PERIODIC TESTING REPORT ON THE SAFETY INTERLOCKS (SIS) OF A RECOVERY BOILER

1 TARGET

A safety instrumented system for a recovery boiler (SIS)

2 TIME AND PLACE

01-02.01.2005	Recovery Boiler Ltd

3 PARTICIPANTS

N. N.	Plant operator
N. N.	Person responsible for the plant's SIS
N. N.	Automation installer
N. N.	Electric installer
Inspection office/Y. Y.	Inspector (part time)

4 TESTING METHODS

The testing was conducted in accordance with the testing plan and testing instructions.

5 TESTING ACCEPTANCE

On the basis of the testing, we state that the interlocks that form a part of the safety instrumented system for the section function correctly and safely. Therefore, the testing can be accepted.

The testing summary in Appendix 1 presents some alarm deficiencies as well as some parts that were left untested.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Recovery Boiler Ltd	Recovery Boiler Ltd
_____	_____
Plant operator	Person in charge of SIS
Recovery Boiler Ltd	Recovery Boiler Ltd
_____	_____
Automation installer	Electric installer
Recovery Boiler Ltd	
_____	
Inspector	

APPENDICES

1. Testing summary

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Recovery Boiler Ltd

SIS PROJECT **APPENDIX 1**

PERIODIC TESTING REPORT ON THE SAFETY INTERLOCKS (SIS) OF THE RECOVERY BOILER

SUMMARIZING MODEL

1 TESTING ARRANGEMENTS

1.1 Safety system

The system as a whole was in operation.

Before the testing was started, the central unit cards in the safety system's logic part were replaced with new ones. In this way, also new cards can be tested during periodic testing.

Documentation
- the following documentation was used in testing: SIS connection diagrams, SIS operation descriptions, SIS display images, loop diagrams and wiring diagrams as well as I/O and hardware layout drawings, testing instructions and testing records.

2 TESTING

The test objects in the field testing regarded as belonging to so-called SIS were

- Fast stop
- Rapid drain
- Boiler protection (from several field variables)
- Emergency-stop (the control room of the recovery boiler, in field 3 pcs)

All the trippings were arranged in such a manner that the tripping in question affects at a time only the SIS's channel (A or B) to be tested. The testing instructions explain how to block each tripping signal away from the channel that is not to be tested.

Analog measurements (sources in the boiler protection part) were simulated in accordance with real process conditions: a calibration pump was used to pump the necessary pressure to the pressure and surface transmitters for creating the SIS tripping limit there. The required activity from the 2/3 operations was generated by always pumping two transmitters to the same state. In this way the whole loop from the transmitter to the safety system could be tested. The calibration certificates for the equipment used in the testing are in the testing folder at tab 9 interleaf.

The valves were in the test in normal operation mode and their movements to a safe state were verified on a monitor and on the field.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The safety switches of the motors were turned to 0 position and the main fuses were removed. That the motors were stopped by interlocks was verified by contractors.

In the testing, the process interlocks at the process station for all targets (valves and motors) were removed, to ensure that SIS operations were the reason for the valves and motors to get to a safe state.

The testing was performed in a straightforward manner, by following the testing instructions, which had been made beforehand and where the testing was divided into possible interlock failures and field equipment and process faults.

The field equipment and process faults were tested in full.

(the emergency-stop switch as well as each process measurement value of the boiler protection were simulated and tested for each channel).

The fault testing for safety interlocks was not done in full, because that had already been performed to completion with the factory acceptance test (FAT). Only some sporadic tests were undertaken. The following fault cases were tested:

- I/O card no. 5 was removed from frame 0
- I/O card no. 7 was removed from frame 1
- the supply of electricity was cut for frame 0
- expansion bus no. 5 was removed from frame 1
- frame 1 was removed from the field connection
- process station 60 was stopped

In addition to the functioning of the interlocks, alarm signals and interlock indications on SIS displays were examined. Appended there is also a copy of the page of the alarm printer and a display page both related to tripping situations.

3 COMMENTS ON TESTING

3.1 Testing of the safety system

The testing was performed according to the plan. The programs and the system functioned well. Some observations related to the testing:

- For some reason, part of the markings of the field equipment and cabling had come loose. The markings were attached by the client during testing.

- On pressing the 93XZ0015 Emergency-switch (B channel), valve 93HV0007 started closing slowly, resulting in a wrong-limit alarm.It was noticed that the air pipes by the valve were bent in some places and slowed down the movement of pressure air in the piping system. The pipes were straightened and the valve's closing time became normal. The client will replace the air tubes during the next stoppage.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 9

GUIDE FOR OPERATION AND MAINTENANCE

Plan for operation and maintenance, 9AGuide for modification procedures, 9B

Recovery Boiler Ltd

SIS PROJECT

MODEL

PLAN FOR OPERATION AND MAINTENANCE

HISTORY

The first version was written on 15th January 2003.

1 PLAN TARGET

This recommendation applies to the operation and maintenance of a Safety Related System (SRS) for recovery boilers of Recovery Boilers Ltd.

2 PERSONS IN CHARGE

The person responsible for the safety of the recovery boiler is the operations supervisor.

The responsibility for the maintenance of automation and SIS belongs to the plant's automation maintenance where the person in charge for SIS is the automation master for the recovery boiler.

3 DOCUMENTATION

The entire documentation related to SIS has been collected in section-specific folders, which can be found with the day master, in the archive, in the automation configuration space for the liquor line or with the SIS person in charge.

The operation and maintenance instructions are kept in the SIS documentation folder. The plant's SIS person in charge has the master documentation (clause 2). That person is also responsible for updating the folder and for its distribution to the parties involved.

4 TRAINING

4.1 Training plan

The head operator of the plant and its SIS person in charge draw up a plan of continuous training for the operation and maintenance personnel. The plan pays attention to:

- the training of the technical personnel on fault diagnostics and repair as well as on testing of the system
- the training of the operation personnel
- the introduction of SIS to those unfamiliar with it

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

– a separate retraining of the personnel when the need arises, for example, during the periodic testing or other changes

4.2 Training register

A register is being maintained on training and competency. All the training events are entered to the training register that is maintained by the personnel administration. These events include participation in training events organized by an equipment supplier or a client.

5 REQUIREMENTS DEFINITIONS

5.1 Routine activities

The daily duties of the maintenance personnel in relation to the operation and maintenance of SIS are the following:

– Tidiness of the areas
– Prevention of entry from outsiders to the areas concerned (own key for the areas of electrical and automation equipment and processes)
– Keeping the SIS cabinet doors closed
– Updating of the SIS document folders
– Monitoring of air quality in SIS areas (temperature, pressure difference, moisture)
– Keeping the alarm lists under observation and responding to repeated alarms
– Observing the state of installations during factory visits and initiating preventive actions against hazard conditions possibly caused by temporary placing of foreign objects at the plant.

5.2 Operation instructions

The operation and maintenance instructions for different processing situations are presented in process-specific operation instructions, which include the operations before startup, during startup, running, and shutdown and the actions during a stoppage.

The operation instructions also show the SIS related loops that are in the section and their operation.

The instructions also discuss possible faults/failures and how to remove them, thus trying to prevent a hazardous state or decrease the consequences of the hazard.

5.3 Periodic testing and records

Due to the nature of processes and the structure of SIS, in which all SIS's field and system devices form part of the process control equipment, all field and system devices are under constant operation and being supervised. For example, if one of the connections for duplicated limit information breaks, the limit signal disappears and causes thus the tripping of interlocks and the process shutdown. In measurements based

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

on the 2/3 principle, one can be temporarily removed for calibration or maintenance, but the remaining transmitters then operate as if part of an 1/2 arrangement.

The portion of undetected faults based on the above is small in normal process run situations. It is regarded as reasonable to schedule periodic testing in 18 - 24 - 26 intervals depending on the hardware structure.

The periodic testing plan, the testing instructions and records for periodic testing are in the SIS periodic testing folder. The records drawn up during testing must also be included in that folder.

The periodic testing plan discusses the wherewithal (organization, documentation, testing equipment) for testing, how the tests are run, error correction, test acceptance, report formulation etc.

The testing instructions present, for each loop, the preparations for testing, necessary changes in connections to enable loop-specific testing, tripping instructions for the sources and instructions for record keeping.

5.4 Maintenance and modification

All maintenance operations for field and system equipment (calibration checkup, transmitter change, card replacement etc.) are regarded as maintenance. These do not require SIS compliant acceptance if the devices and limits remain unmodified.
Comparable new devices of different types require the SIS compliant acceptance.

Modification operations, on the other hand, include all changes in loops within the domain of SIS (loop additions, changes in cabling, cross-connections and applications). These must always be dealt with in accordance with the acceptance plan and inspection records must be kept of them.

It is the operation supervisor who has the power to give a permit for modifications. The supervisor also can decide which modifications are small, in which case they can be done independently, and which modifications require the use of the authorized assessment method.

The person responsible for the implementation of the modifications regarding SIS and for the competency of the persons involved in those modifications is the person in charge for SIS mentioned in Item 2. That person can decide whether to do the modification with the plant's own resources or whether to ask help from the personnel of the equipment supplier or from other competent outside sources (In accordance with the Guide for modification procedures).

Tuning modifications for transmitters equipped with a so-called safety plate (a normal marking with a red background) must be done with consideration, and the modification must be entered in the SIS documentation.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Transmitters connected to SIS - if lockable either by their transmitter box or installation valve - must be kept locked.

The Guide for modification procedures can be found in the SIS documentation folder in its operation and maintenance instructions section. The instructions explain the procedures to be followed for modifications:

- Maintenance of the requirement specifications
- Contacts to authorities and/or assessors
- Maintenance of SIS safety definitions
- Maintenance of implementation plans
- Implementation design and documentation
- Verifications of the modification
- Modification reports

5.5 Operation and maintenance log book

No separate SIS log book is kept. All SIS events – trippings, failures, faults, testing, modifications, etc. - are entered in a shift's event log book.

Shift managers and operators enter SIS related events due to faults, failures or trippings into the shift's event log immediately after the fault, failure or tripping took place.

The operations supervisor must keep track of the events in the log book. If it is found that some fault or hazard situation repeats, measures must be taken to eliminate the problem. These measures can include personnel training, a change in the requirements definitions, a modification in the SIS safety definitions or implementation, replacement or addition of field equipment, etc.

If there is a need for a modification, the operations supervisor creates a change management form, of which a copy is delivered to the person in charge of SIS.

In all these cases the modification procedures of Item 5.4 should be complied with.

5.6 Maintenance instructions

The SIS logic solver does not normally require other maintenance apart from the periodic testing. Possible maintenance instructions are defined in the equipment supplier's instructions.

The maintenance instructions for field equipment that are related to SIS are kept in the documentation folders. Calibration and condition inspections take place during periodic testing.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

6 EXCEPTIONAL SITUATIONS

In case of a failure in SIS (for example, a faulty card) processes cannot be run. No separate contingency bypasses have been built for testing or maintenance in case of a SIS failure. An exception to this, however, are the 2/3 measurement principles for analog measurements, where one transmitter can be removed, for example, for maintenance. When there is a SIS failure, the SIS related parts of the process are interrupted.

The maintenance personnel repair the faults that appear, in accordance with the operation and maintenance instructions. If necessary, a representative of the equipment manufacturer is invited there.

Following a failure, testing or maintenance, the process startup is performed in accordance with the operation instructions as in the case of a normal startup.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Recovery Boiler Ltd

SIS PROJECT

MODEL

GUIDE FOR SIS MODIFICATION PROCEDURES

HISTORY

The first version was written on 15th January 2003.

1 OBJECT OF THE INSTRUCTIONS

This recommendation applies to Safety Related Systems (SRS) for recovery boilers by Recovery Boilers Ltd.

2 GENERAL

All maintenance operations for field and system equipment (calibration checkup, transmitter change, card replacement etc.) are regarded as maintenance. These do not require SIS compliant testing if the devices and limits remain unchanged. Comparable new devices of different types require the SIS compliant testing.

Modification operations, on the other hand, include all changes in loops within the domain of SIS (loop additions, changes in cabling, cross-connections, internal wiring and programs). These must always be dealt with in accordance with the testing plan and entered into testing records.

3 MAINTENANCE OF REQUIREMENT SPECIFICATIONS

The person responsible for the SIS requirement specifications, for their changes and for the maintenance, while the boiler mentioned above is in operation, is the person in charge for SIS. That person can give a permit for modifications and decide which modifications are small, in which case they can be done independently, and which modifications require the use of the authorized assessment method. For example, changes in tripping limits and in the user interface can be interpreted as small modifications. Modifications that are more significant include, for example, removals and additions of safety inputs.

4 MAINTENANCE OF IMPLEMENTATION PLANS

Before a modification is realized, it is designed and planned in the modification plans that are in the SIS modification folder. The person responsible for all the operation time maintenance of the SIS's implementation plans is the person in charge of SIS.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

The modification should not noticeably change the overall reliability of SIS. Moreover, the modifications must be planned in accordance with the SIL principles such as:

- 2 channel structure, 1/2 or 2/3 tripping
- closed-circuit current principle
- single fault in SIS must not prevent the protection from operating when required
- protection must function regardless process stations

When planning a modification, attention must be paid on that the alarms and protection controls should enable the tracking and clarification of tripping signals and facilitate also fault detection.

5 IMPLEMENTATION CHANGES AND DOCUMENTATION

Only a person who is sufficiently knowledgeable in the relevant systems area is allowed to make changes in SIS software and wiring. The person in charge for SIS assumes the responsibility for the competence of the persons involved. It is recommended that the responsibility for the maintenance of the system's software is limited to 2-3 persons, each of whom takes the responsibility for the maintenance of program or other documentation.

Software modifications are kept in the folder for the management of the recovery boiler's configuration state modifications. The operations supervisor is provided with a copy of the modifications.

5.1 Application modifications

A password and a username are needed for signing in to the planning system.

The modifications in line with the implementation plans are prepared on the desktop to the modules from the file system.

The modified and checked up module is left on the desktop to wait for a suitable stoppage. In case it takes a longer time for a stoppage, a backup copy of the desktop should be made.

It must always be confirmed that a command gets through. The front indicator lights of a card confirm its startup.

Do not update the cards when the process is active, because updating momentarily resets the outputs and thus stops the related parts of the process.

5.2 Wiring modifications

The modifications in line with the implementation plans are drawn up for the diagrams of internal wiring loops on the field and in SIS.

Wiring modifications/additions are realized according to the stoppage work list. To avoid short circuiting problems, connected channels are disconnected for the time the work takes.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

Do not perform wiring modifications while the process is active, because possible connection problems during the modification work, when new connections are added, can cause the tripping of SIS for the process in question or the relevant parts of the process can get into an abnormal state

5.3 Field equipment modifications

Replacing a field device with a same type of a device is not a modification if the new device has the same calibration as the old one. On the other hand, to replace a field device with one of a different type, to add a new one or to change one's location is modification work, which must be planned and have approved by the person in charge of SIS or by the plant's operations supervisor or, if needed, by a competent authority.

Before a replacement with or addition of a new type of a device, it is necessary to ensure that the device's authorizations designate it as suitable for safety loops.

When installing field devices, one must follow the installation methods and markings corresponding to the implementation plans presented in the SIS description.

6 MODIFICATION TESTING

Modifications/additions are tested in accordance with a testing plan drawn up, modification by modification, by the person in charge for SIS and approved by the plant's operations supervisor. To ensure testing that is independent of the implementation, in addition to the implementation planner, at least one person with a sufficient competence, e.g., the person in charge for SIS, must accompany the testing procedures.

The plan should present the personnel participating in the testing; how to test the functions of a module loaded after a change in the software or wiring modifications or changes in field devices; the acceptance criteria for the tests; and how to document the testing.

After the tests have been completed, the person in charge for SIS updates the related documents in different places in the SIS folder. When necessary, the modifications must be updated also to periodic testing documents and to operations and maintenance instructions.

7 REPORTING ON MODIFICATIONS

The tested modification/addition is reported to the person in charge of SIS, who gathers together all the documentation related to the modification and reports further on to the operation supervisor of the plant. The supervisor approves the modification as having been performed and tested, enters its details in the SIS operation and maintenance log book (if exists), and updates and distributes the bulletin in accordance with the instructions.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

If necessary, the plant's operations supervisor reports to the authorities about the modification.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

APPENDIX 10

MARKING RECOMMENDATION FOR SAFETY RELATED SYSTEMS

EXAMPLE

Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)

MARKING RECOMMENDATION FOR SAFETY INSTRUMENTED SYSTEMS

19.10.2000

Report 9/2000
Rev. A

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

1 GENERAL

The members of the Finnish Recovery Boiler Committee have felt the need to standardize the marking of the loops and devices in relation to safety instrumented systems (SIS) for recovery boilers. This recommendation aims to standardize the markings of SIS loops used in manufacturing and in planning and design.

2 MARKING RECOMMENDATION FOR LOOPS OF SAFETY INSTRUMENTED SYSTEMS (SIS)

2.1 PI diagram

Those loops which have protection (safety) interlocks (e.g., a valve or something comparable that has been defined as needing interlocks or a measurement that gives locking limit information) are supplied with an additional letter, Z.

E.g: PIZ, HSZ, PICZ, etc.

2.2 Interlock, control and loop diagram

In interlock and control diagrams signals are marked by drawing a dashed line by the side of a normal line.

For example:

In cross-connection documents these wiring signals are marked with letter Z across the line.

For example: ——————Z——————

The figures carry a legend: z line = red cross-connection wire

2.3 Wiring

The cross-connection wiring for devices with safety interlocks is made with an orange red wire.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

2.4 Device plates and markings

The plates of the interlocked devices in field containers are of orange red color. Those field boxes which contain only loops with interlocks are also equipped with an orange red box plate.

Field devices connected with safety interlocks are equipped with normal field equipment plates which are fixed on base plates that are bigger in size and colored orange red. An orange frame is thus shown around the normal plate, which has a text 'Safety Interlocking'.

Example: Under the device plate (yellow) of the firing liquor input valve there is an orange red safety interlocking plate installed.

EXAMPLE

Copyright © Finnish Recovery Boiler Committee (reg. assoc.)
Copying without a permission of the committee is forbidden except for the members of the Finnish Recovery Boiler Committee.

LIITE IV

Hajukaasutyöryhmän kokouspöytäkirja
31.3.2011

Suomen Soodakattilayhdistys ry

HAJUKAASUJEN POLTTOSUOSITUKSEN PÄIVITYS

PROJEKTIKOKOUS 1/2011

AIKA	31.3.2011 klo 10.00 – 17.00
PAIKKA	Metso Power Oy, Tampere

LÄSNÄ

Raine Rantanen	UPM Kymi
Ismo Tapalinen	Oy Metsä-Botnia Ab
Marja Heinola	Andritz Oy
Kari Haaga	Metso Power Oy
Lauri Mattila	UPM Pietarsaari
Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy, Vantaa

LIITE 1	Hajukaasusuositus- muokattu kappaleet 1-6
LIITE 2	Hajukaasujärjestelmän ongelmapaikat
LIITE 3	Reappraisal of the role of turpentine vapor in noncondensible gas explosions – TAPPI journal April 2010

JAKELU Projektityöryhmä, Hallitus

1 HAJUKAASUJEN POLTTOSUOSITUKSEN PÄIVITYS

1.1 Projektin tavoite

1. päivittää suositus viime vuosina toteutettujen sellutehdasprojektien kokemusten perusteella
2. ehdottaa missä laajuudessa suositus käsittelisi myös hajukaasukeräilyjärjestelmää

1.2 Työsuunnitelma ja tehtävänjako

Jokainen lukee tahollaan suosituksen läpi ja merkitsee kommentit/päivitystä vaativat kohdat. Kokouksessa kommenttien läpikäynti, keskustelu ja tekstin päivittäminen.

Lisäksi työryhmän laitetoimittajajäsenet käyvät läpi suosituksen laimeiden/väkevien/hönkien kapasiteettirajoitukset (milloin hajukaasun polton voi aloittaa) ja selvittävät voidaanko nykyisiä rajoja perustellusti alentaa.

Työryhmän tehdashenkilöt kokoavat tahollaan listan kokemukseen perustuvista asioista jotka tulisi huomioida laimeiden/väkevien/hönkien keräilyn sekä polton osalta ylös/alasajossa ja seisokkitilanteissa.

1.3 Aikataulu

Nykyisen suosituksen läpikäynti ja tekstin päivitys pyritään tekemään kevään 2011 aikana.

2 SUOSITUKSEN KAPPALEET 1-6 (SIVUT 1-33)

Kokouksessa käytiin läpi ja muokattiin suosituksen kappaleita 1-6 (sivut 1-33). Muokattu versio suosituksesta, LIITE 1.

LIITTEESSÄ 2 on listattu hajukaasujärjestelmän ongelmapaikkoja.

LIITE 3 on artikkeli TAPPI-lehdestä jossa tutkittu mm. alan kirjallisuudessa raportoitua tärpätin liekin nopeutta 154 m/s ja todettu sen olevan kopiointivirhe. Oikea arvo on 0,62 m/s.

Tärkeitä asioita myöhemmin pohdittavaksi:
- sekoitussäiliön höngät väkeviä (missä tilateissa mahdollista)
- metanolin ja tärpätin sekoitus
- metanolin ja tärpätin poltto kaasumaisena
- liuottajan hönkäkaasupuhallin, syttymislähde

- metanolin nesteytys
- seisokki- ja starttitilanteissa lauhtunut tärpätti
- laimeiden kaasujen käyttöturvallisuustiedote -> määritelläänkö edelleen haitalliseksi
- potentiaaliset vaaratilanteet
- väkevien happimittaus

3 MUUT ASIAT

4 SEURAAVA KOKOUS

Seuraavassa kokouksessa 7.6.2011 Andritzilla Helsingissä käsitellään suosituksen otsikot 7-15, sivut 34-70.

LIITE 1

Hajukaasusuositus- muokattu kappaleet 1-6

E. Vakkilainen/EPT 16.12.2005

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Hajukaasujen polttosuositus

Alkuperäinen versio 30.5.2002
Revisio A 16.12.2005
Revisio B

ESIPUHE

Tämä Soodakattilayhdistyksen suositus on päivitetty versio 30.5.2002 ilmestyneestä suosituksesta. Suositus on päivitetty vastaamaan uusimpia tarpeita ja siihen on lisätty liuottimen hönkien käsittelyä koskeva osa.

Alkuperäisen suosituksen jälkeen on julkaistu ATEX-ohjeet. Soodakattilayhdistys katsoo että ATEX ei vaikuta tähän ohjeeseen.

Tämän täydennetyn suosituksen tekemisestä on vastannut Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Jens Kohlmann Jaakko Pöyry Oy ja jäseninään Hanna Anttila Andritz Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Mikko Anttila Kvaerner Power Oy, Kari Parviainen Teknillinen korkeakoulu, Harri Jussila UPM-Kymmene Oyj, Kymi, Jorma Torniainen Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Alkuperäisen suosituksen tekemisestä vastasi Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Sebastian Kankkonen Jaakko Pöyry Oy ja jäseninään Aimo Hakkarainen Andritz-Ahlstrom Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Markku Isoniemi Kvaerner Pulping Oy, Kari Parviainen Jaakko Pöyry Oy, Matti Tikka Kymi Paper Oy, Esko Talka Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Ympäristötyöryhmä kiittää Reijo Hukkasta Stora Enso Oy ahkerasta ja asiantuntevasta kommentoinnista.

Tämä suositus ei yritä yhtenäistää hajukaasujärjestelmien rakennetta tai pakottaa käyttäjiä tai valmistajia samanlaisiin laitteisiin tai prosessiratkaisuihin.

Suosituksessa esitetään perustietoutta, jota voidaan käyttää suunnittelun, valmistuksen ja käytön apuna. Yhdistyksen Ympäristötyöryhmä on kommentoinut työtä ja valvonut sen edistymistä työn valmistumiseen asti. Suosituksessa on käytetty hyväksi sitä tietoa jota on ollut käytettävissä syksyllä 2005.

Yhdistys ei vastaa tämän suosituksen virheistä eikä tästä johtuvista mahdollisista ongelmista. Mahdollinen päivitetty versio on jäsenten löydettävissä yhdistyksen kotisivuilta tai saatavissa sihteeristöstä.

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Matti Tikka
Hallituksen puheenjohtaja

Pekka Posti
Ympäristötyöryhmän puheenjohtaja

SISÄLLYS

1 YLEISTÄ 1

2 MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ 3

2.1 VÄKEVÄT HAJUKAASUT 3
2.2 LAIMEAT HAJUKAASUT 4
2.3 LIUOTINSÄILÖN HÖNKÄ 4
2.4 METANOLI ..... 5 Deleted: 4
2.5 TÄRPÄTTI 5
2.6 MÄÄRITELMIÄ 5
2.7 LYHENTEITÄ 6
2.8 RÄJÄHDYSRAJOJEN LASKENTAKAAVOJA 6

3 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN PÄÄSTÖIHIN 8

3.1 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN RIKKIPÄÄSTÖIHIN 8
3.2 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN NO_X PÄÄSTÖIHIN 8
3.2.1 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS ..... 8 Deleted: 9
3.2.2 LIUOTINHÖNGÄN VAIKUTUS 9
3.2.3 VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS 9
3.3 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TRS PÄÄSTÖIHIN ..... 9 Deleted: 10
3.4 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TUKKEENTUMISEEN 10
3.5 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN MUUHUN TOIMINTAAN 10

Deleted: 12

4 HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN RISKIT JA KORROOSIO 11

4.1 HAJUKAASUJEN KARKAAMINEN TYÖSKENTELYTILAAN ..... 11 Deleted: 12
4.1.1 TUULETUS/HÖYRYTYS ..... 12 Deleted: 13
4.1.2 HAJU ..... 12 Deleted: 13
4.1.3 SUOJAUTUMINEN ..... 12 Deleted: 13
4.2 LAUHTEEN POISTO-ONGELMAT ..... 12 Deleted: 13
4.2.1 VESILUKON KUIVUMINEN 13
4.2.2 VESILUKON TUKKEUTUMINEN ..... 13 Deleted: 14
4.2.3 VESITYSTASKUN TÄYTTYMINEN ..... 13 Deleted: 14
4.3 RÄJÄHDYSVAARAT HAJUKAASULINJOISSA ..... 13 Deleted: 14
4.3.1 ALAS- JA YLÖSAJOTILANTEET 14
4.3.2 TULENKÄSITTELY- JA TUPAKOINTIKIELTO ..... 14 Deleted: 15
4.4 KAASURÄJÄHDYS KATTILASSA ..... 14 Deleted: 15
4.5 SULAVESIRÄJÄHDYS KATTILASSA ..... 14 Deleted: 15
4.6 KORROOSIO-ONGELMAT ..... 14 Deleted: 15
4.7 KIPINÖINTI/STAATTINEN SÄHKÖ ..... 15 Deleted: 16
4.8 KORJAUS JA HUOLTOTÖIDEN LUVAT ..... 15 Deleted: 16

5 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA ..... 16 Deleted: 17

5.1 KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ ..... 16 Deleted: 17
5.2 LÄMMITYS/JÄÄHDYTYS ..... 18 Deleted: 19
5.3 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN POLTON LOGIIKKA ..... 18 Deleted: 20
5.3.1 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET ..... 19 Deleted: 20

5.3.2 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN KESKEYTYS 20
5.3.3 KAPASITEETTIRAJOITUS 21
5.4 PUHALLIN 21
5.5 VARASILMAYHDE 21
5.6 KANAVAT 21
5.6.1 KANAVAMATERIAALI 21
5.6.2 VIRTAUS 21
5.6.3 MAADOITUS 21
5.7 LAUHTEENPOISTO 21
5.7.1 LAUHTEENPOISTOLINJOJEN KOKO 22
5.7.2 LAUHTEENPOISTOYHTEITTEN SIJOITUS 22
5.7.3 VESILUKOT 22
5.8 PESURI 23
5.9 VENTTIILIT 23
5.9.1 VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI 23
5.9.2 SULKULAITTEET 23
5.10 OHITUS 23
5.11 PISARANEROITIN 23
5.12 LIEKINESTIN 23
5.13 RÄJÄHDYSLEVY 24
5.14 ALIPAINESUOJA 24
5.15 YLIPAINESUOJA 24
5.16 PITOISUUSMITTAUS 24

6 LIUOTTIMEN HÖNGÄN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA 25

6.1 KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ 25
6.2 LÄMMITYS/JÄÄHDYTYS 26
6.3 LIUOTTIMEN HÖNKIEN POLTON LOGIIKKA 26
6.3.1 LIUOTTIMEN HÖNKIEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET 26
6.3.2 LIUOTTIMEN HÖNKIEN SYÖTÖN KESKEYTYS 27
6.3.3 KAPASITEETTIRAJOITUS 27
6.4 PUHALLIN 27
6.5 KANAVAT 28
6.5.1 KANAVAMATERIAALI 28
6.5.2 VIRTAUS 28
6.5.3 MAADOITUS 28
6.6 LAUHTEENPOISTO 28
6.6.1 LAUHTEENPOISTOLINJOJEN KOKO 28
6.6.2 LAUHTEENPOISTOYHTEITTEN SIJOITUS 28
6.6.3 VESILUKOT 29
6.7 PESURI 29
6.8 VENTTIILIT 29
6.8.1 VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI 29
6.8.2 SULKULAITTEET 29
6.9 OHITUS 30
6.10 PISARANEROITIN 30

Deleted: 21
Deleted: 22
Deleted: 22
Deleted: 22
Deleted: 23
Deleted: 23
Deleted: 23
Deleted: 23
Deleted: 23
Deleted: 23
Deleted: 24
Deleted: 24
Deleted: 24
Deleted: 25
Deleted: 25
Deleted: 25
Deleted: 25
Deleted: 26
Deleted: 26
Deleted: 26
Deleted: 26
Deleted: 26
Deleted: 27
Deleted: 27
Deleted: 28
Deleted: 28
Deleted: 28
Deleted: 29
Deleted: 29
Deleted: 29
Deleted: 30
Deleted: 30
Deleted: 30
Deleted: 30
Deleted: 30
Deleted: 30
Deleted: 31
Deleted: 31
Deleted: 31
Deleted: 31
Deleted: 31
Deleted: 32
Deleted: 32

6.11 LIEKINESTIN 30
6.12 RÄJÄHDYSLEVY 30
6.13 ALIPAINESUOJA 30
6.14 YLIPAINESUOJA 31
6.15 PITOISUUSMITTAUS 31

7 VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTO SOODAKATTILALLA 32

7.1 KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ 32
7.2 VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON LOGIIKKA 34
7.2.1 VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET 34
7.2.2 KAPASITEETTIRAJOITUS 35
7.2.3 TUKILIEKIN TARVE 35
7.2.4 VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON PYSÄYTTÄMINEN 35
7.2.5 VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN POLTTOA EI TARVITSE PYSÄYTTÄÄ 36
7.3 POLTIN 37
7.3.1 TUKI/PILOTTILIEKKI 37
7.4 PUTKISTO 37
7.4.1 PUTKISTON RAKENNEMATERIAALI 38
7.4.2 PUTKISTON HÖYRYTYS 38
7.4.3 PUTKISTON PAINEMITTAUKSET 38
7.5 MAADOITUS JA POTENTIAALITASAUS 38
7.6 VENTTIILIT 39
7.6.1 VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI 39
7.6.2 SULKUVENTTIILIT 39
7.6.3 VENTTIILIEN TOIMINTAENERGIA 39
7.7 LAUHTEENPOISTO 40
7.7.1 LAUHTEENPOISTOLINJOJEN KOKO 40
7.7.2 LAUHTEENPOISTOYHTEIDEN SIJOITUS 40
7.7.3 VESILUKOT 40
7.8 EJEKTORI 41
7.9 LÄMMITYS/JÄÄHDYTYS 41
7.10 POLTTIMEN SÄHKÖISTYS JA AUTOMATIIKKA 41
7.11 LIEKINEROTUS 41
7.11.1 LIEKINEROTTIMEN PESU 42
7.11.2 LIEKINEROTTIMEN PAINEMITTAUS 42
7.12 VAIHTOEHTOINEN PAIKKA 42
7.12.1 VENTTIILIT 42
7.12.2 HÖYRYTYS 42
7.12.3 SOIHDUN SIJOITUS 42
7.13 ALIPAINESUOJA 42
7.14 YLIPAINESUOJA 42
7.14.1 RÄJÄHDYSLEVYT 43
7.14.2 RÄJÄHDYSLEVYJEN SIJOITUS 43
7.15 PITOISUUSMITTAUS 43

8 METANOLIN / TÄRPÄTIN POLTTO SOODAKATTILALLA 44

8.1 METANOLIN/TÄRPÄTIN POLTON LOGIIKKA 45

Deleted: 32
Deleted: 32
Deleted: 32
Deleted: 33
Deleted: 33
Deleted: 34
Deleted: 34
Deleted: 36
Deleted: 36
Deleted: 37
Deleted: 37
Deleted: 37
Deleted: 38
Deleted: 39
Deleted: 39
Deleted: 39
Deleted: 40
Deleted: 40
Deleted: 40
Deleted: 40
Deleted: 41
Deleted: 41
Deleted: 41
Deleted: 41
Deleted: 42
Deleted: 42
Deleted: 42
Deleted: 42
Deleted: 43
Deleted: 43
Deleted: 43
Deleted: 43
Deleted: 44
Deleted: 44
Deleted: 44
Deleted: 44
Deleted: 44
Deleted: 44
Deleted: 44
Deleted: 44
Deleted: 45
Deleted: 45
Deleted: 45
Deleted: 46
Deleted: 47

8.1.1 METANOLIN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET 46
8.1.2 METANOLIN POLTON PYSÄYTTÄVÄT TAPAHTUMAT 46
8.1.3 TÄRPÄTIN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET 47
8.1.4 TÄRPÄTIN POLTON PYSÄYTTÄVÄT TAPAHTUMAT 47
8.2 POLTTIMEN SÄHKÖISTYS JA AUTOMATIIKKA 48
8.3 VENTTIILIT 48
8.3.1 VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI 48
8.3.2 SULKUVENTTIILIT 48
8.3.3 VENTTIILIEN TOIMINTAENERGIA 48

9 TOIMINTA ERIKOISTILANTEISSA 49

9.1 TOIMINTA HÄIRIÖN YHTEYDESSÄ 49
9.2 TOIMINTA ALASAJON YHTEYDESSÄ 49
9.3 TOIMINTA YLÖSAJON YHTEYDESSÄ 49
9.4 TOIMINTA SEISOKIN AIKANA 50
9.4.1 OHJEITA HAJUKAASUJÄRJESTELMÄN VALMISTELEMISEKSI SEISOKKI- TAI HUOLTOTÖITÄ VARTEN 50
9.4.2 OHJEITA SEISOKIN AIKAISIIN KUNNOSSAPIDON TÖIHIN 51
9.5 TOIMINTA HÄIRIÖIDEN YHTEYDESSÄ 51

10 ERIKOISOHJEET HAJUKAASULINJOJEN SUUNNITTELUSSA 52

10.1 LUOKITTELU 52
10.2 KYLTIT 52
10.3 VESITYKSET 53
10.4 VENTTIILIT 53
10.5 KANAVIEN KALLISTUKSET 53
10.6 KANAVAMATERIAALI 54
10.7 KANAVIEN ERISTYKSET 54
10.8 LAIPAT, YHTEET 54
10.9 PUHALTIMET 54
10.10 EJEKTORIT 54
10.11 KANAVAMITOITUS 55
10.12 LIEKINEROTTIMEN SIJOITUS 55
10.13 RÄJÄHDYSLEVYJEN SIJOITUS 55
10.14 OHITUKSEN SIJOITUS 56
10.15 TILALUOKITUKSET 56
10.16 VALMISTUSLUVAT 57

11 SUUNNITTELUUN JA KÄYTTÖÖN VAIKUTTAVAT MUUT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET 58

11.1 SUOMEN LAINSÄÄDÄNTÖ 58
11.1.1 HAZOP 58
11.1.2 PUTKISTOJEN LUOKITTELU 58
11.1.3 RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN LUOKITTELU (ATEX) 59
11.2 EUROOPPALAISET STANDARDIT 59
11.3 OLEMASSA OLEVAT OHJEET 59

Deleted: 48
Deleted: 48
Deleted: 49
Deleted: 49
Deleted: 50
Deleted: 50
Deleted: 50
Deleted: 50
Deleted: 51
Deleted: 51
Deleted: 51
Deleted: 51
Deleted: 52
Deleted: 52
Deleted: 53
Deleted: 53
Deleted: 54
Deleted: 54
Deleted: 54
Deleted: 55
Deleted: 55
Deleted: 55
Deleted: 56
Deleted: 56
Deleted: 56
Deleted: 56
Deleted: 56
Deleted: 57
Deleted: 57
Deleted: 57
Deleted: 58
Deleted: 58
Deleted: 59
Deleted: 60
Deleted: 60
Deleted: 60
Deleted: 60
Deleted: 61
Deleted: 61
Deleted: 61

11.3.1 SODAHUSKOMMITTÉN ..... 60 Deleted: 62
11.3.2 BLRBAC ..... 60 Deleted: 62

12 POIKKEAMAT MUIDEN OHJEIDEN KÄYTÄNTÖÖN ..... 62 Deleted: 64

12.1 POIKKEAMAT BLRBACN OHJEISIIN ..... 62 Deleted: 64
12.2 POIKKEAMAT SHKN OHJEISIIN ..... 62 Deleted: 64

13 ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA ..... 64 Deleted: 66

13.1 ESIMERKKI: VARKAUDEN TAPAUS 1980-LUVULLA ..... 64 Deleted: 66
13.2 ESIMERKKI: KLABININ TAPAUS BRASILIASSA 10.10.1998 ..... 65 Deleted: 67
13.3 ESIMERKKI: OY METSÄ-BOTNIA AB, KEMIN TEHTAAN VAURIO 29.12.1998 ..... 65 Deleted: 67

14 LOPPUSANAT ..... 67 Deleted: 69

15 KIRJALLISUUSVIITTEITÄ ..... 68 Deleted: 70

LIITTEET
Liite I Esimerkkilaskelma

1 YLEISTÄ

Hajukaasujen poltto soodakattiloissa on yleistä. Suomen Soodakattilayhdistys ei ota kantaa siihen missä hajukaasujen poltto pitäisi suorittaa. Kuitenkin soodakattilayhdistys suosittaa että liuottimen hönkä poltetaan soodakattilassa. Hajukaasujen poltto soodakattilassa lisää onnettomuusriskejä ja hajukaasujen käsittely aiheuttaa työturvallisuusongelmia. Koska hajukaasuja kuitenkin poltetaan, niin yhdistyksen jäsenistö on kaivannut selkeää ohjetta sellutehtaan hajukaasujen käsittelyyn ja polttoon soodakattilalla. Taustana on huoli turvallisuudesta ja kokonaisprosessin toimivuudesta.

Tämä suositus koskee hajukaasujärjestelmiä soodakattilalla ja siihen liittyviä laitteita. Hajukaasujen keräilykohteisiin ja keräilytapoihin sekä niihin liittyviin laitteisiin ei oteta kantaa. Keräilyn suunnittelu täytyy kuitenkin tehdä kokonaisvaltaisesti. Suositus ei myöskään yritä yhtenäistää hajukaasujärjestelmien rakennetta eikä pakottaa samanlaisiin laitteisiin tai prosessiratkaisuihin. Sen sijaan esitetään perustietoutta jota tulee käyttää suunnittelun, valmistuksen ja käytön apuna.

Soodakattila vaatii käyttöympäristönä erittäin luotettavat ja turvalliset järjestelmät. Laitteiden laatuun ja niiden oikeaan käyttöön kannattaa investoida. Sellutehtaalla lyhyetkin häiriöistä aiheutuvat käyttöseisokit maksavat usein enemmän kuin niiden eston tarvitsema investointi. Hajukaasujen poltto lisää soodakattilan käyttöön monimutkaisuutta ja palavien myrkyllisten kaasujen käsittely tuo onnettomuusriskejä. Tämän suosituksen ohjeiden noudattaminen pienentää kyseisiä riskejä ja vaaratilanteita.

Tämä suositus ei ota kantaa hajukaasujen keräilyn ja polton järjestelmien vaatimaan käyttäjäkoulutuksen sisältöön. Ennen kuin uusia laitteita aletaan käyttää ja ennen kuin uudet työntekijät alkavat hajukaasujen polttolaitteilla työskennellä on asianmukainen koulutus ja työhön perehdyttäminen suoritettava.

Suositus ei ota kantaa hajukaasujärjestelmien laitteiden mekaanisiin huolto- ja kunnossapitotoimintoihin. Sen sijaan suosituksessa on otettu kantaa tarkastusväliin ja -tapaan.

Eräillä tehtailla, myös Suomessa metanoli ja tärpätti poltetaan.

Deleted: ~~yhteis~~

Deleted: ~~Tämä suositus käsittelee vain tapauksia, joissa sekä metanoli että tärpätti erotetaan ja käsitellään koko prosessin ajan erillään.~~

Suositusta laadittaessa on noudatettu huolellista valmistelutapaa ja yritetty kuulla sekä tehtaiden, laitetoimittajien että vakuutuslaitosten mielipiteitä hajukaasujen poltosta. Tämä suositus lähtee siitä olettamuksesta, että hajukaasujärjestelmän laitteet ensisijaisesti täyttävät ne vaatimukset, jotka Suomen voimassa olevat lait ja oikeussäännökset mm. työsuojelulaki sekä palavia nesteitä ja kaasuja koskevat lait ja asetukset, määräävät tai valvovat viranomaiset asettavat. Hajukaasulaitteistojen oletetaan myös olevan kaikin puolin ensiluokkaisia, asianmukaisia ja käyttövarmoja sekä rakenteeltaan tarkoituksenmukaisia ja lisäksi käytettyjen aineiden ja työn moitteettomuuden suhteen ensiluokkaisia.

Vastuu hajukaasujärjestelmän toimivuudesta ja prosessiratkaisuista on laitteiden suunnittelijoilla. Vastuu hajukaasujärjestelmän oikeasta ja huolellisesta käytöstä on laitoksen käyttäjillä. Soodakattilayhdistys suosittelee että ennen järjestelmän hankkimista toimittaja ja loppukäyttäjä suorittavat laitoksen HAZOPin ja käyvät yhdessä läpi vaaranarvioinnin vaatimat tiedot. Soodakattilayhdistys on raporttisarjassaan julkaissut raportin 11/2001 ”Soodakattilalaitoksen vaaranarviointi”.

Huolimatta siitä mitä tässä suosituksessa on sanottu, on ensisijaisesti noudatettava lakeja, asetuksia ja viranomaisten antamia määräyksiä ja ohjeita.

2 MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ

Hajukaasut sisältävät sellun valmistuksen yhteydessä vapautuvia kaasuja, puun mukana tulevia kaasuuntuvia yhdisteitä, vesihöyryä ja ilmaa. Keitossa, mustalipeän käsittelyssä ja kaustisoinnissa vapautuvat kaasut ja höngät; rikkivety, metyylimerkaptaani, dimetyylisulfidi, dimetyylidisulfidi, metanoli ja tärpätti ovat palavia, räjähtäviä ja voimakkaasti haisevia yhdisteitä, mikä antaa hajukaasuille niiden luontaisen aromin. Puun mukana tulevat kaasuuntuvat yhdisteet; tärpätti ja metanoli, eivät puhtaana haise, mutta sellutehtaassa ne sisältävät epäpuhtautena haisevia komponentteja. Ilma on yleensä vuotoilmaa.

Deleted: ja

Tässä suosituksessa hajukaasut ryhmitellään seuraavasti:

- laimeat hajukaasut
- väkevät hajukaasut
- liuottajan ja sekoitussäiliön hönkäkaasut
- nestemäinen metanoli
- nestemäinen tärpätti

Formatted: Bullets and Numbering

T~~ässä suosituksessa ei metanolin ja tärpätin polttoon kaasumaisena oteta kantaa.~~

2.1 Väkevät hajukaasut

Väkevät hajukaasut ovat pääosin peräisin haihduttamolta, strippauksesta, polttolipeäsäiliöstä, vahvalipeäsäiliöstä, pieniä määriä voi tulla myös keittämöltä.

Deleted: keittämöltä,
Deleted: tai
Deleted: .

Väkevät hajukaasut sisältävät paljon palavaa kaasua, jolloin väkevien hajukaasujen käsittelyssä riskinä on räjähdysvaara. Räjähdysvaara poistetaan estämällä ilman vuoto järjestelmään ja eliminoimalla sytytysenergian lähteet.

Deleted: a
Deleted: estetään

Pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS, Total Reduced Sulphur) ja etenkin tärpätti ovat räjähdysherkkiä laajalla pitoisuusalueella.

Englanninkielinen lyhenne LVHC (Low Volume High Concentration) tarkoittaa väkeviä hajukaasuja. BLRBAC:in ohjeessa käytetään amerikkalaista termiä CNCG (Concentrated Non-Condensible Gas).

SOG (Stripper Off Gases) tarkoittaa stripperiltä tulevia lauhtumattomia väkeviä kaasuja, jossa esim. metanoli on höyryfaasissa. Jos stripperin kaasuille tehdään metanolin nesteytys, niin polttoprosessi saadaan tasaisemmaksi ja varmatoimisemmaksi varsinkin haihduttamon ja stripperin häiriötilanteissa..

2.2 Laimeat hajukaasut

Laimeita hajukaasuja kerätään säiliöistä ja laitteilta kuitulinjalta, haihduttamolta, mäntyöljykeittämöltä sekä kaustisointilaitokselta. Paineellisista mustalipeäsäiliöistä tulevat kaasut pitää ohjata väkeviin hajukaasuihin. Paineettomasta vahvalipeäsäiliöistä tulevat kaasut suositellaan johdettavaksi väkeviin hajukaasuihin.

Deleted: pitäisi

Deleted: ohjata

Laimeat hajukaasut sisältävät samoja komponentteja kuin väkevätkin hajukaasut. Laimeat hajukaasut sisältävät niin paljon vuotoilmaa, että ne ovat pitoisuuksiltaan räjähdysalueen alapuolella. Laimeiden hajukaasujen käsittelyn prosessiratkaisujen pitää huolehtia kaasujen laimeudesta kaikissa olosuhteissa.

Englanninkielinen lyhenne HVLC (High Volume Low Concentration) tarkoittaa laimeita hajukaasuja. BLRBAC:in ohjeessa käytetään amerikkalaista termiä DNCG (Diluted Non-Condensible Gas).

Deleted: ¶
Tuhkan ja mustalipeän sekoitussäiliö voidaan yhdistää laimeisiin hajukaasuihin tai liuotinsäilön hönkiin esimerkiksi tyhjennyssäiliön kautta. Sekoitussäiliön höngän keräilyssä pitää prosessiratkaisun olla sellainen, jossa kaasut ovat laimeita kaikissa olosuhteissa.

2.3 Liuotinsäiliön ja sekoitussäiliön höngät

Tuhkan ja mustalipeän sekoitussäiliö voidaan yhdistää laimeisiin hajukaasuihin tai liuotinsäilön hönkiin esimerkiksi tyhjennyssäiliön kautta. Sekoitussäiliön höngän keräilyssä pitää prosessiratkaisun olla sellainen, jossa kaasut ovat laimeita kaikissa olosuhteissa.

Deleted: kä

Liuotinsäiliön hönkä sisältää haisevia rikkiyhdisteitä. Hönkää ei perinteisesti ole luettu hajukaasuksi. Kuitenkin, jos hönkä johdetaan soodakattilan tulipesään, tulee sen käsittelyssä noudattaa laimeille hajukaasuille annettuja suosituksia höngän suuren kosteuspitoisuuden vuoksi.

2.4 Metanoli

Metanolia syntyy sellunkeitossa. Puhdas metanoli (CH_3OH) on väritön, lähes hajuton ja myrkyllinen kaasu/neste, mutta sulfaattitehtaalla metanolin joukkoon erottuu runsaasti haisevia yhdisteitä. Metanoli tyypillisesti poltetaan.

Deleted: ¶
Tässä suosituksessa otetaan kantaa vain nesteytetyn metanolin polttoon.

2.5 Tärpätti

Tärpättiä syntyy sellun keitossa. Tärpätti erotetaan ja joissain tapauksissa poltetaan. Puhdas tärpätti on väritön ja miedosti tuoksuva kaasu/neste, mutta sulfaattitehtaalla tärpätin joukkoon erottuu runsaasti haisevia yhdisteitä.

Kerättäessä kohteita, joissa voi esiintyä terpeenejä, rajoitetaan suuria pitoisuuksia lauhduttamalla kaasuja. Suoritetusta lauhdutuksesta huolimatta terpeenejä jää aina kaasumaisena käsiteltyyn kaasuseokseen terpentiinien osapainetta vastaava määrä. Edellä olevasta johtuu, että tällaiset mahdollisesti runsaasti terpeenejä sisältävät laimeiden hajukaasujen kohteet on laimennettava keräyspisteen tai lauhdutuksen jälkeen. Keräyskohteen maksimilämpötilan ylittyessä on kohde rajattava automaattisesti pois keräilystä.

Terpeenipitoisia keräyskohteita voi olla esimerkiksi seuraavat: havuhakkeen syöttösiilot, likaislaudesäiliöt, keräily- ja laihalipeäsäiliöt, jos niihin johdetaan ajoittainkin tärpättipitoisia lauhteita.

Myös seisokki- ja starttitilanteissa voi lauhtunut tärpätti höyrystyä hajukaasujen joukkoon lauhdesäiliöiden pinnalta tai kanavista.

Deleted: a

Deleted:

Deleted: ¶
Tässä suosituksessa otetaan kantaa vain nesteytetyn tärpätin polttoon.

2.6 Määritelmiä

Alempi räjähdysraja, LEL	Pitoisuus jota korkeampi palavan kaasun pitoisuus voi räjähtää (pelkkä ilma ei räjähdä)
Ylempi räjähdysraja, HEL	Pitoisuus jota alempi palavan kaasun pitoisuus voi räjähtää (pelkkä polttoaine ei räjähdä)

2.7 Lyhenteitä

Lyhennys	Suomalainen määritelmä	Englanninkielinen määritelmä
BLRBAC	Amerikan soodakattilayhdistys	Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee
CH_3SH	metyylimerkaptaani	methyl mercaptan
$(CH_3)_2S$	dimetyylisulfidi	dimethylsulfide
$(CH_3)_2S_2$	dimetyylidisulfidi	dimethyldisulfide
$C_{10}H_{16}$	tärpätti	turpentine
CH_3OH	metanoli	methanol
C_2H_5OH	etanoli	ethanol
H_2S	rikkivety	hydrogen sulfide
SO_2	rikkidioksidi	sulfur dioxide
O_2	happi	oxygen
NH_3	ammoniakki	ammonia
H_2O	vesi	water
CO_2	hiilidioksidi	carbon dioxide
CO	hiilimonoksidi	carbon monoxide
NO	typpioksidi	nitric oxide
CNCG	väkevät hajukaasut	concentrated non condensible gas
DNCG	laimeat hajukaasut	diluted non condensible gas
HEL	ylempi räjähdysraja	higher explosion limit
HVLC	laimeat hajukaasut	high volume low concentration
LEL	alempi räjähdysraja	lower explosion limit
LVHC	väkevät hajukaasut	low volume high concentration
NCG	hajukaasu	non condensible gas
SHK	Ruotsin soodakattilayhdistys	Sodahuskommittén
SOG	stripperin kaasut	stripper off gases
TRS	pelkistyneet rikkityhdisteet	total reduced sulfur compounds
UEL	ylempi räjähdysraja	upper explosion limit
HAZOP	poikkeamatarkastelu	hazard and operability study

Formatted Table

Deleted: vastine

Deleted: M

Formatted Table

2.8 Räjähdysrajojen laskentakaavoja

Räjähdysraja lasketaan tyypillisesti seoksen komponenttien avulla.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä (807/2001) liite 1 kohta 7.7.1 antaa kaavan syttyvyyden määrittämiselle. Pohjana on käytetty standardia ISO 10156 ja sen taulukoita 1 ja 2 jotka antavat eri palaville ja inerteille kaasulle laskentavakioita.

Taulukko 2-1. Hajukaasun eri komponenttien syttymisominaisuuksia ilmassa, Burgess ja Young 1992.

Yhdiste	Räjähdysraja		Liekin nopeus	Itsesyttymis-lämpötila
	Alempi til-%	Ylempi til-%	m/s	^{o}C
H_2S	4.3	45.0		260
CH_3SH	3.9	21.8	0.55	
$CH_3S\ CH_3$	2.2	19.7		206
CH_3SSCH_3	1.1	16.1		300
Alfa-pineeni	0.8	6.0	0.62	253
Metanoli	6.7	36.5	0.5	464

Deleted: 154*

Syttymis- eli räjähdysrajoja määriteltäessä on syytä käyttää menetelmää, joka varmasti antaa turvalliset rajat. Räjähdysrajoja voidaan laskea eri periaatteilla. Yleensä sovelletaan yleisesti tunnettua le Chatelierin menetelmää kuten esimerkiksi standardissa ISO 10156 kohdassa 4.6.1. Toinen tapa on tarkkailla ongelmaa termodynaamisesti (Hokynar 1999). Eroa ei juurikaan ole alemman räjähdysrajan osalta, mutta ylemmän räjähdysrajan määrittely eroaa koska inertin kaasun vaikutus on eri kahdessa edellä mainitussa menetelmässä.

Deleted: *Tämä arvo on mahdollisesti detonaationopeus joka aiheutuu räjähdyksen aiheuttamasta paineaallosta. ¶

3 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN PÄÄSTÖIHIN

Hajukaasujen poltto soodakattilassa saattaa vaikuttaa soodakattilan emissioihin. Hajukaasujen poltto alentaa soodakattilan tuhkasuolan karbonaattipitoisuutta ja pH:ta. Hajukaasujen mukana tulipesään sisään syötettävä lisärikki näkyy ensin savukaasujen mukana sähkösuodattimille tulevassa tuhkasuolassa olevan karbonaatin korvaantumisena sulfaatilla. Karbonaatin tultua käytetyksi ylimäärä rikistä muodostaa SO_2:ta.

3.1 Vaikutukset soodakattilan rikkipäästöihin

Hajukaasujen sisältämä lisärikki nostaa aina soodakattilan tuhkan sulfaattipitoisuutta ja täten saattaa alentaa sen pH:ta. Jollei riittävää karbonaattipuskurivaraa ole, saattaa kattilan SO_2 päästötaso nousta. Kattilan SO_2 päästötasoon vaikuttaa tehtaan korkea sulfidititeetti, polttolipeän kuiva-aine ja lämpöarvo sekä kattilan kuorma.

3.2 Vaikutukset soodakattilan NO_X päästöihin

Varsinkin väkevät hajukaasut sisältävät typpiyhdisteitä. Nämä typpiyhdisteet ovat pääosin ammoniakkia, joka erottuu haihduttamolla mustalipeästä. Osa tästä typestä on muodostunut soodakattilan sulan mukana liuotinsäiliöön tulleen typen reaktioissa kaustisointialueella ja on kiertänyt keiton kautta takaisin soodakattilaan.

3.2.1 Laimeiden hajukaasujen vaikutus

Laimeiden hajukaasujen osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 5... 15 % koko ilmamäärästä. Typpi laihoissa hajukaasuissa on pääasiassa ammoniakkia. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 10 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys on silloin

$$NO_x = \frac{(100 + 0.3 * 0.1 * 10)}{100} - 1 \leq 1\%$$

Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu, jos laimeat hajukaasut ohjataan tulipesässä oikealle lämpötila-alueelle.

Deleted: jää

Deleted: ksi

Deleted: On syytä tutkia mahdollisimman tarkkaan soodakattilan kyky ottaa vastaan lisärikkikuorma ennen kuin hajukaasujen poltosta soodakattilassa päätetään.¶

Deleted: ,

Deleted: ja j

Deleted: aiheuttaa

Deleted: n

Deleted: un

Deleted: Rikkipäästöä voidaan pienentää alentamalla mustalipeän sulfiditeettia ja nostamalla polttolipeän kuiva-ainetta. ¶
Rikkipäästöjen voidaan arvioida olevan häiriöttömässä ajossa vähäiset väkeviä hajukaasuja poltettaessa, jos polttolipeän kuiva-aine on vähintään 72 % ja lipeäkuorma on lähes täysi, kun sulfiditeetti on lähellä 40 %. ¶
Laimeita hajukaasuja poltettaessa rikkipäästön voidaan ajatella nousevan, jos polttolipeän kuiva-aine on 68 % tai sen alle. ¶
Jos hajukaasuja poltetaan osakuormilla, pitää tapauskohtaisesti analysoida sähkösuodintuhkan pH ja karbonaattipitoisuus sekä savukaasujen SO_2-pitoisuus. Jatkuvasti osakuormalla ajava kattila tarvitsee korkeammat kuiva-aineet kuin nimelliskuormalla tai sen yli ajava kattila häiriöttömän käytön ylläpitämiseksi

3.2.2 Liuotinhöngän vaikutus

Liuotinhöngän mukana tulevan ilman osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 5 % koko ilmamäärästä. Typpi liuotinhöngässä on peräisin haihduttamon sekundäärilauhteista tai sulan mukana liuotinsäiliöön tulevan typen reagoimisesta ammoniakiksi. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 100 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys on silloin

$$NO_x = \frac{(100 + 0.3 * 0.05 * 100)}{100} - 1 \approx 1\%$$

Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu, jos laimeat hajukaasut ohjataan tulipesässä oikealle lämpötila-alueelle.

Deleted: Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu.

3.2.3 Väkevien hajukaasujen vaikutus

Väkevien hajukaasujen osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 0.2... 3 % koko ilmamäärästä. Typpi väkevissä hajukaasuissa on pääasiassa ammoniakkia. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 2000 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys saattaa olla silloin

Deleted: on

$$NO_x = \frac{(100 + 0.3 * 0.01 * 2000)}{100} - 1 \approx 6\%$$

3.3 Vaikutukset soodakattilan TRS päästöihin

Deleted: Vaikutus on näkynyt kattiloiden vuosipäästöissä.¶

Moderneissa kattiloissa, joissa on riittävä sekoitus ja hajukaasujärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla, ei kattilan TRS päästö merkittävästi lisäänny, mikäli hajukaasut syötetään vyöhykkeelle, jossa lämpötila on vähintään 900 ^{o}C.

Jos kattilan ylimmälle ilmatasolle syötetään laimeita hajukaasuja, on mahdollista että jonkin verran hajukaasuista kulkeutuu reagoimatta kylmiä seinänvieriä pitkin.

Mitattava vaikutus kokonaisvirrassa on käytännössä ollut joitakin ppm:n kymmenesosia.

3.4 Vaikutukset soodakattilan tukkeentumiseen

Katso kappale 3.1. Vaikutukset soodakattilan rikkipäästöihin

Jos hajukaasujen poltto-olosuhteet soodakattilassa eivät ole optimaaliset, jolloin syntyy SO2 päästöjä, niin kattilan ja sähkösuodattimen tukkeentumis- ja korroosioalttius erityisesti ekonomaiserialueella happamien tuhkasuolojen takia (alhainen pH) lisääntyy.

Deleted: Tyypillisesti hajukaasujen polttoa kattilassa on tehty vain, jos tuhkasuola on kyennyt sitomaan hajukaasujen mukana vapautuvan rikin. ¶

Deleted: mukana tuleva rikkimäärä on niin iso, että poltto synnyttää SO_2 päästöä

3.5 Vaikutukset soodakattilan muuhun toimintaan

Moderneissa kattiloissa, joissa on riittävä sekoitus ja riittävä kuiva-aine, sekä kun hajukaasujärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla, ei vaikutuksia soodakattilan muuhun toimintaan ole havaittu. Esimerkiksi muutoksista reduktioon ei ole raportoitu.

Hajukaasujen polton aloittaminen pienentää yleensä tehtaan kokonaisrikkipäästöjä. Tämä vaikuttaa tehtaan kemikaalitaseisiin ja pyrkii nostamaan sulfiditeettia. Rikkitase tehtaalla pitääkin aina tarkastella uudestaan.

Liuotinhöngän ja laimeiden hajukaasujen mukana kattilaan tulee vesihöyryä, mikä saattaa hiukan rajoittaa kattilan kapasiteettia.

Deleted: Hajukaasun polton aiheuttama sulfaatin lisääntyminen tuhkasuolassa nostaa hiukan tuhkasuolan massan määrää. Jos tuhkan kuljettimet ovat kattilan toimintaa rajoittava tekijä, pitää tämä huomioida hajukaasujärjestelmiä toteutettaessa. Lisärikki voi aiheuttaa myös sähkösuotimen tukkeutumisongelmia.¶

Deleted: muutaman prosenttiyksikön

4 HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN RISKIT JA KORROOSIO

Tyypillisiä riskejä hajukaasujärjestelmissä ovat räjähdysvaara (kaasujen konsentroituminen ja syttyminen kipinästä, esimerkiksi ylipaineesta tulipesässä), myrkytysvaara, lauhteenpoisto-ongelmat (vesi tulipesään) ja korroosio/eroosio.

Lisäksi hajukaasujen poltto voi aiheuttaa prosessiongelmia kuten rikkipäästöä kattilasta, ekojen ja keittopintojen tukkeutumista ja polttohäiriöitä.

4.1 Hajukaasujen karkaaminen työskentelytilaan

Hajukaasuja voi vuotaa liitoksista, venttiileistä, vesityksistä tai vauriokohdista laitteiston ulkopuolelle. Varsinkin väkevissä hajukaasuissa on orgaanisten rikkiyhdisteiden ja rikkivedyn pitoisuus niin korkea, että myrkytysvaara on olemassa. Jos vuoto tapahtuu kattilahuoneeseen tai muuhun tilaan, pitää koko huone tai muu tila tuulettaa hyvin ja mittauksin varmistaa tilan sopivuus työskentelyyn.

Hajukaasuja on vuotanut työskentelytilaan esimerkiksi silloin, kun hajukaasujen keräily ei toimi keräilykohteissa tai kunnossapitotöiden yhteydessä. Tyypillisemmin vuoto on tapahtunut hajukaasujärjestelmän vesilukkosäiliöiden kautta. Erityistä huolellisuutta vaaditaan metanoli- ja tärpättipolttimien käsittelyssä. Pienetkin vuotavat määrät (alle desilitra) aiheuttavat merkittävän hajuhaitan.

Deleted: likaisten lauhteiden keräilyjärjestelmän

Koska väkevien hajukaasujen linjat ovat ylipaineisia ejektorin jälkeen soodakattilarakennuksessa, voi soodakattilarakennukseen muodostua kaasumyrkytysvaara hajukaasulinjan vuotaessa ja jollakin huonosti tuuletetulla alueella voi olla kaasuräjähdysvaara.

Sallittu rikkivety-pitoisuus sisätiloissa on ~~10~~ 5 ppm (7 mg/m^3) /8 h ja 10 ppm (14 mg/m^3) /15 min Sosiaali- ja Terveysministeriön ohjeen ”Työpaikan ilman epäpuhtauksien enimmäispitoisuudet” mukaisesti. Nämä ns. HTP-arvot (haitalliseksi tunnettu pitoisuus) ovat pienimpiä pitoisuuksia, joiden uskotaan voivan vahingoittaa työntekijää.

Tehtailla on sekä kiinteitä että kannettavia rikkivetymittareita. Tehtailla on myös käytössä vilkkuvia hälytysvaloja ja summereita, jos rikkivetypitoisuus ilmassa on liian korkea.

Deleted: Monilla t

Deleted: henkilökunnalla

Deleted: Yleensä t

Kun hajukaasulinjoilla tai -laitteilla tehdään korjaus- tai huoltotöitä, täytyy ko. työkohteilla saada erityislupa työn suorittamiseksi.

Deleted: ,

Deleted: katso kohta 4.8.

4.1.1 Tuuletus/Höyrytys

Hajukaasulinjat, kuten muutkin lipeäosaston linjat, on saatettava turvalliseen tilaan ennen kuin niiden sisällä voidaan työskennellä. Laimeiden hajukaasujen linjat on huolellisesti tuuletettava. Väkevien hajukaasujen linjat vaativat höyrytyksen sekä tarvittaessa typetyksen. Hajukaasulinjat vaativat myös LEL ja rikkipitoisten kaasujen mittauksen ennen töiden aloittamista.

Tuuletus on aina johdettava ulkoilmaan.

4.1.2 Haju

Hajuaisti turtuu suuremmissa pitoisuuksissa, joten nenään ei saa luottaa. Tilanne voi muodostua hengenvaaralliseksi, jollei asianmukaisia suojatoimia käytetä. Kaikkien hajukaasuja sisältävien laitteiden parissa työskentelevien on tutustuttava laimeitten – ja väkevien hajukaasujen käyttöturvallisuustiedotteisiin.

Deleted: Hajukaasujen sisältämät orgaaniset komponentit ovat nenällä havaittavissa jo erittäin pieninä pitoisuuksina. Sen vuoksi on pienintäkin toistuvaa vuotoa vältettävä.¶

Deleted: pelkkään

4.1.3 Suojautuminen

Hajukaasuilta suojautumiseen käytetään ainoastaan paineilmalaitteita. Kaasunaamari ja hengitysilmasuojain on tarkoitettu vain vaara-alueelta poistumista varten.

Deleted: saa

Deleted: t

Deleted: ää

4.2 Lauhteen poisto-ongelmat

Jos hajukaasulinjastossa vesi pääsee kondensoitumaan, on olemassa sulavesiräjähdysvaara, mikäli tämä vesi pääsee soodakattilaan.

Vesityksiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja ne pitää järjestää linjoihin kattavasti.

4.2.1 Vesilukon kuivuminen

Vesilukon kuivumista edistää hajukaasujen lämmitys lauhtumislämpötilaa korkeammalle. Vesilukkoihin on kuivumisen estämiseksi aina johdettava riittävä tuorevesivirta ja ne on varustettava vähintään virtausvahdeilla.

Vesilukkojen kuivuminen on estettävä myös seisokkien aikana.

4.2.2 Vesilukon tukkeutuminen

Hajukaasujen mukana kulkeutuu pieniä määriä lipeävaahtoa/suopaa, joka saattaa kerääntyä kanaviston alimpiin kohtiin kuten vesityksiin. Jos putkien halkaisija ei ole riittävän suuri, voi putkisto tukkeutua kokonaan.

Deleted: .

Deleted: rtyy

4.2.3 Vesitystaskun täyttyminen

Yleinen ongelma hajukaasujärjestelmissä on ajoittainen runsas lauhdemäärä. Vesitystaskut lähimpänä soodakattilaa, on varustettava yläpinnan hälytyksellä sekä tarvittaessa lukituksella jolloin hajukaasut kääntyvät pois poltosta.

Deleted: , joissa voi esiintyä runsaasti lauhdetta

Deleted: .

4.3 Räjähdysvaarat hajukaasulinjoissa

Väkevän hajukaasun siirto ja poltto toteutetaan siten, että kaasu ei ole missään tilanteessa räjähtävää. Räjähdysvaara syntyy, jos väkevän hajukaasun joukkoon vuotaa ilmaa. Väkevien hajukaasujen konsentraatio pidetään ylemmän räjähdysrajan yläpuolella huolehtimalla tiiviydestä.

Laimean hajukaasun siirto ja poltto toteutetaan niin, että kaasun konsentraatio on alle alemman räjähdysrajan. Laimeiden konsentraatio pidetään alle räjähdysrajan esimerkiksi huolehtimalla ilmalaimennuksesta. Joissain tapauksissa räjähdysvaara voi syntyä kun hajukaasuissa olevaa vesihöyryä lauhdutetaan pois.

Deleted: kuljetus

Deleted: Joissain tapauksissa räjähdysvaara voi syntyä kun hajukaasuissa olevaa vesihöyryä lauhdutetaan pois.

Deleted: korkealla

Deleted: kuljetus

Deleted: laimeampi, kuin sellainen konsentraatio

Deleted: mikä voi räjähtää.

Deleted: onkin pidettävä tarpeeksi matalana

Syttyminen vaatii syttymisenergiaa. Maadoituksin, rakentein ja laitevalinnoin yritetään kipinän syntyä mahdollisuuksien mukaan estää.

4.3.1 Alas- ja ylösajotilanteet

Erityistä huomiota laimeiden hajukaasujen konsentraatioihin on kiinnitettävä alas- ja ylösajotilanteiden aikana. Usein soodakattiloiden hajukaasuräjähdykset ovat tapahtuneet juuri laimeiden hajukaasujen järjestelmille, joissa seisokki- tai häiriötilanteessa on konsentraatio päässyt nousemaan liian suureksi. Eräs tyypillinen ongelma on ollut räjähtävien kaasujen kerääntyminen putkistoon seisokin aikana ja sen höyrystyminen käynnistyksen yhteydessä.

Deleted: tärpätin

4.3.2 Tulenkäsittely- ja tupakointikielto

Hajukaasujen käsittelyalueella on tupakointi ja muu avotulenteko kielletty. Tästä syystä on hajukaasulinjat ja tupakointipaikat sijoitettava erilleen toisistaan. Kriittiset alueet tulee varustaa asianmukaisin varoituskilvin.

4.4 Kaasuräjähdys kattilassa

Hajukaasut ovat polttoaineen, hapen ja inertin kaasun (typpi, vesihöyry) seos. Kuten aina polttoaineita käsitellessä on vaara, että tulipesässä tapahtuu kaasuräjähdys. Kaasuräjähdys saadaan aikaan jos polttoainetta johdetaan tulipesään ilman että se välittömästi palaa ja sen jälkeen seos saa niin paljon energiaa että se syttyy.

4.5 Sulavesiräjähdys kattilassa

Hajukaasujen kanavistoon lauhtuneen veden joutuminen tulipesään voi aiheuttaa sulavesiräjähdyksen. Veden tulon estämiseksi laimeat hajukaasut lämmitetään riittävästi jotta suurin osa vedestä olisi höyrynä ja hajukaasulinjat rakennetaan niin, että niissä on riittävät lauhteenpoistot ja kallistukset.

Sulavesiräjähdyksellä tarkoitetaan kuuman kemikaalikeon kanssa kosketuksiin joutuvan veden erittäin nopeaa höyrystymistä. Höyrystymisen aiheuttama paineaalto saattaa rikkoa tulipesää ja aiheuttaa mahdollisen savukaasu/vesi/höyryvuodon kattilahuoneeseen.

Deleted: Merkittävä riski soodakattilassa on sulavesiräjähdyksen vaara.

Formatted: Highlight

Deleted: o

Deleted: n

Deleted: yleensä

Deleted: ¶
Hajukaasujen kanavistoon lauhtuneen veden johtaminen tulipesään voi aiheuttaa sulavesiräjähdyksen. Veden tulon estämiseksi laimeat hajukaasut tuodaan kattilaan paljon niiden kastepistettä kuumempana ja hajukaasulinjat rakennetaan niin, että niissä on riittävät lauhteenpoistot ja kallistukset.

Deleted: Hajukaasujen rikkipitoiset lauhteet ovat korrodoivia.¶

4.6 Korroosio-ongelmat

Hajukaasujen polttaminen soodakattilassa ei ole todettu lisänneen soodakattilan korroosiota.

Deleted: Eräissä tapauksissa on epäilty laimeiden hajukaasujen polton aiheuttavan korroosiota tertiääri-ilma-aukoissa, mutta varmuutta hajukaasujen osuudesta korroosioon ei ole todennettu.¶
Oikeilla materiaalivalinnoilla voidaan korroosio-ongelmien olettaa olevan vähäisiä.

4.7 Kipinöinti/staattinen sähkö

Räjähdys vaatii alkuenergian esimerkiksi kipinästä. Turvallisuuden takaamiseksi hajukaasulinjat maadoitetaan kokonaan keräilypisteestä lähtien, jotta missään oloissa staattisen sähkön, galvaanisen parin tai potentiaalieron aiheuttamaa kipinää ei voida saada aikaan.

Deleted: ¶
On huomioitava, että muovipuhallin ei katkaise linjan maadoitusta.¶
<#>**Korjaus ja huoltotöiden luvat¶**
Kun hajukaasulinjoilla tai -laitteilla tehdään korjaus- tai huoltotöitä täytyy ko. työkohteilla saada erityislupa työn suorittamiseksi. Tehtailla, joilla hajukaasun polttoa tehdään, on oltava voimassa olevat ohjeet siitä miten tällainen lupa annetaan. Edelleen on määrättävä mitä vaaditaan, jotta voidaan työskennellä hajukaasun käsittelyyn liittyvillä laitteilla ja linjoilla.¶

5 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA

Laimeat hajukaasut eivät ole polttoainetta. Ne koostuvat pääasiassa ilmasta ja vesihöyrystä. Laimeat hajukaasut luokitellaan yleensä haitallisiksi, joten niiden laitteiden hankinta, suunnittelu, asennus ja käyttö tulee hoitaa tämän mukaisesti.

Formatted: Highlight

Soodakattilan käyttöturvallisuuden takia pitää veden joutuminen kattilaan estää laimeiden hajukaasujen polton yhteydessä. Laimeat hajukaasut jäähdytetään (osa kaasun sisältämästä vedestä lauhtuu), siirretään puhaltimella ja kuumennetaan, jotta mahdolliset pisarat höyrystyisivät ennen polttoa. Hajukaasulinjat varustetaan lauhteenpoistolla, jottei vettä kerääntyisi hajukaasulinjaan ja joutuisi siitä kattilaan.

5.1 Koostumus ja määrä

Laimeat hajukaasut koostuvat mm. sellutehtaan kuitulinjan säiliö- ja laitehöngistä, haihduttamon säiliöalueen höngistä, kaustistamon höngistä yms. Laimeiden hajukaasujen määrä on noin 300 – 400 m^3n/ADt ja niiden rikkipitoisuus on noin 0.1 - 0.5 kgS/ADt. Kuitulinjan laimeat hajukaasut pääsääntöisesti käsitellään pesurityyppisellä hönkäjäähdyttimellä, jolloin käsiteltävä hajukaasumäärä pienenee. Sellutehtaan laimeiden hajukaasujen keräilykohteiden tyypillisiä osastomääriä on esitetty taulukossa 5-1.

Taulukko 5-1. Laimeiden hajukaasujen keräilymäärät eri osastoilta lämpötilassa 40 °C

Osasto	kg S / ADt	m^3n / ADt
Jatkuvatoimisen keiton höngät	0.1 – 0.5	100 – 400
Superbatch keiton höngät (evakuointi-ilma, paineettomien säiliöiden hönkä)	0.1 – 0.5	150 – 300
Pesemön höngät	0.05 – 0.1	100 – 200
Mäntyöljykeittämön höngät	0.05 – 0.2	2 – 3
Säiliöhöngät, haihduttamo (ilmanpaineiset säiliöt)	0.1 – 0.4	20 – 30
Kaustistamo- ja meesauunialue	0.01 – 0.1	5 – 10
Yhteensä	0.1 – 0.5	300 – 400

Laimeiden hajukaasujen konsentraatio pidetään koko ajan alle räjähdysrajan ja konsentraation nousu tulee estää. Kun konsentraatio ja kosteus pidetään alhaisena, niin laimeita hajukaasuja voidaan käsitellä kattilalaitoksella kuten muuta palamisilmaa. Esimerkkejä laimeiden hajukaasujen analyyseista on esitetty taulukossa 5-2.

Taulukko 5-2. Esimerkkejä laimeiden hajukaasujen analyyseista syntypisteessä.

	Tehdas A	**Tehdas B**	**Tehdas C**
Komponentti	**ppm**	**ppm**	**ppm**
H_2S	*	*	1
CH_3SH	200	40	70
$(CH_3)_2S$	1 000	60	160
$(CH_3)_2S_2$	90	*	270
$C_{10}H_{16}$(tärpätti)	1 500	15	*
CH_3OH	900	150	*
C_2H_5OH	80	*	*
O_2	*	*	*
NH_3	200	*	*
H_2O	70 000	50 000	*
CO_2	*	300	*

*) ei analysoitu tai havainnointirajan alapuolella

Kun laimeiden hajukaasujen poltto otetaan tehtaalla ensimmäistä kertaa käyttöön tai prosessiin tehdään muutoksia, tulee konsentraatiot linjoissa ja eri keräyspisteistä mitata, jotta todetaan laimeiden hajukaasujen pitoisuudet eri keräyslähteistä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että hakesiilon höngissä häiriötilanteissa hajukaasujen konsentraatio ei nouse liian korkeaksi. Hakesiilon häiriötilanteessa ei sen hönkäkaasuja saa johtaa laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään.

Deleted: pitää

Deleted: erityisesti käynnistysten ja prosessihäiriöitten yhteydessä,

Taulukko 5-3. Laimeiden hajukaasujen komponenttien suositeltavia enimmäispitoisuuksia ennen polttoa

Ominaisuus	**Raja**	**Huom.**

Ilmapitoisuus, til-%	> 90	
Vesipitoisuus, til-%	< 10	40 °C
Rikkipitoisuus TRS, ppm	< 200	
Tärpättipitoisuus, ppm	< 1000	
Metanolipitoisuus, ppm	< 1000	

Taulukko 5-3 esittää suosituksen laimeiden hajukaasujen komponenttien enimmäispitoisuuksille ennen polttoa. Laimeat hajukaasut ovat tyypillisesti alle 10 % LEL rajasta.

Lisäksi on selvitettävä, mihin tärpättipitoiset lauhteet johdetaan turvallisesti keittämöhäiriössä. Tiedetään tapauksia, joissa harkitsemattoman kytkennän vuoksi tärpättipitoisuus lauhteessa on noussut keittämöhäiriön seurauksena merkittävästi.

Laimeat hajukaasut syötetään soodakattilaan tyypillisesti osana kattilan polttoilmaa.

Lauhderyöpyn aiheuttaman sulavesiräjähdys-vaaran vuoksi hajukaasujen syöttämistä primääri-ilman joukkoon ei suositella.

5.2 Jäähdytys/lämmitys

Laimeiden hajukaasujen lauhdetta ei saa päästä soodakattilan tulipesään. Laimeiden hajukaasujen mukana kulkevan vesihöyryn määrä tulipesään on oltava mahdollisimman pieni. Suositellaan, että laimeiden hajukaasujen lämpötila lauhduttimen jälkeen on 40–50 °C.

Laimeat hajukaasut suositellaan lämmitettävän 30 °C yli lauhdutuslämpötilan, jotta minimoidaan vesipisaroiden pääsy tulipesään.

5.3 Laimeiden hajukaasujen polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan laimeiden kaasujen polton logiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, proses-

Deleted: Soodakattilayhdistys suosittelee laimeiden hajukaasujen syöttämistä soodakattilaan lipeänpolttotason yläpuolelta.

Deleted: Jos laimeita hajukaasuja syötetään lipeänpolttotason alapuolelle sekundääri-ilmatasolle, niin järjestelmässä on oltava riittävän suuri (koko/virtaus noin 0.1 m^3 / m^3n/s) lauhteen poistolla varustettu erotussäilö laimeiden hajukaasujen mukana tulevan lauhderyöpyn erottamiseksi virtauksesta. Siten hajukaasuvirta 10 m^3n/s vaatii 1 m^3 lauhteen erotussäiliön. ¶

Deleted: L

Deleted: /jäähdytys

Deleted: at

Deleted: t

Deleted: jäähdytetään ennen polttoa edeltävää lämmitystä lämpötilaan 40 °C

Deleted: Lauhtuvan veden määrää pienennetään lämmittämällä laimea hajukaasu ennen sen syöttöä kattilaan. Suositeltava lämpötila on 90 °C. Lämmitys tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle ennen varsinaista syöttökohtaa.

Deleted: Näin lauhteiden pääsy kattilaan olisi mahdollisimman epätodennäköistä.

Deleted: Lämmityksen lämpötilannousuksi suositellaan vähintään 40 °C.¶

Formatted: Bullets and Numbering

sikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Tämä suositus ei koske laimeiden hajukaasujen keräilyn aloituksen ja ajon lukituksia, vaikka ne usein on osittain toteutettu samassa järjestelmässä kuin polton lukitukset. Nämä lukitukset pitää määritellä tapauskohtaisesti erikseen.

Laimeiden hajukaasujen polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja polton aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

5.3.1 Laimeiden hajukaasujen syötön edellytykset

Laimeita hajukaasuja voidaan syöttää kattilan tulipesään kun seuraavat ehdot ovat voimassa. Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella.

Formatted Table

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilasuoja OK	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käyt
2.	Kattilan höyrykuorma / syöttövesivirtaus on yli 15% kattilan nimelliskuormasta. Kuitenkin tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhtee (lämpötila, viive-aika)
3.	Laimean hajukaasun puhallin päällä	
4.	Paine kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä	Varmistaa riittävä virtaus kanavassa, jolla estetä liekin eteneminen taaksepäin putkistoon
5.	Virtaus kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä	Varmistaa riittävä virtaus kanavassa, jolla estetä liekin eteneminen taaksepäin putkistoon
6.	Lämpötila ennen lämmityspatteria alle lämpötilarajan	Alentaa kaasun tilavuutta ja veden määrää
7.	Lämpötila ennen syöttöä kattilaan / lämmityspatterin jälkeen yli lämpötilarajan	Estää veden pääsy kattilaan nestemäisessä muod
8.	Tuuletus katolle (ohitus) on ollut käynnissä riittävän ajanjakson	
9.	Hajukaasujärjestelmässä mahdollisesti oleva vesitasku alle ylärajan	Indikoi vikaa lauhteenpoistojärjestelmässä, joka lauhteiden poiston

1. Kattilasuoja OK
2. Kattilan höyrykuorma/syöttövesivirtaus on yli 15% kattilan nimelliskuormasta. Kuitenkin tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti
3. Laimean hajukaasun puhallin päällä
4. Paine kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä
5. Virtaus kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä
6. Lämpötila ennen lämmityspatteria alle lämpötilarajan
7. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan/lämmityspatterin jälkeen yli lämpötilarajan
8. Tuuletus katolle (ohitus) on ollut käynnissä riittävän ajanjakson
9. Hajukaasujärjestelmässä mahdollisesti oleva vesitasku alle ylärajan

Formatted: Bullets and Numbering

Deleted: minimikapasiteettirajan

Deleted: <#>Lipeänpoltto on päällä ¶

5.3.2 Laimeiden hajukaasujen syötön keskeytys

Deleted: Soodakattilayhdistys suosittelee lipeän polttoa laimeiden polton aikana, jotta syntyvä natrium voisi sitoa syntyvän rikin. ¶

Formatted: Bullets and Numbering

Laimeitten hajukaasujen syöttö kattilan tulipesään on keskeytettävä kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa. Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella.

1. Kattilan höyrykuorma/syöttövesivirtaus on alle 15% kattilan nimelliskuormasta. Kuitenkin tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.
2. Pikapysäytys laukeaa
3. Kattilasuoja laukeaa
4. Laimean hajukaasun puhallin pysähtyy
5. Jos laimeita hajukaasuja johdetaan erillisen polttimen polttoilmaksi ja tälle polttimelle tulee poltinhäiriö
6. Lämpötila ennen lämmityspatteria nousee yli lämpötilarajan
7. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan/lämmityspatterin jälkeen laskee alle lämpötilarajan
8. Paine hajukaasukanavassa laskee alle alarajan
9. Hajukaasujärjestelmässä olevan vesitaskun yläraja

Formatted: Bullets and Numbering

Deleted: <#>Kattilan höyrynkehitys on alle minimikapasiteettirajan¶
<#>Lipeänpoltto keskeytyy¶

Deleted: ennen

Deleted: poltinta

Formatted: Bullets and Numbering

Deleted: H

Deleted: n lauhteenpoistojärjestelmään tulee vika joka uhkaa lopettaa lauhteiden poistumisen (lauhteiden keräys yläraja tai vesitystasku yläraja)

5.4 Puhallin

Puhaltimen rakenne tulee olla riittävän tiivis ja siinä oltava lauhteenpoisto.

5.5 Varasilmayhde

Laimeiden hajukaasujen järjestelmän osana voidaan käyttää varasilmayhdettä (lisäilmayhdettä, laimennusilmayhdettä), jossa hajukaasujen joukkoon lisätään ilmaa. Jos laimeiden hajukaasujen 'laimeus' riippuu varasilmayhteen toiminnasta, on erityistä huomiota kiinnitettävä siihen, etteivät käyttäjät voi sulkea laimennusilman tuloa.

5.6 Kanavat

Laimeiden hajukaasujen vuotaminen kattilahuoneeseen pitää estää. Kanavan pituus kattilahuoneessa pitää minimoida.

5.6.1 Kanavamateriaali

Korroosiovaaran vuoksi on laimeiden hajukaasujen keräilykanavat suositellaan tehtäväksi ruostumattomasta teräksestä EN1.4301 (SS2333) tai paremmasta.

5.6.2 Virtaus

Laimeiden hajukaasujen virtausmäärää suositellaan mitattavaksi. Virtausmäärän mittauksen tulee sijata mahdollisimman lähellä laimeiden hajukaasujen syöttökohtaa kattilaan.

5.6.3 Maadoitus

Laimeiden hajukaasujen putkistolle tehdään maadoitus. Lisäksi niissä paikoissa kuten laipoissa, luukuissa ja yhteissä, missä esim. tiivistemateriaalin takia voi muodostua galvaaninen erotus on suoritettava potentiaalitasaus, eli esim. metallilanka kytketään määräysten mukaisesti laippaliitosten yli staattisten kipinöiden ehkäisemiseksi.

5.7 Lauhteenpoisto

Laimeiden hajukaasujen linjat on varustettava lauhteenpoistoyhteillä. Lauhteet tulee ensisijaisesti johtaa likaislauhteiden käsittelyyn omana järjestelmänä.

Deleted: <#>Kapasiteettirajoitus¶
Laimeiden hajukaasujen poltto vaatii, että tulipesässä on riittävä lämpötila ja viiveaika, jotta hajukaasut palaisivat hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja rikkidioksidiksi. Riittävä viiveaika >0.5 s saadaan yleensä aikaan helposti. Riittävä lämpötila saavutetaan, kun kattilan kuormaa nostetaan tarpeeksi. Minimikapasiteetin määrittää laitetoimittaja. Täksi tulitehoksi laimeille hajukaasuille on usein määritelty 30 % nimellishöyrykuormasta. Nimelliskuorma on usein jonkin verran epämääräinen käsite, koska laitetekniikka kehittyy. Samankokoisesta pesästä saadaan usein myöhemmin isompi teho ulos. Siksi suositellaan, että tämä kapasiteetti vastaisi vähintään tulitehoa 0.6 MW/m^2 pohjaa. Esimerkki kapasiteettirajan laskemiseksi on esitetty Liite I.¶

Deleted: Laimeiden hajukaasujen puhallin suositellaan sijoitettavaksi kattilahuoneen ulkopuolelle. Jos se jostain syystä sijoitetaan kattilahuoneeseen, on sijoituspaikkaa valitessa etsittävä sellainen suojaisa sijoituspaikka, jossa mahdolliset ongelmat aiheuttavat mahdollisimman pienen vaaran käyttöhenkilökunnalle. ¶
Puhaltimen materiaali on yleensä EN 1.4436 (SS2343). Puhaltimen staattinen sähkö tulee poistaa maadoituksella. ¶
Puhaltimen kuori pitää olla varustettu lauhteenpoistoyhteellä alimmasta pisteestä huomioiden myös käynninaikaisen vedenpoiston.¶

Formatted: Bullets and Numbering

Deleted: etään

Deleted: usein

Deleted: Jollei varasilmayhteestä tule laimentavaa ilmaa riittävästi, on olemassa vaara, että laimea hajukaasu muuttuu räjähtäväksi kaasuseokseksi.¶

Formatted: Bullets and Numbering

Deleted: Laimean hajukaasun kanavien vetoa heikon nurkan, liuotinsäiliön, lipeänpolttotason ja muiden jatkuvan työskentelyn tasojen läheisyyteen tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää.

Deleted: polton

Deleted: ja suuttimet tehtävä

Deleted: tulee mitata

5.7.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteitten ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään 50 mm tukkeutumisvaaran vuoksi.

5.7.2 Lauhteenpoistoyhteitten sijoitus

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Lauhteen poisto muuhun kun virtaussuuntaan on vaikeaa. Suositeltava kanavien kallistus, muualla kuin soodakattilalaitoksella, kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:25.

Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa suositeltava kanavien kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:20 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempi. Viimeinen lauhteiden poisto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin, että kanavan pituus tästä poistosta pesään on mahdollisimman lyhyt.

Ennen jyrkkää nousua on aina tehtävä vesitys.

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

5.7.3 Vesilukot

Lauhteidenpoistolinjat on varustettava vesilukoilla tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä (lauhteiden keräysastia). Näin estetään hajukaasujen vuoto lauhteenpoistoyhteiden kautta.

Jotta vesilukkojen kuivuminen voidaan estää, on vesilukot varustettava pinnankorkeuden mittauksin tai virtausmittauksin varmistetulla jatkuvalla vesivirralla.

Jotta laimeiden hajukaasujen kanavassa vallitseva paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on lukon vesipintojen korkeuden eron voitava vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaava määrä. 10 000 Pa vastaa vesilukon pinnankorkeuden eron vaihtelua 1 m.

Jos lauhteet kerätään pumppausastiaan, niin astian pinnankorkeuksien eron tulee voida vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaavan määrä.

5.8 Pesuri

Laimeiden hajukaasujen järjestelmässä tulee olla tarpeellinen määrä pesureita, jolla poistetaan kaasujen sisältämää vesihöyryä sekä tärpättiä.

Formatted: Not Highlight

Deleted: ~~pienennetään kerättävää kaasumäärää.~~

5.9 Venttiilit/pellit

Laimeiden hajukaasujen polton venttiilit/pellit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviyteen. Normaalisti käytetään tiiviitä läppäventtiilejä/peltejä isoille putkikooille.

Deleted: ~~Palloventtiilien käyttö on suositeltavaa~~

Laimean hajukaasulinjan automaattisen sulkuventtiilin on mentävä itsestään kiinni apuenergian loppuessa.

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava.

Deleted: ¶
<#>**Venttiilien rakennemateriaali**¶

5.10 Ohitus

Laimeiden hajukaasujen ohituskanava on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Normaalisti ohituskanava johdetaan soodakattilalaitoksen katolle tai korkeaan piippuun.

Ohituksen automaattisen sulkuventtiilin on itsestään auettava apuenergian loppuessa.

Deleted: Palloventtiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan teflonia tai metallitiivistettä. Läppäventtiileissä suositellaan metallitiivisteitä.¶
<#>**Sulkulaitteet**¶
Laimeiden hajukaasujen linjat on varustettava tiiviillä sulkulaitteilla. Lukituksissa mukana olevat runkolinjojen pääsulkulaitteet on varustettava rajakytkimillä.¶
Mikäli laimeita hajukaasuja poltetaan sellaisissa ilma-aukoissa, jotka pitää puhdistaa käsin, niin kukin aukko on varustettava tiiviisti sulkeutuvalla venttiilillä ja aukolle johtava kanava tiiviillä sulkuventtiilillä. Suuttimen avaus voidaan tällöin turvallisesti suorittaa myös hajukaasujärjestelmän ollessa käynnissä. Mikäli kanavan sulkuventtiilin ollessa kiinni on mahdollista, että lauhdetta syntyy venttiilin tulopuolelle, on kanava varustettava asianmukaisella lauhteenpoistolla. ¶
Laimean hajukaasulinjan automaattisen sulkuventtiilin on mentävä itsestään kiinni apuenergian loppuessa. ¶

Formatted: Bullets and Numbering

5.11 Pisaraneroitin

On suositeltavaa käyttää laimeiden hajukaasujen kanavan polttopäässä pisaranerotinta ennen kaasujen lämmitystä ja aina sen jälkeen kun laimeita hajukaasuja jäähdytetään tai käsitellään pesurilla.

5.12 Liekinestin

Laimeiden hajukaasujen kanavissa ei tarvitse käyttää liekinestintä.

5.13 Räjähdyslevy

Laimeiden hajukaasujen kanavissa ei tarvitse käyttää räjähdyslevyä.

5.14 Alipainesuoja

Laimeille hajukaasuille voidaan käyttää alipainesuojaa jos putkiston rakennepaine ja puhaltimen imu sitä vaativat. Alipainesuojan toimimisen pitää aiheuttaa hälytys.

5.15 Ylipainesuoja

Laimeille hajukaasuille ei tarvitse käyttää ylipainesuojaa.

5.16 Pitoisuusmittaus

Laimeille hajukaasuille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta. Soodakattilayhdistys suosittelee, että laimeiden hajukaasujen pitoisuudet lähtöpisteessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laitemuutoksia ja pitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.

6 LIUOTTIMEN HÖNGÄN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA

Liuottimen höngät vastaavat ominaisuuksiltaan laimeita hajukaasuja. Ne koostuvat pääasiassa ilmasta ja vesihöyrystä. Liuottimen hönkien sisältämän hajurikin talteen saamiseksi niitä on alettu polttaa soodakattiloilla. Soodakattilayhdistys suosittelee liuotinhönkien polttamista soodakattilalaitoksella.

Soodakattilan käyttöturvallisuuden takia pitää veden joutuminen kattilaan estää liuottimen hönkien polton yhteydessä.

Liuottimen höngät pestään, jäähdytetään, siirretään puhaltimella ja kuumennetaan, jotta mahdolliset pisarat höyrystyisivät ennen polttoa. Hönkälinjat varustetaan lauhteenpoistolla, jottei vettä kerääntyisi hönkälinjaan ja joutuisi siitä kattilaan.

6.1 Koostumus ja määrä

Liuottimen höngät ovat peräisin pääasiassa vuotoilmasta, sulan lämmön aikaansaamasta liuottimen kiehumisesta ja sulan hajotushöyrystä. Ongelmallisinta käsittelyn kannalta on liuottimen hönkien sisältämät pienet viherlipeäpisarat, jotka pyrkivät likaamaan hönkäjärjestelmän.

Sellutehtaan liuottimen hönkien määriä ja koostumuksia on esitetty taulukossa 6-1.

Taulukko 6-1. Liuottimen hönkien määrät ja koostumus, Rantanen 1987

Hönkämäärä liuotinsäiliöstä	m^3n / kgka	0.4 – 0.8
Hönkien lämpötila liuotinsäiliöstä	^oC	85 - 95
Hönkien kosteuspitoisuus liuotinsäiliöstä	til-%	40 - 80
Hönkien kokonaispöly liuotinsäiliöstä	mg / m^3n(kuiva)	1000 – 5000
Hönkien TRS liuotinsäiliöstä	mg / m^3n(kuiva)	150 - 700
Hönkien kokonaisrikki pesurin jälkeen	kg S / ADt	0.01 - 0.1
Hönkien kokonaispöly pesurin jälkeen	mg / m^3n(kuiva)	~100
Hönkien TRS pesurin jälkeen	mg / m^3n(kuiva)	1 - 10

Liuottimen hönkiä syötetään soodakattilaan esimerkiksi sekoitettuna muihin kattilaan johdettaviin laimeisiin hajukaasuihin. Toinen mahdollisuus on syöttää liuottimen höngät omien erillisten suutinten kautta.

6.2 Lämmitys/jäähdytys

Liuottimen hönkien lauhdetta ei saa päästä soodakattilan tulipesään. Liuottimen hönkien mukana kulkevan vesihöyryn määrä tulipesään on oltava mahdollisimman pieni. Suositellaan, että liuottimen höngät jäähdytetään ennen polttoa edeltävää lämmitystä lämpötilaan 50 ^{o}C tai sen alle. Jäähdytys sijoitetaan pesurin yhteyteen ennen puhallinta. Sekoitettaessa liuottimen höngät muihin tässä suosituksessa käsiteltyihin kaasuvirtoihin tulee seoksen suhteen noudattaa niitä koskevia tässä suosituksissa mainittuja lämpötiloja.

Lämmityksen lämpötilannousuksi suositellaan vähintään 20 ^{o}C.

6.3 Liuottimen hönkien polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan liuottimen hönkien polton logiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Liuottimen hönkien polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja polton aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

6.3.1 Liuottimen hönkien syötön edellytykset

Liuottimen hönkiä voidaan syöttää kattilan tulipesään, kun seuraavat ehdot ovat voimassa

1. Kattilan kuorma on yli minimikapasiteetin
2. Liuottimen hönkien puhallin on päällä
3. Paine kanavistossa ennen sulkuventtiiliä on riittävä

4. Virtaus kanavistossa ennen sulkuventtiiliä on riittävä
5. Lämpötila ennen lämmityspatteria on alle lämpötilarajan
6. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan/lämmityspatterin jälkeen on yli lämpötilarajan

6.3.2 Liuottimen hönkien syötön keskeytys

Liuottimen hönkien syöttö kattilan tulipesään on keskeytettävä, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa

1. Kattilan höyrynkehitys on alle minimikapasiteettirajan
2. Pikapysäytys laukeaa
3. Kattilasuoja laukeaa
4. Liuottimen hönkien puhallin pysähtyy
5. Lämpötila ennen lämmityspatteria nousee yli lämpötilarajan
6. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan/lämmityspatterin jälkeen laskee alle lämpötilarajan

6.3.3 Kapasiteettirajoitus

Liuottimen hönkien poltto vaatii, että tulipesässä on riittävä lämpötila ja viiveaika, jotta hönkien sisältämät hajukaasut palaisivat hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja rikkidioksidiksi. Riittävä lämpötila saavutetaan, kun kattilan kuormaa nostetaan lähelle lipeänpolton aloituksen vaatimaa kuormaa. Soodakattilayhdistys suosittaa, että liuotinhönkien polttojärjestelmän toimittaja määrittelee kyseisen kuorman.

6.4 Puhallin

Liuottimen hönkien puhallin sijoitetaan kattilahuoneeseen. Puhaltimen materiaali on yleensä EN 1.4436 (SS2343). Puhaltimen staattinen sähkö tulee poistaa maadoituksella.

Puhaltimen kuori pitää olla varustettu lauhteenpoistoyhteellä alimmasta pisteestä.

6.5 Kanavat

Liuottimen hönkien vuotaminen kattilahuoneeseen pitää estää. Kanavan pituus kattilahuoneessa pitää minimoida.

6.5.1 Kanavamateriaali

Korroosiovaaran vuoksi on liuottimen hönkien polton kanavat ja suuttimet tehtävä ruostumattomasta teräksestä EN 1.4301 (SS2333) tai paremmasta.

6.5.2 Virtaus

Liuottimen hönkien virtausmäärä suositellaan mitattavaksi. Virtausmäärän mittauksen tulee sijata lähellä liuottimen hönkien syöttöä kattilaan.

6.5.3 Maadoitus

Liuottimen hönkien putkistolle ei tarvitse tehdä maadoitusta. Kuitenkin, jos ne yhdistetään laimeisiin hajukaasuihin, on yhdistyvä putken osa maadoitettava.

6.6 Lauhteenpoisto

Liuottimen hönkien linjat on varustettava lauhteen poistoyhteillä. Lauhteet tulee ensisijaisesti johtaa liuottimeen tai likaisten lauhteiden käsittelyyn.

6.6.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteitten ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään 50 mm tukkeutumisvaaran vuoksi.

6.6.2 Lauhteenpoistoyhteitten sijoitus

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa ennen tulipesää suositeltava kanavien kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:20 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempi. Viimeinen lauhteiden poisto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin, että kanavan pituus tästä poistosta tulipesään on mahdollisimman lyhyt.

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

6.6.3 Vesilukot

Lauhteidenpoistolinjat on varustettava vesilukoilla tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä. Näin estetään haisevien kaasujen vuoto lauhteenpoistoyhteiden kautta.

Jotta vesilukkojen kuivuminen voidaan estää, on vesilukot varustettava pinnankorkeuden mittauksin tai virtausmittauksin varmistetulla jatkuvalla vesivirralla.

Jotta liuottimen hönkien kanavassa vallitseva paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on lukon vesipintojen korkeuden eron voitava vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaava määrä. 10 000 Pa vastaa vesilukon pinnankorkeuden eron vaihtelua 1 m.

Jos lauhteet kerätään pumppausastiaan, niin astian pinnankorkeuksien eron tulee voida vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaavan määrän.

6.7 Pesuri

Liuottimen hönkien järjestelmässä tulee olla riittävän tehokas jäähdyttävä pesuri, jolla poistetaan vettä ja pölyä sekä pienennetään kerättävää kaasumäärää. Pesurin ja päälaitteiden pesumahdollisuus käynnin aikana on huomioitava.

6.8 Venttiilit

Liuottimen hönkien polton venttiilit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviyteen. Normaalisti käytetään tiiviitä läppäventtiilejä.

6.8.1 Venttiilien rakennemateriaali

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava.

Läppäventtiileissä suositellaan metallitiivisteitä.

6.8.2 Sulkulaitteet

Liuottimen hönkien linjat on varustettava tiiviillä sulkulaitteilla. Lukituksissa mukana olevat laitteet on varustettava rajakytkimillä.

Mikäli liuottimen hönkiä poltetaan sellaisissa ilma-aukoissa, jotka pitää avata auki käsin, niin kukin aukko on varustettava tiiviisti sulkeutuvalla venttiilillä ja aukolle johtava kanava tiiviillä sulkuventtiilillä. Suuttimen avaus voidaan tällöin turvallisesti suorittaa myös hönkäjärjestelmän ollessa käynnissä. Mikäli kanavan sulkuventtiilin ollessa kiinni, on mahdollista että lauhdetta syntyy venttiilin tulopuolelle, on kanava varustettava asianmukaisella lauhteenpoistolla.

Liuottimen hönkälinjan automaattisen sulkuventtiilin on mentävä itsestään kiinni apuenergian loppuessa.

6.9 Ohitus

Liuottimen hönkien ohituskanava on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Normaalisti ohituskanava johdetaan soodakattilalaitoksen katolle tai korkeaan piippuun.

Ohituksen automaattisen sulkuventtiilin on itsestään auettava apuenergian loppuessa.

6.10 Pisaraneroitin

Liuottimen hönkien järjestelmässä suositellaan pisaraneroitinta kaasun jäähdytyksen jälkeen.

6.11 Liekinestin

Liuottimen hönkien kanavissa ei tarvitse käyttää liekinestintä.

6.12 Räjähdyslevy

Liuottimen hönkien kanavissa ei tarvitse käyttää räjähdyslevyä.

6.13 Alipainesuoja

Liuottimen höngille voidaan käyttää alipainesuojaa jos putkiston rakennepaine ja puhaltimen imu sitä vaativat. Alipainesuojan toimimisen pitää aiheuttaa hälytys.

6.14 Ylipainesuoja

Liuottimen hönkäjärjestelmän on kestettävä puhaltimen aiheuttama ylipaine. Lisäksi liuottimelta menee erillinen kanava soodakattilan katolle, joka aukeaa ylipaineesta.

6.15 Pitoisuusmittaus

Liuottimen höngille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta. Soodakattilayhdistys suosittelee, että liuottimen hönkien pitoisuudet lähtöpisteessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laitemuutoksia ja pitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.

7 VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTO SOODAKATTILALLA

Väkevät hajukaasut ovat luonteeltaan matalalämpöarvoinen polttoaine ja niiden polttojärjestelmän tulee noudattaa turvallisuusmääräyksiltään ja logiikaltaan räjähtävien kaasujen poltosta annettuja suosituksia ja määräyksiä.

Väkevien hajukaasujen lähteet ovat mm. haihduttamon tyhjökaivon lauhduttamaton kaasu, stripperin ja metanolitislauksen kaasut, likaislauhdesäiliön hönkä, keittimen lauhduttimien kaasut sekä paineistetun lipeän väkevöinnin kaasut. Ilman vuotaminen väkevien hajukaasujen joukkoon pitää yrittää estää kaikissa olosuhteissa.

7.1 Koostumus ja määrä

Väkevien hajukaasujen kokonaismäärä modernissa sellutehtaassa on 2 – 4 kgS/ADt. Määrä lisääntyy merkittävästi jos mustalipeää haihdutetaan korkeaan kuiva-aineeseen (yli 80 %). Prosessista johtuen väkevien hajukaasujen määrä voi vaihdella suuresti eri ajankohtina. Sellutehtaan väkevien hajukaasujen keräilykohteiden tyypillisiä määriä on esitetty taulukossa 7-1.

Taulukko 7-1. Väkevien hajukaasujen tyypillisiä määriä eri osastoilta

Osasto	kg S / ADt	m^3n / ADt
Eräkeiton pusku	0.4 – 0.8	5 – 15
Eräkeiton kaasaus	0.1 – 0.2	1.0 – 3.0
Jatkuva keitto	0.1 – 0.4	1.0 – 4.5
Stripperi	0.5 – 1.0	15 – 25
Haihduttamo	0.4 – 0.8	1 – 10
Metanolin käsittely	0.5 – 2.0	1.0 – 2.0
Mustalipeän lämpökäsittely	2 – 3	1.5 – 3.0
Superkonsentraattori	2 – 5	1.5 – 6.0

Taulukko 7-2. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen analyyseista.

	Tehdas A	Tehdas B	Tehdas C
Komponentti	ppm	ppm	ppm
H_2S	*	50 000	81 300
CH_3SH	80 900	110 000	188 300
$(CH_3)_2S$	22 000	50 000	116 000
$(CH_3)_2S_2$	800	30 000	3 000
$C_{10}H_{16}$(tärpätti)	1 900	*	*
CH_3OH	*	*	*
O_2	*	*	*
NH_3	*	*	*
H_2O	20 000	330 000	*
CO_2	*	*	*

*) ei analysoitu tai havainnointirajan alapuolella

Väkevät hajukaasut sisältävät merkittäviä määriä rikkiyhdisteitä. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen analyyseista on esitetty taulukossa 7-2. Väkevät hajukaasut luokitellaan sisältönsä mukaan joko erittäin myrkyllisiksi, myrkyllisiksi tai palaviksi.

Taulukko 7-3. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen komponenttien lämpöarvoista, BLRBAC.

Komponentti	kJ/kg(kuiva)
H_2S	15 280
CH_3SH	26 100
$(CH_3)_2S$	30 890
$(CH_3)_2S_2$	23 630
Tärpätti	41 560
Metanoli(kaasu)	22 720

Väkeviä hajukaasuja ei jäähdytetä ja kuumenneta kuten laimeita, vaan väkeville hajukaasuille käytetään ejektoria ja pisaranerotinta sekä liekinestintä ennen polttoa.

Väkevien hajukaasujen poltto- ja keräilyjärjestelmältä vaaditaan että vuodot linjoista työskentelytiloihin on estetty, vettä ei pääse kaasujen mukana tulipesään ja tulipalon/räjähdyksen riski on minimoitu.

Soodakattilayhdistys ei suosittele, että väkevien hajukaasuja käsiteltäessä ne voivat automaattisesti kääntyä soodakattilaan. Jos soodakattila on väkevien hajukaasujen polton varapaikka, käännön tekee operaattori.

7.2 Väkevien kaasujen polton logiikka

Väkevien hajukaasujen polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja sen aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan väkevien kaasujen polttimen polttologiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Tämä suositus ei koske väkevien hajukaasujen keräilyn aloituksen ja ajon lukituksia, vaikka ne usein on osittain toteutettu samassa järjestelmässä, kuin polton lukitukset.

7.2.1 Väkevien kaasujen polttimen käynnistyksen edellytykset

Väkevien kaasujen poltto voidaan aloittaa kun seuraavat ehdot ovat voimassa

1. Kattilan kuorma on yli minimikuorman
2. Polttimen tukiliekki on ollut päällä vähintään 1 min
3. Liekinvartija näyttää tukiliekin olevan päällä
4. Väkevien hajukaasujen lanssi on kytketty

5. Polttimen polttoilman tulopaine on yli minimiarvon
6. Polttimen polttoilman virtaus on yli minimiarvon
7. Lipeänpoltto on päällä

Soodakattilayhdistys suosittelee, että lipeää poltetaan väkevien polton aikana jotta syntyvä natrium voisi sitoa syntyvän rikin.

7.2.2 Kapasiteettirajoitus

Väkevien hajukaasujen poltto vaatii, että tulipesässä on riittävä lämpötila ja viiveaika, jotta hajukaasut palaisivat hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja rikkidioksidiksi. Riittävä lämpötila saavutetaan, kun kattilan kuormaa nostetaan tarpeeksi. Täksi tulitehoksi on EN 12952-8 mukaan määritelty 50 % nimellishöyrykuormasta. Minimikapasiteetin määrittää laitetoimittaja. Koska nimelliskuorma on usein jonkin verran epämääräinen käsite, suositellaan, että tämä kapasiteetti vastaisi vähintään tulitehoa 1 MW/m^2 pohjaa. Esimerkki kapasiteettirajan laskemiseksi on esitetty Liite I.

7.2.3 Tukiliekin tarve

Väkevien hajukaasujen palaminen vaatii riittävää lämpötilaa. Yleisesti vaatimuksena pidetään 900 ^{o}C. Lämpötilavaatimus täyttyy, jos hajukaasuja johdetaan, kattilan toimiessa stabiilisti ja riittävällä kuormalla, lipeäruiskujen alapuolelle. Jos väkeviä hajukaasuja johdetaan lipeäruiskujen yläpuolelle, pitää varmistaa, että ne johdetaan kattilan sellaiseen osaan, jossa tämä lämpötila ylitetään. Toinen mahdollisuus on käyttää riittävän kapasiteetin omaavaa tukiliekkiä.

Väkevien hajukaasujen polttimen käynnistyksen aiheuttamien häiriöiden minimoimiseksi suositellaan tukiliekin käyttöä. Tukiliekin tarkoitus on varmistaa, että hajukaasujen palaminen jatkuu eikä liekin irtoamista tai sammumista polttimella tapahdu.

7.2.4 Väkevien kaasujen polton pysäyttäminen

Väkevien kaasujen poltto pitää pysäyttää, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa

1. Kattilan höyrynkehitys laskee alle minimikuorman

2. Pikapysäytys laukeaa
3. Kattilasuoja laukeaa
4. Kattilan primääri- tai sekundääripuhallin pysähtyy
5. Hajukaasun lauhteenpoistojärjestelmään tulee vika, joka uhkaa lopettaa lauhteiden poistumisen (lauhteiden keräys yläraja tai vesitystasku yläraja)
6. Polttimen ilman paine laskee alle alarajan
7. Polttimen ilman virtaus laskee alle alarajan
8. Lipeänpoltto loppuu
9. Hajukaasun paine ennen poltinta laskee alle alarajan

Väkevien kaasujen poltto suositellaan pysäytettävän, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa (suositus toteutetaan hälytyksen avulla)

1. Kattilan CO päästö on huomattavan korkea (yli 1000 ppm yli 1 min)
2. Kattilahuoneen rikkipitoisuushälytys (H_2S) laukeaa
3. Polttomustalipeän kuiva-aine laskee alle hälytyksen aiheuttavan alarajan
4. Liekinerottimen paine-ero yli ylärajan
5. Hajukaasun virtaus polttimelle laskee alle alarajan

7.2.5 Väkevien hajukaasujen polttoa ei tarvitse pysäyttää

Väkevien kaasujen polttoa ei tarvitse pysäyttää, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa

1. Polttimen automaattisen ilma-aukon puhdistimen toiminnan vuoksi. Automaattinen ilma-aukon puhdistin voi toimiessaan aiheuttaa paine-, virtaus tai muun heilahduksen, josta polttoa ei tarvitse keskeyttää.

7.3 Poltin

Väkevät hajukaasut voidaan polttaa ainoastaan asianmukaisella ja tarkoitukseen soveltuvalla erillispolttimella.

Väkevien hajukaasujen poltin tulee varustaa paikallisohjauskoteloilla, josta kaikki pysäytykseen ja käynnistykseen liittyvät toimenpiteet voidaan tehdä.

Väkevien hajukaasujen poltin tulee varustaa erillisellä ilmarekisterillä ja erillisellä lanssilla tuki/pilottipolttoaineelle, joka voi olla öljy tai kaasu.

Väkevien hajukaasujen polttimen hajukaasulanssi on voitava irrottaa.

Polttimen paikaksi suositellaan lipeäruiskujen alapuolta. Paikkaa jossa kattilan savukaasun lämpötila on yli 900 ^{o}C.

Kukin polttoaine pitää polttaa omalla lanssillaan.

Väkevien hajukaasujen polttimeen voidaan tuoda erillisillä lansseilla myös metanolia ja tärpättiä.

Väkevien hajukaasujen polttimen ilma voi olla myös laimeita hajukaasuja.

7.3.1 Tuki/Pilottiliekki

Tuki/Pilottiliekin tarkoitus on helpottaa varsinaisen polttoaineen syttymistä.

Tukiliekin polttoaineteho tulee olla vähintään 10 % polttimen maksimaalisesta polttoainetehosta.

7.4 Putkisto

Väkevien hajukaasujen linjojen pituus soodakattilahuoneessa on pidettävä mahdollisimman lyhyenä. Putkisto on vedettävä välttäen mahdollisia ongelmapaikkoja kuten liuotussäiliö ja sen ympäristö, heikko nurkka, hätäpoistumistiet ja porraskäytävät.

Putkiston rakentamisessa on noudatettava paineastia- ja kemikaalilakia.

7.4.1 Putkiston rakennemateriaali

Putkiston rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (SS2343) tai vastaavaa. Hajukaasun eräät yhdisteet, kuten tärpätti ja metanoli, ovat voimakkaita liuottimia, minkä johdosta lasikuitu- ja muoviosien käyttöä ei sallita.

7.4.2 Putkiston höyrytys

Polton pysähdyttyä suositellaan väkevien kaasujen linjojen tuuletusta sulkuventtiileiltä kattilaan puhaltamalla ne puhtaaksi inertillä väliaineella. Inerttejä väliaineita ovat mm. höyry ja typpi. Linjojen puhallusta ilmalla ei suositella, koska puhallusilman ja puhallettavan väkevän hajukaasun rajavyöhykkeelle muodostuu räjähtävä seos. Käytännössä linjat aina höyrytetään.

Kanavien höyrytys pitää pyrkiä järjestämään joko siten että mahdollisimman iso osa laitteista voidaan höyryttää samasta automaation käyttöliittymästä. Höyrytys pyritään toteuttamaan kunkin osaston automaation käyttöliittymästä aina seuraavalle osastolle asti.

Höyrytettäessä on olemassa riski, että linjaan lauhtunut vesi lähtee liikkeelle ja aiheuttaa vaaratilanteen.

7.4.3 Putkiston painemittaukset

Väkevien hajukaasujen putkisto pitää varustaa painemittauksin ejektorin jälkeen ja välittömästi ennen väkevien hajukaasujen poltinta. Putkiston paineesta on ylipainehälytys.

Suositellaan että pisaranerottimen tukkeutumisesta suoritetaan hälytys. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi mittaamalla paine-ero josta on ylipaine-erohälytys. Tukkeentumista voidaan valvoa myös sekä virtausmäärän että erottimen jälkeen olevan painemittauksen perusteella toteutetulla hälytyksellä.

7.5 Maadoitus ja potentiaalitasaus

Väkevien hajukaasujen putkistolle tehdään maadoitus. Niissä paikoissa, missä esim. tiivistemateriaalin takia voi muodostua galvaaninen erotus, on suoritettava potentiaalitasaus. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi laipat, luukut ja yhteet. Poten-

tiaalitasaus voidaan tehdä esimerkiksi kiinnittämällä metallilanka laippaliitosten yli staattisten kipinöiden ehkäisemiseksi.

7.6 Venttiilit

Väkevien hajukaasujen polton venttiilit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviyteen. Palloventtiilien käyttö on suositeltavaa.

Väkevien hajukaasujen tulolinjassa polttimelle pitää olla kaksi pikasulkuventtiiliä ja välissä tuuletusputkilinja venttiileineen.

7.6.1 Venttiilien rakennemateriaali

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava valumateriaalia.

Venttiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan teflon tai metalli. Kriittisissä kohteissa pitää venttiilien valinnassa ottaa huomioon myös sisä- sekä ulkopuolisen tulipalon vaara.

7.6.2 Sulkuventtiilit

Väkevien hajukaasujen linjat on varustettava tiiviillä sulkuventtiileillä. Sulkuventtiilit on varustettava rajakytkimin.

Kattilahuoneeseen menevät väkevien hajukaasujen linjat on kyettävä sulkemaan myös kattilahuoneen ulkopuolelta. Vaatimus ulkopuolelta sulkemisesta aiheutuu siitä, että vaaratilanteessa ei voida edellyttää hajukaasulinjojen sulkemista kattilahuoneesta. Lisäksi halutaan estää hajukaasujen virtaus kattilahuoneeseen tilanteessa jossa esim. kattilahuoneessa oleva venttiili vuotaa.

7.6.3 Venttiilien toimintaenergia

Sulkuventtiilien on sulkeuduttava ilman ulkopuolista käyttöenergiaa. Samalla on sulkuventtiilien välissä olevan tuuletuslinjan venttiilin avauduttava.

7.7 Lauhteenpoisto

Väkevien hajukaasujen linjat on varustettava lauhteenpoistoyhteillä. Lauhteet sisältävät runsaasti hajuyhdisteitä. Lauhteet tulee kerätä pumppaussäiliöön ja pumpata säiliön kautta haihduttamolle likaislauhteiden strippaukseen.

7.7.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteitten ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään 50 mm syntyvän lauhde- sekä tukkeutumisvaaran vuoksi. Ulkona olevat yhde - ja lauhdeputket varustetaan sähkösaatolla.

7.7.2 Lauhteenpoistoyhteiden sijoitus

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Suositeltava kanavien kallistus, muualla kuin soodakattilalaitoksella, kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:25. Putket tulee mitoittaa niin suureksi, ettei lauhde ala tulvia putkistossa.

Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa suositeltava kanavien kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:20 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempi. Viimeinen lauhteiden poisto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin että kanava pituus tästä poistosta pesään on mahdollisimman lyhyt.

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

7.7.3 Vesilukot

Jotta lauhteenpoistoyhteiden kautta estettäisiin hajukaasujen vuoto, on lauhteidenpoistolinjat varustettava vesilukoilla ja pumppaussäiliöllä tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä.

Jotta väkevien hajukaasujen kanavassa ejektorin kehittämä paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on lukon vesipinnan korkeuden voitava vaihdella ainakin 15 000 Pa. Tämä vastaa vesilukon pinnankorkeuden eron vaihtelua 1,5 m.

Jos lauhteet kerätään yhteiseen vesilukkosäiliöön, niin pinnankorkeuden tulee voida vaihdella 1,5 m.

Koska pinnankorkeuksien erolla ei kaikissa tilanteissa pystytä kanavan painetta ylläpitämään, on vesilukkojen pinta kyettävä uudistamaan häiriön jälkeen. Pinnan uudistamiseksi johdetaan vesilukkoon virtausindikaatiolla varustettu vesivirta.

7.8 Ejektori

Väkevien kaasujen siirtoon ei saa käyttää puhallinta. Väkevien kaasujen siirtoon suositellaan ejektoria. Ejektoriin virtaavan käyttöhöyryn liikemäärä imee hajukaasuja. Höyryejektorin maksimi höyryn lämpötila saa olla 210 ^{o}C, mikä vastaa kylläisen höyryn painetta 16 bar(yp).

Väkevien kaasujen ejektori voidaan tarvittaessa sijoittaa soodakattilalaitokseen.

7.9 Lämmitys/jäähdytys

Väkevien hajukaasuja ei yleensä polton yhteydessä lämmitetä eikä jäähdytetä.

7.10 Polttimen sähköistys ja automatiikka

Väkevien hajukaasujen polttimen sähköistyksen ja automatiikan täytyy täyttää kaasupolton sähköistyksen ja automatiikan vaatimukset. Jos tukipolttoaineena käytetään öljyä, on nämä määräykset tältä osin täytettävä.

7.11 Liekinerotus

Liekinerottimen tarkoitus on sammuttaa kanavaa pitkin pesästä kohti hajukaasujen tuloa etenevä palorintama. Sammutus perustuu liekin jäähdyttämiseen.

Väkeville hajukaasuille on käytettävä liekinerotinta. Liekinerottimen sijoituspaikan on oltava mahdollisimman lähellä väkevien hajukaasujen poltinta. Liekinerottimien painehäviö puhtaana ei maksimivirtauksella saa olla yli 500 Pa. Liekinerottimien toiminta on tarkasteltava kaikilla käytön aikana esiintyvillä kaasuvirroilla.

7.11.1 Liekinerottimen pesu

Jos liekinerottimille on järjestetty pesumahdollisuus, ei pesulinjoja saa kytkeä pysyvästi.

7.11.2 Liekinerottimen painemittaus

Liekinerottimen paine-ero on mitattava ja siitä on oltava hälytys.

7.12 Vaihtoehtoinen paikka

Väkevien hajukaasujen polton edellytys soodakattilassa on, että järjestelmässä on olemassa vaihtoehtoinen paikka, minne kaasut voidaan automaattisesti ohjata. Tyypillisesti kaasut ohjataan hetkellisesti katolle, erillispiippuun tai käynnissä olevaan soihtuun.

7.12.1 Venttiilit

Soodakattilalaitoksessa sijaitsevien väkevien hajukaasujen venttiilien, joilla hajukaasut ohjataan vaihtoehtoiseen paikkaan, tulee avautua automaattisesti ulkopuolisen käyttöenergian loppuessa.

7.12.2 Höyrytys

Väkevien hajukaasujen varapolton putkilinja on kyettävä höyryttämään.

7.12.3 Soihdun sijoitus

Jos väkevien hajukaasujen vaihtoehtoisena polttopaikkana käytetään soihtua, on sen suositeltava sijoituspaikka soodakattilalaitoksen katto.

7.13 Alipainesuoja

Väkeville hajukaasuille ei kattilarakennuksessa saa käyttää ilmaa korvauskaasuna ottavaa alipainesuojaa.

7.14 Ylipainesuoja

Väkeville hajukaasuille ei kattilarakennuksessa saa käyttää suoraan kattilahuoneeseen aukeavaa ylipainesuojaa. Ylipainesuojan laukeamisen aiheuttama väkevien

hajukaasujen virtaus on johdettava paikkaan, josta siitä ei aiheudu vaaraa ja joka on mahdollisimman haitaton. Ylipainesuojan laukeamisesta on tultava hälytys.

Tyypillisin ylipainesuoja on räjähdyslevy.

7.14.1 Räjähdyslevyt

Jos kanaviin voi syntyä niitä käytettäessä kahden sulkuventtiilin väliin kanavien rakennepaineen ylittävä paine, on tämä kanavaosa varustettava räjähdyslevyin. Tällainen paine on esimerkiksi korkeapaineisen höyrypuhalluksen aiheuttama paine.

Suositeltava räjähdyslevyn materiaali on haponkestävä teräs tai grafiitti.

Räjähdyslevyt on varustettava indikaattorilla, josta seuraa hälytys räjähdyslevyn toimiessa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää lämpötilamittausta toimintaindikaattorina.

7.14.2 Räjähdyslevyjen sijoitus

Räjähdyslevyt on sijoitettava siten, että niiden toimiessa ei normaaleilla työskentelytasoilla oleskeleville henkilöille aiheudu vaaraa

7.15 Pitoisuusmittaus

Väkeville hajukaasuille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta. Soodakattilayhdistys suosittelee, että väkevien hajukaasujen pitoisuudet lähtöpisteessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laitemuutoksia ja pitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.

8 METANOLIN / TÄRPÄTIN POLTTO SOODA-KATTILALLA

Tämä suositus koskee ainoastaan tapausta, jossa metanolia ja tärpättiä ei ole sekoitettu toisiinsa ja kummallakin on oma lanssi.

Metanoli (CH_3OH) tislataan strippauskolonnissa. Tislaushöyry joka sisältää 30-35 % metanolihöyryä johdetaan metanolikolonniin. Metanoli nesteytetään ja pumpataan säiliön kautta polttoon. Metanolin liekkinopeus on noin 0.5 m/s. Metanolia poltetaan sellutehtailla myös meesauunissa, erillisessä hajukaasukattilassa ja soihdussa.

Mikäli metanoli poltetaan soodakattilassa, se tuodaan omana linjanaan omalla suuttimella esimerkiksi hajukaasupolttimelle.

Jollei varapolttopaikka ole käytettävissä, on metanolia kyettävä varastoimaan ainakin 24 h tuotantoa vastaava määrä. Metanolisäiliön sijoituksessa on huomioitava kemikaalilainsäädännön ja palavien nesteiden varastoinnin määräykset. Sitä ei saa sijoittaa kattilahuoneeseen.

Hajukaasuista on syytä poistaa mahdollisimman tarkkaan tärpätti ($C_{10}H_{16}$), koska se on räjähdysherkkä erittäin laajalla pitoisuusalueella. Tärpättiä erotetaan pesurissa lauhduttamalla kylmällä vedellä. Pesuri sijaitsee tärpättilauhduttimen jälkeen hajukaasulinjassa. Tärpätti erotetaan esimerkiksi metanolitislauksen pohjalauhteesta tärpättidekanterilla.

Tyypillinen koostumus on esitetty taulukossa 8-1.

Taulukko 8-1. Tärpätin tyypillinen koostumus

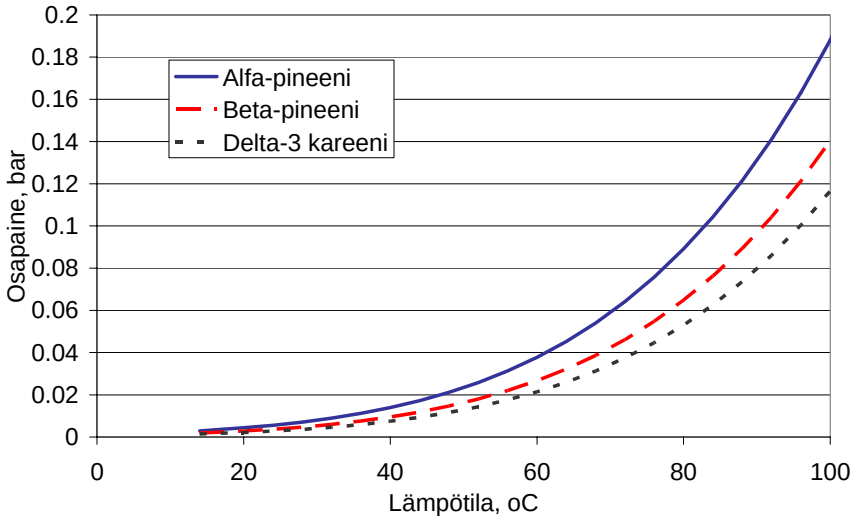
Yhdiste	Pitoisuus, %
Alfa-pineeni	80 - 90
Beta-pineeni	5 - 10
Delta-3 kareeni	5 - 10
Muita $C_{10}H_{16}$ yhdisteitä	< 1
Metyylimerkaptaani	0 - 5
Dimetyylisulfidi	0 - 12
Dimetyylidisulfidi	0 - 1

Deleted: MM

Deleted: DMS

Deleted: DMDS

Eräiden tärpätin komponenttien höyryn osapaineita on esitetty kuvassa 8-1.



Kuva 8-1. Tärpätin komponenttien höyryn osapaineita, Drew et al., 1971

8.1 Metanolin/Tärpätin polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan metanolin ja tai tärpätin polttimen polttologiikalta normaalin kaasu/öljypolttimen lisäksi. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää.

Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Jos metanolia tai tärpättiä poltetaan väkevien hajukaasujen kanssa samassa polttimessa soodakattilassa, niin ehdot jotka koskevat minimikuormaa, polttimeen tuotavaa ilmavirtaa ja kattilan muita lukitusjärjestelmiä ovat kaikille virroille samat.

Metanolin ja tärpätin polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja sen aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu. Jos metanolia tai tärpättiä käytetään soodakattilassa polttimen tukipolttoaineena, niin väkevien hajukaasujen polton aloitus suositellaan tehtävän muulla polttoaineella (esimerkiksi maakaasu tai polttoöljy).

8.1.1 Metanolin polttimen käynnistyksen edellytykset

Metanolin poltto voidaan aloittaa soodakattilassa kun seuraavat ehdot ovat voimassa

1. Lipeänpoltto on päällä
2. Metanolilanssi on paikallaan ja kytkettynä
3. Metanolin paine on yli minimipaineen (viive)
4. Polttimen ilman paine on yli paineen alarajan
5. Polttimen ilman virtaus on yli alarajan
6. Liekinvartija näyttää liekkiä (syttymisviive)

Pelkän metanolin poltto saattaa aiheuttaa merkittävän hajuhaitan.

Jos metanolia käytetään soodakattilassa muun polttimen tukipolttoaineena, on metanolin tiheydelle oltava lukitus, jolla varmistetaan ettei tukipolttoaineen lämpöarvo laske liian alas.

8.1.2 Metanolin polton pysäyttävät tapahtumat

Metanolin poltto pitää pysäyttää, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa

1. Lipeän poltto keskeytyy

2. Kattilan primääri- tai sekundääripuhallin pysähtyy
3. Polttimen ilmavirtaus putoaa alle alarajan
4. Polttimen ilman paine putoaa alle alarajan
5. Linjan paine laskee alle painerajan
6. Pikapysäytys laukeaa
7. Kattilasuoja laukeaa
8. Liekinvalvonta ilmoittaa liekin sammuneen

8.1.3 Tärpätin polttimen käynnistyksen edellytykset

Tärpätin poltto voidaan aloittaa kun seuraavat ehdot ovat voimassa

1. Lipeänpoltto on päällä
2. Tärpättilanssi on paikallaan ja kytkettynä
3. Tärpätin paine on yli minimipaineen
4. Polttimen ilman paine on yli paineen alarajan
5. Polttimen ilman virtaus on yli virtauksen alarajan
6. Liekinvartija näyttää liekkiä (syttymisviive)
7. Polttimen ilman virtaus on yli alarajan

8.1.4 Tärpätin polton pysäyttävät tapahtumat

Tärpätin poltto pitää pysäyttää, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa

1. Lipeän poltto keskeytyy
2. Kattilan primääri- tai sekundääripuhallin pysähtyy
3. Polttimen ilmavirtaus putoaa alle alarajan
4. Polttimen ilman paine laskee alle painerajan
5. Linjan paine laskee alle painerajan

6. Pikapysäytys laukeaa
7. Kattilasuoja laukeaa
8. Liekinvalvonta ilmoittaa liekin sammuneen

8.2 Polttimen sähköistys ja automatiikka

Metanolin/tärpätin polttimen sähköistyksen ja automatiikan täytyy täyttää öljy/kaasupolton sähköistyksen ja automatiikan vaatimukset.

Metanolilanssi ja tärpättilanssi puhalletaan höyryllä.

8.3 Venttiilit

Metanolin polton venttiilit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviyteen. Palloventtiilien käyttö on suositeltavaa.

8.3.1 Venttiilien rakennemateriaali

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan ruostumaton teräs EN 1.4301 (SS2333) tai vastaava. Venttiilien tiivistemateriaalin on oltava sellaista, että se ei liukenisi (metanoli ja tärpätti ovat liuottimia). Eräs usein käytetty tiivistemateriaali on PTFE (teflon).

8.3.2 Sulkuventtiilit

Metanolin/tärpätin polton linjat on varustettava tiiviillä sulkuventtiileillä. Linjat on kyettävä sulkemaan myös kattilahuoneen ulkopuolelta. Vaatimus ulkopuolelta sulkemisesta aiheutuu siitä, että vaaratilanteessa ei voida edellyttää metanoli/tärpättilinjojen sulkemista kattilahuoneesta. Lisäksi halutaan estää metanolin/tärpätin virtaus kattilahuoneeseen tilanteessa, jossa esim. kattilahuoneessa oleva venttiili vuotaa.

8.3.3 Venttiilien toimintaenergia

Metanolin/tärpätin polton sulkuventtiilit sulkeutuvat ilman ulkopuolista käyttöenergiaa.

9 TOIMINTA ERIKOISTILANTEISSA

Tämä luku käsittelee niitä toimenpiteitä, joita on tarkoitus suorittaa niissä tilanteissa kun soodakattilaa ei ajeta vakiokuormalla.

9.1 Toiminta häiriön yhteydessä

Soodakattilayhdistys suosittelee, että kaikkien soodakattilan häiriötilanteiden yhteydessä sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa keskeytetään ja kaasut ohjataan varapolttopaikkaan.

9.2 Toiminta alasajon yhteydessä

Alasajon yhteydessä hajukaasujen poltto soodakattilassa suositellaan lopetettavaksi viimeistään kun kattilan kuorma on alle minimikuorman.

Väkevien hajukaasujen polton loppuessa on putkisto sulkuventtiileiltä kattilaan huuhdeltava höyryllä. Jos väkevien hajukaasujen linjoissa tai niiden lähellä tehdään asennus- tai kunnostustöitä, suositellaan väkevien hajukaasujen linjojen huuhtelua. Väkevien putkiston huuhtelua suositellaan tehtäväksi 24 tuntia ennen pitoisuusmittausta ja huolto/kunnossapitotöiden aloittamista väkevien hajukaasujen putkilla.

Laimeiden hajukaasujen polton loppuessa on kanavisto huuhdeltava ilmalla. Laimeiden kanaviston huuhtelua suositellaan tehtäväksi 8 tuntia ennen pitoisuusmittauksia ja huolto/kunnossapitotöitten aloittamista laimeiden hajukaasujen kanavilla.

9.3 Toiminta ylösajon yhteydessä

Hajukaasujen käsittelyyn liittyvä laitteisto suositellaan pidettäväksi käytössä myös seisokin aikana. Jos hajukaasujen poltto soodakattilalla on kuitenkin ollut keskeytyksissä, on ennen hajukaasujärjestelmän käyttöönottoa soodakattilalla varmistettava että

- seisokin aikaiset kunnossapito- ja korjaustyöt ovat loppuun suoritetut eikä hajukaasulaitteilla ole enää menossa seisokkitöitä

- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleet laitteet ja putkistot on asianmukaisesti asennettu, tarkastettu ja puhdistettu asennusjätteistä
- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleisiin laitteisiin liittyvät venttiilit ovat käynnistyksen edellyttämässä kunnossa ja asennossa
- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleet laitteet ja putkistot ovat käyttövalmiita ja tiiviitä. Tiiviys pitää kokeilla koepyöritysten ja kierrätysten avulla.

Ennen ylösajoa on kaikki seisokissa käyttämättä olleet laimeiden hajukaasujen linjat tuuletettava ja väkevien hajukaasujen linjat höyrytettävä. Tuulettamisen tarkoitus on varmistaa, että seisokin aikana kanaviin ja muihin laitteisiin vuotaneet ja sinne lauhtuneet hajukaasut eivät aiheuta haittaa tai vaaratilannetta.

Ennen ylösajoa on kaikki lauhdesäiliöt tarkastettava ylivuotojen ja kuivumisten havaitsemiseksi.

Ennen ylösajoa on kaikki vesilukkojen lisävedet tarkastettava ja laitettava toimimaan.

9.4 Toiminta seisokin aikana

Seisokin aikana on hajukaasujen vuoto kattilarakennukseen estettävä. Hajukaasulinjojen erottamisen tarkoitus on estää seisokin aikainen hajukaasujen vuoto ja kertyminen kattilarakennuksen sisäisiin kanaviin ja putkiin.

9.4.1 Ohjeita hajukaasujärjestelmän valmistelemiseksi seisokki- tai huoltotöitä varten

Jos hajukaasujärjestelmissä aiotaan tehdä seisokki- tai huoltotöitä on hajukaasujärjestelmän pysäyttämisen ja tarvittavien laitteiston osien erottamisen jälkeen tehtävä tehostettua tuuletusta kaikille erotetuille laitteistoille heti seisokin alussa. Tuuletuksen lisäksi on suoritettava LEL ja rikki pitoisuusmittauksia. Tehostettu tuuletus ja pitoisuusmittaus on toistettava välittömästi ennen seisokki- tai huoltotöiden alkua.

9.4.2 Ohjeita seisokin aikaisiin kunnossapidon töihin

Hitsaus on hajukaasusysteemiin kipinän tuottava toimenpide ja synnyttää räjähdysvaaran. Kunnossapitotyöt hajukaasujärjestelmissä ja putkistoissa edellyttävät aina erikoislupaa. Seisokin yhteydessä on seisokkitöihin osallistuville selvitettävä mitkä linjat ovat hajukaasulinjoja ja kuinka niiden korjaus- ja huoltotöissä tulee menetellä.

9.5 Toiminta häiriöiden yhteydessä

Jos kattilasuoja laukeaa, on metanolin, tärpätin sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa lopetettava ja linjat tuuletettava / höyrytettävä.

Jos hätäpysäytys on käynnistetty, metanolin, tärpätin sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa on lopetettava. Jos hätäpysäytys on käynnistetty, metanolin, tärpätin sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen tuonti soodakattilalaitoksen sisälle on lopetettava. Tällöin ei myöskään esimerkiksi soodakattilalaitoksen katolla olevaa varapoltinta voi käyttää.

Hajukaasujen poltto soodakattilassa on tehtävä siten, että niiden tuonti kattilarakennukseen voidaan keskeyttää.

10 ERIKOISOHJEET HAJUKAASULINJOJEN SUUNNITTELUSSA

Nämä ohjeet on laadittu hajukaasulinjoja suunnittelevien avuksi. Hajukaasulinjoissa on noudatettava suunnittelutavan ja materiaalien valinnassa tavallisten kanavien suunnitteluohjeiden lisäksi erityisohjeita, koska hajukaasukanavat sisältävät räjähdysherkkiä, liuottavia ja korrodoivia yhdisteitä.

Hajukaasulinjojen tulee kestää mekaaniset, kemialliset ja termiset vaikutukset, jotka aiheutuvat sisällöstä ja ympäristöstä (lumi, jää, kuumat ja kylmät pinnat, tärinä). Putkiston liitostavan on oltava valitulle materiaalille sopivaa.

10.1 Luokittelu

Hajukaasulinjat kuuluvat kemikaalilain alaisiin putkilinjoihin. Nämä linjat luokitellaan niiden myrkyllisyyden mukaan eri luokkiin.

Hajukaasujen jako laimeisiin ja väkeviin hajukaasuihin ei riitä karakterisoimaan sisällön vaarallisuutta. Kaasuseokset pitää luokitella Sosiaali- ja terveysministeriön antaman kemikaalien luokitusperusteita ja merkintöjä koskevan päätöksen (739/93, muutos 636/94) mukaisesti. Täten kukin hajukaasulinjasto pitää luokitella sen nimenomaisen kaasun sisällön mukaan.

Jos ei muuta esitetä, niin väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin linjoja voidaan esisuunnitella luokituksen myrkyllinen ja syttyvä mukaan.

Jos ei muuta esitetä, niin laimeiden hajukaasujen linjaa voidaan esisuunnitella luokituksen haitallinen mukaan.

Luokitus pitää kuitenkin tarkistaa.

10.2 Kyltit

Hajukaasujen polttolaiteet ja kanavat on varustettava asianmukaisin merkinnöin. Merkinnöissä on luettava ainakin tekstit ”Väkeviä hajukaasuja”, ”Tärpättiä”, ”Metanolia” ja ”Laimeita hajukaasuja” sekä tarvittaessa ”Palavaa”, ”Myrkyllistä” ja ”Ei

saa hitsata tai leikata ilman valvontaa” sekä ”Laitteita ei saa avata ilman kirjallista työlupaa”. Lisäksi kanavat on varustettava virtaussuuntaa kuvaavilla merkeillä.

Hajukaasujen käsittelyalueella on tupakointi ja muu avotulenteko kielletty. Alueelle on asennettava asianmukaiset kyltit.

10.3 Vesitykset

Hajukaasulinjojen kanavien alimmista kohdista on tehtävä vesitykset.

10.4 Venttiilit

Hajukaasujen poltossa on käytettävä käsiteltävän hajukaasun ominaisuuksien mukaan valittuja venttiilejä.

Laimeiden hajukaasujen venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava. Palloventtiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan teflonia. Läppäventtiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan metallia.

Väkevien hajukaasujen venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaavaa valumateriaalia. Näiden venttiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan teflonia tai metallia.

Metanolin/tärpätin polton venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaavaa. Venttiilien tiivistemateriaalin on oltava sellaista, että se ei liukenisi (metanoli ja tärpätti ovat liuottimia). Eräs usein käytetty tiivistemateriaali on PTFE (teflon).

10.5 Kanavien kallistukset

Hajukaasut sisältävät lähes poikkeuksetta merkittäviä määriä vesihöyryä. Vaikka kanavat ovat huolellisesti eristettyjä ja/tai sähkösaatettuja, on lauhtumiseen aina varauduttava.

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Suositeltava kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:20 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempi.

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

10.6 Kanavamateriaali

Hajukaasut sisältävät korrodoivia aineita ja siksi kanavamateriaaliksi suositellaan EN 1.4301 (SS2333) tai parempaa. Muovi- tai lasikuitukanavia ei saa käyttää.

Väkevillä hajukaasuilla pitää käyttää putkia PN > 10.

10.7 Kanavien eristykset

Hajukaasut sisältävät runsaasti vettä ja muita lauhtuvia aineita. Lauhteiden muodostuminen ja käsittely on pyrittävä minimoimaan. Hajukaasulinjat on eristettävä missä niiden pintalämpötila on korkea.

Vesitykset on eristettävä ja ulkona olevat vesitykset on lämpösaatettava.

10.8 Laipat, yhteet

Laippojen ja yhteitten tiiviyteen kaikissa olosuhteissa on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tiivisteitä valittaessa on oikeantyyppisen tiivistemateriaalin käyttöön kiinnitettävä erityistä huomiota. Hajukaasut sisältävät liuottavia ja korrodoivia yhdisteitä.

Liitosten on pysyttävä tiiviinä myös käytössä (hapettuminen, reagointi hajukaasujen sisältämien rikkiyhdisteiden kanssa, jäätyminen, vääntymät jne.)

10.9 Puhaltimet

Laimeiden hajukaasujen siirtoon suositellaan käytettäväksi puhaltimia.

10.10 Ejektorit

Väkevien hajukaasujen siirtoon ei saa käyttää puhallinta. Niiden siirtoon käytetään höyryejektoria. Höyryejektorin maksimi höyryn lämpötila voi olla 210 ^{o}C.

10.11 Kanavamitoitus

Hajukaasuja poltettaessa on kanavanopeudet pidettävä kaikissa käyttöolosuhteissa yli liekin etenemisnopeuden.

Väkevien hajukaasujen linjojen suositeltava mitoitusnopeus on 5... 10 m/s ja laimeiden hajukaasujen linjojen suositeltava mitoitusnopeus on 5… 15 m/s. Väkevien hajukaasujen käytönaikainen kanavan minimivirtausnopeus riippuu kaasun koostumuksesta ja lämpötilasta, mutta ei saa olla alle 3 m/s.

Väkevien hajukaasujen linjojen käytönaikainen paine on – 10 000 … +10 000 Pa. Laimeiden hajukaasujen linjojen käytönaikainen paine on – 5 000 … +10 000 Pa.

Laimeiden hajukaasujen linjojen on kestettävä alipainetta 10 000 Pa. Väkevien hajukaasujen linjojen on kestettävä täyttä alipainetta (100 000 Pa).

Väkevät hajukaasut luokitellaan tyypillisesti erittäin myrkylliseksi, myrkylliseksi tai syttyväksi. Tällaisen aineen putkistot mitoitetaan käyttöpaineen mukaan; kuitenkin mitoituspaineen on oltava vähintään 4 bar (yp). Putkiston varusteen mitoituspaineeksi riittää kuitenkin 1,3 kertaa suunnittelupaine. Suunnittelupainetta valittaessa on huomioitava höyrytyshöyryn paine.

Laimeat hajukaasut luokitellaan tyypillisesti haitalliseksi. Haitalliseksi luokiteltuja hajukaasuja sisältävän putkiston suunnittelupaineen tulee olla vähintään 1,3 kertaa käyttöpaine, mutta kuitenkin vähintään +10 000 Pa.

10.12 Liekinerottimen sijoitus

Liekinerotin on sijoitettava mahdollisimman lähelle itse polttolaitetta. Jos liekinerottimen pohja on linjan pohjaa alempana, on erottimelle järjestettävä lauhteenpoisto.

10.13 Räjähdyslevyjen sijoitus

Räjähdyslevyt on sijoitettava siten, että niiden toimiessa ei normaaleilla työskentelytasoilla oleskeleville henkilöille aiheudu vaaraa. Räjähdyslevyjen poistopiste on sijoitettava ulos kattilahuoneesta.

Räjähdyslevyt on sijoitettava suoran kanavaosan jatkeeksi ilman mutkia. Varsinainen kanava jatkaa matkaa t-haaralla.

10.14 Ohituksen sijoitus

Ohituskanava on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Ohitus suositellaan johdettavaksi omana putkena piippuun tai soodakattilalaitoksen katolle.

Ohiajopiipun tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kattilaa, jotta ohiajopiipun ja soodakattilan välinen linja olisi mahdollisimman lyhyt. Käytännön syystä ohiajopiippu sijaitsee lähellä soodakattilaa, koska ejektori tai puhallin on usein soodakattilarakennuksessa tai sen läheisyydessä, ja piippu on aina painepuolella ejektorin tai puhaltimen jälkeen.

10.15 Tilaluokitukset

Tilaluokituksissa noudatetaan kemikaalilainsäädännön ohjeita ja määräyksiä.

Väkeville hajukaasuille ja tärpättipitoisille likaislauhteille joudutaan usein soveltamaan räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitusta.

Tilaluokat ja niiden vaikutusalueet määritellään myös mahdollisille vuotokohteille. Tilaluokan vaikutusalueelle tulevat laitteistot rakennetaan luokituksen mukaisin komponentein. Luokka 1 tarkoittaa, että räjähtävää kaasua esiintyy satunnaisesti ja luokka 2 tarkoittaa, että kaasua ei odoteta esiintyvän kyseisellä alueella normaalikäytön aikana.

Mikäli tila katsotaan riskialttiiksi, voidaan se varustaa automaattisella tehotuuletuksella, mikäli H_2S-pitoisuus nousee liian korkeaksi.

Kattilahuone ja mahdollinen väkevien hajukaasujen ja metanolin ja tärpätin polttimen lähialue tulee varustaa hälyttävällä rikkipitoisuutta näyttävällä mittarilla, jos hajukaasua sisältävä linja kulkee työskentelytilan kautta.

10.16 Valmistusluvat

Putkistolle, jonka käyttöpaine on yli 0.5 bar (yp) ja sisältönä syttyvä kaasu (tavallisesti väkevät hajukaasut), edellytetään putkiston valmistajalta paineastialainsäädännön tarkoittamaa valmistuslupaa ja valmistuksen valvojaa.

Jos laimeat hajukaasut sisältönsä puolesta luokitellaan haitallisiksi aineiksi, ei putkiston valmistajalta edellytetä paineastialainsäädännön tarkoittamaa valmistuslupaa ja valmistuksen valvojaa.

Metanoli ja tärpättilinjojen asennustöissä pitää noudattaa asianomaisia määräyksiä (kaasuasennukset, öljyasennukset ja paineastianvalmistus). Käytännössä on syytä menetellä kuten starttipolttimien öljy- ja kaasuputkistojen asennuksessa menetellään.

On suositeltavaa, että kaikissa valmistukseen ja asennukseen liittyvissä töissä käytetään vain pätevyyden osoittamaan pystyviä yrityksiä.

Polttimen ja tukipolttoaineputkiston asennuksen saa tehdä vain kyseiset asennusluvat omistava liike.

11 SUUNNITTELUUN JA KÄYTTÖÖN VAIKUTTAVAT MUUT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET

11.1 Suomen lainsäädäntö

Tärkeimmät hajukaasujen käsittelyä koskevat kotimaiset lait ja asetukset ovat:

- Kemikaalilaki (744/1989, muutoksineen 57/1999)
- Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä (59/1999, korvaa entisen asetuksen 682/1990)
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 1027/1996

11.1.1 HAZOP

Kemikaalilaki määrittelee vaaralliset kaasut ja vaatii hajukaasun poltolle turvallisuustarkastelun (HAZOP-tarkastelu).

11.1.2 Putkistojen luokittelu

Kemikaalilaki ja asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä antavat teknisiä laitevaatimuksia ja määräävät käytännössä esimerkiksi, miten putket luokitellaan, miten määräaikaistarkastuksia suoritetaan ja että väkevät hajukaasut on siirrettävä ejektorilla eikä esimerkiksi puhaltimella.

Viranomaiset luokittelevat hajukaasut Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen 1027/1996 mukaisesti. Tämä päätös on EU-direktiivin mukainen, eikä viranomainen luokittele hajukaasuja erikseen laimeisiin ja väkeviin hajukaasuihin niin kuin selluteollisuudessa yleensä. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä (979/1997) antaa kaavan syttyvyyden määrittämiselle, pohjana on käytetty standardia ISO/DIS 10156 ja sen taulukoita 1 ja 2. Laimeat hajukaasut luokitellaan haitallisiksi kaasuiksi, muttei räjähtäviksi kaasuiksi.

Väkevien hajukaasujen erillispoltto rakennetaan käytännössä yleensä maakaasun vaatimusten mukaan. Maakaasulle on olemassa ohjeistus joka asettaa mm. venttiileille ja huuhtelulle tarkat vaatimukset.

11.1.3 Räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu (ATEX)

Räjähdysvaarallisia tiloja koskee EU ATEX-direktiivi 94/9/EY. Lisäksi räjähdysvaarallisten tilojen luokittelusta annetaan ohjeet standardissa EN 60079-10: 1956, joka on käännetty suomeksi ja julkaistu SFS-käsikirjana numero 59 (4. painos 1998). Väkeville hajukaasuille sovelletaan räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitusta. Tilaluokat ja niiden vaikutusalueet määritellään mahdollisille vuotokohteille. Tilaluokan vaikutusalueelle tulevat laitteistot rakennetaan luokituksen mukaisin komponentein. Luokka 1 tarkoittaa, että räjähtävää kaasua esiintyy satunnaisesti ja luokka 2 tarkoittaa että kaasua ei odoteta esiintyvän kyseisellä alueella normaalikäytön aikana.

11.2 Eurooppalaiset standardit

Eurooppalainen paineastioita käsittelevä standardi (EN 12952-8, Annex A.3.3.) asettaa hajukaasujen poltolle soodakattilassa tiettyjä rajoituksia. Väkeviä hajukaasuja saa polttaa soodakattilassa, mikäli höyrynkehitys on vähintään 50 % kattilan nimelliskuormasta mustalipeällä.

Lisäksi standardi vaatii, että varotoimenpiteisiin ryhdytään, jottei vesiliuoksia joutuisi tulipesään kaasujen tai polttoaineen mukana sekä ettei väkeviä hajukaasuja joutuisi kattilarakennuksen ilmaan. Laimeita hajukaasuja ei tämä edellä mainittu koske.

Kaikkiin hajukaasulinjoihin on asennettava sulkuventtiili.

11.3 Olemassa olevat ohjeet

Ruotsin Sodahuskommittén ja amerikkalainen BLRBAC ovat tehneet ohjeita hajukaasujen käsittelystä ja poltosta. BLRBAC:n ohjeet ovat hyvin seikkaperäisiä ja antavat tarkkoja teknisiä kuvauksia ratkaisuista.

11.3.1 Sodahuskommittén

Ruotsin sisarorganisaatiomme Sodahuskommittén on julkaissut syyskuussa 1997 ohjeistuksen ”Meddelande från Sodahuskommittén B16” väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin keräily-, polttolaitteistojen ja turvallisuusjärjestelmien suuntaviivoista.

Ohjeistuksessa kuvataan seuraavat asiat:

1. Väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin poltto soodakattilassa
2. Väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin keräily- ja polttojärjestelmät
3. Polttimet
4. Turvallisuusjärjestelmät
5. Lukitukset
6. Tarkastukset ja huolto
7. Henkilöturvallisuus

Ohjeistuksessa kerrotaan edellytykset yllä oleville seikoille. Lisäksi suosituksessa ovat liitteinä esimerkkejä poltto- ja keräilyjärjestelmien PI- ja lukituskaavioista.

11.3.2 BLRBAC

BLRBAC on tehnyt ohjeen vaaratilanteiden minimoimiseksi nimeltä ”Recommended good practice for the thermal oxidation of waste streams in a black liquor recovery boiler”. (Vapaasti suomennettu: Suositeltava hyvä tapa jätevirtojen polttamiseksi soodakattilassa)

BLRBAC ei rohkaise jäseniään polttamaan hajukaasuja soodakattilassa. Ohjeessa luetellaan palavat hajukaasut ja määritellään niiden räjähdysrajat. Lisäksi ohje kertoo, mistä hajukaasuja kerätään ja miten niitä voidaan hävittää. Ohje antaa ehdot esim. millä mustalipeän kuiva-ainepitoisuudella hajukaasuja voidaan turvallisesti polttaa. Metanolin ja tärpätin poltosta BLRBAC sanoo sen lisäävän riskejä.

Ongelmatilanteissa, eli käytännössä kun suoritetaan pikapysäytys eli Emergency Shutdown Procedure (ESP), on hajukaasut välittömästi johdettava soodakattilasta muualle muun polttoaineen tavoin.

Ohje varoittaa myös hajukaasujen myrkyllisyydestä ja niiden aiheuttamasta korroosiovaarasta, vaikkei hajukaasujen poltosta olekaan todistetusti havaittu korroosiota paineastialle.

Ohje on hyvin kattava, se sisältää myös logiikkaehtoja ja esimerkkejä poltto- ja keräilyjärjestelmien PI- ja lukituskaavioista.

12 POIKKEAMAT MUIDEN OHJEIDEN KÄYTÄNTÖÖN

Suomen Soodakattilayhdistys on pyrkinyt pääosin noudattamaan eräissä muissa maissa laadittuja suosituksia ja ohjeita hajukaasujen poltosta soodakattilalla. Ainakin seuraavat asiat poikkeavat muissa suosituksissa esitetyistä.

12.1 Poikkeamat BLRBACn ohjeisiin

Soodakattilayhdistyksen ohjeet poikkeavat BLRBACn ohjeista muun muassa seuraavissa kohdin

1. Laimeille hajukaasuille ei vaadita ’kipinöimättömän’ puhaltimen käyttöä. Uskotaan, että laimeiden järjestelmässä käsitellään ainoastaan laimeita hajukaasuja.
2. Laimeille hajukaasuille ei vaadita puhaltimen paineitten mittausta. Paine ja virtaus ennen polttoa riittävät.
3. Laimeille hajukaasuille ei vaadita automaattisen sulkuventtiilin lisäksi käsikäyttöistä sulkuventtiiliä, rajakytkimet riittävät.

12.2 Poikkeamat SHKn ohjeisiin

Soodakattilayhdistyksen ohjeet poikkeavat SHKn ohjeista muun muassa seuraavissa kohdin

1. Laimeiden hajukaasujen linjaa ei tarvitse varustaa sulkuventtiilillä joka on suljettavissa kattilahuoneen ulkopuolelta.
2. Väkevien hajukaasujen poltinta ei tarvitse varustaa liekinvalvonnalla. Riittää että kattilan kuorma on riittävä.
3. Väkevien hajukaasujen lanssiin ei suositella ilmapuhallusta.
4. Pakollisia paineenmittauksia hajukaasulinjoissa on vähemmän.
5. Metanoli ja tärpättilanssia ei huuhdella ilmalla.

Metanolin tai tärpätin polttoa ei tarvitse pysäyttää, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa

1. Kattilan CO päästö on huomattavan korkea (yli 1000 ppm yli 1 min)
2. Kattilahuoneen rikkipitoisuushälytys laukeaa

13 ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA

Seuraavassa on kuvattu esimerkein eräitä Soodakattilayhdistyksen tietoon tulleita vaurioita ja vaaratilanteita. Vauriot on kuvattu, jotta suosituksen lukijalle tulisi konkreettinen kuva mahdollisista vaaratilanteista, jotka liittyvät hajukaasujen käsittelyyn tai polttoon.

Vastaavanlaisia tapahtumia on esiintynyt muillakin tehtailla.

13.1 Esimerkki: Varkauden tapaus 1980-luvulla

On syytä korostaa kaikille hajukaasulinjojen ja niiden läheisyydessä työskentelemään joutuville henkilöille hajukaasumyrkytyksen vaaraa.

Varkaudessa sattui 1980-luvun alussa tapaturma, jossa kaksi soodakattilan käyttöhenkilöä sai hajukaasumyrkytyksen. Onnettomuus sattui, kun lipeää ei enää virrannut mustalipeän sekoitussäiliöön hönkäputken tukkeentumisen seurauksena. Sekoitusäiliössä pinnanmittauksena oli painelähetin, mikä paineen nousun johdosta näytti väärää nestepintaa. Normaalitilanteessa jätehappo johdettiin sekoitussäiliön pohjalle n. 2 m lipeäpinnan alapuolelle, tällöin rikkivetyä ei pääsisi huonetilaan.

Onnettomuustilanteessa lipeäpinta laski liian alas, jolloin jätehappo aiheutti reaktion, joka vapautti rikkivetyä. Reaktiossa syntynyt kaasunpaine sulki tulevan mustalipeän venttiilin, jolloin rikkivedyn muodostuminen lisääntyi voimakkaasti. Käyttöhenkilö oli puhdistamassa hönkälinjaa ja sai hönkälinjan rassausaukosta rikkivetyä hengitykseen. Kyseinen henkilö tunsi huimausta ja poistui ulkoilmaan, jonka jälkeen hän menetti hetkellisesti tajuntansa. Toinen käyttöhenkilö tuli tarkastamaan sekoitussäiliön toimintaa ja havaitsi mustalipeän sekaista vaahtoa pursuavan sekoitussäiliön tarkastusluukun kannen välistä. Samoin hän tunsi huimausta ja poistui soodakattilan valvomoon ilmoittaen valvomonhoitajalle tilanteen ja tämän jälkeen menetti hetkellisesti tajuntansa. Kyseiset henkilöt kävivät sairaalassa tarkkailussa. Tapahtuman jälkeen ylimäärä-jätehapon pumppaus sekoitussäiliöön lopetettiin riskitekijöiden poistamiseksi.

13.2 Esimerkki: Klabinin tapaus Brasiliassa 10.10.1998

Jos hajukaasulinjastossa vesi pääsee kondensoitumaan, on olemassa sulavesiräjähdysvaara, mikäli vesi pääsee soodakattilaan.

Vesityksiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja ne pitää järjestää linjoihin kattavasti. Ohiajopiipun tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kattilaa, jotta ohiajopiipun ja varsinaisen soodakattilarakennuksen välinen linja olisi mahdollisimman lyhyt. Käytännön syystä ohiajopiippu sijaitsee lähellä soodakattilaa, koska ejektori on usein soodakattilarakennuksessa tai sen läheisyydessä, ja piippu on aina painepuolella ejektorin jälkeen.

Klabinissa sattui vakava räjähdys, koska tulipesään joutui suurehko määrä vettä lauhtumattomien kaasujen (NCG) polttimen läpi. Räjähdyksen seurauksena 4 henkilöä menehtyi ja 13 henkilöä loukkaantui. Toinen, pienempi sulavesiräjähdys tapahtui 15 minuuttia myöhemmin.

Räjähdysten perimmäinen syy oli todennäköisesti tulipesään joutunut vesi, joka sammutti keon. Vesi pääsi ilmeisesti soodakattilaan lauhtumattomien kaasujen polttolinjastosta, kun automatiikka sammutti polttojärjestelmän ja puhalsi höyryllä kaasulinjan tyhjäksi, puhaltaen samalla linjastossa olleen lauhtuneen veden tulipesään.

13.3 Esimerkki: Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehtaan vaurio 29.12.1998

Hajukaasulinjastossa voi olla räjähdysvaara, mikäli kaasun konsentraatio on räjähdysalueella. Kaasun konsentraatio on pidettävä riittävän korkeana tai tarpeeksi matalana. Etenkin alas - ja ylösajotilanteet ovat ongelmallisia.

Yleensä soodakattiloiden hajukaasuräjähdykset ovat tapahtuneet laimeiden hajukaasujen järjestelmille.

Kemissä oli seisokin jälkeen startin aikana laimeiden hajukaasujen polttolinjastossa kaasuseos konsentroitunut liian korkeaksi.

Todennäköisesti räjähdysalueella ollut kaasuseos oli kulkeutunut osittain auki olleen sulkuventtiilin ja/tai vesitysputkistojen kautta soodakattilan tertiääritason takaseinän hajukaasusuuttimille seisokin jälkeen tehtaan käynnistyksen aikana. Seos syttyi suuttimilla ja eteni hajukaasukanavistoa pitkin lämmönvaihtimen etuosaan, jossa tapahtui räjähdys.

Nykyään Oy Metsä-Botnia Ab:n tehtaalla Kemissä pidetään hajukaasujen keräily käynnissä myös seisokin aikana.

14 LOPPUSANAT

Suomen Soodakattilayhdistyksen jäsenistö on kaivannut selkeää kannanottoa sellutehtaan hajukaasujen keräilyyn ja polttoon. Taustana on huoli turvallisuudesta ja kokonaisprosessin toimivuudesta.

Hajukaasujen syttymis- eli räjähdysalue jakaa hajukaasut laimeisiin, eli pitoisuudeltaan alle räjähdysalueen, ja väkeviin, eli pitoisuudeltaan yli räjähdysalueen.

Väkevien hajukaasujen poltto soodakattilassa on tullut vasta 1990-luvulla voimakkaasti kiinnostuksen kohteeksi. Laimeita hajukaasuja on johdettu soodakattilaan jo aiemmin.

Laimeiden hajukaasujen johtamisessa polttoon on ilmennyt runsaasti ongelmia ja väkevien hajukaasun poltolla on kuten muillakin polttokaasuilla riskinsä, mikä on herättänyt tarpeen ohjeelle. Ruotsissa ja Pohjois-Amerikassa ohje on jo olemassa vaikka väkevien hajukaasujen poltto on siellä huomattavasti harvinaisempaa kuin Suomessa. Hajukaasujen poltolle on myös olemassa eri koulukuntia, mikä on herättänyt hämmennystä ja paljon keskustelua aiheesta.

Soodakattilaa on ohjeistettu monin eri tavoin. Hajukaasujen poltto soodakattilassa vaatii oman suosituksensa, jotta hajukaasujen hävitys voidaan tehdä soodakattilassa turvallisesti. Lainsäädäntö ei juurikaan tunne hajukaasuja. Niitä koskevat lähinnä kemikaalilain yleiset periaatteet. Tämän suosituksen tarkoituksena on mahdollistaa hajukaasujen turvallinen poltto soodakattilassa.

15 KIRJALLISUUSVIITTEITÄ

Meddelande från Sodahuskommittén, Riktlinjer angående utrustning och säkerhetssystem för destructionseldning av starka luktgaser, metanol och terpentin i sodapannor, B16, Sept. 1997.

Meddelande från Sodahuskommittén, Recommendationer angående eldning med tillsatsbränslen samt destruction av industriella restproducter i sodapannor, C 9, Sept. 1997.

Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee, Recommended good practice for the thermal oxidation of waste streams in a black liquor recovery boiler. Oct. 6, 1999.

Allen, Travis, 2001, NCG Handling, incineration concerns drive need for safe system design. Pulp&Paper, April 2001. pp. 39 – 41.

Burgess, Tom ja Young, Randy, The explosive nature of noncondensable gases. Proc. 1992 Tappi Environmental Conf., pp. 81 – 95.

Compilation of ’Air Toxic’ Emission Data for Boilers, Pulp Mills and Bleach Plants; NCASI Technical bulletin no. 650, June 1993.

Drew, John, Russel, James and Bajak, Henry W., Sulfate turpentine recovery. Pulp Chemicals Association, New York 1971, 147 p.

Grace, T. M., Klabin / Monte Alegre recovery boiler explosion. Föredrag vid Sodahuskonferensen ’99, ÅF-IPK AB 1999.

Huuska, T., Esitelmä Konemestaripäivillä 2000. Soodakattilayhdistyksen raportti 1/2000.

Hokynar, S., Sulfaattisellun valmistuksessa syntyvät hajukaasut ja niiden räjähdysrajat. TKK, Diplomityö, 1999.

ISO 10156:1996 Ed.2, TC58/SC2: Gases and mixtures – Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets.

Jaakko Pöyry Oy:n arkistotietoa.

Janka, K., Haaga, K., Tamminen, A. ja Wallin, E., Advanced Recovery Boilers Reduce Odor Gases Cost-Efficiently; SPCI 1999 s.531-535.

Karjunen, T., Kaasuräjähdykset soodakattiloissa vesivuotojen aikana. Soodakattilayhdistyksen raportti 7/1999.

Kankkonen, S., Pekkanen, M., Soodakattilassa poltettavat ainevirrat. Soodakattilayhdistyksen raportti 2/2000.

Modernin sulfaattisellutehtaan haihtuvat kaasumaiset yhdisteet, Osaprojekti 1 Haihtuvien kaasumaisten yhdisteitten määrittäminen, Loppuraportti. VTT Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka. 45 p.

Mäntyniemi, Jussi, Isoniemi, Markku ja Harila, Pauli, Biosludge and NCG incineration in a recovery boiler. 1995 International Chemical Recovery Conference. pp. B57 – B61.

Rantanen, Asmo, 1987, Soodakattilan liuotinhöngän koostumuksen ja käsittelymenetelmien tutkiminen. Diplomityö LTKK, Energiatekniikan osasto, Lappeenranta, 114 p.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (979/1997) kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (1058/1999) kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä annetun sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen muuttamisesta.

Työpaikan ilman epäpuhtauksien enimmäispitoisuudet (enimmäispitoisuusohjeet). Sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamat teknilliset turvallisuusohjeet N.o 11. Sosiaali- ja terveysministeriö 1972.

Venermo, Mikko, Upgrading of the odour control system of a kraft pulp mill by pre-evaporating the black liquor. Diplomityö, TKK Espoo. 94 p, 1992.

LIITE I

ESIMERKKI POHJAKUORMAN LASKEMISEKSI

Jotta minimikuorma poltolle laskettaisiin yhtenevästi, on ohessa esitetty kaksi tapaa laskea minimikuorma. Toisessa kuorma sidotaan höyryvirtaan ja toisessa lipeävirtaan. Tulitehon yksikkö on höyrynkehitykseen saatu nettolämpö jaettuna tulipesän pohjaneliöillä.

	100	**%**	**43**	**%**
Kattilan pohjan ala	100	m^2	100	m^2
Höyrynkehitys	80	kg/s	34,3	kg/s
Tuorehöyryn paine	80	bar	80	bar
Tuorehöyryn lämpötila	480	^oC	480	^oC
Tuorehöyryn entalpia	3349.5	KJ/kg	3349.5	kJ/kg
Syöttöveden paine	100	bar	100	bar
Syöttöveden lämpötila	115	^oC	115	^oC
Syöttöveden entalpia	489.6	kJ/kg	489.6	kJ/kg
Lieriön paine	90	bar	90	bar
Nuohoushöyryn entalpia	2942.9	kJ/kg	2942.9	kJ/kg
Ulospuhalluksen entalpia	1363.7	kJ/kg	1363.7	kJ/kg
Ulospuhallus	1.5	%	1.5	%
Nuohous	2,0	%	2.0	%
Lämpö höyryyn	2.922	MJ/kg	2,922	MJ/kg
	233.8	MW	100.2	MW
Nettolämpö pohja-alaa kohti	2.34	MW/m^2	1.00	MW/m^2

tai

	100	**%**	**43**	**%**
Mustalipeävirtaus	2200	tka/24h	943	tka/24h
	25.5	kgka/s	10.9	kgka/s
Nettolämpö (taseesta)	9200	kJ/kgka	9200	kJ/kgka
	234.3	MW	100.4	MW
Nettolämpö pohja-alaa kohti	2.34	MW/m^2	1.00	MW/m^2

LIITE 2

Hajukaasujärjestelmän ongelmapaikat

HAJUKAASUJEN ONGELMA PAIKAT

1 Väkevät

-likaislauhde säiliö atmosfäärinen säiliö
-haihduttamon kääntöventtiilit (jotta ei ajeta ilmaa väkeviin)
-vesilukot riittävät jotta ejektori ei ime vesilukkoja tyhjiksi lukitus alipaineesta ejetorille
-vesityksien hermeettiset pumppu, vaikea tunnistaa vikaa ja laakereiden kesto ei ole paras mahdollinen
-pitäisi olla säädettävä poltin niin että höyryä ei tarvitse aina ajaa ja kuitenkin piikit mahtuu polttoon
-ongelmat metanolin nesteytyksessä lisäävät kaasumääriä

2 Laimeat hajukaasut

-haihduttamon ongelmat paisutus ongelmat tuovat lisää kaasunpoisto tarvetta säiliöalueelta (onko vuotojen keräily säiliö järkevä)
-epäkuranttia esim metanolia voidaan johtaa laihalipeä säiliöön ja mihin tärpätti johdetaan kun keittämön väkevissä hajukaasuissa on lipeää. Nyt menee laihalipeän sekaan?
-suopaa pesurissa ja jäähdyttimessä /lämpötila korkea
-mihin mäntyöljyn keiton suolavasi neutraloidaan (rikkivety)
-

LIITE 3

Reappraisal of the role of turpentine vapor in noncondensible gas explosions
TAPPI journal April 2010

Reappraisal of the role of turpentine vapor in noncondensible gas explosions

RISTO LAUTKASKI

ABSTRACT: Turpentine has been identified as the cause of numerous fires and explosions within the pulp and paper industry. Explosions in the noncondensible gas (NCG) collection systems caused by total reduced sulfur (TRS) compounds have usually been minor and caused minimal damage, but explosions caused by turpentine could be catastrophic. When flammable conditions have been created by insufficient dilution, air leakage into the system, or accumulation and breakthrough of TRS gases or turpentine vapor at a chip bin, it is conceivable that turpentine vapor created near-optimum flammable mixtures more often than TRS gases did. In these cases, the burning velocity would have been close to the maximum. On the other hand, when flammable conditions were created due to insufficient dilution of a stream of high volume, low concentration gases (HVLCs) or due to air leakage into a stream of low volume, high concentration gases (LVHCs), then the flammable mixture formed would be expected to have been off-stoichiometric: lean in the former case and rich in the latter case. In both cases, the burning velocity could have been much lower than in the near-stoichiometric mixture. The violence of explosions caused by turpentine is attributed to its capability to form near-stoichiometric mixtures more easily than the other components of NCGs.

Application: Information in this paper will give designers and users of NCG collection systems insight into the nature of fires and explosions caused by turpentine.

To meet air quality requirements, noncondensible gases (NCGs) generated in the kraft pulping process are collected and disposed of by incineration at the recovery boiler. Noncondensible gases consist of sulfur compounds, referred as total reduced sulfur (TRS) compounds; turpentine (mainly α-pinene); and methanol. **Table I** presents the combustion properties of kraft mill NCGs in air (lower flammability limit [LFL], upper flammability limit [UFL], autoignition temperature [AIT], and fundamental burning velocity S_u).

The data in Table I — except the fundamental burning velocity of hydrogen sulfide [1] — are presented in a number of sources [2–8]. However, the value of the burning velocity of α-pinene — 154 m/s or 506 ft/s — was erroneous in all the sources. This value had already come under criticism: "The value reported for turpentine [154 m/s] is currently being disputed by some experts in the field, who claim that the velocity is much slower" [5].

Compound	LFL, %	UFL, %	AIT, °C	S_u, m/s
Hydrogen sulfide	4.3	45	260	0.46
Methyl mercaptan	3.9	21.8	--	0.55
Dimethyl sulfide	2.2	19.7	206	--
Dimethyl disulfide	1.1	8.0	300	--
α-pinene	0.8	6.0	253	(154) 0.62
Methanol	6.7	36.5	464	0.50

I. Combustion properties of kraft mill NCGs in air.

According to Allen [9], the value 506 ft/s had been taken from a table of combustion properties of hydrocarbon fuels in Perry and Chilton [10]. That table was adapted from the National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) [11], where the number 506 was given as the autoignition temperature of α-pinene in degrees Fahrenheit (506°F = 263°C). During the adaptation, this number was entered in the wrong column. It should be noted that NACA gave no value for the fundamental burning velocity of α-pinene. The correct value is 0.62 m/s [12].

EXPLOSION RISKS OF NCGS

Pulp mill NCG sources are divided into four categories [8]:

1. Low volume, high concentration (LVHC) gases, or concentrated NCGs
2. Overhead vapors from foul condensate steam stripping systems, or stripper-off gases
3. High volume, low concentration (HVLC) gases, or dilute NCGs
4. Chip bin vent gases

LVHC gases consist of relatively high concentrations of TRS compounds and air depleted of nearly half of its oxygen content. The TRS compounds are typically present at concentrations between LFL and UFL, which would be flammable in mixtures with air. Because these gases do not contain sufficient oxygen to allow for ignition, LVHC systems are designed to minimize air ingression and thus reduce the hazard of flammability.

Component	Liquid, mass%	Vapor, mole%	LFL–UFL, %
Methyl mercaptan	0.0227	10.9	3.9–21.8
Ethyl mercaptan	0.0714	8.4	2.8–18.0
Dimethyl sulfide	0.408	44.9	2.2–19.7
α-pinene	37.0	18.6	0.8–6.6
β-pinene	62.5	17.4	0.8–6.7

II. Liquid and vapor phase compositions of turpentine.

Stripper-off gases are a mixture of methanol, water vapor, and TRS compounds. Methanol is present at higher concentrations than in LVHC gases. The combustible components in HVLC gases typically are present at levels well below their individual lower flammability limits. Oxygen levels in HVLC gases approach the oxygen level of ambient air.

The combustible components in chip bin vent gases are also present at concentrations below their respective LFLs. However, chip bin vent gases at softwood pulp mills differ from other HVLC gases because they have the potential to contain significant quantities of turpentine, sometimes at concentrations approaching its LFL [8].

Attempts to collect and burn NCGs were first tried in the late 1950s with systems that collected the gases in pipelines and used fans to move the gases. These systems usually diluted the LVHC gases with air below their flammability limits. This approach was not always successful, especially with concentrated gases that came from digesters and evaporators; many early systems experienced fires and explosions.

In the early 1970s, a system was developed in Sweden that kept the LVHC gases undiluted and used steam ejectors to move the gases. This system virtually has eliminated explosions in LVHC systems, and is the accepted method for handling LVHC gases [5].

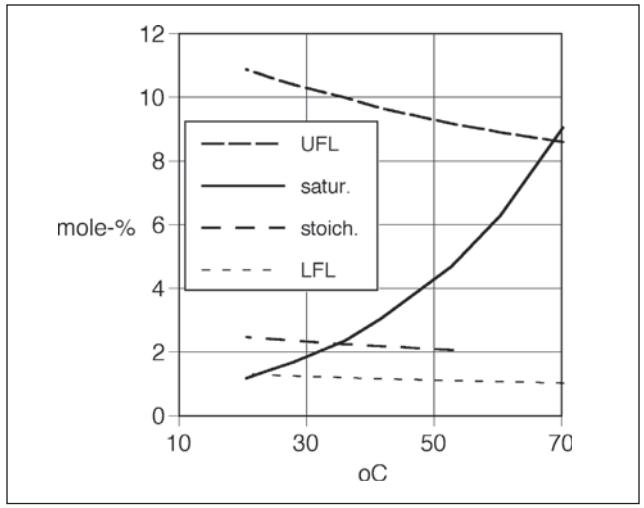
Flammability of turpentine vapors

Woodward and Lygate [12] investigated an explosion in a vapor collecting manifold of three storage tanks for crude sulfate turpentine that occurred in 1995. They made a five-component model in which all heavier components were represented by β-pinene. **Table II** presents the compositions of liquid and vapor phases in equilibrium at 21°C and the flammability range of each component.

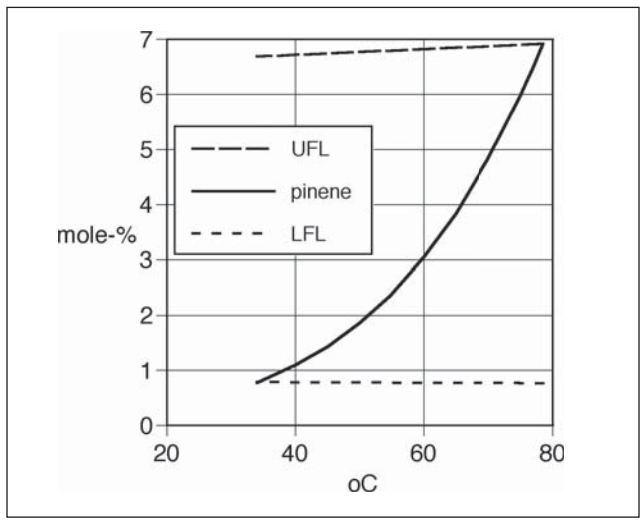
Mashuga and Crowl [13] estimated the flammability limits of crude sulfate turpentine using the Le Chatelier rule (Eq. 1):

$$\frac{1}{LFL} = \sum_{i=1}^{n} \frac{y_i}{LFL_i} \qquad (1)$$

where y_i is the mole fraction of the ith component and LFL_i is the lower flammability limit of this component. Equation 1 was also used to estimate the upper flammability limit. The flammability range at 21 °C was estimated to be 1.3%–10.9%. **Figure 1** shows that both flammability limits and the vapor concentration corresponding to stoichiometric mixture decreased with increasing temperature, due to an increase in the mole fractions of the pinenes in the vapor. Figure 1 also shows the saturated vapor pressure curve. In addition, saturated vapor was flammable between 22°C and 69°C and formed stoichiometric mixture with air at 35°C.



1. Saturated vapor pressure, stoichiometric concentration, and flammability limits of crude sulfate turpentine [12].



2. Saturated vapor pressure and flammability limits of turpentine containing no TRS.

The lower temperature limit of flammability LTL (upper temperature limit of flammability UTL) of a flammable liquid is defined as the temperature at which the vapor content of a saturated vapor-air mixture is equal to the lower (upper) flammability limit [14]. Thus, the LTL and UTL of crude sulfate turpentine are 22°C and 69°C, respectively.

In Table II, TRS compounds constituted about 64 mole% of the vapor phase. It is instructive to perform the same calculation for turpentine with no dissolved TRS. According to

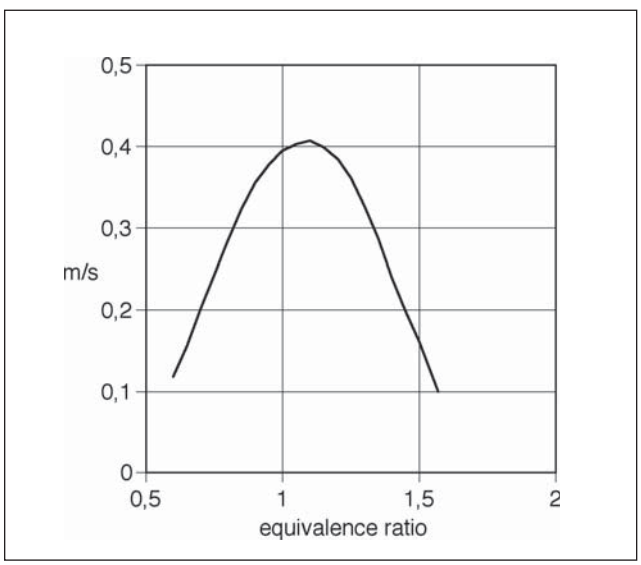
Bodurtha [15], relative decrease of the LFL with increasing temperature is 0.0008/K. This number is also the relative increase of the UFL. The vapor pressures of α-pinene and β-pinene were calculated using information from Hawkins and Armstrong [16].

Figure 2 shows the plots of the resulting flammability limit and saturated vapor pressure curves. From Fig. 2, it can be concluded that the saturated vapor is flammable between 34°C and 78.5°C. Equivalently, the LTL and UTL of pinene are 34°C and 78.5°C, respectively. The stoichiometric concentration of pinene $C_{10}H_{16}$ is 1.86% and corresponds to the saturated vapor pressure at 50°C.

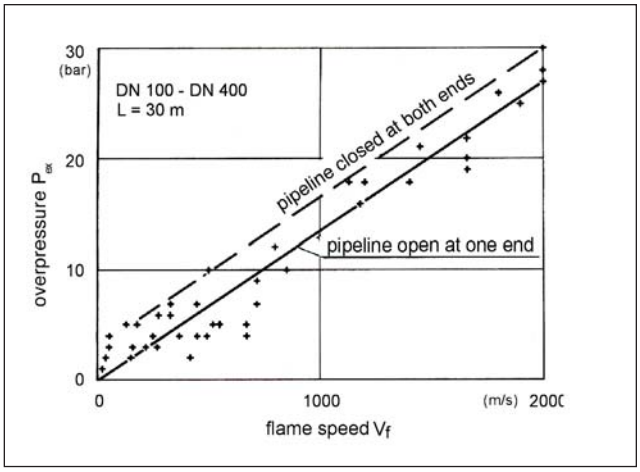
Normal temperatures in a HVLC collection system are 50°C –90°C before cooling or condensing and 40°C–50°C after cooling. Most of the time, temperatures in an HVLC collection system are between the LTL and UTL of turpentine. However, in climates where softwood pulp mills operate, temperature on the top of a chip bin, where gases are collected, is usually below the LTL.

Abnormal situations with temperatures outside these ranges include shutdowns and process failures. During a shutdown, collection system temperature can decrease below normal, and turpentine condensate formation in the system will increase. When the system is started or heated up again, turpentine condensate will evaporate and increase the concentration of turpentine vapor in the HVLC gas stream above LFL.

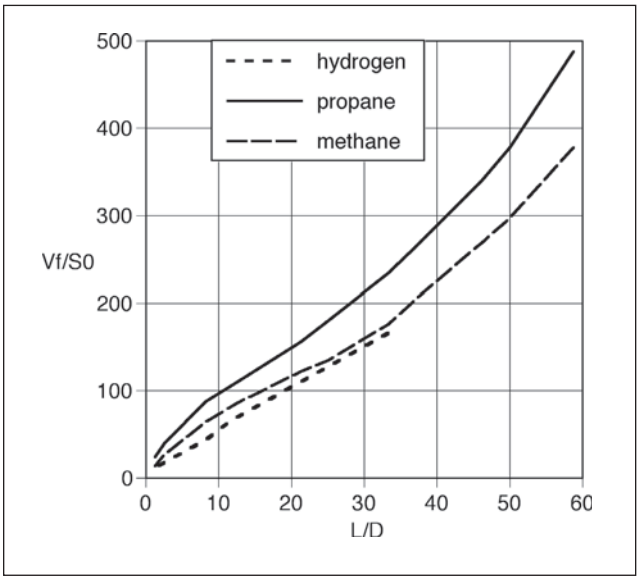
In many installations, the chips in a chip bin are steamed with flash steam. The most critical process failure in a chip bin system is when flash steam passes through the chip layer and finds its way to the HVLC collection system. At that time, turpentine concentration will increase dramatically. The situation becomes even worse when gases are cooled down in an HVLC condensing system, where most of the moisture is condensed away from the gas stream [17].



3. Effect of fuel concentration on burning velocity of propane [18].



4. Explosion overpressure in a pipe of diameter 100 mm–400 mm and length 30 m [20, Fig. 1–63].

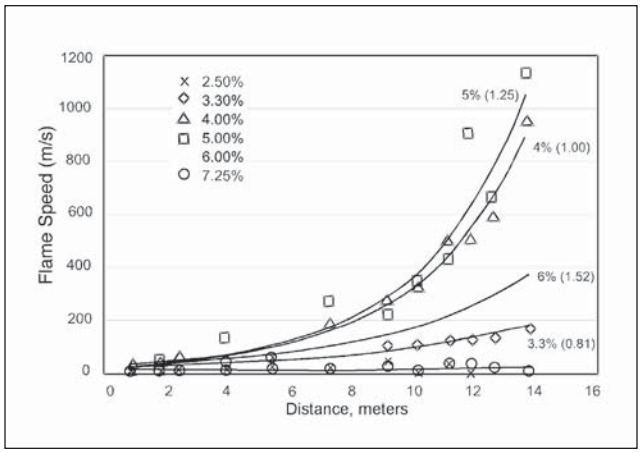


5. Flame speeds in a 400-mm pipe ignited at the closed end by a spark gap [20] for methane, propane, and hydrogen divided by the respective laminar burning velocities.

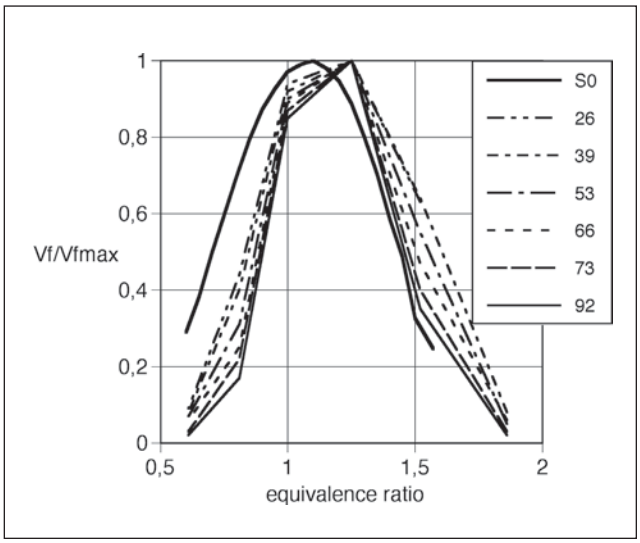
Flame speed and burning velocity in pipe explosions

The laminar burning velocity of a flammable mixture S_0 is defined as the velocity at which the flame zone propagates relative to the velocity of the unburned gas ahead of it. The maximum value of laminar burning velocity corresponding to the so-called optimum mixture is found on the fuel-rich side of the stoichiometric mixture. This value (fundamental burning velocity) S_u is given in Table I for the NCGs.

Laminar burning velocity goes to zero when the fuel concentration approaches either flammability limit. **Figure 3** shows the laminar burning velocity of propane plotted as a function of the equivalence ratio ϕ [18]. The value of the equivalence ratio ϕ is found by dividing the value of the ratio of fuel moles to air moles in the mixture by the correspond-



6. Effect of fuel concentration on flame speed of propane in a 152-mm pipe [21, Fig. 6].



7. Flame speeds at equidistant points of propane-air mixtures with different equivalence ratios in a 152 mm pipe [21] divided by the maximum values of the flame speed. The ratio of burning velocity S_0 [18] to fundamental burning velocity is drawn with a thick line.

ing value of the stoichiometric mixture. For propane, the maximum value of S_0 is 0.41 m/s at $\phi = 1.1$. The LFL (2.2%) and UFL (9.5%) of propane [19] correspond to the values $\phi = 0.54$ and $\phi = 2.50$, respectively.

In fact, the laminar burning velocity of any flammable gas or vapor as a function of ϕ behaves qualitatively the same way as that of propane. When the concentration is near either flammability limit, the burning velocity is much lower than at the optimum mixture.

The speed with which the flame front travels through a flammable mixture, measured with respect to some fixed position, is called the flame speed v_f. In practice, flame speed is not usually the same as burning velocity. During combustion, the flame front is often pushed forward by the effect of gases trapped behind it. This is the case when a flammable mixture is confined in a pipe and ignited at a closed end. The flame speed v_f is the (vector) sum of the burning velocity and the flow velocity u (Eq. 2):

$$v_f = \frac{A_f}{A_0} S_f + u \tag{2}$$

where A_f is the area of the flame, A_0 is the pipe cross section, and S_f is the burning velocity of the mixture. When the flow of unburned mixture is laminar, $S_f = S_0$. In a turbulent flow, the mixing of fuel and air is more effective because of turbulent eddies, and S_f is higher than S_0. The turbulent burning velocity, however, depends upon the degree of flow turbulence, which also increases the flame area A_f.

In practice, there are many difficulties in taking into account the flame area correction in Eq. 2 even when $u = 0$. Because of these difficulties, different fuels and flammable mixtures are compared on the basis of their laminar burning velocities [19].

When a pipe is closed at the ignition end and open at the other, the flow velocity u is parallel to the burning velocity. The flow velocity is high, at 80%–90% of the flame speed. Bartknecht [20] performed flame propagation experiments in straight pipes with diameters of 100 mm, 200 mm, 400 mm, and 1,600 mm. The pipes were filled with optimum propane-air mixtures. Bartknecht concluded that the explosion overpressure acting perpendicular to the pipe wall will change linearly with the flame speed v_f independent of the pipe diameter and the flammable mixture, as illustrated in **Fig. 4**.

Figure 5 shows the flame speeds measured in a 400-mm pipe filled with optimum mixtures of methane, propane, and hydrogen with air [20] divided with the respective fundamental burning velocities (methane 0.37 m/s, propane 0.41 m/s, hydrogen 3.1 m/s). The curves are plotted as functions of the ratio L/D where L is the length and D is the diameter of the pipe. The scaled flame speed curves in Fig. 5 have similar forms and lie close to each other.

Chatrathi and others [21] used straight pipes with a diameter of 152 mm, 254 mm, or 406 mm and an L/D ratio of approximately 98. Experiments were performed with mixtures of propane, ethene, and hydrogen with air. Flame speed as well as flame acceleration changed in order of increasing laminar burning velocities: propane (0.41 m/s) < ethene (0.70 m/s) < hydrogen (3.1 m/s). Experiments in the 152-mm and 406-mm pipes also showed similar behavior, thus this behavior was found to be independent of pipe diameter.

Chatrathi and others [21] also investigated the effect of fuel concentration on the flame speed in a pipe ignited at the closed end. **Figure 6** presents the results from tests in a 152-mm pipe filled with different propane-air mixtures [21]. At compositions nearest the optimum one of 4.0% and 5.0% (ϕ = 1.0 and 1.25, respectively), the flame speed accelerated rapidly and exceeded sound velocity at L/D of about 75. The next fuel concentrations of 3.3% and 6.0% (ϕ = 0.81 and 1.52, respectively) were approximately midpoint between the flam-

mability limits and the optimum level. Although the flame speeds were reduced by about 75%, the flame propagation was still rapid. Changing the fuel concentration from stoichiometric to 2.5% and 7.25% (ϕ = 0.61 and 1.86, respectively), caused the flame speed to drop significantly and not accelerate. It should be noted that the flame did propagate, although slowly. Arrival times at the end of the 15-m-long pipe exceeded 1 s.

The flame speeds of propane-air mixtures in Fig. 6 at equidistant points of the 152-mm pipe have been divided by the maximum flame speed at each point. The maximum flame speeds were measured for the 5% mixture with an equivalence ratio of 1.25. **Figure 7** presents the resulting curves plotted with the burning velocity of propane from Fig. 3. The curves of the scaled flame speeds lie close to one another. This means that the ratio of the flame speed corresponding to a given value of equivalence ratio ϕ to the flame speed of an optimum mixture does not change much as the flame propagates along a pipe.

Figure 7, however, does not show the behavior of flame speed near the optimal mixture since no experiments were performed between ϕ=1.0 and ϕ=1.25. The curves of scaled flame speeds have the same form as the curve of burning velocity, but are shifted to higher values of ϕ.

These conclusions can be extended to any flammable mixture burning in a pipe closed at one end or at both ends. The consequences of a pipe explosion can be predicted based on the equivalence ratio ϕ of the mixture and length to diameter ratio L/D of the pipe. Provided that the ratio L/D is large enough, rapid flame acceleration will occur at near-optimal compositions ($\phi \approx 1$), leading to high flame speeds and explosion overpressures. If, however, the pipe fails, combustion gases are vented and explosion overpressure is reduced. On the contrary, if the mixture is near either flammability limit, the flame will propagate slowly with only a small overpressure, causing little or no damage to the pipe.

Explosion risks of turpentine

The following are some observations from several authors who have discussed the explosion risks caused by turpentine contained in the NCGs:

"Most explosions or fires in foul-gas systems can be traced to turpentine collecting in the system by condensing in low spots or to a slug of turpentine vapor entering the system because of an upset in the turpentine condensing system" [2].

"Many of the flashbacks that are attributed to noncondensible gas systems may actually be fine aerosols of turpentine that ignite in the line just prior to the incineration point" [22].

"Turpentine has been identified as the cause of numerous fires and explosions within the pulp and paper industry. One of the main concerns with turpentine is its immiscibility with water and thus its ability to decant as a floating layer on foul condensates. Any reheating or excessive splashing, such as in a fan casing, of a system containing pools of turpentine can immediately create high levels of combustibles. ... It is normally assumed that turpentine will be present in saturation concentrations at the collected temperatures. This may not always be the case, but for a safe design the conservative assumption should be taken" [23].

"The burning velocity of sulfur gases is relatively slow. However, the burning velocity for turpentine … is extremely fast ... Explosions caused by TRS are usually minor, with minimum damage, while explosions caused by turpentine can be catastrophic. While noncondensible gas systems are designed to handle the burning velocity of TRS, it is not practical to design against the burning velocity of turpentine. For this reason, it is very important to minimize the amount of turpentine entering the NCG system" [5].

CONCLUSIONS

Burgess attributes the violence of explosions caused by turpentine vapor to the erroneous value of the burning velocity of α-pinene [5]. As concluded by Chatrathi and others [21], flame speed and, consequently, the overpressure in pipe explosions depend significantly on the fuel concentration. Indeed, explosions of NCGs can be violent if the equivalence ratio ϕ is close to the optimum one. The conclusion by Burgess [5] can be explained if the presence of turpentine vapor caused the content of flammable gases to be near the optimum one.

This is related to process conditions in the collection systems. In the actual explosion incidents, flammable conditions were created by insufficient dilution, air leakage into the system, changes of temperature during shutdown and startup, or accumulation and breakthrough of turpentine vapor at a chip bin.

When the flammable conditions were created due to insufficient dilution of a stream of HVLC gases, or due to air leakage into a stream of LVHC gases, the flammable mixture formed is expected to have been off-stoichiometric: lean in the former case and rich in the latter case. In both cases, the value of burning velocity could have been much lower than in the near-stoichiometric mixture case.

On the other hand, changes of collection system temperature during shutdowns and startups, as well as accumulation and breakthrough of turpentine vapor at a chip bin, are expected to have created near-optimum mixtures more often than in the two situations mentioned previously. Then, the burning velocity would be close to the maximum one.

This explains why high concentrations of turpentine vapor have caused violent explosions in NCG systems. It also underscores the necessity to avoid the various mechanisms resulting in such concentrations. **TJ**

ACKNOWLEDGEMENTS

The author thanks R&D Manager Mikko Anttila for supervising the study on explosion risks of NCG collection systems on behalf of Metso Power Oy, Tampere, Finland, and Product Manager Tuomo Hilli for information about the process conditions of NCG collection systems. He is also indebted to Tra-

vis Allen of Weyerhaeuser Company, Federal Way, WA, USA, for his aid in tracing the original error on the burning velocity of turpentine.

LITERATURE CITED

1. Vervisch, L., Labegorre, B., and Réveillon, J., *Fuel* 83: 605(2004).
2. Burgess, T., Kjerolf, E.B., and Tenn, T.L., *Tappi J.* 67(9): 92(1984).
3. Burgess, T. and Young, R., *1992 Environmental Conference Proceedings, Book 1*, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA, p. 81.
4. Bell, M., *Pulp Paper* 70(6): 127(1996).
5. Burgess, T., 1996 *Kraft Recovery Short Course Proceedings*, TAPPI Press, Atlanta, p. 4.2-1.
6. Allen, T., *Pulp Paper* 75(4): 39(2001).
7. Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee (BLRBAC), "Thermal oxidation of waste streams in black liquor recovery boilers," BLRBAC, 2002, pp. 9, 12. Available [online] *www.blrbac.org/Recommended Practices/Waste_Streams.pdf*.
8. Varma, V. K., "Experience with the collection, transport, and burning of kraft mill high volume low concentration gases," Special Rept. No. 03-03, National Council for Air and Stream Improvement, Southern Regional Center, Gainesville, FL, USA, 2003. Available [online] *plaza.ufl.edu/callie/special.report.03-03.pdf.*
9. Allen, T., personal communication.
10. Perry, R.H. and Chilton, C.H., *Chemical Engineers' Handbook*, 4th edn., McGraw-Hill, New York, NY, USA, 1963, p. 9–33.
11. National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), "Basic considerations in the combustion of hydrocarbon fuels with air," Rept. 1300, NACA, Washington DC, 1957. Available [online] *naca.central.cranfield.ac.uk/reports/1957/naca-report-1300.pdf.*
12. Woodward, J.L. and Lygate, J., *Proc. Saf. Prog.* 21(3): 171(2002).
13. Mashuga, C.V. and Crowl, D.A., *Proc. Saf. Prog.* 19(3): 112(2000).
14. Britton, L.G., Cashdollar, K.L., Fenlon, W., et al., *Proc. Saf. Prog.* 24(1): 12(2005).
15. Bodurtha, F.T., *Industrial Explosion Prevention and Protection*, McGraw-Hill, New York, 1980, p. 19.
16. Hawkins, J.E. and Armstrong, G.T., *J. Am. Chem. Soc.* 76: 3756(1954).
17. Hilli, T., personal communication (2009).
18. Bosschaart, K.J., "Analysis of the heat flux method for measuring burning velocities," Ph.D. thesis, Technical University of Eindhoven, The Netherlands, 2002, pp. 65–76, Appendix D. Available [online] *alexandria.tue.nl/extra2/2003/0699.pdf*.
19. Harris, R.J., *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plant*, London, E & FN Spon, 1983, pp. 8–14.
20. Bartknecht, W., *Explosions, Course, Prevention, Protection*, Springer, Berlin, 1981, pp. 56–65.
21. Chatrathi, K., Going, J.E., and Grandestof, B., *Proc. Saf. Prog.* 20(4): 286(2001).
22. Johnston, J., *1993 Kraft Recovery Operations Short Course Proceedings*, Book 1, TAPPI Press, Atlanta, p. 147.
23. Wright, J.M. and Lund, G., *1994 International Environmental Conference Proceedings*, Book 1, TAPPI Press, Atlanta, p. 285.

ABOUT THE AUTHORS

Metso Power Oy asked VTT to perform a literature study on explosions in collection systems of noncondensible gases. I have performed several literature studies and consultations on gas explosions, but this was the first one for the pulp and paper industry. My biggest challenge was to identify and describe situations with high concentrations of turpentine vapor, so I consulted an expert to provide insights on those situations.

While conducting the literature study, I found the most surprising thing to be the persistence of a misconception deriving from a misprint on the burning velocity of turpentine.

The information in this paper should be useful in avoiding explosions due to high concentrations of turpentine vapor. For a future step, the erroneous burning velocity of turpentine and the conclusions deriving from it should be rectified in documents such as "Thermal Oxidation of Waste Streams in Black Liquor Recovery Boilers" by the Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee (BLRBAC) [7].

Lautkaski

Lautkaski is senior research scientist with VTT, Technical Research Centre of Finland in Espoo, Finland. E-mail Lautkaski at risto.lautkaski@vtt.fi.