

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi,
(syntyvät hajukaasumäärät ja koostumukset),
tyypilliset onnettomuuteen johtavat syyt -
prosessikonseptitarkastelut**

**Kirsi S. Hovikorpi, Esa Vakkilainen
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto**

**10.12.2018
Raportti 8/2018
16A0913-E0191**

PROJEKTIRAPORTTI

**NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi, (syntyvät
hajukaasumäärät ja koostumukset), tyypilliset
onnettomuuteen johtavat syyt - prosessikonseptitarkastelut**

Soodakattilayhdistys ry

22.08.2018

Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
nuorempi tutkija Kirsi S. Hovikorpi
professori Esa Vakkilainen

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TAVOITTEET	3
3	PERUSTEET HAJUKAASUMÄÄRIEN SYNTYYN, RIKKIPITOISUUKSIIN JA ANALYYSIIN SELLUTEHTAAN ERI PROSESSIOSASTOISTA.....	4
4	TYYPILLISET HAJUKAASUJEN KERÄILY- JA KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT ..	5
5	KIRJALLISUUDESTA LÖYTYNEET ERILAISET HAJUKAASUONNETTOMUUDET	6
6	HAJUKAASUKATTILOIDEN JA SOIHTUJEN TOIMINTA	6
7	HAJUKAASUPÄÄSTÖJEN SYITÄ.....	7
7.1	Keittämö	7
7.2	Avoin laimeiden keräily	7
7.3	Yli- ja alipainesuojat sekä lauhteenpoistot	8
7.4	Haihduksen tyhjökaivo	8
7.5	Likaislauhteiden käsittely	8
7.6	Haihduksen likaislauhdesäiliö	9
7.7	Lipeän paisunta haihduttamoalueella	9
7.8	Polttolipeäsäiliö ja vahvamustalipeäsäiliö	10
7.9	Sellutehtaan jätevedenpuhdistamo	10
7.10	Soodakattilan liuottajan höngät	10
7.11	Laimeat hajukaasut soodakattilan eri ilmatasoille.....	11
7.12	Hajukaasujen esilämmittimien lämmönsiirtopintojen likaantuminen	11
7.13	Lauhteiden pääsy soodakattilaan	12
7.14	Hajukaasupesurin lämmönsiirtimeen likaantuminen	12
7.15	Kaustistamon laimeat hajukaasut	12
7.16	Kuitulinjan laimeat hajukaasut	12
7.17	Mäntyöljykeittämön höngät.....	12
7.18	Hakesiilon höngät	13
7.19	Tärpähti.....	13
7.20	Laimeiden hajukaasupesureiden lauhteet	13
7.21	Haihduksen käyntinajo	14
7.22	Soodakattilan väkevien polttimen ongelmat.....	14
7.23	Varapolttopaikkojen häiriöt	14
8	JATKOTUTKIMUSEHDOTUKSIA.....	15

LIITTEET:

1. ICRC 2017 presentation: Estimation of amounts and collection degree of modern pulp mill NCG flows
2. ICRC 2017 paper: Estimation of amounts and collection degree of modern pulp mill NCG flows
3. Soodakattilapäivä 2017 esitys: NCG järjestelmien turvallisuus
4. Soodakattilapäivä 2017 esitys in english: Malodorous gases and NCG Safety
5. NCG järjestelmien prosessikonseptit

1 JOHDANTO

Suomen Soodakattilayhdistys on aiemmin laatinut ohjeen ”Hajukaasujen polttosuositus, revisio B 29.10.2013”. Ohjeen tarkoitus on ollut edistää väkevien ja laimeiden hajukaasujen turvallista polttoa ja käsittelyä soodakattiloilla.

Raportin laatimisen jälkeen on eri tehtaissa tullut ilmi vakavia tilanteita mm.

- ”Stora Enson Kemin tehtaalla hajukaasuräjähdyks – kuului kilometrien päähän.” Kaleva 29.6.2016
- ”Stora Enson Veitsiluodon tehtaalla rikkivetyvuoto, viisi kaasulle altistunutta sairaalaan”. Kaleva 07.11.2016

On selvää, että nykyiset pelkät poltto-ohjeet, jotka käsittelevät vain normaalikäyttöä eivät ole riittäviä estämään poikkeustilanteista tai toimintahäiriöistä johtuvia vaaratekijöitä.

Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston Energiatekniikan osasto on tässä projektissa avustanut Soodakattilayhdistystä hajukaasujärjestelmien turvallisuuden parantamiseen tähtäävässä työssä. Projektin johtoryhmänä on toiminut yhdistyksen Ympäristötyöryhmä jota kiitämme kommentteista ja tuesta.

2 TAVOITTEET

Tämän työn tarkoituksena oli luoda pohja tulevaisuudessa tehtävälle suositusraportille. Suositus tähtää koko sellutehtaan hajukaasujärjestelmien mahdollisten vaaratilanteiden tunnistamiseen ja sen laatii Soodakattilayhdistyksen valitsema, tehtaiden edustajista ja alan toimijoista koostuva ryhmä. Suosituksen osana tehtävässä turvallisuusauditoinnissa oli samalla tarkoitus selvittää mistä, miten paljon ja millä pitoisuuksilla moderneilla tehtailla hajukaasuja syntyy ja miten eri osastoilla hajukaasuja käsitellään ennen polttoon johtamista. Lisäksi oli tarkoituksena miettiä onko erilaisilla keräilytavoilla keräilyprosessista syntyviä, niille tyypillisiä vaaratyyppejä.

Tässä loppuraportissa luodaan yhteenveto työssä tehdyistä hajukaasutarkasteluista. Erityisesti tarkoituksena oli selvittää tarvittavin osin seuraavaa:

1. Esitetään perusteet hajukaasumäärien syntyyn, rikkipitoisuuksiin ja analyysieihin sellutehtaan eri prosessiosastoista.
2. Kartoitetaan tyypilliset hajukaasujen keräily- ja käsittelyjärjestelmät.
3. Dokumentoidaan kirjallisuudesta erilaisia hajukaasuonnettomuuksia.
4. Selvitetään hajukaasukattiloiden ja soihtujen toimintaa sekä polttopaikan vaihtotilanteita
5. Dokumentoidaan syitä miksi ja mistä hajuja on päässyt ”karkuun” tehtailta.
6. Tavoitteena hajuton sellutehdas

Suomen Soodakattilayhdistyksen hajukaasujen polttosuosituksessa 29.10.2013, rev B sanotaan:

- ”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.
- Tarkoituksena on kehittää suositusta edelleen ja tästä syystä mahdolliset huomiot virheistä, parannusehdotuksista ja kokemuksista pyydetään lähettämään Soodakattilayhdistyksen sihteeristölle.”



Myös tämän raportin selvityksissä pyrittiin katsomaan tehtaita ja toteutettuja prosessiratkaisuita avoimin mielin. Haasteeksi sellutehtaiden hajukaasujen käsittelyssä ja polttojärjestelmissä osoittautui tehtaiden mahdollisesti eri vuosikymmenien aikana toteutetut hajukaasukeräilyjärjestelmien suunnittelut ja toteuttaminen. Etenkin, kun modifioidaan olemassa olevaa hajukaasujärjestelmää, oli se sitten vanhaa tai uudempaa suunnittelua, esim. tehtaan kapasiteetin nousun tarpeesta tai ympäristövaatimusten tuomien suljetumpaan keräilyyn tarvittavien vaatimusten mukaan.

3 PERUSTEET HAJUKAASUMÄÄRIEN SYNTYYN, RIKKIPITOISUUKSIIN JA ANALYYSIIN SELLUTEHTAAN ERI PROSESSIOSASTOISTA

Uusia laajamittaisia keräilykohteiden mittauksia ei suomalaisilla sellutehtailla ole juurikaan 1990-luvun huippuvuosien jälkeen tehty. Myöskään julkaistua dataa ei uusista korkean polttoliipeän kuiva-ainepitoisuuden omaavista 2000-luvun tehtaista ole saatavilla. Kirjallisuustietous perustuu pääosin 1960-80-luvulla suoritettuihin mittauksiin ja osalta tehtaista löytyy 1990-luvulla suoritettuja mittaustuloksia, jolloin polttoliipeän kuiva-ainepitoisuudet ovat olleet 65 ... 75%. Ainoastaan yhdeltä tehtaalta on saatavana mittausdataa 2010-luvulla toteutettuna, mutta sitäkin on vain rajalliselta osalta tehtaan hajukaasujen keräilykohteista.

Tehtailla suoritettujen vanhojen mittaustulosten perusteella on alettu työstämään järjestelmällistä listaa hajukaasujen mittaushaasteista tulevaisuudessa mahdollisesti tehtäviä hajukaasumittauksia varten. Näin saadaan mittausdataa ja analyysijä tutkimuksia varten samoista suhteellisen vertailukelpoisista prosessikohdista.

Parametrit, joita hajukaasumittauksien lisäksi suositellaan kerättävän mittaustilanteissa:

- mittausajankohdan keittämön sellutuotanto
- puulaji(t) ja suhde
- kappa
- sulfiditeetti
- metanolisaanto
- tärpättisaanto
- mitattavien lipeäsäiliöiden lipeän analyysit ja prosessiarvot
- likaislauhteista analyysit
- metanolista analyysi
- mustaliipeän kuiva-ainepitoisuus

Prosessista tarvittavat tiedot, joita yleensä toivotaan tarkentavina lähtötietoina:

- keitintyyppi
- hakesiilon tyyppi, hakesiilon hönkien käsittely ja selvitys, onko hakesiilo laimeiden hajukaasujen keräilyssä
- paisunnan höyryjen johtaminen ja käsittely
- paisunnan/pasutuksen höyryjen lauhduttimen tyyppi ja toiminta
- tärpätindekantointi ja sen toimivuus, tärpätindekantoinnin likaislauhteiden keräily ja johtaminen eri tilanteissa, prosessilämpötilat
- muuta keittoon liittyvää, jolla merkitystä TRS-jakeiden syntyyn, tärpätin irtoamiseen, metanolin muodostumiseen
- onko likaislauhteiden käsittelyä
- onko metanolin nesteytyslaitosta

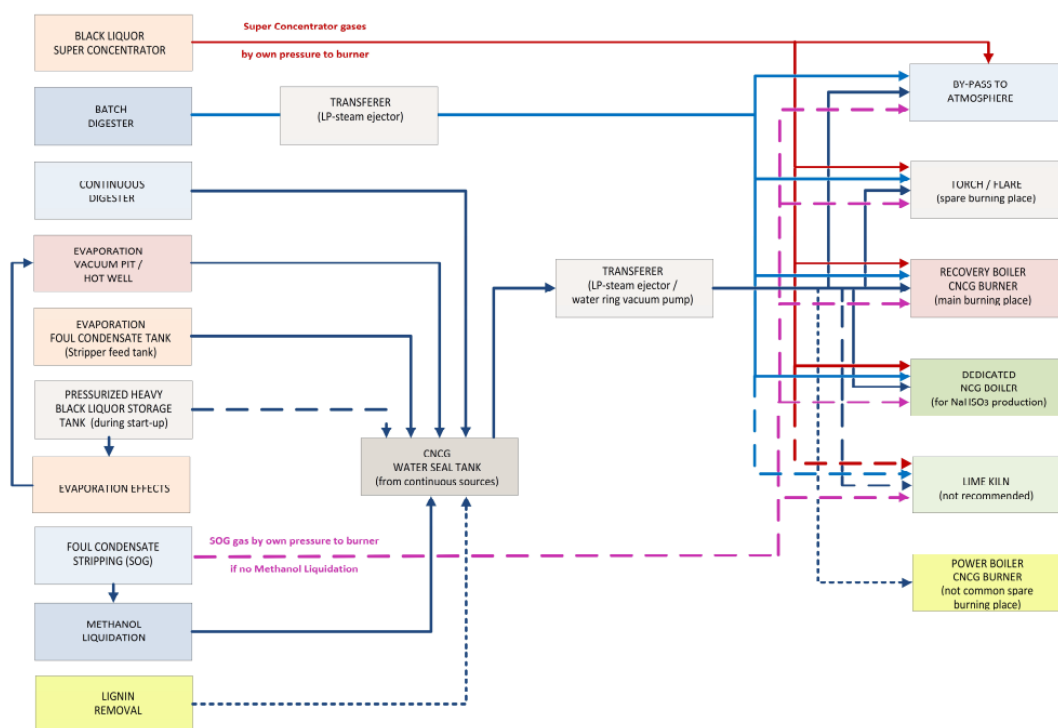
- minne hyödynnetään eri lauhdejakeita (A-, B- ja C- eli likaislauhde) eri osastoilla, kytkennät
- onko tarvetta lipeän lämpökäsittelylle korkeamman kuiva-aineen omaavan mustalipeän viskositeetin laskemiseksi?
- onko paineellinen vai vapaasti hengittävä polttolipeäsäiliö
- onko happivaiheen puskusäiliö kuitulinjan laimeiden hajukaasujen keräilyssä

4 TYYPILLISET HAJUKAASUJEN KERÄILY- JA KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT

Projektissa tehtyjen tehdaskäyntien myötä kartoitettiin tehtaiden nykyisiä hajukaasunkeräily- ja käsittelyjärjestelmiä. Joidenkin tehtaiden nykyiset tekniset ratkaisut käytiin useamman kerran läpi, minkä lisäksi paneuduttiin myös operointi- ja seurantatapoihin.

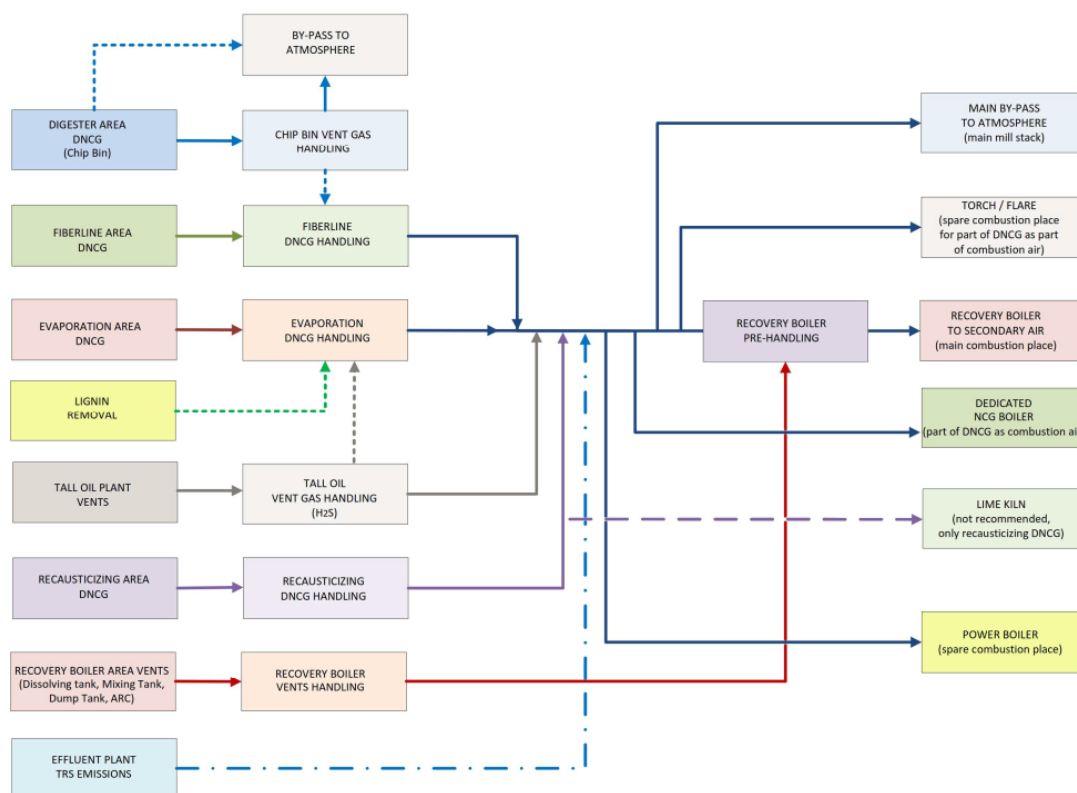
Projektiin liittyen pidettiin kansainvälisessä ICRC2017 konferenssissa esitys nykyaikaisen sellutehtaan hajukaasujen keräily- ja käsittelyjärjestelmistä, joka toimii myös runkona tarkemmille ja syvällisemmille hajukaasuihin liittyville tutkimuksille Kirsi Hovikorven jatko-opintoihin liittyen. Tämän raportin liitteenä on seminaariesitys (LIITE 1) ja siihen tehty englanninkielinen julkaisu (LIITE 2).

Kuvassa 4-1 on esitetty nykyaikaisen sellutehtaan väkevien hajukaasujen keräilykohteita, keräilylaitteita ja eri polttopaikkamahdollisuuksia.



Kuva 4-1. Väkevien hajukaasujen keräily ja kaasujen käsittely nykyaikaisessa sellutehtaassa.

Kuvassa 4-2 on esitetty nykyaikaisen sellutehtaan laimeiden hajukaasujen keräilykohteita osastoittain, kaasujen käsittelyvaiheita ja eri polttopaikkamahdollisuuksia.



Kuva 4-2. Laimeiden hajukaasujen keräily ja kaasujen käsittely nykyaikaisessa sellutehtaassa.

5 KIRJALLISUUDESTA LÖYTyneet ERILAISET HAJUKAASUONNETTOMUUDET

Varsinaisesti tieteellisestä kirjallisuudesta ei ole vielä löytynyt hajukaasujen onnettomuuksista kerrottua aineistoa. Onnettomuustietoa on löytynyt Soodakattilayhdistyksen Hajukaasujen polttosuosituksista, eri yhdistyksien seminaarien esiintymisaineistoista sekä TUKES:n julkisista onnettomuusraporteista. Onnettomuustiedoista pidettiin esitys yhdistyksen soodakattilapäivillä 02.11.2017 (LIITE 3). Englanninkielinen esitys lähetettiin myös Sweden Norway Recovery boiler committéen sihteeri Kajsa Fougnerille (LIITE 4).

6 HAJUKAASUKATTILOIDEN JA SOIHTUJEN TOIMINTA

Tehdaskäynneillä käytiin läpi lyhyesti olemassa olevien hajukaasukattiloiden ja soihtujen toimintaa. Tehtaiden hajukaasujärjestelmille oli useita eri laitetoimittajia. Haastatteluissa tuli esille, että jotkut tehtaot eivät välttämättä halua omista prosesseistaan kertoa syvällisesti.

Soihtujen osalta tehtailla, joilla on soihtu, toimii soihtu joko pelkille väkeville hajukaasuille varapolttopaikkana tai väkevien lisäksi myös tehtaon laimeille hajukaasuille varapolttopaikkana.

Soihdut eivät ole millään tehtaalla koko ajan päällä. Joissakin tehtaissa on minimoitu soihdun käynnistyksen ja hajukaasujen käännön välistä aikaa pitämällä soihdun palamisilmapuhallin koko ajan päällä ja minimikierroksilla. Tällä toiminnolla

pitkäkestoinen tuuletussekvenssiosio voidaan hypätä yli soihdun käynnistyksessä (automatisoitu) ja nopeuttaa näin soihdun polttimen käynnistysaikaa jolla saadaan minimoitua hajukaasujen mahdollista ulosajoaikaa. Lisäksi jatkuva palamisilmalla tuuletus pitää soihdun sisuskalut kuivana.

Joillakin tehtailla väkeviä hajukaasuja voidaan myös pantata putkistossa tietyn aikaa, kun käyntö soihdulle on mahdollista. Tämä edellyttää koko väkevien keräilyn suunnittelua siten, että kaasun panttaus on koko keräily- ja siirtoputkiston ja laitteiston mahdollisena paineennousuna huomioitu.

Soihtutoimittajia on haastatelluilla tehtailla ollut pääsääntöisesti kahta eri toimijaa. Joillakin tehtailla on kokemusta historian saatossa molemmista toimijoista. Tehtailla on myös erityyppisiä soihtuja käytössä: ulkovaipan jäähdytys on hoidettu joko pakkojäähdytyksellä tai luonnonvetojäähdytyksellä. Jos soihdun poltin sijaitsee rakennuksen sisätiloissa, on kyseessä pakkojäähdytteinen, ja jos soihtu sijaitsee täysin ulkona, on kyseessä yleensä luonnonvetojäähdytteinen ulkovaippa.

Hajukaasukattiloiden toimintaa ei tässä raportissa käydä läpi, vaikka useammalla haastatelluista tehtaista erillinen väkevien hajukaasujen kattila olikin.

Liitteessä 5 on esitelty ”parhaita toimintatapoja” soihdun operoinnissa ja polton aloituksessa.

7 HAJUKAASUPÄÄSTÖJEN SYITÄ

Tehdaskäyntien yhteydessä keskusteltiin hajukaasupäästöistä, päästöjen taajuudesta, mahdollista syistä ja pyrittiin myös kartoittamaan ja tekemään ajotapaan sekä asetusarvoihin muutoksia tehdaskäyntien aikana tilanteen parantamiseksi.

7.1 Keittäminen

Keittämön väkevien hajukaasujen keräilystä tulevat painepiikit pääsääntöisesti nousi muutamalla tehtaalla selkeäksi päästöjen juurisyyn aiheuttajaksi. Painepeikkejä syntyy mm. keittimen paisunta/pasutushöyryjen lauhdutuksen riittämättömyydestä, säätöpiirin hitaudesta, lauhduttimen lauhdelastiin joutumisesta ja riittämättömän lauhteenpoiston vuoksi. Tällainen painepiikki kumuloituu muihin väkevien hajukaasujen keräilyn prosesseihin. Etenkin, jos on vanhakantaista yli-/alipainesuojaratkaisua keittämön ja haihduttamon alueen väkevien hajukaasujen keräilyssä ja nämä on viety ensin yhteiseen vesilukkoastiaan, pääsee painepiikki purkautumaan näistä keittämön ja haihduttamon tyhjökaivon vesitoimisista yli-/alipainesuojista taivaalle aiheuttaen ympäristöön merkittäviäkin hajuhaittoja.

7.2 Avoin laimeiden keräily

Joidenkin tehtaiden laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmät ovat ns. avoimella keräilyllä toteutettuja. Tällöin laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmää on alettu toteuttamaan olemassa olevaan tehtaaseen siten, että kaasujen keräily-yhteet on kytketty etenkin säiliöalueilla säiliöiden keskeltä kattoa lähtevän pystysuuntaisen huokausputken kyljestä. Keräilyyn lähtevään linjaan on asennettu käsiventtiili, jolla on käyntiajan yhteydessä säädetty käsiventtiiliin asento sopivaan asentoon riittävän alipaineen asettamiseksi kohteeseen niin, että säiliö ei höngi ulos ajon aikana. Tällöin vedetään tarkoituksella koko ajan hieman ilmaa huokauslinjan kautta keräilyyn.

Paljon on keskusteltu, onko suljettu laimeiden keräily etenkin haihduttamoalueen vahvamustalipeäsäiliöiltä ja tuhkan sekoitussäiliöiltä aina alle LEL:n pitoisuuksissa.

Tutkimuksissa haluttaisiin todentaa mittauksin niin keräilylähteenä olevan lipeäsäiliön kaasujakeen kuin siinä sillä hetkellä olevan lipeän analyysit. Tällä hetkellä ei ole vielä tietoa, onko Suomessa tehtaita, joissa olisi samanaikaisesti tehty kaasujakeiden ja lipeän analyysit.

7.3 Yli- ja alipainesuojat sekä lauhteenpoistot

Yli-/alipainesuojien nestetäyttöiset suojaukset perustuvat tiettyyn hydrostaattisen paineen muodostamaan painesuojaan yli- ja alipainetta varten, joka aikaansaadaan vesipatsaan korkeudella. Tehtaiden välillä ja tehtaan osastojen välillä vesipatsaiden korkeudet voivat vaihdella suurestikin eri yli-/alipainesuojissa.

Esimerkiksi yhden haastatellun tehtaan alkuperäinen väkevien hajukaasujen keräily on suunniteltu alkujaan ilman mitään yli-/alipainesuojia. Väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmään on kuitenkin lisätty jossain vaiheessa yli-/alipainesuojia toisen laiteoimittajan toimesta. Tarkkaa syytä ei selvinnyt mutta syynä on voinut olla, että joku aiemmin paineastiaksi luokiteltu astia on haluttu muuttaa uusinnan yhteydessä ei-paineastia luokitteiseksi.

Jos tehtaan olemassa oleva väkevien hajukaasujen keräily (perustuen 1980 ja 2000 luvun alun välisiin tavanomaisiin suunnittelun perusteisiin) halutaan modifioida nykyaikaista, täysin suljettua suunnittelua mukaillen (täysin suljettu ilman yli-/alipainesuojia, paineastialuokitukset kaikille laitteille) ja poistaa yli-/alipainesuojia mahdollisina päästölähteiden kohteena, tulee koko väkevien hajukaasujen keräilyprosessi ja laitteiden paineenkestot (yli-/alipaineet) käydä kauttaaltaan tarkasti läpi, jotta ei tahtomatta aiheuteta prosessiin ongelmia, laiterikkoja ja vaaratilanteita.

Sama koskee laimeiden hajukaasujen keräilyä, joka uusimmissa sellutehdasratkaisuissa pyritään suunnittelemaan ja toteuttamaan täysin suljettuna, minimoimaan turhat kanavisto- ja laitekokoja kasvattavat vuotoilmat ja myös hajuhaittoja aiheuttavat hönkimiset taivaalle. Jos sellutehtaat haluavat modifioida olemassa olevaa avointa laimeiden hajukaasujen keräilyä suljetummaksi/suljetuksi, tulee etenkin olemassa olevien säiliöiden yli-/alipaineenkestot tarkistaa huolella, onko keräilyä mahdollista toteuttaa suljetummaksi, ettei aiheuteta säiliöiden lommahtamista.

7.4 Haihduttamon tyhjökaivo

Joillakin tehtailla on vanhempaa suunnittelutapaa olevia tyhjökaivoja, joissa on ns. putkivesilukko ylikaadolle. Riippuen ylikaadon putkivesilukon vesilukkokorkeudesta ja ajettavasta väkevien hajukaasujen alipaineesta tyhjökaivon kaasuille, on syytä tarkastaa tällaisissa tyhjökaivoissa vesilukon pinnankorkeus ja kaasunkeräilyn alipaine, jotta ei vedetä ilmaa väkevien hajukaasujen järjestelmään ja aiheuteta mahdollisuutta hajukaasuräjähdyksille. Alipaineensäädön säätöparametrit on myös syytä tarkistaa.

7.5 Likaislauhteiden käsittely

Pääsääntöisesti sellutehtailla kerättiin ja käsiteltiin syntyneet likaislauhteet likaislauhteiden stripperillä. Osalla tehtaista stripperiltä tulevat metanolipitoiset kaasut johdettiin metanolinnesteytyslaitokselle, osalla stripperikaasut johdettiin omana kaasulinjanaan polttoon. Eri puhtausasteella omaavia lauhteita hyödynnetään kuitulinjalla ja kaustistamalla pesuvesinä. Yhdellä tehtaalla ei käsitellä haihduttamon

likaislauhteita vielä ollenkaan, vaan osa syntyneistä likaislauhteista johdetaan tehtaan jätevesien käsittelyyn ilman metanolin ja mahdollisen tärpätin talteenottoa.

7.6 Haihduttamon likaislahdesäiliö

Vielä 1980...1990 –luvun suunnittelussa etenkin haihduttamoalueen likaislahdesäiliö on joillain tehtailla ollut laimeiden hajukaasujen keräilyssä, vapaasti hengittävänä, avoimena keräilylähteenä.

Jos tämän tyyppinen olemassa oleva vapaasti hengittävä likaislahdesäiliö halutaan ottaa laimeiden keräilystä väkevien hajukaasujen keräilyyn, tulee säiliö modifioida täysin suljetuksi ja varustaa tarvittavilla yli-/alipaineenkestoilla. Tällöin säiliö tulee vahvistaa tyhjörenkailla, varustaa yli-/alipainesuojalla, tiivistää miesluukut, modifioida säiliön ylikaato väkevien keräilyyn soveltuvaksi, toteuttaa ATEX-tilaluokitustarkastelu, jne.

Lisäksi tulee huomioida, oli uusi tai vanha tehdas, olemassa olevan likaislahdesäiliön tyyppi: onko varustettu mahdollisesti dekantoivalla väliseinällä, joka havupuuajossa on perusedellytys. Yhden tehtaan osalta oli jouduttu modifioimaan olemassa ollut likaislahdesäiliö väliseinälliseksi, koska likaislahteen pinnalle kevyempänä jakeena noussut tärpätti pääsi tietyssä säiliön ajotilanteessa sekundäärilahteen joukkoon, ja edelleen kuitulinjalle massan pesuun. Tätä tärpätin kulkeutumista muilla tehdaskäynneillä ei ehditty käydä vielä läpi.

Yhdellä tehdaskäynnillä keskusteltiin likaislahdesäiliölle tulevista likaislahdeista (keittämöltä, haihduttamolta). Yhdessäkin likaislahdesäiliölle tulevassa linjassa ei ole suodattimia, joilla varmistettaisiin, ettei itse säiliöön kertyisi kiintoainetta, esim. mahdollista hienoaainesta keittämöltä. Likaislahdesäiliöltä pois pumpattavassa likaislahdelinjassa on suodin, josta kyseisellä tehtaalla on löydetty mm. haketta.

Nykypäivän suunnittelussa haihduttamoalueen likaislahdesäiliö tulee olla aina väkevien hajukaasujen keräilyssä ja täysin suljettuna. Säiliön kaasunkeräily tulee olla varustettuna omalla kaasunkeräilylinjan alipaineensäädöllä, mahdollisesti omalla mekaanisella yli-/alipainesuojalla (jos ulkona, talviolosuhteet) ja lisäksi säiliön ylikaato tulisi varustaa joko mekaanisella läpällä tai nestetäyttöisellä vesilukolla (joko säiliön sisään rakennettuna tai säiliön ulkopuolella riittävällä nestekorkeudella varustettuna).

7.7 Lipeän paisunta haihduttamoalueella

Haihduttamoalueen lipeäsäiliöiden keräilyssä on joillakin tehtailla ilmennyt vahvustalipeäsäiliöiden selkeää hönkimistä taivaalle. Tätä havaitaan helpoiten tapahtuvan avoimen keräilysteemin omaavilla tehtailla. Yhdeksi runsasta hönkimistä aiheuttavaksi syyksi on selvinnyt lipeän riittämätön paisunta haihduttamon sarjoilla. Lipeä ei pääse paisumaan syystä tai toisesta haihdutinsarjojen paisuntasäiliöillä jolloin lipeä tulee liika kuumana vahvalipeäsäiliölle. Kuuma lipeä paisuu säiliössä aiheuttaen ympäristölle tuntevia hajuhaittoja ja kohonneita TRS-pitoisuuksia haihduttamon laimeissa hajukaasuissa. Kohonneet TRS-pitoisuudet ovat aiheuttaneet joillakin tehtailla seisokkien jälkeisissä starteissa jopa toistuvia hajukaasuräjähdyksiä.

7.8 Polttolipeäsäiliö ja vahvamustalipeäsäiliö

Jossain vaiheessa hajukaasujärjestelmien suunnittelun historiaa 1990-luvulla, johtuen kohonneesta polttolipeän kuiva-ainepitoisuudesta (>75%DS) ja sen tarvitsemasta lipeän lämpökäsittelystä viskositeetin alentamiseksi, on kytketty paineellisia polttolipeäsäiliöitä tehdasseisokin aikaisen kaasausmahdollisuuden takia laimeiden hajukaasujen keräilyyn. Tämä kytkentämalli on aiheuttanut laimeiden hajukaasujen väkevöitymistä seisokin aikana putkistoihin ja laitteistoihin, ja tehtaan osastojen käynnistyksen yhteydessä pahimmillaan hajukaasuräjähdyksiä. Edelleen on tällaisia kytkentöjä joillakin tehtailla käytössä, vaikka vaaranpaikka olisikin tiedostettu. Tällainen kytkentämalli on aiheuttanut lisäksi mm. lipeän kulkeutumista haihduttamon laimeiden hajukaasujen keräilyn pesurille ja sitä myötä aiheuttanut ongelmia lauhdutuksen nestekierrossa.

Väkevät ja laimeat hajukaasut tulee aina pitää erillään niin kaasu- kuin likaislahdepuolilla. Paineellista polttolipeäsäiliötä ei tule koskaan kytkeä laimeiden hajukaasujen keräilyyn missään tilanteessa.

Vahvamustalipeäsäiliöt ovat paineettomia, vapaasti hengittäviä säiliöitä, jotka otetaan laimeiden hajukaasujen keräilyyn. Kun puhutaan soodakattilaan polttoon menevän vahvamustalipeän varastosäiliöstä, on tärkeää tiedostaa hajukaasujen keräilyn osalta, onko tehtaalla kyse paineellisesta polttolipeäsäiliöstä vai vahvamustalipeäsäiliöstä josta polttoon menevä lipeä pumpataan.

Normaali kytkentä hajukaasuille paineellisesta polttolipeäsäiliöstä on haihduttamon 3. tai 4. yksikköön, ja tehtaan ylös- ja alasajotilanteita varten kytkentä väkevien hajukaasujen keräilyn vesilukkoastialle lauhdutuksen kautta.

7.9 Sellutehtaan jätevedenpuhdistamo

Harvemmin toteutettua suunnitteluratkaisua väkevien hajukaasujen käsittelyssä on johtaa väkevät hajukaasut sellutehtaan biologisen jätevedenpuhdistamon ilmastusaltaaseen ilmastusilman joukkoon. Tämä ei välttämättä sido kaikkea TRS- ja VOC-pitoista kaasujaetta, vaan hajupäästö laimenee suureen ilmamäärään. Häiriötilanteissa väkevät hajukaasut käännetään esimerkkitehtaalla olemassa olevalle vanhalle soihdulle jonka hapetusaste ei ole välttämättä riittävällä nykyaikaisella tasolla.

Nykyaikaisissa moderneissa sellutehtaissa pyritään täysin suljettuun hajukaasujen keräilyyn (hajukaasut, haisevat likaislahdeet) ja mahdollisimman tehokkaaseen rikin talteenottoasteeseen. Hajukaasujen sisältämän rikin talteenotto tapahtuu joko soodakattilassa tai erillisessä hajukaasukattilassa rikkiyhdisteitä hapettaen ja rikkiä alkaliin sitoen. Joissakin tehtaissa väkevät hajukaasut alkalipestänsä ns. TRS-pesurissa ennen polttoon johtamista, jossa pyritään sitomaan alkaliin osa TRS-jakeiden sisältämästä rikistä ja vähentämään näin polttopaikassa hapetusreaktiossa syntyvän rikkidioksidin (SO₂) määrää.

7.10 Soodakattilan liuottajan höngät

Liuottajan hönkäpesurit ovat hajuhaittojen lähteenä silloin, kun tehtaan hönkäpesurin hönkiä ei ole kytketty soodakattilan palamisilmasysteemiin. Joillakin tehtailla liuottajan höngät ainoastaan johdetaan pölypesurin kautta taivaalle tai soodakattilan savukaasupesurin kautta taivaalle.

Nykyaikaisissa tehtaissa liuottajan, sekoitus- ja vuotosäiliön höngät käsitellään erityyppisillä lauhduttavilla pesureilla ja johdetaan soodakattilan sekundääri-ilmasysteemiin.

7.11 Laimeat hajukaasut soodakattilan eri ilmatasoille

Eräillä tehtailla laimeita hajukaasuja johdetaan edelleen tertiääri-ilmatasoille. Tilanteissa, joissa soodakattilan kuormaa joudutaan laskemaan, vähenee myös tertiääri-ilman kokonaismäärää. Laimeat hajukaasut joudutaan tällöin kääntämään jo aiemmin pois taivaalle tai varapolttopaikkaan (jos on) kuin jos laimeiden hajukaasujen kytkentä olisi sekundääri-ilman joukkoon.

Nykyaikaisessa soodakattilassa laimeat hajukaasut tuodaan aina sekundääri-ilmatasolle.

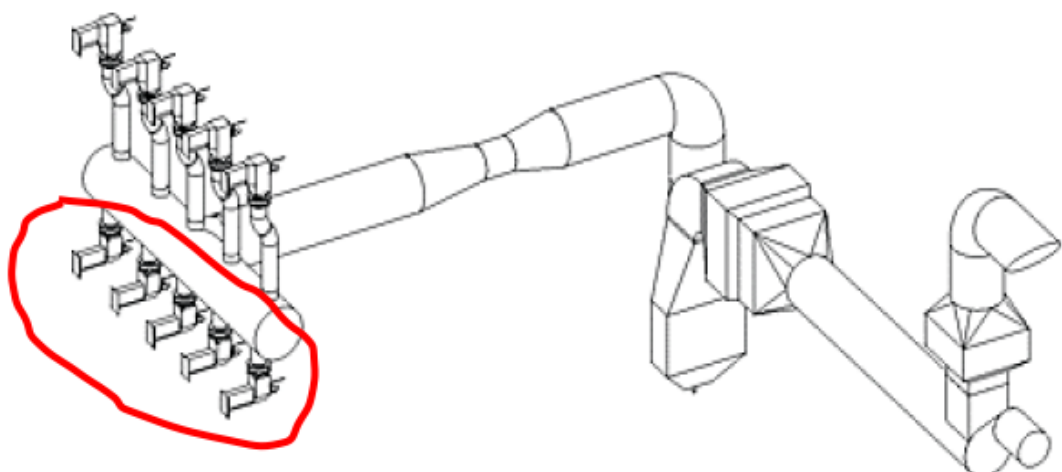
7.12 Lauhteiden pääsy soodakattilaan

Lauhteiden (hajukaasuista, käyttöhöyrystä) pääsystä hajukaasujärjestelmien kautta soodakattilaan ei käyty tarkemmin läpi tehdaskäynneillä. Ainoastaan kiinnitettiin aina huomiota ilmarenkasiin ja putkistosijoitteluun, joissa joillain tehtailla on hieman arveluttavia vientejä soodakattilaan.

Ohessa kuva, joka on otettu Suomen soodakattilayhdistyksen Hajukaasujen polttosuosituskirjasta, jossa on esimerkki laimeiden hajukaasujen kanavistosta.

Kuvan systeemissä ilmarenkaasta otetaan niin yläpuolelta kuin alapuolelta ilma-aukkoihin palamisilmaa/laimeita hajukaasuja. Jos kanavistoon pääsee lauhdetta/vettä, jonka puhallin kuljettaa eteenpäin, niin kaikki vesitys tapahtuu ilmarenkaan alaosan alimmasta kohdasta eli ilma-aukoille johtavista ostoista.

Suositeltavaa olisi, että ilmarenkaasta otetaan lähdöt ilma-aukoille joko päältä ja/tai sivulta, ja toteutetaan vesitykset ilmarenkaiden molemmista päistä pohjilta esim. ylikatavaan vesilukkoastiaan.



Kuva 5-1. Esimerkki laimeiden hajukaasujen kanavistosta

Kuva 7-1. Kuva hajukaasusuosituksesta.

7.13 Hajukaasujen esilämmittimien lämmönsiirtopintojen likaantuminen

Joillain tehtailla on ajoittain ongelmana hajukaasujen esilämmittimen (höyrypatteri) tukkeutuminen, jolloin laimeat hajukaasut joudutaan johtamaan ohiajolinjan kautta taivaalle. Näillä tehtailla tukkeutuville esilämmittimille tulee mm. soodakattilan liuottajan ja sekoitussäiliön hönkiä tehtaan laimeiden hajukaasujen lisäksi.

Hajukaasupesureiden ja lauhduttimien jälkeisellä kaasun lämpötilalla on merkitystä kosteuspitoisuuteen. Ei ole tietoa, onko koskaan tutkittu paljonko pesureiden ja lauhduttimien jälkeiset kosteat, kylläiset kaasut sisältävät esim. kosteuteen liuenneita suoloja, jotka mahdollisesti kuivaavat kiinni matalapainehöyrypattereiden otsapintaan ja näin tukkivat patterin.

7.14 Hajukaasupesurin lämmönsiirtimen likaantuminen

Hajukaasupesureiden niin pesukierron kuin jäähdytysvesikierron puolilla ollut joillakin tehtailla likaantumisongelmia.

Jäähdytysveden puolella likaantumista on aiheuttanut mm. kesällä raakaveden lämpötilan nousun aikaansaama limoittuminen.

Pesurin pesukierron puolella tukkeutumista ovat aiheuttaneet mahdolliset kiintoainepartikkelit, joiden kulkeutumisreitistä ei ole välttämättä saatu selvitettyä.

Tehdaskäynneillä ei käyty tarkemmin läpi ajotapoja ja asetusarvoja, esim. onko liuottajan ja sekoitussäiliön hönkien keräilyn alipaineasetukset liika suurelle alipaineelle, jolloin turhaan vedetään tuhkaa ja liuottajalta roiskepisaroita hönkien lauhdutusjärjestelmiin.

7.15 Kaustistamon laimeat hajukaasut

On vielä tehtaita, joissa laimeiden hajukaasujen keräilylähteet eivät ole 100% keräilyssä. Esim. kaustistamon alueilla voi olla kohteita joita ei ole otettu keräilyyn tai alueen hajukaasut on keräilty osittain mutta johdettu esim. lämmöntalteenoton jälkeen vain taivaalle.

Nykyaikaisilla moderneilla tehtailla kaustistamon laimeiden hajukaasujen keräily on täysin suljettu ja hajukaasut johdetaan joko muiden tehtaan laimeiden hajukaasujen kanssa soodakattilalle palamisilmaksi tai meesauunille sekundääri-ilman joukkoon.

7.16 Kuitulinjan laimeat hajukaasut

Jollain tehtaalla kuitulinjan laimeat hajukaasut eivät ole vielä keräilyssä ollenkaan, vaan aiheuttava hajukaasupäästöjä ympäristöön.

On tavanomaista käyttää eri puhdistusasteen omaavia lauhteita (A- ja B-lauhteet) kuitulinjalla ja kaustistamolla.

Tehdaskäynneillä ei ehditty käydä läpi näiden osastojen lauhteidenkäyttökohteita ja mahdollisia hajukaasupäästökeräilykohteita.

7.17 Mäntyöljykeittämön höngät

Joillakin tehtailla on mäntyöljylaitos, jossa osalla on itse mäntyöljylaitoksella sijaitseva H₂S pesuri ja osalla tehtaista taas johdetaan mäntyöljykeittämön rikkivetytöiset kaasut laimeiden hajukaasujen pesurille esim. haihduttamon laimeiden pesurille, joka on varustettu pH:n säädöllä H₂S:n pesua varten.

Yhdellä tehtaalla ei aiemmin ollut H_2S pesuria, ja kun kytkentäkohta muiden laimeiden hajukaasujen kanssa on soodakattilarakennuksen sisällä laippaliitoksella, niin kyseisellä alueella haisi aina selkeästi. On syytä huomioda, että mäntyöljykeittämön suovan rikkihappopalstoituksessa syntyvä rikkivety (H_2S) ei ole räjähtävällä pitoisuudella vaan ainoastaan tappavalla tuhansia ppm:ia sisältävällä pitoisuudella, mm. tästä syystä mäntyöljykeittämön höngät on hyvä alkalipestä ennen kytkentää muiden laimeiden hajukaasujen joukkoon.

Myös putkiston materiaalivalinta mäntyöljykeittämön hönkälinjojen osalta on syytä tarkistaa, ettei kaasuputkisto pääse syöpymään ja aiheuttamaan etenkin sisätiloihin vuotovaaroja ennen kaasujen alkalipesua.

7.18 Hakesiilon höngät

On tehtaita joissa hakesiilon höngät johdetaan täysin käsittelemättömänä taivaalle ilman mitään esikäsittelyä (pölyn/hakkeen poistoa) ja mahdollista tärpättilauhdutinta (alentaa tärpättisaantoa). Prosessiratkaisussa jossa hakesiilolla hyödynnetään hakkeen pasutuksessa keittimen mustalipeän paisunnan TRS-pitoisia höyryjä aiheuttavat hakesiilon ulos vapaasti johdettavat höngät hajuhaittoja ympäristöön.

Nykyaikaisissa tehtaissa käytetään keittimeltä poistuvan mustalipeän lämpöenergiaa hakkeen pasutuksessa käytettävän puhtaan tuorehöyryn valmistamiseen. Tämä on toteutettu erityyppisillä (höyry-neste, neste-neste) höyryn kiehuttimilla eli ns. reboilereilla sen sijaan, että johdettaisiin paisunnan TRS-jakeita sisältäviä höyryjä suoraan hakesiiloon.

Hakesiilolle hakkeen pasutusta varten johdettavat paisunnan höyryt ovat olleet pääsiallisina tekijöinä laimeissa hajukaasuissa tapahtuneisiin hajukaasuräjähdyksiin niin Suomessa kuin maailmallakin. Laimeiden hajukaasujen pitoisuudet ovat päässeet nousemaan yli alemman räjähdysrajan (LEL) mm. hakesiilon häiriötilanteissa.

7.19 Tärpätti

Ainakin muutamalla tehtaalla on havaittu tärpättijaetta kuitulinjan massan pesussa, ja ainakin yhdellä tehtaalla oli tullut vastaan tärpättijakeen pääsy sekundäärilauhteiden joukkoon ja sitä kautta muualle tehtaalle sekundäärilauhdetta hyödyntäviin prosesseihin.

Tärpätin kulkeutumista likaislauhteiden käsittelyn kautta puhtaampien lauhteiden joukkoon tulisi tarkastella niin säiliökuvien (soveltuuko säiliö havupuutehtaille, onko väliseinää tärpätin dekantoimiselle) kuin putkistokytkentöjen osalta (mahdollisia kääntöventtiileitä).

Ei ole tarkempaa tietoa, onko tärpättisaantojen vaihteluita eri tehtailla tutkittu ja mistä faaseista (neste, kaasu) tärpättiä hajukaasujärjestelmissä on todennettu. Tärpättijaetta ei pysty seuraamaan likaislauhteista esim. johtokykymittauksella.

7.20 Laimeiden hajukaasupesureiden lauhteet

Pääsääntöisesti laimeiden hajukaasujen pesureilta poistuvat lauhteet johdetaan haihduttamon likaislahdesäiliölle. Lauhteiden tarkempaa johtamista ei ehditty käydä läpi. Jollakin tehtaalla laimeiden hajukaasupesurin lauhteet johdetaan pääosin kanaaliin aiheuttaen hajuhaittaa.

Nykyaikaisissa tehtaissa kunkin osaston (kuitulinja, haihduttamo, kaustistamo, soodakattilan liuottaja) lauhdutusjärjestelmien lauhteet johdetaan kullakin osastolla takaisin prosessikiertoon. Kuitulinjan mahdolliset kuitupitoiset lauhteet palaavat takaisin kuitulinjan prosessiin, kaustistamon meesapitoiset lauhteet takaisin kaustistamon prosessiin. Ainoastaan haihduttamon laimeiden hajukaasujen pesurin lauhteet johdetaan laimeiden hajukaasujen pesureilta haihduttamon likaislauhdesäiliöön. Tämä vähentää stripperille tulevaa laimeiden hajukaasujen likaislauhdemäärää ja vähentää myös likaantumista, joka on aiemmin johtunut esim. kulkeutuneista kuiduista tai meesasta.

7.21 Haihduttamon käyntiajo

Kun haihduttamoa ajetaan käyntiin, on lipeän kuiva-ainevahvuuksilla merkitystä etenkin havupuutehtailla haihduttamon peräpään kuohaamiselle ja sitä myötä väkevien hajukaasujen keräilylle haihduttamon tyhjäpumpun kautta. Havupuuajossa suopaa on päässyt jollain tehtaalla väkevien hajukaasujen keräilyyn ja polttoon asti.

Lisäksi käyntiajon yhteydessä on tullut tehtailla vastaan suuret keräilyyn tulevat väkevien hajukaasujen kaasumäärät. Tehtailla on pohdittu ovatko käyntiajotilanteiden suuret väkevien hajukaasujen kaasumäärät (etenkin haihduttamon tyhjäjärjestelmästä) pitoisuuksiltaan väkevien hajukaasujen määritelmän eli yli ylemmän räjähdysrajan alueella vai räjähtävällä alueella. Näistäkin ajotilanteista olisi hyvä tehdä edes jollain tehtaalla kaasuanalyysijä todentamaan kaasupitoisuudet, ja löytämään turvalliset ajomallit käyntiajon ajaksi.

7.22 Soodakattilan väkevien polttimen ongelmat

Yhdellä tehtaalla on ollut soodakattilan väkevien hajukaasujen polttimella tukkeentumisongelmia liekinestinelementin otsapinnalla ja itse väkevien hajukaasujen polttimessa olevien hajukaasuaukkojen osalta tietyllä osaa aukkoja. Tukoksista on löytynyt jonkinlaista kiintoainetta, jota ei ole vielä tarkemmin analysoitu. Tehtaalla on epäilyksenä haihduttamon tyhjäkaivon kautta tuleva suopa tai keittämöltä asti tuleva hienonhieno kiintoaines.

7.23 Varapolttopaikkojen häiriöt

Useammalla tehtaalla on etenkin väkevien hajukaasujen poltossa soodakattilan väkevien hajukaasujen polttimen lisäksi varapolttopaikkana erityyppisiä varapolttimia, esim. soihtuja (luonnonvetojähdytteinen tai pakkojähdytteinen ulkovaippa, riippuen soihdun polttimen sijoittumisesta ulos tai rakennuksen sisälle), erillispolttokattiloita ja joillakin tehtailla väkevien hajukaasujen ja likaislauhteiden stripperikaasujen (SOG) varapolttopaikkana toimii meesauuni. Joillakin tehtailla väkevien hajukaasujen pääpolttopaikkana toimii erillispolttokattila(t) ja varapolttopaikkana soihtu.

Varapolttopaikkojen hajukaasupäästöihin liittyviä syitä ehdittiin tehdaskäynneillä käydä vain pintapuolisesti. Yhdellä tehtaalla soihdulle polttoon käynnön yhteydessä olleet kaasunvirtaamattomuusongelmat johtuivat käytettävän matalapainehöyrylinjan lauhteenpoiston riittämättömyydestä ja höyrynlauhteenpoistimen toimimattomuudesta. Kaasulinjaan johdettu höyrynlauhde esti polttimelle menevän kaasuvirtauksen. Lisäksi polttimen vesityslinjan koko oli kyseiselle lauhdemäärän poistamiselle liian pieni (DN25). Soodakattilayhdistyksen suosituksissa minimi nimelliskoko hajukaasujärjestelmien (DNCG, CNCG) lauhteenpoistolinjoille on DN50, koskien niin putkistoa kuin laitteitakin (polttimet, puhaltimet, jne.).



Lisäksi itse soihtupolttimelta lähtevien vesityksien keräilylle ja lauhteiden johtamiselle erilliseen pumppausastiaan on erilaisia putkivetomalleja. Tärkeää olisi tiedostaa, missä prosessin ajopaineissa polttimelle tulevat eri väkevien hajukaasujen (jatkuvatoiminen prosessi, eräkeitto, erillinen väkevöitin, likaislauhteiden strippauksen kaasut SOG) linjat ovat ja onko niiden vesitykset kytketty samaan lauhteenkeräilytুক্কiiin, onko tukissa aina riittävä nestepinta erottamaan eri ajopaineessa olevat kaasut ja palamisilmat (ettei paineta väkeviä esim. alhaisempipaineiseen palamisilmalinjastoon tai päinvastoin palamisilmaa laimentamaan väkevien tulolinjaa, jolloin kaasun palaminen voi tapahtua jo siirtoputkessa).

8 JATKOTUTKIMUSEHDOTUKSIA

Projektin aikana tuotiin tehtailla esiin jatkotoiveita joita voitaisiin yhdistyksen piirissä miettiä, mm.:

- BAT- ja BREF- vertailu, miten kohtaa tänä päivänä tehtaalla
- Tärpättidekantterin toiminta ja oikeat lämpötilat
- kaikkien TRS –jakeiden tarkastelua turvallisuusmielessä
- Tärpätin kulkeutuminen
- Metanolin analyysit ja typpipitoisuudet
- LEL-pitoisuudet ja mittaukset
- Miten hallita haihduttamon käynnistyksessä tyhjökaivon kaasujen määrää väkevien hajukaasujen keräilyyn, että ei aiheuteta valtavaa kaasumäärää ja turvallisuusriskiä väkevien hajukaasujen polttopäässä

LIITE 1

**ICRC 2017 presentation: Estimation of amounts and collection degree of modern
pulp mill NCG flows**



Estimation of
amounts and collection degree of
modern pulp mill NCG flows
Kirsi S. Hovikorpi, Esa K. Vakkilainen

Contents

- Introduction
- NCG collection process
- NCG sources
- NCG analyzes
- NCG volume flows
- NCG collection degrees
- Conclusion

Introduction

- Non condensable gases = NCG
- Concentrated (CNCG) and diluted (DNCG) and SOG (Stripper Off Gases)
- Sources are known quite well
- Most problematic aspects are to understand the affects of gas formation
 - Amounts (m^3/h , m^3/h)
 - Concentrations
 - Variations of the contents

Introduction

- Clear definition of whether a source is
 - concentrated CNCG (i.e. above the UEL) or
 - diluted DNCG (i.e. below the LEL)
- Mixing of the two types of NCG (gas and condensate) can result in an explosive mixture
- Recently also the fugitive emissions of TRS have gained attention

Introduction

- NCG system of the modern kraft pulp mill can be designed
 - copying old known process designs
 - following the newest technology and innovations allowing for new process solutions in the different pulp mill departments

NCG collection process

- Modern pulp mills are designed to be malodorous gas free
- zero level of TRS emissions from liquor processes during normal mill operation

CNCG collection process

- CNCG are collected from totally closed system without any air leaking possibility, by using low-pressure steam ejectors or water ring vacuum pumps
- Mechanical design according to the used low pressure steam design values (pressure and temperature) and full vacuum

DNCG collection process

- DNCG systems are designed as closed as possible, minimizing dilution air, by using fans and condensing systems
- Mechanical design varies, typically between 10 ... 50 kPa(g) positive pressure and -10 ... -30 kPa(g) negative pressure.
- Mechanical design temperature varies depending on the pulp mill departments, process temperatures and mill standards.

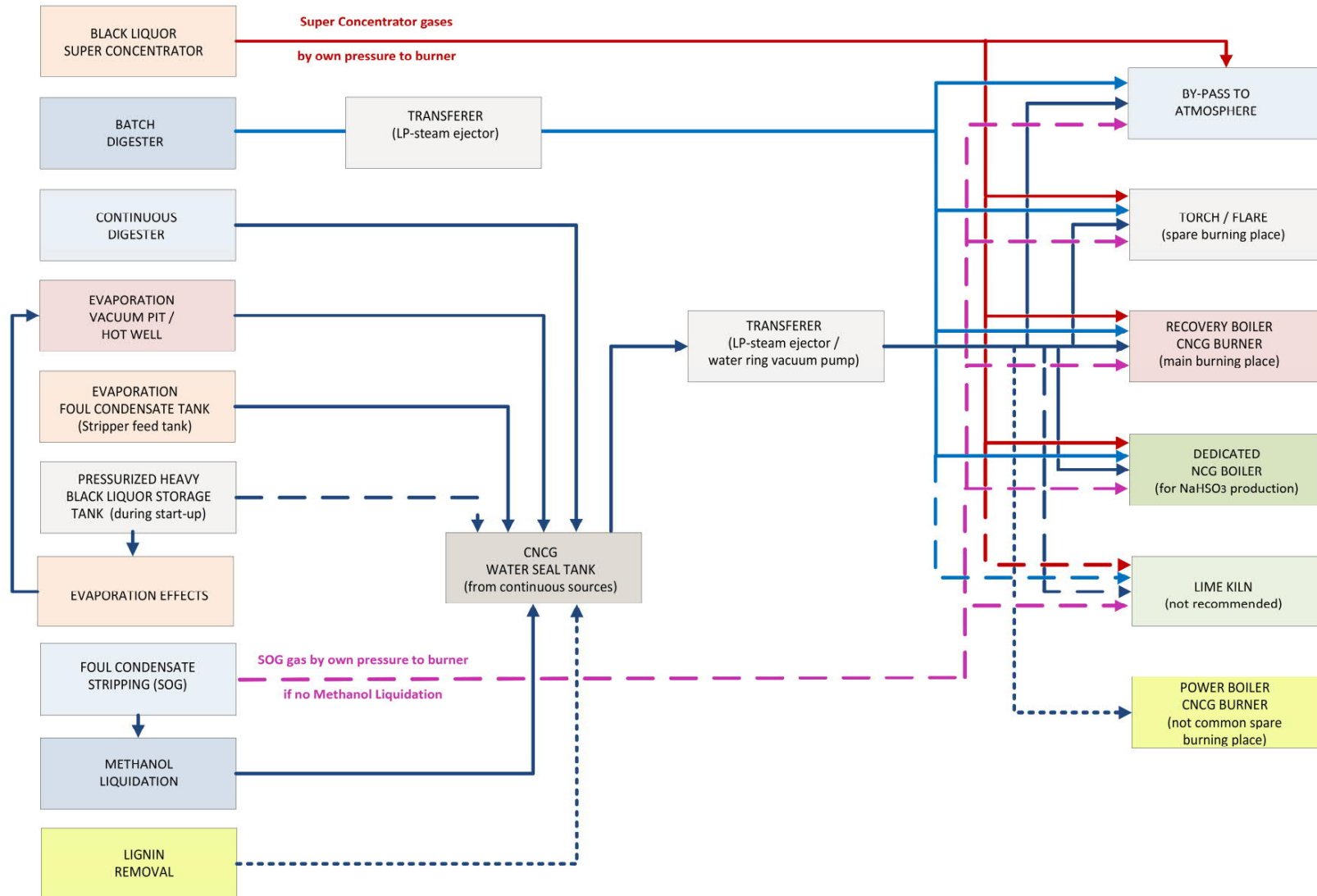
NCG sources

- Kraft pulp mill NCG sources are from departments where wood, pulp and liquors are handled causing malodorous gas releases and air emissions if they are led straight to the atmosphere.
- Departments like
 - cooking plant
 - fiberline
 - evaporation
 - recausticizing

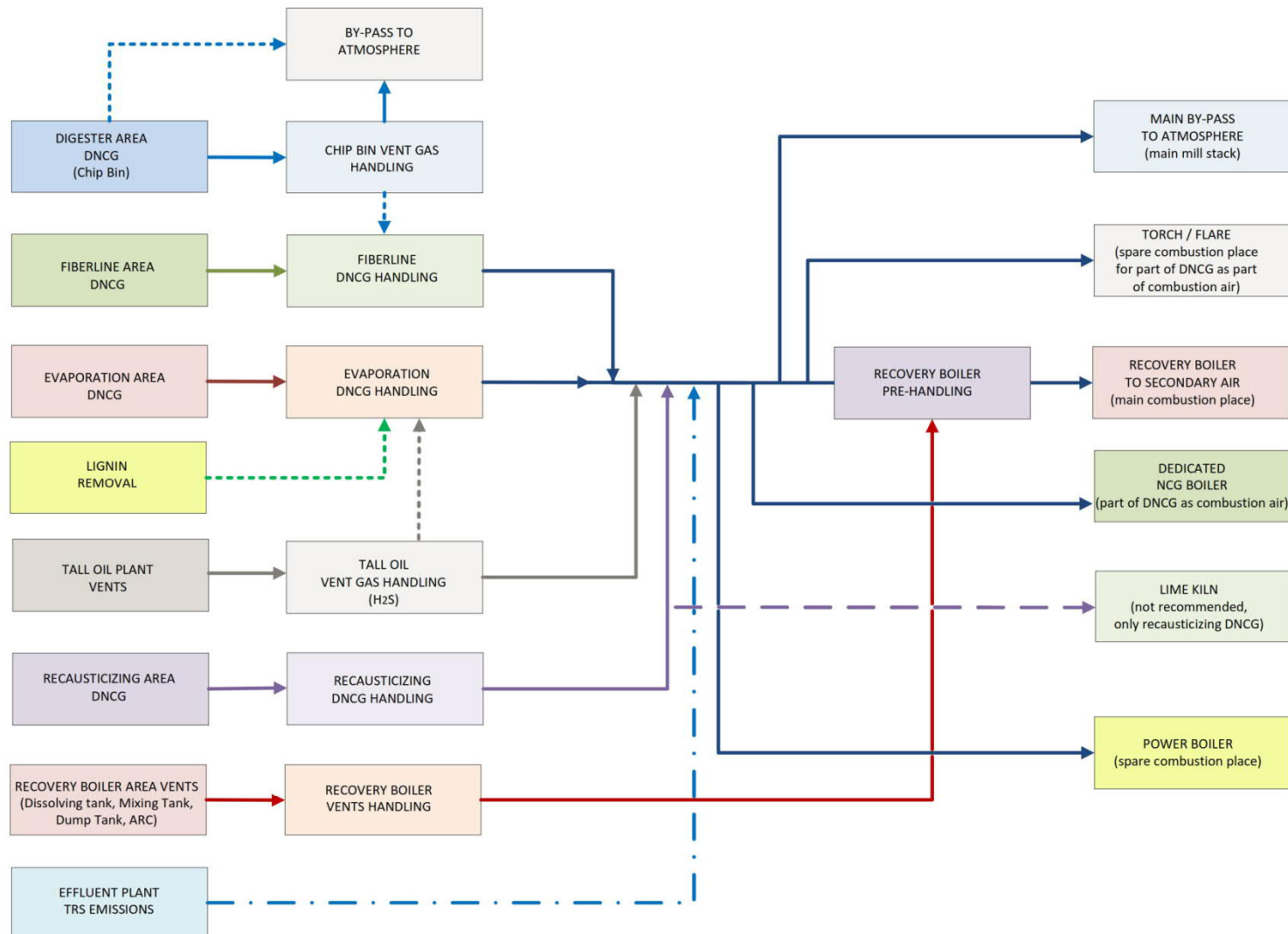
NCG sources

- To increase the performance of the processes to use released TRS contaminated process streams (flashing) and different TRS contaminated condensates might cause new TRS emission sources and also process risks.

CNCG sources



DNCG sources

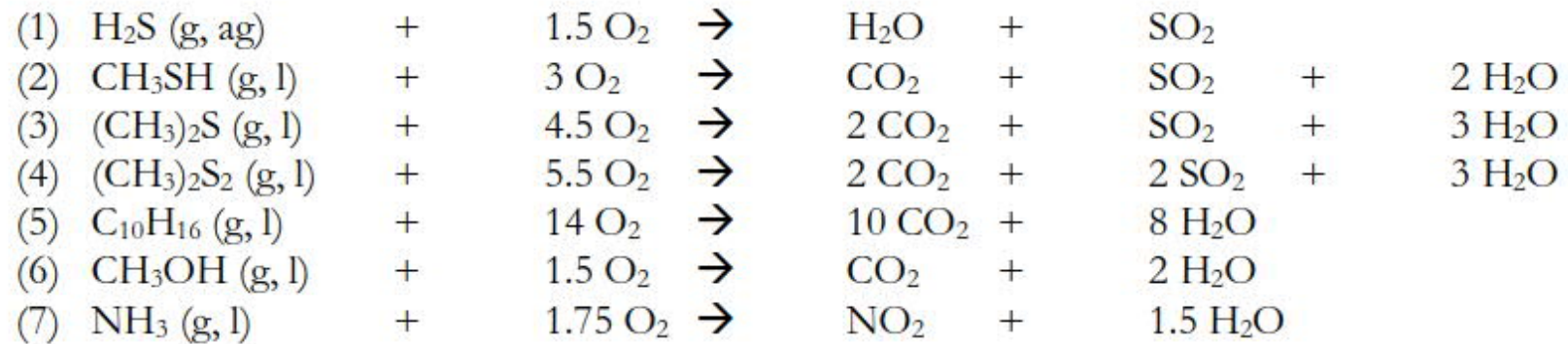


NCG analyzes

- It is important to understand
 - Difference between DNCG and CNCG
 - Different TRS (H_2S , MM, DMS, DMDS) and VOC amounts and their concentrations and condensations
 - Different heat values of compounds

NCG analyzes

- Oxidation of TRS



NCG analyzes

- CNCG composition depends on several actors like
 - used wood material
 - digester type (continuous or batch)
 - rate of digester pulp production
 - white liquor sulphidity %
 - black liquor dry solid content (DS%)
 - need for liquor heat treatment
 - methanol content on the wood

NCG analyzes

- Sulphur emissions in Finland 1992 → 2015

	1992	2015	Päästön muutos / Change
	päästöt /emissions	päästöt / emissions	2015/1992
	kg / tuotantotonni / production	kg / tuotantotonni / production	%
COD, kemiallinen hapenkulutus	31,10	9,72	-69 %
BOD, biologinen hapenkulutus	5,70	0,66	-88 %
Kiintoaine / Solids	3,32	0,89	-73 %
P	0,04	0,01	-79 %
N	0,32	0,13	-57 %
AOX	1,12	0,12	-90 %
NOx	1,80	1,27	-30 %
SO2	2,00	0,28	-86 %
Hiukkaset / Particles	1,23	0,16	-87 %
➔ Rikkipäästöt (sellu 1) / Sulphur emissions (pulp 1)	1,01	0,04	-96 %
CO2 2)	478	162	-66 %
Kaatopaikkajätteet / Solid wastes	89	5	-94 %
Jäteveden määrä milj. m ³ /t / Effluent water billion m ³ /t	70	31	-56 %
1) Hajukaasupäästöt, TRS / Malodorous emissions, TRS			
2) Vertailu vuoteen 1990 / Comparison till year 1990			

NCG volume flows

- When estimating the NCG flows for designing the system, it is important to
 - know used process solutions
 - from where NCGs are forming and released
 - are sources diluted or concentrated
 - is there a possibility for turpentine or methanol condensing
 - which kind of process and flowing media connections are supposed to be used

NCG volume flows

- NCG handling system can still be designed
 - according to the old design methods or
 - according to the updated modern design methods.

CNCG volume flows

Department	range kg S/ADt	range m ³ n/ADt		Modern m ³ n/ADt
Batch cook blowing	0.4 – 0.8	5 - 15		-
Batch cook gassing	0.1 – 0.2	1.0 – 3.0		-
Continuous cooking	0.1 – 0.4	1.0 – 4.5		4.5
Stripper	0.5 – 1.0	15 - 25		*
Evaporation plant	0.4 – 0.8	1 - 10		6 - 10
Methanol processing	0.5 – 2.0	1.0 – 2.0		3
Black liquor heat treatment	2 - 3	1.5 – 3.0		**
Super concentrator	2 - 5	1.5 – 6.0		-
Total	2 - 5	3 - 40		12.5 - 16.5

* Stripper Off Gases (SOG) are led to methanol liquidation.

** Black liquor heat treatment non-condensable gases are led to evaporation effects and from there to evaporation plant CNCG flow.

DNCG volume flows

Department	kg S/ADt	m ³ n/ADt		Modern m ³ n/ADt
Vent gases from continuous cooking	0.1 – 0.5	100 - 400		40 – 50 ***
Vent gases from Super Batch cooking (evacuation air, vents from non-pressurized tanks)	0.1 – 0.5	150 - 300		-
Washing plant vent gases	0.05 – 0.1	100 - 200		100 – 250 ****
Tall oil cooking plant vent gases	0.05 – 0.2	2 - 3		40
Tank vent gases, evaporation plant (atmospheric pressure tanks)	0.1 – 0.4	20 - 30		30
Causticizing plant - Lime kiln area	0.01 – 0.1	5 - 10		30 - 80
Total	0.1 – 0.5	300 - 400		240 - 450

*** Chip bin vents only, **** fiberline DNCG

NCG collection degrees

- Modern mills are closed systems for NCGs.
- Collection degree designed 100% for TRS
- Design capacity for NCG incineration should allow for treating more than 100 % of NCG gas generated during normal operating conditions.
- Collection degree varies depending on the authorities, chosen processes, equipment and use of different re-used streams (condensates, flash steam) on the processes.

NCG collection degree

- From scientific standpoint collecting NCGs so that nothing are never smelling is impossible.
- Modern practice has proven that collecting NCGs so that mill is in practice never smelling is possible.

NCG collection degree

- When operating properly most of the new pulp mills are odour free
- The key for odour free mill is limitation of TRS emissions during
 - upsets
 - equipment malfunctions
 - operator errors and
 - unforeseen occurrence of multiple simultaneous emissions.

Conclusion

- Modern mills are following the newest design methods
- Modern mills have closed NCG collection systems (CNCG and DNCG)
- CNCG and DNCG volume flows and sulphur content can still vary a lot
- Depending on the authorities collection degree varies

LIITE 2

**ICRC 2017 paper: Estimation of amounts and collection degree of modern pulp
mill NCG flows**

ESTIMATION OF AMOUNTS AND COLLECTION DEGREES OF MODERN PULP MILL NCG FLOWS

Kirsi S. Hovikorpi¹, Esa K. Vakkilainen¹

¹⁾ LUT School of Energy Systems
Lappeenranta University of Technology
Lappeenranta, Finland

Abstract: The aim of this study was to estimate modern kraft pulp mill non-condensable gas (NCG) amounts and collection degrees from departments where wood, pulp and liquors are handled causing malodorous gas releases and air emissions if they are led straight to the atmosphere. In this study, the used data is collected from references which are in public domain such as published articles and diploma and final works.

The scope of the study was firstly to collect NCG measurements and mill design data, secondly to analyze the data by using estimations for amounts of NCG gas and sulphur formations and thirdly collect information of the modern used processes. Some observations are shared with regard of the effect of the production capacity, used wood material, process solutions and other operating factors of the kraft pulp mill if any.

Keywords: Kraft pulp mill, non-condensable gas, fiberline, evaporation, recausticizing

INTRODUCTION

On the kraft pulp mills the malodorous non condensable gas sources are known quite well /2/. It is important to understand the malodorous gas collection to design it as effective and safety as possible. The most problematic aspect is to understand what process conditions and configurations affect the formation of the malodorous gas amounts, their concentration and variations in their content. Especially important is to find out how to avoid or at least minimize the exceptional total reduced sulphur (TRS) gas emissions due to process disturbances on gas collection, handling and combustion systems. TRS exceptional emissions share of the total TRS emissions can play significant role if interference situations are repeated. The target that is disturbed contributes this significantly /2/.

There must be clear definition of whether a source is concentrated (i.e. above the UEL) or diluted (i.e. below the LEL) otherwise the mixing of the two types of NCG can result in an explosive mixture /17/. Recently also the fugitive emissions of TRS in the modern pulp mills have gained attention. One of the TRS fugitive emission sources on the older pulp mills are the tank farms, which consists of several open systems to atmosphere /2/. European Union has made available reference documents that have been drawn as part of the exchange of information carried out in the framework of Article 13(1) of the Industrial Emissions Directive (IED). The Best Available Techniques (BAT) reference documents, the so-called BREFs (as well as a few other reference documents) have been adopted under both the IPPC Directive and the IED. The "BAT conclusions" is a part of the of a BAT reference document containing the parts laying down the legally binding conclusions. According to Article 14(3) of the IED, BAT conclusions shall be the reference for setting the permit conditions to installations covered by the Directive. The BREF contains detailed instructions of how to handle and collect NCGs on the modern kraft pulp mills.

The NCG system of the modern kraft pulp mill can be designed copying the old known process designs, or following the newest technology and innovations allowing for new process solutions in the different pulp mill departments. The next chapters will handle the new design.

Non-condensable gases (NCG)

In the kraft pulp mills, on the cooking process, the cooking chemicals react with wood chips and dissolve organics like lignin from the pulp. The main sulfur compounds in the non-condensable gases (NCG) are: H_2S , CH_3SH , $(CH_3)_2S$ and $(CH_3)_2S_2$. Other common organic compounds in the NCG gases are: methanol (CH_3OH) and turpentine ($C_{10}H_{16}$). Typically there is also some ammonia (NH_3O). In some measurements (done by gas chromatography) acetone (C_3H_6O), acetaldehyde (C_2H_4O) and butanone (methylethylketone, MEK, C_4H_8O) have been observed.

European commission's IPPC BAT BREF defines;

"Malodorous gases - often referred to as non-condensable gases (NCG) - contain gases released during the manufacturing of kraft pulp and volatile compounds entering with the wood. The gases released during cooking, black liquor handling and causticizing, i.e. hydrogen sulphide, methyl mercaptan, dimethyl sulphide and dimethyl disulphide, are strongly odorous compounds, which give malodorous gases their characteristic aroma. The volatile compounds entering with the wood raw material, i.e. turpentine and methanol, are not odorous in a pure state, but in pulp mills they contain impurities in the form of odorous components." /21/

Concentrated non-condensable gases (CNCG)

Concentrated non-condensable gases (CNCG) originate mainly from the cooking plant, evaporation plant or from the stripping of foul condensates. The total amount of sulphur in concentrated non-condensable gases in a modern chemical pulp mill is in the range of 2 – 6 kg S/ADt /15/ and is normally higher at hardwood (birch, eucalyptus) pulping than at softwood (pine, spruce) due to the different lignin structure. For process reasons, the amount and the TRS composition of concentrated non-condensable gases may vary widely. Typical amounts of CNCG collected from different sources in a kraft pulp mill are shown in Table 1.01.

Stripper off-gases (SOG)

Stripper off-gases (SOG) refer to concentrated non-condensable gases originating from the stripper. This gaseous mixture contains methanol (30 to 50 w-%) as well as TRS compounds, different terpenes (mainly α -pinene), other high molecular weight organic compounds /23/, and steam at saturated steam conditions that can be hotter than other CNCG streams.

Dilute non-condensable gases (DNCG)

According to the European commission's IPPC BAT BREF DNCG are the major contributors to the diffuse emissions from kraft pulp mills. Dilute malodorous gases (DNCG) have low concentration of smelly compounds, but the releases are relevant and may account for a significant share of the total emission from the pulping process.

"Dilute non-condensable gases are collected from tanks and equipment in the fiber line (chip pre-steaming, screening, pulp washing, ventilation of various tanks that contain black liquor), the evaporation plant, tall oil cooking plant and causticizing plant (e.g. smelt dissolver). Non-condensable gases from pressurized liquor tanks should be handled as concentrated non-condensable gases. Dilute non-condensable gases contain the same components as concentrated non-condensable gases but have so much leakage air that their concentrations are considerably lower." /21/

NCG COLLECTION PROCESS

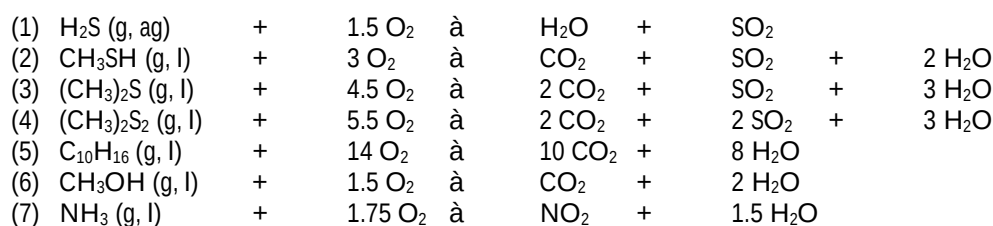
The modern pulp mills are designed to be malodorous gas free, so emit zero level of TRS emissions from liquor processes during normal mill operation. Due to process operating difficulties and equipment failures venting to atmosphere might be a last option. However there still might be some TRS emissions coming from various unregulated sources during normal mill operation.

Both DNCG and CNCG gases are burnt in the recovery boiler, CNCG gases in a separate CNCG burner and condensed and pre-heated DNCG gases as part of combustion air on the secondary and in the older design on the tertiary air levels. The CNCG are collected from totally closed system without any air leaking possibility to the collection system. The DNCG systems are designed as closed as possible, excess dilution air is tried to be minimized.

The gas composition varies widely from the system to system, and especially due to process disturbances within the same system. The main variables which have an effect to the CNCG composition, concentration and volume from different collection sources are the used wood species (softwood, hardwood), white liquor sulfidity level, firing black liquor dry solids content (needed liquor heat treatment) and digester type. Especially important in the modern pulp mills are how the weak black liquor is handled after the digester (flashing liquor). For DNCG the main variables which are affecting to the composition and volumes are used collection style, wood species, equipment, process connection variations and process temperatures.

Oxidation of TRS

Total reduced sulphurs (TRS) of the NCGs' can be oxidized using a suitable device which often is the recovery boiler or dedicated NCG combustion device. Similar reactions are occurring in the lime kilns, biomass boilers and the flares. To reduce SO₂ formation, an alkaline TRS washing scrubber for sulphur washing for CNCG gas stream has been used especially when using a flare as a spare burning place. The flare just oxidizes the TRS compounds without sulphur recovery.



CNCG SOURCES

The main sources of the concentrated non-condensable gases (CNCG) are digester (digester relief condenser, decanter, underflow tank, turpentine storage tank), black liquor evaporation (vacuum pit/hot well), vent from tightly closed foul condensate tank (stripper feed tank), foul condensate stripper, methanol tank (if methanol liquidation plant) and from lignin removal (if the mill has lignin removal system /15/), Figure 1. /17/

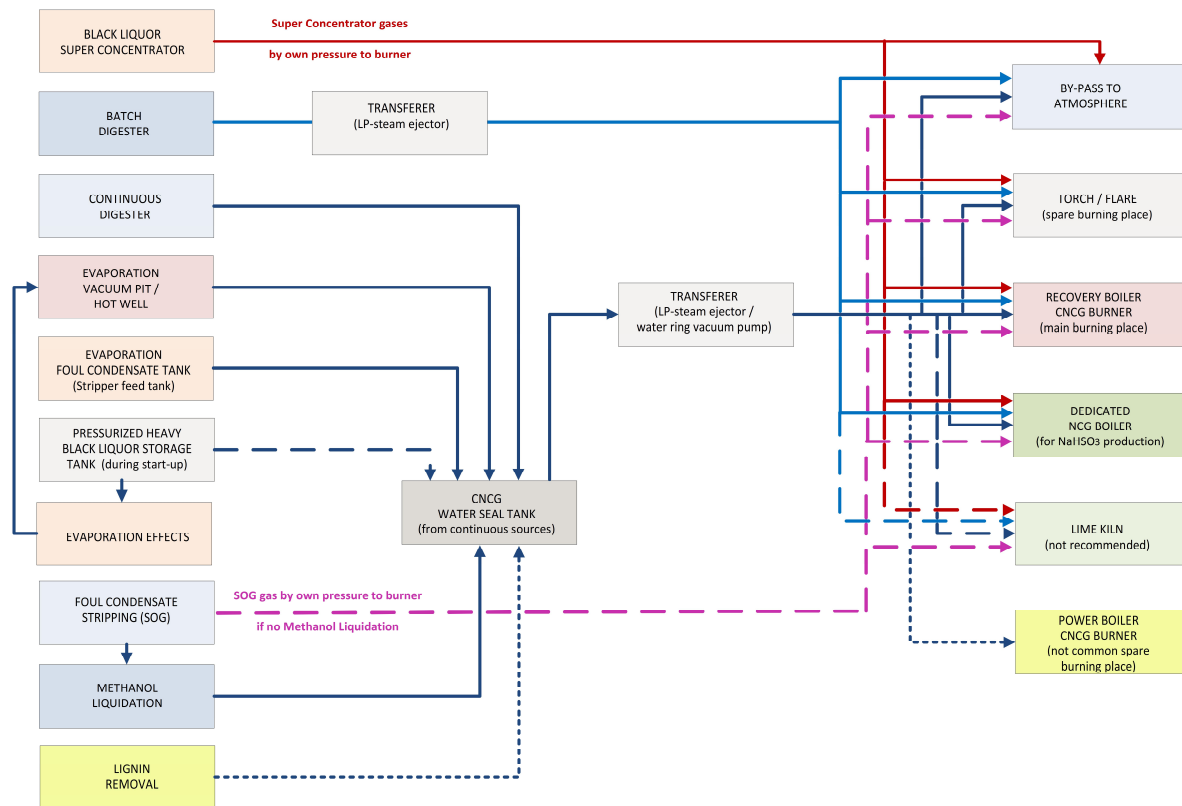


Fig. 1 Different sources, handling, transferer and destruction places of the CNCG on the modern kraft pulp mills

Depending on the cooking (continuous or batch), handling of the flash steam (reboiler) and need of liquor heat treatment (as fired black liquor dry solid content), the CNCG streams from the continuous cooking are connected to a common continuous CNCG collection system water seal tank to where all other continuous CNCG streams are coming by their own separate lines with own individual pressure control (PIC) loops (own measurement and control valve). The gases are led under the water seal tank water surface to keep all incoming gas stream lines at all times separate from each other. If in the digester washing liquor system, a reboiler (indirect steam production) has been used, the need for CNCG gas collection line to the common CNCG collection might not exist. The concentrated non-condensable gases of the digester area are released at the evaporation system if the weak black liquor from the pulp washing section of the digester is not flashed on the digester area.

The CNCG gas stream from the batch digester must be handled in its own lines until own CNCG burner nozzle, totally separate from the other CNCG to take into account the large variations in volume flows and pressure peaks. Also the condensate collection is separated, own system.

When heavy black liquor dry solid concentration is under 75%DS an atmospheric firing liquor tank is a common solution. Released TRS gases from atmospheric tank are led to the diluted non-condensable gas (DNCG) collection together with gas collection from other evaporation liquor tanks. One important development in modern recovery boiler operation is the "high-solids firing which refers to burning black liquor at solids contents greater than 75% /16/. Depending on the liquor heat treatment process common solution is to lead CNCG gases from liquor heat treatment to some of the evaporation effect to recover the energy. This increase the evaporation CNCG gas volume flow and sulphur content in the gas.

In the modern green field mills, the digester black liquor flashing has several handling possibilities and variations which have an effect for CNCG collection and system design. Depending on the fresh steam need and use on the digester area, and the design of the black liquor flashing process, the TRS components of the digester process will stay in the black liquor and release on the evaporation plant processes which increase the TRS amount from evaporation. This is due to so called reboiler which produces fresh medium pressure steam for the chip bin use. The

mills which do not have a reboiler lead flash steam stream (which includes non-condensable TRS gases released from the digester black liquor) to chip bin as part of fresh steam for wood chips pre-steaming. This flash steam connection has caused several explosions on DNCG combustion systems.

If SOG gases are led straight to the NCG burner without methanol liquidation, this can be done by own process pressure, normally 10 ... 15 kPa(g). The pressure of the gas at the stripper condenser discharge is much higher than other CNCG streams. Common CNCG gas pressure after ejector to the burner is 3 ... 5 kPa (g) without any additional pressure control low-pressure steam feed to the CNCG burner nozzle.

The SOG stream must be handled always in its own lines, totally separate from the other CNCG system (gas and condensate sides) to handle the differences in pressure and also to prevent condensation of the SOG constituents (methanol, turpentine and steam condensate) in the collection system and facilitate burning (different process temperatures). The condensate collection is totally separated own system for SOG.

If the SOG gases are led to the methanol liquidation instead of straight to the NCG burner, the non-condensable gases from methanol liquidation can be led to the common, continuous CNCG collection system consisting of a water seal tank, to where all other mill continuous CNCG sources are coming by own separate lines under the water surface. When SOG is led to methanol liquefaction, a more stable and reliable NCG incineration process will be achieved, also in disturbance situations in the evaporation plant and stripper /23/.

When designing the kraft pulp mill CNCG system, it is important to understand and also know the different variations of the baths of the concentrated non condensable TRSs after the final process solutions of the digester area and evaporation area are chosen.

DNCG SOURCES

Depending on the design methods of the NCG system, diluted non condensable gas (DNCG) collection system and handling has two main variations; totally closed system (with over/under pressure seals and closed overflows of each collection tank separately) and totally or partly open system (with own vent lines of each collection source to prevent tank collapse and/or taking dilution air), Figure 2.

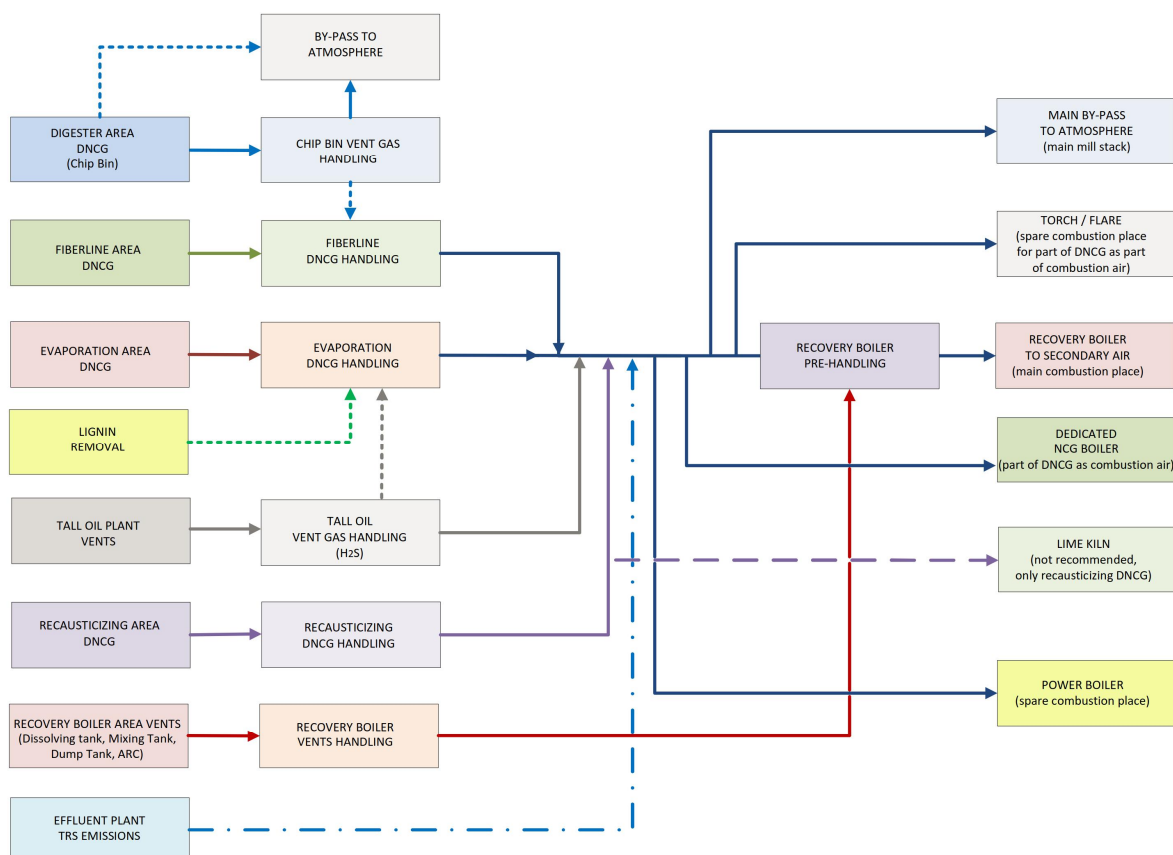


Fig. 2 Different sources and destruction places of the DNCG on the modern kraft pulp mills

Fiberline DNCG sources

Fiberline DNCG collection can be shared to the digester area Chip bin vent gas handling, Brown stock washing and Screening, Oxygen delignification up to O₂ Blow Tank before Bleaching. Typical modern kraft pulp mill DNCG sources on the fiberline are: Chip Bin (to DNCG collection or not), Blow Tank, Brown stock washer's feed MC-pump vacuum pump, Brown stock washers, Buffer filtrate tank, Brown stock filtrate tank, Oxygen feed MC pump vacuum pumps, O₂ Booster MC-pump, O₂ Blow Tank (to DNCG collection or not), Knot washer, Reject washer, Reject tanks, Post-O₂ washers (washers after oxygen stage), Post-O₂ filtrate tanks, Post-O₂ system MC pumps vacuum pump, Brown stock sump (floor canals to under floor collection pit) and Spill collection tank (from under floor collection pit), Figure 3.

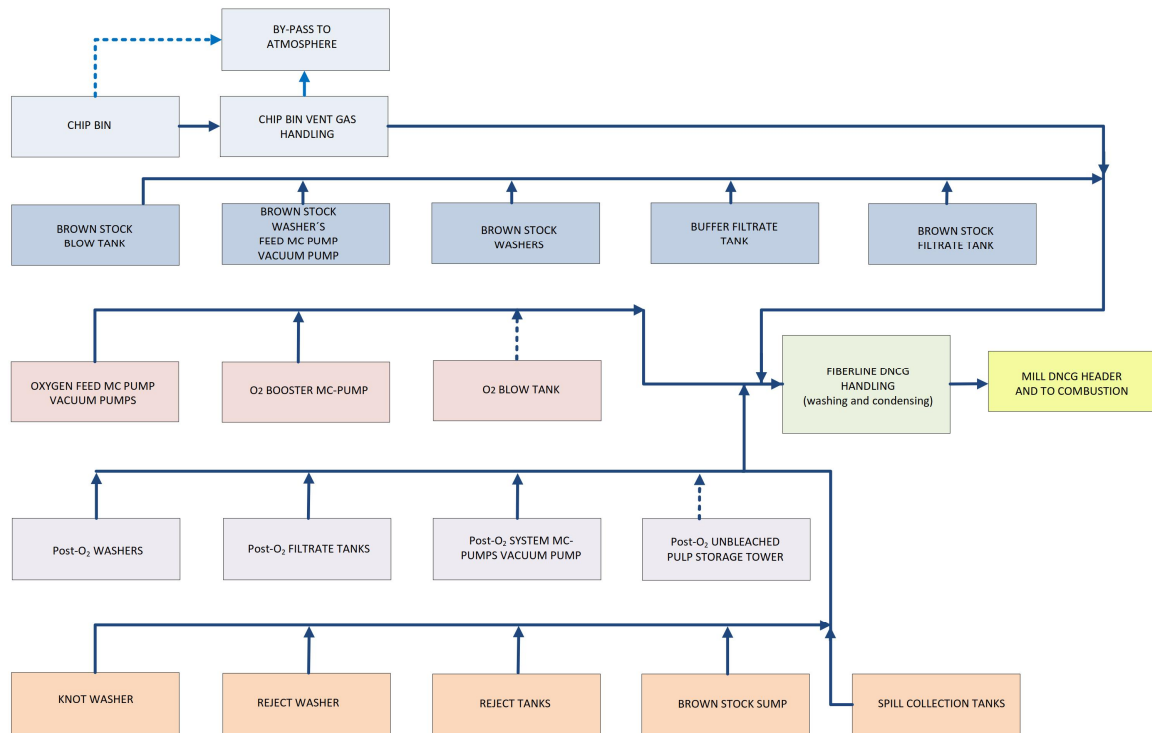


Fig. 3 Typical modern kraft pulp mill DNCG sources on the fiberline

Evaporation DNCG sources

Evaporation DNCG collection is from the liquor and condensate tanks. All different evaporation liquor tanks are in DNCG collection except if the mill has a pressurized heavy liquor storage tank (over 75% dry solid content) which normally will be connected to the evaporation effects and for evaporation start-up to the CNCG collection. If the mill is using soft wood (pine, spruce) there will be also a soup tank to where main liquor tanks overflows leading soup from the surface level to soup tank. On some modernized pulp mills might have also lignin removal process.

Typical modern kraft pulp mill DNCG sources on the evaporation area are: Feed liquor tanks, Spill liquor tank, Sump, Secondary condensate tanks (A and B), Heavy liquor storage tanks (when atmospheric tank, under 75% DS), Soup tank (soft wood mills) and Lignin removal process, Fig. 4.

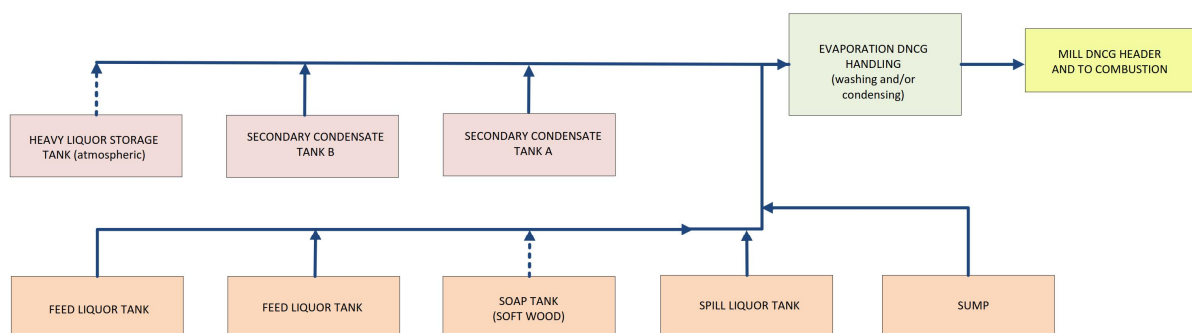


Fig 4. Typical modern kraft pulp mill DNCG sources on the evaporation area

Tall oil plant vents

Typical modern kraft pulp mill (using pine) DNCG sources on the tall oil plant are: Mix tank, Reactor, Tall oil tank, Acid water tank and H₂S scrubber, Figure 5.

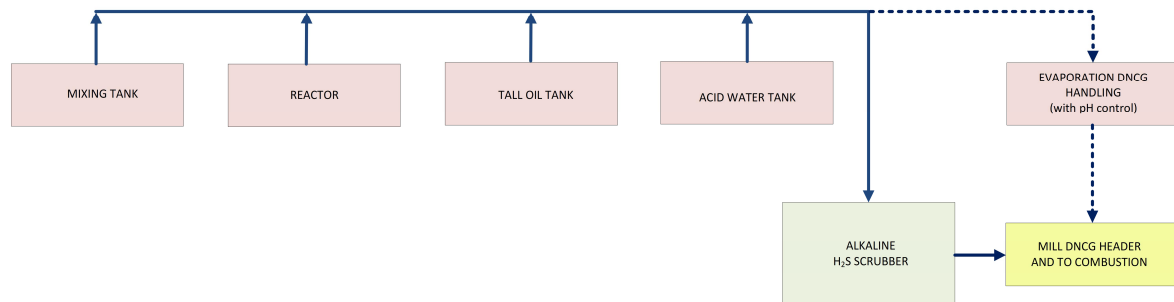


Fig. 5 Typical modern kraft pulp mill DNCG sources on the Tall oil plant

Recausticizing DNCG

Recausticizing DNCG collection is from the both hot and cold/warm collection sources. Typical modern kraft pulp mill hot collection sources (gas condensation needed) on the recausticizing are: Lime mud storage tank, Weak wash storage tank, White liquor storage tanks, White liquor clarifier, Acid tank, Dilution tank, White liquor filter, Slaker, Causticizers, Vacuum pumps, Wash water tank, Green liquor filters, Spill clarifier, Dregs tank, Raw green liquor storage tank and Green liquor storage tanks. Typical modern kraft pulp mill cold/warm collection sources (condensation not necessary) are: Lime mud filter, Dregs filter, Dregs filter vacuum pump and Vacuum pumps, Figure 6.

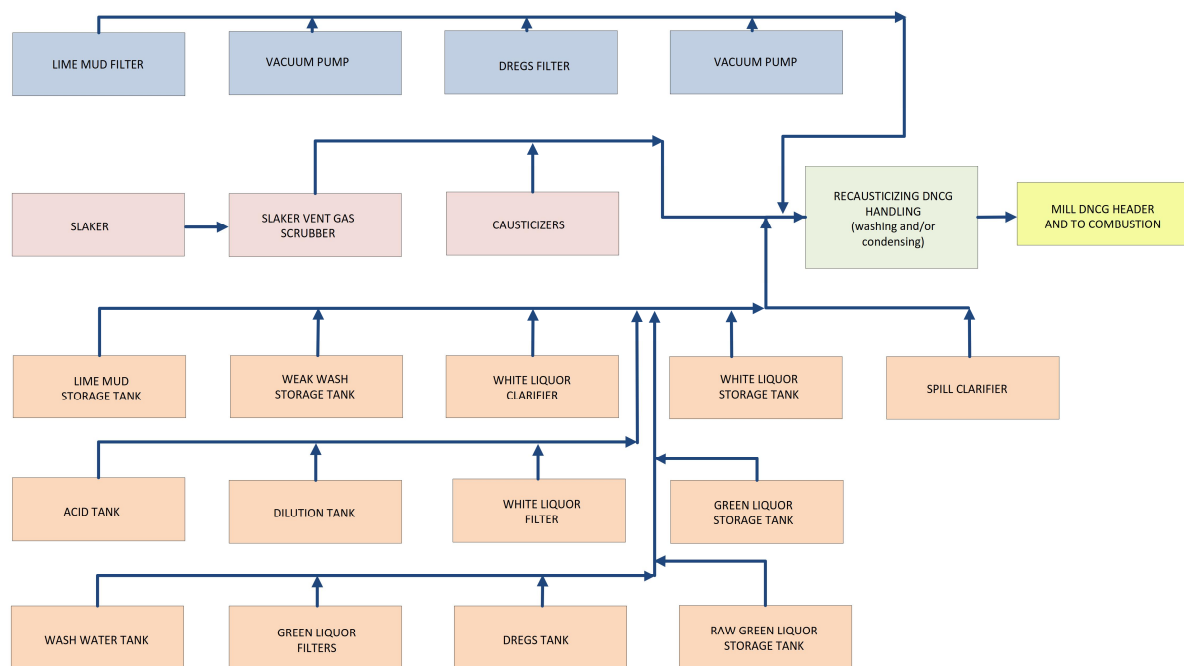


Fig. 6 Typical modern kraft pulp mill DNCG sources on the recausticizing

Recovery boiler area DNCG

Typical recovery Boiler area DNCG sources are: Dissolving tank vent gases, Ash dump tank vent gases, Ash mixing tank vent gases and Potassium and chlorine removal systems, Fig 7. The dissolving tank vent gases (DTVVG) contain inorganic dust, ammonia and malodorous sulphur compounds. Vent gases have not traditionally been classified as non-condensable gases. However, when the vent gas is sent to the recovery boiler furnace, it must be handled in accordance to the instructions for handling dilute non-condensable gases (DNCG) because of its high moisture content /23/. The mixing and dump tank vent gases contain TRS compounds and unmixed precipitator ash. Possible potassium and chlorine removal system vent gases need also to be handled by the recovery boiler area DNCG system.

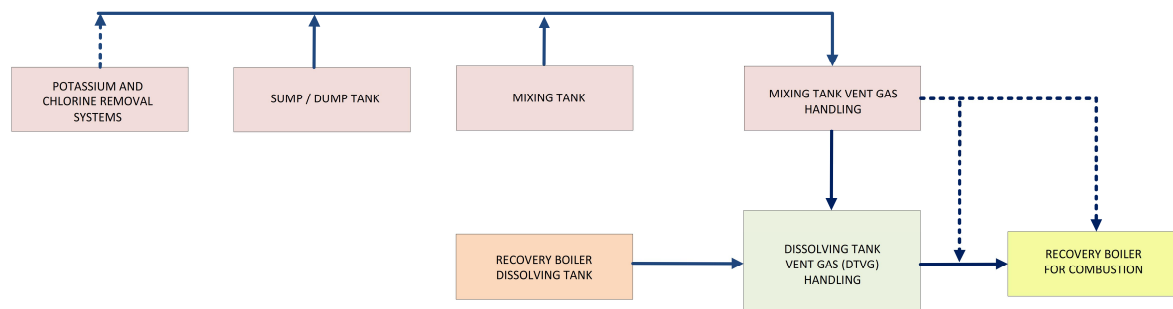


Fig. 7 Typical modern kraft pulp mill DNCG sources on the recovery boiler area

Previously recovery boiler vent gases (DTVG) were only treated with scrubbers. Alternatively, DTVG and mixing tank vent gases can be burnt in recovery boilers modified for vent gas incineration, after removing moisture and particulate matter. This technique has been retrofitted to existing recovery boilers. If DTVG and mixing tank vent gases are burnt in the recovery boiler, a fan draws the vent gases from the dissolving tank, a condenser reduces the moisture of the gas (DNCG always below 55 °C/131 °F, /31/) and a scrubber reduces the particulate matter. Then the cleaned vent gas is combined with preheated air and a fan blows the air/vent gas mixture via ducts to the furnace.

NCG ANALYSES

It is important to understand the difference between DNCG and CNCG. Especially CNCG gases consist of high volumes of TRS and other volatile organic compounds (VOC) which have different heat values. TRS compounds include hydrogen sulfide (H₂S), methyl mercaptan (MM), dimethyl sulfide (DMS) and dimethyl disulfide (DMDS). VOC includes methanol, acetone and turpentine. /32/

CNCG composition depends on several actors like the used wood material, the digester type (continuous or batch), the rate of digester pulp production, white liquor sulphidity % (Na₂S amount in white liquor per Na₂S + NaOH), black liquor dry solid content (DS%), possible need for liquor heat treatment (which might double the sulphur amount), methanol content on the wood and usage of methanol liquidation plant for SOG. In addition the pre-handling of the CNCG gas flows (H₂S washing scrubber before transferring unit), way CNCG collection sources are connected and possible abnormal process connections and used transferring equipment (steam ejector or vacuum ring pump) will affect the gas composition.

The sulphur emissions have been decreased on the modern and modernized pulp mills enormously since end the 1980. For instance, in Finland, the sulphur emissions of bleached pulp production has decreased 90% from 1992 to 2015, from 1.12 kgS/ADt down to 0.12 kgS/ADt respectively. The main causes of reduced emissions in modern pulp mills are closed chemical recovery, firing high dry solid content black liquor, effective flue gas cleaning, comprehensive NCG collection and improved destruction of malodours gases. /10, 33/

Recently also the fugitive emissions of TRS in the modern pulp mills have gained attention, BAT range is 0.05 – 0.2 kgS/ADt. One of the TRS fugitive emission sources on the older pulp mills are the tank farms, which consists of several open systems to atmosphere. Based on the results of one Finnish pulp mill, TRS fugitive emissions are formed about 0.04 kgS/ADt from the pulp production, and waste water treatment mainly sludge treatment TRS fugitive emissions are formed also about 0.04 kgS/ADt /2/. The total sulphur and volume flows per product air dry ton pulp (ADt) of concentrated and diluted non-condensable gases, and also modern pulp mill range for volume flows are shown on the Table 1 and 2.

NCG VOLUME FLOWS

It is not so easy to find out the accurate average NCG volume flows due to the variations of the processes, equipment and gas stream connections. When estimating the NCG flows for designing the system, it is important to know the used process solutions, from where the non-condensable gases are forming and released, are sources diluted or concentrated gases, is there possibility for turpentine or methanol condensing, and which kind of process and flowing media connections are supposed to be used (variations between suppliers and process need).

Depending on the selected process concept of the pulp mill itself, the variation of the non-condensable gases will be still wide even though on the modern mills and newest technology. When using word modern mill, the non-condensable gas handling system can still be designed according to the old design methods or according to the updated modern design methods. In IPPC BAT BREF document for pulp and paper, it has been informed typical range for the amounts of concentrated and diluted non-condensable gases from different departments. It is not

possible to calculate and get the summary of all NCGs according to the Tables 1.01 and 2.01, where are shown total non-condensable gas flow per ADt. /21/

Concentrated non-condensable gases (CNCG)

On the modern mill, for instance, pulp production 4000 ADt/d, according to the Table 1, the range of CNCG would be from 500 even up to 7000 m³n/h. If the firing black liquor dry solids content is 80 % or more, the black liquor heat treatment/super concentrator system is needed to decrease the viscosity of the black liquor which will increase the sulphur content on the CNCG flow even double. High sulphidity level will also increase the sulphur release.

Table 1 Amounts of concentrated non-condensable gases (CNCG) collected from different departments vs. estimation of modern mill

Department	range kg S/ADt	range m ³ n/ADt	Modern m ³ n/ADt
Batch cook blowing	0.4 – 0.8	5 - 15	-
Batch cook gassing	0.1 – 0.2	1.0 – 3.0	-
Continuous cooking	0.1 – 0.4	1.0 – 4.5	4.5
Stripper	0.5 – 1.0	15 - 25	*
Evaporation plant	0.4 – 0.8	1 - 10	6 - 10
Methanol processing	0.5 – 2.0	1.0 – 2.0	3
Black liquor heat treatment	2 - 3	1.5 – 3.0	**
Super concentrator	2 - 5	1.5 – 6.0	-
Total	2 - 5	3 - 40	12.5 - 16.5

* Stripper Off Gases (SOG) are led to methanol liquidation.

** Black liquor heat treatment non-condensable gases are led to evaporation effects and from there to evaporation plant CNCG flow.

Using estimations from the modern mill CNCG values, depending on the black liquor dry solids content, need of black liquor heat treatment, connections of the heat treatment and pressurized heavy black liquor tank, and whether there is the methanol liquidation, the range of CNCG would be between 2000 to 2750 m³n/h. See Figure 9.

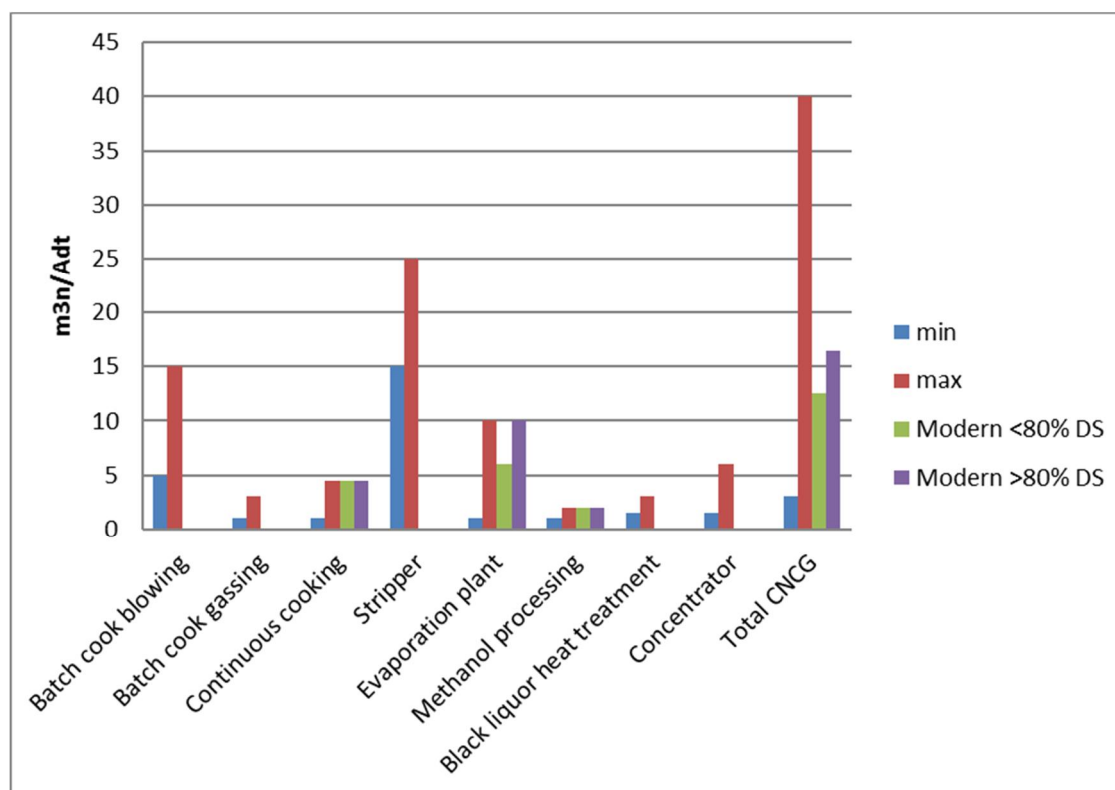


Fig. 9 Variation of concentrated non-condensable gases (CNCG) on the modern mill (with continuous cooking, methanol liquidation, BL <80% DS / BL >80% DS with black liquor heat treatment) collected from different departments

On one South-American pulp mill, currently it has been measured as for total CNCG generation 1500 m³n/h. The total CNCG flow is at the lower end contingently due to the black liquor dry solid content (ca 80 %), there is the methanol liquidaion and a black liquor heat treatment, and also sulphidity level can decrease the flow. /19/

Diluted non-condensable gases (DNCG)

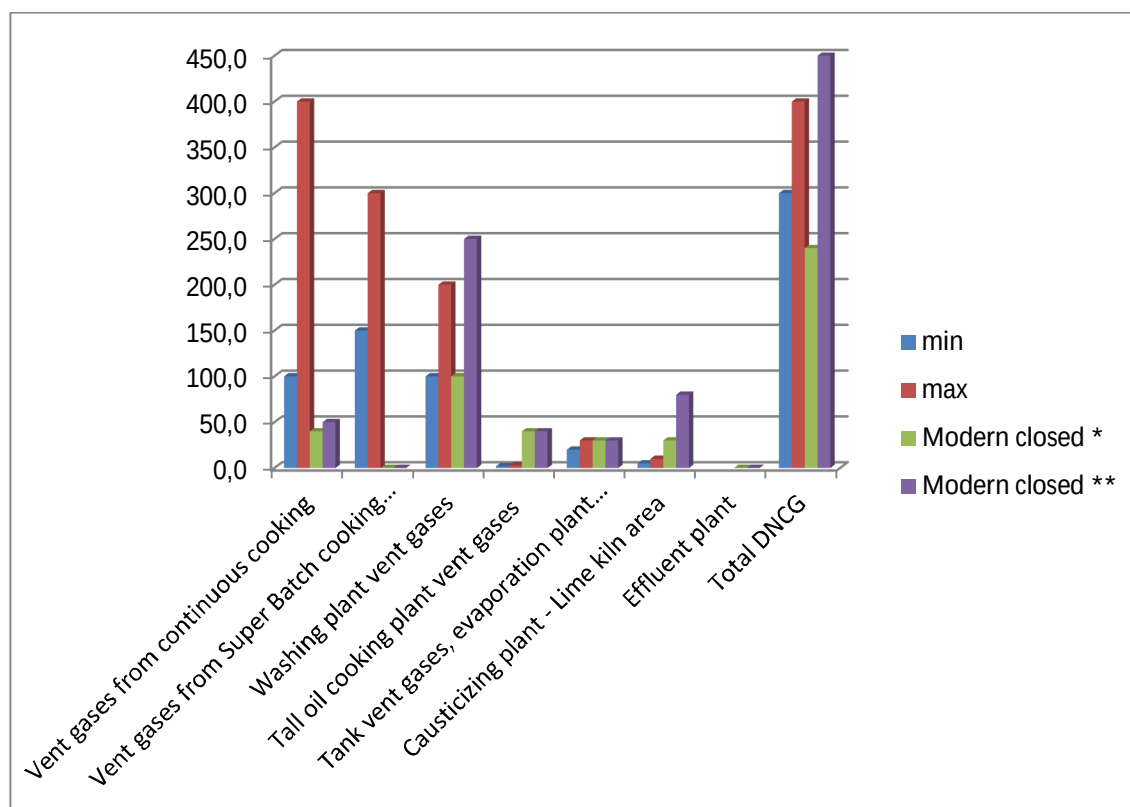
On a modern mill, with pulp production 4000 ADt/d , according to the Table 2, the range of DNCG would be from 50 000 even up to 70 000 m³n/h DNCG gases. For DNCG gases, it is really important to understand the collected sources (are they tanks or modern closed equipment) and gas temperatures of each sources (are e.g. tanks flashing).

Table 2 Amounts of diluted non-condensable gases (DNCG) collected from different departments at 40 °C/104 °F

Department	kg S/ADt	m ³ n/ADt	Modern m ³ n/ADt
Vent gases from continuous cooking	0.1 – 0.5	100 - 400	40 – 50 ***
Vent gases from Super Batch cooking (evacuation air, vents from non-pressurized tanks)	0.1 – 0.5	150 - 300	-
Washing plant vent gases	0.05 – 0.1	100 - 200	100 – 250 ****
Tall oil cooking plant vent gases	0.05 – 0.2	2 - 3	40
Tank vent gases, evaporation plant (atmospheric pressure tanks)	0.1 – 0.4	20 - 30	30
Causticizing plant - Lime kiln area	0.01 – 0.1	5 - 10	30 - 80
Total	0.1 – 0.5	300 - 400	240 - 450

*** Chip bin vents only, **** fiberline DNCG

On one South-American pulp mill, it has been measured for total DNCG generation 32 000 m³n/h, which is the sum of two lines, 2000 m³n/h and 30 000 m³n/h. The flow from the first line seems to be very low. /19/



* Design criteria with maximum DNCG collection temperature, ** Design criteria lowest DNCG collection temperature, flow unit after condensing m³n/ADt

Fig 10 Variation of diluted non-condensable gases (DNCG) on the modern mill (with continuous cooking, closed collection, with maximum and minimum collection temperatures, recausticizing area vacuum pump variations) collected from different departments

NCG COLLECTION DEGREES

The modern kraft pulp mills are closed systems for malodorous gases. The collection degree has been designed normally 100% for TRS gases coming from the kraft pulp and liquor production, CNCG and DNCG. The design capacity for NCG incineration should allow for treating more than 100 % of the gas generated during normal operating conditions. The collection degree varies depending on the chosen processes, equipment and use of different condensates on the processes.

The diluted gases (DNCG) are collected, washed and cooled, and burnt in the recovery boiler, in the lime kiln (causticizing DNCGs), or in a dedicated boiler as part of combustion air. As a spare burning place, if any are used a flare, a dedicated boiler or a power boiler. The mechanical design values allow certain under and over pressure for closed collection of the tanks and equipments, which might be equipped also with needed under and/or over pressure equipments for releasing unwanted conditions. Scrubbing of NCG gas stream is mainly effective on H₂S and possible solid particles like small fibers (fiberline DNCG) or lime dust (causticizing DNCG). Depending on the need, CNCG gases can be washed with alkaline scrubbing media to decrease sulphur amount before combustion.

In cooking and evaporation, a part of the malodorous TRS compounds are transferred to the collected foul condensates. In addition to TRS compounds, the condensates contain methanol, turpentine and some other oxygen-consuming compounds (BOD load). The secondary condensate use for washings (for instance on the fiberline delignification washing processes) might release unfavorable TRS emissions which also might be taken to DNCG collection increasing fiberline DNCG amount and condensing capacity.

The collection of the NCGs is carried out with gas pipelines (design according to used steam) for CNCG and ducts (design parameters varies, between 10 ...50 kPa(g)) for DNCG, ejectors and vacuum ring pumps (CNCG) and blowers (DNCG) for gas transfer. Operational disturbances or system malfunctions should be prevented, reduced and monitored and the number of failures and their duration recorded.

Gunns Limited, Bell Bay Pulp Mill Project, Tasmania, Australia

Even though Gunns Limited, Bell Bay Pulp Mill in Tasmania, Australia is still pending of the start of construction it is a good and public example of modern odour handling systems. For CNCG the design included two dedicated incinerators in addition to recovery boiler. It also introduced the parrice of continually destroying the CNCG in two places simultaneously thus decreasing the possibility of odour problems if one comes unavailable for operation. For DNCG the collection is very extensive. Also for DNCG there are several possible sites for destruction; Recovery boiler, power boiler and the NCG incinerators.

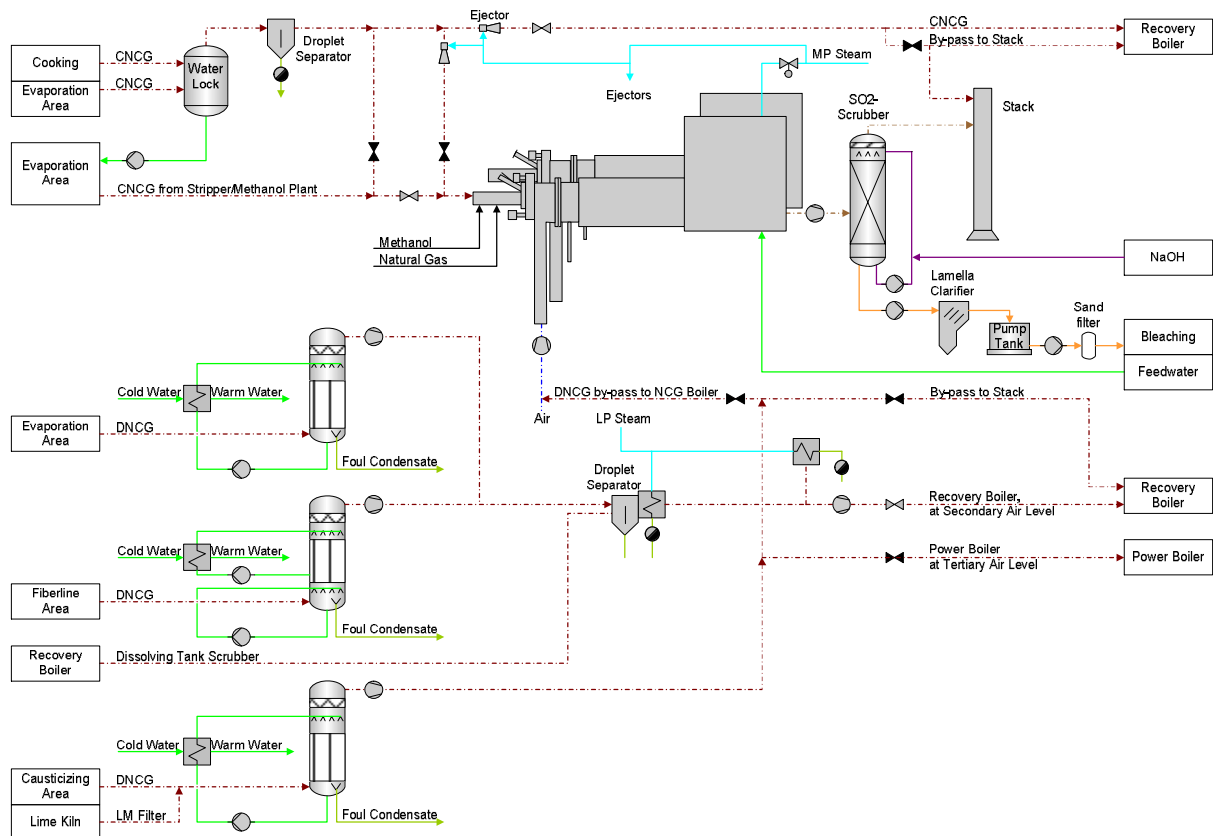


Fig. 11 Gunns Pulp mill odour handling system /24/

Even though from scientific standpoint collecting pulp mill malodours so that nothing are never smelling is impossible, modern practice has proven that collecting malodorous gases so that a pulp mill is in practice never smelling is possible. When operating properly most of the new pulp mills are odour free. The key here is the limitation of odorous emissions during upsets, equipment malfunctions, operator errors and unforeseen occurrence of multiple simultaneous emissions.

Depending on the authorities, on the modern mills, the NCG collection degree might vary. Depending on the collection source temperatures (saturated or relative humidity), the collected DNCG volume flow might vary a lot, especially on fiberline and recausticizing collections.

Streams not included in non-condensable gases

There are numerous streams from pulp mill that contain water vapour and air. Examples of streams that are not considered collectible because of their negligible sulphur content are the following: ventilation air from buildings, moist water vapour from pulp or paper machines, moist air from cooling towers, water vapour from surface of effluent treatment ponds, ventilation from drains and vapour from vacuum pumps. /21/

CONCLUSION

The modern pulp mills, following the newest design methods are designed to be malodorous gas free and having zero level of TRS emissions from liquor processes, during normal mill operation. All pulp mill NCG can be effectively collected and incinerated. When estimating the NCG amounts for design the system, it is important to know the used wood spice, used process solutions, from where the non-condensable gases are forming and released, are sources diluted or concentrated gases, is there possibility for turpentine or methanol condensing, and which kind of process and flowing media connections are supposed to use (variations between suppliers and process need).

Depending on the selected process concept of the pulp mill itself, the variation of the non-condensable gases will be still wide even though one has a modern mills and newest technology, especially for diluted non-condensable gases. Even with modern mill, the non-condensable gas handling system can still be designed following the old design methods but updated modern design methods are recommended.

Depending on the authorities, on the modern mills, the NCG collection degree and, due to that reason, also air emission sources might vary. Especially on DNCGs the collection style, temperatures of the sources (saturated or

relative humidity, leakage air) and the use of secondary condensates on the washing, the collected DNCG volume flow might vary a lot, especially on fiberline and recausticizing collections.

Even though from scientific standpoint collecting pulp mill malodours so that nothing remains or the mill is never smelling is impossible, modern practice has proven that collecting malodorous gases so that a pulp mill is in practice never smelling is possible. When operating properly most of the new pulp mills are malodour free. The key here is the limitation of odorous emissions during upsets, equipment malfunctions, operator errors and unforeseen occurrence of multiple simultaneous emissions.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is part of the ongoing effort of Finnish Pulp and paper companies including equipment vendors to look at formation, safe collection and efficient destruction of pulp mill odors. Special thanks to Finnish Recovery Boiler Committee for supporting this work.

REFERENCES

- 1 BLRBAC, "Recommended good practice for the thermal oxidation of waste streams in a black liquor recovery boiler", Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee (2016).
<http://www.blrbac.org/sites/default/files/Thermal%20Oxidation%20of%20Waste%20Streams%20in%20Black%20Liquor%20Recovery%20Boilers%202016.pdf>
- 2 Immonen, M., "Management of the TRS fugitive emissions in the pulp mill", M.Sc. Thesis, Lappeenranta University of Technology, (2014).
- 3 Lipponen, T., "The analysis of recovery boiler air emissions", B.Sc. thesis, Lappeenranta University of Technology, (2014).
- 4 Lipponen, T., "Collection and handling of kraft pulp mill's odorous gases", M. Sc. Thesis, Lappeenranta University of Technology, (2016).
- 5 Lin B., "Collecting and burning noncondensable gases", TAPPI Kraft recovery operations course, 2008.
<http://www.tappi.org/content/events/08kros/manuscripts/3-6.pdf>
- 6 Johnson P., *et al.*, "Collection and burning of concentrated non-condensable gases: regulations, design and operation", TIP 0416-09, April 18, 2014, TAPPI (2014).
- 7 Valmet, Solutions for an Odorless Pulp Mill. Accessed 23.3.2017,
[http://www.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140603-2256E-03C2C/\\$File/BIGB_B_2300_087-02_1405_Odocon_brochure_rev2.pdf?openElement](http://www.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140603-2256E-03C2C/$File/BIGB_B_2300_087-02_1405_Odocon_brochure_rev2.pdf?openElement)
- 8 Bordado J.C.M, and Gomes J.F.P, "Atmospheric emissions of Kraft pulp mills", Chemical Engineering and Processing, 41(8) 667-671 (2002).
- 9 Bordado J.C.M and Gomes J.F.P, Emission and odour control in Kraft pulp mills, Journal of Cleaner Production 11 797-801 (2003).
- 10 Helin, M., "Väkevien hajukaasujen käsittely sulfaattisellutehtailla", M.Sc. Thesis, Lappeenranta University of Technology (2004).
- 11 Mäkinen, J., "Laihojen hajukaasujen keräysjärjestelmän selvitys", B. Sc. thesis, Oulun seudun ammattikorkeakoulu (2001).
- 12 Burgess, T. and Young, R., "The explosive nature of non-condensable gases", Tappi Environmental Conf., 81 – 95 (1992).
- 13 Rantanen, A., 1987, "Soodakattilan liuotinhöngän koostumuksen ja käsittelymenetelmien tutkiminen", Diplomityö LTKK, Energiatekniikan osasto, Lappeenranta (1987).
- 14 Janka, K. and Tamminen, A., "Recovery boiler furnace as concentrated NCG incinerator", Tappi Journal, 2(2)9 (2003).
- 15 Salmenoja, K., Pynnönen, P. and Miikkulainen, P., "Safety Aspects and Practical Constraints in the Combustion of Odorous Gases in Böack Liquor Recovery Boilers", PEERS, Atlanta, Georgia, October 25-28, 8 (2015).
- 16 Tran H. and Vakkilainen E.K., "The kraft chemical recovery process", TAPPI Kraft Recovery Course, St. Petersburg, FL, (2008).
- 17 Barynin, J., Berg, L. and Lee, B., "Recent trends in NCG disposal system design", 1992 International Chemical Recovery Conference, 381–390 (1992).
- 18 McKeough, P. and Leppämäki, E., "Rikkiyhdisteiden vapautuminen mustalipeähaihduttamolla", Suomen Soodakattilayhdistys ry, 31.08.2002, Report 9/2002 (2002).
- 19 "Study on a South American Pulp Mill", confidential report (2012).
- 20 Vakkilainen, E. and Pekkanen, M., "Burning excess streams in recovery boilers", Tappi Fall Technical conference and trade fair, San Diego, California, 11 (2002).
- 21 European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. 2015", European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (2015).
- 22 Vakkilainen, E., "Kraft recovery boilers – Principles and practice", Suomen Soodakattilayhdistys r.y., Valopaino Oy, Helsinki, Finland (2005).
- 23 "Recommended procedure for incineration of non-condensable gas", Finnish recovery Boiler Committee, Rev. B, (2014)
- 24 "Gunns Limited, Bell Bay Pulp Mill Project, Tasmania, Pre-engineering Report for IIS", Jaakko Pöyry 16B0104-E0035 rev B (2008).
- 25 Janka, K., Haaga, K., Tamminen, A. and Wallin, E., "Advanced Recovery Boilers Reduce Odor Gases Cost-Efficiently"; SPCI (1999).
- 26 Curry, D.A., *et al.*, "Development of a startup, shutdown, malfunction plan for a low volume high concentration noncondensable gas collection and incineration system", Tappi Environmental Conference Proceedings (1999).
- 27 McIntyre, C. and Lin, B., "An overview of Boise Cascade's dilute NCG system with recirculation at Jackson, Alabama", Tappi Environmental Conference Proceedings, 281-283, (1998).
- 28 Eckert, N.L, "Low Volume High Concentration (LVHC) Non-condensable Gas (NCG) Collection and Thermal Oxidation", TAPPI, Cluster Rule Symposium, Atlanta, (1998).
- 29 Allen, T., "NCG Handling, incineration concerns drive need for safe system design", Pulp&Paper, 39 – 41 (2008).
- 30 Rekommendation från Sodahuskommittén, Nr B 16, Utgåva 3, (2013).
- 31 Rekommendation från Sodahuskommittén, Nr C 9, Utgåva 2, (2004)
- 32 Garde, D.K. and Crenshaw, M., "Collection and Incineration of High Volume-Low Concentration Pulp Mill Noncondensable Gases", Tappi International Environmental Conference (1994)
- 33 "Emissions from pulp and paper industry 2015", Accessed 23.3.2017,
<https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/resurssit/60-Ymp%C3%A4rist%C3%B6/>

LIITE 3

Soodakattilapäivä 2017 esitys: NCG järjestelmien turvallisuus



UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY AND BUSINESS

Hajukaasut ja hajukaasuturvallisuus

Kirsi S. Hovikorpi

www.lut.fi

Yliopisto Saimaan-rannalla



LAPPEENRANTA
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

02.11.2017

PROJEKTI

NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi,
syntyvät hajukaasumäärät ja koostumukset,
tyypilliset onnettomuuteen johtavat syyt –
prosessikonseptitarkastelut

MITÄ JA MIKSI?

- Pohjatyö soodakattilayhdistyksen kanssa suositusluonnokseen hajukaasuista ja hajukaasuturvallisuudesta.
- Etsitään analysoitavia onnettomuuksia ja ”läheltä piti” tilanteita, jotta voidaan tutkia niiden juurisyitä ja ennaltaehkäistä jatkossa vastaavia.
- Tehdään tehdasauditointeja.

TURVALLISUUS

- Väkevät (CNCG) ja laimeat (DNCG) käsitys: pidettävä niin kaasu- kuin nestejakeet erillään.
- Väkevien keräily täysin suljetuista keräilykohteista, vuotoilma ei sallittua, tilavuusvirrat pieniä vs. laimeat, mutta pitoisuudet (TRS, tärpätti, MeOH) suuria vs. laimeat.
- Laimeiden keräily ei-paineellisista, avoimista/osittain avoimista keräilykohteista, vuotoilma sallittua, tilavuusvirrat suuria vs. väkevät, mutta pitoisuudet (TRS, tärpätti, MeOH) alhaiset vs. väkevät

MITÄ TULLUT JO VASTAAN

- KAADOT, että ovat riittävät ja huomioitu kaasu- ja lauhdevirtauksien suunnat
- LAUHITEIDEN POISTOT, että ovat oikeissa paikoissa, oikein tehtynä ja riittävän suuret poistolinjakoot eri tilanteissa syntyvien nestejakeiden poistoon putkistosta ja kanavistosta tarvittavilla pintaindikoinneilla, ja johdettu oikeisiin paikkoihin ja huomioitu ympäristön lämpötilat (sähkösaatto, eristykset)
- MAADOITUKSET: oikeaoppisesti, ja irrotetut myös kytketty takaisin kiinni

MITÄ TULLUT JO VASTAAN

- HÖYRYLINJAT: höyryjen ottokohdat väkevien järjestelmiin, etenkin polttopään paineenpito höyryjen osalta, että ei johdeta väärää faasia paineenpitoon (höyry – lauhde). Lauhteenpoistimien säännöllinen tarkastaminen ja toimivuuden toteaminen. Putkisto layout, prosessieristys.
- LIPEÄN PAISUNTA väärässä paikassa: haihduttamon lipeäsäiliöillä, liika kuumana sarjoilta lipeä säiliöön, josta hönkien keräily laimeiden keräilyyn à TRS-pitoisuudet yli LEL:n

MITÄ TULLUT JO VASTAAN

- ERI OSASTOJEN VÄLINEN KESKUSTELU ja TIEDONSIIRTO:
 - kuka vastaa alipaineen asetusarvoista keräilyissä (ejektorin alipainesäädön asetusarvo, laimeiden puhaltimien alipaineiden säädöt keräilyn ja soodakattilan alueella).
 - Poikkeamatilanteiden muodostuminen, ennakoivaa tietoa eteenpäin muille tietoa hyödyntäville osastoille.

2000-luvun NCG TAPAUKSIA

- 2004 Sunila (hakesiilo, DNCG)
- 2004 Joutseno (hakesiilo, DNCG)
- 2005 Veracel (hakesiilo, DNCG)
- 2007 Veracel (paineellinen polttolipeäsäiliö)
- 2008 UPM Pietarsaari (paineellinen polttolipeäsäiliö, DNCG)
- 2009 Botnia Uruguay (hakesiilo, DNCG erillispoltto)
- 2011 Värö, Ruotsi (vesi, CNCG)
- 2014 SE Skoghall (vesi, liuottajan höngät)
- 2016 SE Veitsiluoto (altistuminen CNCG kaasuille)
- 2017 SE Imatra (haihduttamon CNCG)

SE Sunila, 19.10.2004

- Laimeiden hajukaasujen keräilyputkistossa tapahtunut räjähdys johdettaessa varapolttopaikalle soihtuun.
- Laimeiden väkevöitymisen yli LEL:n johtui keittämön hakesiilolle johdettavasta paisuntahöyrystä, jossa on korkeat TRS pitoisuudet.
- Nykyään hakesiiloon vain ja ainoastaan tuorehöyryä ja höngät johdetaan ulos ilman erillistä käsittelyä.



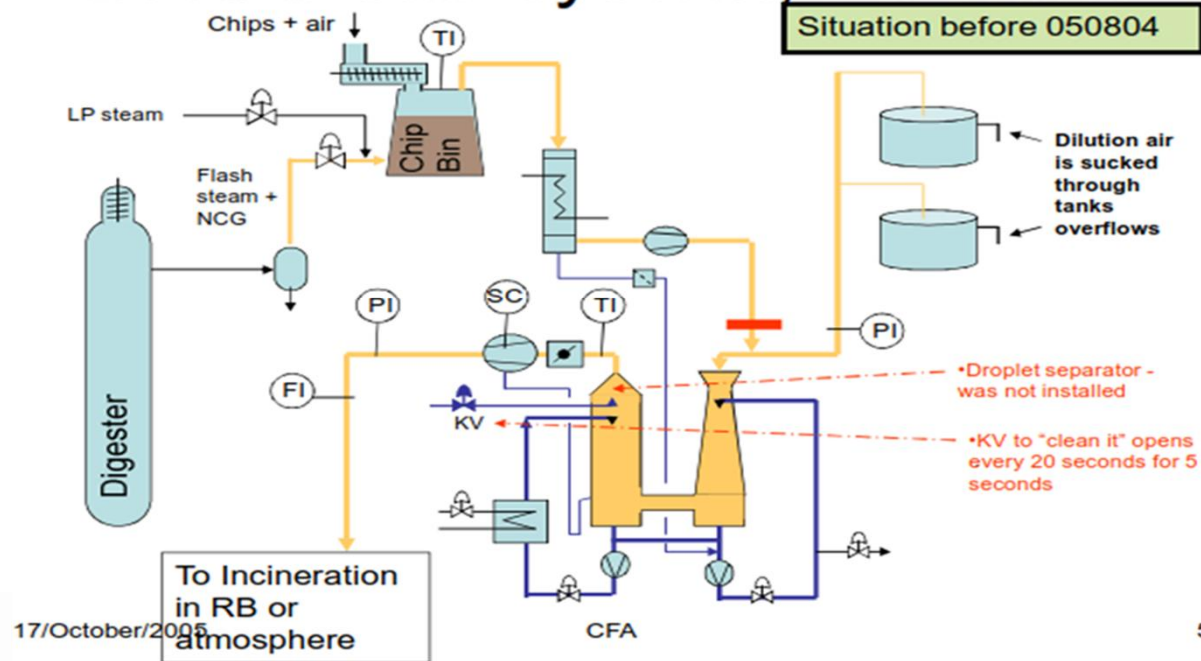
MB Joutseno, 01.04.2004

- Hakesiilolle johdettiin paisuntahöyryjä.
- Hakesiilolla oli häiriöitä, jolloin hönkien määrä ja pitoisuus nousivat voimakkaasti (TRS, tärpätti, metanoli), joka johti laimeiden hajukaasujen väkevöitymisen yli LEL:n ja räjähdykseen soodakattilan tertiääri-ilmajärjestelmässä.
- Hakesiilon höngät kytkettiin pois laimeiden keräilystä.

Veracel Brazil, 04.08.2005

- Hakesiilo käytti paisuntahöyryä hakkeen pasutukseen.

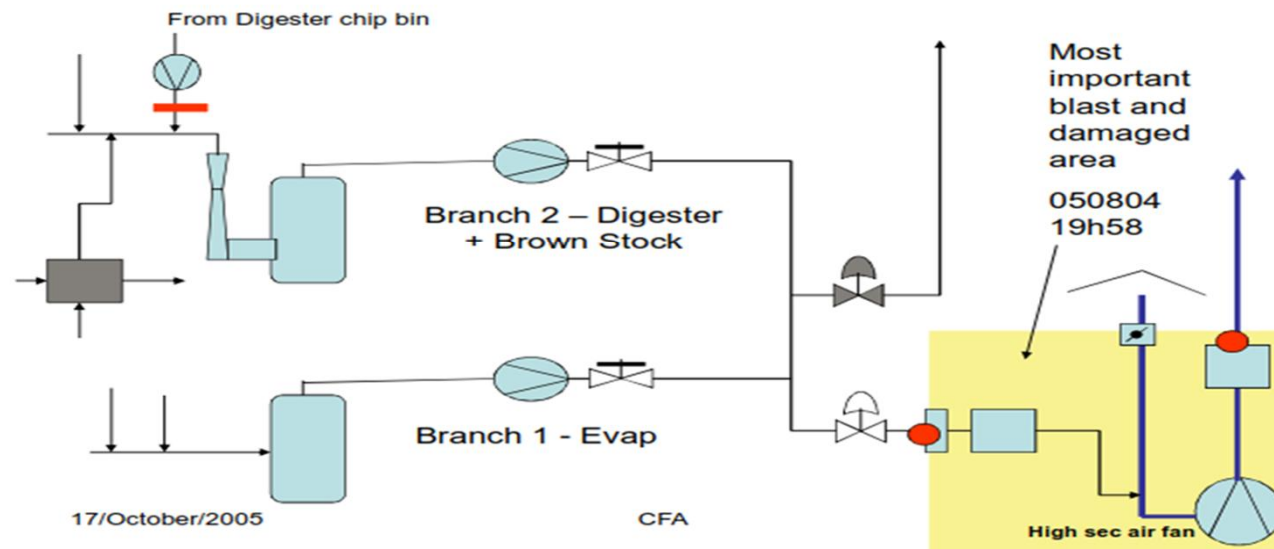
DNCG sub-system, Fiberline



Veracel Brazil, 04.08.2005

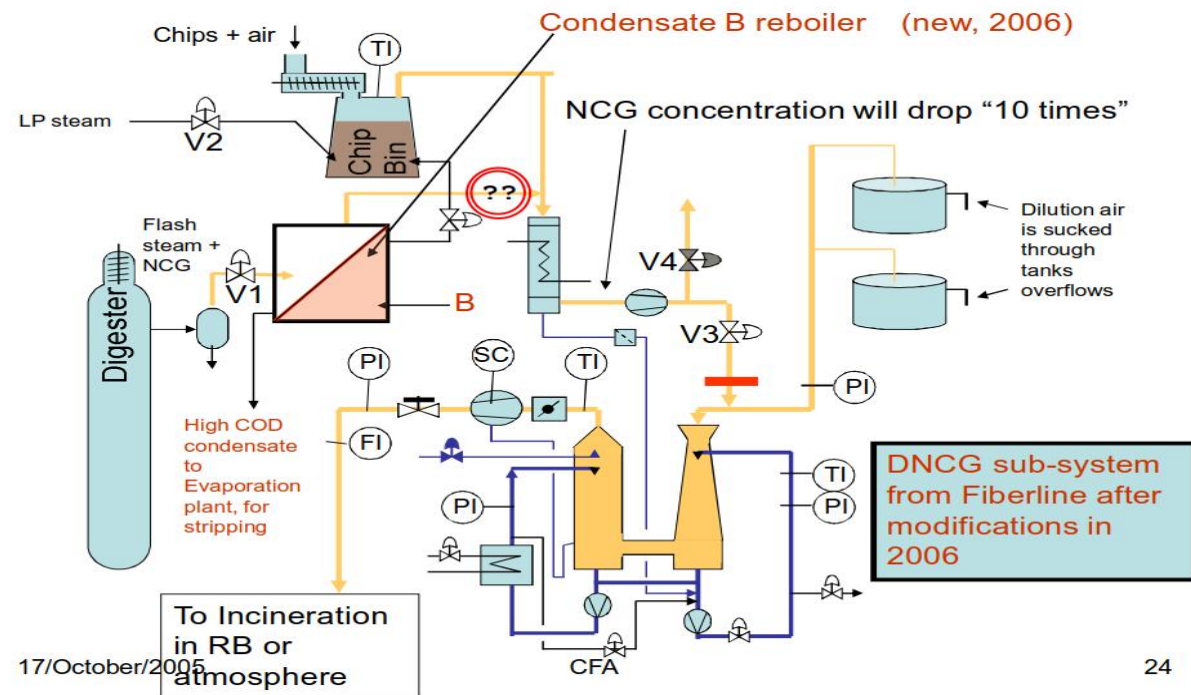
- Mekaaninen asennuspuute kuitulinjan DNCG pesurilla à pisanerotinelementin ajastintoimiset pesuvedet puhaltimelle kaasuvirran mukana aiheuttaen puhaltimelle vesikuormituksen.

DNCG system, Veracel



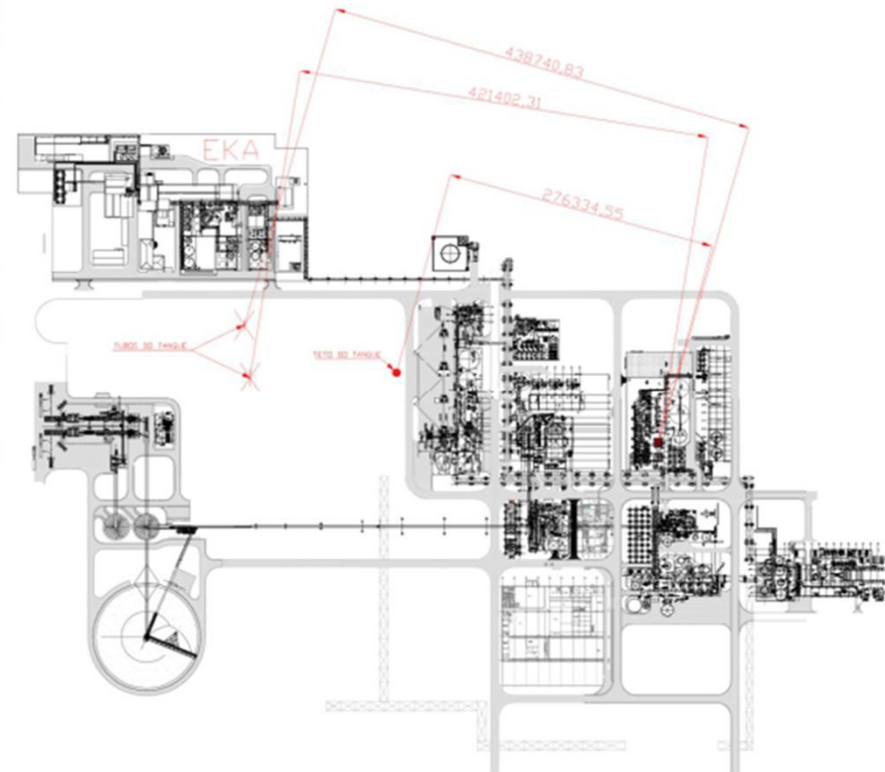
Veracel Brazil, 04.08.2005

- Paisuntahöyry reboilerille puhtaamman pasutushöyryn tuottamiseksi B-lauhdetta höyrystämällä.



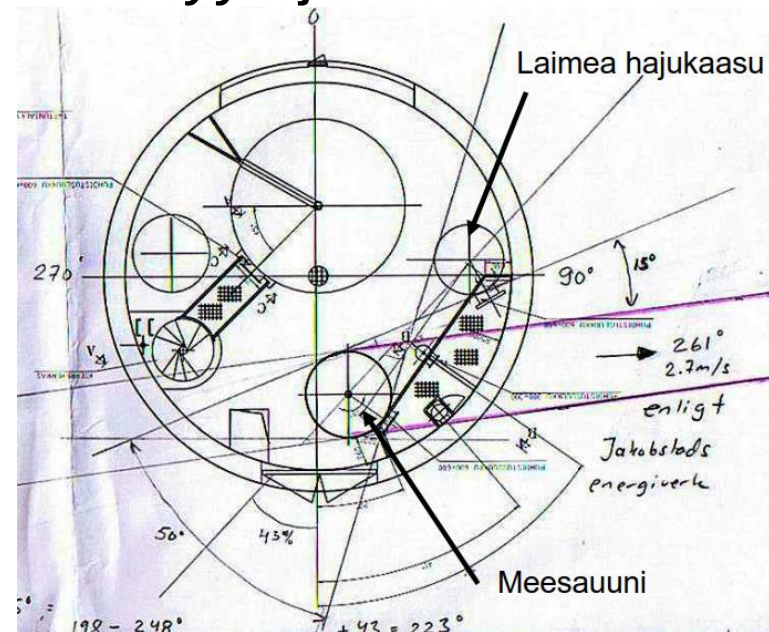
Veracel Brazil, 21.09.2007

- Paineellisen polttolipeäsäiliön paineistuminen ja katon lento rakenteineen yli soodakattilarakennuksen 276 m päähän.



UPM Wisaforest, 28.12.2008

- Seisokissa tapahtunut DNCG kaasujen ohiajopiipun räjähdys (lämmönlähteenä meesauunin savukaasut), paineellisen polttoliipeäsäiliön kaasut johdettu seisakin aikana laimeisiin.
- Muutettu säiliön kytkennät CNCG keräilyyn ja haihduttamon sarjalle.



UPM Uruguay, 2009

- Hakesiilolle hakkeen pasutukseen paisuntahöyryä.
- Tehtaan käynnistyksessä erilaisia ongelmia, josta seurasi mm. tilanne, että paisuntahöyry pääsi hakepatjan läpi ja johti laimeiden hajukaasujen väkevöitymiseen yli LEL:n ja lopulta räjähdykseen DNCG erillispolttokattilan alueella.

Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- SULA-VESI räjähdys
soodakattilassa



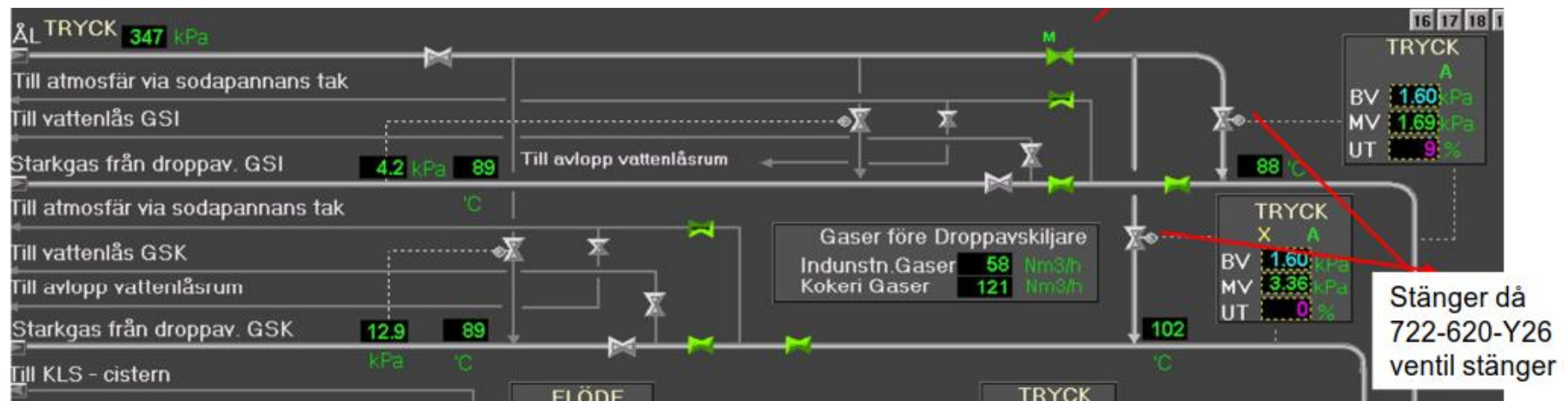
Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- Lauhdetta/syöttövettä matalapainehöyrylinjan kautta CNCG linjojen polttopään paineenpito höyrylinjoja pitkin soodakattilaan 40-50 l/min (1 litra à 1674 litraa höyryä).



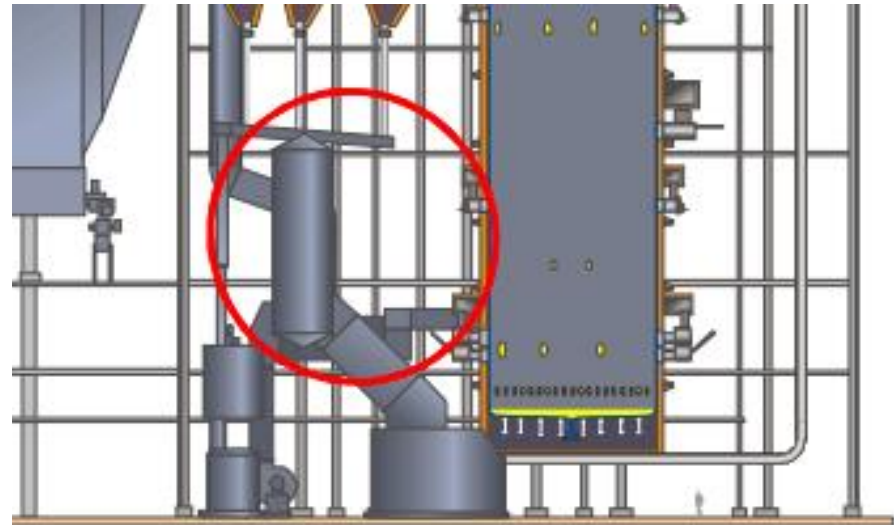
Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- CNCG linjojen paineenpitohöyrylinjan pääsulkuventtiilin lukitus ei toiminut alentuneesta höyrylinjanpaineesta, ja CNCG polttimen ajossa tarvittiin tuolloin paineenpitohöyryä, joka ei ollutkaan “höyry” faasissa vaan “neste” faasissa.



SE Skoghall, 21.01.2014 klo 20:41

- Liuottajan hönkäpesurin pisaranerotinelementin pesuvedet kantautuivat soodakattilaan ja aiheutti sula-
vesi räjähdysen soodakattilassa.
- Hönkäsysteemin tasosijainti vs. ilma-aukkojen korko
- Puutteelliset vesitykset kanavistossa, vesityksiä ei saa yhdistää.



SE Veitsiluoto 07.11.2016 klo 03.14

- Työntekijöiden altistuminen hengenvaarallisesti CNCG hajukaasuille keräilyjärjestelmän putkistossa tapahtuneen räjähdysten jälkeisten murtolevyjen vaihtotöiden yhteydessä



SE Imatra, 19.07.2017

- CNCG palo
haihduttamolla



MITKÄ NOUSI PINTAAN

- TÄRPÄTTI, MeOH
- Hakesiilo ja paisuntahöyryn käyttö pasutukseen
- Sakan syttyminen kanavistossa
- Laimeiden hajukaasujen laimennukset, suljettu keräily
- Hajukaasujen koostumuksien mittaaminen säännöllisesti
- Kanavien tarkistus ja puhdistaminen säännöllisesti
- Poikkeamatarkastelu (HAZOP) tehtävä aina järjestelmämuutosten yhteydessä yhdessä hajukaasujärjestelmän toimittajan kanssa

YHTEISTYÖTÄ

Otetaan vastaan
onnettomuuskuvauksia
”läheltä piti” tapauksia
hajukaasujen mittausdataa

Projekti jatkuu ehkä keväällä, kun kootaan ryhmä joka laatii ohjeita asioista joita tulee huomioida hajukaasujärjestelmien auditoinnissa.

KIITOS!

Kirsi S. Hovikorpi
LUT

kirsi.hovikorpi@uwg.fi / puh. 044 324 9004



LIITE 4

Soodakattilapäivä 2017 esitys in english: Malodorous gases and NCG Safety



UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY AND BUSINESS

Malodorous gases and NCG Safety

Kirsi S. Hovikorpi

www.lut.fi

University on shore of Saimaa



LAPPEENRANTA
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

02.11.2017

PROJECT

Safety audits of NCG systems,
NCG gas formation volumes and compositions,
typical faults for accidents – process concept considers

WHAT AND WHY?

- Base of work for recommendation of NCGs and NCG Safety together with Finnish Recovery Boiler Committee
- To find for analyzing the NCG accidents and "close shave" situations to study the right motive forces and prevent these in the future
- To do mill audits

SAFETY

- Strong (CNCG) and Weak (DNCG) understanding: to keep gas and liquid phases separated
- CNCG collection from totally closed collection systems, no leakage air allowed, volume flows low vs. DNCG, but concentrations (TRS, turpentine, MeOH) in CNCGs are high vs. DNCGs
- DNCG collection from non-pressurized, open/semi open sources, air leakages allowed, volume flows high vs. CNCG, but concentrations (TRS, turpentine, MeOH) low vs. CNCG

NOTES

- SLOPES: enough fall and noticed the flow directions of gas and condensate flows (same direction or counter-current)
- CONDENSATE REMOVAL: are on correct places, correct done and removal lines enough wide for effective removal on different process run situations where condensate might occur, equipped with necessary level indications, and led to right places and also surrounding environment temperatures are considered (heat tracing, insulations)
- GROUNDINGS: correct done, and also connected back after disconnection

NOTES

- STEAM LINES: steam assembly from main steam headers to CNCG systems, especially for steam pressure control of the CNCG burner, to avoid to lead wrong phase for pressure control (steam – condensate). Regular checking and functional notice. Process lay-out, right process insulation.
- STEAM FLASHING on wrong place: f.ex. On evaporation liquor tanks, liquor in too high remperature from effects to liquor tank (on DNCG collection) à TRS concentrations over LEL

NOTES

- DATA TRANSFERRING AND COMMUNICATION BETWEEN DIFFERENT PULP MILL DEPARTMENTS:
 - Who is in charge of NCG gas collection under pressure setpoints (CNCG steam ejector, DNCG collection and Recovery boiler area fans)
 - Deviation situations happen, proactive information forwarded to departments which might use data

NCG CASES IN 2000s

- 2004 Sunila (chip bin, DNCG)
- 2004 Joutseno (chip bin, DNCG)
- 2005 Veracel (chip bin, DNCG)
- *2007 Veracel (pressurized firing liquor tank)*
- 2008 UPM Pietarsaari (pressurized firing liquor tank, DNCG)
- 2009 Botnia Uruguay (chip bin, DNCG dedicated boiler)
- 2011 Värö, Ruotsi (water, CNCG)
- 2014 SE Skoghall (water, dissolving tank vent gases)
- 2016 SE Veitsiluoto (exposure for CNCG gases)
- 2017 SE Imatra (evaporation area CNCG)

SE Sunila, 19.10.2004

- Explosion on DNCG collection ducting when combustion in a Flare (location on the roof of the RB11)
- Enrichment over LEL was due to use of flashing steam on chip bin. Flash steam has high TRS concentrations.
- Nowadays only fresh steam to chip bin, and vents are lead straight to atmosphere with out any handling



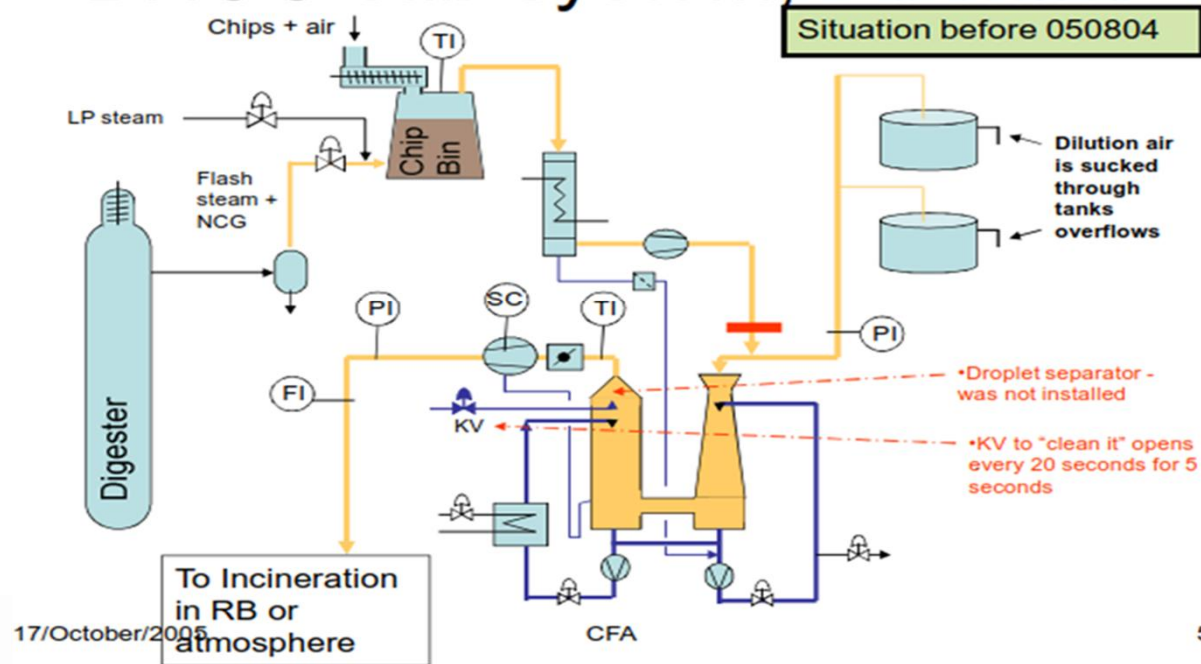
MB Joutseno, 01.04.2004

- Flash steam was lead to chip bin
- Process disturbances on chip bin, vents volume flow and concentrations rise strongly up (TRS, turpentine, methanol)
à enrichment of mill DNCG over LEL concentration and explosion on recovery boiler tertiary air system
- Chip bin vents were taken out from DNCG collection

Veracel Brazil, 04.08.2005

- Flash steam was used in chip bin.

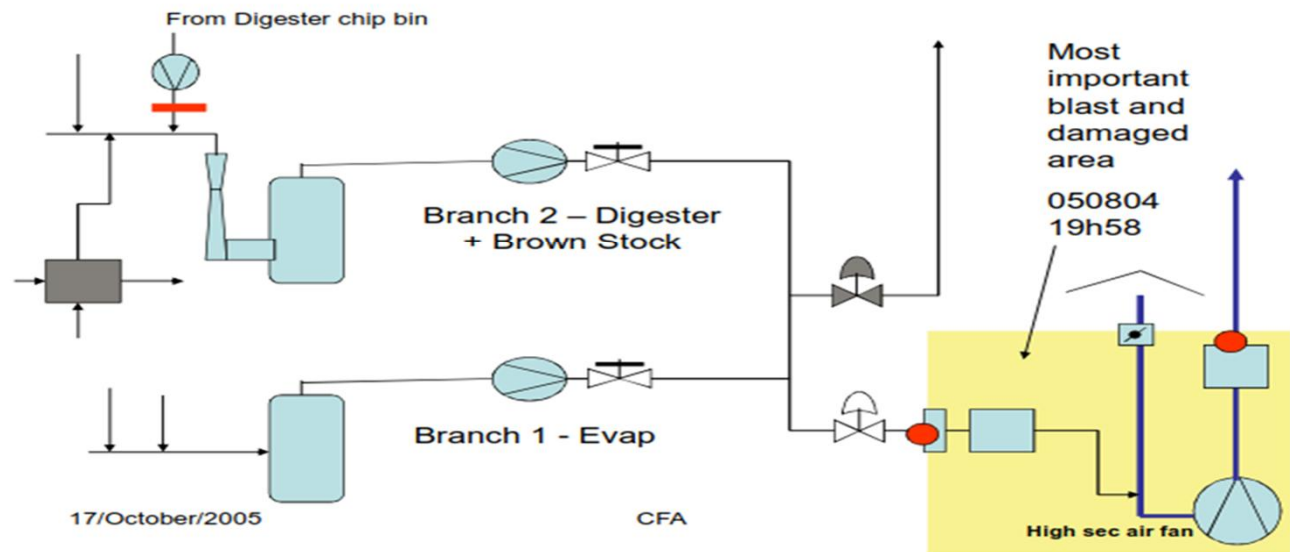
DNCG sub-system, Fiberline



Veracel Brazil, 04.08.2005

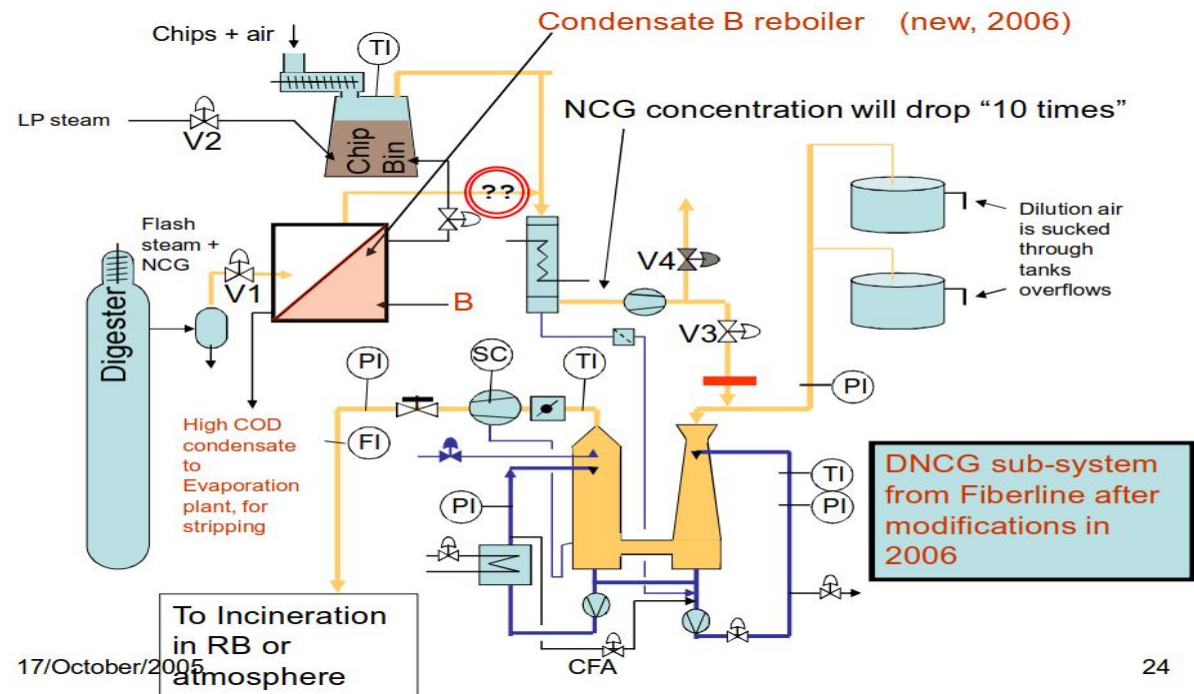
- Mechanical erection mistake on fiberline DNCG scrubber à washing water from timer used droplet separator element upstream side flow along with gas stream to DNCG fan causing water loading.

DNCG system, Veracel



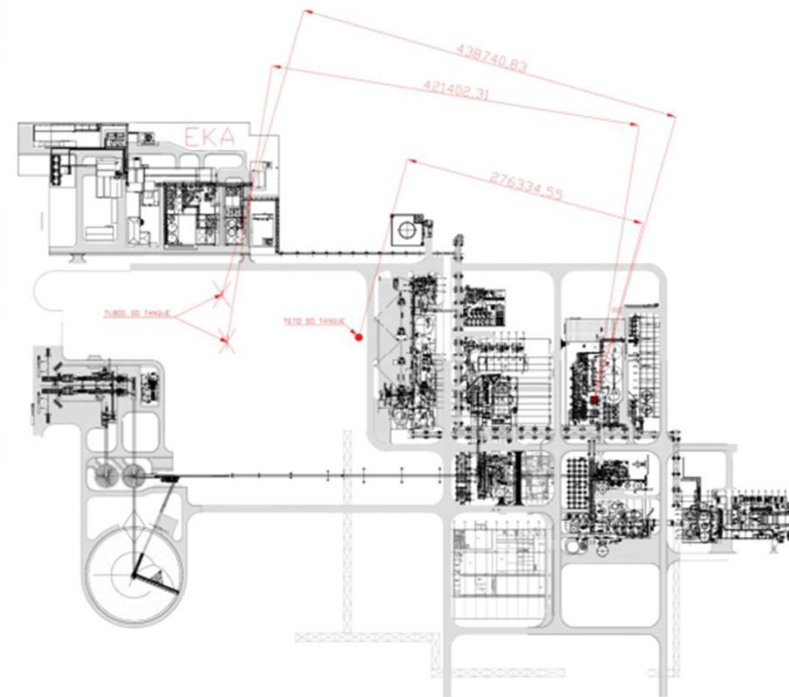
Veracel Brazil, 04.08.2005

- Flashing steam to Flash reboiler to produce cleaner pre-steaming steam from B-condensate



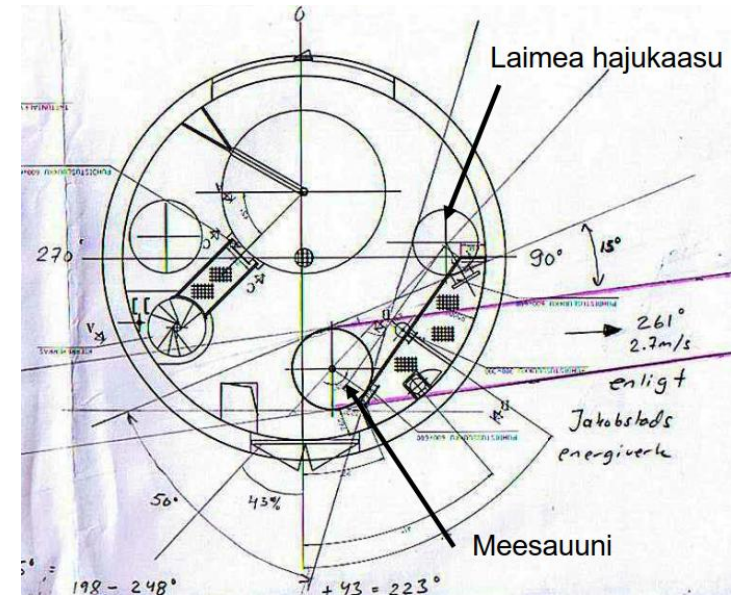
Veracel Brazil, 21.09.2007

- Over pressurizing the Pressurized firing liquor tank
- Fly of the tank roof with all auxiliary equipment over recovery boiler house 276 meters faraway



UPM Wisaforest, 28.12.2008

- DNCG explosion during annual mill shut-down in the DNCG by-pass duct inside the concrete stack (heat source was lime kiln hot flue gases), pressurized FBL tank gases were released during shut-down to DNCG system
- FBL tank connection has been changed and connected to CNCG system.



UPM Uruguay, 2009

- Flash tank gases to chip bin for pre-steaming (also connection to CNCG collection system)
- Different process disturbances during mill start-up on digester area and also on CNCG collection à Flash steam was released in high pressure to chip bin à enrichment of DNCG over LEL and finally to explosion on DNCG dedicated boiler area.

Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- SMELT-WATER
explosion in recovery
boiler



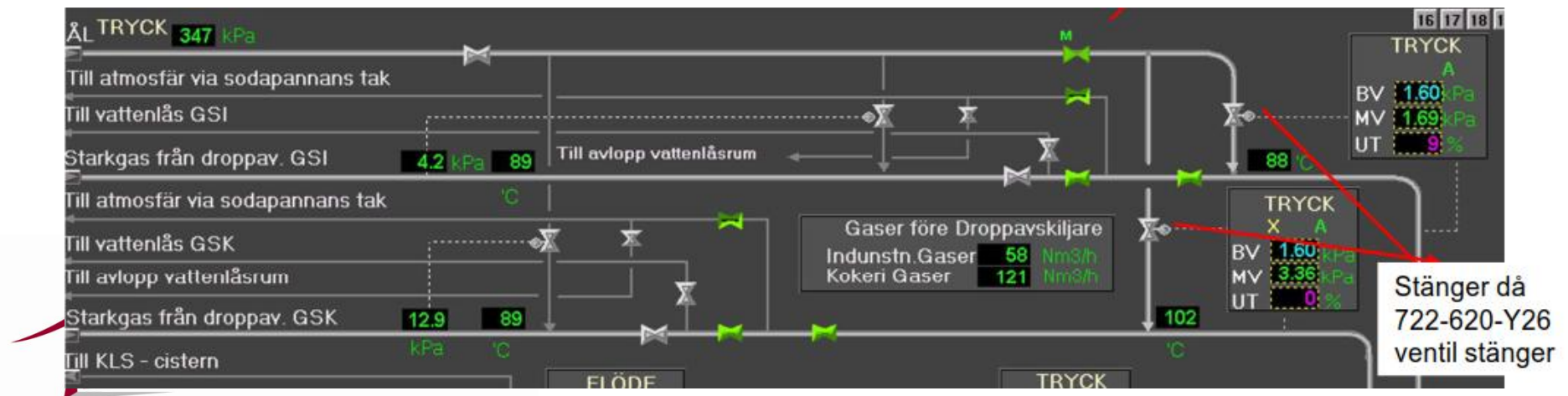
Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- Condensate/boiler feed water to recovery boiler through the low pressure steam line through the CNCG burning pressure control valve to the CNCG pipeline 40 – 50 l/min
(1 liter à 1674 liters steam vapor)



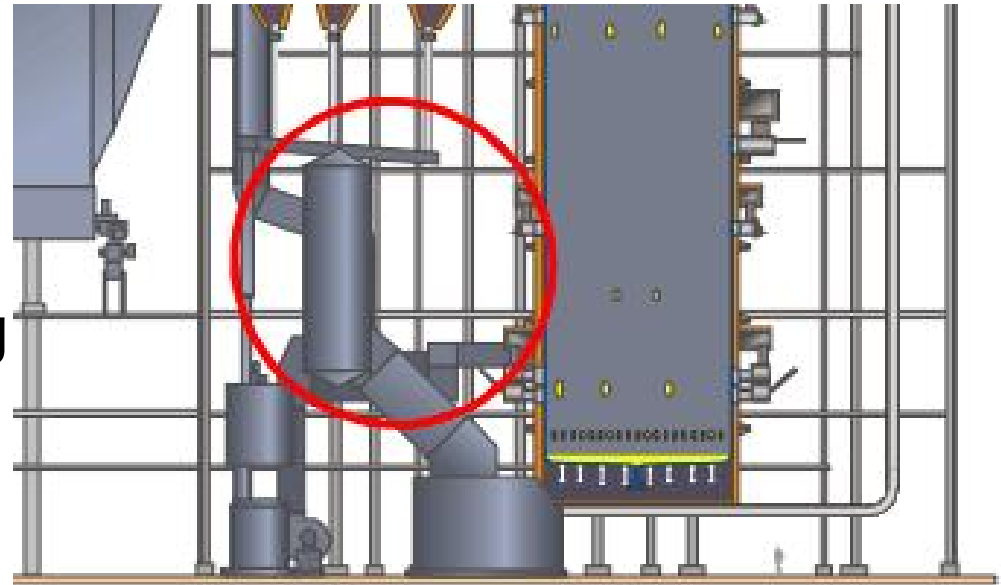
Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- The BMS inter lock of the main shut-off valve of the CNCG pressure control steam valve did not work from the sink steam net pressure.
- On the same time it was need to use steam for CNCG burning pressure control, used steam was not in “steam phase”, it was in “liquid” phase.



SE Skoghall, 21.01.2014 klo 20:41

- The washing waters of the Dissolving tank scrubber droplet separator element were run to recovery boiler and causing smelt-water explosion.
- Lay-out levels of the vent gas system vs. secondary air ring and connections of the air ring openings from the air ring duct.
- Insufficient draining, air duct connections from the air ring, connections together with other draining



SE Veitsiluoto 07.11.2016 klo 03.14

- Employees exposure for toxic and fatal CNCG gases during maintenance work of rupture disc changing work after the explosion on the CNCG collection system.



SE Imatra, 19.07.2017

- CNCG fire on evaporation area (not well sealed pipeline part)



WHAT RISED UP

- TURPENTINE, MeOH
- Chip bin and flashing steam use for pre-steaming
- Ignition of some flammable solids on the duct
- DNCG gas dilutions vs. closed DNCG collection
- Regular composition measurements of NCGs
- Regular checking and cleaning of the ducts
- NCG process changes / up-dations → HAZOP is always need to do together with NCG system supplier always when process changes

LETS DO CO-OPERATION

Receive
Accident reports
"close shave" cases
NCG measuring datas

Project might goes on during spring 2018, when SKY has created a group which devices the guidelines of the issues which should be observed during mill NCG audit.

THANK YOU!

Kirsi S. Hovikorpi
LUT

kirsi.hovikorpi@uwg.fi / puh. +358 44 324 9004



LIITE 5

NCG järjestelmien prosessikonseptit



UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY AND BUSINESS

”NCG järjestelmien prosessikonseptit”

Kirsi S. Hovikorpi

04.12.2018

www.lut.fi

Yliopisto Saimaan-rannalla



LAPPEENRANTA
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

”Best practice” soihdun operoinnissa ja polton aloituksessa?

- Tehtaat eivät halua pitää soihtua koko ajan tulilla ostopolttoaineella
- Skandinaavisissa olosuhteissa soihdun taajuusmuuntajatoiminen palamisilmapuhallin on hyvä pitää minimikierroksilla, koska
 - Soihdun palokammio on tällöin valmiiksi tuuletettu, käynnistyssekvenssi voi hypätä suoraan yli pitkäkestoisen tuuletusaskelman ja siirtyä sytytyspolttimen sytyttämiseen
 - Soihdun palokammio pysyy kuivana kesät talvet

”Best practice” soihdun operoinnissa ja polton aloituksessa?

- Nykypäivän uudet soihdut ovat valmiita ottamaan laitetoimittajasta riippuen CNCG kaasut polttoon 40 sekunnin ... 5 minuutin viiveellä riippuen soihdun rakenteesta (pysty, vaaka) ja sisuskalujen materiaalista sekä käytettävästä tukipolttoaineesta.
- Yllä oleva 40 sekunnin kääntöaika edellyttää, että soihdun palamisilmapuhallin on ollut minimikierröksillä, tuuletussekvenssi voidaan hypätä käynnistyksessä yli, sytytyspolttimen ja tukipolttoaineen paineet ovat sulkuventtiileillä riittävät.

”Best practice” soihdun operoinnissa ja polton aloituksessa?

- Kun soihtu starttaa sytyttämällä sytytyspolttimen (yleensä propaania), syttyy ostotukipolttoaine soihdun pääpolttimessa ja kun pääpolttimen liekki on stabiloitunut antaa lupaehdot laitetoimittajista riippuen kääntää CNCG kaasut soihtuun vaikka riittäviä lämpöjä maksimi TRS-hapetukselle ei olisi vielä saavutettu.
- Maksimi hapetus 98 ... 99.5% saavutetaan joillakin toimittajilla jo 180 sekunnin päästä CNCG kaasujen käännöstä.

”Best practice” soihdun operoinnissa ja polton aloituksessa?

- Maailmalla on tehtaita, joissa meesauuni toimii ns. väliaskelluksena CNCG kaasujen tripatessa pääpolttopaikassa esim. soodakattila- tai erillispolttokattilapoltossa, ja automaatio starttaa soihdun heti pääpolton tripatessa, ja operaattori tietoisesti kääntää CNCG kaasut soihdulle pois meesauunia häiritsemästä.
- Soihtu ainoastaan hapettaa TRS:t SO_2 :ksi
- Jos halutaan minimoida SO_2 -päästöjä, tulisi CNCG kaasut alkalipestä (NaOH) ennen soihdulle vientiä tai soihdusta poistuvista savukaasuista.

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

CNCG

- Suositeltavana lähtökohtana on, että olisi vähintään kolme (3) polttopaikkamahdollisuutta, joista yksi toimisi myös lyhyempiaikaisissa tehdasseisokeissa (esim. soihtu tai erillispolttokattila, joka tuottaa itse oman käyttöhöyryn)
- Järjestelmä tulee suunnitella kokonaisuudessaan mahdollisuudelle pantata kaasuja putkistoissa ja laitteissa useamman minuutin ajan pääpolttopaikan tripatessa vaihdettaessa varapolttopaikkaan, jonka käynnistys tarvitsee tietyn ajan

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

CNCG

- Maailmalla olevia eri variaatioita, joissa vähintään kolme (3) polttopaikkamahdollisuutta (riippuu onko kyseessä Green Field vaiko vanha tehdas, ja asiakkaan tarpeet rikin talteenotolle)
 - RB, Erillispolttokattila, Soihtu
 - RB, Meesauuni/t, Soihtu
 - RB, PB, Soihtu
 - Erillispolttokattila, PB, Soihtu
 - Kaksi erillispolttokattilaa, Soihtu
 - Kaksi soodakattilaa, Soihtu

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG

- Suositeltavana lähtökohtana, että kunkin osaston (kuitulinja, haihduttamo, kaustistamo) kaasut
 - Keräily omilla erillisillä taajuusmuuntajatoimimisilla keskipakopuhaltimilla
 - Keräilyn kaasut omaan lauhdutus ja/tai pesurisysteemiin
 - Lauhtuneet lauhteet takaisin oman osaston prosesseihin
 - Kuitulinjan kuitupitoiset lauhteet kuitulinjalle
 - Kaustistamon meesapitoiset lauhteet kaustistamolle
 - Haihduttamon lipeäpitoiset lauhteet haihduttamolle

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG käsittelyt

- Kuitulinjan DNCG hajukaasujen keräily ja käsittely
 - Esipesulla varustetulla lauhduttavalla pesurilla/pystytuubilauhduttimella
 - Jos on keräilykohteita, joissa vaahtoa ja samalla mahdollisuus kuitujen ns. carry-over ilmiöön (esim. pesemön suodossäiliöiden keräily), jonkinlainen suorasuihkupesu vaahton tappamiselle, ettei kulkeudu keräilylinjastoon

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG käsittelyt

- Kuitulinjan Hakesiilon hönkien keräily ja käsittely
 - Hakesiiloon ainoastaan tuorehöyry, ei paisunnan TRS-pitoisia höyryjä (sisältää suuren määrän väkeviä, lauhtumattomia kaasuja).
 - Valtaosa maailmalla tapahtuvista DNCG-järjestelmien räjähdyksistä johtuu lipeän paisuntahöyryn suorasta käytöstä hakesiiloilla.

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG käsittelyt

- Kuitulinjan Hakesiilon hönkien keräily ja käsittely
 - Koska hakesiilon höngät sisältävät yleensä aina hienoa puupölyä/kevyttä haketta, keräilyn höngät suositeltavaa mentävä aina hienoaine-erotuksen kautta omalle lauhduttimelle jonka jälkeen omalla puhaltimella kuitulinjan DNCG keräilyyn ja/tai taivaalle.
 - Etenkin havupuutehtailla lauhduttimella saadaan aikaiseksi tärpätin talteenottoa, vaikka kaasuja ei DNCG keräilyyn otettaisikaan

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG käsittelyt

- Haihduttamon DNCG hajukaasujen keräily ja käsittely
 - Lauhduttava pesuri tai pystytuubilauhdutin omalla taajuusmuuntajatoimisella puhaltimella (itse suosisin pystytuubilauhdutinta)
 - Jos tarvetta pesukierron pH-säätöön, on pesurimalli suositeltavin
 - Haihduttamon lipeäsäiliöiden keräily toteutettava ns. suljetulla keräilyllä turhien hönkimisten ja keräilyn ilmavuotojen minimoimiseksi

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG käsittelyt

- Haihduttamon DNCG hajukaasujen keräily ja käsittely
 - Lauhteet haihduttamon likaislauhdesäiliölle, ja jos johtokyky nousee, kääntö vuotolipeäsäiliöön
 - Mietityttänyt vahvamustalipeäsäiliöillä tapahtuva mahdollinen lipeän paisunta, jos haihdutinsarjojen paisunta tapahtuu väärässä paikassa, tulisiko olla keräilylinjassa omat HI-venttiilit

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG käsittelyt

- Haihduttamon DNCG hajukaasujen keräily ja käsittely
 - Jos ns. neste-neste reboiler keittämöllä, mietiskely, tuleeko etenkin havupuutehtailla tärpättijakeet lipeää pumpattavaan lipeäsäiliöön ja paisuuko lipeä säiliössä, jolloin suuri osa tärpätistä ja TRS-jakeita vapautuisi laimeiden hajukaasujen keräilyyn, tuoden mahdollisia vaaratekijöitä keräilyssä?

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG käsittelyt

- Kaustistamon DNCG hajukaasujen keräily ja käsittely
 - Itse suosisin pystytuubilauhdutinta (joillakin toimijoilla pesuri) omalla taajuusmuuntajatoimisella puhaltimella
 - Kaustistamon keräily toteutettava ns. suljetulla keräilyllä turhien hönkimisten ja keräilyn ilmavuotojen minimoimiseksi
 - Eniten päänvaivaa tukkeentumisilla ovat aiheuttaneet Sammuttajan ja Kaustisointisäiliöiden keräilyt.
 - Kalkin tuontiin ja kaasunkeräilykohdan sijaintiin ja mahdolliseen esipesuun kiinnitettävä sammuttajalla huomiota

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG

- Suositeltavana lähtökohtana on, että olisi kaksi (2) polttopaikkamahdollisuutta ja by-pass. Eli pääpolttopaikan lisäksi joku varapolttopaikka, mikä kykenee ottamaan laimeiden hajukaasujen suuren volyymin vastaan
- TUKES edellyttää tänä päivänä myös laimeiden systeemin suunnittelupaineeksi 50 kPa (ei ole siis vielä paineastia), taustalla tapahtuneet hajukaasuräjähdykset

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

DNCG

- Maailmalla olevia eri variaatioita, joissa vähintään kaksi (2) polttopaikkamahdollisuutta (riippuu onko kyseessä Green Field vaiko vanha tehdas)
 - RB, Erillispolttokattila (oltava riittävän iso), By-Pass
 - RB, PB, By-Pass
- Myös eri osastojen DNCG kaasujen jakoa eri polttopaikoille
 - Kuitulinjan ja haihduttamon DNCG kaasut RB:lle ja PB:lle, Kaustistamon DNCG kaasut meesauunille/neille
 - Enemmänkin on variaatioita

Eri tapoja kerätä ja käsitellä hajukaasut,
kun tavoitteena on hajuton sellutehdas

Liuottajan ja Sekoitussäiliön höngät

- Maailmalla olevia eri variaatioita Liuottajan ja Sekoitussäiliön hönkien käsittelylle ja kytkemisille, joihin en ota tässä enempää kantaa.

Loppukevennys

LOPUKSI TAAS

”Kysymys: Miten keittämöoperaattorin asettaman CNCG keräilyn alipaineen-säädön asetusarvo voi koskaan tavoittaa haluttua -8 kPa, jos haihduttamon operaattorin ohjaama väkevien hajukaasujen keräilyn höyryejektorin alipaineen asetusarvo on -4 kPa?

Vastaus: Keskustelua enemmän osastojen välille ja ymmärrystä lukujen merkitykseen.”

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 26.1.2017, esitelmät
Scandic hotelli Oulu, Stora Enso Oyj, Oulun tehdas
(16A0913-E0176) 26.1.2017
- 2/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2016
(16A0913-E0177) 27.4.2017
- 3/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 27.4.2017, Holiday Inn Helsinki City Centre, Helsinki
(16A0913-E0178) 27.4.2017
- 4/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2.11.2017
Clarion hotelli, Helsinki, (16A0913-E0179) 2.11.2017
- 5/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Understanding Low Temperature Corrosion in Black Liquor Combustion, Phase 3
Nikolai DeMartini, Emil Vainio, Åbo Akademi
(16A0913-E0180) 22.9.2017
- 6/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattiloiden käynninaikaiset tiiveydenvalvontajärjestelmät
Timo Karjunen, Varo Oy
(16A0913-E0181) 19.9.2017
- 7/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Hitsauspinnoitettujen putkien käyttö soodakattiloissa OSA 3 - mikrorakennemuutokset vanhennushehkutuksissa
Satu Tuurna, Pertti Auerkari, Sanni Yli-Olli, VTT
(16A0913-E0182) 6.11.2017
- 8/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Selvitys sularännien toiminnasta vaihtelevalla kuormalla
Eetu Rantanen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto
(16A0913-E0183) 22.12.2017

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 25.1.2018, esitelmät
Park hotel Tornio, Stora Enso Oyj, Veitsiluodon tehdas
(16A0913-E0184) 25.1.2018
- 2/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2017
(16A0913-E0185) 26.4.2018
- 3/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 26.4.2018, Helsinki Congress Paasitorni
(16A0913-E0186) 26.4.2018
- 4/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 25.10.2018
Sokos hotelli Tornio, Tampere, (16A0913-E0187) 25.10.2018
- 5/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Black Liquor Evaporation Book
Jim Frederick and Niko DeMartini
(16A0913-E0188) 25.10.2018
- 6/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Sularännisuositus
(16A0913-E0189) 10.12.2018
- 7/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan päästömittausten menetelmät
Paula Juuti, Pöyry Finland Oy
(16A0913-E0190) 10.12.2018
- 8/2018 Suomen Soodakattilayhdistys ry
NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi, syntyvät hajukaasumäärät ja koostumukset, tyypilliset onnettomuuteen johtavat syyt – prosessikonseptitarkastelut
Kirsi S. Hovikorpi, Esa Vakkilainen, Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
(16A0913-E0191) 10.12.2018