

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

Dnro 4647/06/2004

Räjähdyks Sunila Oy:n laimeiden hajukaasujen järjestelmässä 19.10.2004



**"Hajukaasuräjähdyks se oli paha juttu
onneksi ei loukkaantunut vieras eikä tuttu.
Putket meni päreiksi ja uutta pitää laittaa
toimintaa se onneksi ei kovin pitkään haittaa,"**

(Pertti Hannula, Vuosikronikka 2004
Sunilan Jouluviesti 22.12.2004)

Tutkijaryhmä:

Jorma Partanen
Mirja Palmén
Asko Munukka

ONNETTOMUUSTUTKINNAN TIIVISTELMÄ

Onnettomuustapaus	Laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmässä tapahtui räjähdys, jossa vaurioitui mm. soihtu, puhaltimia ja putkistoa. Räjähdys ei aiheuttanut henkilövahinkoja eikä tulipaloja. Arvioidut omaisuusvahingot 400 000 €
Tapahtuma-aika	19.10.2004 klo 21.22
Tapahtumapaikka	Sunila Oy:n sellutehdas Kotkassa
Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista (mitä tapahtui, syyt, seuraukset)	<p>Sellutehtaan ylösajossa laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään pääsi räjähdyskel- poisia pitoisuuksia tärpätti-, metanoli- ja TRS (hajurikkiyhdisteet)-kaasuja, jotka syttyivät räjähdysmäisesti soihdussa. Palorintama eteni puhaltimelle, jossa tapahtui uusi räjähdys, joka jatkui putkistoa pitkin laimeiden hajukaasujen (LAHA) pesurille. Räjähdyksessä rik- koontuivat soihtu, puhaltimet ja putkisto laimeiden hajukaasujen pesurilta soihdulle.</p> <p>Onnettomuuden syyt olivat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - useita poikkeavia tilanteita ja niistä aiheutunut hallitsematon ylösajo - laimeiden hajukaasujen käsittely- ja turvajärjestelmien puutteet - poikkeamatilanteiden vaikutusta hajukaasujen rikastumiseen ei ole tiedostettu - uuden alasajotavan vaikutuksia ei ole arvioitu - laimennusilmamäärän riittämättömyys - analyysointitoimintaperiaatteista johtuva viive - laimennusilmaventtiilin toiminnan hitaus - liiallinen luottaminen analyysointiin - pesurin rikastava vaikutus (toimii lauhduttimena) <p>Onnettomuuden taustalla on laimeiden hajukaasujen käsittelyjärjestelmään liittyvien vaa- rojen ja riskien riittämätön tunnistus, mikä koskee koko toimialaa. Se näkyy puutteena varsinkin poikkeamatilanteiden hallinnassa sekä riittämättömänä vuoropuheluna laiteto- mittajien ja käyttäjien välillä turvallisuuteen liittyvistä kysymyksistä.</p>
Tutkijaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaavan onnettomuuden ehkäisemiseksi	<p>Vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi ehdotetaan seuraavaa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hakesiiloa ei oteta keräilyyn piiriin ennen kuin hajukaasujen rikastumiseen liittyvät mekanismit tunnetaan tarkkaan - siilon ajotapaa ja sen valvontaa kehitetään - muutosten yhteydessä laimeiden hajukaasujen käsittely ja siihen liittyvät turvajär- jestelmät tarkastellaan kokonaisuutena - laimennusilman riittävyys poikkeustilanteissa varmistetaan - suojajärjestelmät rakennetaan turva-automaation periaatteiden mukaisella tavalla (eheystason määrittely, kahdennus, koestusväli) - LAHA-pitoisuuksien seuranta parannetaan ja lukitusrajat tarkistetaan (analysoin- torin kehittäminen ja sijoitus sekä mahdollisesti kahdentaminen) - poikkeustilanteet tunnustetaan ja ohjeistetaan - vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi toteutetaan järjestelmällisesti - valvontaa yhtenäistetään, esim. yksi käytönvalvoja vastaa kokonaisuudesta - eri kaasukomponenttien yhteisvaikutus syttymisrajoihin selvitetään - pesurin vaikutus otetaan huomioon mittauspistettä ja lukitusrajoja määriteltäessä - toistuvien poikkeamatilanteiden syyt keittämön käynnistyksen yhteydessä poiste- taan (kiikin jumittuminen, tärpättikaasauksen lukittuminen) - ohjeistus ilmoitusten tekemisestä pelastusviranomaisille (PEL) tarkistetaan - liekinestimen käyttömahdollisuudet selvitetään
Tutkintaraportin päiväys	31.1.2005
Tutkijaryhmän allekirjoitukset ja nimenselvennykset	<p>Jorma Partanen Mirja Palmén Asko Munukka</p>

1. Yleiskuvaus onnettomuudesta

Sellutehtaan ylösajossa laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään pääsi hakesiilosta räjähdyskelpoisia pitoisuuksia tärpähti- ja TRS-kaasuja (hajurikkiyhdisteet), jotka syttyivät räjähdysmäisesti soihdussa. Laimeiden hajukaasujen suojausjärjestelmä ei ollut riittävä poikkeuksellisen voimakkaassa häiriössä, varsinkin kun laimennusilmamäärä oli soihthäiriön seurauksena tavallista pienempi, eikä se enää riittänyt laimentamaan laimeita hajukaasuja alle räjähdyskelpoisen pitoisuuden. Palorintama eteni puhaltimelle, jossa tapahtui räjähdys, joka jatkui putkistoa pitkin laimeiden hajukaasujen pesurille. Räjähdyksessä rikkoontuivat soihtu, puhaltimet ja putkisto laimeiden hajukaasujen pesurilta soihtulle. Henkilövahinkoja tai tulipaloa muualla tehdasalueella, räjähdys ei aiheuttanut. Heitteiden ja räjähdysten voiman takia mahdollisuudet henkilövahinkoihin olivat kuitenkin olemassa. Tapaus aiheutti huomattavia aineellisia vahinkoja, viivytyksen tuotantoprosessin käynnistämisessä ja hajukaasupäästön ympäristöön.

2. Sellutehtaan toiminta

Sunila Oy

Sunila Oy:n sellutehdas käynnistyi 1938. Se on keskittynyt tuottamaan armeerauscellua puupitoisiin painopapereihin kuten päällystettyyn painopaperiin, SC-paperiin ja sanomalehtipaperiin. Varsinainen keittämön tuotantoprosessi on Kvaernerin toimittama ja perustuu jatkuvaa keittoon.

Sunila Oy:n tuotanto vuonna 2003 oli:

- sellua	330587 t
- mäntyöljyä	2732 t
- tärpähtiä	1219 t

Tehdas käytti puuta 1,8 milj m³. Henkilöstön lukumäärä oli 321 henkilöä ja liikevaihto 140 M€.

Sunilan johtaminen perustuu kokonaisvaltaiseen laatujohtamiseen (TQM) ja sillä on käytössään kaikki toiminnot kattava laatujohtamistoimintajärjestelmä ISO 9001, ympäristöjohtamistoimintajärjestelmä ISO 14001 ja turvallisuusasioiden hallintajärjestelmä. Sunilalle on myönnetty EMAS-sertifikaatti vuonna 2003.

Tehdas sijaitsee Kotkan kaupungin Sunilan kaupunginosassa.

Laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmä ja siihen tehdyt muutokset

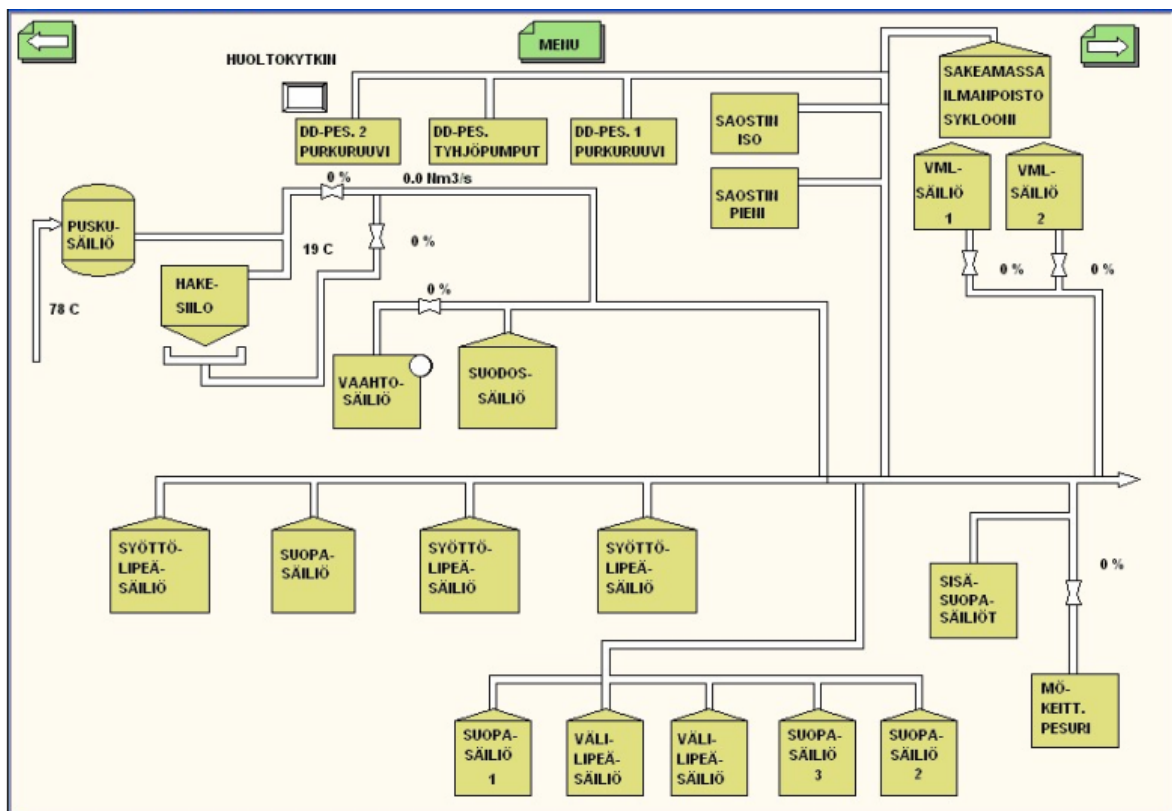
Laimeilla hajukaasuilla tarkoitetaan tässä raportissa sellaisia hajukaasuja, joiden väkevyyden on selkeästi alle alemman räjähdysrajan (LEL= lower explosion limit). Ne ovat peräisin mm. hakesiilosta, syöttö- ja välilipeäsäiliöiden sekä suodossäiliöiden kaasutilasta. Nämä laimeat hajukaasut johdetaan tertiääri-ilman mukana poltettavaksi soodakattilaan tai soodakattilan ollessa pois päältä erilliseen soihtuun, jossa ne poltetaan maa-kaasupolttimen palamisilman seassa. Liitteessä 1 on tarkempi selostus laimeiden hajukaasujen kehittämisestä.

Laimeiden hajukaasujen keräily Sunilassa käynnistyi ilmansuojelupäätöksen A 1134 12.12.1997 vaatimuksesta. Päätöksessä todetaan:

"Merkitykselliset laimeat hajukaasut mm. keitto-, pesu- ja lajitteluprosessista sekä kaustistamolta ja haihduttamolta on kerättävä ja käsiteltävä mahdollisimman pian ja viimeistään 1.9.2000 mennessä niin, että hajurikkijhdisteiden poistuma vuositasolla on vähintään 90 %"

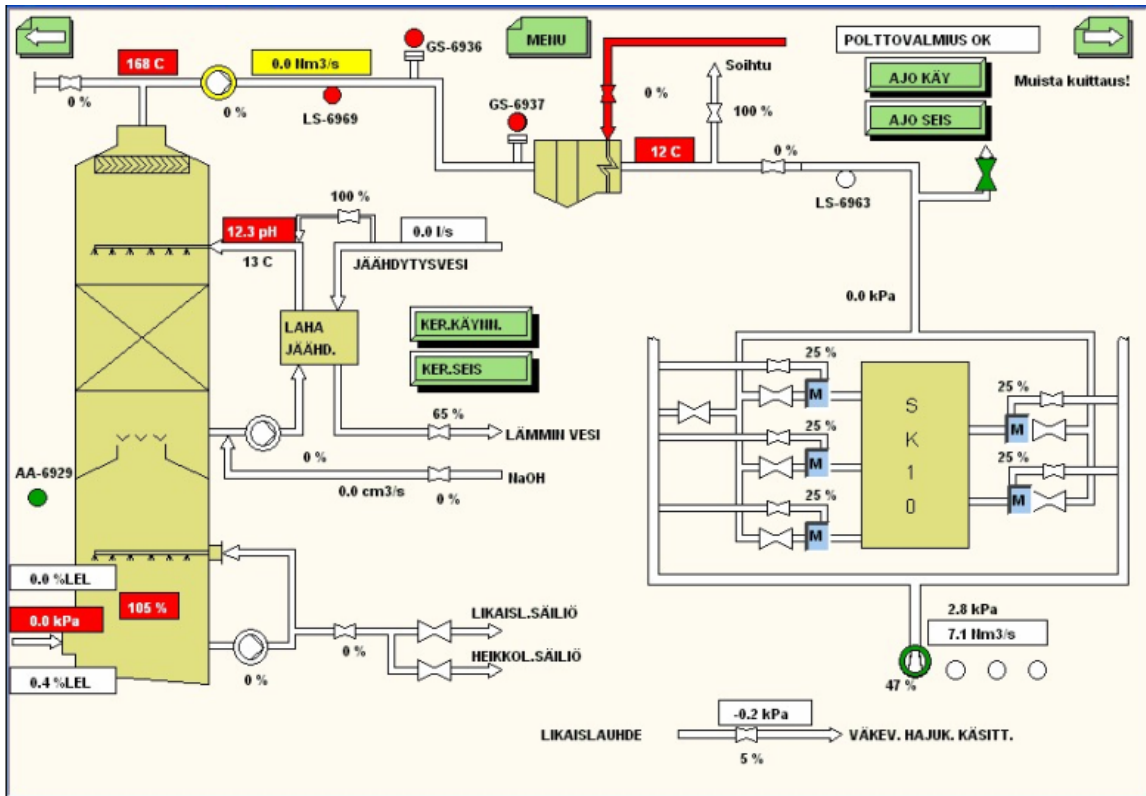
Laimeiden hajukaasujen keräilyn pohjaksi mitattiin 1998 tärkeimmät hajurikki- ja kokonaishiilivetytitoisuudet. Laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmän suunnittelu ja toimitus tilattiin Kvaerner Pulping Oy:ltä ja järjestelmä otettiin käyttöön syksyllä 2000.

Laimeiden hajukaasujen keräily tapahtuu oheisen kaavion mukaisista säiliöistä.



Kuva 1. Laimeiden hajukaasujen keräilyssä olevat säiliöt.

Keräilyputkisto menee laimeiden hajukaasujen analysaattorin kautta LAHA-pesuriin, jonka jälkeen on laimeiden hajukaasujen puhallin, pisaranerotin ja soihdunpuhallin. Laimeat hajukaasut poltetaan soodakattilassa tai soihdussa. Tämä osuus prosessista on oheisen kaavion mukainen.



Kuva 2. Laimeiden hajukaasujen käsittely.

Kvaerner on laatinut laimeiden hajukaasujen käsittelystä toimintakuvauksen ja selostuksen turvallisuuden varmistamisesta 23.10.2000 (liite 2). Järjestelmälle on tehty Hazop-tarkastelu 21.12.2000 (liite 3). Pohjapurkaimen hönkien lisäämisestä keräilyyn tehtiin tarkistuslistatyypinen arviointi 2.12.2002 (liite 4).

Kvaerner on toimintakuvauksensa mukaisesti varmistanut laimeiden hajukaasujen käsittelyn turvallisuuden valmistuksen yhteydessä seuraavasti. Laitetunnukset viittaavat piirustuksiin nro 50006204 (liite 5) ja RA 8022853 (liite 6):

"Pääosa keräilykohteiden kaasujen lähdöistä on suunniteltu siten, että ne ovat suoraan yhteydessä ulkoilmaan, josta otetaan korvausilmaa niin paljon, että kaasut ovat alle alempien syttymis- ja räjähdysrajojen, jotka varmennetaan mittauksin ja laskelmin (mittaukset eivät sisälly toimitukseen).

Häiriötilanteissa kaasut purkautuvat hönkäputkia myöten ulkoilmaan.

Mäntyöljykeitämön pesurin 692.017, puskusäiliön 458.460 ja hakesiilon 458.404 sekä vaahtosäiliön 458.274 hönkien keräilylinjat on varustettu automaattiventtiileillä (puskusäiliön ja hakesiilon linjassa yhteinen säätöventtiili HI-1522, vaahtosäiliöltä HI-2138 ja mäntyöljykeitämön pesurilta HI-6949 joilla estetään häiriötilanteissa mahdollisesti tärpättipitoisten kaasujen joutuminen keräilyyn.

HI-1522 menee kiinni, kun hakesiilon lämpötila nousee yli 60 C:een hakesiilon 458-404 lämpötilamittauksen TI-1424 ilmoittamana, tai puskusäiliön 458.460 puskulinjan lämpötila nousee yli 100 C:een puskulinjan lämpötilamittauksen TI-1520 ilmoittamana, tai hakesiilon ja puskusäiliön yhteisessä keräilylinjassa olevan virtausmittauksen FI-1523 ilmoittama hajukaasumäärä menee alle 0,6 m³/s." (tämä lukitus

poistettiin käyttönoton yhteydessä, koska sitä ei saatu toimimaan luotettavasti) (Kvaerner Pulping Oy:Käyttö- ja huolto-ohjeet, Laimeat hajukaasut . s 56)

Lisäksi käyttö- ja huolto-ohjeissa todetaan:

"Toimittaja ja tilaaja yhdessä suunnittelupalaverien ja Hazop –tarkastelun avulla ovat varmistaneet, että laitosta on prosessitilanteissa / epäjatkuvuuksissa turvallista käyttää. Toimittaja vastaa prosessisuunnittelusta." (Kvaerner Pulping Oy: Käyttö- ja huolto-ohjeet, Laimeat hajukaasut s. 57.)

Käyttö- ja huolto-ohjeet perustuvat siihen oletukseen, että laimeiden hajukaasujen laimennus on kaikissa tapauksissa riittävä ja laimeiden hajukaasujen keräily voidaan pysäyttää ajoissa ennen kuin pitoisuudet putkistossa kohoavat yli LEL-rajaa.

Laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmä on otettu käyttöön syksyllä 2000. Käyttönoton jälkeen laimeiden hajukaasujen järjestelmään on tehty seuraavia muutoksia:

- 2001 Soihdu otettiin käyttöön ja laimeiden hajukaasujen ohiajopiippu yhdistettiin soihdun palamisilmaksi
- 2001 kesällä otettiin käyttöön superkonsentraattori
- 2001 lisättiin vahvalipeäsäiliöiden keräilyyn johtaviin käsiventtiileihin toimilaitteet ja ne liitettiin lukituksiin. Lukitukset tulevat kaasumäärästä jonka pitää olla vähintään 1 m³/s ja pienestä ylipaineesta
- 2001 lisättiin murtokalvoihin hälytykset ja lukitukset. Lukitukset pysäyttävät laimeiden hajukaasujen keräilyn. Otettiin käyttöön 2002 kesällä
- 2001 lisättiin Soodakattila 10 laimeiden hajukaasujen suuttimien rassausta varten paikallisohjaukskytkimet automaattiventtiileille
- 2002 keräilykohteiden lukitukset muutettiin 3,5 m³/s ja alipaineeseen
- 2002 otettiin virallisesti käyttöön analysaattori, jota oli alettu kehittää jo vuonna 1999. Analysaattori mittaa laimeiden hajukaasujen tärpätti ja TRS-pitoisuudet. Analysaattoria ei tässä vaiheessa vielä kytketty ohjaukseen
- 2002 marraskuussa muutettiin kaasumäärän arvo käynnistyksessä 4 nm³:sta 4,5 nm³:een
- 2002 otettiin käyttöön soihdun automaattinen käynnistyminen, kun laimeat hajukaasut kääntyvät katolle
- 2003 analysaattori kytkettiin lukituksiin. samassa yhteydessä muutettiin keittämön venttiilin lukitusarvo pesuriin menevän kaasun osalta 1 nm³:sta 3,5 nm³:een.
- 2003 kytkettiin hakesiilon pohjapurkaimen poksihöngät keräilyyn rakentamalla huuva poksien yläpuolelle ja ohjaamalla siitä tulevat kaasut keittämön keräilylinjaan
- 2003 rakennettiin keräily- ja pumppausjärjestelmä strippaukseen hajukaasukattilan, soihdun ja LAHA-kuumentimen lauhteille sekä lisättiin vesilukkoihin pintamittaukset ja lisävesille virtaushälytykset
- 2003 lisättiin vahvalipeäsäiliöiden lukituksiin paine ennen pesuria
- 2004 lisättiin suodossäiliö 2:n ylikaatoputkeen heiluriläppä
- syskuun puolivälissä 2004 keittämön hönkähaaraan asennettiin koe-käyttöön 50 mm:n kuristuslevy.

- laimeiden hajukaasujen keräily määrää lisättiin helmikuussa 2004 4,5 m³:stä 4,8 m³:iin. Muutoksella ei arvioitu olevan vaikutusta laimeiden hajukaasujen pitoisuuksiin, koska keräily suhteet säilyivät ennallaan
- Noin kaksi viikkoa ennen onnettomuutta keittämön haaran keruuventtiiliin auki-asentoa kasvatettiin alkuperäiseltä 65%-tasolta tasolle 75%, kun tehtaan aiheuttamia hajuhaittoja on pyritty vähentämään ja hakesiilo on tiedostettu todennäköisesti pahimmaksi yksittäiseksi hajuhaittojen aiheuttajaksi koko tehtaassa. Venttiilin asentomuutoksen vaikutus kaasun virtaamaan keittämön haarasta laimeiden kaasujen järjestelmään on ollut pienempi kuin asentomuutoksen suuruus. Onnettomuustilanteen kannalta tällä todennäköisesti ei ole käytännön merkitystä vaikka se onkin periaatteessa kohottanut TRS (= hajurikkiyhdisteet) - ja tärpättikomponenttien pitoisuuksia kaasuvirrassa polttoon kun muiden säiliöiden virtauksista tuleva laimennusvaikutus on aavistuksen verran pienentynyt.

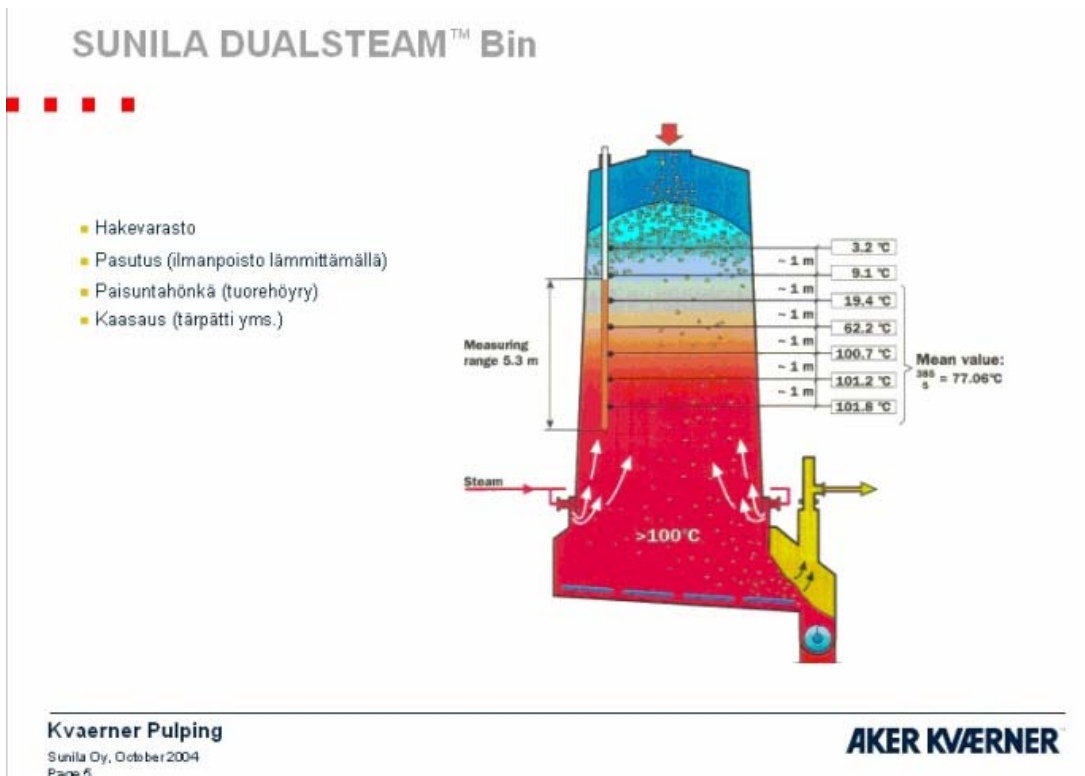
Hakesiilo

Räjähdyks tapahtui laimeiden hajukaasujen käsittelyjärjestelmässä, johon räjähdyskelpoiset hajukaasut pääsivät purkautumaan hakesiilon kautta ja siilossa tapahtuneiden prosessien seurauksena.

Hakesiilo on tyypiltään Kvaerner Pulping Oy:n toimittama DualsteamTM Siilo. Siilossa hakkeesta poistetaan ilma esihöyryttämällä (pasuttamalla), jolloin hakkeen kosteus ja lämpötila tasaantuvat. Siilo toimii myös hakesyötön puskurina. Siilon alaosassa oleva matalapaineikiikki koostuu viisitaskuisesta kapenevasta sektorimaisesta lokerosyöttimestä. Syöttimen tarkoituksena on aikaansaada tiivistys ja syöttää tasaisesti haketta siilosta syöttökaulan matalapaineiseen päähän.

Keittämön alasajoa on viimeisten kuukausien aikana kehitetty sellaiseksi, että sen yhteydessä aiheutuisi mahdollisimman vähän hajuhaittoja tehtaan ympäristössä. Tämä tarkoittaa käytännössä siilon ajamista viileäksi ennen pysäytystä. Aikaisemmilla menetelyillä siilon yläpään lämpötila on pitkään pysynyt korkeana, jolloin lämpötilalukitus on pitänyt keittämön hönkien keruuventtiilien suljettuna pitkään, ja tärpättihöyryt ja haisevat rikkiyhdisteet ovat purkautuneet ulos.

Siilon toimintaperiaate on oheisen kuvan mukainen.



Kuva 3 Hakesiilon toimintaperiaate.

Suojaukset: laimennusventtiilin ja analysaattorin toiminta

Laimeiden hajukaasujen järjestelmä on suunniteltu siten, että keräily tapahtuu säiliöiden hölkäputkien kautta, jolloin riittävä määrä laimennusilmaa saadaan hölkäputken kautta ulkoilmasta. Hakesiilossa tällaista hölkäputkea ei ole, vaan putki on keräilylinjassa. Keräilyventtiiliä säätämällä saadaan laimennussuhde määritettyä turvalliseksi, jos tiedetään laimeiden hajukaasujen pitoisuudet. Järjestelmään on lisätty myös automaattiventtiilit niille säiliöille, jotka on ajateltu turvallisuuskriittisiksi. Venttiileihin liittyvät lukitukset estävät häiriötilanteissa liian väkevien kaasujen pääsyn järjestelmään.

Keittämön keräilylinjassa on yhteinen automaattiventtiili hakesiilolle ja puskusäiliölle. Siihen liittyvät seuraavat lukitukset. Lukitukset hakesiilon korkeasta lämpötilasta (lämpötila-anturi ei ole siilossa vaan keräilylinjan alkupäässä). Venttiili menee kiinni, jos hakesiilon lämpötila nousee yli 60 °C:een tai puskusäiliön puskulinjan lämpötila nousee yli 100 °C:een. Venttiilissä on myös lukitukset kaasun keräilymäärästä (venttiili lukittuu, jos keräilymäärä on alle 3,5 nm³/s) ja alipaineesta (lukittuu, jos alipaine on vähemmän kuin -0,05 kPa). Venttiilille tulee myös lukitus laimeiden hajukaasujen analysaattorista. Venttiili lukittuu, jos analysaattorin mitaamat TRS- tai tärpättipitoisuudet ylittävät 40 % LEL-rajasta. Venttiili avautuu automaattisesti, kun pitoisuus laskee alle 20 %:iin. Hakesiilon lämpötilalukitus on valvomotietojen perusteella jälkijättöinen. Lämpötila nousi lukitusrajalle vasta räjähdysten jälkeen. Syynä voi olla mittausanturin vikaantuminen tai likaantuminen, mutta myös lukitusraja tulisi määrittellä uudelleen. Lämpötilalukitusta määriteltäessä on otettava huomioon kehittyvien kaasujen leimahduspisteet ja väkevyydet. Esim. tärpätin leimahduspiste on n. +35 °C.

Laimennusilman saanti järjestelmään on toteutettu seuraavasti:

- Siilojen (hakesiilon tapauksessa keräilylinjan) hönkäputken kautta keräilyn alipaine imee laimennusilmaa laimeiden hajukaasujen mukaan. Laimennusilman ja laimeiden hajukaasujen suhdetta säädetään venttiilillä.
- Hajukaasuanalysaattori (LEL-analysaattori) ohjaa erillistä laimennusilmaventtiiliä. Venttiili on sijoitettu analysaattorin jälkeiseen linjaan LAHA-pesurin jälkeen. Laimennusilmaventtiiliä ei ole suunniteltu tai mitoitettu laimennusilmakäyttöön vaan se on entinen starttiventtiili.
- Kun laimeat hajukaasut johdetaan soihtuun, soihdun lisäilma laimentaa vielä hajukaasuja.

Analysaattorin toimintaperiaate

LEL-analysaattorin periaatteena on mitata laimeista hajukaasuista erikseen TRS-komponentit (hajurikit) ja VOC-yhdisteet (tärpähti, metanoli) ja verrata niiden pitoisuuksia LEL-raja-arvoihin. Periaatteena on hapettaa hajukaasukomponentit termisessä konverterissa rikkidioksidiksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi yhdisteiden palamisreaktioiden mukaisesti. Analysaattorin tarkoituksena on aikaansaada riittävän aikainen varoitus nousevista pitoisuuksista räjähtävää kaasua ja seurata muutoksia kaasun koostumuksessa räjähdysrajaan nähden.

Sunilassa analysaattori ohjaa keittämöhaaran keräilyventtiiliä ja laimennusilmaventtiiliä. Analysaattorin toiminta-arvot on määritelty vain kokemusperäisesti ja ne ovat olleet riittäviä normaaleissa häiriötilanteissa. Analysaattori avaa laimennusilmaventtiiliä 50 %, kun hajukaasun pitoisuus saavuttaa 30 % LEL-rajasta ja kokonaan kun pitoisuus saavuttaa 35 % LEL-rajasta. Keräilyventtiili sulkeutuu kun pitoisuus nousee 40 %:iin LEL-rajasta. Keräilyventtiili avautuu kun pitoisuus laskee 20 %:iin.

Toimintaperiaatteensa vuoksi analysaattorin mittauksissa on noin minuutin viive. Viiveen aiheuttamia riskejä on pyritty vähentämään määrittelemällä lukitusrajat niin alhaisiksi, että analysaattori ehtii mukaan. Analysaattori onkin pystynyt varmistamaan laimeiden hajukaasujen käsittelyn turvallisuuden normaalitilanteissa ja hitaissa muutoksissa, mutta se on liian hidas nopeissa muutoksissa. Kun laimeiden hajukaasujen väkevöitymisnopeutta ei ole tiedetty, ei turvajärjestelmien suunnittelussa ole otettu huomioon, että minuutin viiveaika kriittisissä häiriötilanteissa voi johtaa räjähdykseen. Onnettomuustapauksessa kehittynyt kumulatiivinen häiriö nostikin laimeiden hajukaasujen pitoisuudet niin korkealle ja niin nopeasti, ettei analysaattori ehtinyt tähän kehitykseen mukaan. Analysaattorin sijoitus ennen pesuria on myös virheellinen, koska vesihöyryn lauhtuminen pesurissa nostaa laimeiden hajukaasujen TRS- pitoisuuksia pesurin jälkeen. Ongelmana on myös analysaattorin sijoitus keräilyventtiilin jälkeen. Sijoituksen takia analysaattori voi avata keräilyventtiilin, vaikka pitoisuudet siilossa ja ennen keräilyventtiiliä ovat vaarallisen korkeita, sillä analysaattorin alueella pitoisuudet ovat jo laimentuneet.

Analysaattorin liittyviä lukituksia ja suojauksia ei ole toteutettu turva-automaation periaatteiden mukaisesti, koska niille ei ole säädöksissä asetettu tällaisia vaatimuksia. Siten niiden eheystasovaatimuksia ei ole määritelty, toimintaa varmistettu esim. kahdentamalla eikä kunnossapitoa määritelty eheystasovaatimusten mukaisella tavalla. Järjestelmä on toiminnaltaan prosessiautomaatiojärjestelmä eikä vastaa turva-automaation

vaatimuksia turvallisuuskriittisissä kohteissa. Kokemuksen perusteella valitut lukitusrajat eivät aina kata kaikkia mahdollisia ongelmatilanteita, vaikka ne tässä tapauksessa tukeutuivat analysaattorin käyttökokemuksiin kahden vuoden ajalta. Automaatiojärjestelmälle asettavat vaatimukset olisi pitänyt arvioida riskiarviointien yhteydessä.

Analysaattori alettiin kehittää vuonna 1999 ja pitkän koekäytön jälkeen se liitettiin lukitukseen vuonna 2003. Koekäytön aikana analysaattori oli toiminut luotettavasti. Analysaattorin ongelma on, että se mittaa toisaalta tärpättipitoisuuksia ja toisaalta TRS-pitoisuuksia, mutta ei eri kaasujen yhteisvaikutuksia.

Laimeiden hajukaasujen ominaisuudet, Sunilan mittaukset

Taulukko 1: Hajukaasujen eri komponenttien syttymisominaisuuksia ilmassa (Suomen soodakattilayhdistys ry, Hajukaasujen polttopöytäsuositus 30.5.2002).

Yhdiste	Räjähdyksraja		Liekin nopeus	Itsesyttymislämpötila
	Alempi til-%	Ylempi til-%	m/s	°C
	LEL	UEL		
H ₂ S	4,3	45		260
CH ₃ S	3,9	21,8	0,55	
CH ₃ SCH ₃	2,2	19,7		206
CH ₃ SSCH ₃	1,1	16,1		300
Alpha-pineni	0,8	6,0	154	253
Metanoli	6,7	36,5	0,5	464

Sunila Oy on kartoittanut rikkidisteiden ja hiilivetyjen hajapäästöjä 1998 ilmansuojeluvuorokauden takia. Mittausten perusteella on määritetty keräilyyn otettavat säiliöt ja kerättävä laimeiden hajukaasujen määrä.

Laitos on teettänyt laimeiden hajukaasujen mittaukset 2000 (takuumittaukset). Mittaukset suoritettiin tehtaan ollessa normaalitoiminnassa. Mittaustulosten perusteella laskettiin rikkipäästön poistuma keräilyyn avulla sekä kaasujen myrkyllisyys- ja syttyvyysominaisuudet eri kohteissa, mutta niissä ei ole arvioitu häiriötilanteiden pitoisuuksia.

Jokaisen mittauskohteen kaasuseokselle laskettiin vaarallisuuskerroin kutakin terveysvaaran tunnusta vastaavasti ja oma kerroin syttyvyyttä kuvaamaan. Jos kerroin sai arvon, joka oli suurempi kuin 1, oli kyseinen vaara olemassa.

Kriittisimmiksi kohteiksi saatiin:

VML-säiliö 2	1.06
VML-säiliö 1	0.37
Puskusäiliö	0.20
DD-pesurin tyhjäpumpput	0.18
Mäntyöljykeittämön pesuri	0.17
Vahtosäiliö	0.15
DD-pesuri	0.14
Hakesiilo	0.11

Normaalitilanteessa hakesiilo ei ole kriittinen kohde, mutta poikkeustilanteissa laimeiden hajukaasujen pitoisuusvaihtelut ovat siinä suurimmat.

Laimeista hajukaasuista on tehty käyttöturvallisuustiedotteita, joissa esitetyt luokitukset vaihtelevat suuresti. Laimeita hajukaasuja on aiemmin käyttöturvallisuustiedotteen kohdassa 15 merkitty jopa luokittelemattomaksi R-lauseella terveydelle haitallista hengitettynä. Uusimmissa versioissa laimeat hajukaasut luokitellaan erittäin myrkylliseksi ja helposti syttyväksi. Tämä on voinut vaikuttaa asenteisiin arvioitaessa laimeiden hajukaasujen vaaraominaisuuksia.

3. Onnettomuustiedot

Tapaukset ennen onnettomuutta

Sunila Oy:n sellutehtaan keittämö ajettiin alas tiistaina 19.10. noin klo 6 matalapainekii-kin vaihdelaatikon vaihdon takia. Alasajo sujui ongelmitta. Laitos pidettiin käynnistyskunnossa ja esim. laimeiden hajukaasujen keräilyä jatkettiin normaalisti muuten paitsi, että niiden poltto siirrettiin soihtuun, koska SK10-kattilaa ei voitu pitää lipeätulilla.

Alasajossa noudatettiin syksyllä 2004 käyttöön otettua uutta ajotapaa, jolla pyritään vähentämään hajuhaittoja tehtaan ympäristössä. Tässä ajotavassa siilo ajetaan viileäksi ennen pysäytystä, jolloin täpättihöyryt eivät höngi ympäristöön. Tämä tapahtuu niin, että paisuntahöyryn tulo siiloon keskeytetään noin puoli tuntia ennen alasajoa.

Laitoksen pysäytyksen aikana pidettiin laimeiden hajukaasujen keräily käynnissä normaalisti. Keittimeen ja imeytystorniin jäi käynnin aikainen lämpötila, joka laski hitaasti

seisokin aikana. Imeytystorni tyhjennettiin hakkeesta, mutta se jätettiin täyteen nestettä. Keitin jäi täyteen haketta. Matalapaineikiikin syöttökaula oli tyhjennetty. Seisokin aikana imeytystornissa olevan kiertolipeän pH laskee, jolloin rikkivedyn muodostuminen voimistuu.

Tapahutumien kulku ja olosuhteet

Keittämöä päästiin käynnistämään 19.10. noin klo 20 siilon lämmityksellä. Lämmitykseen käytettiin aluksi vain tuorehöyryä. Noin puoli tuntia käynnistymisen aloittamisesta klo 20:32 kiikki jumiutui, koska roottori laajeni lämpenemisen seurauksena runkoa nopeammin. Roottoria oli vedetty ulospäin 4 mm, mutta se ei riittänyt. Kiikin jumiutuminen on tavallista, mutta nyt sen saaminen käyntiin kesti huomattavasti tavallista pidempään. Kiikki saatiin käyntiin vasta 20:57. Käynnistämisyrietykset vaativat tavallista enemmän resursseja. Käynnistysyritysten takia henkilöstön huomio keskittyi pitkälti kiikkiin eikä muuhun prosessivalvontaan. Kiikin käynnistysyritysten aikana siilon lämmitys jatkui normaalisti, mutta tavallista pidempään. Poikkeuksena oli, ettei pohjapasutushöyry ollut käytettävissä. Hakkeen lämpötila nousi mittausalueen ylärajalle.

Kun kiikki saatiin pyörimään, jatkettiin keittämön käynnistystä normaalisti. Tuorehöyryventtiiliä avattiin lisää ja siilon lämpötila kohosi tasaisesti. Siilon alaosan tärpättikaasuksen venttiili kuitenkin sulkeutui klo 21:01 alhaisen lämpötilan takia. Lämpötila laskee normaalistikin käynnistymisen aikana, jos venttiili on täysin auki. Sen vuoksi sitä näissä tilanteissa yleensä kuristetaan. Nyt muiden käynnistysongelmien takia kuristamista ei tehty. Lämpötilan lasku siilon alaosassa voi johtua myös siitä, että pohjapasutushöyryn puuttumisen vuoksi kylmempää haketta valui alaspäin, kun kiikki käynnistyi.

Koko ajan laimeiden hajukaasujen keräily oli normaalisti käytössä. Hajukaasuanalysaattorin arvot olivat normaalilla tasolla ja kun keräilylinjan lämpötila pysyi alhaisena, on hakepatja pystynyt lauhduttamaan lämmityshöyryn.

Hakkeen annosteluruuvi käynnistettiin 21:05, minkä jälkeen hakkeen pinta lähti tasaisesti laskemaan. Annosteluruuvin käynnistyshetkellä pinnan korkeus oli noin 95 %.

Tuorehöyryventtiiliä avattiin lisää ja paisuntahöyry siirtokierrosta ohjattiin siiloon klo 21.13 lähtien. Kun keitto käynnistettiin klo 21:10, alkoi siilon hakepinta laskea nopeasti.

Klo 21:16 alkoi siilon lämpötila nopeasti nousta. Tässä vaiheessa oli tuorehöyryventtiili vielä auki 78% ja paisuntahöyry 6-8 %. Hakepinta oli n. 70% ja rikki- ja tärpättipitoiset höngät alkoivat tulla hakepinnan läpi. Siilo alkoi hönkiä voimakkaasti. Siilon päällä oleva rikkivetymittarin lukemat nousivat nopeasti ja ylittivät mittausalueen ylärajan n. klo 21:18. Hönkiminen huomattiin keittämön valvomosta, josta ilmoitettiin portille hajukaasupäästöistä. Portti ilmoitti asiasta edelleen pelastuslaitokselle klo 21:27.

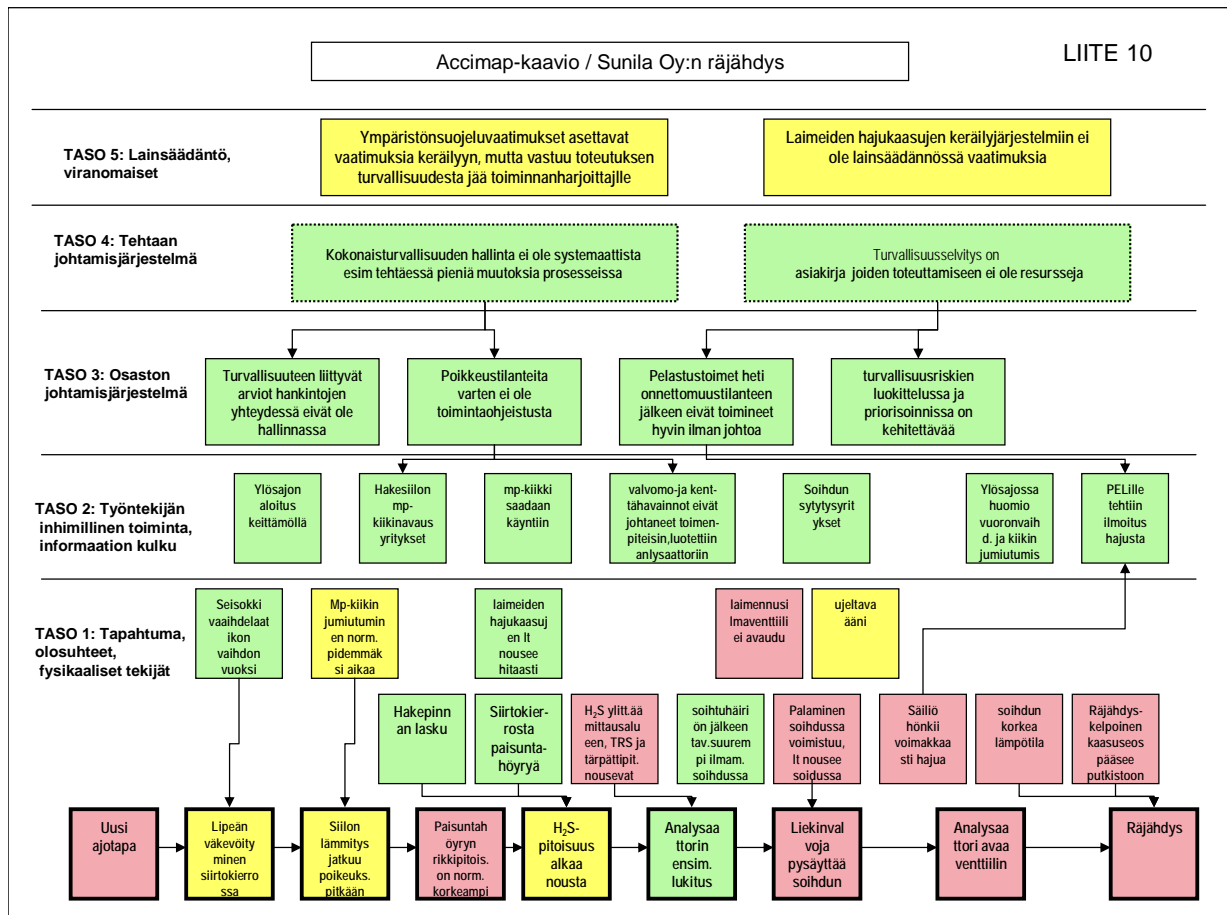
Analysaattorin arvot ylittivät ensimmäisen kerran lukitusrajat n. klo 21:19. Analysaattorin mittaustuloksissa on noin minuutin viive. Laimennusilmaventtiilin ohjaus ei tunnistanut analysaattorin impulssia, eikä avautunut, mutta analysaattori sulki keräilyventtiilin klo 21:19. Laimeiden hajukaasujen TRS-pitoisuus ylitti LEL-rajaa, mutta tärpättipitoisuus jäi selvästi sen alapuolelle.

Klo 21:14 oli väkevien hajukaasujen painevaihtelun seurauksena tapahtunut soihdulla alipainelukitus, jonka vuoksi väkevien hajukaasujen poltto käännettiin hajukaasukattilaan. Häiriön jälkeen soidun palamisilmapelti jäi asentoon 45 % eli soihdun ilmamäärä jäi tavallista suuremmaksi. Tämä ilmamäärä riitti hyvin laimentamaan laimeiden hajukaasujen korkeat pitoisuudet tässä vaiheessa. Laimeiden hajukaasujen väkevyys johti kuitenkin siihen, että palaminen soihdussa nousi ylemmäksi ja soihdun huipun lämpötila alkoi nousta. Poikkeuksellisen palamisen ja tavallista korkeamman ilmamäärän takia soihdusta kuului ujeltavaa ääntä. Soihdun yläosassa tapahtuneen palamisen seurauksena liekinvalvoja ei enää nähnyt liekkiä ja soihtu pysähtyi liekkihäiriöön klo 21:19. Palamisilmapelti ohjautui sytytysasentoon (18 %), eli laimennusilmamäärä pieneni. Voimakkaamman palamisen seurauksena soihtuun jäi syttymisen mahdollistava pintalämpötila (yli 600 °C).

Analysaattori avasi uudelleen keittämön linjan laimeiden hajukaasujen keräilyventtiilin, kun pitoisuudet analysaattorin alueella olivat laskeneet lukitusrajan alapuolella n. klo 21:21. Siilon päällä olevat rikkivetypitoisuudet olivat kuitenkin edelleen kasvaneet, mikä osoittaa, että hakesiilossa olevien kaasujen rikki- ja tärpättipitoisuudet olivat koko ajan lisääntyneet. Analysaattorin arvot nousivat avaamisen jälkeen heti lukitusrajalle, mutta minuutin viiveen takia oli räjähdyskelpoista seosta päässyt jo putkistoon. TRS-pitoisuus ylitti selvästi LEL-rajan ja mittarin mittausalueen. Myös tärpättipitoisuus ylitti LEL-rajan ja mittausalueen mutta, koska analysaattorin mittaus toimii hitaammin tärpättillä kuin rikkivetyhdisteillä, on myös tärpättipitoisuus voinut nousta selvästi mittarin osoittamaa korkeammalle. Analysaattorin impulssi avasi laimennusilmaventtiilin, mutta korkeiden pitoisuuksien takia ei ilmamäärä nyt riittänyt laimentamaan seosta. Väkevöityneet hajukaasut olivat ennen laimennusventtiilin avautumista virranneet minuutin ajan venttiilin ohi putkistoon. Laimeat hajukaasut vielä rikastuivat lisää analysaattorin jälkeisessä pesurissa, kun se lauhdutti pois osan vesihöyrystä.

Räjähdyskelpoinen seos jatkoi matkaansa soihdulle, jossa ilmapelti oli sytytysasennossa eikä tuleva lisäilmamäärä riittänyt enää laimentamaan seosta, vaan se syttyi soihdussa räjähdysmäisesti korkeiden pintalämpötilojen tai samaan aikaan soidulle tehdyn sytytysyrityksen seurauksena. Palo eteni putkistossa virtausta vastaan ja aikaansai räjähdysten puhaltimilla ja pisaranerottimella. Palorintaman eteneminen virtausta vastaan selittyy joko sillä, että laimeissa hajukaasuissa myös tärpättipitoisuus oli LEL-rajan yläpuolella tai detonaatioilmiöllä. Detonaatiossa kaasujen palamisnopeus voi ylittää äänennopeuden virtauksen ollessa turbulenttista.

Ohessa Accimap-kaavio onnettomuudesta. kaavion vihreät laatikot kuvaavat normaalia toimintaa. keltaiset tapahtumia, joilla on ollut onnettomuutta edistävä vaikutus tai joiden kautta onnettomuutta olisi voitu ennakoida ja punaiset onnettomuuteen johtavia tapahtumia.



Kuva 4. Accimap-kaavio (liite 10)

Palo- ja pelastustoimenpiteet

Tuotantomestari ilmoitti portille hajukaasupäästöstä hakesiilosta klo 21.19 ja pyysi ilmoittamaan aluepelastuslaitokselle. Portin hajukaasupäästöä koskeva soitto tuli PELille 21.27. Päivystävä pelastusviranomainen kuuli räjähdysäänen kotonaan ja soitti PELiin kysyäksään mitä on tapahtunut. PEL ei tiennyt räjähdyksestä, joten päivystäjä soitti vuoromestarille Sunilaan. Juuri vuoroon tullut vuoromestari ei tiennyt tilanteesta, koska edellinen vuoromestari oli selvittämässä tilannetta tapahtumapaikalla. Ilmoitus PELin päivystäjälle räjähdyksestä tuli Sunilasta 22.20, jonka jälkeen päivystäjä lähti paikalle ja ilmoitti tapahtumasta PELiin, poliisille ja merivartiostolle.

Räjähdyksen jälkeen vuoromestari ja soodakattilan valvomon henkilöstö kiersivät onnettomuuspaikkaa tilanteen selvittämiseksi. Tehtaan johdon paikalle tultua arvioitiin vauriot ja tehtiin päätös käynnistyksen jatkamisesta. Johto ja PELin paikalle saapunut päivystäjä pitivät palaverin.

Ennen räjähdystä kuultiin tehtaan etelä- sekä länsipuolella n. 2-3 km:n alueella vihellystä muistuttava ääni, jonka jälkeen kuului kova räjähdys noin 15 km etäisyydelle saakka.

Varsinaisesta räjähdyksestä ei ilmoitettu heti pelastuslaitokselle, vaan pelastuslaitos joutui kyselemään tilannetta tehtaalta. Ilmoitus pelastuslaitokselle tuli vuoromestarilta vasta 22:20. Räjähdyksestä ilmoitettiin aamulla 20.10. TUKESille, joka perusti saman

päivän aikana tutkijaryhmän selvittämään räjähdysten syytä ja laatimaan toimialakoh-
taisen selvityksen vastaavien räjähdysten estämiseksi.

Vahingot

Kukaan ei loukkaantunut räjähdyksessä eikä siihen liittynyt tulipalooa muualla tehdas-
alueella, mutta räjähdys aiheutti vaurioita laimeiden hajukaasujen keräilypuhaltimelle,
lauhdutuspesurille, pesurin jälkeiselle putkistolle ja putkiston varusteille sekä soih-
tupolttimelle, sen palamisilmapuhaltimelle, kanavistolle ja näiden varusteille. Onnettomuuden
taloudelliset vahingot ovat noin 400 000 €.

Yhtiön tekemät korjaustoimet

Onnettomuuden jälkeen sokeoitiin laimeiden hajukaasujen keräilylinjan keittämöhaara
(hakesiilo, puskusäiliö). Analysaattorilta tulevan, laimennusilmaventtiiliä ohjaavan, im-
pulssin pituus nostettiin 3 sekuntiin. Lisäksi järjestelmän toiminta testattiin ennen käyt-
töönottoa.

Yhtiöllä on käynnissä korjaavien toimenpiteiden ohjelma.

4. Onnettomuuden tutkinta

Tämä raportti on tehty hyödyntämällä seuraavassa lueteltuja tietoja

- Prosessikuvaukset ja prosessikaaviot
- Sunila Oy:n antamat selvitykset
- TUKESin tutkijoiden kokoukset ja vierailut tehtaalla 2004: 21.10., 25.10., 29.10.,
5.11., 2.12., 20.12. ja 2005 :20.1. ja 28.1.
- Palopäällikkö Ilpo Tolonen 25.10.04
- Sunila Oy:n turvallisuuskäsikirja ja sisäinen pelastussuunnitelma

5. Tutkinnan tulokset; yhteenveto onnettomuuden syistä ja seurauksista

Räjähdykseen johtaneet syyt

Räjähdys aiheutui usean tekijän yhteisvaikutuksesta hakesiilossa, jossa laimeiden ha-
jukaasujen turvajärjestelmällä ei pystytty hallitsemaan poikkeuksellisia olosuhteita. Se
toimii hyvin normaaleissa käyttötilanteissa, mutta turvajärjestelmät eivät ole riittäviä
poikkeustilanteissa, joiden vaikutuksia ei edes täysin tunneta. Muiden keräilyn piirissä
olevien säiliöiden osalta laimeiden hajukaasujen muutokset ovat hitaampia ja näihin
muutoksiin turvajärjestelmät ovat riittäviä.

Tutkijaryhmän mielestä räjähdys johtui poikkeuksellisen korkeista ja poikkeuksellisen
nopeasti nousseista TRS- ja VOC-pitoisuuksista hakesiilossa ja tilanteeseen nähden
riittämättömästä laimennusilman määrästä. Laimeiden hajukaasujen pitoisuuden nousu
jo ennen varsinaista räjähdystä aiheutti järjestelmään sellaisia toimintahäiriöitä (soih-
dun palamisen kiihtyminen ja soihuhäiriö), jotka yhdessä voimakkaasti kohonneiden
TRS- ja VOC-pitoisuuksien kanssa loivat olosuhteet, joissa räjähdys oli mahdollinen.

Seuraavassa on tutkijaryhmän näkemys niistä tekijöistä, joiden kautta räjähdysen mahdollistavat olosuhteet kehittyivät.

Tavanomaista korkeammat TRS- ja VOC-pitoisuudet

Räjähdysen aiheutti todennäköisesti liian korkea TRS- tai VOC-pitoisuus, jotka molemmat ylittivät analysaattorin mittauksissa LEL-ajan. TRS-pitoisuus on kuitenkin selvemmin ja pidempään mittausalueen yläpuolella. Myös siilon päällä oleva rikkivetymittari on ollut mittausalueen yläpuolella (120 ppm) yli kuusi minuuttia. Onnettomuustapauksessa sekä TRS- että VOC-pitoisuus riitti aiheuttamaan räjähdysen, vaikka todennäköisesti kaasujen yhteisvaikutus vielä alentaisi yhdistelmän LEL-rajaja

Räjähdysen yhteydessä havaittiin siilossa poikkeuksellisen voimakasta hönkimistä ja haisevien rikkijhdisteiden ja täpätin haju tuntui sisätiloissakin. Hönkimisen ja hajun havainneiden mielestä ne olivat poikkeuksellisen voimakkaita.

Poikkeuksellisen korkeisiin TRS- ja VOC-pitoisuuksiin on seuraavia syitä:

1. Hakepatjan sisällä on mahdollisesti väkevöitynyt kerros, johon on lauhtunut TRS- ja VOC-yhdisteitä

Hakkeen lämpötila siilossa laskee pintaa kohti ja normaalissa tapauksessa hakepatjan sisälle muodostuu rikki- ja täpättyhdisteistä lauhtunut kerros. Tavallisesti tämä kerrostuma jää hakepatjan sisälle. Jos haketta lämmitetään tavallista korkeampaan lämpötilaan, nousee kerros lähemmäksi pintaa. Samoin, jos hakepatjan pinta laskee liian alas, voi yhdisteitä purkautua hajukaasujen joukkoon, erityisesti tapauksessa, jossa hakepatjan yläosan lämpötila on tavallista korkeampi. Tämä ilmiö on ollut hakesiilon valmistajan tiedossa, mutta kuitulinjan toimittajan käyttöohjeissa siitä ei ole mainintaa.

Onnettomuustilanteessa molemmat tekijät olivat voimassa. Kiihin jumiutumisen takia siilon lämmitys jatkui tavallista pidempään ja hakepatjan lämpötila oli jo kauan ollut mittausalueen ylärajalla. Hakepinta laski tasaisesti ja oli räjähdysketkellä n. 55%. Pinnankorkeus ei ole poikkeuksellisen alhainen, mutta yhdessä korkean lämpötilan kanssa se saattoi riittää vapauttamaan hakkeessa olevan väkevöityneen kerrostuman. Valvomossa havaittiin hakepinnan aleneminen, mutta erityistoimenpiteisiin ei ryhdytty, koska pinta ei ollut poikkeuksellisen alhaalla ja haketta oli tulossa.

2. Paisuntahöyryn TRS-pitoisuudet olivat tavanomaista korkeammat.

Seisokin aikana keitin jää täyteen haketta ja imeytystorni täyteen nestettä. Käynnistyksen yhteydessä ensimmäinen paisuntahöyry tuli juuri siirtokierrosta. Kun paisuntahöyry ohjattiin siiloon vähän ennen räjähdystä, oli sen TRS-pitoisuus tavanomaista korkeampi. Koska hakkeen lämpötila oli korkea ja pinta alhainen, on osa tästä höyrystä päässyt lauhtumatta, lähes suoraan väkevöittämään laimeita hajukaasuja. Paisuntahöyryn korkeaa rikkipitoisuutta korreloi pesurin yläkierron PH:n laskun kanssa, joka on todettu ennen räjähdystä.

3. Tärpättikaasauksen sulkuventtiili lukittui kiinni-asentoon käynnistyksen yhteydessä.

Tärpättikaasauksen venttiili lukittui kiinni-asentoon alhaisen lämpötilan takia pian sen jälkeen, kun kiikki saatiin käyntiin. Lukittuminen johtui siitä, että venttiili oli käynnistysvaiheessa liian paljon auki virtaukseen verrattuna tai siitä, että siilon alaosan kylmempää hakea valui alaspäin. Normaalisti ylösajon aikana venttiiliä kuristetaan, jolloin se saadaan pysymään auki. Venttiilin asennolla on voinut olla vähäistä merkitystä laimeiden hajukaasujen pitoisuuden kasvuun. Se ei kuitenkaan ole räjähdysten pääsyy, mutta osa kumulatiivisten tapahtumien ketjussa.

4. Analyysaattorin jälkeisellä pesurilla on laimeita hajukaasuja väkevöittävä vaikutus.

Laimeiden hajukaasujen pitoisuutta mittaava analyysaattori on ennen pesuria. Nykyisessä käytössä pesuri lauhduttaa oikeastaan vain vesihöyryä. Tämän lauhduttavan vaikutuksen takia ovat laimeiden hajukaasujen pitoisuudet korkeampia pesurin jälkeen. Analyysaattorin antamat mittaustulokset ovat siis liian pieniä.

5. Väkevöitynyttä hajukaasua on voinut tulla järjestelmään myös puskusäiliön kautta.

Onnettomuuden yhteydessä hakesiilo hönki voimakkaasti ulospäin. Hönkiminen on voinut johtaa siihen, että puskusäiliö, joka on keräilylinjan kautta yhteydessä hakesiiloon, on täytynyt hakesiilon höngällä. Tämä hönkä on vielä voinut väkevöityä puskusäiliössä lauhutumisen seurauksena. Näin ollen väkevöitynyttä laimeaa hajukaasua on päässyt keräilyyn kahden säiliön kautta.

6. Hönkäputkessa oleva kuristuslevy rajoitti hönkimistä ulkoilmaan.

Poikkeustilanteessa ylimääräinen hönkä pääsee purkautumaan hönkäputkien kautta. Keräilyputkiston hönkälinjaan oli asennettu 50 mm kuristuslevy, joka hidasti hakesiilon tuulettumista. Väkevöitynyt hajukaasu ei päässyt purkautumaan ulkoilmaan, jolloin pitoisuudet keräilyputkistossa olisivat laskeneet.

Laimennusilman määrä ei ollut riittävä

Laimeiden hajukaasujen pitoisuus yritetään pitää LEL-rajaa alapuolella riittävällä laimennusilmamäärällä. Kerättävien hajukaasujen ja myös laimennusilman määrittely perustuu 1998 ja 2000 tehtyihin mittauksiin. Mittaukset eivät kuitenkaan kata poikkeustilanteita. Poikkeustilanteiden osalta ei ole tehty kattavia arvioita. Laimennusilmaa lisätään kolmessa vaiheessa:

- Siilojen (hakesiilon tapauksessa keräilylinjan) hönkäputken kautta keräilyyn alipaine imee laimennusilmaa laimeiden hajukaasujen mukaan. Laimennusilman ja laimeiden hajukaasujen suhdetta säädetään venttiilillä. Järjestelmä ei toimi, jos siilo hönkii voimakkaasti tai jos (kuten hakesiilon tapauksessa) hönkäputken päähän on lisätty kuristuslevy.
- Hajukaasuanalyysaattori ohjaa erillistä laimennusilmaventtiiliä siten, että jos laimeiden hajukaasujen pitoisuus nousee 30%:iin alemmasta LEL-rajasta, avautuu venttiili 50 %:sti ja jos pitoisuus ylittää 35 %:a alemmasta LEL-rajasta, avautuu venttiili kokonaan. Jos pitoisuus ylittää 40 %:a sulkeutuu keittämön linjan keräilyventtiili.

Venttiilin ja lukitusrajojen mitoitukset ovat kokemusperäisiä, eivätkä perustu laskelmiin. Venttiili on alunperin suunniteltu starttiventtiiliksi.

- Ongelmana on, että keräilyventtiilin ohjaus myös avaa venttiilin automaattisesti, kun pitoisuudet analysaattorin alueella laskevat alle 20 %:iin. Venttiiliä edeltävällä osalla keräilylinjaa voi kuitenkin olla vielä lukitusrajoja ylittäviä pitoisuuksia. Jos venttiili ei olisi onnettomuustapauksessa avautunut automaattisesti, olisi se yksinään voinut estää räjähdysriskin
- laimeat hajukaasut johdetaan soihduun, jolloin soihdun lisäilma laimentaa vielä hajukaasuja. Ongelmana on, että soihdun toiminnan eri vaiheissa laimennusilmamäärä vaihtelee. Onnettomuustapauksessa soihtu oli käynnistysvaiheessa ja sen lisäilmamäärää oli pienennetty sytytyksen varmistamiseksi. Tämä pieni ilmamäärä ei näin voimakkaassa pitoisuuksien nousussa riittänyt enää laimentamaan hajukaasuja riittävästi.

Onnettomuustilanteessa laimeiden hajukaasujen laimennuksessa oli vielä seuraavia ongelmia, jotka yhdessä vaikuttivat siihen, että räjähdyskelpoinen kaasuseos pääsi kehittymään:

- kun analysaattori havaitsi ensimmäisen korkean hajukaasupitoisuuden, ei laimennusilmaventtiili avautunut. Syynä oli analysaattorilta tuleva pulssiohjaus. Ohjauspulssin pituus oli 1 sekunti ja automaatiojärjestelmän kiertoaika on samoin 1 sekunti. Epäedullisissa tapauksissa jää järjestelmältä ohjauspulssi huomaamatta. Niin kävi tässäkin tapauksessa. Vaikka laimennusilmaventtiili ei avautunutkaan, riitti soihdun ilmamäärä laimentamaan hajukaasujen pitoisuudet riittävän alhaiselle tasolle. Vähäisen laimennusilman takia laimeat hajukaasut kuitenkin kiihdyttivät soihdun palamista ja johtivat liekkihäiriöön.
- analysaattorin mittauksessa on sen toimintaperiaatteen takia noin minuutin viive. Tämän viiveen vuoksi on lukitusrajat pyritty asettamaan niin alhaiselle tasolle, että viiveestä huolimatta turvatoiminnat ehditään suorittamaan riittävän aikaisin. Normaaleissa tapauksissa tämä on riittänyt. Onnettomuustapauksessa hajukaasujen pitoisuudet nousivat kuitenkin niin nopeasti, että putkisto oli jo ehtinyt täyttyä räjähdyskelpoisesta seoksesta ennen kuin analysaattori ehti toimia.
- Soihdun kautta tulevan lisäilman määrää ja riittävän ilmamäärän saannin varmistamista ei ole suunniteltu laimennusilmakäyttöä ajatellen. On ajateltu, että soihdun normaalin käytön yhteydessä tuleva laimennusilma on riittävä. Onnettomuustapauksessa, kun soihtuhäiriön seurauksena soihdun lisäilma oli minimillään (käynnistysvaiheessa) ei ilmamäärä kuitenkaan riittänyt laimentamaan hajukaasuja LEL-ajan alapuolelle. Riittävää ilman saantia ei ole varmistettu yhtäaikaisten poikkeustilanteiden yhteydessä
- Toiminnassa luotettiin liiaksi analysaattorin toimintaan. Vaikka valvomosta ja kentältä (siilon hönkiminen ja haju) poikkeuksellinen tilanne havaittiin, luotettiin liiaksi siihen, että turvajärjestelmä pystyy hoitamaan tilanteen. Poikkeustilannetta varten ei ole myöskään erillistä toimintaohjetta.
- Keittämön käynnistyksessä ei ole toimintaohjetta tapaukselle, jossa häiriöiden vuoksi siilon lämmitys jatkuu tavallista pidempään. Tällaisessa tapauksessa toiminta olisi ohjeistettava niin, etteivät poikkeamat voi muodostaa kriittisiä kumulatiivisia ketjuja.
- Säännöllisesti toistuvat ongelmatilanteet on poistettava ennakoitavasti (kiikin jumiutuminen)

Organisatoriset syyt

Yhtiössä oli laadittu varsin vaativa turvallisuus selvitys jonka toteuttamiseen ei kuitenkaan ollut riittävästi resursseja. Turvallisuuteen liittyviä asioita ei ollut "jalkautettu" ja erilaisten vaaratilanteiden ja riskien priorisointi oli puutteellista.

Hajukaasulinjalla ei ole ollut yhtenäistä valvontaa ja sen käyttöä on valvottu kahdesta (kuitulinjan ja soodakattilan) valvomosta. Kuitenkin kaikki muutokset joita hajukaasulinjaan liittyviin prosesseihin tehdään vaikuttavat myös hajukaasulinjan turvallisuuteen. Sekä hajukaasulinjan käyttöä että siihen tehtäviä muutoksia olisikin käsiteltävä kokonaisuutena ja sitä olisi valvottava yhtenäisesti.

Onnettomuus tapahtui vuoronvaihdon aikaan. Vuoronvaihto on sinällään jo aina poikkeustilanne, jonka yhteydessä on varmistettava riittävä tiedon kulku vuorolta toiselle. Onnettomuustapauksessa vuoronvaihtoon liittyvät ongelmat näkyivät ennen kaikkea puutteina tiedotuksessa ulospäin (PEL).

Monet onnettomuutta edistävät tekijät olivat tiedossa, joko siilon valmistajalla, kuitulinjan toimittajalla tai käyttäjällä. Eri toimijoiden välillä ei ollut riittävästi vuoropuhelua esim. laitoksen riskiarviointien yhteydessä. Näin laimeiden hajukaasujen järjestelmät riskit tulivat puutteellisesti arvioitua ja suojaustoimenpiteistä tuli riittämättömiä. Esim. siilon valmistajalla oli jo tieto siitä, että tietyllä ajotavalla hakepatjaan kehittyy väkevöitynyt kerrostuma, mutta riittävästi tietoa siitä ei toimitettu käyttäjälle. Hankintojen ja muutosten yhteydessä on kokonaisturvallisuuden koordinoitiin ja käyttäjän sekä toimittajien väliseen vuoropuheluun kiinnitettävä enemmän huomiota.

Laimeiden hajukaasujen järjestelmälle ei ole lainsäädännössä erityisiä turvallisuusvaatimuksia. Laimeiden hajukaasujen pitoisuudet pysyvät kuitenkin riittävän alhaisina vain jos niiden laimennus toteutetaan riittävän tehokkaasti. Kun järjestelmällä ei ole erityisiä turvallisuusvaatimuksia, ei laimennukseen liittyviä turvajärjestelmiäkään toteuteta tavalta, joka vastaisi esim. turva-automaation vaatimuksia. Kyse on säädöksiin, valvontaan ja riskien arviointiin liittyvästä puutteesta. Riskiarvioinneissa pitäisi pystyä tällaiset vaarat tunnistamaan ja asettamaan niiden välttämiseksi tarvittavat vaatimukset.

Hajukaasuanalysointijakson aikana sen toimintaan oli totuttu luotamaan. Sen toimintakykyyn luotettiin liikaa, vaikka se oli vain osa turvallisuutta varmistavaa kokonaisuutta. Analysointijakson asemaa ja merkitystä järjestelmän toimintakokonaisuudessa ei ole arvioitu, eikä muita valvomosta saatuja tietoja osattu käyttää onnettomuuden ehkäisemiseen.

Poikkeamatilanteita ei oltu arvioitu kokonaisturvallisuuden kannalta, erityisesti kun tapahtuu monta lievää poikkeamaa yhtäaikaaisesti. Koulutuksesta ja osaamisen ylläpidosta asioissa, jota tapahtuvat harvoin, ei ole huolehdittu.

6. Säädösten ja määräysten noudattaminen, luvat ja tarkastukset

Laitosta koskevat luvat ja tarkastukset

Sunila Oy on laajuudeltaan asetuksen (59/1999) mukaan turvallisuusselvityslaitos, jossa tehdään määräaikaistarkastus kerran vuodessa. Viimeisin TUKESin tekemä tarkastus oli 8.10.2004.

Turvallisuusasioiden menettelyjä on kehitetty viime vuosien aikana. Esimerkiksi 2000 kehitettiin jatkuvatoimisia vaarojen tunnistamisia (huolenilmaisut, suojelukierrokset, läheltä piti-ilmoitukset) sekä erilaisille muutoksille vaarojen arviointeja. Muutosten hallintamenettelyjen kehittäminen jatkui 2001, samana vuonna sisällytettiin turvallisuusnäkökohta auditointeihin. 2002 päämäärien ja tavoitteiden saavuttamiseksi laadittiin hallintaohjelmia sekä edettiin jonkin verran turvallisuusasioissa. Samana vuonna todettiin myös muutostenhallintaohje (TUK-602) käytännössä toimimattomaksi ja sekavaksi. Muutostenhallintaa koskevat ohjeet ja menettelyt uusittiin 2003 lopussa. Ohjeissa on edelleen maininta, että korkean riskitason alueiden muutoksista tehdään riskien arviointi pääsääntöisesti aina. Samana vuonna yhtiö myös päivitti merkittäväksi tunnistetut turvallisuusnäkökohdat.

Laitos on tehnyt turvallisuusselvityksen ja sisäisen pelastussuunnitelman. Yhtiön turvallisuusasioiden hallintajärjestelmä on laadittu käyttäen hyväksi sertifioituja laatu- ja ympäristöjärjestelmiä. Turvallisuusasioiden hallintajärjestelmän käsikirjassa on esitetty turvallisuusjohtamisjärjestelmä ja muut turvallisuusselvitykseltä vaaditut asiat.

Turvallisuuskäsikirjan mukaan suuronnettomuusvaaraa aiheuttavat tuotantoalueet luokitellaan korkean riskitason alueiksi. Esimerkiksi laimeiden hajukaasujen käsittely sekä hakevarasto ja hakelinjat ovat määritelty tällaisiksi turvallisuuskriittisiksi alueiksi (TUK-604).

Käsikirjan mukaan korkean riskitason omaavien alueiden muutoksista tehdään pääsääntöisesti aina riskianalyysi sopivaa menetelmää hyväksi käyttäen. Riskianalyysin käynnistämistä vastaa muutoksen toteutuksesta vastaava. Muutoksesta ei tehdä riskianalyysiä, jos muutokseen liittyvän aikaisemman käyttökokemuksen voidaan katsoa korvaavan sen ja muutokseen ei tunnistetusti voi sen luonteesta johtuen liittyä merkittäviä uusia onnettomuusmahdollisuuksia.

Riskien tunnistamisen periaatteet on kuvattu asiakirjassa TUK-602: riskien tunnistaminen muutosten yhteydessä. Kertaluonteinen vaaran arviointi tehdään, kun todetaan että hankkeeseen liittyy merkittäviä henkilöturvallisuuteen, ympäristöön tai omaisuuteen kohdistuvia vaaratekijöitä tai jos viranomaismääräykset edellyttävät riskien tunnistamista.

Riskejä tunnistetaan harkinnan mukaan tarkistuslistoilla, hazop-tarkastelulla, vikapuu-analyysillä ja muilla menetelmillä. Riskien tunnistamisen tarpeellisuuden, laajuuden ja käytettävän menetelmän määrittelee ja tunnistamisen toteutuksesta sekä korjaavista toimenpiteistä vastaa alueen valvontavastuuhenkilö. Riskien tunnistamiseen liittyvää toimintaa valvoo suojelupäällikkö.

Yhtiö on täyttänyt kemikaalilainsäädännön edellyttämät lupa- ja selvitysvelvoitteet. Se on kehittänyt yhdistetyn toimintajärjestelmän, jota ei ehkä ole onnistuttu viemään parhaalla mahdollisella tavalla käytännön tasolle. Tehdas on nyt keskittynyt tämän ongelman parantamiseen aiemmasta. Lisäksi tunnistettuja riskejä ei ole riittävästi priorisoitu.

7. Ehdotukset vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi

Työryhmän käsityksen mukaan seuraavilla toimenpiteillä voitaisiin ehkäistä vastaavia onnettomuuksia (osa toimenpiteistä on vaihtoehtoisia):

- hakesiiloa ei oteta keräilyyn piiriin ennen kuin hajukaasujen rikastumiseen liittyvät mekanismit tunnetaan tarkkaan
- jos laimeiden hajukaasujen keräilyä hakesiilosta halutaan jatkaa, olisi laimeiden hajukaasujen linja varustettava tärpättilauhduuttimella ja tärpättierottimella. Lisäksi olisi riittävällä laimennusilmalla, mittauksilla ja riittävän alhaisilla lukitusrajoilla varmistettava siitä, etteivät muutkaan hajukaasun komponentit tai niiden yhteisvaikutus nouse LEL-rajalle.
- siilon ajotavan kehittäminen (hakepinnan korkeuden säätäminen, hakepatjan tyhjentäminen lauhdekerrostumasta alasajon yhteydessä tai "kylmä" ajotapa, hakepatjan lämpötilamittausten kehittäminen)
- hakesiilon lämpötilalukituksen arvo tarkistetaan ja mittauksen toimivuus varmistetaan
- Laimeiden hajukaasujen käsittely ja siihen liittyvät turvajärjestelmät tulee arvioida kokonaisuutena, myös tehtävissä muutoksissa
- Laimennusilman riittävyys pitää varmistaa myös poikkeustilanteissa
- suojaajärjestelmät rakennetaan turva-automaation periaatteiden mukaisella tavalla (eheystason arviointi, kahdennus, koestusväli)
- LAHA-pitoisuuksien seuranta kehitetään ja lukitusrajoja tarkistetaan onnettomuudesta saatuja tietoja vastaaviksi (analysointin kehittäminen ja sijoitus sekä mahdollisesti kahdentaminen)
- Poikkeustilanteet tunnistetaan ja ohjeistetaan
- Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi toteutetaan järjestelmällisesti
- Valvontaa yhtenäistetään, esim. yksi käytönvalvoja vastaa kokonaisuudesta
- Eri kaasukomponenttien yhteisvaikutus syttymisrajoihin selvitetään
- Pesurin vaikutus otetaan huomioon mittauspistettä ja lukitusrajoja määritettäessä
- Toistuvien poikkeamatilanteiden syyt keittämön käynnistyksen yhteydessä poistetaan (kiikin jumiutuminen, tärpättikaasauksen lukittuminen)
- Ohjeistus ilmoitusten tekemisestä pelastusviranomaisille (PEL) tarkistetaan
- Vuorojen vaihto on aina poikkeustilanne. Tiedonkulku vuorojen välillä on varmistettava
- selvitetään toimintaohjeiden tarve erityyppisille poikkeustilanteille
- selvitettävä liekinestimen käyttömahdollisuudet
- laimeiden hajukaasujen keräilyyn liittyvät putkistot ja erityisesti puhaltimet on sijoitettava turvallisesti tai suojattava niin, etteivät ne tai niistä irronneet heitteet lisää turvallisuusriskejä

8. Toimialakohtainen yhteenveto

Laimeiden hajukaasujen käsittelyyn liittyvät ongelmat eroavat olennaisesti sen mukaan toimiiko prosessi jatkuvan keiton vai eräkeiton periaatteiden mukaisesti. Turvallisuuden kannalta hallitsemattomimmat ongelmat liittyvät jatkuvaan keittoon ja siinä hakesiilosta tapahtuvaan laimeiden hajukaasujen keräilyyn. Hakesiilo onkin otettu keräilyyn piiriin vasta ilmansuojelupäätösten jälkeen tai kun yritys on halunnut muuten vähentää hajukaasupäästöjä ympäristöön. Sunilan tapauksen liittyvät arviot ja toimenpidesuosituksot soveltuvat yleisemminkin jatkuvaan keittoon perustuviin prosesseihin.

Laimeiden hajukaasujen käsittelyyn liittyvät suurimmat ongelmat ovat tutkijaryhmän mielestä seuraavat:

- hajukaasujen keräily on käynnistynyt ilmasuojelupäätösten ja ympäristöstä tulleiden valitusten perusteella. Usein perustavoitteena on ollut vain ympäristöhaittojen vähentäminen, eikä turvallisuuteen liittyviä kokonaisvaikutuksia ole riittävästi arvioitu
- hajukaasujen kehittymiseen liittyviä mekanismeja, pitoisuushuippujen suuruutta tai pitoisuuksien kehittymisnopeutta ei ole tunnettu erityisesti hakesiilon osalta. Suojauksiin liittyvät toiminnot ja lukitusrajat on määritelty kokemuksen perusteella. Tämä kokemus on usein kuvastanut normaalia käyttötilannetta, ei poikkeuksellisen voimakasta häiriötä
- laimeiden hajukaasujen keräilyyn liittyvät riskiarviot ovat olleet puutteellisia tai niitä ei ole tehty ollenkaan. Tehdyissäkään ei ole arvioitu tai tunnistettu riittävästi poikkeustilanteiden vaikutuksia
- laimeiden hajukaasujen keräily säiliöistä, joissa pitoisuudet poikkeustapauksissa saattavat nousta väkevien hajukaasujen alueelle, on mahdollista vain, jos hajukaasujen käsittely ja siihen liittyvät turvalaitteet on suunniteltu tällaisia tilanteita varten. Ne on mitoitettava riittäviksi, niiden toiminta on varmistettava ja esim. automaatioon liittyvät toiminnot on toteutettava turva-automaation periaatteiden mukaisesti
- laimeiden hajukaasujen käsittelyn kokonaisturvallisuus ei useinkaan ole hallinnassa. Jo hankintavaiheessa laitetoimittajien ja tilaajan välinen vuoropuhelu on ollut riittämätöntä. Laitetoimittajan tiedostamat riskit eivät aina ole välittyneet tilaajalle saakka.
- laimeiden hajukaasujen keräilyn ja polttamisen prosessi ulottuu koko tehtaan alueelle. Eri prosessiyksiköissä tehdyt muutokset olisi arvioitava kokonaisturvallisuuden kannalta. Myös laimeiden hajukaasujen keräilyn ja polton valvonta on pirstoutunut eri yksiköihin ja valvomoihin.
- laimeiden hajukaasujen käsittelyn turvallisuudessa on keskitytty polton turvallisuuteen. On haluttu varmistaa, ettei poltto aiheuta vaaraa soodakattilalle. Keräilyn turvallisuuteen liittyvistä asioista ei ole ohjeistoja, vaan menettelytavat perustuvat kokemusperäisiin arvioihin.
- laimeiden hajukaasujen käsittelyvaatimukset on määritelty yksittäisten kaasujen tai muutamien kaasuryhmien (TRS (hajurikit), VOC (tärpätti, metanoli)) perusteella. Tarkemmin eri kaasukomponenttien yhteisvaikutuksia ei tunneta.

Liitteet:

1. Kaakkois-Suomen työsuojelupiirin vaaratilanneselostus 31.12.2004 dnro 391/42/2004
2. Kvaerner Pulping Oy, käyttö- ja huolto-ohjeet 23.10.2000

3. Kvaerner Pulping, Hazop laimeiden hajukaasujen käsittely 21.12.2000
4. Muistio riskien tunnistamisesta 2.12.2002, hakesiilon pohjapurkaimien poksihölkien kerääminen LAHA-järjestelmään
5. Kvaerner Pulping: PI-kaavio 50006204
6. Kvaerner Chemetics Division: PI-kaavio RA8022853
7. Sunilan antamat selvitykset
8. Kaakkois-Suomen hätäkeskuksen hälytysseleste nro 404603
9. Laitoksen toimintaan liittyviä kaavioita ja ohjeita
10. Accimap-kaavio tapahtumasta
11. CD-levy: Valokuvat Sunilan räjähdyksestä