

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

Dnro 1062/36/2004

Vetyräjähdys ksyloosin hydrauslaitoksella 13.1.2004

Tutkijaryhmä:
Urho Aarnivuo
Irmeli Vauhkonen

ONNETTOMUUSTUTKINNAN TIIVISTELMÄ

Onnettomuustapaus	Ksyloosin hydrauslaitoksella sattui vetyräjähdys kunnossapitotyön yhteydessä. Hydrausreaktoriin jäänyt vety räjähti, kun reaktorin sekoittajaa oltiin nostamassa ylös. Räjähdys aiheutti palovammoja ja kuulovaurioita kolmelle kunnossapitotyöntekijälle. Kuulovaurioita saivat myös kuusi muuta työntekijää, jotka työskentelivät reaktoritilassa. Räjähdys aiheutti hydraussalin kevennetyn seinän rikkoutumisen.
Tapahtuma-aika	13.1.2004 klo 11.55
Tapahtumapaikka	Danisco Sweeteners Oy, Kotkan tehdas
Yhteenvedo onnettomuustutkinnan tuloksista (syyt, seuraukset)	<p>Onnettomuus aiheutui ensisijaisesti siitä, että hydrausprosessi ei ollut turvalisessa tilassa reaktorin kunnossapitotöiden aloittamishetkellä. Yksi neljästä reaktoritilan reaktorista jäi työttömäksi. Korjaukseen menevän reaktorin työtystä ei ollut annettu tehtäväksi riittävän selkeästi ja yksilöidysti ennen huoltotyön aloittamista. Työnjohtaja ei ollut paikalla, kun korjattavan reaktorin kunnossapitovalmisteluja ja työtystä suoritettiin. Lisäksi työnjohtaja teki virhearvion reaktorien työtystilanteesta ennen kunnossapitotöiden aloittamislupaa. Reaktoriin pääsi muodostumaan syttymiskelpoinen vetyilmaseos viimeistään siinä vaiheessa, kun kunnossapitotyöntekijät avasivat reaktorin laippaa. Vetyilmaseoksen syttymisen aiheutti todennäköisesti Raney-nikkeli-katalyytti, joka hehkuu kuivana, tai mahdollisesti mekaaninen kipinä.</p> <p>TUKESin tutkijaryhmä katsoo onnettomuuden aiheutuneen pääosin inhimillisten virheiden sekä yhtiön johtamisenmenettelyissä esiintyneiden puutteiden seurauksena. Tällaisia olivat mm. puutteet vuorojen tehtävänannossa, työlu-pakäytännössä sekä turvallisuuden kannalta oleellisten työvaiheiden seurannassa ja varmistamisessa. Myös kriittisten työvaiheiden ohjeistuksen havaittiin joiltakin osin olevan liian yleisellä tasolla. Onnettomuuden syntyyn vaikutti lisäksi vuorojen välinen epäselvä tiedonkulku.</p>
Tutkijaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaavan onnettomuuden ehkäisemiseksi	<p>Tutkimustulosten perusteella TUKESin tutkijaryhmä ehdottaa seuraavia organisaation toimintaan liittyviä parannuksia, joiden avulla laitoksen turvallisuustasoa voidaan parantaa ja vastaavia onnettomuuksia ehkäistä:</p> <ul style="list-style-type: none">– Turvallisuuden kannalta oleellisimmat tekijät ja työvaiheet tunnustetaan päivittämällä hydrauksen riskianalyysi.– Riskialttiit työvaiheet ohjeistetaan riittävän yksityiskohtaisesti ja ohjeet päivitetään aina muutostilanteissa.– Työlupa allekirjoitetaan työnjohtajan toimesta vasta siinä vaiheessa, kun prosessin turvallisuus on varmistettu.– Turvallisuuden kannalta oleelliset työvaiheet, kuten työtukset, kuitaan suoritetuksi kirjallisesti siten, että tämä on havaittavissa riittävän selkeästi ja yksilöidysti.– Yhden kohteen työtystä suoritetaan saman vuoron / henkilön toimesta alusta loppuun.– Vuorojen välistä tiedonkulkua ja vuoroille kohdistuvaa tehtävänantoa parannetaan sopivalla menettelyllä.

	<ul style="list-style-type: none">– Riskialttiin työvaiheen aikana ylimääräisten työntekijöiden läsnäolo rajoitetaan minimiin.– Häätäsuihkujen edusta pidetään vapaana, että suihkuja on mahdollista käyttää mahdollisessa onnettomuustilanteessa. Myös henkilösuojaimien käyttötarvetta mietitään.
Tutkintaraportin päiväys	Helsingissä 14.4.2004
Tutkijaryhmän allekirjoitukset ja nimenselvennykset	Urho Aarnivuo Irmeli Vauhkonen

1. Yleiskuvaus tehtaasta ja prosessista

Danisco Sweeteners Oy on Danisco-konsernin makeutusdivisioonaan kuuluva yritys. Yksi yhtiön tuotantolaitoksista sijaitsee Kotkan Hovinsaassa. Tehtaalla valmistetaan ksylitolia ja fruktoosia elintarviketeollisuuden tarpeisiin.

Ksylitoli on luonnossa esiintyvä sokerialkoholi. Tuotantoprosessin raaka-aineena käytetään ksyloosia, joka hydrataan ksylitoliksi. Hydrauksessa ksyloosiin liitetään vetyä katalyytin läsnä ollessa. Katalyyttinä käytetään Raney-nikkeliä, joka on nikkelin, alumiinin ja molybdeenin seos.

Tehtaan hydrauslaitos muodostuu liuostilasta, reaktoritilasta ja valvomosta. Lisäksi hydrauslaitoksella on vuonna 2001 käytöstä poistettu vetykennotila, jossa valmistettiin aiemmin vetyä hydrausprosessin tarpeisiin. Hydrauksessa käytetään neljää 6,5 m³ reaktoria. Reaktoritila on luokiteltu räjähdysvaaralliseksi alueeksi (Ex-tila). Prosessissa käytettävä vety johdetaan tehtaalta Woikosken vetyasemalta, joka sijaitsee tehdasalueella. Vetyasema otettiin käyttöön vuoden 2001 lopussa.

Vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia koskevan asetuksen (59/1999) 13 § mukaan Danisco Sweeteners Oy:n harjoittama toiminta luokitellaan kemikaalien vähäiseksi käsittelyksi ja varastoinniksi. Vaarallisten kemikaalien osalta valvovana viranomaisena toimivat Kotkan kaupungin paloviranomainen ja kemikaalivalvontaviranomainen. Painelaitteiden osalta valvovana viranomaisena toimii Turvatekniikan keskus (TUKES).

2. Onnettomuutta edeltäneet tapahtumat

Hydrauslaitoksen iltavuorossa 11.1 havaittiin, että yhden reaktorin jäähdytysvedessä oli sokeria. Tämä häiriötilanne arveltiin aiheutuvan reaktorin lämmitys-/jäähdytyskierukan vuodosta. Asiasta ilmoitettiin työnjohtajalle, joka antoi ohjeeksi lopettaa hydrauksen kyseisellä reaktorilla. Seuraavana päivänä hydrauslaitoksen työnjohtaja totesi vuototilanteen ja aloitti valmistelut lämmitys-/jäähdytysvesikierukan huoltotöitä varten.

Reaktorin lämmitys-/jäähdytyskierukoiden kunnossapitotyön valmistelut aloitettiin 12.1 iltavuorossa. Hydrauksen työnjohtaja antoi iltavuoron työntekijälle suullisesti ohjeita reaktorin vesikeitosta sekä tämän jälkeen tapahtuvasta tyytetyksestä, jotka tuli tehdä paineentasaus-säiliön kautta. Vesikeitto arveltiin ajoittuvan yövuoroon. Työnjohtaja kirjoitti ohjeita työtehtävistä valvomossa sijaitsevaan ns. mustaan kirjaan, mutta tyytetyksistä ei löytynyt mitään mainintaa. Iltavuoron työntekijä suoritti paineentasaus-säiliön tyytetyksen ja reaktorin tyytetyksen, jotka olivat välivaiheita ennen tämän jälkeen tapahtuvaa ns. vesikeittoa. Iltavuoron työntekijä jätti vuoron vaihtuessa yövuoron työntekijälle viestin pahvilapulle (ns. tako-kortille), jossa hän kertoi mm. paineentasaus-säiliössä olevan tyytettä ja vetyventtiilien olevan kiinni, reaktorin olevan tyhjä ja sen sisällä olevan pienen tyytipaineen. Lisäksi lapussa mainittiin, että seuraavana vaiheena tehdään vesikeitto ja katalyytit pusketaan ulos. Yövuoron työntekijä jatkoi näiden tehtävien suorittamista ns. mustaan kirjaan kirjoitettujen ohjeiden mukaisesti. Yövuoro ei suorittanut vesikeiton jälkeen suoritettavaa reaktorin tyytetystä, koska sitä ei ollut määrätty tehtäväksi kirjallisissa ohjeissa. Tämän takia yövuoron työntekijä ei myöskään maininnut mitään reaktorin tyytetyksestä aamuvuorolle jättämässään viestilapussa. Yövuoron jättämässä tako-kortissa reaktorin todettiin olevan tyhjä ja paineeton.

Aamulla 13.1 hydrauksen työnjohtaja kävi keskustelun aamuvuoron työntekijän kanssa. Työnjohtaja tiedusteli, oliko korjaukseen menevä reaktori typetetty, mutta ei saanut kysymykseen vastausta aamuvuoron työntekijältä. Työnjohtaja näki samassa yhteydessä yövuoron jättämän tako-kortin, jossa selvitettiin reaktorin olevan tyhjä ja paineeton. Työnjohtaja käsitti näkemänsä tako-kortin perusteella, että korjaukseen menevän reaktorin typetykset oli tehty ja reaktori oli valmis korjaustöitä varten. Tämän jälkeen työnjohtaja ja työntekijä lähtivät yhdessä reaktorisaliin valmistelemaan kolmea muuta reaktoria tulevaa korjausseisokkia varten. Työnjohtaja typetti itse Woikosken vetyasemalta tulevan putken ja antoi työntekijälle tehtäväksi jatkaa typetyksiä, koska työnjohtajan piti lähteä tuotantopalaveriin.

Palattuaan takaisin tuotantopalaverista työnjohtaja tarkasti typetystilanteen kaikkien reaktorien osalta. Hän havaitsi korjaukseen menevän reaktorin paineentasaussäiliön linjassa olevan 14 barin typetyspaineen. Lisäksi hän totesi vetyventtiilin olevan kiinni ja ulospuhallusventtiilin auki. Hän päätteli näiden havaintojen ja yövuoron jättämän tako-kortin perusteella, että korjaukseen menevä reaktori oli typetetty. Työnjohtaja ei varmistanut asiaa yövuoron työntekijöiltä, koska tieto prosessin tilasta tuli käytännön mukaan välittää seuraavalle vuorolle tako-kortilla. Myöskään aamuvuoron työntekijä ei ilmoittanut työnjohtajalle, että hän olisi typettänyt korjaukseen menevän reaktorin paineentasaussäiliötä aamun aikana. Työnjohtaja ei tiedustellut asiaa aamuvuoron työntekijältä, koska hän käsitti yövuoron suorittaneen korjaukseen menevän reaktorin typetykset.

Tämän jälkeen hydrauksen työnjohtaja keskusteli korjaustyön suorittamisesta prosessipäällikön ja kunnossapitovastaavan kanssa käydyssä palaverissa. Keskustelussa todettiin, että kaikkien reaktoreiden typetykset on tehty ja korjaustyöt voidaan aloittaa. Hydrauksen Ex-tilojen työlupa laitettiin tämän jälkeen valvomon ikkunaan (klo 9.30). Ex-tilan työlupa oli alikirjoitettu etukäteen klo 8.00 ja reaktorien typetykset määrätty suoritettavaksi klo 8.30. Tämän työluvan lisäksi työnjohtaja myönsi reaktorin hitsaustöitä varten erillisen tulityöluvan klo 9.15.

3. Onnettomuustapahtuma ja sen aiheuttamat seuraukset

Kun työluvat oli myönnetty, neljän henkilön kunnossapitoryhmä aloitti huoltotyöt korjattavalla reaktorilla. Kolme kunnossapitotyöntekijää työskenteli reaktorin vieressä ja yksi heistä alemmalla tasolla. Työntekijöiden sijainti reaktoriin nähden on esitetty liitteessä 1 olevissa valokuvissa. Reaktoritilan alatasolla oli kaksi ulkopuolisen kunnossapitoyrityksen hitsaajaa suorittamassa kiinnikkeiden ja tyhjennysyhteiden asennustyötä. Alatasolla työskenteli myös kahden ammattikoululaisen ja opastajan muodostama työryhmä avaamassa tukkeutunutta lattiakaivoa.

Kunnossapitotyöntekijät aloittivat reaktorin laipan ja sekoittimen noston nosturin avulla, mutta työ keskeytettiin pian alkavan ruokatunnin takia. Tällöin laippa laskettiin ilmeisesti takaisin paikalleen. Työt jatkuivat ruokatunnin jälkeen, jolloin laippaa ja sekoitinta nostettiin uudelleen noin 5 minuutin ajan ja siirrettiin hieman sivuun. Siirron aikana kunnossapitotyöntekijät havaitsivat sekoittajan varren kolahtavan reaktorin laippa-aukon seinämään. Tämä aiheutti ilmeisesti kuivuneen nikkelikatalyytin (Raney-nikkeli) irtoamisen laipasta ja sekoittajasta.

Samassa työntekijät havaitsivat leimahduksen, jota seurasi räjähdys (klo 11.55). Räjähdyksestä aiheutunut paineaalto irrotti reaktoritilan paineenalennusseinän levyjä. Tulipaloa ei syttynyt. Alatasolla työskennellyt hitsaaja poistui avautuneen seinäaukon kautta ulos. Muut re-

aktoritilassa olleet työntekijät poistuivat palo-oven kautta reaktoritilan vieressä olevaan liuostilaan. Kunnossapitotyöntekijät lähtivät kuljettamaan pahiten loukkaantunutta työoveriaan liuostilassa olevaan hätäsuihkuun. Sen edusta oli kuitenkin täynnä tavaraa, joten työntekijä kuljetettiin läheisen sosiaalitalan suihkuhuoneeseen. Pelastuslaitoksen yksiköt olivat paikalla kuusi minuuttia hälytyksen saapumisesta (klo 12.06) ja he aloittivat ensiavun.

Räjähdyksessä loukkaantui kolme kunnossapitotyöntekijää ja kuusi reaktoritilan alemmalla tasolla ollutta työntekijää. Kolmelle kunnossapitotyöntekijälle aiheutui palovammoja eri puolille kehoa sekä räjähdysen aiheuttamia kuulovaurioita. Yksi kunnossapitotyöntekijöistä toimitettiin sairaalaan ja hänet siirrettiin myöhemmin Helsinkiin ihonsiirtotoimenpiteen takia. Reaktoritilan alemmalla tuotantotasolla olleet henkilöt saivat räjähdysen aiheuttamia kuulovaurioita. Kuulovauriot eivät ilmeisesti jää pysyviksi.

Työnjohtajan mukaan korjattavan reaktorin paineentasaussäiliön painemittarin tyhjennysyhteestä tehtiin räjähdysen jälkeen analyysi kaasunhaistajalla. Mittauksessa todettiin, että yhteessä ei ollut räjähtäviä kaasuja. Tämän analyysituloksen perusteella pystyttiin toteamaan, että työtetykset oli tehty paineentasaussäiliöön asti.

4. Onnettomuuden tutkinta

Pelastuslaitos ilmoitti onnettomuustapauksesta TUKESIin pian tapahtuman jälkeen (noin klo 12.20). TUKES nimesi 14.1 tutkijaryhmän tutkimaan tapausta ja sen syytekijöitä yhteistyössä työsuojelupiirin ja poliisin kanssa. Onnettomuuspäivänä tapahtumapaikalla kävi onnettomuustutkintakeskuksen ja työsuojelupiirin edustaja sekä poliisi. TUKESin tutkijaryhmä vieraili tapahtumapaikalla 14.1 klo 14.

TUKESin tutkijaryhmä haastatteli 14.1 kunnossapidon koordinoinnista vastaavaa henkilöä ja 28.1 sekä 27.2 hydrauksen prosessipäällikköä. Lisäksi tutkijaryhmän jäsen keskusteli 13.4 puhelimitse hydrauslaitoksen työnjohtajan kanssa, joka oli työvuorossa onnettomuutta edeltävänä päivänä ja onnettomuuspäivänä. Kaakkois-Suomen työsuojelupiirin kanssa järjestettiin palaveri 5.2 ja näkemyksistä keskusteltiin tämän jälkeen myös puhelimitse. Poliisi kuulusteli onnettomuudessa osallisena olleita henkilöitä ja TUKES sai käyttöönsä hydrauksessa ja liuospuolella työskennelleiden ilta-, yö- ja aamuvuoron työntekijöiden kuulustelupöytäkirjat. Esimiesten poliisikuulustelut suoritetaan vasta sen jälkeen, kun TUKESin tutkijaryhmän raportti on luovutettu.

Danisco Sweeteners Oy toimitti TUKESin tutkijaryhmälle aineistoa tapahtumaan ja hydrausprosessiin liittyen. Tutkijaryhmällä oli käytössä mm. prosessin kuvaus PI-kaavio, hydrauksen työohjeet, kopio annetuista työluvista, joitakin valokuvia tapahtumapaikalta ja hydrausprosessista tehty riskianalyysi (diplomityö vuodelta 1988). Lisäksi työsuojelupiirin edustaja toimitti TUKESIin vuorojen vaihtuessa tehtyjä muistilappuja, kopion mustan kirjan sisällöstä 12.1 ja tulityöluvasta, joitakin työohjeita sekä valokuvia.

5. Onnettomuuden syyt

TUKESin käytössä olleen aineiston ja tutkinnan aikana käytyjen keskustelujen perusteella tutkijaryhmä katsoo onnettomuuden aiheutuneen pääosin inhimillisten virheiden sekä yhtiön johtamismenettelyissä esiintyneiden puutteiden seurauksena. Tutkijaryhmä ei havainnut mi-

tään teknistä vikaa, joka olisi aiheuttanut onnettomuuden. Onnettomuuden syytekijöitä on käsitelty tarkemmin kappaleissa 5.1 – 5.2 sekä kaaviomuodossa liitteessä 2.

5.1 Välittömät syytekijät

Onnettomuuteen johtanut tilanne syntyi siitä, ettei hydrausprosessi ollut turvallisessa tilassa kunnossapitotöiden aloittamishetkellä. Korjattavaan hydrausreaktoriin oli jäänyt vetyä, koska hydrauksen työnjohto ei huolehtinut asianmukaisesti reaktorin typetyksestä ennen huolto-työn aloittamista. Vesikeittovaihetta edeltäneet typetykset oli tehty iltavuoron toimesta (mm. paineentasaussäiliön ja reaktorin typetykset), mutta reaktorin viimeiset typetykset ennen korjaustyön aloittamista oli jätetty tekemättä yövuoron aikana. Yövuoro ei ilmeisesti tulkinut oikein iltavuoron jättämää viestilappua, vaan suoritti ne tehtävät, jotka oli esitetty kirjallisesti ns. mustassa kirjassa. Aamuvuoron työntekijä ja aamulla töihin tullut työnjohtaja oletivat yövuoron jättämän viestin perusteella, että typetykset on suoritettu ja reaktori on valmis korjattavaksi.

Työnjohtaja ei ollut paikalla, kun reaktoria valmisteltiin korjausta varten ja typetyksiä suoritettiin (työnjohtajan valvontaa edellytetään hydrauksen työohjeessa 170.3.5). Hän ei myöskään ollut yhteydessä yövuoron työntekijöihin ennen korjaustyön aloittamista. Työnjohtaja muodosti prosessin tilasta virheellisen mielikuvan, joka perustui hänen tekemiin havaintoihin tehdastilassa sekä yövuoron jättämään tako-korttiin. Työnjohtaja tarkasti korjattavan reaktorin typetystilanteen paineentasaussäiliön osalta ja päätteli tämän perusteella myös reaktorin typetystilanteen.

Reaktoriin on päässyt muodostumaan räjähdyskelpoinen vety-ilmaseos viimeistään siinä vaiheessa, kun reaktorin laippa on aukaistu kunnossapitotöiden alkaessa. Reaktoritilassa oli vetyanalysaattori, mutta se ei hälyttänyt (toiminta varmistettiin onnettomuuden jälkeen). Vedyllä on varsin pieni syttymisenergia ja erittäin laaja syttymisalue ilmassa (4 – 75,6 %). Tästä syystä kaasu-ilmaseos syttyy erittäin helposti. Vety-ilmaseoksen syttymisen aiheutti todennäköisesti Raney-nikkeli –katalyytti, joka hehkuu kuivana. Syttymiseen tarvittavan energian on voinut aiheuttaa myös mekaaninen kipinä, joka on syntynyt sekoittajan akselin osuessa reaktorin seinämään. Vety-ilmaseoksen syttymisherkkyyttä on saattanut lisätä myös hienojakoisen katalyyttipölypilven hetkellinen muodostuminen reaktorin sisäpuolelle.

5.2 Piilevät syytekijät

Onnettomuuden syntyyn myötävaikuttivat useat taustatekijät eli piilevät syytekijät. Piilevillä syytekijöillä tarkoitetaan tässä tapauksessa yhtiön johtamiskäytännöissä sekä vuorojen työntekijöiden ja työnjohtajan välisessä tiedonkulussa esiintyneitä puutteita.

Vaarallisiin työvaiheisiin (typetyksiin) liittyvä valvonta havaittiin olevan puutteellista, eikä prosessin turvallisen tilan varmistamiseen liittyvä menettely ollut riittävän tehokasta. Kunnossapitotöitä koskevan Ex-tilan työluvan merkitys vaikutti olevan vähäinen, sillä korjaukseen menevän reaktorin typetyksellä oli annettu tehtäväksi suorittaa jo edeltävän yövuoron aikana. Typetyksen asianmukaista suorittamista ei voitu varmistaa, koska työnjohtaja ei ollut paikalla, eikä typetettyjä prosessilaitteita merkitty millään tavalla. Yhtiöllä ei ollut käytössä kuittausmenettelyä/tarkastuslistaa, jonka avulla vastaavien turvallisuuteen vaikuttavien työvaiheiden suorittaminen olisi voitu osoittaa tehdyksi.

Työnjohtaja antoi iltavuoron työntekijälle suullisia tehtävänantoja työvaiheista, jotka tuli suorittaa ilta- ja yövuoron aikana. Tehtäviä ei ollut yksilöity henkilötasolle. Lisäksi turvallisuuteen oleellisesti vaikuttavan työvaiheen (typetyksien) suorittamisvelvollisuus jakautui tässä tapauksessa kahden vuoron työntekijöille. Tämä saattoi vaikuttaa merkittävästi inhimillisen virheen syntymiseen. Lisäksi työnjohtaja oli joitakin päiviä aiemmin palannut vuorotteluvapaalta ja omien sanojensa mukaan tällä on saattanut olla negatiivisia vaikutuksia hänen tekemiin asioihin ja päätöksiin.

Vuorojen työntekijöiden ja työnjohtajan välinen tiedonkulku todettiin puutteelliseksi. Vuorojen välinen viestintä oli epäselvää, koska iltavuoron jättämää viestiä yövuorolle ei ilmeisesti tulkittu oikein, eikä tilanteesta käyty tarkempaa keskustelua. Yövuorossa tehtyjen töiden tilanne ei myöskään välittynyt riittävän selvästi aamuvuoron työntekijälle, eikä työnjohtajalle. Vuorojen välinen tiedonkulku perustui pääasiassa irrallisiin pahvilappuihin ns. takokortteihin, joita ei säilytetty sekä mahdolliseen suulliseen keskusteluun. Työnjohtaja antoi tehtäviä suullisesti sekä kirjoitti vuoroille ohjeita ns. mustaan kirjaan, jota myös vuorot saivat käyttää viestimiseen tarvittaessa.

Työtehtävien suorittaminen oli ohjeistettu, mutta joiltakin osin työohjeet olivat liian yleisellä tasolla. Esimerkiksi prosessin turvallisen tilan varmistamista ei ollut huomioitu työohjeissa riittävän yksityiskohtaisesti.

Hydrauksesta oli tehty varanarviointi diplomityönä vuonna 1988. Riskejä oli tunnistettu ja arvioitu pääosin poikkeamatarkastelun (HAZOP), mutta myös toimintovirheanalyysin avulla. Riskianalyysin tarkkoja tuloslomakkeita ei ole kuitenkaan enää olemassa johtuen maksimisäilytysajan ylittymisestä yrityksen arkistointikäytännössä. Diplomityössä oli kuitenkin suositeltu mm. tarkastuslistojen käyttöä prosessin turvallisen tilan varmistamiseksi ja inhimillisten virheiden ehkäisemiseksi.

Hydrauslaitoksen työntekijät eivät ehkä riittävällä tasolla tiedostaneet prosessin vaarallisuutta. Tämä johtui ehkä siitä, että prosessin vaarallisimpana osana pidetty vetykennosto oli poistettu käytöstä muutama vuosi sitten.

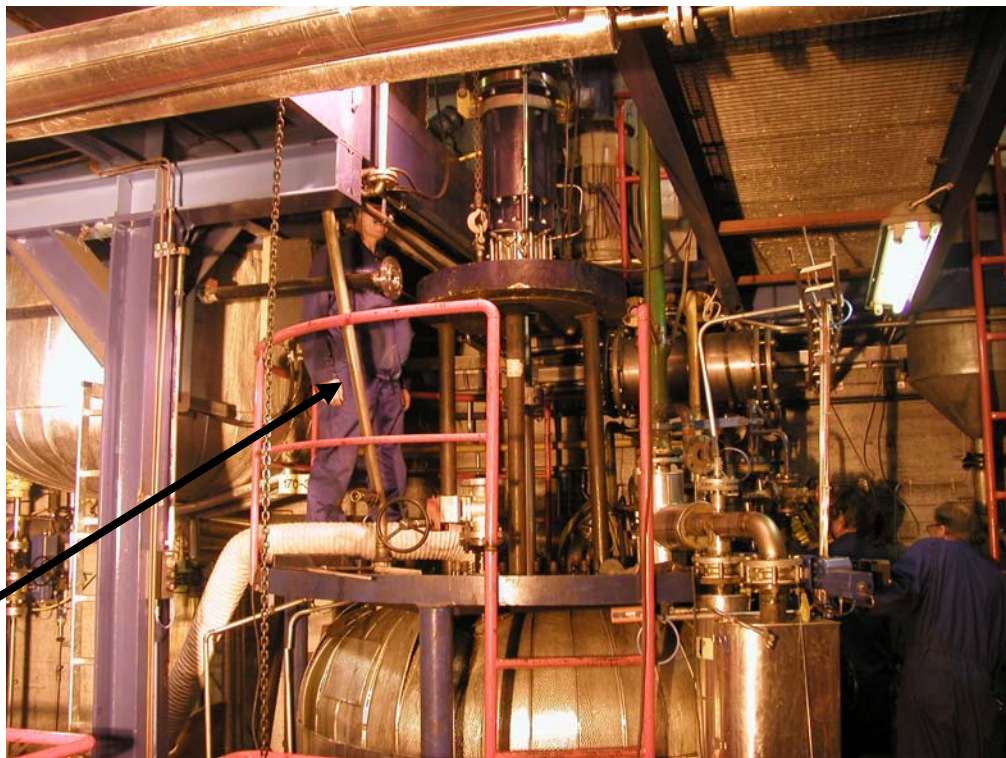
6. Toimenpiteet turvallisuuden parantamiseksi ja vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi

Tutkimustulosten perusteella TUKESin tutkijaryhmä ehdottaa seuraavia organisaation toimintaan liittyviä parannuksia, joiden avulla laitoksen turvallisuustasoa voidaan parantaa ja vastaavia onnettomuuksia ehkäistä:

- Turvallisuuden kannalta oleellisimmat vaaratekijät ja työvaiheet tunnistetaan järjestelmällisesti. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi riskianalyysin avulla, jossa huomioidaan sekä tekniset tekijät että toimintovirheen mahdollisuudet. On suositeltavaa, että riskianalyysin laatimiseen osallistuu asiantuntijoita, työnjohtoa ja työntekijöitä. Riskianalyysin tuloksia (merkittävimpiä toimintaan liittyviä riskejä) käydään läpi hydrauksen työnjohtajien ja työntekijöiden kanssa. Riskianalyysi päivitetään aina muutosten yhteydessä.
- Riskialttiit työvaiheet ohjeistetaan riittävän yksityiskohtaisesti ja ohjeet päivitetään aina muutostilanteissa. Työohjeissa selvitetään, mitkä työvaiheet tehdään ainoastaan työnjohtajien valvonnassa, mitkä työt edellyttävät työlupaa ja mitä toimenpiteitä työlupa edellyttää (esim. onko reaktorin eristäminen tarpeellista sokeoimalla). Päivitetyt ohjeet käydään läpi työntekijöiden ja työnjohtajien kanssa ja heille annetaan ne kirjallisesti.

- Työlupa allekirjoitetaan työnjohtajan toimesta vasta siinä vaiheessa, kun prosessin turvallisuus on varmistettu luotettavalla tavalla. Tarvittaessa voidaan käyttää apuna tarkastuslistoja tms.
- Turvallisuuden kannalta oleelliset työvaiheet, kuten typetykset, kuitataan suoritetuksi kirjallisesti siten, että tämä on havaittavissa riittävän selkeästi ja yksilöidysti (esim. kyltti reaktorin sivussa ja yksilöity merkintä käyttöpäiväkirjassa). Tarvittaessa typetys varmistetaan näytteenotolla ennen huoltotöiden aloittamista.
- Tietyn kohteen typetys suoritetaan saman vuoron / henkilön toimesta alusta loppuun.
- Vuorojen välistä ja vuoroilta työnjohtajalle kohdistuvaa tiedonkulkua parannetaan sopivalla menettelyllä. Soveltuva tapa on esimerkiksi lyhyt palaveri vuodon vaihtuessa kaikkien työntekijöiden ja mahdollisesti työnjohdon kesken. Tässä yhteydessä kirjataan tehdyt, meneillään olevat ja uudet työt yksilöidysti esim. ns. mustaan kirjaan, jota säilytetään valvomossa. Lisäksi parannetaan vuoroille kohdistuvaa tehtävänantoa siten, että kaikki tehtävät annetaan myös kirjallisesti ja ne yksilöidään eri vuoroille / henkilöille.
- Riskialttiiden työvaiheiden aikana ylimääräisten työntekijöiden läsnäolo rajoitetaan minimiin.
- Häätäsuihkujen edusta pidetään vapaana, että suihkuja on mahdollista käyttää mahdollisessa onnettomuustilanteessa. Myös henkilösuojaimien käyttötarvetta mietitään
- Työntekijöitä kannustetaan ilmoittamaan avoimesti havaitsemistaan epäkohdista, jotka voivat vaikuttaa turvallisuuteen.

Valokuvia onnettomuuspaikalta



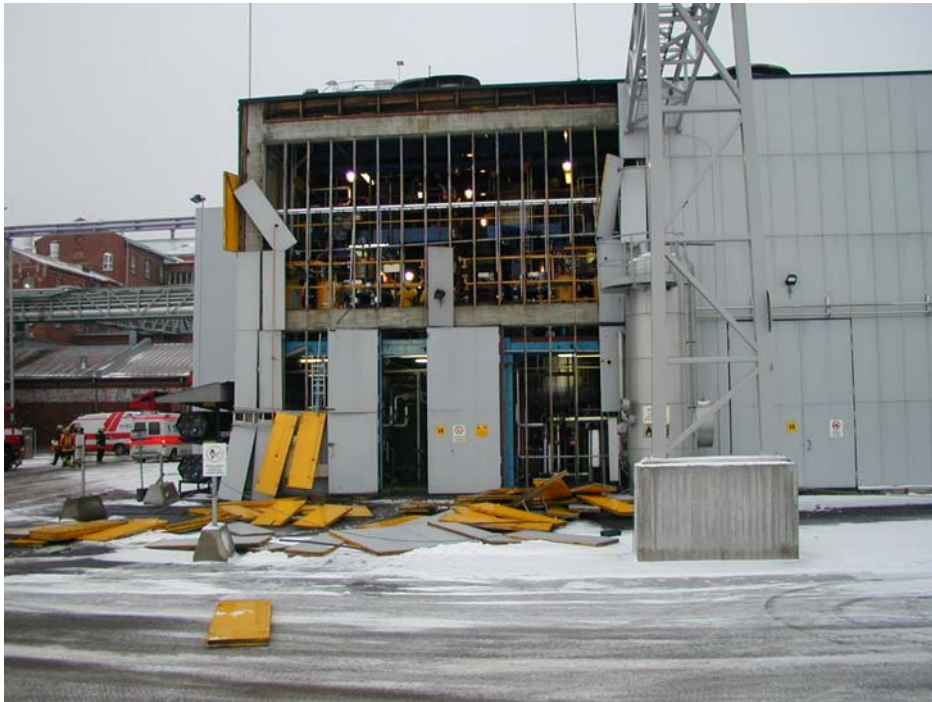
Kuva 1. Kunnossapitoyöntekijä nro 1 onnettomuushetkellä. Reaktori alapuolella.



Kuva 2. Kunnossapitoyöntekijä nro 2 onnettomuushetkellä.



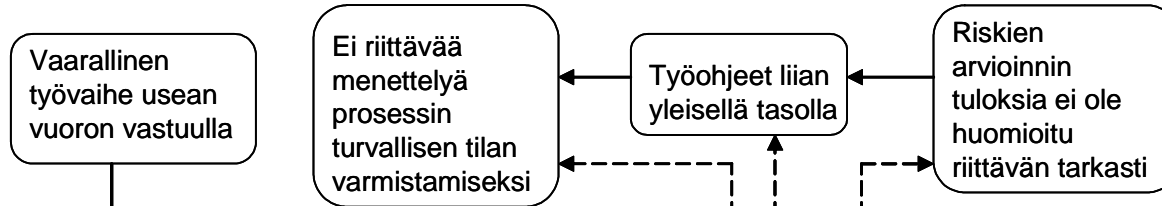
Kuva 3. Kunnossapitotyöntekijä nro 3 onnettomuushetkellä.



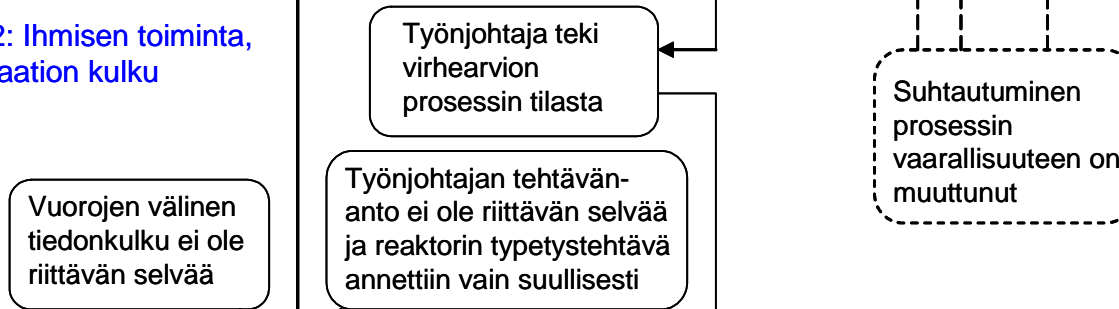
Kuva 4. Paineaallon irrottamia seinälevyjä. Reaktoritilan yksi seinä oli rakenteeltaan kevennetty.

Accimap-kaavio vetyräjähdyksestä

Taso 3: Laitoksen johtamisjärjestelmä



Taso 2: Ihmisen toiminta, informaation kulku



Taso 1: Tapahtumat, olosuhteet, fyysiset tekijät

