

**Onnettomuustutkintaraportti
Dnro 31526/06/2009**

**Kuitu Finland Oy:n konkurssipesän tehdasalueella
2.9.2009 sattunut räjähdys**

Tutkijaryhmä:

Heikki Penttinen
Tanja Heinimaa

ONNETTOMUUSTUTKINNAN TIIVISTELMÄ

Onnettomuus-tapaus	Räjähdyks Kuitu Finland Oy:n konkurssipesän tehdasalueella säiliön pesun yhteydessä
Tapahtuma-aika	2.9.2009 klo 14.40
Tapahtuma-paikka	Kuitu Finland Oy:n konkurssipesän tehdasalue, Säterintie 6, Valkeakoski.
Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista (mitä tapahtui, syyt, seuraukset)	<p>Kuitu Finland Oy:n konkurssipesän tehdasalueella rikkihiilen talteenottorakennuksessa sattui räjähdys palvelutoimittajan pestessä rikkihiilisäiliötä 2.9.2009 klo 14.40. Onnettomuuden seurauksena kaksi henkilöä loukaantui. Räjähdyksen painevaikutuksesta kevennetty seinä lensi paikoiltaan ja säiliön luukun kohdalta kattoluukut avautuivat. Myös lähistöllä olleita henkilöitä kaatui räjähdyspaineen vaikutuksesta, mutta he selvisivät tilanteesta lievin vammoin. Aluksi toisen palovammoja saaneen henkilön tilanne arvioitiin vakavaksi, mutta onnistuneen ensiavun jälkeen vammat lopulta jäivät ennakoitua pienemmiksi.</p> <p>Räjähdyksen syynä oli riittämättömästi inertoinnista johtunut rikkihiilipitoisen kaasu-ilmaseoksen räjähdys todennäköisesti pesusuuttimen iskiessä säiliön sisäseinämää vasten. Säiliön pesu oli onnettomuushetkellä päättymässä. Säiliön luukusta purkautuneet lieskat osuivat työtä tehneiden kasvoihin.</p> <p>Säiliön tyhjennys on siirtynyt kuukausilla edelleen säiliössä olevan rikkihiilivaaran ja uuden työmenetelmän valitsemisen takia. Säiliön runko vääntyi räjähdysten voimasta ja samalla säiliön kaksoisvaipparakenne vaurioitui.</p>
Tutkijaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaavan onnettomuuden ehkäisemiseksi	<p>Alla esitetyt suositukset ovat tutkijaryhmän näkemys vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi. Suositukset ovat yleisiä, eivätkä kuvaa kaikilta osin tässä onnettomuustutkinnassa esille nousseita asioita.</p> <p>Tutkijaryhmä ehdottaa vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi seuraavia asioita:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tilaajan ja palvelutoimittajan välisissä sopimuksissa huomioidaan kemikaaliturvallisuuden mukaiset vastuut ja velvoitteet sekä selkeästi määritellään käytönvalvojan rooli. – Työsuunnittelussa huomioidaan kokonaisturvallisuus (mm. prosessiturvallisuus ja henkilöturvallisuus). – Valvotaan ennakkoon laaditun suunnitelman mukaisesti jatkuvatoimisilla mittauksilla turvallisten olosuhteiden säilyminen työkohteessa. – Erityisosaamista vaativat kemikaalisäiliöiden tyhjennykset ja puhdistukset tehdään vain turvalliseksi todetuilla työmenetelmillä.
Tutkintaraportin päiväys	4.2.2010
Tutkijaryhmän allekirjoitukset ja nimenselvennykset	<p>Heikki Penttinen</p> <p>Tanja Heinimaa</p>

Määritelmiä:

Tehdas	Kuitu Finland Oy, Kuitu Finland Oy:n konkurssipesä
Rikkihiilisäiliön pesuohje	Kuitu Finland Oy:n konkurssipesän laatima ohje 27.8.2009. Konkurs- sipesän mukaan se on yhteisen työmaan ohjeistus pesutyöhön liittyen. Ohje liittyi onnettomuussäiliön pesutyöhön.
3-Rikkihiilisäiliön erotus-, tyhjennys- ja tarkastusoh- jeet	Kuitu Finland Oy:n 12.8.2008 laatima työohje tilanteisiin, jolloin tuo- tantoprosessi on normaalisti käynnissä (voidaan hyödyntää esim. toi- sia säiliöitä). Ohjetta käytettiin taustamateriaalina palvelutoimittajan suorittaman pesutyön suunnittelussa.
Tehtäväkohtainen ris- kinarviointi	Palvelutoimittajan edustajan 1.9.2009 laatima arviointi. Palvelutoimit- tajan mukaan riskinarvioinnissa on käsitelty vain niitä asioita, mitä ei ole tullut muualla esille. Palvelutoimittajalta oli ostettu pesutyö laa- jamittaisella sopimuksella, mikä sisälsi työn kokonaisvaltaisen suun- nittelun, toteutuksen työnjohtoineen ja riskikartoituksineen. Tehtaan laatima pesuohje sekä palvelutoimittajan laatima tehtäväkohtainen riskinarviointi toimivat palvelutoimittajan mukaan sekä ohjeina että työsuunnitelmana.
Pesusuutin	Pääasiassa viemäreiden aukaisuun tarkoitettu laite ("ryömijä"). Säiliön pesussa suutin liitettiin painevesiletkun päähän. Pesusuuttimesta oh- jautuu vesisuihku taaksepäin noin 60 baarilla. (Kuva 5)

Sisällysluettelo:

Onnettomuustutkinnan tiivistelmä

Määritelmiä

1	Toiminnan yleiskuvaus	5
2	Onnettomuuspaikan kuvaus	5
3	Tapahtuman kuvaus	7
3.1	Tapahtumat ennen onnettomuutta	7
3.2	Onnettomuustilanne ja olosuhteet onnettomuuden sattuessa	9
3.3	Palo- ja pelastustoimenpiteet	9
4	Onnettomuuden seuraukset	10
5	Pesutyön suunnittelu, työluvut ja perehdytys	11
5.1	Pesutyön suunnittelu	11
5.2	Työluvut	11
5.3	Perehdytys	11
6	Onnettomuuden tutkinta.....	11
7	Tutkinnan tulokset	12
7.1	Räjähdykseen johtaneita syytekijöitä	12
7.2	Vaaratilanteiden ehkäisemiseen liittyvien arviointien kattavuus	14
7.3	Kyseiseen toimintaan liittyvät työmenettelyt ja niiden kattavuus	15
7.4	Toimintaan liittyvät vastuukysymykset ja niiden vaikutus onnettomuuteen	15
7.5	Lainsäädännön vaatimusten noudattaminen	15
7.6	Muut onnettomuuteen vaikuttaneet seikat	16
7.7	Haastattelut ja poliisikuulustelut	16
8	Johtopäätökset.....	17
9	Toimenpide-ehdotukset.....	18

Liitteet:

Liite 1 Yhteenvedo onnettomuuden syytekijöistä AcciMap-kaaviona

Raportissa olevat valokuvat on saatu poliisilta, aliurakoitsijalta tai Tukesin tutkijaryhmältä.

1 Toiminnan yleiskuvaus

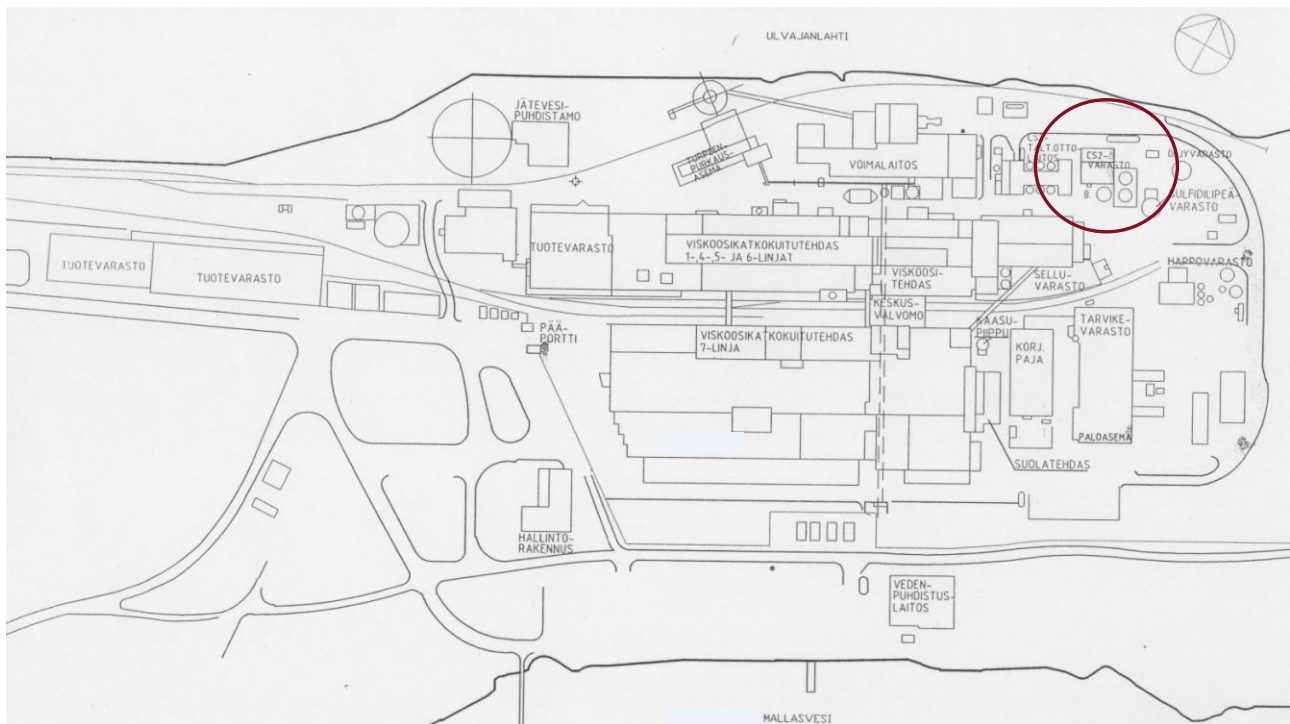
Kuitu Finland Oy on Valkeakoskella sijaitseva viskoosikuitua valmistava yritys. Kuitu Finland Oy hakeutui konkurssiin joulukuussa 2008. Tehtaan toimintaa jatkaa konkurssipesä. Tuotantoprosessi on lopetettu ja tehtaalla tehdään puhdistus- ja pesutöitä. Onnettomuushetkellä konkurssipesän palveluksessa oli 39 työntekijää, joista noin 10 hallinnollisissa tehtävissä. Tehdasalueella toimi myös muita pienempiä yrityksiä.

Kuitu Finland Oy:n päätuote on ollut viskoosikuitu, joka valmistetaan liukoselluloosasta. Merkittävimmät vaaralliseksi luokitellut kemikaalit ovat rikkihiili ja natriumvetysulfidiliuos. Konkurssin jälkeen kemikaaleja on kuljetettu tehtaalta pois.

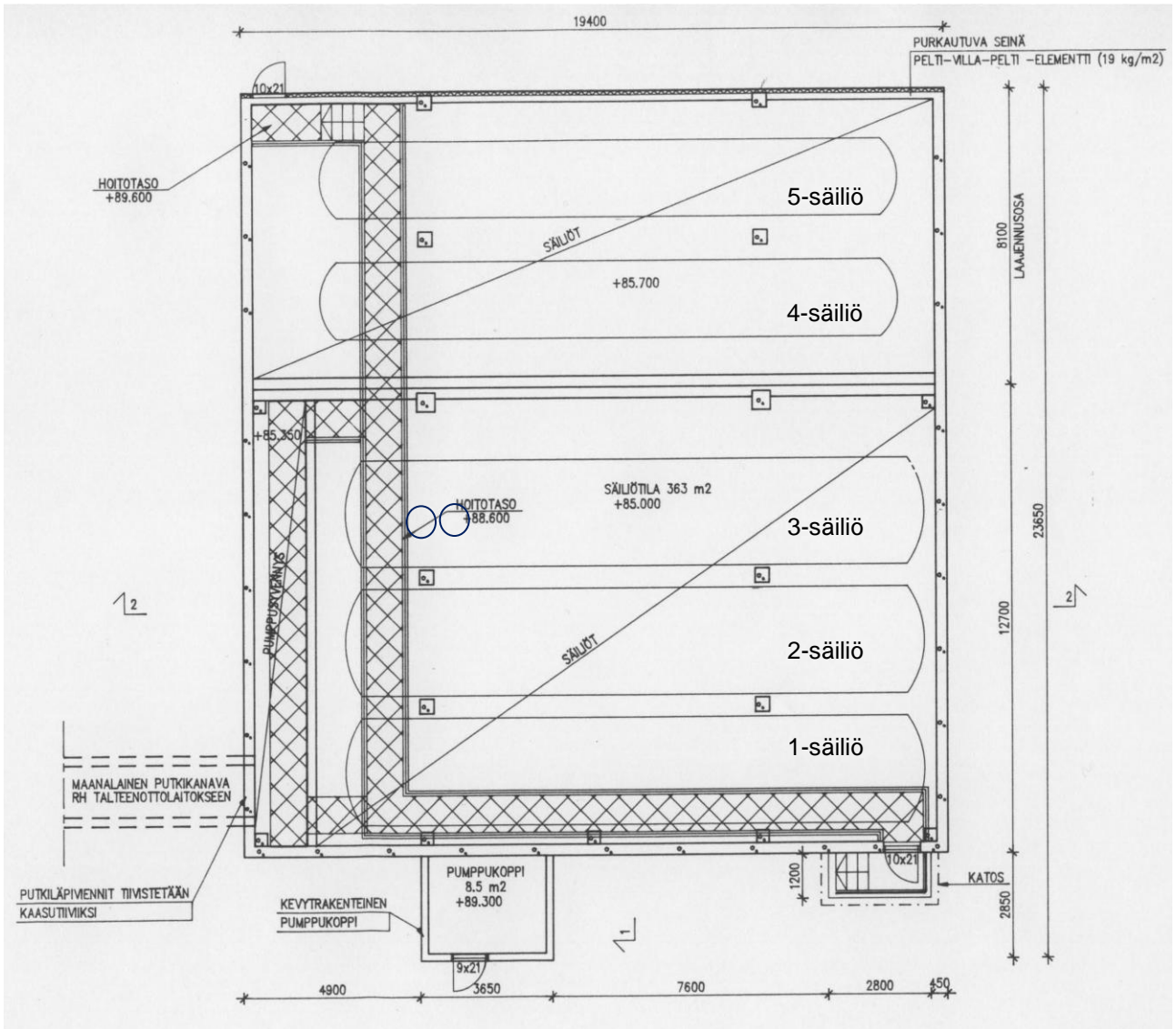
Tehdas sijaitsee Valkeakoskella noin kilometrin päässä kaupungin keskustasta niemellä, jota ympäröi Mallasvesi. Lähin kaavoitettu asuinalue, Ulvajanniemi, sijaitsee tehdasalueen pohjoispuolella Ulvajanlahden takana. Etäisyys lähimpiin omakoti- ja kerrostaloihin on noin 400 metriä. Tällä alueella asuu noin 1000 asukasta. Tehdasalueen läheisyydessä ei ole Natura-alueita.

2 Onnettomuuspaikan kuvaus

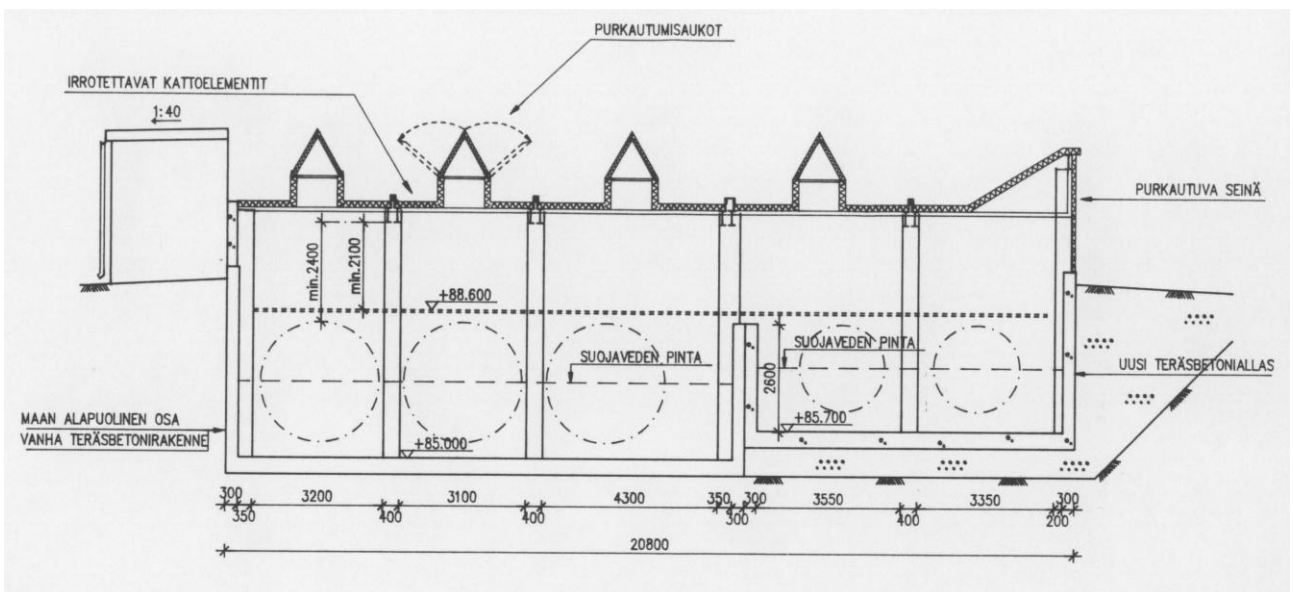
Räjähdyks tapahtui tehdasalueen pohjoisreunalla sijaitsevassa rikkihiilen talteenottovarastossa (kuva 1). Varastossa oli viisi rikkihiilisäiliötä. Säiliöt 1-3 ovat kooltaan 100 m^3 , säiliöt 4 ja 5 54 m^3 (kuvat 2 ja 3). Tehdas on esittänyt Tukesille rikkihiilivaraston muutoshakemuksen liitteenä (Tukes päätös 6/36/1999) talteenottorakennuksen paineenkevennyksestä VTT:n tekemät laskelmat (Tutkimusloste ENE6/12/98). Räjähdyksluukkujen avautumispaineeksi on ilmoitettu $1,0 \text{ kN/m}^2$, kevennettyjen seinien paineenkesto on mitoitettu painelle $5,0 \text{ kN/m}^2$.



Kuva 1. Rikkihiilen talteenottolaitoksen sijainti tehdasalueella



Kuva 2. Säiliöiden sijainti rikkihiilivarastossa. Onnettomuus tapahtui pestäessä 3-säiliötä. Miesluukut piirretty 3-säiliöön.



Kuva 3. Poikkileikkaus rikkihiilen talteenottolaitoksen varastosta.

Onnettomuus tapahtui pestäessä 100 m³:n rikkihiilisäiliötä (säiliö nro 3). Säiliön kaksi miesluukua sijaitsivat vierekkäin säiliön hoitotason puoleisessa päädyssä. Säiliö oli asennettu hieman kaltevasti. Imu- ja typpiletku vietiin säiliöön miesluukusta, joka oli lähimpänä hoitotasoa. Pesuletku vietiin toisesta miesluukusta. Säiliön pesuun käytetty imuauto sijaitsi lähellä ulko-ovea. Tilapäinen typpiasema sekä aktiivihiilisuodattimet sijaitsivat noin 10 metrin päässä ulko-ovesta rinteeseen alapuolella (kuva 4).



Kuva 4. Typpiasema ja takana rikkihiilivarasto. Aktiivihiilisuodattimet sijaitsivat typpiaseman oikealla puolella (ei näy kuvassa).

3 Tapahtuman kuvaus

3.1 Tapahtumat ennen onnettomuutta

Kuitu Finland Oy:n konkurssipesä (jatkossa tehdas) oli laatinut rikkihiilen prosessointia koskevan palvelusopimuksen palvelutoimittajan kanssa. Sopimuksen mukaan palvelutoimittaja huolehtii rikkihiilivaraston säiliöiden materiaali jäämien tyhjentämisen ja pesun sekä toiminnassa syntyvien materiaalien käsittelyn. Palvelutoimittaja käytti työssä aliurakoitsijoita.

Tehtaan edustaja antoi 1.9.2009 turvallisuuskoulutusta niille palvelutoimittajan ja heidän aliurakoitsijoiden työntekijöille, jotka eivät olleet saaneet sitä aikaisemmin. Pesutyön toteutuksen läpikäynti tapahtui 2.9.2009 ennen työn aloittamista palvelutoimittajan ja tehtaan edustajan kesken sen varmis-

tamiseksi, etteivät aiotut toimenpiteet ole ristiriidassa yhteisellä työmaalla käynnissä olleiden muiden töiden kanssa. Kaasuntoimittaja oli antanut käyttökoulutuksen ja kirjalliset ohjeet typpiaseman valvonnasta työn valvojille.

Työnsuunnittelu ja työmenetelmät valittiin palvelutoimittajan toimesta. Palvelutoimittaja vastasi pesutyöhön ja inertointiin käytetyn laitteiston ja aliurakoitsijoiden määrittelystä ja hankkimisesta. Suunnitteluun tarvittavaa tietoa varastorakennuksen laitteistosta, laitteiden sijainnista, rikkihiilen ominaisuuksista ja työmaan olosuhteista saatiin tehtaan henkilöstöltä. Säiliö oli päätetty inertoida ennen työn alkua ja sen kestäessä käyttäen nestetyyppisäiliöstä höyrystettyä typpikaasua. Inertointilaitteisto vuokrattiin kaasuntoimittajalta. Kaasuletkun päähän asennettu metalliputki liittimineen oli palvelutoimittajan rakentama. Säiliön pesemiseen ja pesunesteen pois imemiseen käytettiin alihankkijaa, jonka yhdistelmäpesuauto oli varustettu imuletkulla ja korkeapainepesurilla. Pesuri on suunniteltu viemärien aukaisuun (kuva 5). Imuauton säiliöstä poistokaasut johdettiin aktiivihiielijärjestelmän kautta ilmaan reilun kymmenen metrin etäisyydellä varastorakennuksesta. Paikalle tuotu pesulaitteisto oli yhdistetty samaan potentiaaliin varastorakennuksen rakenteiden ja säiliön kanssa potentiaalintasauskaapeleilla.



Kuva 5. Pesutyössä käytetty pesusuutin

Pesutyöhön osallistui neljä henkilöä (kaksi sisällä varastorakennuksessa, yksi imuautolla sekä yksi ovella toiminut yhdysmies) yhden heistä toimiessa työnjohtajana. Tehtaan henkilöstö ei osallistunut varsinaiseen pesu- ja tyhjennystoimintaan tai sen työnjohtoon.

Varastorakennuksen sisällä keskimmäisenä sijaitseva makaava 100 m³ rikkihiilisäiliö (3-riikkihiilisäiliö) oli tyhjäty rikkihiilestä noin kaksi viikkoa ennen onnettomuuspäivänä aloitettua puhdistusta. Säiliö oli erotettu tehtaan henkilöstön toimesta muusta prosessista irrottamalla kaikki säiliöön yhteydessä olevat putkilinjat noin viikko ennen puhdistustyötä. Säiliö oli pumpattu niin tyhjäksi kuin

se erillistä pumppua käyttäen oli mahdollista. Säiliön pohjalle jäi rikkihiilijäämiä, aktiivihiilimurua ja vettä muutaman senttimetrin kerros.

Pesutyö aloitettiin noin kello 13.10. Pesun alkuvaiheessa säiliöön johdettiin vettä palovesiletkulla suuremman kiintoainemäärän poistamiseksi imuletkulla ja säiliötä työtettiin. Pesun alkuvaihe päättyi noin kello 14.00, jolloin pidettiin tauko. Pesu ja imu lopetettiin sekä suljettiin imuletkuun liitetty typpilinjat. Säiliön työtystä jatkettiin tauon aikana.

Tauon jälkeen pesua jatkettiin noin kello 14.20. Vesiletkun päähän liitettiin pesusuutin. Pesusuuttimesta ohjautuu vesisuihku taaksepäin noin 60 baarilla. Pesusuuttimen etenemisestä vastasi luukulla ollut työntekijä.

3.2 Onnettomuustilanne ja olosuhteet onnettomuuden sattuessa

Juuri ennen onnettomuutta säiliön lähellä olleet kaksi työntekijää havaitsivat, ettei pesusuutin kulkenut tasaisesti. Säiliön kannella pesua tehnyt henkilö veti säiliön peräpäädyssä ollutta pesuletkua takaisin, jolloin kuului kaksi perättäistä kumahdusta. Välittömästi sen jälkeen säiliön luukusta tullut tulilieska osui luukulla olleen työntekijän kasvoihin sekä hänen takanaan työtä seuranneeseen työntohtajaan. Kummatkin pääsivät pakenemaan rakennuksesta ulos omin voimin.

Tapahtumahetkellä varaston oviaukolla työtä olivat tarkkailemassa myös kolme tehtaan palveluksessa olevaa henkilöä sekä kaksi pesutyöhön osallistunutta. Kolme aukinaisen ulko-oven vieressä olleista henkilöistä kaatui painevaikutuksen takia. Paikalla olleet aloittivat välittömästi palovammoja saaneiden työntekijöiden vesivalelun ja riisuivat palaneet vaatteet ja varusteet pois.

Räjähdyksen kuulivat ja näkivät useat lähistöllä olleet henkilöt. Säiliön vieressä olleiden silminnäkijöiden mukaan säiliön luukuista nousi keltainen tai vihreäkeltainen liekki. Yksi silminnäkijä kuvasi sinisen leimahduksen ja pilven varastorakennuksen yläpuolella. Kauempana olleet silminnäkijät kuulivat kovan pamauksen ja näkivät 20-30 metriä korkean tomupilven rakennuksen yläpuolella. Imuauton kuljettaja näki rakennuksen päätyseinän lentävän ulos paineenvaikutuksesta, tavaraa lentävän ilmaan ja sitten ilman olleen mustanaan savua ja pölyä.

Tuli jätti jälkensä säiliön miesluukkujen yläpuolella olleisiin rakenteisiin, mutta ei aiheuttanut suurempaa tulipaloa. Räjähdyksen jälkeen palovahti avasi sammutusvesijärjestelmän. Imuauton kuljettaja pysäytti välittömästi räjähdyksen jälkeen auton moottorin ja muut laitteet.

3.3 Palo- ja pelastustoimenpiteet

Välittömästi onnettomuuden jälkeen paikalla olleet ottivat yhteyttä sekä portille että suoraan aluehälytyskeskukseen. Pirkanmaan hätäkeskus vastaanotti hälytyksen kello 14.47. Ensimmäisenä onnettomuuspaikalle ennätti tehtaan oma palokunta. Sammutusvesijärjestelmää pidettiin päällä aluepelastuslaitoksen paikalle saapumiseen asti (klo 14.53). Sen jälkeen varastorakennukseen meni kaksi tehdaspalokuntalaista paineilmalaitteissa varmistamaan, palaako säiliössä edelleen. Koska säiliön luukusta nousi edelleen harmaata savua/kaasua, päätettiin kytkeä sammutusvedet uudelleen päälle. Säiliön sisälle ei johdettu vettä. Yksi sprinklerijärjestelmän suuttimista oli onnettomuussäiliön miesluukkujen yläpuolella ja siitä suihkusi vettä säiliöön.

Sammutusvedet katkaistiin noin kello 16 ja aloitettiin tyhjennyspumppaus säiliöiden suoja-altaasta. Alimmaisat kaasumittarit kastuivat sammutusvedestä ja olivat osittain veden alla. Vesiletkua käytet-

tiin ainoastaan kattorakenteessa olleen pienen palon sammutukseen. Onnettomuuden jälkeen tehtaan oma palokunta huolehti jälkivartiointista seuraavaan aamuun saakka.

Tehtaan henkilöstölle järjestettiin viipymättä kriisipalvelua työterveyshuollon avustuksella. Onnettomuuden ja sammutustyön aikana paikalla olleet henkilöt testattiin rikkihiilialtistuksen selvittämiseksi. Altistumista ei testien mukaan todettu.

4 Onnettomuuden seuraukset

Räjähdyksen seurauksena varistorakennuksen katolla olleet paineenpurkausluukut aukesivat ja varistorakennuksen kevytrakenteisen paineenpurkuseinän elementit irtosivat ja putosivat noin 1-2 metrin päähän seinästä (kuva 6). Paineenpurkausluukkujen aukeamisen lisäksi säiliön yläpuoliset kattopellit vääntyivät, sähkökaapeleita vaurioitui ja kattohuopa irtosi välittömästi säiliön miesluukujen yläpuolelta.



Kuva 6. Räjähdyksen seurauksena paineenpurkauseinä sortui

Säiliön miesluukulla pesutöitä tehneet kaksi työntekijää saivat palovammoja kasvoihinsa ja toinen myös käsivarteensa. Heidät vietiin sairaalahoitoon. Varistorakennuksen oviaukolla tapahtumahetkellä olleista muut eivät joutuneet sairaalahoitoon.

Sammutusvedet eivät kontaminoituneet, koska rikkihiiltä ei joutunut nestemäisenä säiliön ulkopuolelle. Katon rakenteissa todetun pienen palon paikalla olleet arvioivat johtuneen säiliöstä räjähdysen voimasta lentäneestä rikkihiilestä.

Onnettomuuteen osallisena ei ollut rikkihiilen lisäksi muita kemikaaleja. Onnettomuudesta ei aiheutunut muita välittömiä tai välillisiä päästöjä.

5 Pesutyön suunnittelu, työluvat ja perehdytys

5.1 Pesutyön suunnittelu

Kuitu Finland Oy:n konkurssipesä (tehdas) teki palvelusopimuksen rikkihiilen hävittämisestä ja rikkihiilisäiliöiden puhdistamisesta heille entuudestaan tutun palvelutoimittajan kanssa elokuussa 2009. Sopimuksen mukaan palvelutoimittaja suunnittelee pesu- ja puhdistustoiminnan, valitsee sopivat työmenetelmät, työvälineet ja alihankkijat sekä huolehtii toiminnan työnjohdosta ja turvallisuusjärjestelyistä.

Palvelutoimittaja oli tehnyt pesutyön suunnittelua jo ennen sopimuksen laatimista suorittaessaan muita puhdistustoimenpiteitä keskustellen ja havainnoiden tehtaan edustajien kanssa. Tehtaalla ei ollut kokemusta säiliöiden pesusta inertointikaasun avulla. Palvelutoimittajalla oli pitkä kokemus palavien nesteiden säiliöiden pesusta, mutta rikkihiilisäiliöiden pesusta heillä ei ollut kokemusta. Tehdas oli laatinut 3-rikkihiilisäiliön erotus-, tyhjennys- ja tarkastusohjeen (12.8.2008) tilanteisiin, jolloin tuotantoprosessi on normaalisti käynnissä (voitiin hyödyntää esim. toisia säiliöitä). Tehtaan edustaja oli lisäksi laatinut kyseistä 3-säiliötä koskevan rikkihiilisäiliön pesuohjeen. Konkurssipesän mukaan pesuohje oli yhteisen työmaan ohjeistus pesutyöhön liittyen. Palvelutoimittaja otti huomioon työtä suunniteltaessa molemmat edellä mainitut ohjeet ja laati tehtäväkohtaisen riskinarvioinnin rikkihiilisäiliöiden pesuun. Palvelutoimittaja lähetti tehtäväkohtaisen riskinarvioinnin konkurssipesän edustajille edellisenä päivänä ennen pesutyön aloittamista. Palvelutoimittajan mukaan riskinarvioinnissa on käsitelty vain niitä asioita, mitä ei ole tullut muualla esille. Tehtaan laatima pesuohje sekä palvelutoimittajan laatima tehtäväkohtainen riskinarviointi toimivat palvelutoimittajan mukaan sekä ohjeina että työsuunnitelmana.

5.2 Työluvat

Onnettomuuspäivän aamuna palvelutoimittajan ja tehtaan edustajat kävivät yhdessä läpi selvitykset ja kirjoittivat työluvan 3-rikkihiilisäiliön pesuun. Tämän lisäksi tehtaan edustaja kirjoitti säiliötyöluvan ja imu-/pesuauton käyttöluvan tehtaan käytännön mukaisesti ennen pesutöiden aloittamista.

5.3 Perehdytys

Kaikilla pesutyöhön osallistuneilla työntekijöillä oli voimassa oleva työturvallisuuskortti. Tehdas järjesti koulutuksen kaikille pesutyöhön osallistuville työntekijöille. Koulutuksessa käytiin läpi alueella työskentelyn lisäksi mm. rikkihiilen käyttöturvallisuustiedote, työlupamenettely, kokoontumispaikat, toiminta onnettomuustilanteissa sekä työpistekohtaisia asioita. Koulutus kesti tunnin. Pesutyöhön osallistuvilla oli usean vuoden kokemus palavien nesteiden säiliöiden pesusta.

6 Onnettomuuden tutkinta

Tukes nimitti onnettomuustutkintaryhmän, ylitarkastaja Heikki Penttisen ja turvallisuusinsinööri Tanja Heinimaan. Tutkinnan yhteydessä Tukes on käynyt tehtaalla neljä kertaa. Ensimmäisessä palaverissa Tukesista oli läsnä ylitarkastaja Erkki Teräsmaa.

Tehdas on ollut yhteydessä ympäristöviranomaiseen puhelimitse onnettomuuden jälkeen. Onnettomuudessa ei tiettävästi tullut ympäristöpäästöjä, joten ympäristöviranomaiselle ei ole tarvinnut tehdä tarkempia selvityksiä. Tehdas on toimittanut ympäristöviranomaisille alustavan tehtaan lopetus suunnitelman. Työsuojeluviranomainen kävi onnettomuuspaikalla heti onnettomuuden jälkeen ja Tukesin kutsumana onnettomuustutkintaa aloitettaessa.

Onnettomuustutkintaa on tehty yhteistyössä tehtaan ja palvelutoimittajan sekä poliisin ja työsuojelupiirin kanssa. Onnettomuudessa mukana olleet yritykset ovat toimittaneet tutkinnan aikana pyydettyjä asiapapereita ja tietoja. Tukes on saanut käyttöönsä yrityksen sekä poliisin onnettomuuspaikalta ottamia valokuvia. Tukes otti haltuunsa loukkaantuneiden suojavarusteita, pesusuuttimen ja tyytysputken mahdollisia jatkotutkimuksia varten.

Tehtaan edustajat haastattelivat palveluksessaan olevia silminnäkijöitä sekä yhdessä palvelutoimittajan kanssa laativat Root Cause analyysin onnettomuudesta. Poliisi kuulusteli onnettomuudessa loukkaantuneita sekä muita töihin osallistuneita.

Tukes harkitsi inertointiin käytetyn tyypin määrän selvittämiseksi rekonstruoitua mittausta, mutta luopui siitä riittävän lähtötiedon puuttuessa.

7 Tutkinnan tulokset

7.1 Räjähdykseen johtaneita syytekijöitä

Palamisteorian mukaan räjähdys edellyttää toteutuakseen palavan kemikaalin, hapen ja syttymislähteen. Poissulkemalla näistä yksikin tekijä, räjähdystä ei satu. Pesutyössä oli tarkoitus poissulkea happi inertoimalla säiliö eli syrjäyttämällä happi tyypellä.

Syttymiskelpoinen kaasu-ilmaseos säiliössä on mahdollista, jos inertointi on riittämätön. Kirjallisuustietojen mukaan rikkihiiliseos on erittäin reaktiivinen ja tarvitsee räjähtääkseen ainoastaan 7,5 % happipitoisuuden ja erittäin pienen sytytysenergian. Pesuohjeessa eikä tehtäväkohtaisessa riskinarvioinnissa ollut mainintaa vaadittavasta happipitoisuuden tasosta säiliössä.

Pesu oli työntekijöiden mukaan onnettomuuden sattuessa loppuvaiheessa. Räjähdys tapahtui puhdistettavan rikkihiilisäiliön sisällä ns. sisätilaräjähdyksenä, joka synnyttää voimakkaan paineaallon.

Syttymisen aiheuttajana on hyvin todennäköisesti ollut pesutyössä liikuteltu pesusuutin. Paine-
pesuletkun päässä rekyylivoimalla etenevä pesusuutin on iskeytynyt voimalla säiliön sisäpintaa vasten. Tästä aiheutuivat läsnäolijoiden kuulemat kaksi kumahdusta. Välittömästi kumahdusten jälkeen seurasi räjähdys, jolloin paineenpurkauksen voimasta liekit löivät ulos säiliöstä avoinna olleista miesluukuista. Räjähdyksen voimasta myös tyypiletku metalliputkineen lensi luukusta ulos. Letkun päässä ollut liitos murtui ja siitä irronnut metalliputki löytyi säiliön läheltä lattialta.

Pesusuuttimen paineletku nokeentui säiliön luukun kohdalta, mutta ei palanut puhki. Pelastushenkilöstö veti pesu- ja imuletkut pois säiliöstä ja myöhemmin pesusuutin toimitettiin tutkijaryhmälle. Valurautaisessa pesusuuttimessa ei ollut havaittavissa räjähdysten aiheuttamia jälkiä.

Alla olevissa taulukoissa 1 ja 2 on tarkasteltu räjähdysten mahdollisia syytekijöitä. Taulukossa 1 on pohdittu mahdollisia syttymislähteitä ja taulukossa 2 mahdollisia syitä räjähdyskelpoisen ilmaseok-

sen muodostumiseksi. Yhteenvedo onnettomuuden syytekijöistä on esitetty liitteessä 1 AcciMap-kaaviona.

Taulukko 1. Räjähdykseen johtaneen syttymislähteen tarkastelu

Räjähdykseen johtaneet syyt/ Syttymislähde		
Syttymislähde	Puolesta	Vastaan
Pesusuutin	<ul style="list-style-type: none"> - Säiliön pesijän mukaan pesusuutin ei kulkenut tasaisesti ennen kolahduksia. - Pesusuuttimen letkun pituutta ei oltu mitattu (pesusuutin oli todennäköisesti noussut säiliön päädystä ylöspäin ennen takaisinvetoa). - Onnettomuus sattui pesijän vetäessä pesusuutinta taaksepäin. - Säiliön perältä kuului kaksi kolahdusta ennen räjähdystä. 	
Tyypiputki	<ul style="list-style-type: none"> - Tyypiputki ei ollut ruostumatonta terästä niinkuin säiliön sisävuoraus. Mahdollisuus kipinäin putken kolahdusta pohjaan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Haastattelujen mukaan tyypiputki oli kiinnitetty siten, ettei se päässyt kolahtamaan säiliön reunaan tai pohjaan. - Kolahdukset ja räjähdysen ääni kuuluivat säiliön perältä.
Säiliön pohjalle pudonnut esine (esim. kännykkä, happimittari)	<ul style="list-style-type: none"> - Pienikin minimisyttymisenergia olisi riittänyt räjähdykseen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Matkapuhelimet oli jätetty Ex-tilan ulkopuolelle. - Tutkinnassa ei selvinnyt, että taskuissa olisi ollut tavaraa. - Happimittarit olivat työasussa räjähdysen jälkeen. - Kolahdukset ja räjähdysen ääni kuuluivat säiliön perältä.
Muu syttymissyy (kemiallinen reaktio, itsesytyminen)	<ul style="list-style-type: none"> - Rikkihiilen itsesyttymislämpötila on alhainen (n. 95 °C). 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesuvettä ei lämmitetty, joten itsesytyminen on epätodennäköistä. - Rikkihiilen kanssa reagoivia kemikaaleja ei ollut säiliössä.

Taulukko 2. Räjähdykelpoisen kaasuihmaseoksen muodostumisen tarkastelu

Räjähdykseen johtaneet syyt / Räjähdykelpoinen kaasuihmaseos		
Räjähdykelpoisen kaasuihmaseos	Puolesta	Vastaan
Säiliön pohjalla oli rikkihiiltä	<ul style="list-style-type: none"> - Pestävän säiliön pohjasakka sisälsi rikkihiilen ja veden lisäksi aktiivihiiltä ja ruostetta. Hiili ja ruoste toimivat adsorptenttina rikkihiilelle. - Räjähdyksessä säiliön vuoraus rikkoontui ja rikkivetyä havaittiin tarkastusreitistä sekä pitoisuusmittarilla säiliön sisältä. 	- Miesluukun kohdalla ei näkynyt nestettä ennen räjähdystä.
Puutteellinen inertointi	<ul style="list-style-type: none"> - Mittauksilla ei varmistettu inertoinnin riittävyyttä. - Inertointia varten syötettiin typpeä vain säiliön aukinaisten luukkujen läheisyyteen. - Säiliön aukinaisista luukuista oli mahdollista virrata ilmaa säiliöön. - Jälkeenpäin tehdyssä inertointikokeessa hiilidioksidilla saavutettiin 2 % happipitoisuus syötön ollessa n. 250kg/h (n. 400 kg/1,5 h) puolta pienempään säiliöön. Onnettomuustapauksessa syöttö oli avonaisesta luukusta ja inertointikokeessa säiliön perältä. Onnettomuuteen johtaneessa säiliöpesussa käytettiin typpeä kaasuntoimittajan mukaan 400 kg ja työpetyaika 1 h 40 min. Tuntematon osa tästä määrästä syötettiin imuletkuun eikä säiliöön. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puhdistustyön ensimmäinen vaihe sujui ongelmitta. - Typen syöttöä säiliöön pesutyön aikana ei keskeytetty.
Väärää ainetta typpisäiliössä	- Räjähdyksessä sattui "typetyksestä" huolimatta.	- Typpisäiliön sisällöstä saatiin selvitys eli käytettiin typpeä.

7.2 Vaaratilanteiden ehkäisemiseen liittyvien arviointien kattavuus

Palvelutoimittaja laati saamiensa tietojen ja ohjeiden perusteella tehtäväkohtaisen riskinarvioinnin. Palvelutoimittajan mukaan tehtäväkohtaisessa riskinarvioinnissa korostettiin vain asioita, mitä ei muussa yhteydessä ollut tullut esille. Tehtäväkohtainen riskinarviointi ja pesuohje toimivat palvelutoimittajan mukaan työsuunnitelmina ja -ohjeina. Arviointit oli laadittu toiminnanharjoittajien yleisten periaatteiden mukaisesti.

Rikkihiilisäiliön pesun tehtäväkohtaisessa riskinarvioinnissa oli kirjattu altistumisriskiksi typetyksestä johtuva hapen puute. Yleiseksi suojaustoimeksi oli määritelty typen määrän/virtauksen huomiointi. Työntekijöillä oli raitisilmasuodattimet ja happimittarit.

Tehtäväkohtaisesta riskinarvioinnista eikä rikkihiilisäiliön pesuohjeesta ilmene, miten piti varmistaa säiliön riittävä tyypitys räjähdysvaarallisen ilmaseoksen syntymisen estämiseksi. Käytetyn tyypen määrää eikä virtausta mitattu pesutyön aikana. Virtausta säädeltiin "käsituntumalta". Työntekijöiden kertoman mukaan tyypiventtiili oli auki ja virtauksen äänestä kuultiin, että tyypeä virtaa putkistossa. Imuautoon kytketyn tyypiletkun venttiilin arvioitiin olleen auki noin 20 %:sti.

Riskinarvioinnissa otettiin kantaa maadoituksiin ja ne oli myös asianmukaisesti toteutettu.

7.3 Kyseiseen toimintaan liittyvät työmenettelyt ja niiden kattavuus

Pesutyön suunnittelussa toiminnanharjoittajat käyttivät yleisesti käytössään olevia toimintatapoja. Pesuohjeessa tai tehtäväkohtaisessa riskinarvioinnissa ei käytetty apuna yksityiskohtaisempia systemaattisia arviointimenettelyjä. Tästä syystä työmenetelmiä valittaessa keskeisiä vaaratekijöitä jäi huomioimatta.

Työnsuunnittelussa olisi pitänyt tarkastella tarkemmin räjähdysten mahdollistavia tekijöitä sekä vertailla erilaisia työmenetelmiä. Kirjallisissa työohjeissa ei huomioitu esimerkiksi säiliön toisessa päädyssä sijaitsevia yhteitä, joista inertointi olisi voitu myös tehdä. Kyseiset yhteet oli esitelty palvelutoimittajalle. Ohjeissa ei kuvattu säiliön pesussa tarvittavien letkujen vientiä säiliöön.

7.4 Toimintaan liittyvät vastuukysymykset ja niiden vaikutus onnettomuuteen

Joulukuussa 2008 konkurssiin hakeutuneen Kuitu Finland Oy:n toimintaa jatkoi konkurssipesä. Konkurssipesä on 3.8.2009 tehnyt rikkihiilisäiliöiden tyhjentämisestä, rikkihiilen poiskuljettamisesta sekä säiliöiden pesusta sopimuksen palvelutoimittajan kanssa. Sopimuksen mukaan palvelutoimittaja vastaa mm. säiliöiden pesusta. Sopimuksessa mainitaan rikkihiilen vaarallisuus ja todetaan, että palvelutoimittajalle on annettu mahdollisuus tutustua rikkihiileen ja sen ominaisuuksiin ennen sopimuksen allekirjoitusta.

Kemikaalisäädösten mukaisina vastuuhenkilöinä toimivat tehtaan vastuuhenkilöt; tuotantopäällikkö toimintaperiaatteista vastaavana ja toinen käynnissäpitovastaavista kemikaalien käytönvalvojana. Tehtäväkohtaisen riskinarvioinnin oli tehnyt 1.9.2009 palvelutoimittajan työnjohtaja. Tehtaan palveluksessa oleva henkilö laati ja allekirjoitti 2.9.2009 tehtaan käytännön mukaiset luvat. Kaikkiaan lupia annettiin kolme kappaletta, joista yksi koski rikkihiilisäiliön pesua, toinen oli säiliötyölupa ja kolmas imu/ pesuauton käyttö lupa. Rikkihiilisäiliön pesuluvan allekirjoitti myös palvelutoimittajan työnjohtaja ja siinä työnsuorittajina mainittiin aliurakoitsijoiden työntekijät.

Onnettomuuden jälkeen keskusteltiin käytönvalvojan roolista. Käytönvalvojalla ei ollut roolia riskinarvioinnin ja työlupien käsittelyssä. Keskeisin tekijä onnettomuudelle oli inertoinnin toteutuksen puutteellinen suunnittelu ja toteutus.

7.5 Lainsäädännön vaatimusten noudattaminen

Tehdas on ns. turvallisuusselvityslaitos. Huolimatta tuotannollisen toiminnan päättymisestä yrityksen kemikaalilupia eikä turvallisuusselvitystä ole ilmoitettu kumottavaksi. Syynä tähän oli sekä laitteissa olevat vaaralliset kemikaalit että mahdollisuus toiminnan jatkumiseen.

Rikkihiilen talteenottolaitokselle on myönnetty perustamislupa 6/36/99 (20.5.1999). Tehtaan viimeisin määräaikaistarkastus on pidetty 24.10.2008. Tarkastuksessa ei tullut esille mitään myöhempään onnettomuuteen liittyviä asioita. Hyvän turvallisuuskulttuurin johdosta tarkastusväliä harvennettiin.

Tehdas on laatinut turvallisuus selvityksen 23.1.2006 ja täydentänyt sitä 13.12.2007. Tukes on antanut 2.12.2008 siitä johtopäätökset (533/36/2006).

Tukes on lähettänyt konkurssipesälle selvityspyynnön (30089/36/2009; 6.2.2009) kysellen kemikaalien varastoinnin turvallisuuden toteuttamisesta ja konkurssipesän organisaatiosta.

Tukes on saadun selvityksen perusteella tehnyt yhdessä muiden viranomaisten kanssa valvontakäynnin 27.4.2009, jossa käsiteltiin rikkihiilen hävittämistä tehdasalueelta sekä vaihtoehtoisesti mahdollista tehtaan uudelleen käynnistämistä. Tukes edellytti valvontakäynnistä tekemässään muistiossa, että jos rikkihiilen poiskuljetus edellyttää laitteistomuutoksia, niille on haettava Tukesilta hyväksyntä. Tällainen laitteistomuutoshakemus on lähetetty 2.7.2009 Tukesille käsiteltäväksi ja siitä annettu päätös 6.7.2009 (30678/36/2009). Päätös sisälsi kahdeksan erilaista turvallisuuden varmistamiseen liittyntä ehtoa. Muutoksen toteuttaminen ei edellyttänyt Tukesin tarkastusta.

Kemikaaliturvallisuuslaissa (390/2005) ja sen nojalla annetuissa säädöksissä edellytetään, että toiminnanharjoittaja nimeää vastuuhenkilöt. Turvallisuus selvityslaitoksella on oltava sekä toimintaperiaatteista vastaava henkilö että käytönvalvoja. Kuitu Finland Oy oli nimennyt toimintaperiaatteista vastaavan henkilön ja käytönvalvoja. Luettelon käytönvalvojista vahvistaa toiminnanharjoittaja. Käytönvalvojalla tulee olla asemansa puolesta mahdollisuus huolehtia, että toiminnassa noudatetaan säädöksiä ja määräyksiä sekä toiminnanharjoittajan määrittämiä toimintaperiaatteita. Konkurssipesän palveluksessa jatkoivat toimintaperiaatteista vastaava henkilö sekä käytönvalvoja.

7.6 Muut onnettomuuteen vaikuttaneet seikat

Merkittävin muutos verrattuna aikaisempiin rikkihiilisäiliöiden tyhjentämisiin ja pesemisiin liittyi tuotannollisen toiminnan päättymiseen. Vastaava säiliöiden tyhjennys on aikaisemmin toteutettu hyödyntämällä toisia säiliöitä ja tuotantoprosessia. Tyhjennyksestä on aikaisemmin vastannut tehdas oma rikkihiilen talteenottolaitoksen organisaatio. Konkurssin jälkeen työ tilattiin yhtiön konkurssin johdosta palvelutoimittajalta.

Rikkihiilen reaktiivisuus eli erittäin helposti pienissäkin pitoisuuksissa syttyvänä ja räjähtävänä hyvin pienellä minimisyttymisenergialla tekee siitä vaikeasti käsiteltävän. Näistä rikkihiilen aineominaisuuksista oli maininta tehdyssä palvelusopimuksessa.

7.7 Haastattelut ja poliisikuulustelut

Paikalla olleiden tehtaan henkilöiden näkemykset onnettomuudesta

Onnettomuushetkellä varastorakennuksessa ja sen ulkopuolella olleet kuulivat 1-2 kumahdusta ennen räjähdystä. Muuta poikkeavaa he eivät havainneet. Räjähdysten vaikutuksesta paineenpurkausluukut aukenivat ja paineenkevennyksinä sortui. Tomupatsas nousi 20-30 metrin korkeuteen.

Tehtaan ja palvelutoimittajan tekemässä Root Cause analyysissä päädyttiin siihen, että typpi-inertointi ei ole ollut riittävä tapahtumahetkellä. Rikkihiili vaatii syttyäkseen erittäin pienen energian. Se

on kumahdusten perusteella voinut syntyä pesusuuttimen heilahtelusta puolelta toiselle säiliön sisällä.

Poliisikuulustelut

Poliisi kuulusteli onnettomuudessa loukkaantuneita, pesijöiden ja imuauton kuljettajan välillä toimintaa yhdyshenkilöä sekä imuauton kuljettajaa. Tukes toimitti poliisille kysymykset, jotka laadittiin yhteistyössä työsuojelupiirin kanssa. Jokaiselle kuulusteltavalle tehtiin omat kysymykset.

Säiliön pesua tehneet kaksi työntekijää sekä yhdyshenkilö kuuluivat juuri ennen räjähdystä kaksi kumahdusta säiliön sisältä. Yksi kuulustelluista kertoi kuulleensa ennen räjähdystä säiliöstä ääniä, joiden perusteella hän arveli, että pesupää ei kulkenut tasaisesti. Mitään poikkeavaa ei ollut nähtävissä ennen räjähdystä.

Palvelutoimittajan tekemä tehtäväkohtainen riskinarviointi perustui tehtaan pesuohjeisiin sekä tehtaan ja palvelutoimittajan edustajien keskinäisiin arvioihin. Työntekijöiden omien arvioiden mukaan he olivat tietoisia rikkihiilen vaaraominaisuuksista ja heille oli annettu asianmukaista turvallisuuskoulutusta. Kukaan kuulustelluista ei kyseenalaistanut työtapoja eikä vaatinut rangaistuksia kenellekään.

8 Johtopäätökset

Merkittävin syy onnettomuuteen oli riittämätön inertointi. Säiliötilassa oli räjähdysvaaran mahdollista happipitoisuus. Happipitoisuuden ylärajaa ei ollut määritelty eikä myöskään typen virtausmäärää säiliöön. Edellä mainitut tekijät olisi myös mittaamalla pitänyt todentaa.

Typetytys oli huomioitu henkilöturvallisuuden kannalta ja säiliön avoimella luukulla työskentelevillä oli ohjeistuksen mukaiset happimittarit. Ne eivät hälyttäneet alentuneesta happipitoisuudesta työn aikana. Sen sijaan säiliöiden suoja-allastilassa ollut rikkihiilen mittausturvi antoi hälytyksen pesutyön aloittamisen jälkeen. Pitoisuus oli 450 ppm (HTP(8h)-pitoisuus on 5 ppm).

Käytetty inertointimenetelmä, typetytys, ei ole ollut aikaisemmin käytössä tehtaalla säiliöitä tyhjennettäessä tai pestessä. Sen sijaan palvelutoimittaja käyttää sitä omassa toiminnassaan. Haastattelussa ilmeni, että nestemäistä typpeä käytettiin nyt ensimmäistä kertaa asiakassäiliön inertointiin. Typpi on ilmaseoksen kevyempi kaasua ja on todennäköistä, että säiliössä sitä ei ole ollut tasaisesti vaan osa typpeä on poistunut nesteimurin yhteydessä säiliöstä. Jonkin verran sitä lienee poistunut myös miesluukun kautta. Vaihtoehtoisesti miesluukkujen kautta säiliöön on virrannut korvausilmaa eli happea.

Palvelutoimittaja oli laatinut tehtäväkohtaisen riskinarvioinnin osapuolten laatiman sopimuksen mukaisesti. Tehdas oli laatinut pesuohjeen, joka konkurssipesän mukaan oli yhteisen työmaan ohjeistus pesutyöhön liittyen. Näissä asiakirjoissa tarkasteltiin pääasiassa työsuojellisia asioita. Prosessiturvallisuus, mukaan lukien säiliön riittävä inertointi räjähdysvaaran poistamiseksi, jäi vähemmälle huomiolle. Työsuunnittelussa olisi pitänyt tarkastella tarkemmin mahdollisia räjähdysvaaran johtavia tekijöitä sekä vertailla erilaisia työmenetelmiä.

Vaaralliseksi tiedetystä säiliön tyhjennyksestä oli tehty tilaussopimus. Siinä määriteltiin, että vastuu säiliöiden loppupesusta ja työn turvallisuudesta kuuluivat palvelutoimittajalle. Palvelutoimittaja oli nimennyt työnjohtajan valvomaan työtä. Kemikaalisäädösten mukaiset vastuut tulee olla selkeästi määritelty sopimuksessa.

Säiliön pesua ei ole jatkettu onnettomuuden jälkeen eikä tämän raportin julkaisuhetkeen mennessä ole käyty säiliön sisällä tutkimassa onnettomuuden jälkiä. Onnettomuudessa vaurioituneen säiliön ja muiden pesua odottavien säiliöiden puhdistamista turvallisella menetelmällä on selvitelty. Toiminnanharjoittajan tulee esittää Tukesille työmenetelmä, jolla se varmistaa säiliöiden pesutyön turvallisen jatkamisen ja miten työn aikana varmistetaan inertoinnin riittävyys.

9 Toimenpide-ehdotukset

Toiminnanharjoittajan käyttäessä palvelutoimittajia kokonaisturvallisuuden hallinta tulee haasteellisemmaksi ja yhteistoiminta eri organisaatioiden välillä korostuu. Alla esitetyt suositukset ovat tutkijaryhmän näkemys vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi. Suositukset ovat yleisiä, eivätkä kuvaa kaikilta osin tässä onnettomuustutkinnassa esille nousseita asioita.

Tutkijaryhmä ehdottaa vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi seuraavia asioita:

- Tilaajan ja palvelutoimittajan välisissä sopimuksissa huomioidaan kemikaaliturvallisuuden mukaiset vastuut ja velvoitteet sekä selkeästi määritellään käytönvalvojan rooli.
- Työnsuunnittelussa huomioidaan kokonaisturvallisuus (mm. prosessiturvallisuus ja henkilöturvallisuus).
- Valvotaan ennakkoon laaditun suunnitelman mukaisesti jatkuvatoimisilla mittauksilla turvallisten olosuhteiden säilyminen työkohteessa.
- Erityisosaamista vaativat kemikaalisäiliöiden tyhjennykset ja puhdistukset tehdään vain turvallisiksi todetuilla työmenetelmillä.

TASO 5: Yhteiskunta

Kemikaaliturvallisuuslain konkurssitilannetta koskevat säädökset puutteellisia

TASO 4: Toiminnanharjoittajat

Tehdas konkurssissa
Tuotantoprosessi ei käynnissä
Henkilökuntaa vähennetty

Palvelutoimittaja
Sopimus pesutyöstä
Aliurakoitsijat

TASO 3: Tehtaan johtamisjärjestelmä, yhteistoiminta palvelutoimittajan kanssa

Rikkihiilen ominaisuudet

Inertointia tyellä ei aikaisemmin käytetty tehtaalla säiliöiden tyhjentämisessä tai pesussa

Palvelutoimittajalla ei aikaisempaa kokemusta rikkihiili-säiliön pesusta

Vaaranarviointi puutteellinen

Työohjeet puutteellisia

Kemikaalikäytönvalvojan rooli

TASO 2: Työntekijän toiminta, informaation kulku, laitesuunnittelu

Säiliön työttäminen

Typenvirtausmittausta ei suunniteltu

Säiliön happipitoisuutta ei mitattu

Rikkihiiltä pieniä määriä säiliössä

Pesutyö loppuvaiheessa, ei suojaavaa vesipatjaa

Pesuletkun pituutta ei mitattu, pesupallo iskeytyi säiliön seinämään

Kuului kaksi kolahdusta

TASO 1: Tapahtuma, olosuhteet, fyysiset tekijät

Räjähävä kaasu-ilmakeos

Syttymislähde

Räjähdyksen
Paineaalto
Liekki

Kaksi loukkaantunutta
Rakenteiden sortuminen