

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

Dnro 3429/06/2002

Nexplo Vihtavuori Oy:n B-ruutituotannossa Laukaassa 28.5.2002 sattunut kuolemaan johtanut räjähdysonnettomuus



Tutkijaryhmä:

Taimo Tihinen
Erkki Reinikka
Tor Erik Ekberg

Tutkimusraportin tiivistelmä

0	<i>Johdanto</i>	5
1	<i>Yleiskuvaus onnettomuudesta</i>	5
2	<i>Tapahtumapaikan ja prosessilaitteiden kuvaus</i>	6
	2.1 Yleistä tapahtumapaikasta.....	6
	2.2 Rakennuksen rakenne	6
	2.3 Puristimen kuvaus	7
	2.4 Valmistuksen kulku puristinhuoneessa.....	8
3	<i>Onnettomuustiedot</i>	9
	3.1 Toiminta ennen onnettomuutta	9
	3.2 Tapahtumat ja olosuhteet onnettomuspäivänä	9
	3.3 Palo- ja pelastustoimenpiteet	11
	3.4 Tiedottaminen	11
4	<i>Onnettomuuden tutkinta</i>	12
	4.1 Tutkintamenetelmät	12
	4.2 Havainnot välittömästi onnettomuuden jälkeen.....	12
	4.3 Onnettomuuden syntyyn vaikuttaneet tekijät.....	13
5	<i>Tutkinnan tulokset, yhteenveto tapahtumista, onnettomuuden syistä ja seurauksista</i>	15
	5.1 Tapahtumaketjun kuvaus (johtopäätökset tutkinnasta).....	15
	5.2 Onnettomuuden syyt ja seuraukset	17
6	<i>Säädösten ja määräysten noudattaminen</i>	18
	6.1 Laitosta koskevat luvat ja tarkastukset.....	18
7	<i>Ehdotukset turvallisuuteen liittyvien menettelyjen parantamiseksi</i>	18

LIITTEET

- Tutkijaryhmän asettamiskirje
- Valokuvia

TUTKIMUSRAPORTIN TIIVISTELMÄ

Onnettomuustapaus	B-ruutipuristimessa tapahtunut räjähdys aiheutti työntekijän menehtymisen
Tapahtuma-aika	28.5.2002 klo. 11.16
Tapahtumapaikka	Nexpla Vihtavuori Oy Vihtavuoren tehtaat, Laukaa, B-ruutituotannon puristamoraakennus nro 71
Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista (mitä tapahtui, syyt, seuraukset)	<p>Aamulla 28.5.2002 B-ruutipuristamoraakennuksessa oli aloitettu 1 000 kg ruutierän puristaminen. Ennen räjähdysonnettomuutta oli ehditty tehdä neljä hyvin sujunutta puristusta. Viidettä puristusta käynnistettäessä kuului poikkeavia ääniä, ja välittömästi niiden jälkeen puristimella tapahtui räjähdys. Räjähdyksessä puristinsylinteri ja sen lämmitysvaippa sirpaloituivat, ja puristinhuoneen kevyet seinärakenteet pirstoutuivat. Huoneen kantaviin rakenteisiin tuli vaurioita metalliheitteistä. Onnettomuuden tapahtumishetkellä puristinhuoneessa ollut puristaja menehtyi. Räjähdys sytytti myös alakerrassa, puristimen alla olevassa kourussa olleen ruudin, mutta kourun jälkeen olleet suojalaitteet toimivat, ja estivät onnettomuuden leviämisen vastaanottohuoneeseen, jossa oli tapahtumahetkellä kolme henkilöä töissä. Nämä kolme henkilöä sekä viereisessä huoneessa ollut neljä henkilöä pelastautuivat juosten rakennuksesta.</p> <p>Räjähdysten seurauksena syttyi puristinhuoneessa tulipalo. Paikalle hälytetty Laukaan pelastuslaitoksen sammutusyksiköt suorittivat rakennuksen sammutustyöt.</p> <p>Normaalisti, kun puristaja antaa yläkerrasta merkin, että puristuksen saa käynnistää, syttyy alakertaan merkkivalo, jolloin työntekijä käynnistää puristuksen vastaanottohuoneesta. Mäntä laskeutuu hitaasti kiinni ruutiin, ilma imetään pois ruudista ja ruuti puristetaan hitaasti matriisin läpi. Ennen puristusta puristaja ehtii siirtyä pois puristinhuoneesta suojatilaan. Tutkinnan henkilöhaastattelujen mukaan puristus on alkanut normaalista poikkeavasti hyvin nopeasti. Räjähdys on tapahtunut heti sen jälkeen, kun puristaja on puristinhuoneesta ilmoittanut, että puristimen saa käynnistää ja alakerran työntekijä on painanut käynnistinnappulaa. Puristimen männän on arvioitu laskeutuneen hallitsemattomasti ja nopeasti puristinsylinteriin ja siitä aiheutui ruudin adiabaattinen syttyminen. (Toiminta on adiabaattinen, kun lämmönsiirtoa puristussylinterin ja ympäristön kanssa ei tapahdu). Kaasujen tilanyhtälön mukaan paineen nousu noin 3 bariin aiheuttaa jo lämpötilan nousun noin 200 °C:een, joka on korkeampi kuin kyseisen ruudin humahduslämpötila 175 °C. Syttyyään ruuti on hetkessä, paineen ja lämpötilan noususta sylinterissä, muuttunut detonaatioksi. Männän nopea liike on tutkijaryhmän mukaan todennäköisesti aiheutunut männän nostosylinterin tiivisteen pettämisestä. Puristimen hydraulikkaperiaatetta on nykyaikaistettu ja toiminta on muutettu puoliautomaattiseksi 1980-luvulla.</p> <p>Tapahtumahetkellä puristinhuoneessa oli yhteensä n. 32 kg B-ruutia, josta n. 16 kg oli puristimen sylinterissä ja loput ruutileikkurissa.</p>

0 Johdanto

Nexplo Vihtavuori Oy:n Vihtavuoren tehtailla valmistetaan erilaisia ruuteja ja ruutityyppisiä kuten N-ruuteja ja B-ruuteja. Ruutitehdas on perustettu jo 1920-luvulla ja sitä on myöhemmin eri vaiheissa laajennettu ja muutettu. Ruutien valmistus ja varastointi tapahtuu hajautettuna osastoittain rakennuksissa, jotka on varustettu erilaisin turvallisuutta parantavin suojarakentein. Ruutiosastoista vanhin on B-ruutiosasto (nk. unkarilainen). B-ruudin valmistuksen eri vaiheita ovat B-massan valmistus, B-ruutimassan sekoitus, B-massan valssaus ja rullaus, B-ruudin puristaminen ja leikkaus, B-ruudin ilmastointi, jolla säädetään ruudin kosteus sekä ruudin pakkaaminen.

Vihtavuoren tehtaiden syntyä ja kehitystä on selostettu Pertti Torikan historiakirjassa ”Vihtavuoren seitsemän vuosikymmentä 1922 - 1992”. Kirjassa on esitetty myös tehtailla sattuneita ympäristöhaittoja ja tapaturmia. Syitä vahinkoihin on ollut moninaisia. Ennen 1. maailmansotaa ruutitehtaalla sattui vain muutama vähäinen tulipalo. Sodan aikana läheltä piti -tilanteita ja onnettomuuksia aiheuttivat mm. olosuhteista johtuvat kiire, tilapäiset työntekijät, huolimattomuudet ja laiminlyönnit. Silloisella uudella unkarilaisella B-ruutitehtaan laitteistolla sattui sodan aikana neljä kirjattua onnettomuutta ja nallitehtaalla viisi. Viidessä näistä räjähdyksistä yhteensä kymmenen ihmistä menetti henkensä, ja useat loukkaantuivat vakavasti. Syinä olivat huonosti puhdistetun männän aiheuttama ruudin syttyminen ja räjähdys sylinterissä puristuksen alussa, puristimen syttyminen ja palon leviäminen, puristimen ruutitorven naputtelu jakoavaimella ja termostaattihuoneen ruutikaapin syttyminen ovea jakoavaimella väännettäessä. 1960-luvulla tehtaalla sattui kolme kuolemaan johtanutta onnettomuutta, joissa kuoli yhteensä kuusi henkilöä. Viimeisin näistä kuolemaan johtaneista onnettomuuksista sattui v. 1968.

EASSP:n (European Association for Study of Safety Problems in Production and use of Propellants) julkaisun 1/1995 mukaan on puristusprosesseissa sattuneiden vahinkojen syynä usein ollut:

- Adiabaattinen ilman (ruudissa olevan kaasun) puristuminen
- Tukkeumat matriisissa
- Matriisien väärä asento
- Vieraat esineet
- Puristussylinterin ylitäyttö
- Riittämätön puristus, joka johtaa syttymiseen
- Riittämätön lämpötilan säätö, joka aiheuttaa kitkaa
- Massassa olevat kovat paakut

1 Yleiskuvaus onnettomuudesta

Nexplo Vihtavuori Oy oli tehnyt päätöksen valmistaa 1000 kg erä B-ruutia asiakkaan pyynnöstä, ennen kuin B-ruutiosasto suljettaisiin lopullisesti. Ruutia haluttiin mahdollisia tarpeita, kuten tuotekehitystä varten. Näin voitiin tehdä, koska massaa oli jäljellä. Ruutierän valmistus aloitettiin aamulla 28.5.2002. Puristaja oli työnjohtajan kanssa edellisenä päivänä käynyt läpi puristimen hydraulikkalaitteiden toimintakunnon. Seuraavana aamuna, kun hän oli hakenut erän ruutirullia (6 kpl = yhteensä n. 90 kg) viereisestä rakennuksesta, puristustyöt aloitettiin. Ennen ruudin puristusta ruutirulla leikataan neljään osaan, jotta se saadaan sijoitettua puristimen sylinteriin. Ruutirullia oli puristettu jo neljä ja viides oli leikattu ja sijoitettu puristimeen. Puristaja oli siirtynyt puristihuoneesta ulos johtavan oven viereen, paikkaan, jossa sijaitsee ruutileikkurin käynnistyspainike, puristimen käynnistyslavan painonappi sekä hätä-seis-painike. Käynnistettyään ruutileikkurin ja ilmoitettuaan nappia painamalla alakertaan, että puristimen saa käynnistää,

puristajan tuli välittömästi siirtyä viereiseen suojahuoneeseen, jossa hänen ohjeiden mukaan tulee odottaa, että puristus päättyy. Alakerrassa käynnistystoimenpiteet oli suoritettu kirjallisten työohjeiden mukaisesti. Kuitenkin välittömästi alakerran käynnistystoimenpiteiden jälkeen oli työntekijöiden kertomusten mukaan yläkerrasta kuulunut epämääräinen ääni ja heti sen jälkeen oli tapahtunut räjähdys. Räjähdyksen sattuessa puristaja oli puristinhuoneessa. Alakerrassa olleet työntekijät poistuivat juosten huoneista ulos suojakaton alle ja suojavallin läpi johtavan tunnelin kautta rakennuksen nro 74 pihaan. Rakennukseen 74 he menivät, koska se on kyseisten työntekijöiden suojapaikka. Yläkerran puristinhuoneessa ollut puristaja menehtyi räjähdyksessä ja sitä seuranneessa tulipalossa.

Räjähdyksessä puristimen sylinteri ja sen ympärillä ollut valurautainen lämmitysvaippa sirpaloituivat. Suurin osa sirpaleista pysähtyi rakennuksen kantaviin rakenteisiin sekä rakennusta ympäröivään maavalliin, mutta osa niistä suuntautui maavallin yli. Vallin yli lentäneet sirpaleet löytyivät sektorilta, joka ulottuu yli 200 metrin etäisyydelle rakennuksesta.

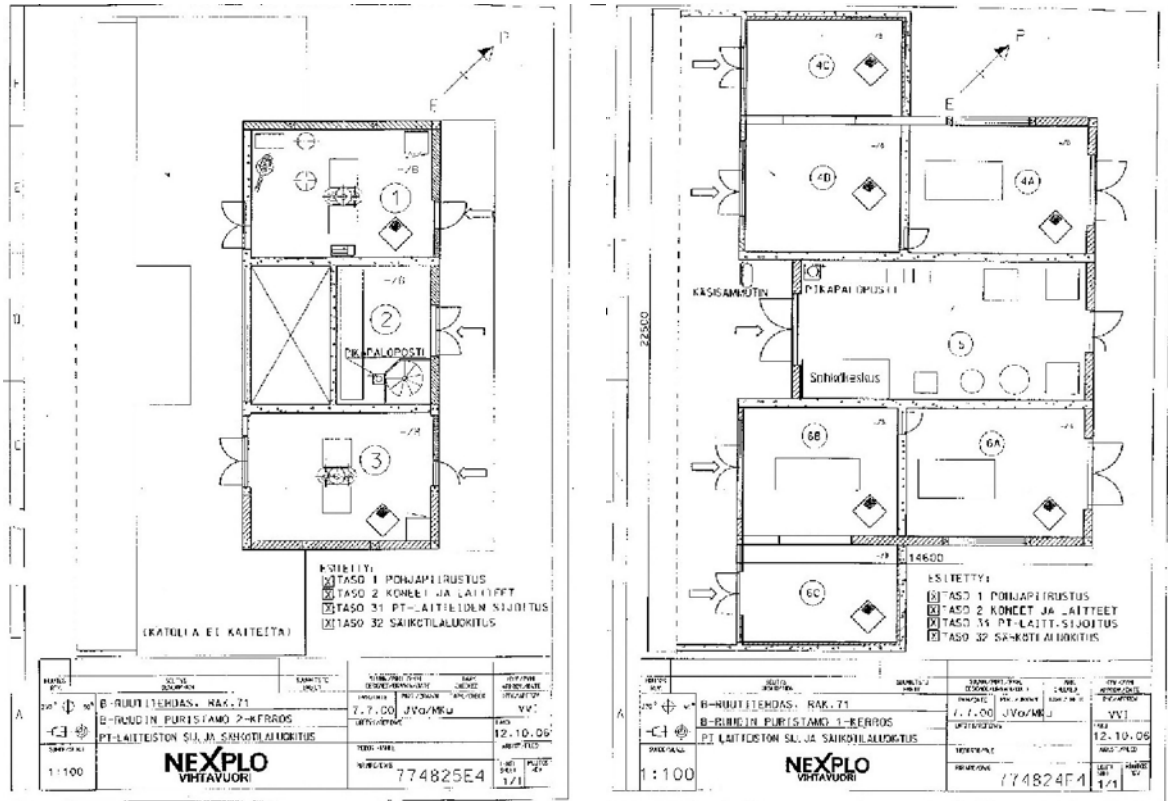
2 Tapahtumapaikan ja prosessilaitteiden kuvaus

2.1 Yleistä tapahtumapaikasta

Nexplo Vihtavuori Oy:n B-ruutiosasto sijaitsee ns. vanhalla tehdasalueella ja on rakennettu 1940-luvun alussa. Osastoon kuuluu useita, suojaa antavilla maavalleilla toisistaan erotettuja tuotantorakennuksia. B-ruudin tuotannon eriluonteiset työvaiheet on sijoitettu toisistaan erilleen osaston rakennuksiin. Onnettomusrakennuksessa (nro 71) suoritetaan ruudin puristaminen matriisin kautta halutun muotoiseksi. Puristus suoritetaan panosprosessina yksi satsi kerrallaan. Puristuksen aikana ruuti johdetaan jatkuvina nauhoina vastaanottohuoneeseen. Tästä syystä on samaan rakennukseen sijoitettu myös ruudin leikkaaminen määrämittäiseksi. Toiminnot on kuitenkin erotettu toisistaan suojarakentein, joilla estetään mahdollisen onnettomuuden leviäminen työpisteestä toiseen.

2.2 Rakennuksen rakenne

Rakennus on rungoltaan raudoitettua betonia. Rakennukseen on rinnakkain sijoitettu kaksi toisistaan erotettua puristus-/vastaanottolinjaa. Puristinhuoneet, joissa mahdollisen räjähdysten on arvioitu voivan tapahtua, ovat ulkoseiniltään kevytrakenteisia, paineen purkavia. Puristinhuone, jossa räjähdysonnettomuus tapahtui, sijaitsee rakennuksen yläkerrassa. Lisäksi siellä on puristajalle tarkoitettu suojahuone, jossa mm. matriisien puhdistus ja säilytys tapahtuu. Alakerrassa on kolme huonetta kummallakin puristuslinjalla sekä linjoille yhteinen konehuone, joka ulottuu yläkerran ulkokattoon. Kaikki alakerran huoneet on erotettu toisistaan vahvoilla raudoitetuilla betonirakenteilla. Kummankin linjan kolmesta huoneesta yksi sijaitsee suoraan puristimen alapuolella, ja siihen on sijoitettu ainoastaan puristimen alta vastaanottohuoneeseen johtava metallikouru, jota pitkin ruuti tulee. Kulku rakennuksen kaikkiin huoneisiin tapahtuu ulkokautta. Huoneiden välinen kulkuyhteys on suojahuoneesta kierreportaiden kautta konehuoneeseen. Lisäksi puristimen alla olevan tilan ja vastaanottohuoneen välillä on kulkuyhteys, joka on kuitenkin suljettu paineenkestävällä ovella, joka työn suorituksen aikana on aina pidettävä kiinni. Jokaisesta huoneesta ulos johtava ovi on rakenteeltaan autotallin oven tapainen.



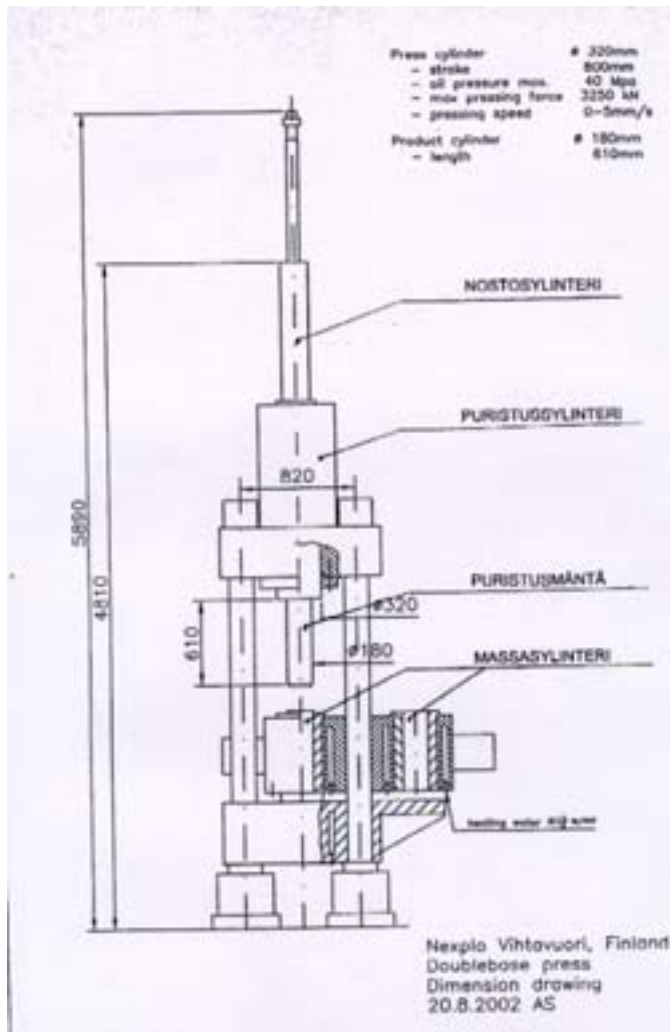
Kuva 1. Puristamon 2. kerroksen pohjapiirros

Kuva 2. Puristamon 1. kerroksen pohjapiirros

2.3 Puristimen kuvaus

Puristin oli vanha, unkarilainen B-ruudin puristamiseen kehitetty puristinlaite (piirustus vuodelta 1941). Sen hydraulikkaperiaatetta oli 1980-luvulla nykyaikaistettu. Muutokset todettiin Teknillisen tarkastuskeskuksen (TTK:n) 17 – 18.3.1986 suorittamassa määräaikaistarkastuksessa. Koko nostosylinteri uusittiin aiempaa vastaavalla rakenteella. Paineakun tilalle tuli hydraulikkakoneikko. Samalla ohjaus oli muutettu puoliautomaattiseksi. Mekaanisten rajojen tilalle tulivat neljä sähköistä rajaa. Käynnistys ja paineen ohjaus suoritettiin puristajan ilmoituksesta kauko-ohjatusti alakerran vastaanottohuoneesta. Leikkurissa käsitelty ruuti asetettiin käsin vahvarakenteiseen, vesivaipalla lämmitettyyn sylinteriin. Sylinteristä ruuti puristettiin männällä haluttuun nauhamaiseen muotoon pohjaksi sijoitetun matriisin, reikälevyn, läpi. Matriisista tulleet ruutinauhat johdettiin puristimen alla olevan kourun kautta vastaanottohuoneeseen, jossa ne katkaistiin ja vietiin viereiseen huoneeseen. Siellä ne leikattiin määrämittäisiksi.

Puristin koostui vankasta rungosta sekä käännettävästä lämmitysvaipasta, johon oli sijoitettu kaksi puristussylinteriä. 770 kg painava mäntärakennelma oli varustettu laitteistolla, jolla se nostettiin ja pidettiin ylhäällä sylinterin täytön aikana. Lämmitysvaippaa sylintereineen voitiin sekä kääntää että nostaa. Sylinterin alla olevaan tilaan sijoitettiin kulloinkin valmistettavan ruutityypin matriisi. Puristimen ja sen osakomponenttien yksityiskohdat ilmenevät kuvasta 3.



Kuva 3. Puristimen periaatepiirustus

Yläkerrasta puristusta ei voi käynnistää. Puristin oli logiikkaohjattu siten, että ainoastaan käynnistys ja puristuspaineen säätö hoidettiin alakerrasta manuaalisesti. Muut toiminnot tapahtuivat käynnistytyn jälkeen automaattisesti logiikkaohjelman mukaan neljällä sähköisellä rajalla:

- 1) 770 kg painavan puristimen männän pito yläasennossa.
- 2) Männän laskeutuminen alipainevaiheen alkuun, jolloin O-rengas koskettaa sylinteriä ja tapahtuu vakuumpumpun käynnistys. Teoriassa tämä puristumännän laskeutumisvaiheen liike kestää 8,9...10 s, jolloin männän nopeus on 20...22 mm/s.
- 3) Mäntä laskeutuu puristusvaiheen alkuun ja hydraulinen puristus käynnistyy. Laskeutumisvaihetta seuraa hitaampi puristusvaihe, jonka alussa on samalla alipainevaihe. Puristusvaiheen on arvioitu teoriassa kestävän 150...510 s. Männän nopeus on tällöin 1...4 mm/s.
- 4) Puristuksen lopetus päättyy alarajaan ja mäntä palautuu yläasentoon. Puristuksen loppuminen on lisäksi varmistettu mekaanisella rajalla.

Kutakin vaihetta ohjaavat ylhäällä katon rajassa olevat sähköiset rajat, joita on kaikkiaan neljä kappaletta.

2.4 Valmistuksen kulku puristinhuoneessa

Alkutoimintoihin ennen ensimmäistä puristusta kuuluu ensimmäisen rullan leikkaaminen ruuti-leikkurissa. Leikkaamisen ajaksi (tapahtuu automaattisesti käynnistyksestä) puristaja siirtyy

suojahuoneeseen. Kun leikkaaminen on ohi, hän palaa puristinhuoneeseen ja sijoittaa ruutirullapalat puristimeen, jonka jälkeen hän laittaa puristinmännän messinkisen tiivisterenkaan sylinteriin ruudin päälle. Tiivisterenkaan laitto on kertaluonteinen tapahtuma aina työpäivän alussa. Ensimmäisen puristuksen jälkeen rengas on kiinnittynyt ruudin puristamana puristinmännän alaosaan ja yleensä sitä ei tarvitse irrottaa ennen kuin työpäivä on päättynyt. Kun tiivisterengas on paikoillaan, puristaja ottaa leikkaamattoman rullan termostointikaapista ja sijoittaa sen rulla-leikkuriin. Näiden toimintojen jälkeen hän siirtyy poistumisoven viereen, jossa sijaitsevat painike, jolla ruutileikkuri käynnistetään, painike, jolla alakertaan ilmoitetaan ”puristin valmis” ja hätä-seis-painike. Käynnistettyään ruutileikkurin ja ilmoitettuaan alakertaan, että puristin on valmis käynnistettäväksi, hän siirtyy välittömästi ulkokautta suojahuoneeseen, jossa odottaa, kunnes puristus on päättynyt. Myös suojahuoneessa voi painemittarista seurata puristuspainetta, jolloin tietää, milloin puristus on valmis. Puristuksen päätyttyä puristaja siirtyy puristinhuoneeseen ja toistaa edelliset toiminnot lukuun ottamatta tiivisterenkaan sijoittamista. Kuudennen ruutirullan puristuksen jälkeen hän hakee uuden kuuden rullan erän viereisessä rakennuksessa sijaitsevasta varastosta.

3 Onnettomuustiedot

3.1 Toiminta ennen onnettomuutta

Ennen onnettomuuspäivää rakennus nro 71 oli ollut käyttämättömänä tammikuun 21. päivänä päättyneen valmistusjakson jälkeen. Onnettomuuspäivää edeltävänä päivänä puristaja ja työnjohtaja olivat työnjohtajan kertoman mukaan silmämääräisesti tarkistaneet huoneen nro 3 puristimen vesi- ja hydraulikkaletkut sekä puristimen kuntoa muutenkin ja totesivat laitteiden olevan käyttökunnossa. Puristustyöt aloitettiin 28.5.2002, aamulla n. kello 8.30. Ruutirullat oli tuotu rakennuksen nro 68 varastoon edellisena päivänä ja sijoitettu siinä oleviin termostointikaappeihin. Rakennuksen nro 71 huoneeseen nro 3, eli puristinhuoneeseen, oli joko maanantaina tai viimeistään tiistaiamuna tuotu 6 rullaa termostointikaappiin.

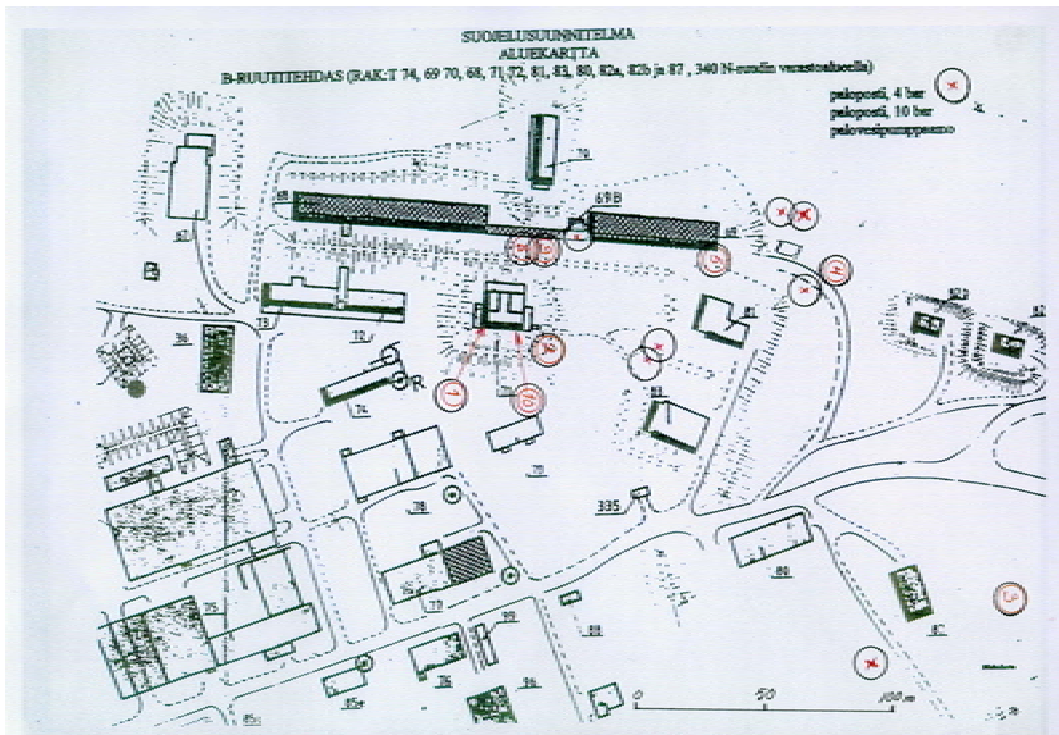
3.2 Tapahtumat ja olosuhteet onnettomuuspäivänä

Ennen onnettomuutta oli aamupäivän aikana ehditty puristaa neljä näistä kuudesta ruutirullasta. Kaksi puristusta oli tehty ennen ruokataukoa ja kaksi sen jälkeen. Muiden työntekijöiden kertoman mukaan puristaja oli itse käynyt alakerrassa vastaanottohuoneessa seuraamassa painemittareita ja auttanut ruudin vastaanotossa kaikkien puristusten yhteydessä. Viidennen puristuksen aloittamiselle puristaja antoi yläkerrasta merkin, että puristimen saa käynnistää, jolloin alakerran ohjauspöydässä syttyi vihreä valo, joka ilmoittaa, että puristin on valmiina. Työntekijä painoi käynnistyspainiketta noin kello 11.16. Miltei välittömästi käynnistämisen jälkeen puristimessa tapahtui räjähdys. Arvio räjähdysajasta ja -tavasta perustuu alakerrassa olleiden työntekijöiden kertomuksiin, jotka jossain määrin poikkeavat toisistaan ajan osalta. Työntekijöiden havainnot kohdentuvat myös inhimillisesti hieman eri seikkoihin, (esim. joku keskittyy näköhavaintoihin ja toinen taas kuulohavaintoihin).

Normaalisti mäntä ensin laskeutuu hitaasti (muutaman sekunnin aikana) ruudin päälle kiinni puristussynterisiin. Tämän jälkeen ruutiin imetään puristuksen alkuvaiheessa -0,8 bar alipaine, joka näkyy alakerran mittareista. Samalla kuuluu suhinaa muutaman sekunnin ajan. Nyt alipainetta ei ehtinyt muodostua. Ilmattoman alipaineisen ruudin puristus suoritetaan normaalisti siten, että paineen ei anneta nousta yli 200 bar, vaan se säädetään alakerrasta välille 150 ... 175 bar. Paineen nousu noin 170 bariin kestää normaalioloissa kymmeniä sekunteja. Vakuumipaine -0,8 bar

loppuu, kun puristusaine on 70 bar. Käynnistyksen jälkeen alakerrassa kosketaan vain paineen säätöön. Neljässä aiemmassa tuona aamuna suoritetussa puristuksessa paineet olivat toimineet normaalisti.

Räjähdyksessä puristimen toinen sylinteri (käytössä oleva) repesi ja sen ympärillä ollut molemmille sylintereille yhteinen valurautainen ulkovaippa sirpaloitui osittain. Räjähdyksen voimasta teräksisen sisäsynterin osat lensivät ympäristöön. Yksi isompi pala osui konehuonetta erottavaan betoniseinään rikkoen sitä. Pala sinkoutui rakennuksen ulkokatolle n. 8 m osumapaikasta. Toinen isompi osa osui huoneen ulkoseinässä olevaan I-palkkiin katkaisten sen noin metrin korkeudelta. Osuessaan palkkiin pala rikkoontui useaan osaan, jotka sinkosivat rakennusta ympäröivän vallin yli. Yksi näistä paloista on osunut vallin ulkopuolella olevaan männyn runkoon 12 m korkeudessa pysähtyen siihen. Pala löytyi männyn vierestä. Yksi iso ja kaksi pienempää palaa on löytynyt kauempaa (50 – 220 m. etäisyydeltä rakennuksesta). Lämmitysvaipan osat ovat pääosin jääneet joko puristinhuoneeseen tai rakennusta ympäröivään valliin. Toinen, ovenpuoleinen puristinsylinteri sekä sitä ympäröivän vaipan osa oli lentänyt yhtenä kappaleena ulos huoneen käyntiovesta ja pysähtynyt maavalliin. Sirpaleista yksi oli läpäissyt konehuoneen seinän ja löytyi alakerran lattialta. Yksi oli myös läpäissyt suojahuonetta erottavan väliseinän, mutta jäänyt lattialle välittömästi seinän viereen suojahuoneen puolelle. Räjähdyksen vaikutuksesta ruutileikkurissa ollut ruutirulla syttyi palamaan, jolloin osa rullasta on lentänyt ulos huoneesta ja jäänyt palamatta. Räjähdyksen synnyttämä paine rikkoi huoneen kevytrakenteiset seinät ja heitti ne pääosin rakennuksen ulkopuolelle ympäröivään valliin. Osa seinässä ja katossa olleista kevytbetonelementeistä ovat myös rikkoontuneet ja niiden osat ovat pudonneet huoneen sisäpuolelle.



Kuva 4. B-ruutitehtaan aluekartta. Sirpaleiden löytöpaikkoja. Heitteistä osa on merkitty ympäröidyillä numeroilla 1 ... 6, ruudit on numeroitu välillä 8 ... 10. Osa heitteistä on numeroimatta ympäröityinä.

Räjähdyksessä välittyi puristimen alla olevaan tyhjiin tilaan, jonka kautta ruuti ohjattiin metallikourua pitkin vastaanottohuoneeseen seinässä olleen aukon kautta. Räjähdyksessä muuttui todennäköisesti avokourussa paloksi ja pysähtyi vastaanottohuoneeseen johtavaa aukkoa sulkeneeseen paloluukkuun. Puristimen alapuolella olevan huoneen ikkunat rikkoutuivat joko huoneeseen syntyneen ylipaineen tai ulkopuolella räjähdysten jälkeen syntyneen alipaineen vaikutuksesta ja putosivat rakennuksen ulkopuolelle.

Räjähdyksen sattuessa rakennuksessa oli viisi työntekijää. Puristaja, joka onnettomuudessa menehtyi, oli puristihuoneessa, muut neljä olivat rakennuksen alakerrassa, kolme heistä ruudin vastaanottohuoneessa ja yksi viereisessä huoneessa. Työntekijät poistuivat rakennuksesta maavallin läpi kulkevan tunnelin kautta välittömästi räjähdysten jälkeen. Alakerran työntekijät eivät loukkaantuneet.

Räjähdyksen seurauksena puristihuoneessa ja sen palavissa rakenteissa syttyi tulipalo, joka tuhosi huoneen ulkokattoa. Lisäksi rakennusta ympäröivän maavallin kasvillisuus syttyi palamaan. Paikalle hälytetyn Laukaan pelastuslaitoksen sammutusyksiköt saivat yhteistyössä Nexplo Vihtavuori Oy:n henkilökunnan kanssa palon nopeasti sammutettua.

Puristihuoneessa ollut työntekijä on todennäköisesti menehtynyt välittömästi räjähdysten aiheuttamasta paineiskusta ja räjähdystä seuranneesta tulipalossa. Työntekijä löytyi sammutustöiden loppuvaiheessa huoneen ulko-oven edestä.

3.3 Palo- ja pelastustoimenpiteet

Räjähdyksessä sattui noin kello 11.16. Työnjohtaja ilmoitti tehtaan portille räjähdyksestä noin kello 11.19. Portti välitti hätäilmoituksen hätäkeskukseen, joka suoritti hälytykset Laukaan (klo 11.20) ja Vihtavuoren (klo 11.22) palokunnille sekä Jyväskylän palokunnalle (klo 11.28). Ensimmäiset paloyksiköt L191 olivat portilla klo 11.21. Noin 20 minuutin kuluttua hälytyksestä tilanne oli jo käytännöllisesti katsoen selvitetty. Jälkisammutusta ja valvontaa jatkettiin tämän jälkeen.

Räjähdyksestä ja siitä seuranneesta tulipalosta aiheutui vähäisiä vaikutuksia ympäristöön. Tulipalo rajoittui onnettomuuspaikkaan tuhoten puristihuoneen ja osittain vallia ympäröivää kasvillisuutta. Heitteistä ei aiheutunut henkilö- tai omaisuusvahinkoa puristamon ulkopuolisella alueella. Luontoon, lähinnä vallin sisäpuolelle, jäi erilaisia kevytrakenteisia heitteitä, kuten lämpöeristyksessä käytettyjä materiaaleja ja myös erilaisia seinälevyjänteitä, sekä rakennuspuutavaraa. Nämä olivat kuitenkin helposti siivottavissa. Myöskään rikkoontuneista ikkunalaseista ei ollut ympäristöön kuin vähäistä vaikutusta. Käytetyn sammutusveden mukana maaperään joutui pieni määrä asbestipölyä, joka oli peräisin rikkoontuneesta seinärakenteesta. Muita vaarallisia aineita ei joutunut ympäristöön.

3.4 Tiedottaminen

Nexplo Vihtavuori Oy tiedotti joukkotiedotusvälineille onnettomuuspäivänä ensimmäisen keran kello 12.30 järjestetyssä tiedotustilaisuudessa ja myöhemmin useissa yhteyksissä. Onnettomuus houkutteli paikalle toimittajia ja mm. yksi helikopteri lensi kuvaamaan onnettomuuspaikkaa. Tästä olisi voinut aiheutua vaaraa sekä heille, että myös tehdasalueelle.

Nexplo Vihtavuori Oy julkaisi tiedotteen tapahtumaviikolla henkilökunnalleen ja järjesti myös kriisiapua.

TUKES tiedotti tutkijaryhmän asettamisesta 29.5.2002.

4 Onnettomuuden tutkinta

Turvatekniikan keskus nimitti 28.05.2002 (dnro 3429/06/2002) tutkijaryhmän selvittämään Vihtavuorella Nexplo Vihtavuori Oy:n puristamorakennuksessa sattunutta räjähdysonnettomuutta. Tutkijaryhmään kuuluivat turvallisuusinsinööri Taimo Tihinen (puheenjohtaja) ja ylitarkastaja Tor Erik Ekberg turvatekniikan keskukselta sekä yli-insinööri Erkki Reinikka sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksesta sekä yli-insinööri Erkki Reinikka sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksesta (Liite 1).

4.1 Tutkintamenetelmät

Tutkijaryhmä ja poliisi haastattelivat kumpikin erikseen henkilökuntaa. TUKES sai poliisilta ja Laukaan palolaitokselta raportteja ja valokuvia. Räjähdysonnettomuuden näytteitä kerättiin yhdessä poliisin kanssa ja ne analysoitiin PvTT:ssä Lakialassa. Nexplo Vihtavuori auttoi monin tavoin onnettomuuden selvittelyssä ja analysoinnissa. Tehtaan kunnossapito-osasto purki vaiheittain puristimen, jotta voitiin todeta sen rikkoontumistapa ja -aste ja laatia hypoteesi onnettomuuden kuluista. Nexplo Vihtavuori Oy:tä pyydettiin keräämään erikseen sovittu kirjallinen materiaali toimintaperiaatteiden selvittämiseksi.

Tutkijaryhmä kokoontui seuraavasti:

- 28.5. – 31.5.2002 tapahtumapaikalla Nexplo Vihtavuori Oy:ssä; selvitettiin tapahtumien kulkua ja kerättiin näytteitä.
- 3.6.2002 TUKESissa Helsingissä; tutkimuksen suunnittelu.
- 4.6.2002 Nexplo Vihtavuori Oy:ssä; haastateltiin räjähdyshetkellä puristamolla olleita työntekijöitä.
- 5.6.2002 Nexplo Vihtavuori Oy:ssä; tutustuttiin puristimen toimintaan käyttöhenkilökunnan opastuksella, räjähdyskappaleiden etsiminen maastosta jatkui.
- 10.6.2002 PvTT Lakialassa; Räjähdysonnettomuuden näytteiden tutkimuksen suunnittelu.
- 19.6.2002 Nexplo Vihtavuori Oy:ssä; käytiin läpi puristimen hydraulikan rikkoontumisen hypoteesiä kunnossapidon ja käytön kanssa.
- 22.8.2002 PvTT Lakialassa; keskusteltiin tutkimustuloksista, raportin sisällöstä ja jatkotoimista.
- 4.-5.9.2002 Nexplo Vihtavuori Oy:ssä; Nexplon keräämän kirjallisen materiaalin esittely, puristuksen rekonstruktio ehjällä puristimella.
- 24.9.2002 tutkijaryhmä kokoontui TUKESissa Helsingissä ja selvitteli onnettomuuden yksityiskohtia.
- 27.9.2002 tutkijaryhmä kokoontui Nexplo Vihtavuori Oy:ssä; suoritettiin rekonstruktio pyrkien pudottaman puristimen mäntä vapaasti sekä käytiin läpi onnettomuuden yksityiskohtia.

4.2 Havainnot välittömästi onnettomuuden jälkeen

TUKESin tutkijaryhmä suoritti yhdessä poliisin kanssa paikan päällä teknistä paikkatutkintaa. Näytteitä ja faktoja kerättiin 28. – 31.5.2002 ja sitä jatkettiin vielä seuraavalla viikolla. Maastosta kerättiin räjähtäneen puristimen osia, niiden sijainti merkittiin karttaan ja aloitettiin henkilöhaastattelut. Todettiin henkilöiden havainnot ja toiminta ennen onnettomuutta ja sen jälkeen.

Tapahtumapaikkaa valokuvattiin poliisin, tutkijaryhmän, palolaitoksen ja Nexplo Vihtavuori Oy:n toimesta.

4.3 Onnettomuuden syntyyn vaikuttaneet tekijät

Onnettomuuden syntyyn mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä selvitettiin edellä mainituin menetelmin seuraavasti:

- Tehdas luovutti tutkijaryhmän käyttöön laajan kirjallisen materiaalin toimintaperiaatteiden selvittämiseksi.
- Puristimen rakennetiedot selvitettiin piirustuksista ja muista toimintatiedoista.
- Puristimen kunnossapitotiedot selvitettiin kirjallisesti ja haastattelemalla. Huolto- ja kunnossapitotiedot löytyvät kunnossapitojärjestelmästä noin 3 vuoden ajalta. Vanhempia tietoja jouduttiin selvittämään esim. haastatteluilla. Puristajana toiminut henkilö kertoi, että viereisellä ehjällä puristimella oli tapahtunut toimintahäiriöitä sen jälkeen, kun hydrauliiikkaa nykyaikaistettiin v. 1985. Puristimen mäntä oli kahdesti käynnistyksen jälkeen nopeasti laskeutunut ruutiin kiinni. Toisella kerralla hän oli ehtinyt painaa hätä-seis-painiketta, toisella kertaa ei. Kuului säikäyttävä ääni, eivätkä mittarit ehtineet reagoida. Kyseinen putoaminen on tapahtunut, koska mäntä on jostain syystä ohittanut hidastavan rajan, jolloin nopeus on ollut enintään 22 mm/s. Hän oliertonut tapahtumista työnjohdolle, mutta ei ole tietoinen, oliko puristimelle tehty mitään korjaustoimenpiteitä. Nykyinen työnjohto- ja kunnossapitohenkilökunta ei muista tapausta. Tutkijaryhmän selvitysten mukaan ei ole tiedossa, onko puristimelle tällöin tehty mitään korjaustoimenpiteitä. Nykyisin tehdään puristimen kuntotarkastus kunnossapitojärjestelmän mukaan puolivuositain ja se oli tehty viimeksi 3.12.2001. Sen jälkeen puristimelle ei ole tehty huoltoja.
- Inhimilliset tekijät kirjattiin liittyen selvittelyyn kokonaisuutena. Mitään tahallisuuteen viittaavaa ei tutkimuksissa havaittu.
- Valssattua ruutia oli varastoitu muovisäkkeihin pakattuna varastossa siten, että säkin suuta ei oltu sidottu kiinni. Kun ruutisäkkejä oli laskettu, oli säkkien päällä kävelty. On mahdollista, että ruudin joukkoon on joutunut epäpuhtauksia. Tähän viittaavaa ei kuitenkaan ole löydetty.
- Ruutileikkurin rikkoontumistavasta voitiin päätellä (terä oli ehjä), että leikkuri ei ollut syynä räjähdykseen, vaan leikkuri oli taipunut ja rikkoontunut ulkopuolisten heitteiden vaikutuksesta. Ulkoapäin tulleiden iskeytymien jälkiä oli leikkurissa ruudin päälle käännettävässä suojakanneissa, leikkuripöydän taipuneessa jalassa ja työntövarressa, joka siirtää ruutirullaa eteenpäin. Leikkurin männän varsi osoittaa, että leikkuri on ollut toiminnassa ja on ollut ensimmäisessä leikkausasennossa. Tähän asentoon leikkuri on taipunut ja samalla pysähtynyt johtuen siihen osuneesta heitteestä. Leikkuri toimii siten, että kun leikkuri käynnistetään, asettuu suojuksen päälle ja ruutirulla siirtyy ensimmäiseen leikkausasentoon (aika noin 18 s), tapahtuu 1. leikkaus (aika noin 7 s), terä nousee ylös (aika noin 16 s), siirto (aika noin 8 s)... Nämä ajat on mitattu ehjällä leikkurilla, jonka säädöt ovat samat kuin rikkoontuneellakin leikkurilla. Leikkuri siis ehti toimia käynnistyksestä rikkoontumiseen noin 20 s ajan.
- Puristin purettiin vaiheittain ja kirjattiin havainnot sen kunnosta. Havaintojen perusteella laadittiin hypoteesi puristimen rikkoontumistavasta ja sen mahdollisesta vaikutuksesta räjähdykseen. Avattaessa puristusmännän nostosylinteri todettiin, että nostosylinterin männän tiiviste oli rikkoutunut pieniksi palasiksi. Kyseistä tiivistettä ei ole koskaan vaihdettu, vaan se oli alkuperäinen, vuodelta 1985. On oletettu, että tiivisteiden rikkoontuminen havaitaan öljyvuotona. Oli yleinen käytäntö, että tiivisteiden vaihtoa ei sisällytetty tällaisissa tapauksissa ennakkohuolto-ohjelmaan. Muualta hydrauliiikasta ei löydetty vioittuneita komponentteja. 21.2.2000 on vaihdettu havaitun öljyvuodon perusteella männän varren tiiviste, mutta ei männän tiivistettä, jonka yläpuolella on ilmaa ja alapuolella hydrauliiikkaöljyä. Muut sylinterin laitteet ja männän varsi olivat ehjät. Tiiviste on joka tapauksessa rikkoontunut lisää itse räjähdysten seurauksena ja on vaikea sanoa, mikä oli sen kunto ennen räjähdystä. Kun tiiviste on rikki, ei sylinteri voi pitää puristinmäntää ylhäällä, vaan se laskeutuu alas. Männän putoamisnopeus maan vetovoiman vai-

kutuksesta voi olla jo noin 20 cm putoamisen jälkeen noin 2 m/s. Tätä männän putoamista tiivisteeseen pettäessä ei ole suunnittelussa tiedostettu.

- Räjähätäneen puristimen sylinterin ja männän osat sekä ruudin ominaisuudet tutkittiin PvTT:ssa Lakialassa. Selvitettiin mm., mitä kemiallisia ja mekaanisia jäämiä puristimen osista on löydettävissä, tutkittiin männän päähän kiinnitetyn tiivistysläpän puhkeaminen ja reiät, varmistettiin messinkirenkaan ja männän asema räjähdyskellällä, kartoitettiin olosuhteet mahdolliselle adiabaattiselle syttymiselle ja käytettiin PvTT:n kirjallista materiaalia. Todettiin, että männän otsapinta on ollut työntyneenä sylinteriin 10...11 cm:n syvyydelle, kun paine on noussut. Palojäljen perusteella ruuti on palanut ylimmän ruutilierion yläpinnalla, jonka etäisyys männän päähän ja ohjainrenkaaseen on ollut 2...3 cm. Paine on työntänyt pronssista ohjainrengasta männän päähän kiinnitetyn teräksisen tiivisterenkaan olaketta vasten ja se on murtanut olakkeen.

- Haastateltiin räjähdyskellällä puristamolla työssä olleita henkilöitä sekä muuta käyttöhenkilökuntaa. Neljän puristamohenkilön haastattelulla saatiin yhdenmukainen kokonaiskuva tapahtumien kulusta ja voitiin ohjata jatkotutkimuksia haluttuun suuntaan. Työntekijöiden kertomuksista voitiin päätellä, että räjähdys oli tapahtunut lähes välittömästi sen jälkeen, kun puristuksen käynnistämisen salliva merkkivalo oli syttynyt ja puristus oli käynnistetty. Kyseinen merkkivalolamppu oli aamulla vaihdettu ehjäksi, koska aiempi oli palanut.

- Tutkijaryhmä on päätenyt siihen, että männän nopea liike on todennäköisesti aiheutunut männän nostosylinterin tiivisteeseen pettämisestä. Tällöin laskeutuminen tapahtuu lähes vapaasti. Nopeus riippuu matkasta taulukon 1 mukaan. Räjähdys on todennäköisesti aiheutunut puristimen 770 kg painavan männän hallitsemattomasta laskeutumisesta ruudin päälle. Ruudista ei ehditty imeä ilmaa pois alipaineella, vaan puristus tapahtui ns. adiabaattisesti, jolloin lämpötila nousee nopeasti paineen noustessa. Kaasujen tilayhtälön mukaan jo 3 barin paineessa ilman lämpötila nousee noin 200 °C:een, joka on korkeampi kuin nyt puristetun 15 B-ruudin humahduslämpötila 175 °C.

Pudotusmatka [m]	$v=\sqrt{2gh}$ [m/s]
0,05	0,99
0,1	1,40
0,2	1,98
0,3	2,43
0,4	2,80

Taulukko1. Vapaassa pudotuksessa (ilmanvastus = 0) nopeus riippuu vain maan vetovoiman kiihtyvyydestä ja pudotuskorkeudesta. Taulukossa on laskettu nopeus korkeudesta 0,05 metriä (5 cm) 0,4 metriin (40 cm). Tällöin nopeus kasvaa 1 metristä 2,8 metriin sekunnissa.

- Ehjällä puristimella suoritettiin koepuristuksia käyttäen ruudin tilalla kumimattoa. Laskeutumisnopeudella max. 22 mm/s (ohittamalla keinotekoisesti hidas rajakytkin) ei saatu painetta eikä lämpötilaa nousemaan adiabaattisiin arvoihin johtuen koejärjestelyistä.

- Selviteltiin puristimen hydraulikan nykyaikaistamista 1980-luvulla.

- Puristimen männän liikettä ohjaavat sähköiset rajat paloivat räjähdystä seuranneessa tulipalossa, joten niiden kunnosta ei voida sanoa muuta varmaa kuin että ne ovat toimineet aiemmissä puristuksissa. Rajojen toiminnassa on pari vuotta aiemmin ollut toiminnallisia häiriöitä, kun puristimen yläosan tukipilarien kiinnitysmutteri oli löystynyt. Tällöin etäisyys meni liian pitkäksi johtuen nostosylinterin kallistumisesta (optimietäisyys rajasta männän liikkuvaan teräslieriöön on 5 mm), eivätkä rajat enää toimineet.

- Selvitettiin aiempia mahdollisia läheltä piti -tapauksia ja onnettomuuksia kyseisellä puristimella ja kyseisellä tehtaalla
- Selvitettiin aiempia mahdollisia läheltä piti -tapauksia ja onnettomuuksia kirjallisuuden perusteella

5 Tutkinnan tulokset; yhteenveto tapahtumasta, onnettomuuden syistä ja seurauksista

Tutkinnassa saatujen ja kerättyjen tietojen perusteella tutkijaryhmä on päätenyt siihen lopputulokseen, että varmuudella ei voida osoittaa, mistä onnettomuus on aiheutunut. Kuitenkin jäljempänä kohdassa 5.1 on esitetty tapahtumaketju, jota ryhmä pitää onnettomuuden todennäköisimpänä syynä. Tehtyjen kuulemisten, haastattelujen, kerättyjen näytteiden, testitulosten ja saatujen asiakirjojen perusteella on päädytty yksimielisesti esittämään onnettomuuden tapahtumaketjuksi seuraavaa:

5.1 Tapahtumaketjun kuvaus (johtopäätökset tutkinnasta)

Kaaviossa 1 on jaoteltu onnettomuuden välittömiä ja piileviä syitä ja seurauksia.

Kaavio 1. Onnettomuuden välittömät ja piilevät syyt/ seuraukset

Tekniset syyt

- Männän tiiviste rikkoutui
- Mäntä laskeutui liian nopeasti (putosi vapaasti)
- Ruutitilaan ei ehtinyt muodostua alipainetta
- Jo paineen nousu 3 bar:iin nostaa kaasun lämpötilan n. 200 °C:een kaasujen ideaalisen tilayhtälön mukaan
- Tiivisteiden käyttöikä ei ollut tiedossa, eikä sitä ollut huomioitu ennakkohoito-ohjelmassa
- Raaka-aineet, välivalmisteet ja lopputuotteet olivat spesifikaation mukaisia

Inhimillinen käyttäytyminen

- Tiivisteiden rikkoutumista ei voitu havaita; oli kuviteltu, että tiivisteiden peittäminen näkyisi mahdollisena öljyvuotona ja tiiviste voitaisiin sitten vaihtaa
- Puristaja oli puristushuoneessa. Tutkijaryhmä on pohtinut sitä, miksi hän oli siellä; havaitsiko hän jotain poikkeavaa tai epätavallista?
- Puristimesta ei löytynyt vieraisiin esineisiin viittaavaa

Työympäristötekijät

- Osa puristimen hallintalaitteista oli puristinhuoneessa
- Puristimen hydraulikkaa ja sen ohjausta oli modernisoitu 1980-luvulla
- Puristamo toimi tilausten mukaan jaksoittain, nyt oli ollut tauko tammikuusta toukokuuhun n. 4 kk ajan

Organisaation menettelytavat ja johtaminen

- Muutostöiden ohjeistus ja valvonta
- Läheltä piti -tapausten käsittely
- Riskit ko. 1980-luvun muutoksille on arvioitu ajan käytännön mukaan ilman kirjallista menettelyä.
- Suunnittelussa ei ole tiedostettu tiivisteiden rikkoutumiseen liittyvää riskiä, jolloin kyseinen rakenne olisi voitu muuttaa. Riski on ollut puristimen rakenteessa jo alusta pitäen, jolloin puristin olisi pitänyt suunnitella vaaka-atasossa toimivaksi
- Turvallisuusjohtamisen painottaminen on vaihdellut ajan myötä
- Raskaan männän tipahtamismahdollisuutta ei tiedostettu
- Puristushuoneessa oli painikkeita (ruutileikkurin käynnistys, puristuslupa alakertaan), jotka on turvallisempaa sijoittaa suojahuoneen puolelle

Puristajan ilmoitettua merkkivalolla alakertaan, että puristimen saa käynnistää, käynnistysvuorossa oleva henkilö painoi käynnistysnappia. Hydraulikkakoneet alkoivat logiikan mukaisesti toimia, mutta nostosylinterin tiivisteiden rikkoutumisen johdosta raskas puristinmäntä pääsi melko vapaasti liikkumaan. Liike oli niin nopea, että vaikka rajat, jolla vakuumin imu käynnistyy, toimivat nähtävästi oikein, imu ei ehtinyt vaikuttaa vakuumin syntyyn riittävän nopeasti. Puristinmännän laskeutuminen jatkui alaspäin puristinsylinterin sisällä ja koska ilma ei päässyt virtaamaan riittävän nopeasti pois sylinteristä männän alapäässä olevien aukkojen kautta, alkoi paine nousta. Paine nousi nopeasti useaan baariin ja ilman puristumisesta aiheutui myös sen lämpötilan nousua sylinterissä. Paineen noususta aiheutunut lämpötila on ollut niin korkea, että se on ylittänyt ruudin humahdulämpötilan. (Teoreettisesti laskettuna saadaan kaasutilan lämpötilaksi n. 200 °C jo paineen noustua 3 baariin.) Ruuti on lämpötilan vaikutuksesta syttynyt palamaan suljetussa tilassa, jolloin paine on edelleen noussut palamisesta syntyneiden kaasujen ja lämpötilan nousun johdosta. Kun lämpötila ja paine nousevat tilassa jossa ruuti palaa, vaikuttaa se kiihdyttävästi ruudin palamiseen, eli ruudin palaminen nopeutuu. Paineen noustua riittävän korkealle (alueelle yli 5 kbar) on ruudin palaminen muuttunut detonaatioksi. Koko tapahtuma on ollut niin nopea ja/tai puristajalle niin yllätyksellinen, että hän ei ole poistunut huoneesta.

Räjähdyksen on todettu välittyneen puristimesta matriisiin kautta puristimen alla olevaan kouruun, jossa se muuttui ruutipaloksi. Palo eteni kourua pitkin, mutta pysähtyi nopeasti sulkeutuneeseen paloluukkuun.

Räjähdyksen vaikutuksesta puristinmäntä on noussut nopeasti ylöspäin, jonka jälkeen mäntä on liikkunut erittäin nopeasti alaspäin kaasunpaineen seurauksena ja samalla rikkoutui nostosylinterin männän tiiviste lopullisesti samoin kuin aiheutui sylinterin alaosan laajentuminen ja mäntä putosi matriisiin kiinni. Männän putoamisesta on litistyneen matriisiin pintaan jäänyt selvät iskemäjäljet. Onnettomuuden jälkeen männän alapää oli muutaman millimetrin etäisyydellä matriisin pinnasta.

5.2 Onnettomuuden syyt ja seuraukset

Tutkinnassa on todettu, että edellä esitetty nk. adiabaattinen syttyminen, joka on aiheutunut kaasutilan paineen nousun aiheuttamasta nopeasta lämpötilan noususta, on todennäköisin onnettomuuden syy yhdistettynä rikkoutuneeseen tiivisteeseen. Tätä hypoteesiä tukevat sekä teoreettiset laskelmat, käytännössä suoritettavat rekonstruoidut kokeet että löydetyt näyttöet ja kuultujen henkilöiden kertomukset.

Onnettomuuden seurauksena yksi henkilö kuoli. Rakennuksen nro 71 puristinhuoneen nro 3 kevyet rakenteet ja huoneessa olleet laitteet tuhoutuivat. Rakennuksen kantaviin rakenteisiin tuli vaurioita lähinnä kyseiseen huoneeseen liittyviin lattia-, seinä- ja pilarirakenteisiin. Lisäksi puristinhuoneen alapuolella olevan huoneen ikkunat rikkoutuivat ja ruutikouru repeytyi irti katos-ta. Rakennuksen muihin tiloihin, jotka ovat onnettomuushuoneen vieressä, tuli vähäisempiä vaurioita.

6 Säädösten ja määräysten noudattaminen

6.1 Laitosta koskevat luvat ja tarkastukset

Nexplo Vihtavuori Oy:llä on räjähdeasetuksen (473/1993) mukaiset luvat valmistaa ja varastoida B-ruutia kyseisellä osastolla. Puristirakennusta (rakennus 71) koskevat seuraavat lupapäätökset:

F-2005 (4.7.1967), F-2892 (14.11.1963), F-2360 (12.9.1963), K1-1960 (26.9.1957), K1-337 (21.2.1957), 3933/310/95 (30.6.1995). Vuoden 1995 luvan on antanut Teknillinen tarkastuskeskus, aikaisemmat luvat Vaasan ja Keski-Suomen lääninhallitus. Oleellisia lupaehtoja ko. päätöksissä ei ollut.

Laitos on tehnyt räjähdeasetuksen edellyttämän toiminnanharjoittajakohtaisen turvallisuusselvityksen (855/31/2001) ja sisäisen pelastussuunnitelman. Pelastussuunnitelma on yhteinen kaikille kolmelle tehdasalueella toimivalle toiminnanharjoittajalle (856/31/2001). Turvallisuusselvitys ja pelastussuunnitelma on TUKESissa käsitelty ja sitä koskien on yhtiöltä pyydetty lisäselvityksiä. Turvallisuusselvityksen ja sen täydennyksen lopullinen käsittely on TUKESissa kesken. Johtopäätöksensä selvityksestä TUKESilla on tarkoitus antaa vuoden 2002 aikana.

TUKES on vuodesta 1999 alkaen suorittanut Nexplo Vihtavuori Oy:n toiminnalle räjähdeasetuksen (473/1993) mukaisia määräaikaistarkastuksia kerran vuodessa. Tarkastus perustuu SEVESO II-direktiivin voimaantuloon Suomessa. Vastaavanlaisia tarkastuksia on tehty yhteistyössä muiden viranomaisten kanssa jo 1980-luvun alusta. Näissä tarkastuksissa ei ole rakennuksen nro 71 osalta havaittu muuta, kuin että rakennuksen alakertaan oli ennen 2002 suoritettavaa tarkastusta tuotu uusi kone. Tarkastuksessa todettiin, että koneen käyttöönotto edellyttää räjähdeasetuksen (473/93) mukaista muutoslupamenettelyä. Viimeksi tarkastus tehtiin 11.4.2002. Tarkastuksessa kiinnitettiin huomiota mm. seuraaviin seikkoihin: Keskusteltiin kunnossapitoon liittyvistä tarpeista mm. väestön ikääntyessä. Todettiin, että alan onnettomuuksia seurataan myös kansainvälisesti. Mahdollisesti B-ruuti ja B-massatuotanto tullaan lopettamaan ja tiloja tullaan käyttämään muuhun tarkoitukseen kysynnän mukaan. Suorituskyvyn tarkkailun mittaristona tehdas kertoi olevan mahdollista käyttää esim. häiriöseurainta, läheltä piti -tapauksia, onnettomuuksia, toimintavarmuutta, kunnossapidon kirjauksia, poissaoloja, tavoitteita jne. Tehdaskierroksella käytiin B-massatuotannossa erityisesti paikoissa, joissa toiminta on loppunut tai loppumassa. Todettiin, että laitteistoja oli väliaikaisesti saatettu turvalliseen tilaan mm. vesitäytöllä. Puhdistus tehdään kesällä lämpimänä aikana.

Nykyisin suoritettavissa tarkastuksissa kiinnitetään SEVESO II-direktiivin mukaisen turvallisuusajattelun mukaan erityistä huomiota toimintaperiaatteisiin ja johtamisjärjestelmiin ja tarkastellaan turvallisuusajattelua kokonaisvaltaisesti. Näkökulma on siten muuttunut 1980-luvulle saakka vallinneen laitetaso teknisen turvallisuusajattelun jälkeen vaaran arvioinnin kautta turvallisuusselvitystasoihin järjestelmiin.

7 Ehdotukset turvallisuuteen liittyvien menettelyjen parantamiseksi

Ruutipuristinta muutetaan siten, että ruuti puristetaan vaaka-asennossa (tai alhaalta ylöspäin), jolloin sylinterin vapaa putoamismahdollisuus ruudin päälle poistuu.

Adiabaattinen puristus ei saa olla mahdollista missään olosuhteissa käsiteltäessä räjähteitä. Puristus on adiabaattinen, kun lämmönsiirtoa puristus-sylinterin ja ympäristön kanssa ei tapahdu.

Tällöin kaasun lämpötila nousee jo suhteellisen alhaisessa paineessa. Puristusilmiö voi myös olla niin nopea, että lämpöä ei juuri siirry, vaan toimitaan lähes adiabaattisesti. Adiabaattinen kaasutilan paineen nousun aiheuttama nopea lämpötilan nousu estetään rakenteellisin keinoin ja imemällä sylinteriin alipaine (vakuumi) ennen puristusta, jolloin ilman paineen /lämpötilan nousua sylinterissä ei voi tapahtua. Tämä puristus alipaineessa ja adiabaattisuus oli huomioitu myös onnettomuuspuristimessa, mutta puristustoiminnan nopeus esti alipaineen muodostamisen.

Työntekijän tulee poistua puristushuoneesta, ennen kuin puristinta käynnistetään; puristaja antaa puristusluvan suojahuoneesta tai puristaja itse suorittaa koneen käynnistämisen suojahuoneesta. Turvallisinta tiedonkulun kannalta on, jos puristaja siirtyy samaan tilaan muiden työntekijöiden kanssa ja puristin käynnistetään sieltä. Jos puristaja ja muut työntekijät toimivat eri tilassa, voitaisiin ajatella myös valvontakameroiden käyttöä.

Suojaseinien kestävyys tulee varmistaa käymällä läpi rakenteelliset seikat ja lujuuslaskelmat.

Tehtaan toimintaperiaatteita ja johtamisjärjestelmää kehitettäessä huomioidaan myös turvallisuus eri näkökulmista. Kun laitteistoihin tehdään muutoksia, niiden vaikutus tulee arvioida riskianalyysillä/vaaran arvioinneilla. Tuloksissa kriittisiksi kohteiksi todetut kohdat tulee erityisesti huomioida mm. sisällyttäen ne ennakkohuoltosuunnitelmaan. Kriittisiksi todetut työvaiheet tulee aina tehdä kauko-ohjatusti. Turvallisuusselvitys/turvallisuusjohtamisjärjestelmä painotetaan uudella tavalla kokemusten perusteella. Riskianalyysien käyttö turvallisuuden varmistamiseen on tullut Suomeen 1970-luvun lopulla, jolloin alettiin laatia poikkeamatarkasteluja ja toimintovirheanalyysijä. Sen jälkeen niiden käyttö on yleistynyt ja tullut myös säädösten aiheuttamiin velvoitteisiin, jolloin niitä on käytetty myös Nexplo Vihtavuori Oy:llä.

Laitteistojen suunnittelussa tulee huomioida riskialttiiden osien mahdollisimman helppo tarkastaminen, jatkuva valvonta ja ennakkohuolto. Tiedostamalla osat, joiden rikkoontuminen aiheuttaa vaaraa, voidaan ne varmistaa mm. mahdollisuuksien mukaan kahdentamalla, esim. laittamalla kaksoistiiviste yhden sijasta, tai suunnittelemalla riskialttiit laiteratkaisut täysin uudella, turvallisemmalla tavalla.

Kaikki läheltä piti -tapaukset, toimintahäiriöt ja viat tulee kirjata ja käsitellä asianmukaisesti ja dokumentoidusti.

Muut vastaavat puristimet ja muu vastaava toiminta tehtaalla analysoidaan nyt saatujen kokemusten valossa. Käydään läpi mm. henkilöiden oleskelun rajoittaminen, suojaseinärakenteet, riskipaikkojen huollettavuus, perehdyttämisohjelma ja tekniset turvaohjeet.

LIITE 1

28.5.2002

3429/06/2002

Turvallisuusinsinööri Taimo Tihinen
 Ylitarkastaja Tor Erik Ekberg
 Yli-insinööri Erkki Reinikka (STM:n työsuojeluosasto)

TUTKIJARYHMÄN NIMITTÄMINEN

Turvatekniikan keskus on tänään nimennyt turvallisuusinsinööri Taimo Tihisen (puheenjohtaja) ja ylitarkastaja Tor Erik Ekbergin Turvatekniikan keskukselta sekä yli-insinööri Erkki Reinikan sosi-aali- ja terveysministeriön työsuojeluosastolta tutkimaan Nexplo Vihtavuori Oy:n tehtaalla Lau-kaassa 28.5.2002 sattunutta räjähdystä, jossa kuoli yksi työntekijä.

Tutkimuksessa tulee selvittää

- tapahtumien kulku ja olosuhteet räjähdysten sattuessa
- onnettomuuden syyt ja seuraukset
- kyseisen toimintaan liittyvät yhtiön menettelyt ja niiden noudattami-nen
- yhtiön muissa menettelyissä mahdollisesti esille tulleet puutteet, joilla on ollut vaikutusta tapahtumaan
- lainsäädännön vaatimusten noudattaminen.

Raportissa tulee esittää ehdotukset yhtiön menettelyiden parantamiseksi ja ehdotukset toimenpiteistä vastaavanlaisten onnettomuuksien ehkäise-miseksi.

Tutkijaryhmän tulee luovuttaa kirjallinen raportti tutkimuksesta Turva-tekniikan keskukselle ja täyttää onnettomuustietolomake 30.9.2002 men-nessä.

Johtaja Juha Karjalainen

Johtaja Heikki Salonen

Tiedoksi

NexploVihtavuori Oy, Vihtavuoren tehtaat, 41330 Vihtavuori

Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto, PL 536, 33101 Tampe-
re
Keski-Suomen työsuojelupiiri, Ailakinkatu 17 PL 119, 40101 JYVÄS-
KYLÄ
Onnettomuustutkintakeskus, Sörnäisten rantatie 33 C, 00580 Helsinki
Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, PL 275, 00121 Helsinki



Yläkuva: Puristinhuoneen turvaseinän vauriot
Keskikuva: Sama seinä kuvattu alakerran konehuoneesta
Alakuva: Sama seinä kuvattu suojahuoneesta



Yläkuva: Puristihuoneen alapuolella oleva huone, ruutikouru
Alakuva: Saman huoneen ikkunavauriot



Onnettomuudessa rikkoutunut puristin (yläkuva)
Vastaavanlainen toimintakunnossa oleva puristin (alakuva)



Rikkoutuneen puristinmännän nostosylinteri kuvattuna kahdesta suunnasta



Yläkuva: Puristinmännän alapää

Alakuva: Matriisi, jonka läpi ruuti puristettiin oikeamuotoiseksi



Yläkuva: ruutirulla lämpökaapissa

Alakuva: Ruutirulla pakattuna muovipussiin ja säilytys-/kuljetuskehikossa