



TOT-RAPORTTI

9/02

Puristaja menehtyi räjähdysainetehtaan räjähdyksessä

TOT-RAPORTIN AVAINTIEDOT	
Tapahtumakuvaus	B-ruudin puristimessa tapahtui häiriö, joka johti räjähdykseen. Samassa huoneessa ollut puristaja NN menehtyi räjähdyksessä ja sitä seuranneessa tulilpalossa.
Ammatti	Puristaja
Toimiala	Kemianteollisuus
Työmenetelmä tai tehtävä	Puristimen valvonta
Koneet ja laitteet	Vanha B-ruudin puristamiseen kehitetty puristinlaite, jonka hydraulikkaperiaatetta oli 1980-luvulla nykyaikaistettu.

TOT-RAPORTTIEN HYÖDYNTÄMINEN	
<p>TOT-raportteja voidaan hyödyntää työpaikoilla mm. seuraavilla tavoilla:</p> <ul style="list-style-type: none">• kaikki raportit käsitellään työnjohdon palavereissa, työmaan viikkopalaverissa tms. linjajohdon yhteisissä tilaisuuksissa• raportit käsitellään työsuojelutoimikunnassa• raportit liitetään työnopastusmateriaalin joukkoon tai esimerkiksi koneen tai laitteen käyttöohjeisiin	<ul style="list-style-type: none">• raportteja voidaan käyttää hyödyksi koulutustilaisuuksissa• raporttien perusteella laaditaan ohjeita, tiedotteita, juttuja henkilöstölehteen tai sisäiseen tiedotteeseen, tietoiskuja ilmoitustauluille jne.• raportit toimitetaan suunnittelijoille, laitevalmistajille ja alihankkijoille, joiden toiminnalla on merkitystä tapaturmien torjunnassa

Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT) perustuu työmarkkinajärjestöjen ja Tapaturmavakuutuslaitosten liiton (TVL) väliseen sopimukseen.

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto

Bulevardi 28, 00120 Helsinki, puhelin (09) 680 401
Faksi (09) 6804 0389, sähköposti tyoturvallisuus.tvl@vakes.fi
<http://www.tvl.fi>

TOT 9/02

1. TAPAHTUMAN KUVAUS

1.1 Tausta

Räjähdyksainetehtaan B-ruudin puristamora-kennuksessa aloitettiin muutaman kuukauden tauon jälkeen uuden ruutierän puristaminen (Kuva 1). Puristamiseen käytettiin useita vuosikymmeniä vanhaa ruudin puristamiseen kehitettyä puristinlaitetta, jonka hydraulikkaperiaatetta oli 1980-luvulla nykyaikaistettu. Puristaja NN ja työnjohtaja kävivät onnettomuutta edeltävänä päivänä läpi ruutipuristimen hydraulikkalaitteiden toimintakunnon. Seuraavana aamuna NN haki erän ruutirullia viereisestä rakennuksesta ja leikkasi ensimmäisen rullan osiin, jotta se mahtuisi puristimen sylinteriin.

Aamun aikana NN panosti puristimen ja ruutileikkurin neljä kertaa. NN ilmoitti jokaisen panostuksen jälkeen ulos johtavan oven vieressä olevaa nappia painamalla (Kuva 2) alakerrassa oleville työntekijöille, että puristimen saa käynnistää. Alakerrassa syttyi merkkivalo, jolloin ruudin vastaanottohuoneessa ollut työntekijä käynnisti puristuksen.

Ennen puristusta puristajan piti ja hänellä oli aikaa siirtyä pois puristinhuoneesta suojatilaan. Aamun aikana puristin toimi normaalisti, eli mäntä laskeutui muutaman sekunnin aikana kiinni ruutiin, ilma imettiin pois ruudista ja ruuti puristettiin hitaasti matriisiin läpi.

1.2 Tapaturma

NN sijoitti viidennen rullan puristimeen ja panosti ruutileikkurin. Tämän jälkeen hän antoi tavanomaisesti alakerran työntekijöille puristimen käynnistysluvan. Välittömästi alakerran työntekijöiden suorittamien käynnistystoimenpiteiden jälkeen yläkerrasta kuului alakerran työntekijöiden kertomusten mukaan poikkeuksellisia ääniä ja heti tämän jälkeen tapahtui räjähdys.

Tapahtumahetkellä puristinhuoneessa oli B-ruutia paitsi puristimessa myös ruutileikkurissa, yhteensä n. 32 kg, josta puolet oli puristimen sylinterissä.

Räjähdyksessä puristimen sylinteri repesi ja sen ympärillä ollut molemmille sylintereille yhteinen valurautainen ulkovaippa sirpaloitui osittain (Kuva 3). Räjähdyksen synnyttämä paine rikkoi huoneen kevytrakenteiset seinät (Kuva 4) ja heitti ne pääosin rakennuksen ulkopuolelle sitä ympäröivään valliin. Myös osa seinässä ja katossa olleista kevytbetonielementeistä rikoontui ja niiden kappaleita putosi huoneeseen. Lisäksi suojahuoneen puristinhuoneen puoleinen seinä ei kestänyt räjähdystä, vaan siihen oli tullut useita aukkoja (Kuva 5).

Räjähdyksen voimasta mm. puristimen teräksinen sisäsylinteri ja sen osat lensivät ympäristöön (Kuva 6). Räjähdyksen vaikutuksesta ruutileikkurissa ollut ruutirulla syttyi palamaan. Osa rullasta lensi ulos huoneesta ja jäi palamatta. Räjähdyksen tapahtuessa NN oli puristinhuoneessa syystä, jota ei pystytty selvittämään. Hän menehtyi räjähdyksessä ja sitä seuranneessa tulipalossa.

Räjähdyksessä myös alakerrassa puristimen alla olevassa kourussa olleen ruudin, mutta kourun jälkeen olleet suojalaitteet toimivat ja estivät onnettomuuden leviämisen. Alakerrassa olleet neljä työntekijää poistuivat juosten toisessa rakennuksessa olevaan suojapaikkaan.

1.3 Puristin

Tehtaan tiloissa oli toinen vastaavankaltainen puristin (Kuva 7). Molemmissa puristimissa on 770 kg painava mäntä. Kun mäntä laskeutuu hallitusti, pysyy paine ja lämpötila sylinterissä alhaisina. Jos mäntä sen sijaan laskeutuu hallitsemattomasti ja nopeasti puristinsylinteriin, nousee paine sylinterissä. Kaasujen tiilayhtälön mukaan paineen nopea nousu jo noin 3:een bariin aiheuttaa lämpötilan nousun noin 200 °C:een, joka on korkeampi kuin kyseisen

ruudin humahduslämpötila 175 °C. Tällöin ruuti syttyi. Sytyttyään ruuti aiheuttaa hetkessä räjähdysten (detonaation) sylinterissä.

Puristimien hydraulikkaperiaatetta oli nykyaikaistettu ja ohjaus oli muutettu puoliautomaattiseksi 1980-luvulla.

1.4 Puristustyön turvallisuus

Puristustyön vaiheet oli organisoitu siten, että alakerrassa työskennelleet henkilöt eivät voineet varmistua siitä, että puristaja oli turvallisella alueella vaaraa aiheuttavien työvaiheiden aikana.

1.5 Kokemus

Puristaja NN oli 58-vuotias, erittäin kokenut ja työtehtäviinsä perehtynyt ammattihenkilö.

2. TYÖTAPATURMAAN JOHTANEITA TEKIJÖITÄ

Tutkinnassaan TUKES:in nimeämä tutkijaryhmä ei ole varmuudella voinut osoittaa, mistä onnettomuus aiheutui. Raportissaan ryhmä on päätenyt esittämään seuraavia onnettomuuteen johtaneita tekijöitä ja arvionsa tapahtumien kulusta.

Tiivisteiden pettäminen

Männän nopea liike aiheutti onnettomuuden. Syynä tähän oli todennäköisesti männän nostosylinterin tiivisteiden pettäminen. Kun tiiviste petti, ei sylinteri voinut pitää puristinmääntää ylhäällä, vaan se laskeutui nopeasti alas.

Tiivisteiden pettämisen syytä ei pystytty selvittämään täysin. Tiiviste oli peräisin 1980-luvulta. Tiivisteiden käyttöikä ei ollut tiedossa, eikä sitä oltu huomioitu ennakkohuolto-ohjelmassa. Oli kuviteltu, että tiivisteiden pettäminen näkyisi öljyvuo-tona, jonka jälkeen tiiviste vaihdettaisiin. Näin oli menetelty männän varren tiivisteiden rikkouduttua.

Tiivisteiden pettämisen johdosta puristimen määntä laskeutui liian nopeasti (putosi vapaasti). Liike oli niin nopea, että vaikka rajat, joilla vakuumin imu käynnistyy, toimivat nähtävästi oikein, niin siitä huolimatta imu ei ehtinyt vaikuttaa vakuumin syntyyn riittävän nopeasti.

Puristinmännän laskeutuminen jatkui alaspäin puristinsylinterin sisällä. Koska ilma ei päässyt virtaamaan männän alapäässä olevien aukkojen kautta pois sylinteristä riittävän nopeasti, alkoi paine nousta. Paine nousi nopeasti useaan bariin ja ilman puristuminen aiheutti lämpötilan nousua sylinterissä. Lämpötila ylitti ruudin humahduslämpötilan, jolloin ruuti syttyi. Paineen nousua riittävän korkealle ruudin palaminen muuttui räjähdykseksi.

Väärä päätelmä tiivisteiden viottumisen paljastumisesta

Oli virheellisesti ajateltu, että männän nostolaitteen tiivisteiden viottuminen havaitaan öljyvuo-tona.

Puutteita turvallisuuden varmistamisessa

Puristaja NN oli räjähdysten sattuessa puristushuoneessa syystä, jota ei tiedetä. Ilmeisesti koko tapahtuma oli niin nopea ja/tai NN:lle niin yllätyksellinen, että hän ei käynnistysluvan annettuaan ehtinyt poistua huoneesta. Eräs ongelma oli se, että "Puristin valmis" -painike oli puristinhuoneessa. Tällöin alakerrassa työskennelleet henkilöt eivät voineet varmistua siitä, että NN oli siirtynyt turvalliseen paikkaan annettuaan käynnistysluvan.

Puutteita turvallisuusjohtamisessa ja riskien arvioinnissa

Raskaan männän nopeaan putoamiseen liittyvä riski oli ollut puristimen rakenteessa jo alusta pitäen. Asiakirjojen ja haastattelujen perusteella tätä mahdollisuutta ei ilmeisestikään ollut tehtäällä tiedostettu.

Puristimen hydraulikkaa ja sen ohjausta oli modernisoitu 1980-luvulla. Tiivisteen rikkoutumiseen liittyvää riskiä ei kuitenkaan otettu huomioon hydraulikka- ja automaatiomuutoksia suunniteltaessa, jolloin kyseinen rakenne olisi voitu muuttaa. 1980-luvulla riskit analysoitiin sen ajan käytännön mukaan ilman kirjallista menettelyä, joten ei ole tietoa siitä, oliko asia ollut silloin esillä.

Turvallisuusjohtamisen painottaminen on vaihdellut ajan myötä, mutta esimerkiksi viranomaistarkasteluissa ja -auditoinneissa kyseinen riski ei ollut tullut esille.

Viranomaistarkastuksia tehtaalla oli tehty jo ennen laitteen modernisointia 1980-luvulla. Tuohon aikaan pääpaino oli laitetason teknisessä turvallisuusajattelussa.

Nykyisin suoritettavissa viranomaistarkastuksissa kiinnitetään SEVESO II -direktiivissä esitetyn turvallisuusajattelun mukaisesti erityistä huomiota toimintaperiaatteisiin ja johtamisjärjestelmiin: Turvallisuusajattelua tarkastellaan kokonaisvaltaisesti. Laitoksen turvallisuus selvitys ja pelastussuunnitelma oli laadittu. Näihin liittyen TUKES oli pyytänyt eräitä lisäselvityksiä.

Puristushuoneessa oli "Puristin valmis" -painike. Jos sen sijoitteluun olisi riskianalyyssissä tai turvallisuustarkastuksissa kiinnitetty huomiota, tähän liittyvää riskiä olisi pienin kustannuksin voitu pienentää.

Läheltä piti -tilanteiden dokumentointi

Nykyisin on käytössä läheltä piti -tilanteiden dokumentointi tehtaalla, mutta ko. osastolla sattuneiden vanhojen tapausten osalta ei ollut asiakirjoja. Esimerkiksi toinen puristajana toiminut henkilö kertoi kuitenkin, että viereisellä ehjäksi jääneellä puristimella oli tapahtunut toimintahäiriöitä sen jälkeen, kun hydraulikkaa nykyaikaistettiin v. 1985. Puristimen mäntä oli kahdesti käynnistyksen jälkeen laskeutunut nopeasti ruutiin kiinni. Toisella kerralla hän oli ehtinyt painaa hätä-seis-painiketta, toisella kerralla ei. Oli kuulunut säikäyttävä ääni, eivätkä mittarit olleet ehtineet reagoida. Kyseinen putoa-

minen oli tapahtunut, koska mäntä oli jostain syystä ohittanut hidastavan rajan, jolloin nopeus oli ollut enintään 22 mm/s. Puristaja oli ker-tonut tapahtumista silloiselle työnjohdolle, mutta ei ollut tietoinen, oliko puristimelle tehty mitään korjaustoimenpiteitä. Nykyinen työnjohto ja kunnossapitohenkilökunta ei muista tapausta eikä siitä ole löytynyt dokumentteja.

3. VASTAAVIEN TYÖTAPATURMIEN ESTÄMINEN

3.1 Tekniset muutokset

Nopea (adiabaattinen) puristus ei saa olla mahdollista missään olosuhteissa käsiteltäessä räjähteitä, sillä tällöin kaasun lämpötila nousee jo suhteellisen alhaisessa paineessa. Adiabaattisen kaasutilan paineen nousun aiheuttama nopea lämpötilan kohoaminen estetään rakenteellisin keinoin ja imemällä sylinteriin alipaine (vakuumi) ennen puristusta, jolloin ilman paineen ja lämpötilan nousua sylinterissä ei voi tapahtua. Tämä puristus alipaineessa ja adiabaattisuus oli huomioitu myös onnettomuuspuristimessa, mutta puristustoiminnan nopeus esti alipaineen muodostamisen ja lämmön siirtymisen.

Ruutipuristimia tulisi muuttaa siten, että sylinterin vapaa putoamismahdollisuus ruudin päälle poistuu.

Tiedostamalla laitteiston osat, joiden rikkoutuminen aiheuttaa vaaraa, voidaan turvallisuutta varmistaa esimerkiksi suunnittelemalla riskialttiit laiteratkaisut täysin uudella, luontaisesti turvallisemmalla tavalla, kahdentamalla, esim. laittamalla kaksoistiiviste yhden sijasta, tai varustamalla laite hydraulisella jarrulla.

Valvontakameroiden käyttöä tulee harkita.

Räjähdysvaarallisten tilojen suojaseinien kes-tävyys tulee varmistaa.

3.2 Työn järjestelyt

Kriittisiksi todetut työvaiheet tulee aina tehdä kauko-ohjatusti. Työntekijän tulee poistua

huoneesta, ennen kuin vaarallinen toiminta käynnistetään. Puristusluvan voi antaa suoja-huoneesta tai puristaja itse voi suorittaa koneen käynnistämisen ruudin vastaanottohuoneesta. Turvallisinta tiedonkulun kannalta on, jos puristaja siirtyy samaan tilaan muiden työntekijöiden kanssa ja puristin käynnistetään sieltä.

LIITTEET

- Valokuvia
- Kaavio tapahtumien kulusta ja tapaturmatekijöistä

3.3 Toimintaperiaatteet ja johtamisjärjestelmä

Tehtaan toimintaperiaatteita ja johtamisjärjestelmää kehitettäessä tulee turvallisuus ottaa huomioon eri näkökulmista, kuten yksittäisen työntekijän, koko organisaation ja teknisten järjestelmien kannalta. Kun laitteistoihin tehdään muutoksia, niiden vaikutus tulee arvioida riskianalyseilla/vaaran arvioinneilla ja ne tulee dokumentoida. Kriittiset kohteet tulee mahdollisuuksien mukaan muuttaa tai ottaa ne erityisesti huomioon esimerkiksi sisällyttämällä ne ennakkohuoltosuunnitelmaan.

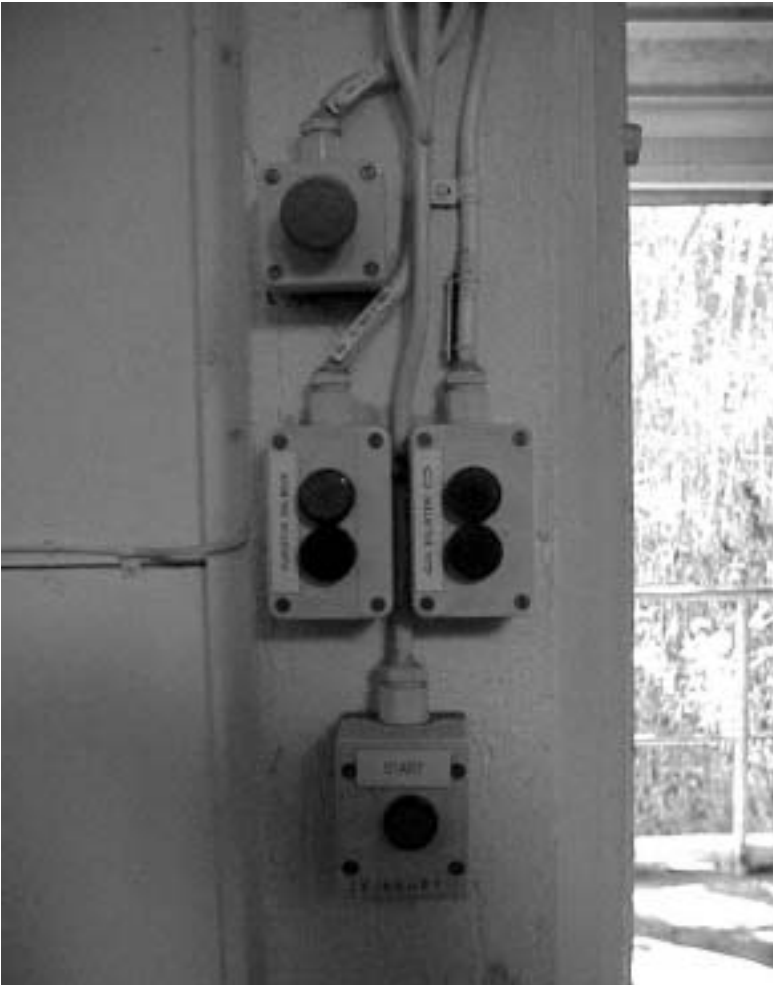
Kaikki läheltä piti -tapaukset, toimintahäiriöt ja viat tulee kirjata ja käsitellä asianmukaisesti ja dokumentoidusti. Muut vastaavat laitteet ja muu vastaava toiminta tehtaalla tulee analysoida saatujen kokemusten valossa.

3.4 Turvallisuuden huomioon ottaminen suunnittelussa

Laitteistojen suunnittelussa tulee varmistaa riskialttiiden osien mahdollisimman helppo tarkastaminen, niiden jatkuva valvonta ja ennakkohuolto. Kun laitteistoihin tehdään muutoksia, näiden vaikutus tulee arvioida riskianalyseilla/vaaran arvioinneilla.



Kuva 1. Aamun aikana puristettu ruutierä laatikkoon pakattuna.



Kuva 2. Puristinhuoneen oven vieressä puristimen käyttöön liittyvät "ohjausnapit".



Kuva 3. Räjähdyksessä vaurioitunut puristin.



Kuva 4. Puristinhuoneen seinät ja ovet räjähdysten jälkeen.



Kuva 5. Suojatilan ja puristushuoneen väliseen seinään tulleet reiät.

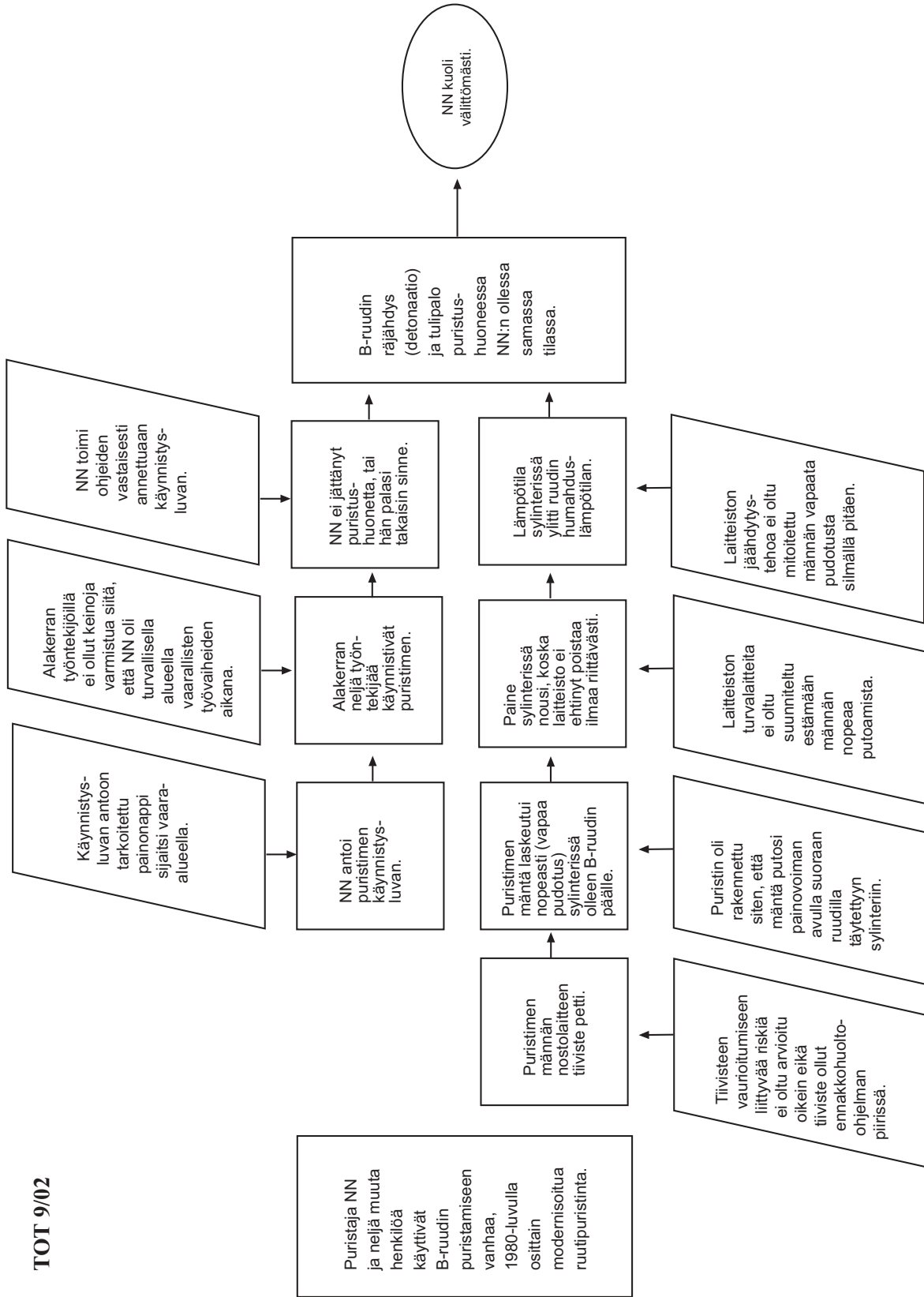


Kuva 6. Suojavalliin lentänyt sylinteri.



Kuva 7. Lähellä räjähdyspaikkaa ollut vastaavankaltainen puristin.

Kemianteollisuus



Vapaasti kopioitavissa

Lähde: TVL/TOT 2002

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto

Yhteyshenkilöt: Hannu Tarvainen, työturvallisuusjohtaja, puh. (09) 6804 0388,
Mika Tynkkynen, työturvallisuustutkija, puh. (09) 6804 0384,
Sakari Seppänen, työturvallisuusinsinööri (rakentaminen), puh. (09) 6804 0377