

# ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

dnro 4044/00.05.12/2018

Tutkintaryhmä: Erkki Teräsmaa, Matti Peippo

RAPORTTI

## AT-Tuote Oy:n Sipoon tuotantolaitoksella 2.3.2018 räjähdysmäisesti alkanut tulipalo

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

tuks

# **Onnettomuustutkintaraportti**

**dnro 4044/00.05.12/2018**

**AT-Tuote Oy:n Sipoon tuotantolaitoksella 2.3.2018  
räjähdysmäisesti alkanut tulipalo**

## **Tutkintaryhmä:**

Erkki Teräsmä, Matti Peippo

## Sisällysluettelo

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Määritelmiä.....                                                                               | 3  |
| Tutkimusraportin tiivistelmä .....                                                             | 4  |
| Johdanto.....                                                                                  | 6  |
| Laitoksen toiminta ja tuotteet .....                                                           | 7  |
| Prosessi.....                                                                                  | 8  |
| Tuotantotilat.....                                                                             | 8  |
| Tuotteiden valmistus .....                                                                     | 8  |
| Räjähdysvaara.....                                                                             | 9  |
| Onnettomuuden kuvaus.....                                                                      | 11 |
| Onnettomuutta edeltäneet tapahtumat.....                                                       | 11 |
| Onnettomuustilanne 2.3.2018 n. kello 10:20.....                                                | 11 |
| Tapahtumat onnettomuuden jälkeen.....                                                          | 13 |
| Onnettomuuden seuraukset .....                                                                 | 13 |
| Onnettomuuden tutkinta.....                                                                    | 15 |
| Onnettomuustutkinnan tulokset.....                                                             | 16 |
| Syttynyt aine .....                                                                            | 16 |
| Syttymislähde.....                                                                             | 18 |
| Organisaation toimintaan liittyvät tekijät.....                                                | 18 |
| Säädösten noudattaminen .....                                                                  | 19 |
| Johtopäätökset .....                                                                           | 21 |
| Toimenpide-ehdotukset .....                                                                    | 22 |
| Lähteet .....                                                                                  | 23 |
| Research Report No. VTT-S-02796-18 4.6.2018.....                                               | 23 |
| Liite 1: Tuotantolaitoksen pohjapiirros                                                        |    |
| Liite 2: Onnettomuuteen johtaneiden tapahtumien kulku ja niihin vaikuttaneet tekijät (AcciMap) |    |

## Määritelmiä

- *AcciMap*. Onnettomuustukintamenetelmä, jolla jäsennetään onnettomuuteen johtaneita syitä ja niiden suhteita.
- *Aerosoli*. Nesteen tai kiinteän aineen levittämiseen tarkoitettu paineenalainen säiliö.
- *AVI*. Aluehallintovirasto. Tätä onnettomuutta tutki Tukesin lisäksi Etelä-Suomen aluehallintoviraston työsuojelun vastuualue.
- *Krimppaus*. Aerosolien valmistuksessa tapahtuva vaihe, jossa metallinen kansi puristetaan pullon kaulukseen kiinni.
- *Stokiometrinen seos*. Seos, jossa reaktiokomponentteja on ihanteellinen määrä toisiinsa nähden.

## Tutkimusraportin tiivistelmä

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Onnettomuustapaus                                                               | Aerosolien täyttölaitoksella laitoksella räjähdysmäisesti alkanut tulipalo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tapahtuma-aika                                                                  | Perjantai, 2.3.2018, Sipoo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tapahtumapaikka                                                                 | AT-Tuote Oy, Lukkarinmäentie 6, 04130 Sipoo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista                              | <p>Yritys valmistaa aerosolituotteita, joissa käytetään ponneaineena nestekaasua ja tehoaineena mm. liuottimia. Tuotantotilat sijaitsevat Sipoossa kiinteistöllä, jossa se on toiminut vuodesta 1986 lähtien.</p> <p>Onnettomuuspäivänä laitoksella täytettiin aerosolipakkauksia normaalisti kahdessa täyttöhuoneessa. Onnettomuuden tapahtuessa toisen täyttöhuoneen henkilöstö oli poistunut rakennuksesta. Toisessa täyttöhuoneessa oli kaksi henkilöä tekemässä aerosolien etiketöintiä ja pakkaamista.</p> <p>Onnettomuushetkellä laitoksen sisätiloissa tapahtui palavan kaasun tai höyryn räjähdysmäinen syttyminen. Syttymisen seurauksena osa ulkoseinistä vaurioitui ja ikkunoita lensi laitoksen pihamaalle. Syttymistä seuranneessa tulipalossa tuotantotilat ja laitteistot tuhoutuivat. Tuotantotiloissa olleet työntekijät onnistuivat pakenemaan vaurioituneen nosto-oven alta. Onnettomuudessa loukkaantui yksi työntekijä. Pakkassään vuoksi saastuneet sammutusvedet ja sammutusvaahto jäättyivät pihalle.</p> <p>Onnettomuuden aiheuttaneen kaasun tai höyryn vuotolähdettä eikä syttymispaikkaa voitu varmuudella osoittaa. Todennäköisenä tapahtumien kulkuna pidetään liuotinhöyryjen kertymistä rakennuksen yläosaan, jossa ilma ei vaihtunut kunnolla. Räjähdyskelpoinen seos syttyi, kun työntekijä avasi nosto-oven. Syttymislähteenä toimi todennäköisesti nosto-oven pysäytysmekanismi, staattinen sähkö tai sähkölaite luokittelemattomalla alueella. Paineaalto vaurioitti seinärakenteita ja niihin kannakoituja putkistoja, mikä puolestaan aiheutti asetoniseoksen ja nestekaasun virtaamisen tuotantotiloihin. Tämän takia palo kiihtyi voimakkaaksi hyvin nopeasti.</p> |
| Tutkintaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi | <p>Tutkintaryhmä esittää seuraavia toimenpiteitä vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi. Suositukset ovat yleisiä, koko toimialaa koskevia.</p> <p>Teknisiin järjestelmiin liittyvät suositukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liuottimia ja kaasuja käsitteleville laitoksille asennetaan riittävästi kaasunilmaisimia vuotojen havaitsemiseksi.</li> <li>- Ilmaisimien hälytys tulee voida havaita selkeästi rakennuksen sisällä kaikissa niissä paikoissa, joissa työntekijät voivat olla vaarassa sekä rakennuksen ulkopuolella sisäänkäyntien läheisyydessä.</li> <li>- Hyvä käytäntö on lisätä kaasuhälytys osaksi turva-automaatiojärjestelmää esimerkiksi kytkemään prosessiin kemikaaleja syöttävät pumpput ja vaara-alueella olevat sähkölaitteet jännitteettömiksi. Putkistossa tulisi olla myös liikavirtausventtiilit.</li> <li>- Rakennuksen paineenkevennys on suunniteltava siten, että paineen on mahdollista purkautua turvalliseen suuntaan aiheuttamatta rakenteiden sortumisvaaraa.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liuottimien varastointi- ja käsittelypaikkojen tulee olla omissa palo-osastoissaan. Liuottimia varastoidaan tuotantotiloissa mahdollisimman vähän esim. vain päivän tarve.</li> <li>- Nosto-ovi ei sovellu hätäpoistumistieksi, vaan tiloista tulee olla kulkuovi, jota voidaan käyttää myös nosto-oven vaurioituessa.</li> <li>- Ilmanvaihdon riittävyys mitataan säännöllisesti. Ilman vaihtuminen rakennuksen eri osissa on varmistettava, jotta kaasua tai liuotinhöyryjä ei pääse kertymään sisätiloihin.</li> </ul> <p>Organisaation toimintaan liittyvät suositukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Turvallisuuden varmistamiseen liittyvät työtehtävät on määriteltävä ja nimettävä työntekijöiden vastuulle. Yrityksen johdon on valvottava tehtävien hoitamista.</li> <li>- Yrityksen on oltava tietoinen sen toimintaa velvoittavasta lainsäädännöstä.</li> <li>- Viranomaisten ja kolmannen osapuolen (esim. tarkastuslaitos) esittämien vaatimusten ja suositusten toimenpanon seuraamiseen tulisi olla järjestelmällinen menettely.</li> <li>- Huolto- ja kunnossapito tulee hoitaa järjestelmällisesti. Menettelyn piirissä on oltava kaikki koneet, laitteet, järjestelmät ja työkalut, jotka liittyvät vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin. Tehdyistä toimenpiteistä on pidettävä kirjaa.</li> <li>- Työntekijöille on koulutettava turvalliset työmenetelmät ja heille on kerrottava laitoksen vaaroista. Myös väliaikaisille työntekijöille on koulutettava nämä asiat.</li> <li>- Vaarallisten kemikaalien varastointiin ja käsittelyyn liittyvistä muutoksista on tiedotettava valvovaa viranomaista.</li> </ul> <p>Viranomaistoimintaan liittyvät suositukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valvovan viranomaisen antamien vaatimusten täytäntöönpanon seuranta on edelleen kehitettävä. Jälkeenpäin tulisi pystyä arvioimaan, miten vaatimus on täytetty ja onko toteutus ollut viranomaisen mielestä lainmukainen.</li> <li>- Laitoskohtaisen vastuutarkastajan vaihtuessa tulisi aiemmin annetut lupapäätökset ja niihin kirjattujen ehtojen täyttyminen tarkastaa esimerkiksi määräaikaistarkastuksen yhteydessä.</li> </ul> |
| Tutkintaraportin päiväys | 1.10.2018                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tutkintaryhmä            | <div>Erkki Teräsmaa</div> <div>Matti Peippo</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## Johdanto

Sipoossa tapahtui 2.3.2018 räjähdysmäinen tulipalo, joka tuhosi aerosolien valmistuslaitoksen.

Onnettomuudessa loukkaantui yksi työntekijä. Alustavan tutkinnan perusteella oli syytä olettaa, että mikäli työntekijät olisivat olleet tavanomaisissa tehtävissään sisätiloissa, olisi onnettomuudesta seurannut vakavia henkilövahinkoja. Tukes nimitti tutkintaryhmän selvittämään onnettomuuden syitä.

Onnettomuustutkintaryhmä nimitettiin 6.3.2018 (nimeämiskirje 4044/00.05.12/2018). Tutkinnan johtajana toimi ylitarkastaja Erkki Teräsmaa ja tutkintaryhmän jäsenenä ylitarkastaja Matti Peippo. Tutkinnassa selvitettiin tapahtumien kulku, tekniikkaan ja organisaation toimintaan liittyvät tekijät, jotka aiheuttivat joko suoraan tai välillisesti onnettomuuden, sekä onnettomuuden seuraukset. Lisäksi selvitettiin, ovatko tuotantolaitoksen valvontaan liittyvät viranomaiskäytännöt olleet asianmukaisia ja onko toimintaa säätelevässä lainsäädännössä tarpeita muutoksille, joilla vastaavat onnettomuudet voitaisiin jatkossa estää.

Onnettomuutta tutkivat Tukesin lisäksi Poliisi, Itä-Uudenmaan pelastuslaitos ja Etelä-Suomen AVI.

Yhteistyötä tutkinnassa tehtiin edellä mainittujen lisäksi vakuutusyhtiön, vakuutusyhtiötä edustavan palosyytutkijan ja onnettomuuslähteeksi epäillyn laitteen maahantuojaan kanssa. Laitteesta tilattiin tekninen selvitys VTT Expert Service Oy:ltä. FL Risto Lautkaski laati räjähdyksessä muodostuneiden heitteiden perusteella arvion syttyneen aineen määrästä.

Tutkintaryhmä esittää tässä raportissa havaintonsa ja suosituksensa vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi. Tutkintaraportti on tarkoitettu Tukesille valvonnan ja viestinnän kehittämiseksi. Lisäksi tutkintaraportin tuloksia ja suosituksia voidaan hyödyntää toimialalla laajemmin turvallisuuden parantamiseksi.

## Laitoksen toiminta ja tuotteet

AT-tuote Oy valmistaa aerosolituotteita, joita käytetään esimerkiksi maalaamiseen, voiteluun ja puhdistukseen. Tuotantotilat sijaitsevat Sipoossa (Lukkarinmäentie 6) kiinteistöllä, jossa se on toiminut vuodesta 1986 lähtien. Kiinteistö koostuu kahdesta rakennuksesta. Toiseen on keskitetty tuotanto, tuotteiden välivarasto ja konttoritilat. Toista rakennusta käytetään muun muassa tyhjiön aerosolipakkausten varastointiin. Alue sijaitsee pohjavesialueella.

Yhtiön valmistamissa aerosoleissa käytetään pääasiallisena ponneaineena hajustamatonta nestekaasua. Lisäksi ponneaineina käytettiin muita kemikaaleja, joita ei ollut käytössä onnettomuuspäivänä. Ponneaineen lisäksi aerosolien valmistuksessa käytetään erilaisia liuottimia ja tehoaineita (esim. pigmentti, sideaineet, pesuaineet ja voiteluaineet). Yritys ostaa raaka-aineena käytettävät kemikaalit ja sekoittaa niistä tuotteet omien reseptiensä mukaan.



## Prosessi

### Tuotantotilat

[Liitteen 1 kuvassa](#) on esitetty laitteistojen ja varastosäiliöiden sijoittelu tuotantotiloissa. Aerosolien täyttökoneet (TK) olivat sijoitettuna omiin palo-osastoihinsa. TK1 sijaitsi täyttöhuoneessa 1 (TH1) ja TK2 täyttöhuoneessa 2 (TH2). Asetoniseos- ja öljysäiliö olivat huoneissa, jotka oli erotettu tuotantotiloista tiilistä muuratulla seinällä. Etikettihuoneen seinät olivat kipsilevyä tai vaneria. Ulkoseinät oli tehty Siporex -palkeista. Paineen kevennys oli toiminnanharjoittajan mukaan suunniteltu tapahtuvan ikkunoiden kautta. Katto oli rakennettu rakennuksen etelä-pohjoissuunnassa kulkevien betonipalkkien varaan. Rakennuksessa ei ollut yläpohjaa.

Käytävällä, joka yhdisti molemmat täyttöhuoneet, etikettivaraston ja välivaraston, varastoitin raaka-aineena käytettäviä liuottimia teräs- ja muovirakenteisissa kuution konteissa. Asetonin puhdistamiseen käytetty tislain ja tuotteiden sekoituspaikka sijaitsivat myös tällä alueella.



*Ilmakuva pohjoisesta. Edessä Täyttöhuone 1 ja sekoituspaikka. Muokattu poliisin tutkintamateriaalista.*

### Tuotteiden valmistus

Aerosolien raaka-aineet varastoitin kiinteästi asennetuissa säiliöissä sekä liikuteltavissa teräs- ja muovipakkauksissa (IBC). Asetoniseos (n. 10 m<sup>3</sup>) ja ponneaineena käytetyt nestekaasut (2 x 8 m<sup>3</sup>) olivat kulutukseltaan suurimmat. Niitä varten oli omat kiinteät säiliöt, joista ne johdettiin tuotantotiloihin putkistolla. Nestekaasuputkisto haaroitettiin TH1:ssä kulkemaan myös TH2:een. Nestekaasulle ja asetoniseokselle oli siirtopumput, jotka käynnistettiin yrityksen ohjeistuksen mukaan aamuisin ja sammutettiin päivän päätteeksi.

Maalit ja lisäaineet varastoitiin 3 - 200 litran astioissa. Liuottimet annosteltiin kuution IBC-säiliöistä pienempiin astioihin ja edelleen sekoitusastiaan. Asetonisäiliölle ja lämmitykseen käytetylle polttoöljylle oli omat täyttöyhteet ja putkisto rakennuksen edustalla. Liikuteltavat säiliöt täytettiin suoraan säiliöautosta.

Tehoaine valmistettiin kaatamalla raaka-ainetta, esim. maalia, sekoitusastiaan, joka tyypillisesti oli 200 litran terästynnyri. Joukkoon lisättiin ohjeen mukainen määrä asetoniseosta tai muuta hiilivetypohjaista ohenninta. Valmistettuseos vietiin tämän jälkeen täyttöhuoneeseen. Osa tehoaineista pumpattiin suoraan siirrettävistä säiliöistä (tynnyri tai IBC-kontti) täyttökoneeseen. Pumput toimivat ilmanpaineella syrjäytysperiaatteella. Täyttökoneesta säädettiin tehoaineen ja ponnekaasujen täyttömäärä aerosolipakkauksen tilavuuden mukaan.

Aerosolien täyttökoneet olivat toiminnaltaan samankaltaisia:

1. Tyhjen aerosolipakkausten latominen koneeseen (käsin)
2. Sekoituskuulien lisäys
3. Tehoaineen annostelu
4. Venttiilin asetus
5. Venttiilin kohdistus
6. Venttiilin krimpkaus pullon kaulukseen
7. Ponneaineen annostelu
8. Tunnistetietojen lisääminen pakkaukseen
9. Etiketointi
10. Suuttimen ja muovikorkin asettaminen
11. Pakkaaminen (käsin)

Täyttökoneen pesuun ajojen välissä ja päätteeksi käytettiin erilaisia liuottimia riippuen siitä, mitä koneella oli ajettu. Maalien täyttökone (TK1) puhdistettiin tyypillisesti asetonilla. Asetoni, johon oli liuennut maalia, vietiin 20 litran maaliastioissa tislaimelle. Tislaamalla liuoksesta erotettiin pesuissa hyödynnettävää asetonia. Tämä asetoni varastoitiin sekoituspaikalla 200 litran terästynnyrissä, josta sitä otettiin maaliämpäreillä. Sekoituspaikalla varastoitiin myös sellaiset pesuluottimet, joita ei voitu puhdistaa tislaamalla.

Kuljetuspakkauksiin ladotut valmiit aerosolit pinottiin lavoille täyttökoneiden päässä. Täydet lavat sidottiin kiristekalvolla palavien nesteiden välivarastossa (Kts. [Liite 1](#)). Välivarastosta täydet lavat kuljetettiin yrityksen toiselle varastolle, jossa tapahtui tuotteiden keräily ja lähetys asiakkaille.

## Räjähdyksvaara

Ponneaineena käytettävä nestekaasu on hajustamatonta. Ilmaa tiheämpänä yhdisteenä nestekaasuseokset painuvat lattian rajaan ja painanteisiin, kuten viemäreihin. Tilojen on tämän vuoksi oltava hyvin tuuletettuja. Tietyissä olosuhteissa syttyvät kaasut ja höyryt voivat kulkeutua odottamattomalla tavalla myös ylöspäin esim. lämpimän ilmvirran mukana.

Molemmissa täyttöhuoneissa oli erillistuuletukset. Täyttökoneiden päällä oli huuvat ja lattian tasossa kohdepoistot. Kohdepoistoja käytettiin myös sekoituskoneiden päällä. Lisäksi käytössä oli liikuteltavia putkia, jotka voitiin siirtää esimerkiksi liuotinastian päälle.

Molemmille täyttökoneille oli asennettu kaasunhaistelijat, jotka käynnistivät äänihälytyksen välivarastoon johtavan käytävän seinustalla olevassa hälytyskeskuksessa. Hälytyskeskukseen syttyi myös varoitusvalo ja sen kuittaamisen jälkeen keskukseen jäi palamaan merkkivalo tapahtuneesta hälytyksestä. Työntekijöiden mukaan hälytys kuului selvästi täyttöhuone 1:een, mutta huonosti täyttöhuone 2:een, mikäli ilmakompressorin ja täyttökoneet olivat päällä.

Laitoksen räjähdysvaaralliset tilat oli tunnistettu ja luokiteltu. Niihin oli valittu suojatut sähkölaitteet tai mahdollisuuksien mukaan paineilmalla toimivat laitteet. Vanhojen aerosolien täyttökoneiden ja niihin liitettyjen laitteiden ei arvioitu soveltuvan räjähdysvaaralliseen tilaan. Laitteet oli ostettu ennen voimassa olevaa ATEX-laitedirektiiviä, joten laitteita oli mahdollista käyttää, mikäli niiden riskit oli arvioitu. Yritys oli katsonut, että riittävä varautuminen syttymisen estämiseen on ohjeistaa työntekijöitä pysäyttämään koneet, mikäli kaasuhälytys laukeaa.

Asetonitislain oli ATEX-laitedirektiivin mukaiseksi suunniteltu laite. Laitteessa oli suoja-logiikkaa tunnistettujen vikatilanteiden varalta, joita olivat esimerkiksi ylikuumeneminen tai paineen nousu kolonnissa. Laitteen valmistajan käyttöohjeiden mukaan tislaimen lauhduttimen kunto oli tarkastettava kuukausittain ja erittäin likaisessa tilassa useammin. Kannen tiivisteiden eheys ja puhtaus oli tarkastettava myös kuukausittain.

Laitteessa ei ollut varojärjestelmää, joka olisi estänyt tislaimen käytön, jos kansi tai lauhdutin vuotavat. Laitteen valmistajan mukaan laite aiheuttaa väärin käytettynä räjähdysvaaran. Laitteessa oli ollut noin viikkoa ennen onnettomuutta tilapäinen häiriö, joka esti tislauksen käynnistymisen. Laitetta tutkittiin vianetsintälistan mukaisesti 26.2.2018 eikä tuolloin laitteessa havaittu vikoja. Räjähdys-suojausasiakirjassa oli kuvattu tislaimen ympäristön ex-luokitus. Sen yhteydessä oli maininta kohdepoistosta, jota ei kuitenkaan ollut rakennettu. Toiminnanharjoittajan mukaan käyttöohjeissa ei edellytetty kohdepoiston käyttämistä.

## Onnettomuuden kuvaus

Laitoksen pohjapiirros on [liitteessä 1](#).

### Onnettomuutta edeltäneet tapahtumat

Viisi tuotannon työntekijää (T1-T5) saapui laitokselle noin kello 7-8. Paikalla oli aamulla myös konttorilla työskenteleviä toimihenkilöitä ja toimitusjohtaja, tuotantopäällikkö sekä tuotannossa säännöllisesti työskentelevä toimihenkilö.

T1 tyhjensi tislaimella edellisenä päivänä valmistetun asetonitisleen 200 litran tynnyriin, latasi tislaimen uuden n. 60 l suuruisen liuotinannoksen ja käynnisti laitteen. TK1:llä täytettiin erä desinfiointiainetta. Liuotinpohjainen tehoaine pumpattiin koneeseen suoraan IBC-kontista. Työt sujuivat normaalisti.

TH2:ssa työskenteli kaksi tuotantotyöntekijää ja toimihenkilö. T5 oli aloittanut työt käynnistämällä TH1:n seinältä nestemäisen nestekaasun pumpput. T4 oli puolestaan ensimmäiseksi aamulla avannut TH2:n nosto-oven takana olevan lukitun oven. Sen avaamisen tärkeyttä oli painotettu työntekijöille, koska nosto-ovi oli toinen pelastautumisreitti huoneesta. Turvallisuussyistä ovi oli lukittava yöksi. Tämän jälkeen T4 valmisti rasvapohjaista tehoainetta pumpaamalla siirrettävästä kontista monitoimiöljyä sekoitusastiaan ja kaatamalla joukkoon hiilivetypohjaista ohennetta. Työvaihe sujui normaalisti.

Noin kello 9 aikaan TH1:n työntekijät pesivät laitteistoa ja pakkasivat tuotteita. Työntekijöiden oli muistikuviansa mukaan tarkoitus lähteä tauolle noin kello 9:30 jälkeen. T2 ja T3 lähtivät tauolle, mutta matkalla konttoritiloihin päättivätkin ensin hakea lisää tyhjiä aerosolipakkauksia varastorakennuksesta. Kiinteistölle saapui samaan aikaan jäteauto. T1 lähti auttamaan auton lastauksessa. T2 kertoi kävelleensä kaasuhaistelijoiden hälytinkeskuksen ja tislaimen ohi eikä muista nähneensä hälytyksiä eikä mitään muutakaan poikkeavaa tuotantotiloissa.

TH2:ssa kesken olleen ajon tultua valmiiksi T4, T5 ja toimihenkilö alkoivat etiketöidä merkkkausmaaleja. T4 kävi tauolla noin kello 9:30. Hänen palattua työpisteelle tultiin etiketöinnissä avustanutta toimihenkilöä hakemaan kokoukseen. Toimihenkilö päätteli jälkikäteen kellon olleen tuolloin yli 10, sillä muistaa kuullensa radiosta kappaleen, joka soitetaan aamuohjelman päätteeksi samaan aikaan. T5 kävi noutamassa pihalta tyhjän rullakon ja toi sen TH2:een kerätäkseen siihen tyhjiä kartonkipakkauksia. Työntekijä ei muista liuottimien tuoksuneen poikkeavasti tuona päivänä. Kello oli T5:n arvion mukaan n. 10:15 kun hän toi rullakon sisälle.

### Onnettomuustilanne 2.3.2018 n. kello 10:20

#### Täyttöhuone 1 (T1, T2 ja T3)

T1 oli palaamassa varastorakennuksen vierestä luovuttamasta jätelastia, kun hän näki T3:n ajavan trukilla tuotantotilojen nosto-oven eteen. Hetken kuluttua rakennuksesta purkautui voimakas paineaalto, jonka voimasta ikkunat irtosivat ja osa seinistä sortui. T1 juoksi konttoritiloihin soittamaan apua. Kun T1 palasi takaisin, näki hän T3:n makaamassa maassa ja T2:n, joka kertoi T3:n olevan tajuton. Kuumuus oli T2:n mielestä sietämätön, minkä vuoksi loukkaantunut oli siirrettävä niskavamman uhalli kauemmaksi rakennuksesta. T2 oli onnettomuuden sattuessa sulkemassa viereisen varastorakennuksen nosto-ovea, kun kuuli ja tunsu voimakkaan paineaallon. Työntekijät evakuoivat loukkaantuneen kokoontumispaikalle, jonne päästyään he kuulivat hälytysajoneuvojen sireenit.



### Täyttöhuone 2 (T4 ja T5)

Onnettomuuden sattuessa T4 ja T5 työskentelivät TH2:ssa. T4 teki tarkastuslaskentaa merkkusmaaleille, ja T5 keräsi tyhjiä kuljetuspakkauksia. T4 kertoi tunteneensa voimakkaan tönäisyn selässä, mutta ei muista kuulleen räjähdysääntä. T5 puolestaan lensi kertomansa mukaan yhtäkkiä polvilleen lattialle. Molemmat olivat onnettomuuden alkamishetkellä selkä kohti yhdyskäytävälle johtavaa liukuovea. T4 muisti nähneensä voimakkaita liekkejä syöksyvän täyttökoneen takaa. T4 päätti poistua huoneesta nosto-oven kautta, joka oli hänen kertoman mukaan pullistunut ulospäin. Ovi nousi vain muutamia kymmeniä senttejä. T5 nousi lattialta ja poistui tilasta yhtä aikaa T4:n kanssa ryömimällä nosto-oven alta. T4 kertoi nähneensä ulos päästyään, että liekkejä syöksyi rakennuksesta etikettivaraston sortuneen seinän kohdalta.

### Konttorirakennus

Toimitusjohtaja, tuotantopäällikkö ja toimihenkilö olivat kokouksessa konttoritiloissa. He kuulivat ja tunsivat voimakkaan rakennusta liikuttavan räjähdys. Tuotantojohtaja juoksi välivaraston läpi tuotantotiloihin, missä hän näki voimakkaan tulipalon. Hän sulki välivarastoon johtavan palo-oven ja poistui välivaraston ovesta ulos. Työntekijät poistuvat konttoritiloista kokoontumispaikalle.



*Kuvakaappaus Poliisin tutkintamateriaalista. Palo on jatkunut kuvaushetkellä noin 50 minuuttia.*



*Ilmakuva onnettomuuspaikasta. Kuvassa merkitty työntekijöiden sijainnit onnettomuushetkellä. Muokattu poliisin tutkintamateriaalista.*

## **Tapahtumat onnettomuuden jälkeen**

Pelastuslaitos sai ensimmäisen ilmoituksen onnettomuudesta kello 10:30. Ilmoitus tehtiin yrityksestä. Pelastustoiminnan toimintavalmiusaika oli 10 minuuttia. Palolaitoksen saapuessa paikalle havaittiin, että palo oli niin raju, ettei alkusammutustoimia voinut eikä kannattanut tehdä. Palo saatiin lopulta sammutettua niihin palo-osastoihin, joihin se oli jo alussa tapahtuneen räjähdysseurauksena levinnyt. Sammutuksessa oli käytettävä sammutusvaahtoa. Lisäksi pelastuslaitos suojasi läheisiä nestekaasusäiliöitä ja viereistä varistorakennusta vesivalelulla.

Rakennus asetettiin käyttökieltoon ja jälkivahinkojen torjunnasta ohjeistettiin vakuutusyhtiön edustajaa. Tukes asetti tuotantolaitoksen käyttökieltoon vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin osalta.

## **Onnettomuuden seuraukset**

### **Henkilövahingot**

Onnettomuudessa loukkaantui yksi työntekijä.

### **Omaisuus**

Tuotantotilojen, koneiden ja laitteiden, tuotteiden ja raaka-aineiden tuhoutuminen sekä purku- ja siivoustyöt sekä liiketoiminnan keskeytyminen aiheuttivat merkittävän taloudellisen vahingon.

**Ympäristö**

Sammutusvaahdot ovat tyypillisesti ympäristölle ja terveydelle vaarallisia. Ne hajoavat ympäristössä hitaasti. Toisaalta sammutusvaahdolla voidaan vähentää tarvittavan sammutusveden määrää ja vähentää näin muodostuvaa sammutusjäteveden määrää. Tässä tapauksessa tuotantotiloista olisi todennäköisesti päässyt pihamaalle runsaasti liuotinpitoisia sammutusjätevesiä, mikäli vaahtoa ei oltaisi käytetty.

Kemikaalipitoinen sammutusjätevesi ja sammutusvaahto jäättyi tuotantotilojen raunioihin ja laitoksen pihalle. Pohjavesialueen vuoksi vahinkojen korjaamisesta vastuussa olevaa vakuutusyhtiötä ohjeistettiin puhdistamaan alue kiireellisesti.

## Onnettomuuden tutkinta

Tukes nimitti onnettomuutta tutkimaan tutkintaryhmän, johon kuuluivat ylitarkastajat Erkki Teräsmaa ja Matti Peippo. Tietoja tutkintaa varten saatiin mm. AT-tuote Oy:n henkilökunnalta, pelastusviranomaiselta, poliisilta ja vakuutusyhtiötä edustaneelta palosyytutkijalta.

Tukes aloitti tutkinnan onnettomuuspaikalla 5.3.2018, jolloin paikalla olivat myös pelastusviranomaisen ja poliisin edustajat sekä yrityksen henkilökuntaa. 9.3. – 23.3. haastateltiin useita työntekijöitä. Loukkaantunutta haastateltiin myöhemmin. Toiminnanharjoittajalta pyydettiin 15.3. kirjallisia selvityksiä tiloissa olleista kemikaaleista ja laitteistoista sekä kemikaalien käyttöön ja varastointiin liittyvistä toimintatavoista.

Onnettomuuden paikkatutkinnassa keskityttiin selvittämään vuotolähdettä. Paikkatutkinnassa havaittiin asetonin tislaimessa vaurioita, jotka olisivat arvioiden mukaan voineet aiheuttaa tapahtuneen onnettomuuden. Tislaimesta teetettiin tekninen tutkimus VTT Expert Services Oy:llä. Lisäksi Tukes tilasi FL Risto Lautkaskelta arvion kaasuräjähdyksessä syntyneen kaasun määrästä. Nestekaasu- ja liuotinputkistoja eikä täyttökoneita tutkittu, sillä ne kärsivät huomattavia vahinkoja palon, rakenteiden sortumisen ja jälkisammutuksessa tehdyn raivauksen aikana.

Onnettomuuden tutkintaa vaikeutti rakenteiden sortumisen ja laitteiden tuhoutumisen lisäksi se, ettei laitteiden toimintahistoriaa tallennettu (Esim. pumpun kuormitus tai hälytyshistoria). Tiloihin asennettujen kaasunhaistelijoiden, pumppujen tai muun laitteen toiminnasta ei siis ole varmaa tietoa ennen onnettomuutta tai sen aikana. Kohteessa ei myöskään ollut videokameroita.



## Onnettomuustutkinnan tulokset

### Syttynyt aine

Tukesin tilaamassa arvioissa laskettiin humahduksen aiheutuneen vähimmillään noin kahden kilon nestekaasun tai neljän kilon asetonihöyryn ja ilman seoksen syttymisestä (stoikiometrinen seos). Muiden liuottimien höyryillä puhuttaneen samansuuruisista määristä. Enimmillään em. yhdisteitä oli reaktiossa mukana noin kymmenkertainen määrä. Seuraavassa taulukossa on arvioitu mahdollisia vuotolähteitä ja niiden todennäköisyyttä. Tutkinnassa ei voitu varmuudella osoittaa, mistä syttynyt höyry tai kaasu oli peräisin.

| Vuotolähde<br>(kemikaali)       | Perustelut ja todennäköisyyden arviointi<br>++ hyvin todennäköinen<br>+ todennäköinen<br>-- hyvin epätodennäköinen<br>- epätodennäköinen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tislain (asetoni)               | <p>Tislain oli onnettomuuden aikana ainoa käynnissä oleva laite. Lämpimän asetonihöyryn ympäristöä korkeampi lämpötila tekee höyrystä ilmaa kevyempää. Höyry nousee katon rajaan, missä ei ole ilmanvaihtoa. Laitteen tuotto aamun aikana olisi riittänyt aiheuttamaan vauriot aiheuttaneen räjähdyskynnyksen. Toisaalta teknisessä selvityksessä osoitettiin, ettei laitteessa havaitut vauriot voineet olla syynä asetonihöyryn vuotamiseen.</p> <p>Laitteessa oli havaittu kuukausi ennen onnettomuutta väliaikainen toimintahäiriö, jonka syytä ei saatu selvitettyä. Laite oli ollut käytössä vasta hieman yli vuoden.</p> <p>+</p>                                                                                                                                                                                                                                              |
| Tisletynnyri<br>(asetoni)       | <p>Tislaimen vieressä säilytettiin tilavuudeltaan n. 60 litran terästynnyriä, johon asetonitisle valui muoviletkaa pitkin. Letkun suu oli tynnyrin suuaukon päällä, josta asetonivalui tynnyriin. Vaikka asetonitisle oli työntekijöiden mukaan kädenlämpöistä, on epätodennäköistä, että asetonitisle olisi haihtunut tämän vuoksi huonetilaan humahdukseen tarvittava määrä normaalin käytön aikana.</p> <p>Mahdollista on, että letku on siirtynyt tynnyrin suuaukolta ja lämmintä asetonitisle on valunut lattialle tai tynnyrin päälle. Toisaalta tislaimen ohi kulkeneet työntekijät olisivat todennäköisesti havainneet lattialla olevan nesteen ja haistaneet voimakkaasti tuoksuvan asetonin.</p> <p>+</p>                                                                                                                                                                   |
| Liuotin 1 m <sup>3</sup>        | <p>Liuotinta oli käytetty aamulla desinfiointiaerosolien valmistuksessa. Liuotinta varastoitiin muovisessa IBC-kontissa. Onnettomuuden jälkeen tuotantotilan yhdyskäytävällä nähtiin kolme vääntynyttä teräsheikkua. Oletettavasti muovi ja liuottimet ovat palaneet tulipalossa.</p> <p>-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Pesuasetoniastiat ja jäteastiat | <p>Sekoituspaikan läheisyydessä säilytettiin useita astioita: tyhjiä liuotintynnyreitä, maaliämpäreitä, joihin kerättiin pesuasetonia, tuotteisiin käytettävää asetoniseosta ja pesuun käytettävää tislattua asetonitisleä. Huonosti suljetuista astioista on saattanut haihtua onnettomuuden aiheuttanut määrä asetonitisleä tai muuta liuotinta.</p> <p>Räjähdysvaaraasiakirjassa arvioitiin sekoituspaikalla asetonihöyryn ja maaliastioiden yläpuolella olevan kohdepoiston olevan riittämätön poistamaan kaikkia ilmaan raskaampia liuotinhöyryjä.</p> <p>Kylmän korvausilman ja lämmön talteenoton puuttumisen vuoksi tilaa jouduttiin lämmittämään runsaasti. Lämpöpatterit sijaitsivat täyttöhuoneissa, joten on epätodennäköistä, että astiat olisivat lämmenneet ympäristöään korkeampaan lämpötilaan ja vapauttaneet siten merkittäviä määriä liuotinhöyryjä.</p> <p>-</p> |

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Asetoniputkisto                                                | <p>Putkisto kulki säiliöltä seinän läpi katon rajassa sekoituspaikalle, josta asetoniseosta laskettiin sekoitusastioihin. Putkistossa oleva vuoto olisi havaittu nesteenä lattialla, kun työntekijä kulki putkiston ali noin 20 minuuttia ennen onnettomuutta. Venttiiliä, josta liuotinta otettiin, ei ollut käytetty onnettomuuspäivänä.</p> <p>Jotta syttynyt kemikaali olisi voinut olla lähtöisin putkistosta, olisi putkistoon täytynyt syntyä merkittävä vuoto tämän noin 20 minuutin ajanjakson aikana. Pumpun kapasiteetti olisi riittänyt siirtämään huonetilaan huomattavaan määrään liuosta. Tätä otaksua pidetään epätodennäköisenä.</p> <p>-</p> |
| Hiilivety pohjainen liuotin 2 kpl 1 m <sup>3</sup>             | <p>Liuotin muodostaa syttyvän höyry-ilma -seoksen n. 15 °C lämpötilassa. Liuotinta käytettiin aamulla rasvapohjaisen tuotteen valmistamisessa. Onnettomuuden jälkeen säiliöissä oli liuotinta jäljellä ja pohjaventtiilit olivat kiinni.</p> <p>-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| TK1 (nestekaasu ja laitteessa mahdollisesti ollut pesuasetoni) | <p>Täyttökoneella oli ajettu onnettomuuspäivän aamuna liuotinpohjaista desinfointiainetta. Työntekijän mukaan kone oli varmuudella pysäytetty, kun onnettomuus tapahtui.</p> <p>Kaasun vuodosta olisi syntynyt hälytys, jonka työntekijät olisivat havainneet äänestä ja merkkivalosta. Hälytinkeskus sijaitsi välivarastoon johtavan käytävän seinustalla. Lisäksi koneen lähellä lattian tasossa oli kohdepoisto.</p> <p>-</p>                                                                                                                                                                                                                               |
| Aerosolipakkaukset (nestekaasu, liuottimet)                    | <p>TH1:ssä olevien aerosolipakkausten määräksi toiminnanharjoittaja arvioi 600-800 kpl.</p> <p>TH2:ssa oli neljä aerosolilavaa (n. 4500 pulloa), jotka oli tarkoitus siirtää merkkusmaalien kanssa välivarastoon. Samassa huoneessa olleet työntekijät eivät havainneet mitään normaalista poikkeavaa ja koska syttymisen ei katsottu tapahtuneen tässä tilassa, on epätodennäköistä, että vuoto olisi ollut peräisin TH2:ssa olleista tuotepakkauksista.</p> <p>-</p>                                                                                                                                                                                         |
| Nestekaasuputkisto                                             | <p>Nestekaasu johdettiin rakennukseen TH1:n kulmalta. Teräsrakenteinen putkisto oli kannakoitu rakennuksen sisäseinälle, josta putket haaroitettiin TH1:n ja TH2:n täyttökoneille. Putket kulkivat lähellä täyttökoneita ja niiden kaasunhaistelijoiden olisi tällöin pitänyt reagoida kaasuun.</p> <p>Nestekaasuputkiston ja täyttökoneen väliset liitokset ovat mahdollinen vuotolähde. Letkut irrotettiin vaihdettaessa ponneainetta, joten liitokset ovat olleet säännöllisesti rasituksen alaisia. Täyttökoneen liitokset ovat olleet vuototarkailun piirissä ja dokumentaation mukaan ne on tarkastettu edellisen kerran tammikuussa 2018.</p> <p>-</p>  |
| Hiilivety pohjainen liuotin 2 kpl 1 m <sup>3</sup>             | <p>Tuotantotilassa oli työntekijöiden mukaan noin 15 °C lämpötila. Tässä lämpötilassa kyseessä olevan liuottimen höyrinpaine on riittämätön muodostamaan syttyvää seosta. Voimakasta haihtumista ei siis voinut tapahtua säiliöstä eikä vuotoja havaittu ennen onnettomuutta. Onnettomuuden jälkeen säiliöissä oli edelleen liuotinta ja pohjaventtiilit olivat kiinni.</p> <p>--</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Asetoniseossäiliö 10 m <sup>3</sup>                            | <p>Säiliö oli omassa paloeristetyssä tilassa. Raivauksen jälkeen säiliössä oli vielä liuotinta runsaasti jäljellä ja se oli ehjä.</p> <p>--</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| TK2 (nestekaasu)                                               | <p>Täyttökone ei ollut käytössä onnettomuuden sattuessa eivätkä samassa huoneessa olleet työntekijät havainneet mitään normaalista poikkeavaa koneesta. Painevaikutuksista päätellen liuotinhöyry tai kaasu on syttynyt joko TH1:ssä tai täyttöhuoneiden ulkopuolella olevassa käytävässä, todennäköisesti katonrajassa betonipalkkien välissä, minkä vuoksi on epätodennäköistä, että vuoto olisi ollut peräisin TH2:sta. Täyttökoneella oli myös erilliset kohdepoistot ja kaasunhaistelija.</p> <p>--</p>                                                                                                                                                   |

Yhteenvedon voidaan todeta, että todennäköisimmin liuotinhöyryjä kerääntynyt hiljalleen paikkaan, josta ilmanvaihto ei ole niitä kyennyt poistamaan ja kaasuhälyttimet eivät pystyneet niitä tunnistamaan. Ainoa tällainen paikka oli katon rajassa betonipalkkien välissä. Laitoksella olleiden liuottimien höyryt ovat ilmaa raskaampia paitsi silloin, kun höyryn lämpötila on ilmaa korkeampi.

Onnettomuudessa syttynyt liuotinhöyry on voinut päästä huoneilmaan myös äkillisenä päästönä. Tämä vaihtoehto edellyttää putkiston tai siinä olevien liitosten pettämistä sinä aikana, kun TH1:n työntekijät olivat poistuneet rakennuksesta ja sitä, etteivät TH2:n työntekijät ole kuulleet kaasuhälytystä. Täyttökoneet eivät olleet käytössä eikä paineilmaa tuottava kompressorikaan siten todennäköisesti ollut myöskään käynnissä. Näin ollen hälytys olisi pitänyt kuulua TH2:een. Tätä olettamusta pidetään epätodennäköisenä.

## Syttymislähde

Onnettomuuden syttymislähdettä tai syttymispaikkaa ei ole varmuudella kyetty selvittämään. Onnettomuuden seurauksena rakennuksen kattorakenteet sortuivat, joten syttymisen jälkiä ei voitu jälkikäteen selvästi havaita.

Mahdollinen syttymislähde on sähkölaite ex-luokittelemattoman alueen ulkopuolella, jonka kanssa syttyvä kaasuseos on voinut päästä kosketuksiin. Nosto-oven avaamisen seurauksena muodostunut ilmapirtaus olisi voinut mahdollistaa tämän. Myös sekoituspaikan viereinen sähköpääkeskus ja siinä esim. mahdolliset huonot liitokset ovat voineet olla syttymislähde. Sähköpääkeskus oli ylipaineistettu paineilmalla, joten tätä ei pidetä todennäköisenä syttymislähteenä. Laitokselle oli 16.4.2007 tehty sähkölaitteiden määräaikaistarkastus, jossa oli huomautettu tilaluokiteltujen alueiden määrittelyn epäselvyydestä. Puutteet oli korjattu.

Toinen mahdollinen syttymislähde on henkilön staattinen varautuminen. Ilmatieteenlaitoksen Porvoon Harabackan havaintoaseman mittaustietojen mukaan lämpötila oli aamuyöllä alimmillaan -23,2 °C ja onnettomuuden aikaan klo 10:20 -7,5 °C, mikä vaikuttaa staattista varautumista lisäävästi. Onnettomuudessa loukkaantuneen työntekijän nostaessa nosto-ovea, on esimerkiksi vaatteiden varautuminen voinut aiheuttaa kipinän. Kyseinen työntekijä ei saanut itse palovammoja, joten vaihtoehtoa ei pidetä todennäköisenä. Mahdollisten palojälkien osalta työntekijän vaateetusta ei tutkittu.

Kolmantena syttymislähteenä pidetään nosto-oven osumista sen liikkeen pysäyttävään esteeseen ja siitä mahdollisesti aiheutunutta kipinää. Tätä tukee pelastuslaitoksen palonsyöntutkijan arvio, jonka mukaan todennäköinen syttymispaikka oli katonrajassa lähellä yhdyskäytävän nosto-ovea.

## Organisaation toimintaan liittyvät tekijät

Yrityksen tuotannossa työskenteli säännöllisesti kuusi henkilöä. Työnjohtajana toimi tuotantopäällikkö. Yrityksellä ei ollut sertifioitua laatu-, ympäristö- tai turvallisuusjohtamisjärjestelmää. Vaarallisten kemikaalien käytön ja varastoinnin lainmukaisuudesta vastuussa olevana käytönvalvojana toimi tuotantopäällikkö.

Edellisellä Tukesin määräaikaistarkastuksella (14.2.2013) oli todettu puutteita yrityksen:

- Keinoissa mitata kemikaaliturvallisuuden tasoa
- Korjaustoimenpiteiden kirjauskäytännöissä
- Nestemäisen kemikaalin purkupaikan vuotojen hallinnassa
- Riskinarvioinneissa
- Muutostenhallintaohjeistuksessa
- Ilmanvaihdon riittävyyden varmistamisessa

- Käyttö- ja huolto-ohjeissa
- Työlupakäytännöissä
- Perehdytyksen valvonnassa
- Sisäisessä pelastussuunnitelmassa
- Onnettomuustoimintaan varautumisessa

Nämä oli hoidettava kuntoon ja niistä oli toimitettava Tukesille selvitys 31.8.2013 mennessä. Selvityksiä teknisten vaatimusten korjaamisesta oli toimitettu 9. ja 22.5.2013. Johtamisjärjestelmään liittyvät selvitykset toimitettiin 16.10.2013 ja koska ne olivat osittain puutteelliset, pyysi laitoksen tarkastaja yritystä laatimaan puuttuvien kohtien osalta aikataulun. Sen mukaan puuttuvat kohdat oli suunniteltu hoitaa kuntoon vuoden 2013 loppuun mennessä (muutostenhallintaohjeistus).

Tarkastuksella oli havaittu, että TH2:n poistumistie oli salvattu kiinni. Tukesin tarkastaja oli antanut tarkastuksessa määräyksen pitää ulos johtavat ovet avoimena, kun laitos on miehitetty. Määräys oli täytetty asentamalla huoneeseen nosto-ovi ja pitämällä työpäivän ajan ulommat ovet auki.

Ilmanvaihdon riittävyys oli mitattu 4.11.2013. Tarkastaja (Consti talotekniikka). Mittauspöytäkirjasta ei käynyt ilmi, olivatko mitatut arvot riittävät tuotantotilojen käytön kannalta. Toiminnanharjoittajan mukaan tuotantotiloissa ei ollut poistoventtiileitä rakennuksen yläosassa.

Onnettomuuden jälkeen tehdyissä työntekijöiden haastatteluista ja pyydetyistä selvityksistä kävi ilmi, että perehdytyskäytännöt olivat osittain puutteelliset. Perehdytysohje ja -lomake oli laadittu, mutta lomakkeita ei ollut täytetty. Perehdytysohjeessa oli kerrottu liuottimien vaaroista. Ohjeessa mainittiin mm. että liuotinhöyryjen syttyminen saattaa levitä räjähdysnomaisesti.

Räjähdysuodasasiakirja oli laadittu ja se oli päivitetty edellisen kerran 12.09.2017. Asiakirjan liitteenä oli riskinarvio, jossa oli tunnistettu useita onnettomuustyyppisiä, jotka voivat johtaa räjähdykseen. Lisäksi oli laadittu laajempi riskinarviointi, jossa huomioitiin mm. ympäristölle ja terveydelle vaarallisiin kemikaaleihin liittyviä vaaroja. Useassa kohdassa sovittu toimenpide onnettomuuden seurausten tai todennäköisyyden pienentämiseksi oli työntekijöiden ohjeistus ja koulutus. Koulutuksia, joissa näitä vaaroja oltaisiin käsitelty työntekijöiden kanssa ei ollut työntekijöiden mukaan pidetty. Toiminnanharjoittajan mukaan asioita käsiteltiin säännöllisesti työntekijöiden kanssa suullisesti tuotantopalavereissa ja perehdytyksessä.

Pelastustoimintaa oli harjoiteltu vuosittain kiertämällä laitos, näyttämällä poistumistiet ja sammuttimet. Pelastussuunnitelma oli laadittu pelastuslain mukaisesti.

Nestekaasulaitteiston kuntoa on valvottu kuukausittaisilla tarkastuksilla (silmämääräinen ja vuototesti saippuavesiliuoksella). Näistä pidettiin pöytäkirjaa. Edellinen tarkastus oli tehty tammikuussa 2018. Myös asetoniputkiston kunto oli riskinarvion mukaan tarkoitus tarkastaa kolmesti vuodessa tarkastuslistan mukaisesti. Tarkastuslistan mukaan edellinen tarkastus oli tehty syyskuussa 2017. Asetonitislaimen käyttöohjeessa oli kerrottu laitteelle tehtävät huollot ja tarkastukset. Tukes pyysi tarkastuspöytäkirjat nähtäväksi, mutta ne oli toiminnanharjoittajan mukaan kadonneet onnettomuuden yhteydessä.

### **Säädösten noudattaminen**

Tuotantolaitoksen toiminta oli luokiteltu vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta annetun valtioneuvoston asetuksen (685/2015) perusteella laajamittaiseksi (lupalaitos). Laitokselle oli myönnetty Sipoon piirin nimismiehen lupa (nestekaasuvaraston ja käyttölaitoksen perustaminen) 28.5.1987. Tukesin edeltäjä Teknillinen tarkastuskeskus oli myöntänyt aerosolien täytölle 12.3.1987 luvan, joka oikeutti hajustamattoman nestekaasun käytön ponneaineena. Luvan ehtoina oli:

- täyttöhuoneen palo-osastointi

- seinien keventäminen siten, että mahdollinen räjähdys aiheuttaa mahdollisimman vähän vahinkoa
- ilmastoinnin rakentaminen KTMP (313/95) 9 §:n mukaisesti
- kaasunhaistajien asentaminen

Käyttöönottotarkastus oli pidetty 28.9.1987. Tarkastuspöytäkirjassa ei ollut mainintaa seinien keventämisestä. Sen sijaan pöytäkirjassa oli edellytetty kaasunhaistajan ja ilmastoinnin asentamisesta tarkastuksella sovitulla tavalla. Ilmastoinnin toteutusperiaate ei käynyt ilmi tarkastuspöytäkirjasta. Hakemuksen liitteenä toimitetun piirustuksen mukaan ilmastointi oli suunniteltu siten, että se poisti ilmaa huuван alta sekoituspaikan päällä ja rakennuksen yläosasta.

Laitokselle oli perustamisluban jälkeen myönnetty kaksi lupaa liittyen muutoksiin (päätökset 1683/360/95 palavien nesteiden varastoinnin laajentaminen ja 1957/342/2000 toisen nestekaasusäiliön rakentaminen). Vuoden 1995 käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa oli todettu, että kaasunhaisteliija oli kalibroitu ja että ilmanvaihto- ja maadoitusmittaukset oli tehty. Toiminnanharjoittajaa oli velvoitettu tarkastamaan asetoniputkiston kunto säännöllisesti. Käyttöönnotolle ei nähty esteitä.

Kyseisten päätösten lupahakemuksissa olevissa sijoituspiirroksissa ei ollut esitetty täyttöhuone 2:n täyttökoneetta. Koneelle ei ollut Tukesin tietojen mukaan siis haettu lupaa. Muutos oli mainittu 23.3.2007 pidetyn määräaikaistarkastuksen pöytäkirjassa. Laitokselle oli tehty kemikaalien laajamittaisen käsittelyn ja varastoinnin edellyttämiä määräaikaistarkastuksia vuosina 2002, 2007 ja 2013. Seuraava tarkastus oli suunniteltu pidettäväksi vuoden 2018 aikana.

Laajamittaista vaarallisten kemikaalien käsittelyä ja varastointia koskee turvallisuusvaatimusasetus 856/2012. Toiminnanharjoittaja oli käsityksessä, että heidän on noudatettava nestekaasun käyttöä koskevaa turvallisuusvaatimusasetusta 858/2012. Molemmat asetukset edellyttivät yrityksiä laatimaan selvityksen vaatimustenmukaisuudesta. Asetus 858/2012 koskee nestekaasun teknistä käyttöä, johon ei lueta nestekaasun käyttöä aerosolien ponneaineena. Asetuksessa 856/2012 olisi ollut vaatimus mm. rakenteiden keventämisestä räjähdysvaarallisissa tiloissa. Yritys oli kuitenkin arvioinut asetuksen 856/2012 luvun 6 vaatimuksia onnettomuuksiin varautumisesta.

Laitokselle oli tehty viimeisimmät palotarkastukset 10.6.2014 ja 12.7.2016. Molemmilla tarkastuksilla oli huomautettu nestekaasusäiliöiden, joissa oli yhteensä yli 5 tonnia nestekaasua, suojauksesta (vesivalelu tai maapeitteisyys). Koska kussakin säiliössä oli alle 5 tonnia nestekaasua eikä asetus 858/2012 koskenut toimintaa, ei nämä velvoitteet sitoneet toiminnanharjoittajaa. 28.5.2014 tehdyn neuvonnan yhteydessä oli ohjeistettu yhden nosto-oven varustamista kulkuovella (poistumistie). Muistiosta ei selvinnyt mistä nosto-ovesta oli kyse.

Laitoksen painelaitteet oli tarkastettu säännöllisesti.

Sähkölaitteistojen määräaikaistarkastuksia (3A) oli tehty säännöllisesti (Inspecta). Vuoden 2007 tarkastuksella oli havaittu välitöntä vaaraa aiheuttavia puutteita. Niiden johdosta Tukes oli lähettänyt käytönjohtajalle selvityspyynnön 24.4.2007. Tukes oli tehnyt 19.2.2008 laitokselle valvontatarkastuksen. Pöytäkirjassa todettiin, että aiemmassa määräaikaistarkastuksessa havaitut puutteet oli korjattu. Edellinen tarkastus oli tehty 3.2.2013 ja seuraava olisi erääntynyt vuoden 2017 lopussa. Sähköturvallisuuslakia päivitettiin vuoden 2017 alussa siten, että velvollisuus tehdä määräaikaistarkastuksia räjähdysvaarallisiin tiloihin muuttui viidestä vuodesta kymmeneen vuoteen. Yritys oli siis toiminut sähköturvallisuuslain vaatimusten mukaisesti.

Laitokselle on laadittu pelastussuunnitelma pelastuslain 8-10 §:n perusteella (viimeisin päivitys 2.12.2016) sekä räjähdysuojasiasiakirja (päivitys 12.9.2017). Yrityksellä oli velvollisuus laatia myös asetuksen 685/2015 sisäinen pelastussuunnitelma. Vaikka pelastussuunnitelmassa ei suoraan viitattu asetukseen, täytti se onnettomuustutkintaryhmän mielestä riittävällä tarkkuudella asetuksen vaatimukset.

## Johtopäätökset

Onnettomuustutkintaryhmän arvion mukaan pahimmassa mahdollisessa skenaariossa olisivat voineet menehtyä kaikki kuusi tuotantotiloissa säännöllisesti työskentelevää henkilöä. Vaurioita aiheuttaneesta paineaallosta ei aiheutunut vaaraa laitoksen ulkopuolella oleville ihmisille.

Onnettomuus olisi voinut levitä suuronnettomuudeksi, mikäli palo olisi päässyt leviämään maanpäällisille nestekaasusäiliölle. Säiliöiden repeytymisestä aiheutuvat heitteet ja lämpösäteily olisivat ulottuneet useiden kymmenien metrien etäisyydelle. Säiliöiden repeytyminen ei todennäköisesti olisi aiheuttanut henkilövahinkoja, sillä alue oltaisiin ehditty evakuoimaan onnettomuuden edetessä. Pelastuslaitos oli tietoinen vaarasta ja ryhtyi tämän vuoksi jäähdyttämään säiliöitä vesisuihkuilla saavuttuaan onnettomuuspaikalle. Nykyisin nestekaasusäiliöt suositellaan rakennettavan maanalaisiksi tai maapeitteiseksi, jolloin edellä mainittua vaaraa ei käytännössä synny.

Onnettomuuden aiheuttaneen kaasun tai höyryn vuotolähdettä eikä syttymispaikkaa voitu varmuudella osoittaa. Todennäköisenä tapahtumien kulkuna pidetään liuotinhöyryjen kertymistä rakennuksen yläosaan, jossa ilma ei vaihtunut kunnolla. Räjähdyskelpoinen seos syttyi, kun työntekijä avasi nosto-oven. Syttymislähteenä toimi todennäköisesti nosto-oven pysäytysmekanismi, staattinen sähkö tai sähkölaite luokittelemattomalla alueella. Paineaalto vaurioitti seinärakenteita ja niihin kannakoituja putkistoja, mikä puolestaan aiheutti asetoniseoksen ja nestekaasun virtaamisen tuotantotiloihin. Tämän takia palo kiihtyi voimakkaaksi hyvin nopeasti.

## Toimenpide-ehdotukset

Tutkintaryhmä esittää seuraavia toimenpiteitä vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi. Suositukset ovat yleisiä, koko toimialaa koskevia.

Teknisiin järjestelmiin liittyvät suositukset:

- Liuottimia ja kaasua käsitteleville laitoksille asennetaan riittävästi kaasunilmaisimia vuotojen havaitsemiseksi.
- Ilmaisimien hälytys tulee voida havaita selkeästi rakennuksen sisällä kaikissa niissä paikoissa, joissa työntekijät voivat olla vaarassa sekä rakennuksen ulkopuolella sisäänkäyntien läheisyydessä.
- Hyvä käytäntö on lisätä kaasuhälytys osaksi turva-automaatiojärjestelmää esimerkiksi kytkemään prosessiin kemikaaleja syöttävät pumput ja vaara-alueella olevat sähkölaitteet jännitteettömiksi. Putkistossa tulisi olla myös liikavirtausventtiilit.
- Rakennuksen paineenkevennys on suunniteltava siten, että paineen on mahdollista purkautua turvalliseen suuntaan aiheuttamatta rakenteiden sortumisvaaraa.
- Liuottimien varastointi- ja käsittelypaikkojen tulee olla omissa palo-osastoissaan. Liuottimia varastoidaan tuotantotiloissa mahdollisimman vähän esim. vain päivän tarve.
- Nosto-ovi ei riitä hätäpoistumistieksi, vaan tiloista tulee olla kulkuovi, jota voidaan käyttää myös nosto-oven vaurioituessa.
- Ilmanvaihdon riittävyys mitataan säännöllisesti. Ilman vaihtuminen rakennuksen eri osissa on varmistettava, jotta kaasua tai liuotinhöyryjä ei pääse kertymään sisätiloihin.

Organisaation toimintaan liittyvät suositukset:

- Turvallisuuden varmistamiseen liittyvät työtehtävät on määriteltävä ja nimettävä työntekijöiden vastuulle. Yrityksen johdon on valvottava tehtävien hoitamista.
- Yrityksen on oltava tietoinen sen toimintaa velvoittavasta lainsäädännöstä.
- Viranomaisten ja kolmannen osapuolen (esim. tarkastuslaitos) esittämien vaatimusten ja suositusten toimenpanon seuraamiseen tulisi olla järjestelmällinen menettely.
- Huolto- ja kunnossapito tulee hoitaa järjestelmällisesti. Menettelyn piirissä on oltava kaikki koneet, laitteet, järjestelmät ja työkalut, jotka liittyvät vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin. Tehdyistä toimenpiteistä on pidettävä kirjaa.
- Työntekijöille on koulutettava turvalliset työmenetelmät ja heille on kerrottava laitoksen vaaroista. Myös väliaikaisille työntekijöille on koulutettava nämä asiat.
- Vaarallisten kemikaalien varastointiin ja käsittelyyn liittyvistä muutoksista on tiedotettava valvovaa viranomaista.

Viranomaistoimintaan liittyvät suositukset:

- Valvovan viranomaisen antamien vaatimusten täytäntöönpanon seuranta on edelleen kehitettävä. Jälkeenpäin tulisi pystyä arvioimaan, miten vaatimus on täytetty ja onko toteutus ollut viranomaisen mielestä lainmukainen.
- Laitoskohtaisen vastuutarkastajan vaihtuessa tulisi aiemmin annetut lupapäätökset ja niihin kirjattujen ehtojen täytyminen tarkastaa esimerkiksi määräaikaistarkastuksen yhteydessä.

## **Lähteet**

Research Report No. VTT-S-02796-18 4.6.2018

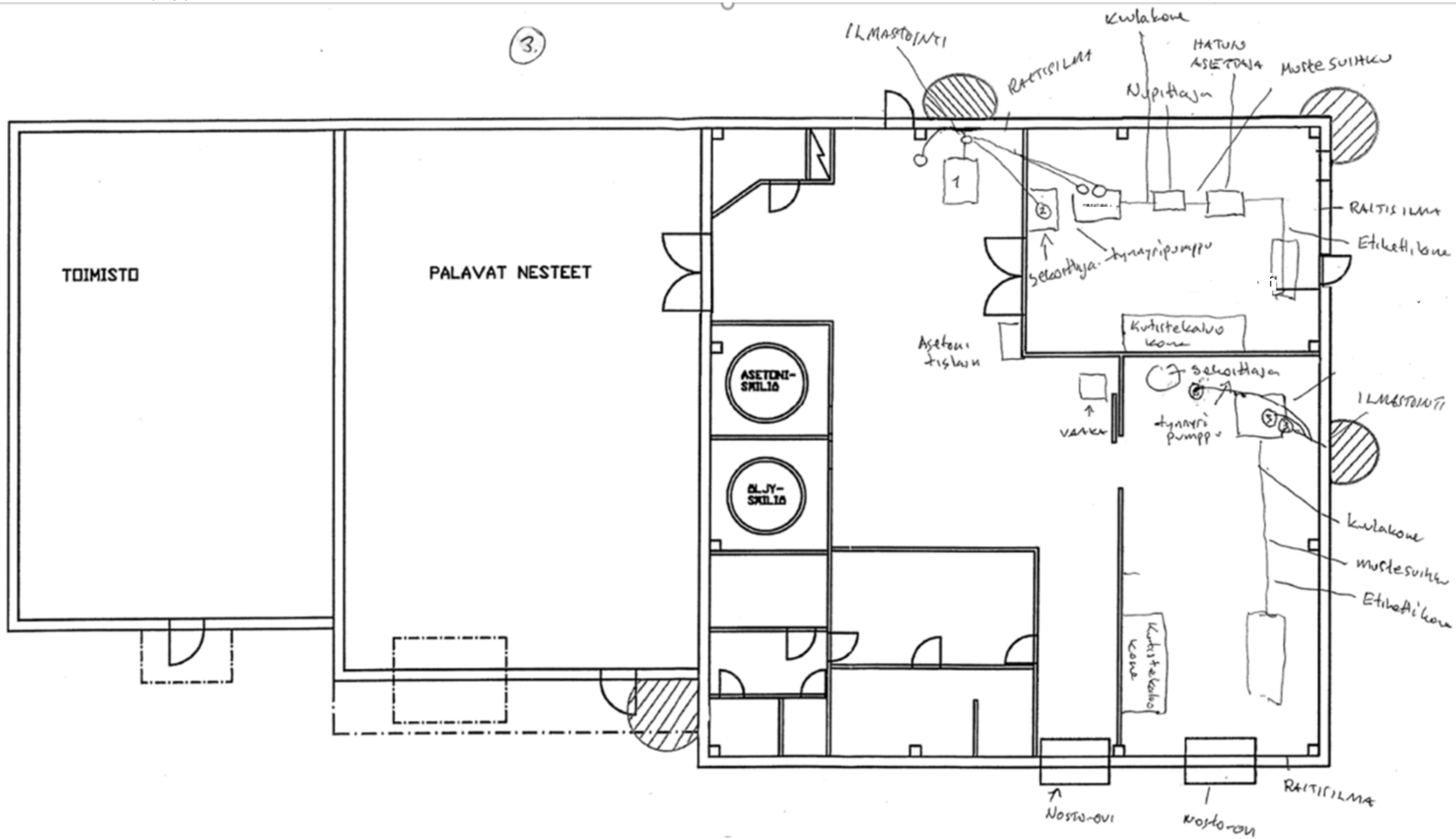
AT-Tuote Oy:n räjähdysen tutkinta. Risto Lautkaski

Työntekijöiden haastattelut

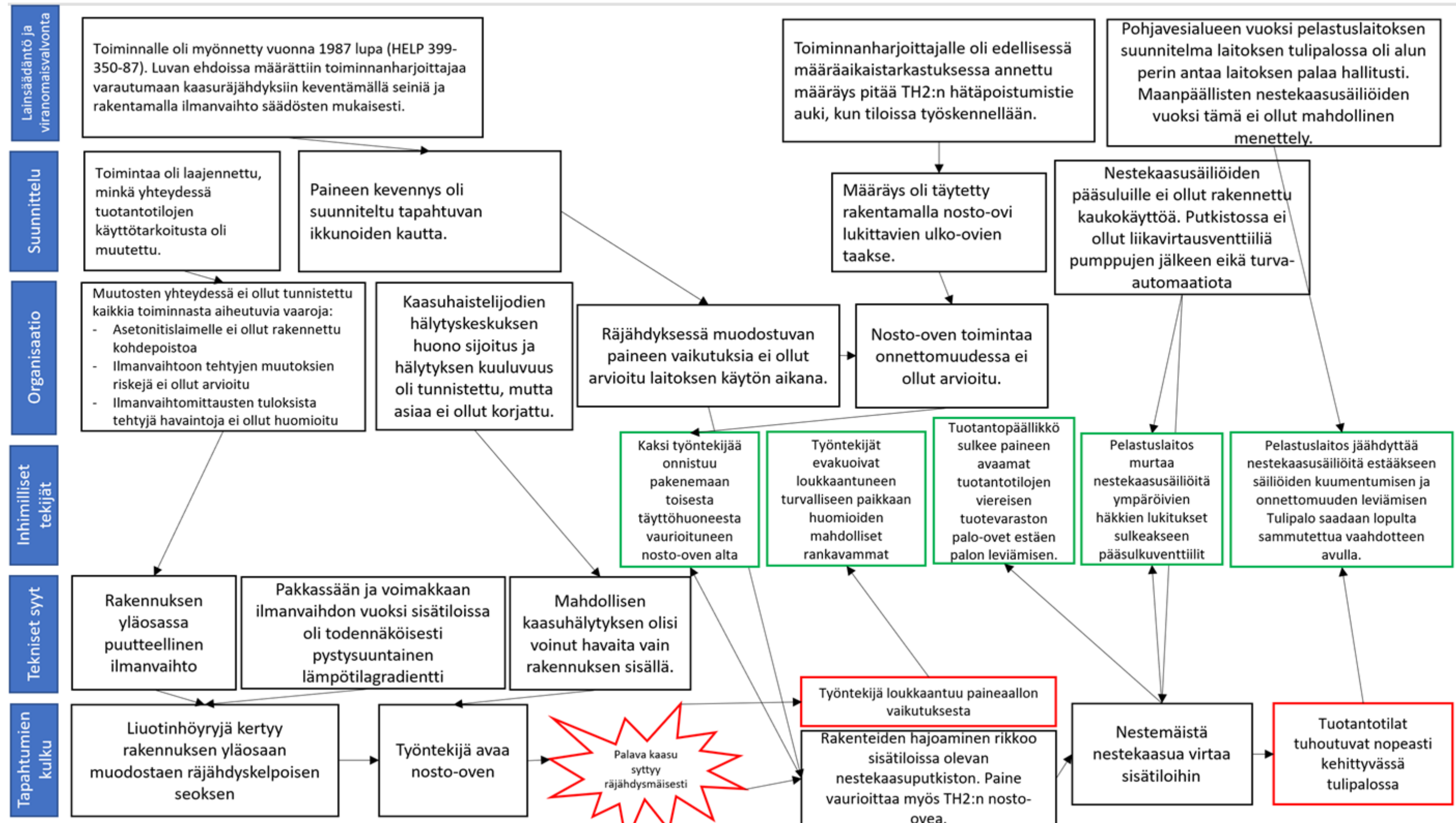
Pelastusviranomaisen ja poliisin kuvamateriaali

SFS 59 käsikirja





Liite 2. Onnettomuuteen johtaneiden tapahtumien kulku ja niihin vaikuttaneet tekijät (AcciMap)





HELSINKI PL 66 (Opastinsilta 12 B), 00521 Helsinki

TAMPERE Yliopistonkatu 38, 33100 Tampere

ROVANIEMI Valtakatu 2, 96100 Rovaniemi

VAIHDE 029 5052 000 | [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi)