



# TOT-RAPORTTI

## TOT 18/07

### Projekti-insinööri kuoli VOC-käsittelylaitoksen kattilan tulipesän räjähdyksessä

TOT-RAPORTIN AVAINTIEDOT		
Tapahumakuvaus	Rakenteilla olleen VOC-käsittelylaitoksen toimintaa testattiin ennen sen käyttöönottoa. Päästömittausjakson lopussa huomattiin, että putkistoon oli jäänyt liuotinta, joka päätettiin puhaltaa jo sammutettuun mutta kuumaan tulipesään. Liuotin höyrystyi ja liuotimen sekä ilman seos räjähti kattilan tulipesässä. Poltto seurannut projekti-insinööri (28-v.) kuoli välittömästi räjähdysluukun iskuun.	
Koneet ja laitteet		Koodi
Työnantajan toimiala	Ympäristötekniikkaa, jätehuoltoa	9002
Vahingoittuneen ammatti	Projekti-insinööri	001
Työympäristö	VOC-käsittelylaitos (ei vielä tuotantokäytössä)	011
Työtehtävä	Liuotinpolton valvonta	55
Työsuoritus	Polton seuraaminen tarkastusluukun ikkunasta	70
Poikkeama	Liuotinhöyryjen räjähdys	13
Vahingoittumistapa	Räjähdysluukun iskeytyminen päin NN:ää	41

TOT-raportti jaetaan työpaikoille, joissa vastaavantyyppinen työtapaturma tai vaara on ilmeinen. Lisäksi raportti jaetaan muille työsuojelualan asiantuntijoille. Kaikkien alojen raportit löytyvät TVL:n kotisivuilta [www.tvl.fi](http://www.tvl.fi), kohdasta työturvallisuus.

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

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

<http://www.tvl.fi>

# TOT 18/07

## 1. TAPAHTUMIEN KULKU

### 1.1 Tausta

Kemianteollisuuden tehdasalueelle rakennettiin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC, volatile organic compounds) käsittelylaitosta ja siihen liittyvää höyrykattilaa, jossa poltetaan raskaan polttoöljyn ja VOC-kaasujen lisäksi prosessissa käytetyt liuottimet energiaksi. Käsittelylaitoksen tilaaja oli ympäristötekniikkaan ja jätehuoltoon liittyviä projekteja toteuttava yritys A, joka oli sopinut laitoksen toimituksesta ns. avaimet käteen -toimitusprojektina yritys B:n kanssa. Kyse oli siis ns. projektinhoitourakasta. Yritys B vastasi laitoksen suunnittelusta ja käyttöönnotosta, käytti alihankkijoita ja palkkasi asiantuntijoita tarpeen mukaan tekemään erityistöitä.

Projekti oli edennyt käyttöönottovaiheeseen. Ennen koekäyttöä järjestelmää piti vielä testata ja sille piti suorittaa viralliset päästömittaukset.

### 1.2 Tapaturma

Tapaturmapäivän aamuna käsittelylaitos käynnistettiin ensimmäistä virallista päästämittausjaksoa varten. Käynnistyksen ja koeajon toteuttivat yritys A:n projekti-insinööri NN (28-v.), yritys B:n insinööri MM ja aliura-koitsijayritys C:n insinööri LL, joka teki koko päivän tarkennuksia valvomo-ohjelmistoon ottamatta konkreettisesti osaa itse koeajoon liittyviin toimintoihin. Polttoöljypoltin käynnistettiin aamupäivällä noin klo 8:30 ja kattila lämmitettiin ajolämpötilaan ja -paineeseen, jonka jälkeen tulipesässä poltettiin päivän aikana sekä liuottimia että VOC-kaasuja.

Päästömittaukset saatiin suoritettua klo 20:35, jolloin pysäytettiin liuotinpoltin pysäyttämällä syöttöpumppu ja sulkemalla venttiilit. Liuotinlinjan huuhtelu suoritettiin avaamalla liuotinlinjan huuhteluventtiili 1,5

min ajaksi, jonka jälkeen suljettiin sekä huuhteluventtiili että hajoitusilman tulo. Polttoöljypoltin pysäytys aloitettiin klo 20:40, jolloin VOC-kaasut kääntyivät ohituksen kautta savupiippuun. Polttoöljypoltin teho ajettiin minimiin, jonka jälkeen poltin pysähtyi klo 20:42.

LL sammutti PC-valvomon klo 20:46. Viiden minuutin kuluttua NN tuli valvomoon. Hän ilmoitti liuotinlinjan puhallusventtiilin käsisulkuventtiilin olleen kiinni, minkä takia liuottimen puhallus ei onnistunut. Hän toteasi, että venttiili pitää avata manuaalisesti ja tehdä huuhtelu uudelleen.

Tämän jälkeen NN poistui valvomosta kattilahuoneeseen. Hän avasi käsisulkuventtiilin ja meni kattilan räjähdysluukulle seuraamaan polttoa luukun näkölasista, josta näkee tulipesään. Käynnistettyään PC:n uudelleen LL avasi NN:n ohjeiden mukaisesti n.10 s kuluttua liuotinlinjan puhalluksen, josta n. 3 sekunnin kuluttua tapahtui räjähdys. Kuumaan tulipesään puhallettu liuottimen ja paineilman seos kaasuntui ja räjähti. Räjähdys seurauksena kattilan räjähdysluukku aukesi voimalla ja iskeytyi NN:ää päin. NN menehtyi räjähdyksessä saamiinsa vammoihin.

### 1.3 Kokemus

NN:llä oli työnantajansa mukaan riittävä kokemus ja tietämys hänelle osoitetuista työtehtävistä. Hän oli työskennellyt yritys A:n palveluksessa neljä vuotta, ja tunsikin hyvin järjestelmän ja käsiteltävien aineiden ominaisuudet.

### 1.4 Töiden organisointi

NN oli VOC-käsittelylaitoksen tilanneen yrityksen työntekijä. Hänen tehtävään oli valvoa projektin etenemistä.

### **NN:n työnantajan mukaan**

- tilaajan ja toimittajan kesken oli sovittu toiminnan johtamisesta ja
- urakkasopimuksen mukaan laitoksen valmiiksi rakentamisesta ja käyttöönotosta sekä käyttöönoton johdosta vastasi yksiselitteisesti yritys B.

## **2. TAPATURMAAN JOHTANEET TEKIJÄT**

### **2.1 Putkisto ei tyhjentynyt ulospuhalluksessa**

Liutinlinjassa ennen puhallusventtiiliä sijainnut käsikäyttöinen sulkuventtiili jäi kiinni ulospuhalluksen ajaksi, minkä seurauksena liuottimen puhallus ei onnistunut. Linja ei siis ollut tyhjentynyt varsinaisen koeajon aikana.

Sulkuventtiilin tarkoituksena on helpottaa huoltotöitä, ja se on yleensä auki-asennossa. Prosessia ohjataan valvomosta PC:n välityksellä, mutta käsiventtiilin tilasta valvomoon ei välity tietoa. Ainoa keino varmistua venttiilin asennosta on käydä toteamassa se paikan päällä. Tätä ei tässä tapauksessa tehty ennen ensimmäistä ulospuhallusta.

Sulkuventtiiliä ei ollut sijoitettu kattilan välitörmään läheisyyteen, minkä johdosta putkeen jäi n. kaksi litraa liuotinnestettä. Määrällä oli merkitystä räjähdysten voimakkuuteen.

### **2.2 Liuotinneste puhallettiin sammutettuun tulipesään**

Putkeen jäänyt liuotinneste puhallettiin sammutettuun, mutta vielä kuumana hehkuvaan tulipesään. Liuottimen ja paineilman muodostama ilmaseos kaasuuntui kuumassa tulipesässä, mikä aiheutti räjähdysten. Näin ei olisi päässyt käymään, mikäli tulipesässä olisi ollut öljyliekki tai se olisi ollut kylmä.

NN:n työnantajan lausuman mukaan kattilalaitokselle oli annettu selkeät ohjeet siitä, miten menetellään, jos polttoaineputken huuhtelu ei onnistu ja jää kesken. Ohjeiden mukaan huuhtelua ei saa jatkaa, jos sytytyspoltin ei ole päällä. Ohjeiden mukaan poltin on sytytettävä ennen huuhtelua.

### **2.3 NN seurasi polttoa räjähdysluukun näkölasista**

Avattuaan käsisulkuventtiilin NN meni seuraamaan polttoa näkölasista. Kattilan käyttöohjeissa kielletään ehdottomasti oleskelu kattilan polttimien luona ja savukaasupuolen luukkujen läheisyydessä sytytysketkellä. Näkölasin asentaminen räjähdysluukkuun kuitenkin saattaa houkutellessa rikkomaan ohjetta, koska se mahdollistaa polton seuraamisen. Räjähdysluukun edessä on aina vaarallista olla kattilan ylös- ja alasajojen sekä kattilan käytön aikana.

### **2.4 Töiden johtaminen ja valvonta**

Yritys B:n insinööri MM:n ja alirakoitsijayritys C:n insinööri LL:n mukaan NN esitti, että putkistoon jäänyt liuotinneste puhalletaan tulipesään manuaalisesti. Puhallukseen liittyviä riskejä ei tunnistettu ennalta. Miehet siis eivät huomioineet räjähdysten mahdollisuutta. Kukaan miehistä ei esittänyt, että polttimen öljyliekki olisi sytytetty puhallusta varten uudelleen. Kukaan ei myöskään puuttanut tapahtumiin, vaikka NN meni ohjeiden vastaisesti seuraamaan polttoa räjähdysluukun näkölasista.

### **NN:n työnantajan mukaan**

- tilaajan ja toimittajan kesken oli sovittu toiminnan johtamisesta.
- urakkasopimuksen mukaan laitoksen valmiiksi rakentamisesta ja käyttöönotosta sekä käyttöönoton johdosta vastasi yksiselitteisesti yritys B.

### **2.5 Työtilanne**

Miehet työskentelivät myöhään illalla tehtyään sitä ennen pitkän työpäivän. Työtahti oli koko päivän kiireinen. Nämä tekijät ovat saattaneet osaltaan vaikuttaa päätöksiin ja toimintaan tapaturmatilanteessa.

Mittauksiin oli varattu myös varapäivä. Onnistuneiden mittauksien jälkeen miehet halusivat kuitenkin saattaa työnsä loppuun jo samana päivänä.

### **3. VASTAAVIEN TYÖTAPATURMIEN TORJUNTA**

#### **3.1 Teknisten järjestelmien suunnittelu**

Teknisten järjestelmien suunnittelussa pitäisi ensisijaisesti pyrkiä poistamaan toiminnasta aiheutuvat vaarat ns. luontaisesti turvallisten suunnitteluperiaatteiden mukaisesti.

Koneen tms. teknisen järjestelmän toimintaa ohjaavalla henkilöllä pitää olla jatkuvasti käytettävissään tieto järjestelmän turvallisuuden tasoon vaikuttavista tekijöistä ja niissä tapahtuvista muutoksista. Liuotinlinjaa ja poltinta valvomosta käsin ohjaavalla henkilöllä pitää olla tietoinen kaikkien linjaan kuuluvien venttiilien asennosta ennen linjan sisällön puhallusta tulipesään. Järjestelmän pitäisi myös automaattisesti valvoa, että venttiilien asennot vastaavat käyttötilanteen vaatimuksia, ja huomauttaa ristiriidoista prosessin valvojalle. Puhalluksen epäonnistuminen merkitsee aina poikkeamaa rutiinitoiminnasta. Häiriötilanteen poistoon liittyviä toimintoja ja niihin liittyviä riskejä on vaikeampi ennakoida kuin rutiininomaisiin työtehtäviin liittyviä tilanteita.

Teknisten järjestelmien suunnittelijoiden pitäisi aina myös pyrkiä teknisesti estämään vaaraa aiheuttavien toimintojen suorittaminen. Mikäli tämä ei ole mahdollista, pitää vaaraa synnyttävistä toiminnoista aiheutuvat seuraukset pystyä alentamaan hyväksyttävälle tasolle. VOC-käsittelylaitoksen ja siihen liittyvien teknisten järjestelmien suunnittelussa pitäisi pyrkiä teknisiin ratkaisuihin, jotka käytännössä estävät normaalikäytössä liuotinlinjan puhalluksen sammutettuun tulipesään. Puhalluksen epäonnistuessa putkistoon jäävän liuottimen määrä ja siitä mahdollisesti aiheutuvan räjähdysvoimakkuus voidaan puolestaan minimoida sijoittamalla venttiilit lähemmäs kattilaa.

Kattilaräjähdysriskin on suurimmillaan laitoksen alas- ja ylösajon yhteydessä,

mutta mahdollinen myös käytön aikana toimintahäiriön tai muun syyn vuoksi. Teknisten järjestelmien suunnittelussa pitäisi ennakoita vaarallinen inhimillinen toiminta, ja pyrkiä kaikin mahdollisin keinoin välttämään ratkaisuja, jotka saattavat osaltaan ohjata vaarallisiin toimintatapoihin. Näkölasin sijoittaminen räjähdysluukkuun saattaa houkuttaa seuraamaan polttoa ja rikkomaan samalla turvallisuusohjeita. On tärkeää varmistaa, että teknisen järjestelmän ominaisuuksien ja sitä koskevien ohjeiden välillä ei ole ristiriitaa.

Näkölasin sijoittaminen räjähdysluukkuun on vallitseva käytäntö. Polton valvontaan pitäisi kehittää turvallisempia ratkaisuja, jotka eivät edellytä menoa vaara-alueelle. Käytännössä polttoa voidaan valvoa turvallisesti esimerkiksi kameran avulla.

#### **3.2 Töiden suunnittelu, ohjeistaminen, johtaminen ja valvonta**

Työt pitää suunnitella, ohjeistaa, johtaa ja valvoa siten, että niistä ei aiheudu terveyden menettämisen vaaraa.

Projekteissa, joihin osallistuu useampia organisaatioita, pitää aina sopia yksiselitteisesti organisaatioiden välisistä rooleista sekä töiden johtamisesta, vastuista ja valvonnasta eri tilanteissa. Organisaatioiden pitää myös riittävällä yhteistoiminnalla varmistaa, että kaikki osapuolet ovat tietoisia eri työvaiheisiin liittyvistä vaaroista. On tärkeää varmistaa, että vastuukysymyksistä on sovittu myös poikkeuksellisten tilanteiden osalta ja että sopimuksia noudatetaan myös käytännössä. Sovittaessa töiden johtamisesta ja valvonnasta on huomioitava myös niihin liittyvät pätevyysvaatimukset.

Eri työvaiheista on laadittava yksiselitteiset ja kattavat työohjeet, ohjeistettava ne kaikille toimintaan osallistuville ja varmistuttava siitä, että kaikki ovat myös ymmärtäneet ohjeistuksen. Turvallisuuden kannalta kriittisten toimintojen osalta on esitettävä eri tekijöiden tilan tarkistamista

koskevat kriteerit, joiden perusteella toimintaa voidaan jatkaa. Ohjeita laadittaessa on huomioitava myös mahdolliset poikkeamat suunnitelluista työmenetelmistä. Koneiden yms. teknisten järjestelmien osalta on laadittava ohjeet koko elinkaaren ajalla tapahtuvien toimintojen osalta.

Työntekijöiden on noudatettava heille annettuja ohjeita ja määräyksiä. Työnantajan ja yhteisellä työpaikalla pääasiallista määräysvaltaa käyttävän työnantajan on valvottava, että näin myös tapahtuu. Samalla on tärkeää kartoittaa käytännössä omaksutut työkäytännöt ja niihin liittyvät riskit. Havaittuihin epäkohtiin pitää puuttua välittömästi.

Työnantajan ja yhteisellä työpaikalla pääasiallista määräysvaltaa käyttävän työnantajan on otettava huomioon työn edellyttämät ja turvallisuuteen vaikuttavat työntekijöiden pysyvät ja tilapäiset henkilökohtaiset edellytykset. Tällöin on arvioitava myös työolosuhteiden ja aikataulujen vaikutukset työntekijöiden jaksamiseen ja tarkkaavaisuuteen.

### **3.3 Riskien arviointi**

Eri työvaiheisiin liittyvien riskien arviointi on töiden ja teknisten järjestelmien turvallisuus-

suunnittelun ja ohjeistuksen perusedellytys. Riskejä arvioitaessa on huomioitava kaikki mahdolliset työvaiheet ja -tilanteet. Teknisten järjestelmien osalta on huomioitava koko järjestelmän elinkaari, ml. järjestelmän asennus- ja käyttööottovaiheeseen liittyvät toiminnot. Myös häiriötilanteiden aiheuttamat rutiinista poikkeavat työvaiheet ja mahdollinen ohjeiden vastainen toiminta pitää huomioida. On suositeltavaa, että riskien arviointiprosessissa ovat edustettuina kaikki työvaiheisiin osallistuvat tahot ja työntekijät.

Töiden ja teknisten järjestelmien turvallisuus pitää aina pyrkiä varmistamaan ns. luontaisesti turvallisten ratkaisujen avulla. Vaarat pitää pyrkiä poistamaan tai vähentämään niistä aiheutuvia riskejä ensisijaisesti teknisesti. Teknisten turvallisuusratkaisujen toteuttamisen jälkeen jäävistä riskeistä pitää lisäksi varoittaa kaikkia vaaroille altistuvia henkilöitä. Pelkillä varoituksilla ja turvallisuusohjeilla ei koskaan saa korvata olosuhteisiin soveltuvia ja käytettävissä olevia teknisiä turvallisuusratkaisuja.

#### **Lisätietoja**

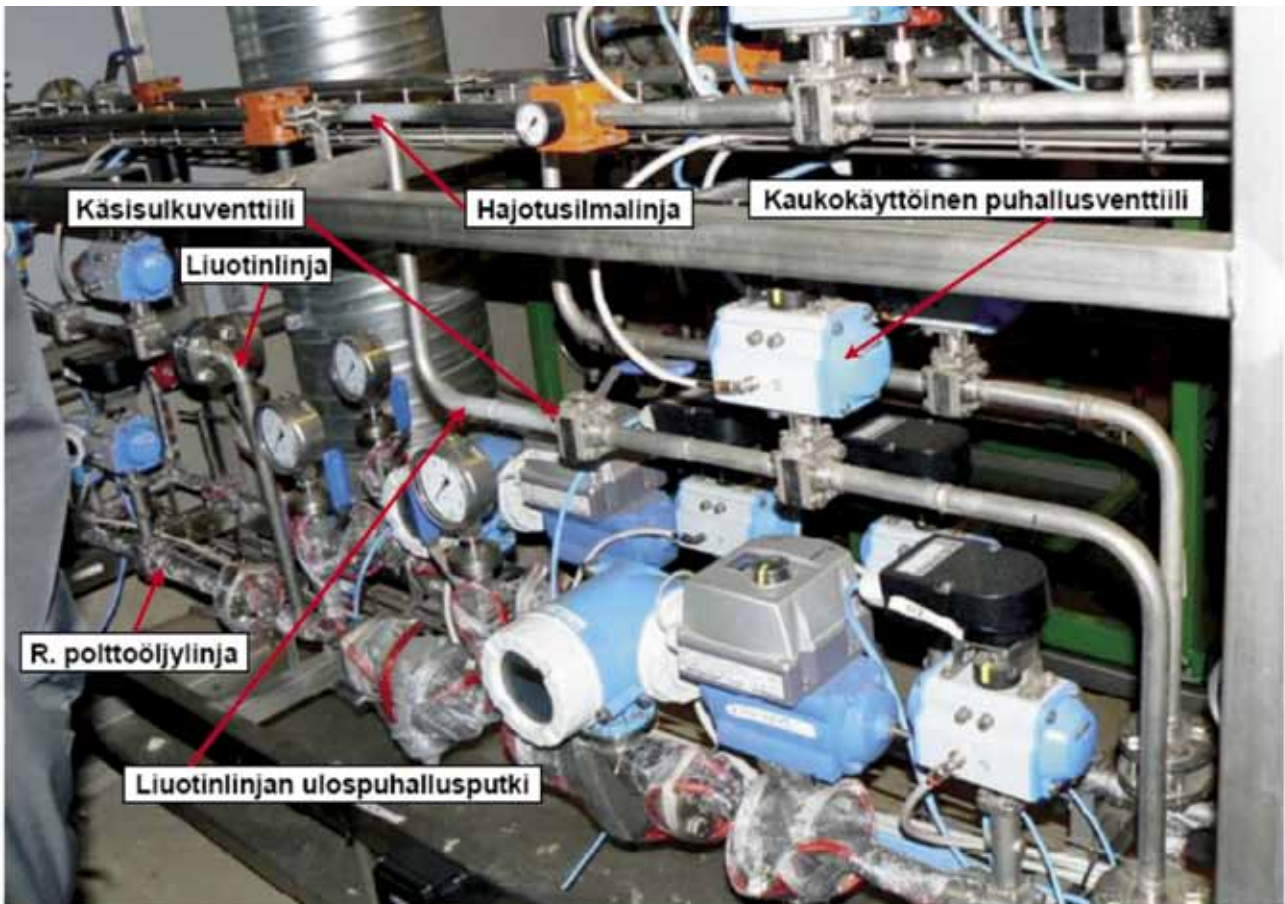
- Turvatekniikan keskuksen onnettomuustutkintaraportti dnro 4006/06/2007.

---

Raportti on hyväksytty TVL:n tutkimusjohtokunnan kokouksessa 17.12.2009.

Tässä tutkintaraportissa esitetään tutkintaryhmän käsitys tapaturmaan johtaneiden tapahtumien kulusta ja tapaturmatekijöistä sekä suositukset vastaavien tapaturmien torjuntatoimenpiteistä.

TOT-tutkinnan ja -raportin tarkoituksena on työtapaturmien torjunnan tehostaminen. Raportin tarkoituksena ei ole ottaa kantaa eri osapuolten syyllisyyteen eikä vastuisiin.

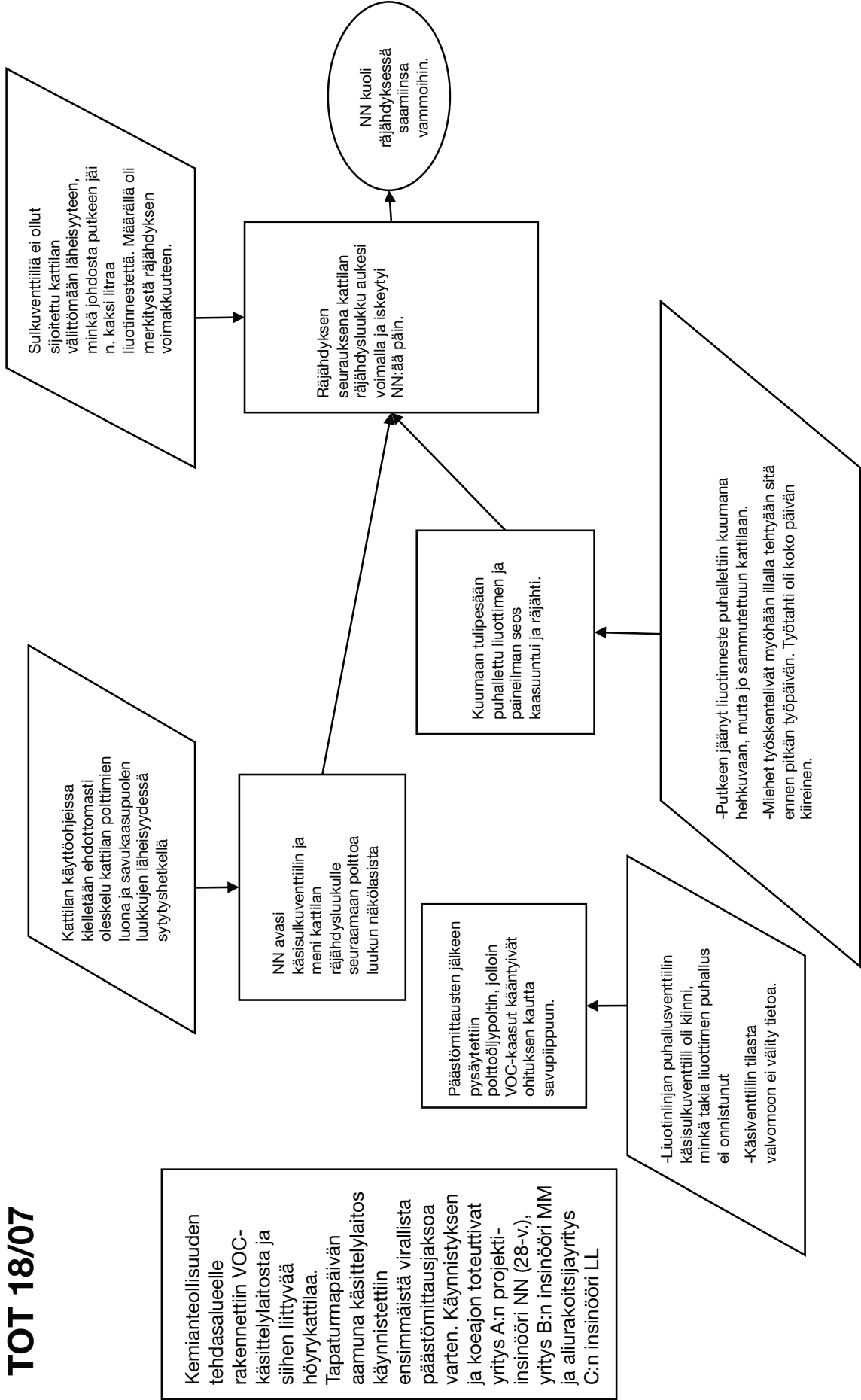


**Kuva 1.** Liuotinlinjan ulospuhalluslinja (kuva kopioitu Turvatekniikan keskuksen onnettomuustutkintaraportista 4006/06/2007).



**Kuva 2.** Höyrykattila poltinpäädyn puolelta (kuva kopioitu Turvatekniikan keskuksen onnettomuustutkintaraportista 4006/06/2007).

# TOT 18/07



# Omia muistiinpanoja:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Vapaasti kopioitavissa. Lähde: TVL/TOT 2007

## Tapaturmavakuutuslaitosten liitto

Yhteyshenkilöt ja lisätietoja tapauksesta:

Työturvallisuusjohtaja Mika Tynkkynen, p. 09-680 40 384, [mika.tynkkynen@vakes.fi](mailto:mika.tynkkynen@vakes.fi)

Työturvallisuustutkija Janne Sysi-Aho, p. 09-680 40 385, [janne.sysi-aho@vakes.fi](mailto:janne.sysi-aho@vakes.fi)

Erikoistutkija Hannu Tarvainen, p.09-680 40 388, [hannu.tarvainen@vakes.fi](mailto:hannu.tarvainen@vakes.fi)

Tilaukset ja osoitteenmuutokset: Palveluassistentti Arja Rautiainen, 09-680 40 380, [arja.rautiainen@vakes.fi](mailto:arja.rautiainen@vakes.fi)