

Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT)



19/99

Kemianteollisuus

Kemian tehtaan polyolefiinikoelaitoksella oltiin irrottamassa prosessiventtiiliä. Venttiili oli kiinni rengasmaisessa putkessa eli ns. loop-reaktorissa. Venttiiliä irrotettaessa ulospurkautuva paineellinen propeeni syttyi välittömästi. Palava propeenisuihku vahingoitti vakavasti suoraan liekin suunnassa ollutta instrumenttiasentajaa, joka menehtyi vammoihinsa neljän päivän kuluttua. Toinen venttiiliä irrottaneista operaattoreista sai palovammoja kasvoihinsa ja ylävartaloon. Reaktorin typetys ei ollut onnistunut, koska kaksi käsiventtiiliä propeenisyöttölinjassa oli jäänyt sulkematta.

TAPATURMAVAKUUTUSLAITOSTEN LIITTO

1. TAPAHTUMIEN KULKU

1.1 Koetehdas

Kemian tehtaalla sijaitseva koetehdas käsittää kaksi reaktorilinjaa. Toisessa A-linjaksi kutsutussa suoritetaan eteenin polymerointiin liittyviä koeajoja ja toisessa (B-linja) ajetaan propeenin polymerointiin liittyviä kokeita. Koelinjojen kapasiteetti on noin 50–100 kg/h polymeeriä, mistä johtuen laitteet ja putket ovat pienikokoisia.

Molemmat koelaitokset sijaitsevat samassa tilassa, joka on noin 25 metriä korkea, kahdelta suunnalta avoin teräsrakenteinen rakennus. Molemmat yksiköt ovat pääpiirteissään rakenteeltaan ja kooltaan samanlaisia. Kummankin yksikön yksi päälaitteista on ns. loop-reaktori. Se on rakenteeltaan putkesta rakennettu rengas, jossa on kiertopumppu ylläpitämässä polymeroituvan monomeerin, katalyytin, lisäaineiden ja/tai mahdollisen väliaineen kiertoa ja sekoittumista.

Koelaitoksilla suoritetaan eteenin ja propeenin polymerointiin liittyviä koeajoja, joissa tutkitaan mm. uusia katalyyttejä, lisäaineita, ajotapoja ja prosessiolosuhteita. Toiminnan luonteesta johtuen kummankin linjan laitteita joudutaan purkamaan ja kokoamaan täysmittakaavasiin tuotantolaitoksiin verrattuna hyvin usein, koska koeajot tapahtuvat usein ääriolosuhteissa tai koeajoilla määritellään missä ääriarajat ovat. Laitteisiin joudutaan myös koetoiminnasta johtuen tekemään hyvin usein muutoksia.

1.2 Töiden organisointi

Koetetaan päällikön alaisuudessa on käyttömestari SS, A-reaktorista vastaava käyttöinsinööri RR ja B-reaktorista vastaava käyttöinsinööri PP ja kunnossapitoinsinööri TT. Koetehdas toimii keskeytymättömässä kolmivuorotyössä. Kussakin vuorossa työskentelee viisi henkilöä. Vuorossa työskentelevien esimies on käyttömestari SS. Vuoron sisäistä toimintaa koordinoi ns. vuoronvastaavana vanhempi operaattori.

Käyttömestari SS ja käyttöinsinööri RR ja PP käyvät vuorojen kanssa läpi koetetaan senhetkisen tilanteen ja suunnitellut koeajot, selvittävät koeajojen yhteydessä ilmenneet häiriöt ja vuoromiehet tekevät myös vähäisiä korjaustöitä. Työohjeita on annettu myös suullisesti ja vuoroille on muodostunut käytäntö siitä, miten eri tilanteissa toimitaan. Työlupamenettelyä ei ole vuorojen

itse tekemissä kunnossapito-, häiriönpoisto- tai ylläpito-tehtävissä.

Koetehdasta ajetaan normaalitilanteessa ohjaamosta. Laitoksen käynnistyksen ja pysäyttämisen yhteydessä osa toiminnoista tehdään käsin. Automatiikkaa käytetään alajajoissa suojaus- ja lukitustoimintojen kautta. Hätäalajajo tehdään ohjaamosta tai kentältä. Suojaus- ja lukitustoiminnon kautta tapahtuvassa automaattisessa alajajossa avautuu tyhjennysventtiili (ns. dump-venttiili) soihutuun ja automaattiset syöttöventtiilit sulkeutuvat. Kun reaktori halutaan paineistaa uudestaan, dump-venttiili suljetaan käsikytkimellä ohjaamosta. Ko. toiminta avaa automaattisesti syöttöventtiilit. Kun reaktori halutaan valmistaa hiilivetyvapaaksi avauskuuntoon, on tärkeää, että kaikki käsiajoventtiilit, joita on noin 20, on tietoisesti etukäteen suljettu.

Koetetaan reaktoreiden alajajoissa laitteistosta poistetaan tyypettämällä palo- ja räjähdysvaara. Ohjeena on, että työt tehdään 5–6 kertaa ennen yhteyksien avaamista reaktoriin. Käytännössä työtystä oli kuitenkin tehty vain kolme kertaa. Yksi työtystä kesti noin yhden tunnin.

1.3 Tapaturma

Tapaturmahetkellä vuorotöissä oli neljä henkilöä, koska yksi työntekijä oli sairaslomalla. Työvuorossa työskentelivät operaattorit JJ, KK, LL ja MM, joista MM työskenteli normaalisti toisessa vuorossa. Kaikki operaattorit pystyivät tekemään sekä ohjaamossa että kentällä olleita töitä ja tehtävien kierrätys oli käytössä. A-reaktorilla työskenteli samaan aikaan päivävuorossa myös instrumenttiasentaja NN. Hän oli lopettamassa työpäiväänsä ja siirtämässä työkalujaan nosturilla alas.

Noin 10 minuuttia työvuoron alkamisen jälkeen B-reaktorissa havaittiin äkillinen paineennousu ja automatiikka ajoi reaktorin alas. Paineen äkillisen nousun syy oli tukkeuma reaktorin ulosottojärjestelmässä. Syynä tähän oli joko tukkeutunut reaktorin ulosottoventtiili, joka sijaitsee loop-reaktorin yläosassa tai tukos venttiilin jälkeisessä ulosottoputkessa. Ulosottojärjestelmän tukkeuman todennäköinen syy on ollut reaktorin ulostuloa vastaanottavan flash-säiliön täytyminen. Flash-säiliön tyhjentymistä ohjaava logiikkajärjestelmä (sekvensi) oli unohdettu käynnistä.

B-reaktorin alajajon jälkeen käyttömestari SS piti vuoron kanssa palaverin. Todettiin, että B-reaktorissa oli tukkeutuneen venttiilin lisäksi pari rikkoutunutta pumpua ja muutakin korjattavaa. Päätettiin, että B-reaktori työtetään ja valmistellaan avausta ja korjaustöiden

suorittamista varten. Lisäksi käyttöinsinööri RR totesi, että A-linjan ylösajo on tärkeysjärjestyksessä ensimmäisenä, koska B-linja oli jo alhaalla.

Töiden valmistelu ja työnjako sovittiin valvomossa. LL jäi valvomoon JJ:n kanssa. MM ja KK olivat valmistelemassa B-reaktorille avausta edeltäviä tyyteksiä ja tukkeutuneen venttiilin purkamista. Priorisoinnin selvittyä MM siirtyi A-reaktorille valmistelemaan sen ylösajoa. Jonkin ajan kuluttua JJ lähti B-reaktorille irrottamaan kiinni juuttunutta venttiiliä KK:n avuksi.

Kun B-reaktori oli tyytetty kolme kertaa, KK aloitti tukkeutuneen venttiilin irrottamisen. Venttiilin kiinnitysmutterit poistettiin. JJ tuli tällöin apuun ja yritti saada venttiiliä irti vetämällä, mutta se ei irronnut. Tämän jälkeen JJ potkasi venttiiliin, jolloin se irtosi ja lensi lattialle.

B-reaktori ei ollutkaan tyhjä ja paineeton. Siellä oli paineenalaista propeenaa, joka purkautui venttiilin irtoamisen myötä räjähdysmäisesti ulos syttyen noin 5 metriä pitkäksi tulisuihkuksi (tehoa 6,7 MW). Propeeni ehti palaa noin neljän minuutin ajan, ennen kuin LL:lle ja RR:lle selvisi kokonaistilanne ja palon varsinainen syy. Tämän jälkeen he ajoivat B-reaktorin turvalliseen tilaan hätä-seis-toiminnoilla ja katkaisemalla propeenin tulon.

Tulisuihku osui suoraan viereisellä A-reaktorilla työskennelleeseen NN:ään. NN oli venttiilistä noin 5 metrin päässä. NN pakeni vaatteet palaen pystysuoria hätäpoistumistikkaita noin 20 metrin matkan maahan. Siellä hänet ohjattiin hätäsuihkuun. Irronneen venttiilin vieressä olleelta operaattori JJ:ltä paloivat ylävartalo ja kasvot. Hän pääsi pakenemaan portaita pitkin alas. KK ja MM tulivat alas toisia portaita pitkin.

Instrumentiasentaja NN menehtyi saamiinsa vammoihin neljän päivän kuluttua. Hän oli 46-vuotias. JJ palasi sairauslomalta työhön noin kolmen viikon kuluttua.

2. TAPATURMAAN JOHTANEET TEKIJÄT

Räjähdysmäinen tulisuihku

Tapaturman aiheutti paineenalaisena olleen propeenin purkautuminen ilmaan ja sen syttyminen palamaan räjähdysmäisesti. Suuritehoinen tulisuihku osui suoraan NN:ään.

Ulosottojärjestelmä tukkeutui

B-reaktorin ulosottojärjestelmässä ollut venttiili tukkeutui aiheuttaen paineen nousun ja järjestelmän hätäalajakon. Tämä johtui siitä, että Flash-säiliön tyhjentyemisprosessia ei oltu käynnistetty, jolloin säiliö oli tapaturmahetkellä täynnä.

Puutteita suojauslogiikassa

Suojauslogiikka toimi siten, että dump-venttiilin sulkeminen avasi automaattisesti syöttöventtiilit jättäen turvallisuuden sen varaan, että operaattorit muistivat sulkea kaikki käsiajoventtiilit. Koetehtaan toiminnasta oli tehty HAZOP-riskianalyysi koko B-linjan osalta vuotta aiemmin. Kaikki tässä analyysissä havaitut riskit yhtä lukuun ottamatta ehdittiin poistaa ennen tätä räjähdystä. Jäljelle jäänyt riski ei liittynyt B-reaktoriin.

Kaksi käsisulkuventtiiliä oli auki

Loop-reaktorin kiertopumpun huuhtelupropeenilinjan käsisulkuventtiilit olivat sekä syöttöpumpulta että reaktorin vierestä vahingossa jääneet sulkematta. Dump-venttiilin sulkemisen jälkeen propeenaa virtasi avonaisen huuhteluventtiilin kautta reaktoriin. Propeenin virtaamista ei huomattu. Propeenaa virtasi reaktoriin kunnes propeenin paine oli 27 bar.

Sulkuventtiilit eri kerroksissa

Käsisulkuventtiilit (noin 20 kpl) sijaitsivat eri kerroksissa, joten niiden havainnointi ja kaikkien tarpeellisten venttiilien sulkeminen vaatii huolellisuutta.

Virheellinen näyttöarvo

Reaktorin huuhtelupropeenin virtaus näytti ohjaamon virtausmittarin mukaan olleen nolla, vaikka se oli 525 kg/h. (Tämä todettiin myöhemmin toisesta mittarista.) Huuhtelupropeenin virtausmäärä oli tavallisesti alle 10 kg/h ja sen mittaustulos oli maksimissaan 80 kg/h. Virtausmäärän ollessa yli 80 kg/h, näyttö ei enää reagoinut virtausmäärään ja näytti nollaa. Jälkeenpäin todettiin, että propeenin paine oli venttiilin irrotushetkellä 27 bar.

Näyttöjen toiminta oli jo aiemmin kesällä todettu hitaaksi ja ajoittain huonolaatuiseksi. Työntekijät olivat jo silloin ehdottaneet tähän parannuksia.

Erilaiset organisaatiot yhdistettiin

Koetehtaan rakentamisen yhteydessä yhdistettiin kahden eri organisaation samantyyppiset toiminnot yhdeksi organisaatioksi. Koetehtaiden käyttö perustui työntekijöiden ammattitaitoon, omaksuttuun työtapaan ja suulliseen tietoon. Tämän takia B-reaktorin toimintaa varten ohjeistus oli puutteellista. Työntekijöiden työtavat erosivat toisistaan mm. alajakotilanteessa käsiventtiilien käytön osalta. Erilaisilla toimintatavoilla saattoi olla ratkaiseva merkitys tapaturmatilanteen muodostumisesta.

Kiireen tunne taustalla

Koetehtaan työt määräytyvät tutkimuskeskukselta tulevien tarpeiden mukaisesti. Työntekijät olivat kokee-neet, että työssä oli ainainen kiire ja ajoja pitäisi tehdä nopeammin. Vuoron jäsenten lukumäärä oli mitoitettu viideksi henkilöksi, mutta käytännössä työtä jouduttiin tekemään neljällä henkilöllä. Tehdyssä haastattelussa tuli esille, että töitä oli ajoittain jouduttu tekemään jopa kolmella työntekijällä.

3. VASTAAVIEN TYÖTAPATURMIEN TORJUNTA

3.1 Suojauslogiikan kehittäminen

Automaattiset suojaus- ja lukitustoiminnot on olennainen osa kemiallisen prosessin turvajärjestelmää. Suojauslogiikka tulee rakentaa sellaiseksi, että koelaitoksen muihin toimintoihin ei aiheudu vaaraa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää vaarallisen energian vapautumisen estämiseen valvomalla mm. syöttö- ja ulostuloventtiileiden toimintaa ehdottoman luotettavasti. Automaattisen valvontajärjestelmän mahdollinen vikaantuminen on otettava huomioon. Jos riskit ovat suuret, vikaantuminen tulee havaita ennen seuraavaa toimintoa, jonka jälkeen prosessin tulee automaattisesti ohjautua turvalliseen tilaan. Suojaus- ja lukitustoiminnoissa olevat automaattiventtiilit tulee kuitata ennen niiden avaamista. Jos laitoksen turvalliseen tilaan saattamisessa on mukana manuaalisia toimintoja, ne tulee aina ohjeistaa kirjallisesti ja tehdyt toiminnot tulee tarkastuksen helpottamiseksi kirjata ylös.

3.2 Ohjaamotoimintojen parantaminen

Ohjaamossa työskentelevillä operaattoreilla tulee olla mahdollisuudet ja valmiudet työtehtäviensä hallintaan. Ohjaamon valvontalaitteiden tulee toimia luotettavasti ja selkeästi siten, ettei prosessista tulevia tietoja ole mahdollista tulkita väärin. Alas- ja ylösajotilanteet ovat usein riskitilanteita, jolloin ohjaamossa tulee olla riittävä miehitys. Ohjaamossa tulee olla selkeästi nähtävillä tieto kaikkien toimilaitteiden toiminnasta ja tilasta. Järjestelmää kuvaavat asiakirjat ja ohjeet tulee pitää ajan tasalla.

3.3 Korjaustöiden turvallisuus

Koelaitoksen kunnossapito- ja ylläpitotyöt sekä häiriöiden poistaminen tulee tehdä siten, ettei vaaranneta omaa tai toisen lähistöllä työtä tekevien terveyttä ja turvallisuutta. Kirjalliset ohjeet ja tarkistuslistat parantavat turvallisuutta ja usein myös helpottavat harvoin

toistuvien töiden suunnittelua ja toteutusta. Työlupamennettelyä tulee myös harkita vuoron harvoin itse tekemiin kunnossapito-, häiriönpoisto- tai ylläpitotehtäviin, joissa on suuria riskejä. Kun koetehtaan reaktoreiden alasajossa laitteistosta poistetaan tyettämällä palo- ja räjähdysvaara, tulee tytetuskertojen lukumäärä sopia etukäteen eikä niitä tule vähentää missään olosuhteissa.

3.4 Prosessiventtiilien asennus

B-reaktorin venttiilit, jotka joudutaan tarvittaessa sulkemaan käsin alasajon yhteydessä, tulisi sijaita mieluummin samassa paneelissa. Tällöin niiden käyttö ja käytön valvonta helpottuu lisäten siten prosessiturvallisuu-tta. Venttiili sekä myös putkistot tulisi merkitä selkeästi ja pysyvästi sekaannusten välttämiseksi.

3.5 Turvallisuustoiminnan ja ammattitaidon kehittäminen

Vuoron tehtävät ja vastuut omista työnjärjestelyistä tulee olla selvillä kaikille vuoron jäsenille. Erityistä huomiota tulee kiinnittää tilanteisiin, joissa vuoro joutuu toimimaan alimiehitettynä tai kun sitä on vahvistettu tilapäisesti toisen vuoron työntekijällä.

Jos vuoroihin valitut työntekijät tulevat eri organisaatioista ja heidän toimintatapansa poikkeavat toisistaan, tulee tämä ottaa huomioon koulutus- ja sisäajajovaiheessa.

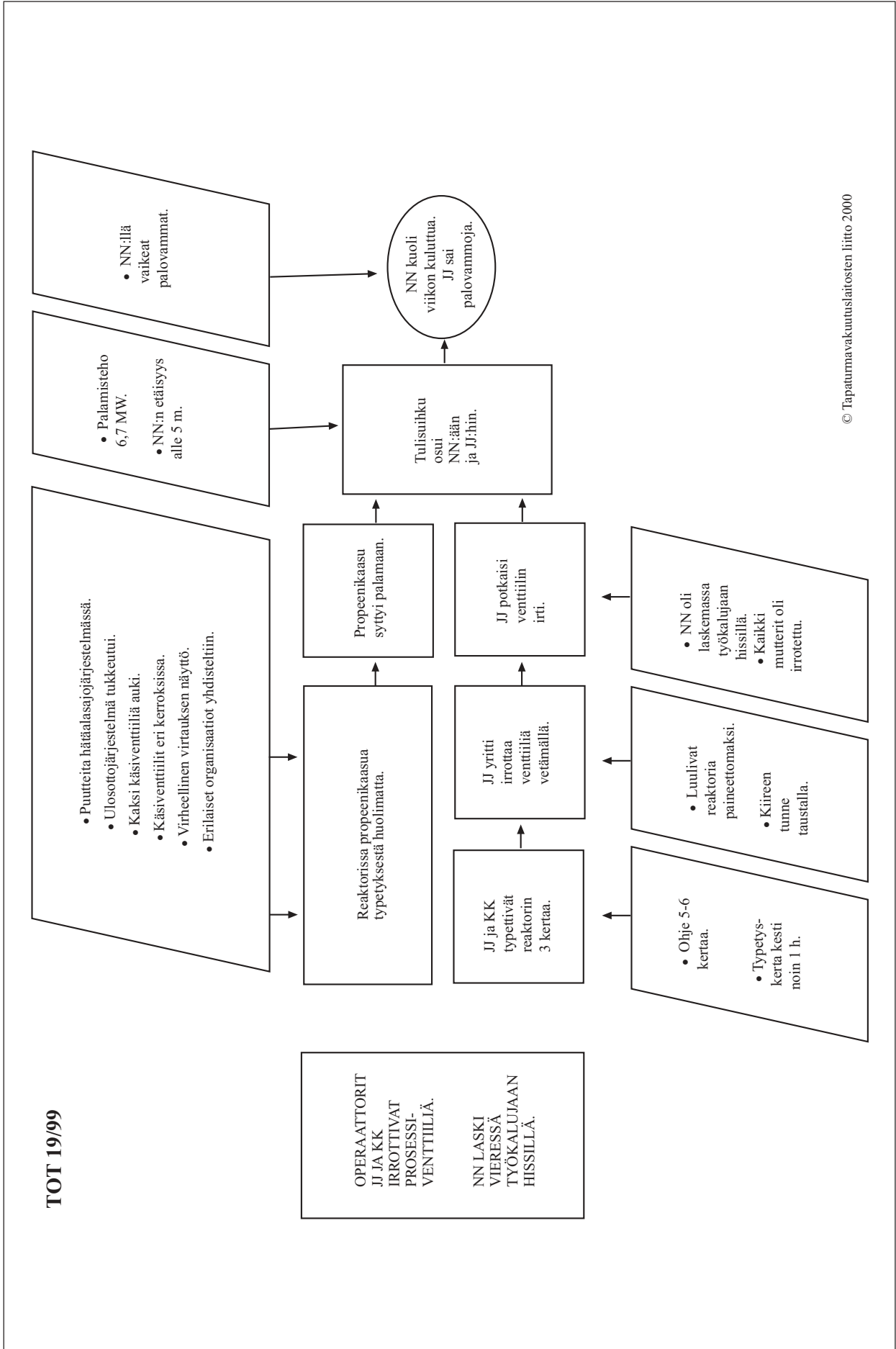
Työnantajan tulee myös selkeästi määritellä linjaorganisaation työturvallisuusvastuut ja toimivaltuudet sekä antaa opetusta ja ohjausta turvallisuuden hallinnasta koko henkilöstölle.

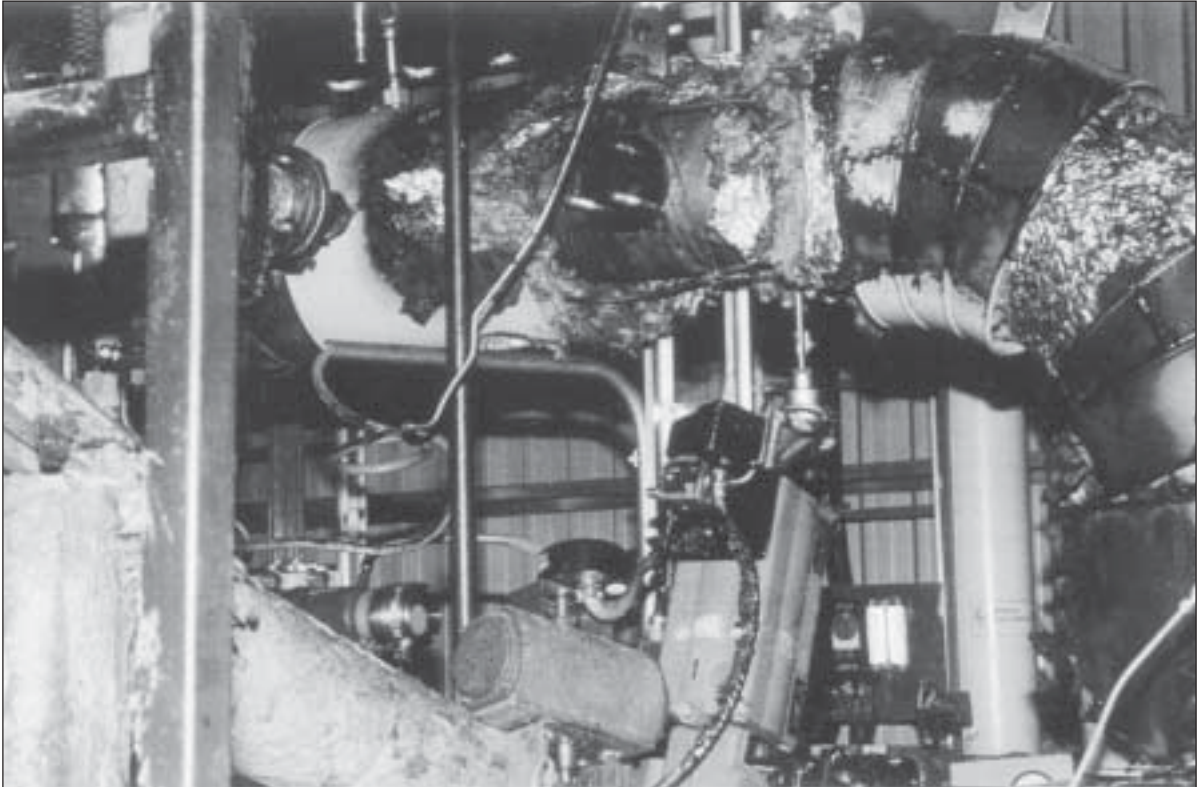
3.6 Muutosten hallinta ja toiminnan varmistaminen

Työpaikalla tulee olla ajan tasalla olevat turvallisuus-, käyttö- ja huolto-ohjeet, joihin työntekijät tulee perehdyttää. Kun koetehtaalla tehdään prosessiin muutoksia, tulee ne myös ottaa huomioon päivittämällä ohjeet. Muutosten suunnittelun yhteydessä tulee myös ennakoida niiden vaikutukset työturvallisuuteen ja varmistua, ettei työpaikalle synny uusia vaaratilanteita. Käytännössä tämä tarkoittaa koko koetehtaan työturvallisuusriskien jatkuvaa arviointia ja menettelytapojen luomista turvallisen työnteon varmistamiseksi.

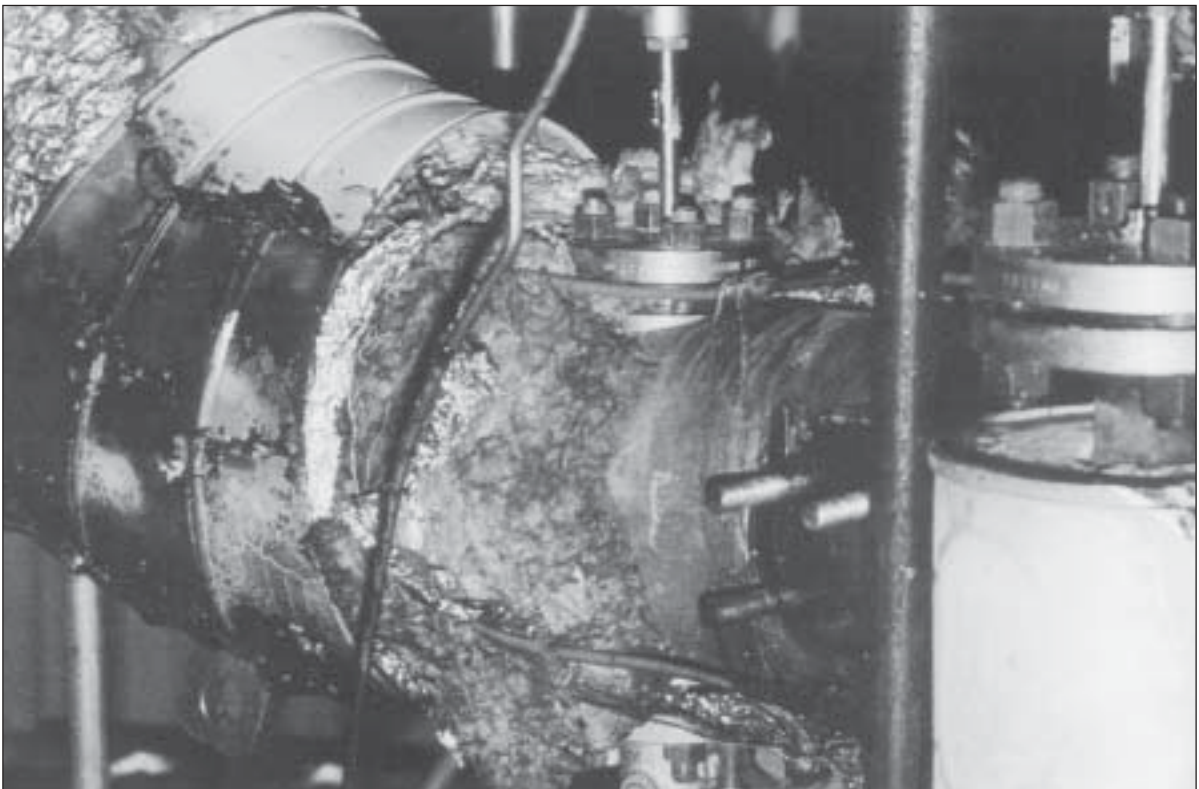
LIITTEET

- Kaavio tapahtumista ja tapaturmatekijöistä
- Valokuvia





Kuva 1. Yleiskuva räjähdyskohdasta.



Kuva 2. Irrotetun venttiilin kiinnityskohta ja aukko, josta tulisoihntu purkautui.



Kuva 3. Yleiskuva tulisoihdun aiheuttamista jäljistä. Oikeassa yläkulmassa näkyy osittain sulanut kaapelihyly.



Kuva 4. Hoitotasolle pudonnut NN:n vaurioitunut kypärä.

TAPATURMAVAKUUTUSLAITOSTEN LIITTO

Bulevardi 28, 00120 Helsinki • Puhelin (09) 680 401 • Faksi (09) 6804 0389

Lisätietoja: Osastopäällikkö Hannu Tarvainen, puh. (09) 6804 0388 tai työturvallisuusinsinööri
puh. (09) 6804 0377 • **Tilaukset:** Osastosihteeri Terttu Kumlin, puh. (09) 6804 0385

Sähköposti: etunimi.sukunimi@vakes.fi

<http://www.tvl.fi>