

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

Dnro 4569/06/2005

**Happipullon räjähdysmäinen palo Messer Suomi Oy:n täyttölaitoksella Tuusulassa
10.11.2005**

Tutkijaryhmä:

**Tina Sammi
Camilla Rapp
Jaana Salo**

Sisällysluettelo

1.	Yleiskuvaus onnettomuudesta.....	5
2.	Täyttölaitoksen kuvaus	6
2.1.	Yleistä	6
2.2.	Pullojen käsittely ja täyttö	6
2.3.	Täyttölaitteiston teknisiä tietoja	8
2.4.	Happitäyttörampin valvonta- ja varolaitteet	8
2.5.	Koulutus	9
3.	Hapen ominaisuudet.....	10
4.	Onnettomuustiedot	12
4.1.	Tapahtumat ja olosuhteet onnettomuuspäivänä	12
4.2.	Palo- ja pelastustoimenpiteet	13
5.	Onnettomuuden tutkinta.....	14
5.1.	Tutkimusmenetelmät.....	14
5.2.	Havainnot välittömästi onnettomuuden jälkeen.....	14
5.3.	Teetettyjen tutkimusten tulokset	18
5.4.	Adapterin ja pulloventtiilin valmistajalta saadut tiedot	24
6.	Tutkinnan tulokset	26
6.1.	Täyttölaitoksen toistuva toimintahäiriö	26
6.2.	Onnettomuuden syntyyn vaikuttavien mahdollisuuksien arviointi.....	28
7.	Yhteenveto onnettomuuden syistä	34
8.	Säädökset ja määräykset	36
8.1.	Laitosta koskevat luvat ja tarkastukset.....	36
8.2.	Toimintaperiaateasiakirjan turvallisuusasioiden toteutuminen.....	36
8.3.	Toiminnan valvonta	38
8.4.	Työturvallisuutta koskevat määräykset.....	39
8.5.	Laitteiden ja asennusten määräystenmukaisuus.....	40
9.	Ehdotukset vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi	42

Liite 1 Tutkijaryhmän nimittämiskirje

Liite 2 VTT:n tutkimusselostus nro VTT-S-05447-06, 16.06.2006, Happipullon vauriotutkimukset

ONNETTOMUUSTUTKINNAN TIIVISTELMÄ

Onnettomuustapaus	Yksi työntekijä sai vakavia palovammoja, kun täyttölaitoksella happipullo paloi hartiaosasta räjähdysmäisesti.
Tapahtuma-aika	10.11.2005 klo 9.02
Tapahtumapaikka	Messer Suomi Oy Tuusulan täyttölaitos
Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista (mitä tapahtui, syyt, seuraukset)	<p>Happipullojen täyttö oli onnettomuuden sattuessa lopetusvaiheessa. Pumppu oli pysäytetty ja suojakehikko oli nostettu ylös. Täytettävät happipullot ja täyttöramppi olivat vielä yhteydessä toisiinsa noin 360 barin paineessa. Täyttäjän mitatessa pullojen lämpötilaa täyttymisen varmistamiseksi, syttyi yksi pullo mittauksen alla olevasta pullokorista äkillisesti palamaan suihkuttaen sulaa metallia ympäristöön. Happea pääsi vapautumaan noin 365 m³.</p> <p>Täyttölaitoksella oli kehittynyt ajan myötä toistuva toimintahäiriö, jossa yksittäisiä pulloja alkoi täytyä kesken täyttöprosessin ja osa jäi täyttymättä. Yhtiöllä oli käytössä erilaisia venttiilejä ja adaptereita, jotka eivät aina kunnolla sopineet yhteen. Tämä yhteensopimattomuus oli aiheuttanut tiiveysongelmista täyttörampin adapterin ja pulloventtiilin liitoksen välille. Tutkimuksessa todettiin, että tiiveysongelman ratkaisemiseksi adapterien piikkejä oli lyhennetty. Tällöin osa käytössä olleista pulloventtiilien vastapaineventtiileistä eivät auenneet kunnolla.</p> <p>Paineen noustessa tarpeeksi korkealle, täyttörampissa noin 360 bariin, ja paineetoman pullon ollessa vielä kiinni täyttölinjassa, alkoi pullon äkillinen täytyminen. Paineen purkautuessa täyttörampista pulloon tiiviste rikkoutui ja siirtyi kaasuvirtauksen mukana pulloventtiiliin. Tiivistekappaleet sekä adapterista ja putkistosta peräisin olevat irtopartikkelit sytyttivät hapen vaikutuksesta pulloventtiiliin liitetyn filterin. Palo eteni pullon sisälle. Hapen virratessa suurella nopeudella pulloon, virtaus suuntasi palavan metallisuihkun pullon hartiaan sulattaen sen.</p> <p>TUKESin tutkijaryhmä katsoo onnettomuuden todennäköisesti aiheutuneen teknisten ongelmien sekä yhtiön johtamisjärjestelmässä ja -menettelytavoissa esiintyneiden puutteiden seurauksena. Puutteita ilmeni mm. turvallisten toimintatapojen suunnittelussa, kriittisten työvaiheiden ohjeistuksissa ja ohjeiden noudattamisessa, käyttöturvallisuuteen vaikuttavien teknisten laitteiden kunnossapidossa ja seurannassa, poikkeamatilanteiden hallinnassa ja henkilöstön kouluttamisessa. Lisäksi happeen liittyviä vaaroja ei tiedostettu tarpeeksi hyvin. Onnettomuuden syntyyn saattoi vaikuttaa myös se, että täyttäjällä oli useita tehtäviä samaan aikaan, eikä pullojen täyttymistä voitu kunnolla seurata.</p>
Tutkijaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaavan onnettomuuden ehkäisemiseksi	<p>Tutkimustulosten perusteella TUKESin tutkijaryhmä esittää seuraavia toimenpiteitä, joilla täyttölaitoksen turvallisuutta voidaan parantaa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Täyttöprosessin turvallisuus, käyttövarmuus ja tekniset vaaratekijät arvioidaan systemaattisella riskianalysimenetelmällä. Arvioinnin tulokset huomioidaan toiminnassa. - Läheltä piti- ja vaaratilanteiden ilmoittamista tehostetaan. - Turvallisuusasioita käsitellään säännöllisesti johdon suorittamissa arviointitilaisuuksissa. - Henkilöstön ja johdon tehtävät ja vastuualueet organisaatiossa selkiytetään. - Henkilöstön osaamisvaatimukset määritellään ja koulutukseen liittyviä menettelyitä parannetaan. - Eri työvaiheet ohjeistetaan riittävän yksityiskohtaisesti ja varmistetaan

1. Yleiskuvaus onnettomuudesta

Messer Suomi Oy:n Tuusulan täyttölaitoksella osoitteessa Kalliotie 2 sattui happitäytön lopetuksen yhteydessä happipullon äkillinen vaurioituminen torstaina 10.11.2005 noin klo 9. Vaurioituneen kaasupullon hartia sulii räjähdysmäisesti pois, jonka seurauksena sulaa metallia suihkusi ympäristöön. Yksi työntekijä loukkaantui vakavasti saaden palovammoja yli 50 % ihon pinta-alasta. Osalle muita työntekijöitä aiheutui sairauslomaa tapahtuman psyykkisten vaikutusten vuoksi.

Täyttäjällä oli täyttämässä happipulloja. Pullotäyttö oli loppuvaiheessa, täyttösuojakkeet oli nostettu ylös ja täyttäjällä oli mittaamassa pullojen lämpötilaa pullojen täyttymisen varmistamiseksi, kun onnettomuus tapahtui. Pullon vaurioitumisen ja sitä seuranneen lyhyen tulipalon seurauksena yhden happipullon kaula- ja hartiaosa ja venttiilin alaosa paloivat korkeapaineisen hapen myötävaikutuksesta räjähdysmäisesti suihkuttaen sulaa metallia ympäristöön. Onnettomuudessa vapautui täyttöhalliin happea noin 365 m³.

Aineelliset vahingot rajoittuvat lähinnä tapahtumassa syttyneen venttiilin ja kaasupullon vahingoittumiseen (vahingot alle 30 000 euroa). Tapahtumalla ei ollut vaikutusta ympäristöön. Tapahtumalla ei ollut myöskään vaikutusta tehtaan ulkopuolisiin ihmisiin.

2. Täyttölaitoksen kuvaus

2.1. Yleistä

Messer Suomi Oy Tuusulan täyttölaitoksella pulloetaan teollisuus-, erikois- ja elintarvikekaasuja sekä valmistetaan kuivajäätä. Raaka-aineina tuotteisiin käytetään happea, typpeä, argonia, hiilidioksidia ja heliumia. Kaasujen raaka-aine tuodaan pääasiallisesti Imatran kaasutehtaalta sekä Koskenkorvalla sijaitsevasta hiilidioksidin talteenottolaitoksesta. Pullotus tapahtuu pumppaamalla nestemäistä kaasua höyrytimen lävitse oikeissa seossuhteissa. Kaikki teollisuuskaasut (ilmakaasut) pulloetaan 300 barin paineeseen. Työ tapahtuu kahdessa vuorossa. Täyttölaitoksella työskentelee 6-7 henkilöä klo 6-18 välillä.

Onnettomuusajankohtana täyttölaitoksella oli töissä vakituksena henkilökuntana esimiehenä tehdaspäällikkö, kolme täyttäjää, sisä- ja ulkosortteerauksessa kolme sortteeraajaa sekä logistiikasta vastaavana kuljetusliikkeen palveluksessa oleva henkilö. Täyttölaitoksella oli käytössä liukuva työaikajärjestelmä siten, että aamulla klo 6.00 jälkeen työt aloitettiin, kun laitoksella oli vähintään kaksi yllämainituista henkilöistä paikalla. Illalla klo 18.00 asti oli sama kahden henkilön paikallaolovaatimus täyttölaitoksella.

Täyttölaitoksella täytetään happea kaasupulloihin ja pullopaketteihin. Kaasupullojen täyttö tapahtuu koritäyttönä. Pullokoreihin on lajiteltu kaksitoista erillistä happipulloa. Pullopaketti koostuu kehyksen suojaavasta kokonaisuudesta, jossa kaasupullot ovat lujasti kiinnitetty ja toisiinsa kokoojaputkistolla yhdistetty. Pullopaketissa on yksi tai kaksi pääventtiiliä, joiden kautta täyttö ja tyhjennys tapahtuu.

Valmiit kaasupulloihin pulloitetut tuotteet toimitetaan rekka-autoilla asiakkaille ja myyntipisteille.

Täyttölaitoksella varastoidaan enintään 44 tonnia hapettavaksi (O) luokiteltua happea sekä muita vaaralliseksi luokittelemattomia kaasuja seuraavasti: 16 tonnia typpeä, 35 tonnia argonia ja 26 tonnia hiilidioksidia.

2.2. Pullojen käsittely ja täyttö

Tässä luvussa on kuvattu, miten Messerin oman selvityksen mukaan täyttölaitoksella tulisi toimia.

Täytettävät pullot ovat Messerin omia. Asiakkailta täyttöön saapuvat tyhjästä kaasupullot ja pullopaketit lajitellaan ulkona olevalle varastoalueelle. Uudet pullot ja pullopaketit puretaan varastoalueelle. Uusia pulloja otetaan tarpeen mukaan käyttöön varastopaikasta, jolloin niiden yleiskunto tarkistetaan ja merkitään kaasusisältöä osoittavin tarroin.

Kaasupullot palautuvat yleensä ns. sekakoreina, jolloin pullot siirretään samaa tuotetta sisältäviin koreihin. Kaasupullon seuraava määräaikaistarkastuksen ajankohta tarkastetaan. Jos katsastusaika on mennyt umpeen tai se menee umpeen samana vuonna, siirretään kaasupullo odottamaan katsastukseen lähetystä. Pullon yleiskunto tarkistetaan. Pullon muoto havainnoidaan, kun kaasupulloa rullataan kaasukorin ramppia pitkin alas. Venttiilin sisä- ja ulkopuolelta katsotaan kierteiden virheettömyys ja venttiilin puhtaus. Erittäin likaiset pullot puhdistetaan painepesurilla.

Mikäli pullossa havaitaan esim. naarmuja, palon jälkiä, öljyä tai muuta likaa tai venttiili on vääntynyt, laitetaan pullo sivuun ja tehdaspäällikön tekemän arvioinnin jälkeen lähetetään tarkistettavaksi ja puhdistettavaksi tai pulloon vaihdetaan uusi venttiili.

Täysinäinen kaasupullokori viedään täyttöhalliin odottamaan kaasupullojen täyttöä.

Ennen täyttöä kaasupullokori ajetaan täyttörampille. Venttiilien kunto tarkistetaan silmä-määräisesti (puhtaus, venttiilien kierteiden eheys, venttiilien kaulan suoruus). Jos venttiili ei ole kunnossa, siirretään kaasupullo syrjään kaasupullokorista reklamaatiopullojen kaasupullokoriin. Seuraavaksi venttiiliä aukaistaan hieman varovaisesti jokaisesta pullosta, jotta voidaan todeta venttiilin toimivuus ja jäännöspaine. Jos kaasupullostasta ei tule kaasua ulos, painetaan piikillä jäännöspaineventtiilin jäännöspainepinniä, jolloin jäännöspaine pääsee purkaantumaan kaasupullostasta (n.1,5 bar).

Jos venttiili ei aukea ja mene kiinni normaalisti, se on viallinen ja pullo siirretään reklamaatiopullokoriin. Jos kaasupullossa ei ole jäännöspainetta, täytyy kaasupullo vakumoida ja huuhdella täyttörampissa ilman, kosteuden ja muiden mahdollisten epäpuhtauksien poistamiseksi.

Tämän jälkeen tarkistetaan täyttöletkujen eheys sekä adapterien tiivisteiden eheys ja puhtaus kiinnitettäessä täyttöletkuja kaasupulloihin. Jos havaitaan rikkoutumisia tai epäpuhtauksia, vaihdetaan letku, adapteri tai O-rengas uuteen. Kaasupullojen jäljellä oleva paine päästetään purkautumaan täyttörampin kautta ulkoilmaan. Suojakehikko lasketaan kaasupullojen venttiilien ja täyttöletkujen ympärille.

Kaasutäyttö tapahtuu seuraamalla täyttöpainetta ja kaasupullojen lämpötilaa. Täyttörampeilla on ns. täyttökäyrät, jossa on annettu oikean lämpötilan ja paineen yhdistelmä täytön lopettamiseksi. Happikaasua täytetään niin kauan, että haluttu paine-lämpötila kombinaatio toteutuu eli pullossa on 300 bar 15 asteen lämpötilassa.

Pullojen täyttymistä on seurattava koko täytön ajan. Pullojen painetta seurataan painemittarista ja etäluettavalla lämpömittarilla. Kun oikea paine/lämpötila toteutuu, sammutetaan pumppu. Vuodonääniä on kuulosteltava jatkuvasti. Jos happipullon venttiili tai muut liitokset vuotavat hiljaa, suljetaan kaasupulloventtiilit, kevennetään täyttöletkut ja siirretään kaasupullo ulos turvalliseen paikkaan tyhjentyään. Jos vuoto on suuri (kuuluva suhina), pysäytetään pumput ja siirrytään kohti ulostuloa. Jos vuoto jatkuu suurena, suoritetaan tehtaan hätäpysäytys ja evakuoidaan täyttölaitos. Kun happipitoisuus on laskenut täyttölaitoksella, poistetaan vuoto esim. O-renkaan uusimisella.

Kun pullo on täytetty, avataan suojakehikko ja tarkistetaan kaikkien pullojen loppulämpötila lämpötilamittarilla. Huomattavasti kylmempi pullo pitää poistaa kaasupullokorista täytön jälkeen ja siirtää syrjään odottamaan venttiilin vaihtoa.

Kaasupullojen venttiilit suljetaan ja päästetään letkut tyhjäksi paineesta (putkea pitkin äänenvaimentimen läpi takapihalle). Täyttöletkujen adapterit kierretään varovasti irti kaasupulloventtiilistä, jotta varmistutaan letkujen olevan paineettomia. Letkut irrotetaan kaasupullojen venttiileistä. Pullojen venttiileiden tiiveys varmistetaan samalla tavalla kuin edellisessä kappaleessa on selostettu.

Kaasupullokorin täyttö merkitään täyttökirjanpitoon, joka myöhemmin viedään tietojärjestelmään.

2.3. Täyttölaitteiston teknisiä tietoja

Täyttölaitteistoa ja onnettomuuspulloa koskevia teknisiä tietoja on esitetty taulukossa 1.

Standardin *SFS-EN 849 Kuljetettavat kaasupullot. Pulloventtiilit. Tekniset tiedot ja tyyppitestaus* mukaan pulloventtiilille oli suoritettu happi paineiskutesti koepaineella 360 bar. Pulloventtiiliin oli liitetty filtti: Fosforipronssinen 60 µm sintrattu metallisuodin, jonka sulamislämpötila on n. 900 °C. Filtti ei ollut liitettynä pulloventtiiliin tyyppitestauksessa.

Käytössä olleen täyttöletkun teknisiä tietoja ei ole saatu, yhtiö on tehnyt täyttöletkuille määräaikaistarkastuksia vuoden välein, väliaineena tyyppi ja koepaine 450 bar.

Hapen täyttölaitteiston maksimi käyttöpaine ainakin 400 bar.

Taulukko 1 Onnettomuuspulloa ja täyttölaitteistoa koskevia tietoja

	Kaasupullon tiedot	Pulloventtiilin tiedot	Täyttöadapteria koskevat tiedot
Valmistaja	Worthington Cylinders GmbH, Itävalta	Müller Gas Equipment A/S	Müller Gas Equipment A/S
tyyppi/ valmistusnumero:	6864859	511B0470	431B0761
Tilavuus	50 litraa		
Täyttöpaine	300 bar (15 °C)		
Koepaine	450 bar		
Käyttöpaine		300 bar	
Suurin sallittu käyttöpaine			360 bar
Merkintä ohje, piirustus			300 bar
valmistusaika	04/2005	06/2005	06/2001
	π-merkitty	π-merkitty	

2.4. Happitäyttörampin valvonta- ja varolaitteet

Happitäyttörampiin kuuluu 4 täyttölinjaa, joista kaksi on koreille ja kaksi pullopaketeille.

Painemittareita on yhteensä kuusi, joista kaksi mittaria mittaa painetta laitteessa ennen kuin kaasua jaellaan eri täyttöpäätteille. Näistä toinen mittari on digitaalinen ja toinen analoginen. Analogisessa mittarissa on painerajoitin, joka lähettää signaalin pumpulle paineen ylittäessä 350 barin. Signaalin johdosta pumppu pysähtyy automaattisesti. Lisäksi kaikissa neljässä päätteessä on kussakin yksi mittari. Aina vähintään kolme mittaria näyttää saman arvon. Jos yksi mittari menee epäkuuntoon, huomataan heti, että mittareiden näyttämät arvot eivät täsmää. Pulloissa olevaa painetta seurataan myös mittaamalla pullojen lämpötilaa infrapunalla toimivalla lämpömittarilla.

Lisävarolaitteena happirampissa on varoventtiili, joka sijaitsee pumpun ja ensimmäisen digitaalisen painemittarin välillä. Venttiili päästää rampissa syntynyttä painetta, jos se ylittää n. 400 barin.

Mekaanisena suojana käytetään suojakehikkoa, joka vedetään täytön ajaksi alas niin, että se ympäröi täytettävän pullokorin. Suojakehikko suojaa rampin ympärillä olevia henkilöitä mahdolliselta letkurikoilta täytön aikana.

2.5.Koulutus

Työnantajan ilmoituksen mukaan henkilökunnan koulutus toteutetaan kisälliperiaatteella ja luentoaineistolla. Kisälliperiaatteella toteutettu perehdyttäminen on n. 2 kk, jonka jälkeen täyttäjän katsotaan kykenevän työskentelemään yksin täytössä.

3. Hapen ominaisuudet

Kaasumainen happi (O₂) on väritön, hajuton, mauton ja myrkytön kaasu, jonka tiheys on 1,429 kg/m³. Se ei ole palava kaasu, mutta ylläpitää palamista. Ilmassa hapen pitoisuus on noin 21 %.

Syttymisen edellytykset

Syttymisvaaraa havainnollistetaan usein ns. palokolmiolla, jonka sivut ovat happi, palava aine ja syttymislähde. Kun kaikki kolme tekijää ovat läsnä, kolmio on valmis ja syttyminen voi tapahtua. Vain harvat materiaalit (keraamiset oksidit ja jalometallit) eivät pala hapessa. Käytännössä palokolmion kaksi sivua ovat aina läsnä ja syttymiseen tarvitaan vain syttymislähde. Syttymislähde on ilmiö tai tapahtuma, joka kohottaa hapen kanssa kosketuksessa olevan materiaalin lämpötilaa.

Materiaalit syttyvät itsestään, kun niiden lämpötila on tarpeeksi korkea. Tätä lämpötilaa kutsutaan itsesyttymislämpötilaksi. Syttymislähde luovuttaa materiaalille niin paljon energiaa, että materiaalin lämpötila saavuttaa paikallisesti syttymislämpötilan. Kun happeen kosketuksessa olevan materiaali syttyy tästä kohdastaan, palo tuottaa käytännössä aina niin korkean lämpötilan, että se leviää materiaalissa ja voi myös sytyttää viereiset materiaalit palaamaan.

Kohonnut happipitoisuus ilmassa ja nestehapen vuoto

Hapen pitoisuuden kasvaessa palavat materiaalit syttyvät helpommin ja palavat rajummin. Riittävän suuressa happipitoisuudessa voivat normaalisti palamattomatkin aineet syttyä palamaan. Jos esimerkiksi nestehapetta imeytyy asfalttiin tai muuhun orgaaniseen aineeseen, voi tällainen aine syttyä tai räjähtää ulkoisten tekijöiden, kuten kipinän, kovan iskun tai muodonmuutoksen vaikutuksesta. Hapen aiheuttamat palot johtuvat ilman kohonneesta happipitoisuudesta. Tämä voi aiheutua hapen väärästä käsittelystä, happijärjestelmien huonosta käyttö- ja kunnossapidosta tai väärin materiaalien käytöstä hapen kanssa.

Korkeapainejärjestelmä

Korkeapainejärjestelmissä happi sytyttää paljon helpommin orgaaniset materiaalit ja metallit. Paine vaikuttaa materiaaleihin siten, että itsesyttymislämpötila alenee ja palamisnopeus kasvaa. Seuraavat syttymislähteet ovat aiheuttaneet tulipalon paineellisissa happijärjestelmissä:

- adiabaattisen puristuksen aiheuttama lämpö
- kitka
- mekaaninen isku
- sähkökipinät
- kaasun korkea virtausnopeus ja partikkelien läsnäolo
- turbulenssin aiheuttama lämpö

TUKESin VARO-rekisterin mukaan tyypillisimmät korkeassa paineessa tapahtuneet happionnettomuudet ovat olleet happikaasulinjan tai happikaasupullojen venttiilipalot. Palojen syinä ovat olleet:

- Väärät venttiilimateriaalit.

- Happiletkun vaurioituminen siten, että sisäpuolinen rakenne on kärsinyt. Silloin on voinut muodostua halkeaman ympärille kitkaa, mikä on aiheuttanut kuumentumista ja lopulta letkun syttymisen.
- Letkun murtumakohdassa on tapahtunut repeytyminen ja letku on syttynyt hapen virrassa murtumakohdasta ulos.
- Venttiili on avattu liian nopeasti, jolloin adiabaattinen kompressio on sytyttänyt mutkakohtassa heikentyneen letkun.
- Venttiilissä tai putkilinjassa olevat likapartikkelit.
- Happipullopaketin venttiilin liian nopea avaaminen, jolloin paine ja hapen lämpötila on voinut hetkellisesti nousta hyvin paljon, sytyttäen mahdolliset epäpuhtaudet liitospinnasta tai säätimen sisältä.

4. Onnettomuustiedot

4.1. Tapahtumat ja olosuhteet onnettomuuspäivänä

Työntekijöiden saapuminen täyttölaitokselle onnettomuuspäivänä:

klo 6.03	täyttäjä A (jatkossa "täyttäjä")
klo 8.00	täyttäjä B, joka poistui täyttölaitokselta klo 8.40 työterveystarkastukseen. Täyttäjä B laitto vain typpikannun täyttymään, jonka täytön lopetuksen täyttäjä C:n oli tarkoitus valvoa.
klo 6.06	sortteeraaja A
klo 7.00	sortteeraaja B, poistui klo 8.10 täyttölaitokselta kiireellisen kaasutoimituksen takia, saapui takaisin klo 8.30 (jatkossa "ulkosortteeraaja")
klo 7.00	kuljetusliikkeen palveluksessa oleva henkilö logistiikasta vastaavaksi
klo 7.40	sortteeraaja C
klo 10.00	täyttäjä C saapui vasta onnettomuuden jälkeen
klo 8.50	tehdaspäällikkö saapui vieraan kanssa

Kaksi täyttökoria oli kiinnitetty ramppiin edellisenä päivänä täyttäjien toimesta. Edellisenä päivänä yksi täyttäjistä oli kytkenyt täyttöä varten myös 4 kpl 16 pullon happipakettia käytävälle hapen täyttöpisteiden eteen.

Varsinaisen täyttötoiminnan täyttäjä A aloitti onnettomuuspäivänä klo 6.30 – 6.40. Hän aloitti hapen täytön käytävällä olevista 4 kpl:sta happipullopaketeista. Hän aloitti myös 6 muun pullopaketin täyttämisen (Ferromix, tyyppi) ja lisäksi 24 * 50 l ferromixia pulloina. Pullopakettien täyttymisen aikana hän on ollut ulkosortteeraajan kanssa ottamassa pullopaketteja sisään. Kahdeksan jälkeen happipakettien täyttö on loppunut ja hän on aloittanut rampissa olevien happikorien täyttämisen. Klo 8.20 ja 9.00 välisenä aikana täyttäjä on siirtänyt täysiä pullopaketteja ja pullokoreja ulos. Noin klo 9.00 hän valmistautui lopettamaan happikorien täyttämisen.

Täyttäjä A oli yksin täyttöhallissa, eikä havainnut täytössä mitään erityistä ennen onnettomuutta. Täyttö oli onnettomuuden sattuessa loppuvaiheessa, pumppu oli pysäytetty ja suojakehikko oli nostettu ylös. Tällöin täytettävät happipullot ja täyttölinjasto, joissa oli n. 360 barin paine, ovat vielä yhteydessä toisiinsa. Täyttäjä oli mittaamassa yksittäisten pullojen lämpötiloja, kun onnettomuus tapahtui.

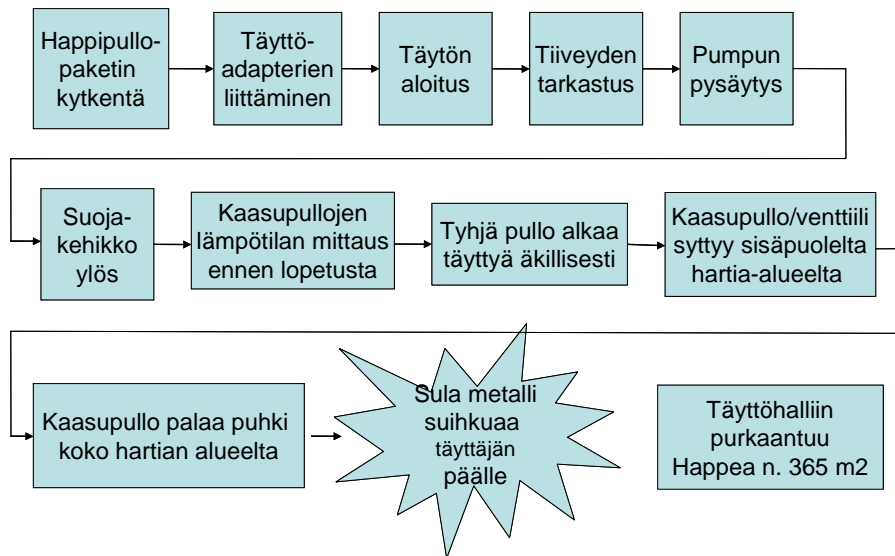
Täyttäjä A kuuli (tutun) ujeltavan äänen alkavan juuri ennen onnettomuutta. Sortteeraaja oli pullojen sisäsortteerauspaikalla, kun kuuli ensin äänen ja näki sitten leimahduksen täyttötilasta päin. Täyttötila sijaitsee tehdasalueen perällä. Sortteeraajalla ei ollut suoraa näköyhteyttä täyttötilaan. Leimahduksen jälkeen hän juoksi ulos ja huusi ulkosortteeraajalle, että painaa hätä-seis.

Kun täyttölaitoksen tehdaspäällikkö oli kuullut toimistoonsa kuvailemansa tukahtuneen jymähdyksen, hän lähti vieraansa kanssa välittömästi alas katsomaan, mitä oli tapahtunut. Tullessaan portaita alas tehdaspäällikkö näki täyttäjä A:n kävelevän täyttörampeilta sortteeraustilaan osittain tullessa. Tehdaspäällikkö riensi auttamaan täyttäjää ja käski muut poistumaan ulos. Happi vuosi jymäällä täyttörampilta rakennukseen.

Kuvassa 1 on esitetty onnettomuuspäivän tapahtumaketju.

Henkilökunta hätäpysäytti laitoksen, jolloin kaikki pumput pysähtyivät. Hätäpysäytys aiheuttaa hälytyksen, joka menee suoraan aluehälytyskeskukseen.

Pullon vaurioitumisen ja sitä seuranneen lyhyen tulipalon seurauksena happipullon kaula- ja hartiaosa ja venttiilin alaosa suli ja paloi korkeapaineisen hapen myötävaikutuksesta räjähdysmäisesti suihkuttaen sulaa metallia ympäristöön. Onnettomuudessa vapautui täyttöhalliin happea noin 365 m³. Täyttäjä A loukkaantui vakavasti saaden palovammoja yli 50 % ihon pinta-alasta. Tapahtuma oli ollut niin äkillinen, että täyttäjä oli ehtinyt vain siirtää käsiä suojaamaan itseään.



Kuva 1. Onnettomuuspäivän tapahtumaketju

4.2. Palo- ja pelastustoimenpiteet

Pelastustoimet käynnistyivät viipymättä. Tehdaspäällikkö laski loukkaantuneen täyttäjän betonilattialle, sammutti käsin loukkaantuneen vaatteet ja pyysi tilaamaan ambulanssin. Loukkaantunut kuljetettiin ambulanssilla Töölön sairaalaan.

Tuusulan pelastuslaitokselta ilmoitettiin poliisille, että Tuusulassa Kalliotie 2:ssa sijaitsevassa yrityksessä on sattunut räjähdys. Ilmassa oli pelastuslaitoksen ilmoituksen mukaan runsaasti happikaasua, niin että kyseinen halli on harmaana. Suuren räjähdysvaaran takia poliisia pyydettiin eristämään tapahtumapaikkaa. Paikalle meni Keski-Uudenmaan poliisin partiot.

Pelastuslaitos ilmoitti onnettomuudesta TUKESIin, lääninhallitukseen ja Onnettomuustutkintalautakuntaan. Poliisi ilmoitti tapahtuneesta Uudenmaan työsuojelupiiriin. Uudenmaan työsuojelupiiristä ilmoitettiin myös TUKESIin.

5. Onnettomuuden tutkinta

TUKES nimesi tutkintaryhmän 11.11.2005 tutkimaan onnettomuutta. Tutkintaryhmään nimettiin TUKESista turvallisuusinsinöörit Tina Sammi ja Camilla Rapp sekä Uudenmaan työsuojelupiiristä työsuojeluinsinööri Jaana Salo.

Happionnettomuuksien tutkinta hankaloittaa hapen voimakkaasti palamista kiihdyttävä vaikutus, jonka seurauksena vauriokohta on yleensä palanut pois. Tutkinnassa katsottiin tärkeäksi kartoittaa mahdolliset syyt, jotka olisivat voineet aiheuttaa onnettomuudessa syntyneet jäljet. Kartoitus jaettiin laitteiden valmistusvirheeseen, yhtiön asiakkaan toiminnasta aiheutuneeseen pullon tai venttiilin kunnan huonontumiseen tai yhtiön omasta toiminnasta johtuneeseen virheeseen tai puutteeseen.

5.1. Tutkimusmenetelmät

Tutkinta aloitettiin välittömästi onnettomuuden tapahduttua poliisin, työsuojelupiirin ja TUKESin toimesta. Ensimmäisenä toimenpiteenä poliisi kuvasi onnettomuuspaikan. Poliisi dokumentoi ja tutki onnettomuuspaikalta löytyneet palaneet työvaatekappaleet sekä täyttäjällä olleet työvälineet.

Tutkittavaksi otettiin onnettomuuspullo ja kaksi muuta pulloa samasta täyttökoriasta, josta onnettomuuspullo oli peräisin. Onnettomuuspullossa kiinni ollut täyttöadapteri (A11) ja kaksi täyttöadapteria (A15 ja A16) otettiin samasta täyttörampista. Onnettomuuspullo lähetettiin VTT:lle metallurgisiin tutkimuksiin ja kaksi kaasupulloa venttiileineen, onnettomuuspullon venttiili ja adapterit täyttöletkuineen KRP:n rikostekniseen laboratorioon.

Yhdeksälle onnettomuuspullon kanssa samaan valmistuserään kuuluvalla pullolle tehtiin tarkastuslaitoksen toimesta sisäpuolinen tarkastus ja ultraäänitutkimus.

Tutkimusta varten haastateltiin Tuusulan täyttölaitoksen henkilökuntaa ja johtoa. Lisäksi käytiin onnettomuuspaikalla useita kertoja.

5.2. Havainnot välittömästi onnettomuuden jälkeen

Valmistussarjan pullot olivat saapuneet Suomeen elokuussa 2005 ja ne olivat olleet todennäköisesti täytössä 1 -2 kertaa. Yhtiöstä kerrottiin, että happipulloista oli vajausta ja kaikki uudet pullot oli otettu käyttöön, paitsi uusien pullojen varastoalueella olevat 2-4 uutta kaasupulloa, jotka oli toimitettu yhtiölle pulloerän mukana ilman venttiiliä. Yhtiön kirjanpidosta ei selvinnyt kuinka monta happikaasupulloa oli erän mukana saapunut ilman venttiiliä.

Sulan kautta jähmettynyttä metallia oli ohut kerros onnettomuuspullon ympäristössä olevissa pulloissa, pulloventtiileissä, venttiilisuojissa ja täyttöadapterissa. Täytettävien kaasupullojen venttiilit asetetaan tiettyyn suuntaan, kun pullot sortteerataan täyttökoreihin. Onnettomuuden vauriomekanismina ei voinut olla pullon sisäisen paineenkasvun aiheuttama räjähdys, koska pullojen ja venttiilien asennot olivat pysyneen ennallaan. Muut ympäristön jäljet onnettomuuden jälkeen tukevat tätä päätelmää. Jälkien perusteella voi myös nähdä, että sula metalli oli suihkunnut suurella paineella ympäristöön.

Onnet-
tomuus-
pullo



Kuva 2 Onnettomuudessa mukana ollut täyttökori



Kuva 3 Täyttökörin sijainti

Onnettomuuspullon sisäpuolelta oli seinämää sulanut ja tätä metallia oli ohuena kerroksena pullon toisella sisäkyljellä. Lisäksi pullon pohjalla oli metallikappaleita. Onnettomuuspullon hartiaosaa oli sulanut pois. Pulloventtiilin kantaosa oli sulanut pois siltä pituudelta, joka vastasi pulloventtiiliin liitetyn filterin pituutta. Pulloventtiilin kantaosan kaasunvirtauskäytävään oli tehty kierteet filterin liittämistä varten. Muuten pulloventtiili (ja siihen liitetty adapteri) ei näyttänyt palaneen sisäpuolelta.



Kuva 4 Happipullon yläosa onnettomuuden jälkeen



Kuva 5 Happipullon yläosa onnettomuuden jälkeen



Kuva 6 Happipullo onnettomuuden jälkeen



Kuva 7 Pulloventtiili onnettomuuden jälkeen



Kuva 8 Pulloventtiili onnettomuuden jälkeen

5.3. Teetettyjen tutkimusten tulokset

Happikaasupullon tutkimuksissa VTT:llä tuli esille seuraavaa:

Kaasupullon yläosaan on palanut suuri aukko pulloventtiilin kiinnityskohdan ympärille niin, että pulloventtiili on irronnut. Maalipinnassa on ylikuumentumisen aiheuttamia jälkiä sekä yläosassa että lieriön toisella reunalla yläosan läheisyydessä. Muita vaurioita tai paineen nousuun viittaavia selviä muodonmuutoksia ei todettu.

Kaasupullon materiaaliominaisuuksien todettiin vastaavan EN 1964-2 mukaista kaasupulloa ja halkaisijan mittavaatimus $299 \text{ mm} \pm 1 \%$ täyttyi kuumentuneellakin alueella.

Pullon venttiilin kohdalle syntyneen aukon kaikki reunat ovat muodoltaan sileitä ja ne ovat kuumentuneet noin puolen millimetrin syvyydeltä yli $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilaan. Hyvin korkeaan lämpötilaan kuumentunut ohuehko kerros osoittaa, että kuumentuminen on ollut nopea ja lyhytaikainen. Muutokset vastaavat polttoleikatun pinnan tyypillisiä muutoksia, joten on ilmeistä, että aukko on syntynyt polttoleikkausta vastaavalla mekanismilla, jossa happi ja teräs reagoivat keskenään tuottaen suuren määrän lämpöä, joka kuumentaa metallipinnan reaktion jatkumiselle riittävän korkeaan lämpötilaan ja sulattaa syntyvän oksidin, jolloin se poistuu happisuihkun vaikutuksesta pinnasta ja mahdollistaa reaktion jatkumisen. Leikkaussuihku on suuntautunut osittain pullon ulkopuolelle ja osittain pullon sisälle sen tietyille sivulle lähelle venttiilin kiinnityskohtaa. Sisäänpäin suuntautunut leikkaussuihku on aiheuttanut sisäpinnan voimakkaan kuumentumisen.

Osa pullon materiaalista on tuhoutunut, mutta jäljellä olevassa materiaalissa ei todettu merkkejä materiaali- tai valmistusviasta. Pullossa olevan aukon reunat eivät olleet taipuneet ulospäin, eikä itse pullo ollut laajentunut. Koska lisäksi leikkaussuihku oli suuntautunut osittain pullon sisälle, on todennäköistä, että vauriot ovat syntyneet tilanteessa, jossa pullon sisäinen paine on ollut pieni täyttöpaineeseen verrattuna. Tähän viittaa myös onnet-

tomuuspaikan ympäristö, jossa ei ole selviä merkkejä korkeapaineisen pullon äkillisestä purkautumisesta.

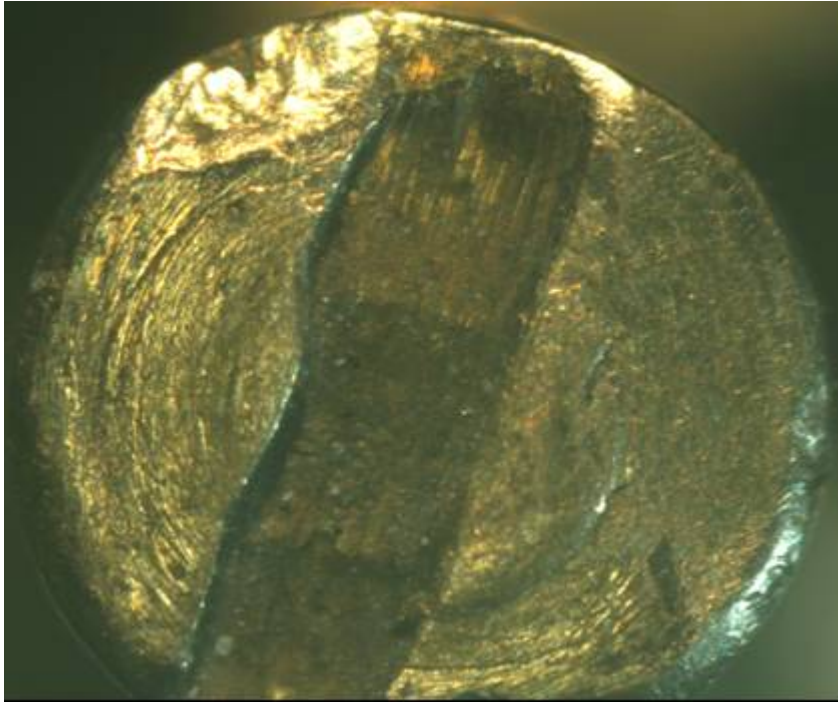
Palamisen seurauksena suuri osa venttiiliä ja pullon yläosaa on tuhoutunut. Tämä alue kattaa myös ilmeisen syttymiskohdan, joten tarkkaa syttymiskohtaa ei voida pullolle tehtyjen tutkimusten perusteella selvittää. Pullon pohjalle kertynyt sulanut oksidi sisälsi huomattavasti kuparia ja paikoitellen lisäksi sinkkiä, jotka ilmeisesti ovat peräisin messinkisestä pulloventtiilistä. Oksidin kuparipitoisuuden todettiin olevan suurimmillaan pullon sisäpintaa vasten olleessa pintakerroksessa. Tämä viittaa siihen, että venttiilimateriaalin palaminen on tapahtunut palon alkuvaiheessa, jolloin myös syttymiskohta on todennäköisesti ollut venttiilin lähiympäristössä.

Tarkastuslaitoksen happikaasupulloille tekemässä tarkastuksessa tuli esille seuraavaa:

Yhdeksälle onnettomuuspullon kanssa samaan valmistuserään kuuluvalla pullolle tehdyissä sisäpuolisissa tarkastuksissa ja ultraäänitutkimuksissa ei todettu materiaali- tai valmistusvirhettä pullon hartiaosassa. Pullot oli valittu siten, että niiden valmistusnumerot olivat ± 10 verrattuna onnettomuuspulloon.

Onnettomuuspullon pulloventtiilin, täyttöadaptereiden ja letkujen tutkinnassa Keskusrikospoliisin rikosteknisessä laboratorioissa tuli esille seuraavaa:

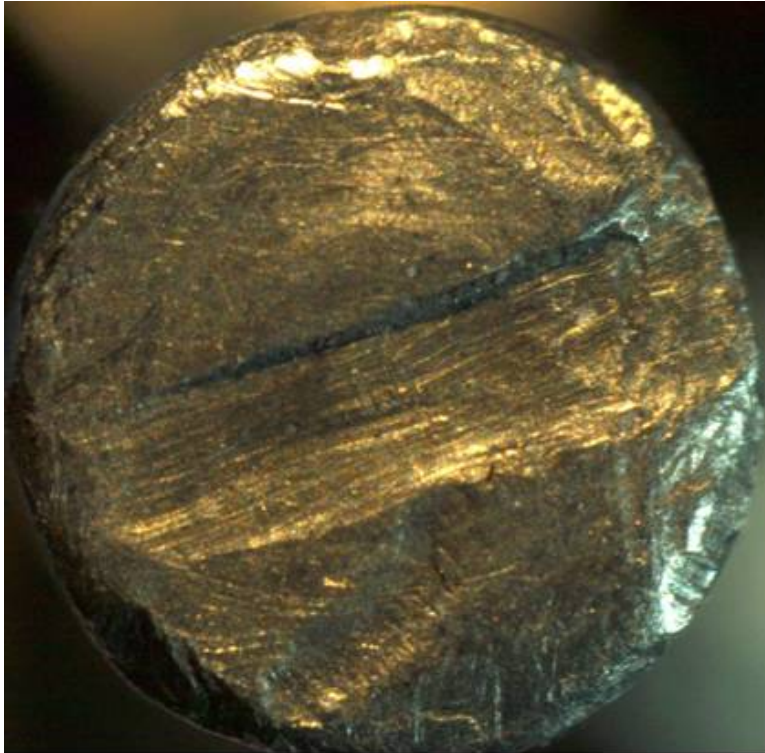
Tutkittavana oli kolme täyttöadapteria, joista yksi oli valmistettu vuonna 2004 ja kaksi vuonna 2001. Onnettomuuspullossa kiinni olleen täyttöadapterin (A11) ja kahden muun täyttöadapterin (A15 ja A16) todettiin poikkeavan niitä vastaavasta MGE valve code 431B0761 – piirustuksesta. Täyttöadapterien piikit, jotka aukaisevat pulloventtiilien vastapaineventtiilin, olivat tutkituissa adaptereissa muutaman millimetrin lyhyempiä kokoonpanopiirustukseen verrattuna. Kuvissa 9, 10 ja 11 on esitetty adapterien piikkien kärjet. Piikin kärjissä kuuluisi olla 0,5 mm syvyinen V-mallinen ura, että paine pääsee tasaantumaan vastapaineventtiilin jousen puolelle. Varsinkin lyhennyksen jälkeen kärkeen tehdyissä virtauslovista ovat näkyvissä viilauksen jäljet. Lisäksi kaikista tutkittavana olleista täyttöadaptereista oli jousikuormitteinen aukaisupiikki vaihdettu kiinteäksi. Täyttöadaptereista löytyi mustaa sakkaa, jonka koostumus vastaa ruostumattomasta teräksestä peräisin olevia alkuaineita.



Kuva 9 Onnettomuuspulloventtiilissä kiinni olleen adapterin piikin kärki.



Kuva 10 Adapterin A15 piikin kärki



Kuva 11 Adapterin A16 piikin kärki.

Ennen adapterien purkamista tehdyn koeasennuksen ja endoskooppitutkimuksen perusteella havaittiin, että onnettomuuspulloventtiiliin liitetty täyttöadapteri ei avaa vastapaineventtiiliä ollenkaan tai avaa sitä vain äärimmäisen vähän. Adapterien purkamisen ja tutkimisen jälkeen ne kasattiin ja tutkittiin uudelleen kuinka paljon ne aukaisevat onnettomuuspullossa olevaan pulloventtiiliin vastapaineventtiiliä. Mittaustulokset ovat suuntaa antavia, koska tutkinnan mittaasepävarmuus on millinkymmenysoisia. Tulokset ovat esitetty taulukossa 2.

Ennen adapterien purkamista mitattiin myös adapterien piikkien pituus, jossa todettiin, että onnettomuusventtiilissä kiinni ollut adapterin (A11) piikin pituus oli noin 0,2 mm lyhyempi kuin kahden muun tutkittavana olleiden adapterien (A15 ja A16) piikkien pituudet.

Taulukko 2 Tutkinnassa olleiden täyttöadapterien avaamiskyky (mm) mitattuna onnettomuuspullon pulloventtiilin vastapaineventtiilistä

Adapteri	Vastapaineventtiilin avautuminen / mm
A11 (onnettomuusventtiilissä kiinni ollut adapteri)	0,6
A15	0,2
A16	0,8

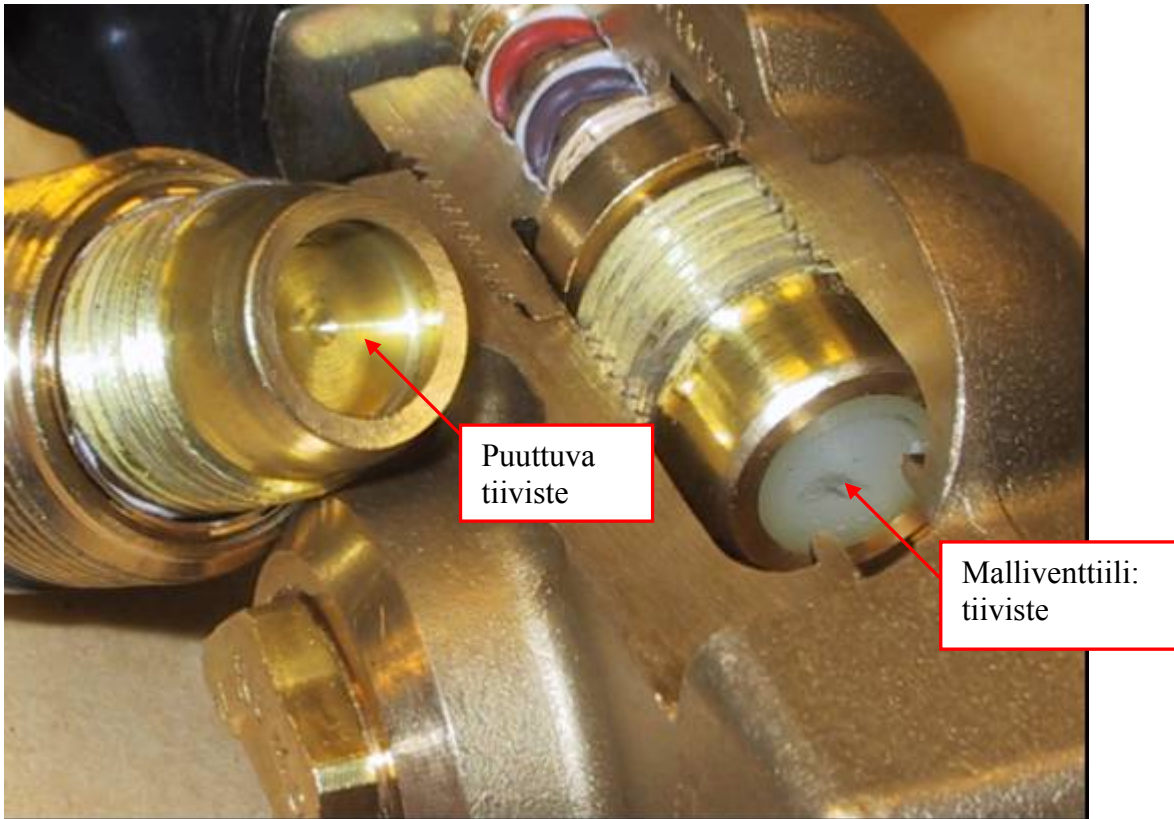
Tutkinnan yhteydessä havaittiin adapterissa olevan kuusiokoloruuvien, joka lukitsee piikin, asennolla olevan vaikutusta avautumiskyvyn mittaustuloksiin.

Vertailuna voidaan todeta, että Müllerin uutta malliventtiiliä adapterit A15 ja A16 avasivat n. 2 mm.

Onnettomuuspullossa kiinni olleesta venttiilistä puuttui 2 tiivistettä kuvien 12 ja 13 mukaisesti. Kuvissa on malliventtiili ja onnettomuusventtiilistä oleva osa, josta tiiviste puuttuu. Molemmat kohdat ovat osoitettu nuolella.

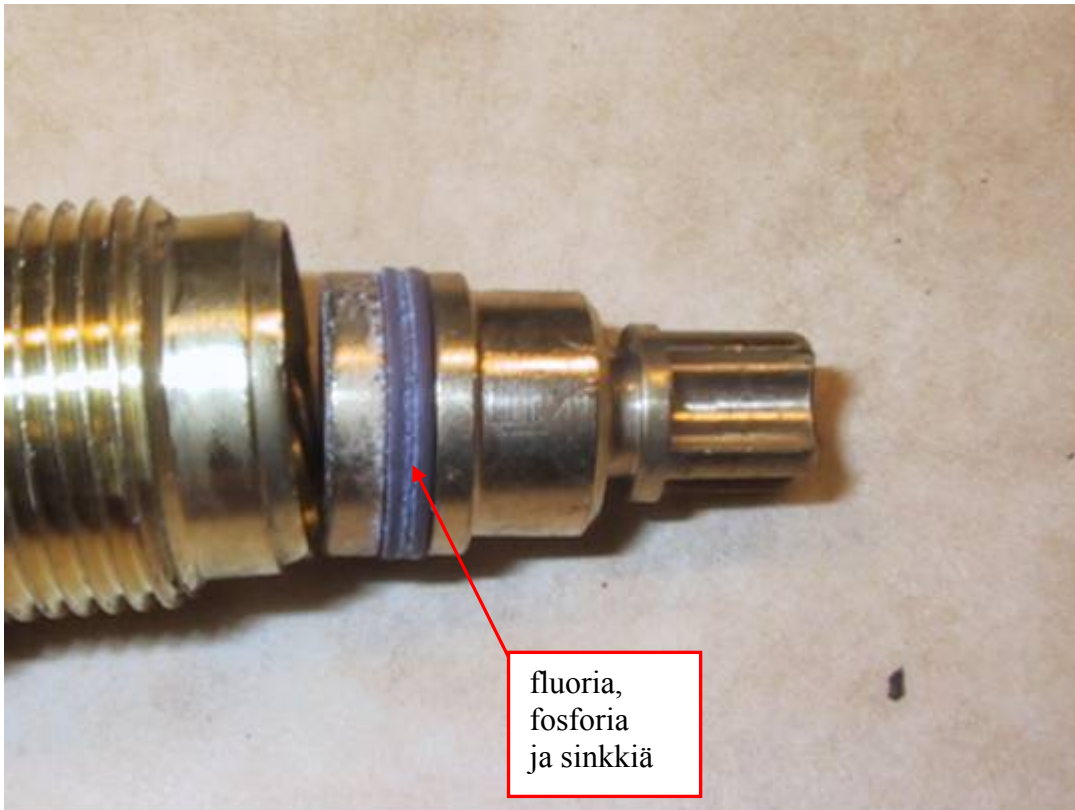


Kuva 12 Vastapaineventtiilistä puuttuva tiiviste. Kuvassa on malliventtiili ja onnettomuusventtiilistä oleva osa, josta tiiviste puuttuu.



Kuva 13. Venttiilin istukan tiiviste. Kuvassa on malliventtiili ja onnettomuusventtiilistä oleva osa, josta tiiviste puuttuu.

Onnettomuusventtiilin pohjassa näkyi musta jälki, joka oli todennäköisesti peräisin palaneesta tiivisteestä. Lisäksi löytyi valkoista sakkaa, joka sisälsi fluoria, fosforia ja sinkkiä. Kuvassa 14 on osoitettu löydöksen paikka. Samoja alkuaineita löytyi myös kahden muun samaan aikaan täytössä olleen kaasupullon venttiileistä.



Kuva 14. Fluoria, fosforia ja sinkkiä sisältävä valkoinen sakka.

5.4. Adapterin ja pulloventtiilin valmistajalta saadut tiedot

Yhtiö lähetti heti onnettomuuden jälkeen adapterien valmistajalle huoltoon ja tarkastukseen loput täyttörampeissa (kaksi hapen täyttöpaikkaa) olleet adapterit (21 kpl) ja 2 kpl paketti-täyttölinjasta. Tutkintaa varten yhtiöltä pyydettiin adapterien valmistajan huolto- ja tarkastusraportti edellä mainituista adaptereista. Raportista ilmeni, että 14 palautetulle adapterille oli tehty valmistajan toimesta huolto-ohjelma (tiivisteiden vaihto, tiiveyskoe 360 bar, puhdistus hapen käytölle), mutta adaptereita ei leimattu huolletuiksi, koska huoltoa ei ollut pyydetty. Raportista ei ilmennyt piikkien kärkien kunto, eikä piikin pituus.

Yhtiötä pyydettiin tarkistamaan huollosta ja tarkastuksesta yhtiölle varaosiksi takaisin tulleiden adaptereiden piikin pituus, onko piikkejä käsitelty ja ovatko adapterit jousikuormitteisia. Yhtiö lähetti pyynnön jälkeen adapterit takaisin valmistajalle. Adapterien valmistajalta saatiin seitsemästä adapterista taulukossa 3 esitetyt tiedot. Taulukossa 4 on esitetty valmistajan ilmoittamat tiedot adapterien avaamiskyvystä verrattuna piikin pituuteen. Piikin pituus on mitattu piikin kärjestä piikkiä paikalla pitävään osaan asti.

Taulukossa 4 esitetyt avaamiskykyarvot vastaavat suunnilleen adapterien A15 ja A16 mitattua avaamiskykyä malliventtiilistä (n. 2 mm), mutta ei onnettomuusventtiilistä (0,2 -0,8 mm). Valmistajan esittämää lineaarista riippuvuutta piikin pituuden ja avaamiskyvyn välillä ei saatu tutkinnassa olleilla adaptereilla (A11, A15 ja A16).

Tutkintaa varten pyydettiin käytössä olleiden pulloventtiilien ja adaptereiden valmistuspiirustukset, joista ilmeni yksittäisten osien mitat toleransseineen. Kaikkien osien piirustuk-

sia ei saatu, eikä siten pystytty arvioimaan tutkimuksissa esiin tulleita ristiriitaisuuksia adapterien avauskyvyn suhteen.

Taulukko 3 Viereisessä hapen täyttöpaiikassa olleiden adaptereiden piikkien pituudet.

Adapterien lkm	Piikin pituus / mm	Kommentit
1	5,4	
1	5,9	
1	6,0	
3	6,1	
1	7,4	Jousella varustettu

Taulukko 4 Valmistajan ilmoittama vastapaineventtiilin avautuminen adapterien piikkien eri pituuksilla.

Piikin pituus / mm	Täytyminen	Vastapaineventtiilin avautuminen / mm
ilman piikkiä	ei	0
3,7	ei	0
4,2	kyllä	0,1
4,7	kyllä	0,6
5,2	kyllä	1,1
5,7	kyllä	1,6
6,2	kyllä	2,1
6,7	kyllä	2,6

6. Tutkinnan tulokset

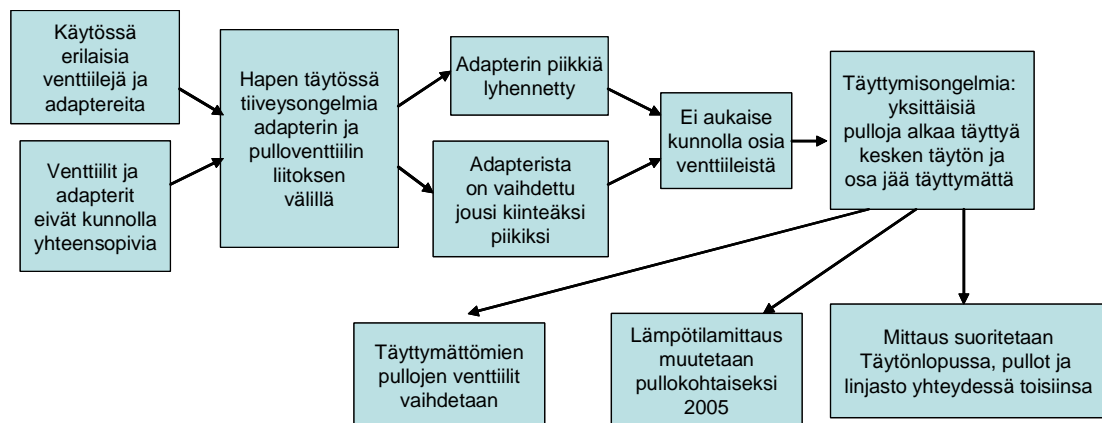
6.1. Täyttölaitoksen toistuva toimintahäiriö

Haastattelujen perusteella ilmeni, että täyttölaitoksella oli jo pitempään jatkunut tilanne, jossa yksittäisiä pulloja alkoi täyttyä kesken täytön. Toistuvan toimintahäiriön syytä ei ollut selvitetty eikä korjattu, vaan se oli hyväksytty normaaliksi täyttötilanteeksi. Häiriötilanne oli muodostunut pikkuhiljaa alla kuvattujen menettelytapojen seurauksena. Yhteenveto häiriötilanteen kehittymisestä on esitetty kuvassa 16.

Kuvaus häiriötilanteesta:

Happikaasupulloissa oli ollut käytössä erilaisia pulloventtiilejä ja täyttörampissa erilaisia adaptereita. Kaikki mallit eivät ole olleet keskenään yhteensopivia, jonka johdosta täytön yhteydessä oli esiintynyt tiiveysongelmia osassa täyttöadapterin ja pulloventtiilin liitoksia. Tiiveysongelmaa oli ratkaistu myös lyhentämällä adapterin piikkiä, joka aukaisee happiventtiilin vastapaineventtiilin täyttöä varten. Tätä puoltaa se, että tutkittujen täyttöadaptereiden (valmistusvuodet 2001 ja 2004) piikit olivat muutaman millimetrin lyhyempiä kokoonpanopiirustukseen verrattuna, viilauksen jäljet piikkien kärjissä sekä adapterien mitat aukaisukyvyt. Lisäksi kaikista kolmesta tutkittavana olleista täyttöadaptereista oli joussuormitteinen aukaisupiikki vaihdettu kiinteäksi.

Täyttöadapterin aukaisupiikin lyhentämisellä oli saatu aikaan tilanne, jossa täyttöadapteri ei enää aukaise kunnolla sille alunperin yhteensopivia pulloventtiilejä. Tiiveysongelma oli muuttunut täyttymisongelmaksi. Täyttymisongelmaa oli aluksi ratkaistu siten, että täytön jälkeen tyhjäksi todetut kaasupullot laitettiin venttiilin vaihtoon.



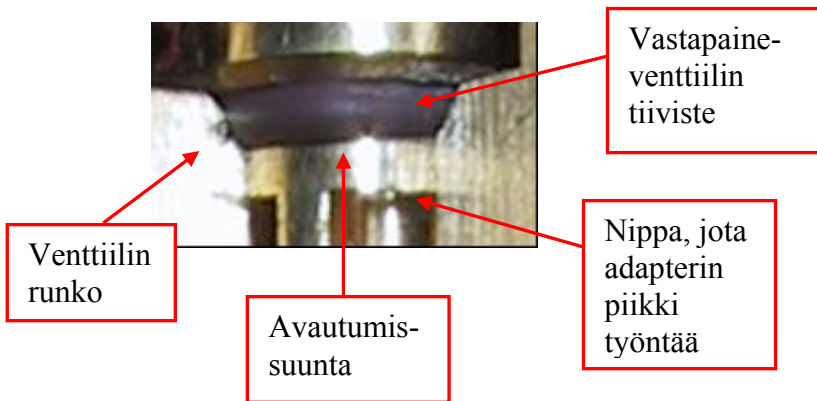
Kuva 16 Täyttölaitoksen toistuvan häiriön kehittyminen

Asiakkailta saatujen tyhjiä pulloja koskevien reklamaatioiden takia yhtiö aloitti alkuvuodesta 2005 käytännön, jossa jokaisen kaasupullon lämpötila mitattiin täytön loppuvaiheessa, kun samanaikaisesti täytettävät kaasupullot ja täyttölinjasto olivat vielä yhteydessä toisiinsa. Mittaamalla kaasupullon lämpötila ja vertaamalla lämpötilaa yhtiön paine/lämpötilataulukon, voidaan varmistua yksittäisen pullon täyttöasteen vastaavan 300 baria 15 °C:een lämpötilassa. Aikaisemmin lämpötilaa ei mitattu erikseen yksittäisistä pulloista.

Haastatteluissa kerrottiin, että yksittäisiä pulloja oli alkanut aikaisemminkin täytyä äkillisesti kesken täyttöprosessin. Tämän ilmiön tapahtuessa sanottiin kuuluvan kova ujeltava ääni. Samanlaisen äänen täyttäjä kuuli juuri ennen onnettomuutta. Jos korkeapaineinen kaasu virtaa hyvin pienen raon lävitse, voi sen virtausnopeus kasvaa lähelle äänennopeutta (= kaasun kriittinen nopeus). Tästä aiheutuvaa ääntä on kuvattu kovaksi, ujeltavaksi tai viheltäväksi.

Luvussa 5.3 on esitetty kolmen tutkittavana olleen adapterien avaamiskyvyt, joiden todettiin mittausepävarmuus huomioiden vaihtelevan nolasta kahteen millimetriin, riippuen adapterista ja venttiilistä. Kun adapteri aukaisee pulloventtiiliä alle millimetrin, ei pulloventtiilin vastapaineventtiilissä olevat virtauskanavat ole tulleet esille, jolloin pulloventtiilissä on vain hyvin kapea rako, josta kaasu joutuu virtaamaan.

Sellaisessa tilanteessa, jossa adapteri aukaisee vain hyvin vähän vastapaineventtiiliä pienentäen O-renkaan ja venttiilin rungon välistä tiivistepinta-alaa, on mahdollista, että pullo alkaa täytyä vasta, kun paine linjastossa on kasvanut riittävän suureksi. Tätä tilannetta on havainnollistettu alla olevan kuvan 15 avulla.



Kuva 15 O-renkaan painuminen venttiilirunkoa vasten. Vasemmalla adapteri ei ole aukaisut ollenkaan (vastaa kiinni asentoa) vastapaineventtiiliä ja oikealla adapteri on aukaisut vain hyvin vähän.

6.2. Onnettomuuden syntyyn vaikuttavien mahdollisuuksien arviointi

Täyttöprosessin ja toimintatapojen riskien ja vaaran arvioinnin puuttuminen

Tuusulan täyttölaitos on ainoa Suomessa, joka täyttää happea 300 barin kaasupulloihin. Euroopassa 300 barin hapen täyttöä on Messer Group:illa vain Belgiassa, jossa 300 barin hapentäyttö tapahtuu vain happipaketteihin. Muissa Messer Groupin tytäryhtiöissä happea täytetään 150 tai 200 barin kaasupulloihin. Yhtiöllä ei ollut suoritettuna tuotantoprosesseihin ja toimintatapoihin liittyviä vaaranarvioiteja.

Täyttölaitosten täyttölinjaston suurin sallittu käyttöpaine riippuu täyttölaitoksella toteutetuista teknisistä ratkaisuista. Täytettäessä 200 bar kaasupulloja liikutaan n. 225 – 250 barin suurimman sallitun täyttöpaineen välillä. Täyttölaitoksella teknisen toteutuksen perusteella täyttölinjaston suurimmaksi sallituksi käyttöpaineeksi tulee ainakin 400 bar.

Hapen täyttöputkistossa ei ole paineenalennusventtiiliä eikä varoventtiiliä täyttörampilla. Varolaitteena täyttöputkistossa on paisuntavaro (joka ei rajoita), joka aukeaa 400 barissa. Paisuntavaro sijaitsee nestepumpun jälkeisen höyrystimen jälkeen. Paineen rajoittimena täyttörampilla yhtiöllä on painemittariin liitetty mekaaninen rajakatkaisin, joka pysäyttää nestepumpun, kun rajakatkaisimen arvo saavutetaan. Rajakatkaisinta oli mahdollista säätää eri paineisiin. Yhtiöllä on ollut käytössä 360 – 380 bar täyttöpaineita hapelle. Täyttö-

painetta ei ollut rajoitettu tiettyyn maksimitäyttöpaineseen, joka olisi määritelty tuotantoprosessien tai toimintatapojen vaaranarviointien perusteella.

Täyttölaitoksella täyttö aloitetaan täyttöventtiilin takana olevasta paineesta. Täyttöventtiilit ovat täyttörampilla täytettävien kaasupullojen läheisyydessä. Täyttöventtiilien takana on linjasto aina nestepumpulle asti avoinna. Työohjeiden mukaan linjapainetta alennetaan n. 100 bar, tällöin täyttöventtiilin takana olevassa putkistossa on 250 – 280 bar:in paine. Täyttö aloitetaan avaamalla täyttöventtiilit ja pumppu käynnistetään, kun paine on tasaantunut putkistossa nestepumpulta täytettäviin pulloihin. Haastattelujen perusteella ilmeni, että putkiston paineen alentamisen ohjetta noudatettiin vaihtelevasti.

Happipulloja palautuu asiakkailta myös täysinä tai vajaina. Kun pullo on kytketty täyttöadaptoreihin, avataan niiden pulloventtiilit täyttöä varten. Happi pääsee tasaantumaan täyttöventtiilin rajoittamaan putkistoon ja jo avattuihin pulloihin. Täyttäjällä ei ole ennakolta tietoa, mikä täytettävistä pulloista on täysi, vajaa tai tyhjä.

Paineistetussa hapessa voivat syttymisen aiheuttaa mm. kuumeneminen adiabaattisen kompression johdosta, kitkan, mekaanisen iskun, nopean kaasun virtauksen, jossa partikkeleita mukana ja kaasun turbulenttisen virtauksen aiheutuva kuumeneminen. Toiminnassa, jonka seurauksena happi voi purkautua suuren paine-eron vallitessa pienestä raosta tai voi aiheuttaa paineiskun, on yhtiön yllä luettelemat elementit läsnä. Näitä mahdollisuuksia on yhtiö tuotantoprosesseissa, kun pumppu on pysäytettynäkin.

Luvussa 6.1 kuvattu tuotantoprosessin häiriötilanne on ollut ja se on hyväksytty normaali-täyttötilanteeksi jo silloin, kun yhtiö on antanut erityisohjeen: "*Kaasujentäytön valvonta. Työskentely täyttörampilla. 24.9.2004*". Tutkinnassa saatujen tietojen perusteella erityisohjeen tekemisen taustalla on ollut yhtiössä tapahtuneet happiletken palot. Yhtiön antamassa erityisohjeessa todetaan, että ramppiventtiilit ja erityisesti happi, on aina avattava hitaasti liiallisen paineiskun eliminoimiseksi ja että pullojen lämpötila tulee lukea mittalaitteella mahdollisimman etäältä täyttöyhteistä. Ohjeessa ei ole huomioitu vaaratilanteeksi tyhjää pulloa, joka alkaa täyttyä äkillisesti kesken täytön, eikä täyttymisongelmasta johtuvaa tilannetta, että mukana on täyttymättömiä kaasupulloja täytön lopetuksen aikana. Täyttäjällä työskentelee täyttökoriin äärellä (yksittäisten pullojen lämpötilan mittaus, pulloventtiilien sulkeminen) tilanteessa, jossa täyttölaitteiston ja tyhjän kaasupullon paine-ero on 350 – 360 bar. Yhtiö arvioi, että onnettomuudessa hapetta vapautui 365 m³. Tämä yhtiön laskelma perustuu yhtä aikaa täytettävien kaasupullojen (24 kpl, 50 l, 300 bar) sisältöön.

Yllä mainitussa erityisohjeessa korostetaan, että erityisesti on huomioitava happitäytössä mahdollisesta letku- tai O-rengasrikosta aiheutuva palovaara. Miten tämä käytännössä huomioidaan, ei ole tietoa.

Erityisohjeen mukaan suojakehikko on aina laskettava alas täytön ajaksi. Tämä toteutuu pullokorien täytössä, mutta ei pullopakettien täytössä, koska pullopaketit täytetään käytävällä täyttörampissa olevien kyseisten kaasulajien pullokorien täyttöpaikkojen edessä. Samalla kulku käytävältä täyttörampille estyy osittain.

Yllä mainitussa erityisohjeessa kielletään oleskelu täyttöletkujen läheisyydessä täytön aikana (pumppun käydessä) ja ohjeistetaan, että täytön aikaista pullojen kaasunpaineen nousua seurataan linjan yleismittarista, jolloin vältetään työskentely täyttöletkujen läheisyydessä. Yhtiössä ei ole määritelty mitä tarkoittaa täyttöletkujen läheisyydessä. Paketit täyte-

tään käytävällä, jolla kulkua ei ole rajoitettu, eikä siinä ole edes mahdollista käyttää täytön ajaksi alas laskettavaa suojakehikkoa. Kun täytössä on yhtä aikaa useampia eri kaasulajeja, niin erityisohjeen ohjeiden toteutuminen on hyvin kyseenalaista.

Tutkintaryhmän saamien tietojen perusteella yrityksellä on olemassa menettelytavat läheltä-piti -tilanteiden ilmoittamista ja käsittelyä varten. Läheltä-piti -tilanteiden käsittelystä käytännössä ei kuitenkaan saatu osoitusta.

Valmistusvirheen selvittäminen

Varsinaista valmistusvirhettä kaasupullosta ei löytynyt, eikä se onnettomuuden jälkien perusteella vaikuta mahdolliselta syyllä tähän onnettomuuteen.

Pulloventtiili oli tyyppitestattu standardin SFS-EN 849 mukaisesti. Hapettavien kaasujen pulloventtiileille kuuluu lisäksi standardissa oleva happi paineiskutestaus. Testipaine määritetään kaasupullon käyttöpaineen (paine 15 °C lämpötilassa) perusteella. Tyyppihyväksyntätestauksessa käytettävä testipaine = kaasupullon suurin sallittu käyttöpaine * 1,2 happi paineisku testauksessa. 300 barin kaasupulloissa käytettäville pulloventtiileille testipaine on 360 bar. Alun perin venttiilille oli tehty happi paineiskutesti ilman filttiä, mutta venttiilin valmistaja teetti DNV:llä happi paineiskutestauksen venttiilille filtlerin kanssa. Testaus suoritettiin standardin mukaisesti, jolloin venttiili oli tulpattu heti filtlerin jälkeen. Tässäkin testauksessa testipaine oli 360 bar hapen lämpötilan ollessa 60 °C:ta. Venttiili läpäisi testauksen.

Happi paineiskutestaus suoritetaan laboratorio-olosuhteissa ja tyyppihyväksyntätestauksessa käytettävä paine ja lämpötila vastaavat käyttötilannetta. Tässä standardin mukaisessa menettelyssä, jolla hapen pulloventtiilit tyyppihyväksytään, ei ole mitään turvamarginaalia. Painemittarin rajoitin oli onnettomuuspäivänä asennettu 365 bariin, joka kokemuksen perusteella pysäyttää pumpun n. 360 barissa, mutta yhtiöllä on mahdollista käyttää 400 bar täyttöpainetta. Koska testauksessa pulloventtiili oli tulpattu heti filtlerin jälkeen, ei filtlerin mekaanisesta kestävyydestä paineiskuja vastaan ole tietoja, eikä suuren paine-eron vaikutuksesta filtlerin välillä.

Orgaaniset epäpuhtaudet

Onnettomuus tapahtui täytön loppuvaiheessa, kun pumppu oli pysäytetty ja pullojen oletettiin olevan täysiä. Onnettomuuspulloventtiilissä oli vastapaineventtiili, joka estää epäpuhtauden pääsyn venttiilin sisälle. Ensimmäinen havaittu palon jälki oli vasta venttiilin pohjassa. Palojälki on todennäköisesti palaneesta tiivisteestä, mitä tukee palojäljestä tehty alkuaineanalyysi. Orgaanisen epäpuhtauden aiheuttama syttyminen tämän onnettomuuden yhteydessä on hyvin epätodennäköistä tapahtuma-ajankohdan ja ensimmäisen palojäljen paikan perusteella.

Irtopartikkeleiden vaikutus tapahtumaan

Varsinkin korkeapaineisessa happilinjastoissa tulee aina ottaa huomioon siellä olevat epäpuhtaudet, koska silmin havaitsemattomatkin hiukkaset voivat toimia sytytyslähteenä, kun kaasun virtausnopeus kasvaa riittävän suureksi. Linjastoissa on aina jonkin verran irtonaista ainetta. Mahdollisuus, että kaasuvirtauksen mukana venttiiliin meni irtopartikkeleita, on hyvin todennäköistä. Lisäksi, että terävsärmäinen irtohiukkanen olisi leikannut/rikkonut vastapaineventtiilin tiivistettä edesauttaen sen irtoamista, hapen työntyessä tiivisteiden ja

venttiilin rungon välistä pulloon, on mahdollista. Korkeapaineisen kaasun mukana virtaavat partikkelit voivat kuumentaa tiivistettä niin, että se pehmenee tai syttyy. Irtopartikkelien lähteenä on lisäksi mm. seuraavia mahdollisuuksia:

1. Asiakkailta palautuneiden kaasupullojen pesun toteutuksen vaihtelevuus. Haastatte- luissa kävi ilmi, että pulloja oli myös pesty vasta täytön jälkeen.
2. Pullon vastapaineen tarkistamatta jättäminen ennen täyttöä.
3. Adaptereista löytyi epäjatkuvuuskohtiin kerääntyneenä mustaa sakkaa, jonka koostu- mus vastasi ruostumatonta terästä. Tämä musta sakka on todennäköisesti hapen ruos- tumattomasta putkistosta peräisin.
4. Hapen aiheuttamat palot voivat aiheutua happijärjestelmien huonosta käyttö- ja kun- nossapidosta tai väriin materiaalin käytöstä hapen kanssa. Täyttöputkiston ja siihen liitettujen laitteiden ja niiden varaosien soveltuvuudesta hapelle ja 400 bar:in käyttö- paineelle ei saatu täyttä selvyyttä. Lisäksi jäi epäselväksi kunnossapidon ja huollon riittävyys (systemaattista, ennakoivaa, huolto-ohjelmaa, jossa olisi määritelty kriittiset kohdat, ei ollut). Tätä tukee yhtiössä adapterien vaihtojen yhteydessä huomioituid täyt- tölinjaston roskat.

Ohjeistukseen liittyvät puutteet

Reklamaatioiden käsittelylle yhtiössä oli kirjalliset ohjeet. Toimintaperiaateasiakirjassa oli kuivajään tuottamisesta ja mekaaniseen täyttöprosessiin liittyvä ohjeistus, joissa määritel- lään venttiilien aukaisemis- ja sulkemisjärjestys ja paineen vähentämiset täyttöprosessin eri vaiheissa. Loput ohjeistuksesta oli yleisluonteista. Ohjeissa ei määritelty tehtäviä eikä miten tulee toimia erilaisissa tilanteissa. Tämä mahdollistaa, että yhtiöllä on käytössä use- ampia erilaisia toimintatapoja.

Täyttötoiminta oli jätetty hyvin pitkälle täyttäjien kesken sovittavaksi, kuten sijaisuudet, poissaolot ja kaikki käytännön järjestelyt päivän täyttömäärän toteuttamiseksi. Tämä sama työjohdon puuttuminen ja vähyys näkyi kaikessa täyttölaitoksen toiminnassa. Varsinaista sortteeraus- ja täyttötoimintaa lukuun ottamatta muita täyttölaitoksella suoritettavia töitä ei ollut selkeästi vastuutettu, kuten täytettyjen tuotteiden poisto täyttöhallista, uusien täytet- tävien tuotteiden vienti täyttöhalliin, asiakkailta palautuneiden tuotteiden pesu ja yleinen järjestys ja siisteys ja työvälineiden huolto ja kunnossapito.

Yhtiöllä oli käytössä keskenään ristiriitaisia ja hyvin yleisluontoisia ohjeita, näitä on käsi- teltä tämän luvun kappaleissa. Kun osaa ohjeista ei voida noudattaa tai liian yleisluontoi- suuden takia niiden merkitys jää käytännön työssä epäselväksi, yhtiössä olevien tärkeiden- kin ohjeiden mielekkyys henkilökunnalle voi vähentyä.

Täyttöadaptereille ei ollut huolto- tai korjausohjetta. Yhtiöllä oli vaurioiden, vikojen ja vuotojen osalle seuraavanlaisia ohjeita:

- kaikki vauriot täyttölaitteissa tai letkuissa on ilmoitettava välittömästi
- täyttöyhteet ja venttiilit eivät saa vuotaa, vuotoja on etsittävä vuototesterillä ja ha- vaitut vuodot on heti korjattava
- täyttöletkujen ja -liittimien tiiveyttä tarkkaillaan jatkuvasti päivittäisen operoinnin yhteydessä. Vuotavat täyttöletkut ja -liittimet vaihdetaan uusiin
- jos havaitaan rikkoutumista tai epäpuhtauksia, vaihdetaan letku, adapteri tai O- rengas uuteen.

Adaptereille oli suoritettu huolto/korjaustoimenpiteitä yhtiön toimesta, vaikka ohjeissa kehoitetaan vain vaihtamaan adapterit uusiin O-renkaan vaihtoa lukuun ottamatta. Tutkittavana olleen kolmen täyttöadapterin todettiin poikkeavan niitä vastaavasta kokoonpanopiirustuksesta.

Adapterin valmistajalta saadun tiedon mukaan, samalla täyttöadapterikoodilla oli valmistettu jousellisia ja ilman joustia. Adapterien valmistaja oli lähettänyt yhtiölle adapterien sisäosia varaosiksi. Valmistajan mukaan sisäosat käyvät eri vuosina valmistettuihin adapterien kuoriin. Varaosat lähetettiin happipuhdina mutta koodaamattomina. Lähetyslistasta ei ilmennyt adaptereille tarkoitettu kaasulaji. Jos korjaus tai kunnostus tehdään adapterien valmistajan toimesta, adaptereihin leimataan ”kuukausiRvuosi”. Tätä leimausta ei ollut tutkittavana olevissa adaptereissa.

Adapterien piikkejä valmistetaan valmistajan mukaan eri pituuksilla. Tutkintaryhmällä oli toisistaan poikkeavia piirustuksia saman koodin (431B0761) mukaisesta adapterista. Piirustuksissa oli samat piirustuksen päivytyspäivämäärät.

Täyttöadapterin aukaisupiikin lyhentämisellä on saatu aikaan tilanne, jossa täyttöadapteri ei enää aukaise kunnolla sille alkuaan yhteensopivia venttiilejä.

Pulloventtiilin vaihdosta ei ollut kirjallista ohjetta. Yhtiön ilmoituksen mukaan heillä dokumentoidaan kaikki venttiilin vaihdot. Tutkijaryhmän saamien tietojen perusteella tätä ohjetta noudatettiin vaihtelevasti. Venttiilinvaihtoja ovat suorittaneet myös kesätyöntekijät. Tämän ja sen seikan nojalla, ettei yhtiöllä ollut esittää dokumenttia siitä, kuinka monta happikaasupulloa oli saapunut täyttölaitokselle elokuussa 2005 ilman venttiiliä, ei saatu täyttä varmuutta kenen toimesta onnettomuuspulloon oli asennettu venttiili ennen käyttöönottoa.

Yhtiöllä ei ollut käytössä kirjallista ohjetta ennen täyttöä tehtävälle kunnan tarkastamiselle, hylkäyskriteereille ja toimenpiteille epäselvissä tapauksissa.

Koulutukseen liittyvät puutteet

Koulutusaineiston perusteella työntekijän voi olla vaikea ymmärtää työhönsä liittyviä vaaroja ja toimintatapojen poikkeamisen seurauksia. Kun osa ohjeista on yleisluontoisia ja osa ohjeista on vain suullisia, niin toimintatavat ja menettelyt periytyvät uudelle henkilölle samassa työpisteessä toimivan/toimivien perusteella. Tällä menettelyllä ei voida varmistua, miten uuden henkilöt omaksuvat asiat. Täyttölaitoksella oli tehty vain hyvin yleisellä tasolla työn vaarojen kartoitus ja riskien arviointi. Onnettomuusriskejä ei ollut tunnistettu.

Laitteistoihin ja niiden käyttöön, huoltoon ja kunnossapitoon liittyvät puutteet

Täyttölaitoksen kaikkien laitteiden huollosta ja kunnossapidosta vastuullisen sijaintipaikka oli Imatralla. Täyttöputkiston ja siihen liitettyjen laitteiden ja niiden varaosien soveltuvuudesta hapelle ja 400 barin käyttöpaineelle ei saatu selvyyttä. Lisäksi jäi epäselväksi kunnossapidon ja huollon riittävyys. Täyttölaitoksen henkilökunta oli oman työn ohella velvoitettu tarkkailemaan kaikkien laitteiden kuntoa ja toimivuutta ja ilmoittamaan havainnoistaan. Henkilökunnalle ei ole tullut tietoa, huomioidaanko heidän havaintonsa ja milloin viat tullaan korjaamaan. Haastatteluissa ilmeni, että jonkun kaasun täyttölinjaston tiiveyttä olisi väliaikaisesti korjattu käyttäen hyväksi metallin lämpölaajenemista. Henkilökunnan koulutuksen kirjalliseen koulutusaineistoon ei kuulunut mitään kuvauksia täyttö-

laitoksella käytössä olevista prosessilaitteista, putkistonosista tai laitteista. Yhtiöltä ei ole saatu tietoja käytössä olevien laitteiden minimi- ja maksimi käyttöarvoista.

Onnettomuudessa käytössä olleen täyttöadapterin oletettu suurin sallittu käyttöpaine on 327 bar (=360/1,1), joka on huomattavasti pienempi kuin täyttölaitteiston suurin sallittu käyttöpaine (400 bar). Lisäksi yhtiöllä on ollut happitäytössä käytössä täyttöadaptereita, joiden suurimmaksi käyttöpaineeksi valmistaja on määritellyt 300 bar.

Pääsääntöisesti hankinnat hoidetaan keskitetysti emoyhtiölle, josta ne sitten toimitetaan tytäryhtiöille. Varaosina oli käytössä myös käytettyjä täyttöadaptereita. Varmuutta siihen kuka, missä ja millä ohjeistuksella niitä oli huoltanut, ei saatu. Täyttöadapterien saatavuus varaosina Tuusulan täyttölaitoksella jäi myös epäselväksi ristiriitaisten tietojen takia.

Pullojen täyttymisen varmistamiseksi yhtiöllä oli käytössä lämpömittari, jolla todetaan pullossa olevan kaasunpaineen nousu pullon ulkopinnan lämpötilan nousun perusteella. Hapen ja muiden puhtaiden kaasujen osalta lämpötilan nousua ei seurattu, lämpötilan mitaus suoritettiin vain lopetuksen yhteydessä, kun pumppu oli pysäytetty ja suojakehikko nostettu ylös. Välillä puhtaiden kaasujen täytössä on annettu painerajoittimen hoitaa pumpun pysäyttäminen täytön lopettamiseksi. Seoskaasujen osalta lämpötilan nousua seurataan, koska niillä lämpötilan nousu on kriittinen. Seoskaasujen täyttö tapahtuu useammasa vaiheessa, koska niiden täyttö on pakko keskeyttää jäähdyttämisen takia. Yhtiön ilmoittaman toimintatavan mukaan täyttöprosessin valvonta käsittää paineen seurannan painemittarista ja lämpötilan seurannan etäluettavalla lämpömittarilla. Käytössä ollut lämpömittari ei näytä oikein, jos etäisyys on yli 0,5 m. Yhtiön antaman erityisohjeen perusteella oleskelu täyttöletkujen läheisyydessä on kielletty pumpun käydessä.

7. Yhteenvedo onnettomuuden syistä

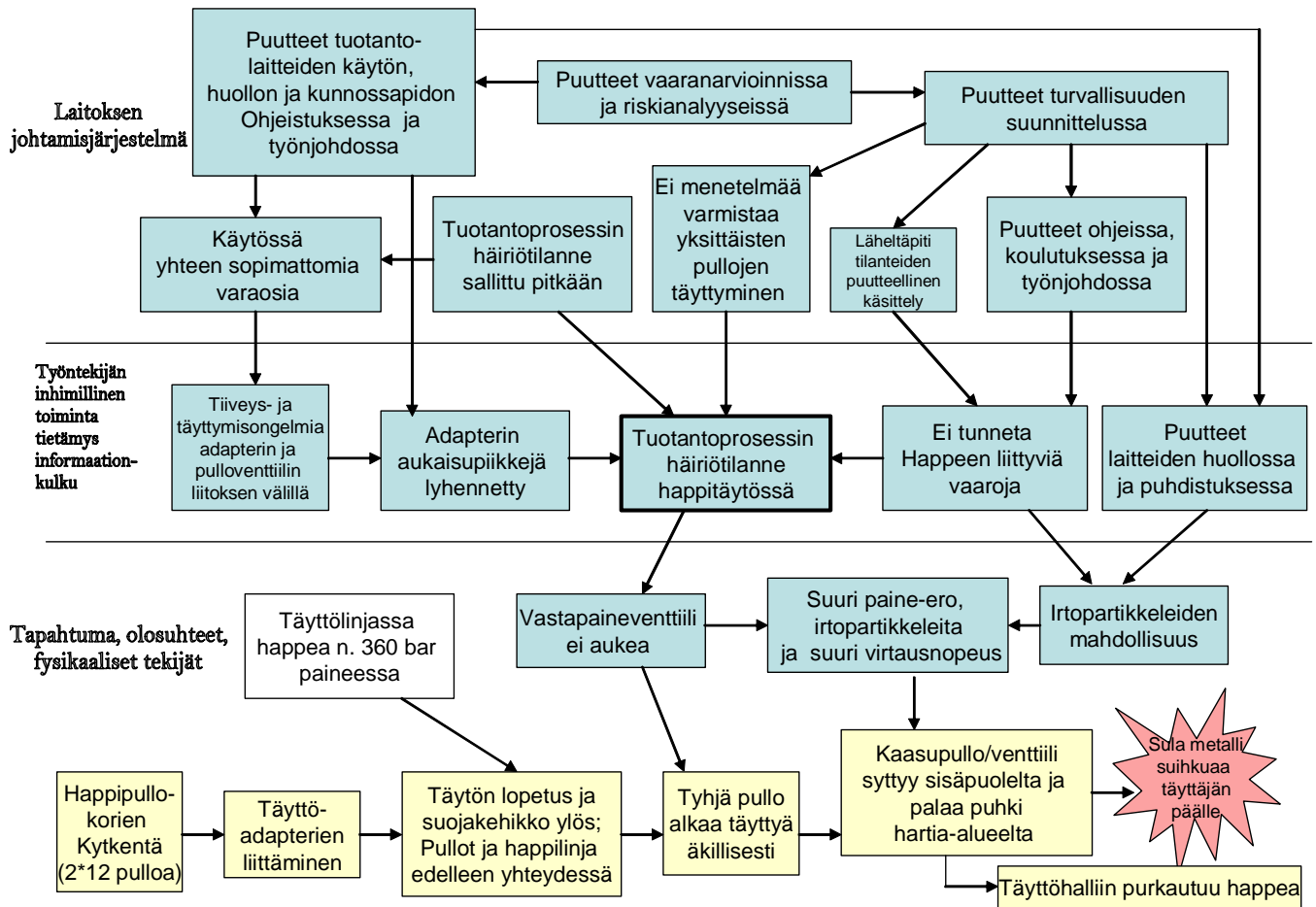
Happipullojen täyttö oli onnettomuuden sattuessa lopetusvaiheessa. Pumppu oli pysäytetty ja suojakehikko oli nostettu ylös. Täytettävät happipullot ja täyttölinjasto olivat vielä yhteydessä toisiinsa noin 360 barin paineessa. Täyttäjän mitatessa täytettyjen pullojen lämpötiloja täyttymisen varmistamiseksi, syttyi yksi happikaasupullo mittauksen alla olevasta pullokorista äkillisesti palamaan suihkuttaen sulaa metallia ympäristöön.

Tutkimusten ja onnettomuusjälkien perusteella voidaan päätellä pullon räjähdysmäisen palon syntyneen todennäköisesti seuraavalla tavalla. Paineen noustessa tarpeeksi korkealle, täyttörampissa noin 360 bariin, ja paineettoman pullon ollessa vielä kiinni täyttölinjassa, alkoi pullon äkillinen täytyminen. Ensimmäinen puuttuva tiiviste (vastapaineventtiilin tiiviste), kuva 9, on pitänyt n. 360 bar paine-eron pullon ja täyttöadapterin välillä. Kun happikaasu oli alkanut purkautua pulloon, oli tämä tiiviste rikkoutunut ja joutunut kaasuvirtauksen mukana venttiiliin. Suuri paine-ero, kaasun turbulenttinen virtaus ja sen mukana olevat vastapaineventtiilin tiivisteiden kappaleet ja muut täyttöadapterista ja putkistosta peräisin olevat irtopartikkelit olivat sytyttäneet istukan tiivisteeseen. Nämä olivat seuraavaksi iskeytyneet pulloventtiilin kantaosassa olevaan suodattimeen (filtteri) ja suodatin syttyi. Vastapaineventtiilin tiiviste oli myös syttynyt viimeistään tässä vaiheessa. Palo oli edennyt virtauksen suuntaan suodattimesta pullon sisälle. Happea oli virrannut suurella nopeudella ja suunnannut palavan metallisuihkun pullon hartiaan kuumentaa ja sulattaen sitä. Lopulta palava metallisuihku on suihkunnut pullon hartian läpi ympäristöön. Happea pääsi vapautumaan noin 365 m³.

Täyttölaitoksella oli kehittynyt ajan myötä toistuva tuotantohäiriö, jossa yksittäisiä pulloja alkoi täytyä kesken täyttöprosessin ja osa jäi täyttymättä. Yhtiöllä oli käytössä erilaisia venttiilejä ja adaptereita, jotka eivät aina kunnolla sopineet yhteen. Tämä yhteen sopimattomuus oli aiheuttanut tiiveysongelmia täyttörampin adapterin ja pulloventtiilin liitoksen välillä. Tutkimuksessa todettiin, että tiiveysongelman ratkaisemiseksi adapterien piikkejä oli lyhennetty. Tällöin osa käytössä olleista pulloventtiilien vastapaineventtiileistä eivät auenneet kunnolla täyttöä varten.

TUKESin tutkijaryhmä katsoo onnettomuuden todennäköisesti aiheutuneen teknisten ongelmien sekä yhtiön johtamisjärjestelmässä ja -menettelytavoissa esiintyneiden puutteiden seurauksena. Puutteita ilmeni mm. turvallisten toimintatapojen suunnittelussa, kriittisten työvaiheiden ohjeistuksissa ja ohjeiden noudattamisessa, käyttöturvallisuuteen vaikuttavien teknisten laitteiden kunnossapidossa ja seurannassa, poikkeamatilanteiden hallinnassa ja henkilöstön kouluttamisessa. Lisäksi happeen liittyviä vaaroja ei tiedostettu tarpeeksi hyvin. Onnettomuuden syntyyn saattoi vaikuttaa myös se, että täyttäjällä oli useita tehtäviä samaan aikaan, eikä pullojen täyttymistä voitu kunnolla seurata.

Onnettomuuden ensisijaisena syynä oli ollut luvussa 6.1 kuvattu tuotantoprosessin häiriötilanne ja sen hyväksyminen normaalitäyttötilanteeksi. Luvussa 6.2 on kuvattu puutteita, jotka ovat mahdollistaneet häiriötilanteen syntymisen ja jatkumisen. Lisäksi luvussa 6.2 on käsitelty muita olosuhteita, jotka ovat mahdollistaneet onnettomuuden tapahtumisen. Nämä lukujen 6.1 ja 6.2 sisältö on koottu kuvassa 17 esitettyyn accimap-kaavioon.



Kuva 17 Accimap-kaavio todennäköisistä onnettomuuden syistä ja syihin vaikuttaneista tekijöistä

8. Sädökset ja määräykset

8.1. *Laitosta koskevat luvat ja tarkastukset*

Messer Suomi Oy perusti Tuusulan täyttölaitoksen vuonna 1997, ja toiminnalle on TUKES myöntänyt luvan päätöksellä nro 6924/360/1996. Päätös perustui Kemikaalilain (744/89) 32 §:ään sekä vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun asetuksen (682/1990) 11 ja 24 §:iin. Lisäksi noudatettiin kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä kuljetettavista kaasusäiliöistä (641/78), jonka 19 ja 21 §:iin perustuen tarkastuslaitos teki käyttöönottotarkastuksen. Perustamislupa perustuu hakemuksen liitteenä olevan PI-kaavion mukaisesti 200 bar kaasupullojen täyttölaitokseen. Kuljetettavien kaasusäiliöiden täyttölaitoksen käyttöönottotarkastuksesta ei ole pöytäkirjaa, koska tarkastuksessa todettuja puuttuvia selvityksiä ei ollut toimitettu tarkastuslaitokselle.

Argonin ja sen seosten varastoinnin laajentamiselle on TUKES antanut 24.7.1997 päätöksen nro 4542/360/1997.

Toimintaperiaateasiakirjan mukaan toimintaperiaatteista vastaa Messer Suomi Oy:n tekninen päällikkö. Kemikaalien käytönvalvojana toimii tehdaspäällikkö. Painelaitteiden käytönvalvoja työskentelee yhtiön Imatran tehtaalla. Painelaitteiden tarkastukset hoidetaan sieltä käsin.

Yritys on tehnyt teollisuuskemikaaliasetuksen (59/1999) 27 §:n mukaisen sisäisen pelastussuunnitelman ja toimittanut sen Keski-Uudenmaan aluepelastuslaitokselle. Asetuksen edellyttämä yhteistoimintaharjoitus pelastussuunnitelman toimivuuden varmistamiseksi on tehty pelastusviranomaisten mukaan kesällä 2005, mutta raporttia ei ole laadittu.

Kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) 41 §:n mukaan toiminnanharjoittajan tuli arvioida räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamat vaaratekijät ja räjähdysvaaran aiheuttamat riskit (ATEX) 1.7.2006 mennessä. Arviointi on suoritettu työpaikalla v. 2006.

Ympäristönsuojelulain voimaantulon mukainen ilmoitus on jätetty alueelliseen ympäristökeskukseen. Laitokselta ei edellytetä ympäristöluvan hakemista.

8.2. *Toimintaperiaateasiakirjan turvallisuusasioiden toteutuminen*

Asetuksen (59/1999) 21 §:n mukaan toimintaperiaateasiakirjan laatimisessa noudatetaan asetuksen liitteessä III esitettyjä periaatteita. Toimintaperiaateasiakirjassa toiminnanharjoittaja selostaa toimintaperiaatteensa suuronnettomuuksien ja muiden onnettomuuksien ehkäisemiseksi. TUKESin määräaikaistarkastuksilla toiminnanharjoittajan tulee osoittaa, että näitä periaatteita noudatetaan.

Toimintaperiaatteet, päämäärät ja toimintatavat

Yritys on määritellyt seuraavat tavoitteet, joihin toimintaperiaateasiakirjassa esitettyjen menettelytapojen avulla yritys pyrkii:

- Tapaturmilta vältytään täysin;
- Täyttölaitos pystyy poikkeuksetta valmistamaan siltä tilatut kaasupullot eli käytettävyyks on huippuluokkaa;
- Pullotusprosessi on optimoitu siten, että henkilökuntaa ja laitteita pystytään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti
- Mahdollisten suuronnettomuuksien tapahtuessa onnettomuus pystytään rajoittamaan tehokkaasti.

Vaarojen arvioinnit ja riskianalyysit

Täyttölaitoksen suuronnettomuusvaarojen tunnistaminen ja arviointi on selostettu toimintaperiaateasiakirjassa. Vaarojen ehkäisemistä ja seurausten rajoittamista koskevia menettelyjä ja teknisiä ratkaisuja on esitetty yleisellä tasolla. Arvioinnissa ei käy ilmi, mitkä ovat tyypillisimpien ja suurimpien mahdollisten onnettomuuksien seuraukset ja vaikutukset täyttölaitoksen alueella ja alueen ulkopuolelle.

Suuronnettomuusvaaroiksi on tunnistettu:

- Nestemäisen ilmakaasun suurimittainen vuoto ympäristöön
- Tulipalo
- Liian matala happipitoisuus pullottamon ilmassa

Toimintaperiaateasiakirjan mukaan vaarallisuus arvioidaan ja tarvittavat jatkotoimenpiteet toteutetaan. Kuivajään tuottamiseen on laadittu riskianalyysi 16.6.2003.

Yrityksen sisäisen pelastussuunnitelman luvussa 9 on esitetty hapen leviämistä laskelmin, jotka perustuvat G. Opschoorin vuonna 1980 julkaisemaan taulukkoon. Varsinaista hapen leviämisen mallinnusta ei ole tehty itse Tuusulan täyttölaitoksen ympäristöön (tuulen suuntiin ja –nopeuksiin perustuen).

Läheltä piti- ja vaaratilanteiden käsittely

Toimintaperiaateasiakirjan mukaan Messer Suomi Oy tutkii kaikki läheltä piti-tapaukset. Tapaukset on ilmoitettava tekniselle päällikölle, joka arvioi tilanteen vaarallisuuden. Tämän perusteella tekninen päällikkö harkitsee tarkemman tutkimuksen käynnistämisen ja korjaaviin toimenpiteisiin ryhtymisen. Tekninen päällikkö informoi kaikkia asianomaisia ja saksalaisen emoyhtiön turvallisuuspäällikköä läheltä piti-tapauksista ja mahdollisista vastaavan tilanteen ehkäisevistä toimenpiteistä. Informoiminen tapahtuu esim. sähköpostilla tai yhteisillä tapaamisilla

Onnettomuuksista tehdään raportti saksalaiselle emoyhtiölle. Raportin laatii tekninen päällikkö yhdessä työntekijöiden kanssa.

Toimintojen ohjaus

Täyttölaitoksen työlupamenettely vaarallisille töille on kuvattu toimintaperiaateasiakirjassa. Täyttölaitoksella on työohjeet kaasupullojen ja täyttölaitteiden käsitteilyyn, yksityiskohtaiset työohjeet eri kaasulajien täytölle. Ulkopuolisia työntekijöitä varten on urakointiohje.

Suunnittelu hätätilanteiden varalle

Toimintaperiaateasiakirjan mukaan sisäinen pelastussuunnitelma pidetään ajan tasalla järjestämällä vuosittain toukokuussa täyttölaitoksen pelastussuunnitelman katselmus, jossa tarkistetaan asiakirjan ajanmukaisuus. Pelastussuunnitelman päiväys on 1.3.2004. Katselmusten pitämisestä ei ole näyttöä.

Auditoinnit ja katselmukset

Toimintaperiaateasiakirjan mukaan turvallisuusjärjestelyjen toteutumista ja kunnossapidon tasoa arvioidaan vuosittaisissa kokouksissa. Näitä dokumentteja ei ole todennettu tarkastuksilla. Toiminnanharjoittajan mukaan (2004 tarkastuksella kysyty) turvallisuuskierroksia tehdään kerran vuodessa, mutta havaintoja ja toimenpiteitä ei ollut kirjattu ylös.

Toimintaperiaateasiakirjasta puuttuu seuraavien asioiden menettelykuvaukset:

- organisaatorakenne ja vastuuhenkilöiden nimet sekä tehtäväkuvaukset,
- henkilöstön ja alihankkijoiden koulutustarpeen määrittäminen ja koulutuksen järjestäminen.

8.3. Toiminnan valvonta

Kauppa- ja teollisuusministeriön antaman päätöksen painelaiteturvallisuudesta (953/1999) ja Seveso II-direktiivin tullessa voimaan vuonna 1999, vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin laajamittaista toimintaa täyttölaitoksella ryhdyttiin valvomaan TUKESin säännöllisillä määräaikaistarkastuksilla kolmen vuoden välein. Messerin täyttötoiminnassa tämä koskee vain hapen täyttööä, koska muita täytettäviä kaasuja ei luokitella vaarallisiksi.

Muiden vaaralliseksi luokittelemattomien kaasujen osalta toiminnanharjoittajan tulee pyytää tarkastuslaitosta kolmen vuoden välein tekemään tarkastukset. Tarkastuslaitos on 1.6.1999 antanut arviointitodistuksen argonin, hapen, hiilidioksidin ja typen sekä näiden seosten täyttämistä pulloihin ja pullopaketteihin. Lisäksi tarkastuslaitos on 8.10.1999 antanut arviointitodistuksen kaasupullojen tarkastuksesta sisällön muuttamisen johdosta.

Käyttöönottotarkastuksen jälkeistä tarkastuslaitoksen tarkastusta ei tarvita, jos TUKES tekee täyttölaitoksella kyseisen (eli hapen) aineen täyttöön liittyen määräaikaistarkastuksia. Muille kaasuille tulee tehdä tarkastuslaitoksen tarkastukset.

TUKES on tehnyt teollisuuskemikaaliasetuksen (59/1999) mukaiset määräaikaistarkastukset 1.3.2001 (646/36/2001) ja 1.4.2004 (507/36/2004).

Vuoden 2001 tarkastuksella todettiin, että täyttölaitokselle on lisätty kaksi uutta krysalaramppia sekä kaksi puhtaan hiilidioksidin täyttöpistettä. Messer toimitti TUKESille 30.7.2001 täyttölaitoksen lay-out kuvan, josta selviää seuraavat täyttöpisteet:

- täyttö 1, Ar-, N2-, O2- seokset (O2 max. seoksissa 5% /1/)
- täyttö 2, happi
- täyttö 3 & 4, CO2/Ar seokset

Tarkastuksella todettiin, että asetyleenin ja formierkaasun varastointimäärät olivat lisääntyneet (asetyleenia varastoidaan 2,8 tonnia ja formierkaasua 1,2 tonnia). Myös muut varastoitavat vaaralliseksi luokitellut kemikaalit (T+, T, F+, palavia) todettiin, ja laitoksen suhdeluvun laskennan perusteella yrityksen veloitteeksi tuli laatia toimintaperiaateasiakirja. Toimintaperiaateasiakirja on toimitettu TUKESille vuoden 2004 määräaikaistarkastuksen yhteydessä.

Vuoden 2004 määräaikaistarkastuksessa todettiin kehityskohteina mm., että koko laitoksen tuotannon turvallisuus ja käyttövarmuus tulee arvioida järjestelmällisten riskianalyysimenetelmien avulla. Järjestelmällistä riskianalyysia, kuten esim. Hazopia, potentiaalisten ongelmien analyysia tai jotain muuta menetelmää käyttäen ei ole kartoitettu kaasupullojen täyttöprosessiin liittyviä vaaroja.

TUKESin vuonna 2004 tekemässä määräaikaistarkastuksessa toiminnanharjoittajan mukaan laitoksessa ei ollut sattunut kemikaaleihin liittyviä onnettomuuksia. Yksi läheltä piti-tapaus (tulipalo) oli vuonna 2001 kun siirrettiin happea paketista toiseen happipaketissa havaitun venttiilivuodon takia. Tarkastuksessa todettiin, että henkilökuntaa tulee kannustaa ilmoittamaan sattuneet läheltä piti-tapaukset.

Lisäksi tässä tarkastuksessa todettiin, että yritys on tehnyt ABB:n kanssa kunnossapitopalvelusopimuksen 28.1.2004. Tämä sopimus kattaa kaasujen täyttöpumput ja täyttöramppien venttiilit. Maadoitusten tarkastusväliä ei ollut määritelty. Kaasunilmaisimien kalibrointi- ja toimintakokeita ei ole dokumentoitu.

Määräaikaistarkastuksilla on jäänyt epäselväksi happiputkistojen kuntoa koskevien tarkastusten riittävyys, työluvan toteutuminen käytännössä sekä turvallisuusjärjestelyjen toteutumisen ja kunnossapidon tason arviointi yhtiön vuosittaisissa kokouksissa.

8.4. Työturvallisuutta koskevat määräykset

Työturvallisuuslain (738/2002) 8 §:n mukaan työnantaja on tarpeellisilla toimenpiteillä velvollinen huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä. Työnantajan on jatkuvasti tarkkailtava työympäristöä ja työtapojen turvallisuutta. Työnantajan tulee työturvallisuuslain 10 §:n mukaan selvittää ja tunnistaa työstä aiheutuvat vaaratekijät. Tällöin on otettava huomioon mm. esiintyneet vaaratilanteet. Kemiallisten tekijöiden vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi edellytetään tehtäväksi myös Valtioneuvoston asetuksessa kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001).

Työturvallisuuslain (738/2002) 14 §:n mukaan työnantaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että työntekijöille annetaan riittävästi opetusta ja ohjausta mm. työstä, työvälineistä ja työvälineiden turvallisesta käytöstä.

Työpaikan rakenteiden ja laitteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille. Valtioneuvoston päätöksen työssä käytettävien koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (856/1998) mukaan työnantajan on huolehdittava siitä, että työssä käytettävä työväline täyttää sitä koskevat vaatimukset. Työnantajan tulee varmistaa, että työväline pidetään koko sen käyttöajan riittävän huollon avulla vaatimusten mukaisessa kunnossa. Työnantajan tulee valvoa käytettävien työvälineiden kuntoa soveltuvin keinoin.

Työnantajan on annettava työturvallisuuslain 15 §:n mukaan työntekijän käyttöön tarkoituksenmukaiset henkilösuojaimet, jollei tapaturman tai sairastumisen vaaraa voida välttää tai riittävästi rajoittaa työhön tai työolosuhteisiin kohdistuvilla toimenpiteillä. Valtioneuvoston päätös henkilösuojainten valinnasta ja käytöstä työssä (1407/1993) edellyttää vaarojen arviointia, johon kuuluu suojausominaisuuksien määrittely ja saatavilla olevien suojainten vertailu vaadittaviin ominaisuuksiin.

8.5. Laitteiden ja asennusten määräystenmukaisuus

Nestemäisiä kaasuja varastoidaan paineellisissa kiinteissä varastosäiliöissä, joita koskee painelaitemääräykset. Lisäksi nestemäisen hapen (hapettava kemikaali, O, R8) osalta noudatetaan kemikaalisäädöksiä. Painelaitteiden määräaikaistarkastukset on tehty ajallaan. Painelaitteiden sijoituspaikka on pöytäkirjojen mukaan Imatra.

Täytettävien kaasupullojen sijoitukseen ja käyttöön sovelletaan Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä painelaiteturvallisuudesta (953/1999). Ennen täyttöä tulee varmistaa, että kaasupullo varusteineen on käyttökunnossa ja tarkastettu säädösten mukaisesti. Kaasupullon saa täyttää ainoastaan aineella, jota varten se on hyväksytty ja merkitty. Mahdollisuus painelaitteen ylitäyttöön tulee olla luotettavasti estetty.

Täyttölaitoksen omistajan on huolehdittava siitä, ettei täyttö vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta tai omaisuutta. Täyttölaitoksen palveluksessa tulee olla pätevää henkilöstöä, jolla on riittävä asiantuntemus kuljetettavien painelaitteiden täytöstä ja rakenteesta. Täyttölaitoksen rakenteiden ja varustelun tulee olla sellainen, että täyttö ja siihen liittyvät toiminnot voivat tapahtua asianmukaisella tarkkuudella (31 §).

Painelaitteen ja siihen liitettävän laitteen välisen liitoksen tulee olla sellainen, että vaarallista liitääntä ei voida tehdä (36§).

Vaarallisten aineiden kuljetuksesta säädetyn lain (719/1994 muutoksineen) nojalla annetun Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksessa vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä (277/2002 muutoksineen) liitteessä A säädetään kuljetettavien painelaitteiden teknisistä vaatimuksista, toimenpiteistä ennen ja jälkeen täytön, määräaikaistarkastuksista, täyttöasteesta ja täyttövaatimuksista. Lisäksi liitteen A pakkaustavan P200 kohdassa (7): Paineastioiden saa täyttää tätä varten varustelluissa täyttölaitoksissa, joissa on käytettävissä sopivat menetelmät ja ammattitaitoinen henkilökunta. Menetelmien on sisällettävä seuraavat tarkastukset: paineastioiden ja lisälaitteiden vaatimustenmukaisuus ja yhteensopivuus kuljetettavan tuotteen kanssa, ettei turvallisuuteen vaikuttavia vaurioita ole, täyttöasteen tai -paineen oikeellisuus riippuen kumpaa on sovellettava ja säännösten mukaiset merkinnät.

Kaasuputkistoihin sovelletaan painelaitesäädöksiä. Lisäksi vaarallista kemikaalia kuten happea sisältäviin putkistoihin sovelletaan kemikaalisäädöksiä. Kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) 12 §:n mukaan toiminnanharjoittajan on huolehdittava laitteistojen ja laitteiden sekä turvallisuuden varmistamiseen tarkoitettujen laitteiden ja järjestelmien kunnossapidosta ja varmistettava riittävän usein, että niitä voidaan käyttää turvallisesti ja että ne toimivat oikein.

Putkiston on valmistanut YIT-Huber ja tarkastuslaitos on antanut niistä arviointitodistuksen 12.12.1997. Sen jälkeen tehdyistä asennuksista on tarkastuslaitos antanut arviointitodistukset vuonna 1999. Vuoden 2004 tarkastuskertomuksessa on todettu, että kemikaaliputkisto-

jen kuntoa koskevien tarkastusten riittävyyttä tulee arvioida, onko pelkkä silmämääräinen tarkastus turvallisuuden kannalta riittävä.

TUKESin vuoden 2004 määräaikaistarkastuksessa edellytettiin toiminnanharjoittajaa toimittamaan TUKESille räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitussuunnitelma. Suunnitelmaa ei ole toimitettu TUKESille.

Räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennusten määräaikaistarkastukset tulee tehdä viiden vuoden välein. Määräaikaistarkastuksesta eikä uusimmista maadoitusmittauksista ollut asiakirjoja.

Laitoksella on kaasunilmaisimia hiilidioksidille ja hapelle, joiden toimintakunnon seuramisesta pidetään kirjaa.

9. Ehdotukset vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi

Onnettomuustutkinnan tulosten perusteella TUKESin tutkijaryhmä ehdottaa seuraavia toimenpiteitä, joiden avulla laitoksen turvallisuustasoa voidaan parantaa ja vastaavia onnettomuuksia ehkäistä:

Vaarojen arviointi ja poikkeamatilanteiden hallinta

- Täyttölaitoksella käsiteltävien raaka-aineiden ja tuotteiden käsittelyyn ja varastointiin sekä kaasupullojen täyttöprosessiin liittyviä riskejä tulee arvioida järjestelmällisellä analyysimenetelmällä (esim. toiminto-virheanalyysi, Hazop). Riskien arvioinnissa on otettava huomioon koko laitoksen tuotannon turvallisuus, käyttövarmuus ja tekniset tekijät. Mahdollisten happionnettomuuksien seurausanalyysijä tulee laatia kattavammin, jolloin tarkastellaan kaasuvuotojen leviämistä täyttölaitoksessa sekä sen ulkopuolelle. Riski- ja seurausanalyysien tulokset huomioidaan ja mahdolliset korjaustoimenpiteet toteutetaan.
- Läheltä piti- ja vaaratilanteiden ilmoitusjärjestelmää ja ilmoitusten käsittelyä tulee kehittää. Johdon tulee kannustaa henkilökuntaa ilmoittamaan avoimesti havaitsemistaan vaaratilanteista sekä turvallisuuteen vaikuttavista epäkohdista, ja ryhtyä toimenpiteisiin epäkohtien poistamiseksi.
- Täyttölaitoksen turvallisuusasioita tulee säännöllisesti käsitellä johdon suorittamissa arviointitilaisuuksissa (auditoinnit, turvallisuuskierrokset) ja kirjata johtopäätökset. Johdon tulee seurata mahdollisten jatkotoimenpiteiden toteutumista.

Organisaation vastuukysymykset ja koulutustarve

- Henkilöstön ja johdon tehtävät ja vastuualueet organisaatiossa tulee selkeyttää ja määritellä kirjallisesti.
- Täyttölaitoksen henkilöstön osaamisvaatimuukset ja koulutustarve tulee määritellä ja järjestää asianmukainen koulutus.
- Vastuuhenkilön tulee tuntea täyttölaitoksen toiminta, sitä koskevat säännökset sekä turvallisen toiminnan edellytykset. Toiminnanharjoittajalla tulee olla ajan tasalla oleva luettelo nimeämistään käytönvalvojista.
- Henkilöstölle tulee antaa säännöllisin väliajoin koulutusta kaasujen ja erityisesti hapen ominaisuuksista ja vaaroista sekä kaasujen täyttöprosessiin liittyvästä turvallisuudesta työskentelystä. Lisäksi varmistetaan, että henkilöstö toimii annettujen ohjeiden mukaisesti. Annettu koulutus kirjataan koulutusrekisteriin.
- Johdon tulee seurata annettujen ohjeiden noudattamista.

Ohjeet

- Kaasujen täyttöprosessin työvaiheista sekä toimenpiteistä poikkeus- ja hätätilanteissa tulee laatia kirjalliset ohjeet riittävän yksityiskohtaisesti ja ohjeet päivittää aina muutostilanteissa.
- Täyttölaitoksen prosessien ja laitteiden kunnossapitoa tulee kehittää. Toiminnanharjoittajan tulee määritellä kirjallisesti, mitä käyttöturvallisuuteen vaikuttavia teknisiä laitteistoja ja laitteita ennakko- ja kunnossapito kattaa. Kunnossapidon tulee olla myös ennakoivaa. Lisäksi selvitetään ennakoivan kunnossapidon tyypillisiä tar-

kastusvälejä ja mitkä ovat kriittisimmät laitteet ja miten niiden kunnonvalvonta on hoidettu.

- Käytettävien täyttöadapterien ja pulloventtiilien yhteensopivuus ja toimivuus tulee varmistaa valmistajien ohjeiden ja suositusten mukaan lainsäädännön vaatimukset huomioon ottaen. Yhteen sopimattomien pulloventtiilien ja adaptereiden käyttö tulee estää.

Tekniset toimenpiteet

- Täyttölaitteiston suurin sallittu käyttöpaine tulee rajoittaa varolaittein sen laitteen mukaan, jolla on täyttöprosessissa ja linjastossa pienin sallittu käyttöpaine.
- Täyttölaitoksen tulee laatia putkistokaavio, josta ilmenee laitteet ja varusteet positionumeroin, osaluettelot, siirrettävät kemikaalit, putkiston nimellisuuruudet ja materiaalit, putkien paineluokat, varolaitteiden asetusarvot.
- Hapen täytössä tulee täyttölaitteistoa ja toimintatapoja muuttaa siten, ettei henkilöstö joudu työssään korkeapaineisen hapen vaaroille alttiiksi. Erityisesti tulee huomioida hapen sytyttävä vaikutus kuumenemisen seurauksena, mikä voi aiheuttaa adiabaattinen kompressio, kitka, mekaaninen isku, kaasun turbulenssi tai nopea virtaus, jossa on partikkeleita mukana.
- Happiputkiston ja siihen liitettyjen laitteiden puhtaus tulee varmistaa. Täyttöprosessissa käytettyjen laitteiden soveltuvuus hapelle tulee varmistaa ottaen huomioon putkiston minimi- ja maksimikäyttöarvot.

Valvontaviranomaisen toimenpiteet

- Valvontaviranomaisen tulee tarkistaa turvallisuusvaatimukset yhtiön 300 barin hapen täytölle.
- Valvontaviranomaisen tulee laatia ohjeistus hapen käytöstä

VIITELUETTELO

- /1/ <http://www.messersuomi.fi/>
- /2/ Messer Suomi Oy Tuusulan kaasujen täyttölaitoksen sisäinen pelastussuunnitelma 1.3.2004
- /3/ TUKESin tarkastuskertomus määräaikaistarkastuksesta nro 507/36/2004
- /4/ BJL Bergmann Oy:n kirje 23.11.2005, liitteinen
- /5/ TUKESin päätös nro 6924/360/1996 täyttölaitoksen ja kaasupullovaraston perustamiselle
- /6/ Tarkastuslaitoksen muistiinpanot käyttöönottotarkastuksesta 15.8.1997
- /7/ TUKESin päätös nro 4542/360/1997 argonin ja sen seosten varastoinnille.
- /8/ TUKESin tarkastuskertomus määräaikaistarkastuksesta nro 646/36/2001
- /9/ Tuusulan täyttölaitoksen toimintaperiaateasiakirja 1.1.2002
- /10/ Tarkastuslaitoksen arviointitodistukset 130-1C13-922203 (1.6.1999) ja 130-1C13-940502 (8.10.1999)
- /11/ TUKES-opas, Hapen turvallinen käsittely ja varastointi
- /12/ EIGAn ohje IGC Doc 04/00/E, Fire Hazards of oxygen and oxygen enriched atmospheres
- /13/ Sähköpostikysely tehty Keski-Uudenmaan pelastuslaitokselle, Henri Kokko/Rauli Åhls 24.8.2006.
- /14/ VTT:n tutkimusselostus nro VTT-S-05447-06, 16.06.2006, Happipullon vauriotutkimukset
- /15 / Polartestin todistus kuljetettavien painelaitteiden täyttölaitoksen arvioinnista
- /16/ VTT:n tutkintaselostus B 5/2003 Y, 10.6.2005, Räjähdysmäinen tulipalo terästehtaalla Torniossa 19.9.2003
- /17/ Inspecta Oy:n Tarkastuspöytäkirjat työnnumero 181449, ultraääni-, magneettijauhe- ja endoskooppi tarkastus 27.12.2005.

LIITTEET

Liite 1 Tutkijaryhmän nimittämiskirje

Liite 2 VTT:n tutkimusselostus nro VTT-S-05447-06, 16.06.2006, Happipullon vauriotutkimukset