

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

DNRO 9964/00.05.12/2022

Tekijät: Timo Talvitie, Aatu Isotalo

RAPORTTI

Vaarallinen kemiallinen reaktio jätteiden kierrätyslaitoksella Järvenpäässä 19.9.2022

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

tukes

Onnettomuustutkintaraportti

Tukes 9964/00.05.12/2022

**Vaarallinen kemiallinen reaktio jätteiden
kierrätyslaitoksella Järvenpäässä 19.9.2022**

Tutkintaryhmä:

Timo Talvitie, Aatu Isotalo

Sisällysluettelo

Määritelmiä	3
Tutkintaraportin tiivistelmä	4
1. Johdanto	6
2. Tapahtumat	7
2.1. Yleiskuvaus ja onnettomuuden kohde	7
2.2. Tapahtumien kulku	8
2.3. Sekahappojäte ja vaarallinen reaktio	9
2.4. Pelastustoiminta	10
3. Taustatiedot	12
3.1. Tuotantolaitos ja prosessilaitteisto	12
3.2. Tuotantolaitosta koskeva sääntely, luvat ja viranomaisvalvonta	13
4. Analyysi	15
4.1. Sekahappojätteen sisältö, merkinnät ja luokittelu	15
4.2. Vaaralliset reaktiot ja riskien arviointi	16
4.3. Toimintaohjeet ja niiden noudattaminen	17
4.4. Tekninen varautuminen vaarallisiin reaktioihin ja säiliörakenteet	17
4.5. Muutosten hallinta	17
4.6. Toiminta poikkeustilanteessa	18
5. Johtopäätökset	19
5.1. Onnettomuuden välitön syy	19
5.2. Sekahappojätteen merkintä ja luokitus	19
5.3. Vaaralliset reaktiot ja riskien arviointi	19
5.4. Vaarallisten reaktioiden huomioiminen luvituksessa	19
5.5. Poikkeamien tutkinta	20
5.6. Toimintaohjeet ja niiden noudattaminen	20
5.7. Tekninen varautuminen	20
5.8. Muutosten hallinta	20
5.9. Vaara- ja onnettomuustilanteiden hallinta	21
6. Suositukset	22
Lähteet	23

Määritelmiä

- *CLP-asetus*. Euroopan parlamentin ja neuvoston kemikaalien luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskeva asetus
- *C-osaamiskeskus*. Työterveyslaitoksen yhteydessä toimiva vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskus.
- *IBC-pakkaus (Intermediate Bulk Container)*. Kemikaalien kuljetuksissa käytettävä yleinen pakkaustyyppi.
- *Kalkkimaito*. Kalsiumhydroksidin (Ca(OH)_2) vesiliuos
- *OVA-ohjeet*. Työterveyslaitoksen laatimat ohjeet kemikaaliturvallisuuden tietolähteiksi.
- *Suspensio*. Heterogeeninen seos, jossa kiinteässä olomuodossa olevaa materiaalia on sekoittuneena nesteeseen
- *TOKEVA*. Kemikaalionnettomuuksien torjuntaohje pelastuslaitoksille
- *Vaarallinen jäte*. Jäte, joka voi aiheuttaa erityistä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle

Tutkintaraportin tiivistelmä

Onnettomuustapaus	Vaarallinen kemiallinen reaktio jätteiden käsittelylaitoksella
Tapahtuma-aika	19.9.2022
Tapahtumapaikka	Kierto Ympäristöpalvelut Oy, Levysepänkaari 7–9, Järvenpää
Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista	<p>Vaarallisten jätekemikaalien käsittelylaitokselle otetaan vastaan neutraloitavaksi ja saostettavaksi tulevia nestemäisiä happo- ja metallisuolaliuoksia. Käsittely tapahtuu panosperiaatteella reaktorisäiliöissä.</p> <p>Reaktorisäiliöön oli jäänyt kiinteää metallisuolasakkaa, jota yritettiin irrottaa käsiteltäväksi tulleella sekahappojätteellä, joka sisälsi fluorivetyhappoa, typpihappoa ja etikkahappoa sekä näiden happojen reaktiotuotteita. Sekahappojäte alkoi reagoida metallisuolasakan kanssa, jolloin syntyi myrkyllistä kaasua, joka pääsi ulos reaktorisäiliöstä avonaisen näytteenottoyhteen kautta. Kaasulle altistui kaksi työntekijää, joista toinen menehtyi myöhemmin.</p> <p>Sekahappojätteelle ei ollut laadittu CLP-asetuksen periaatteiden mukaista väliaikaista luokitusta. Aineen vaaraominaisuuksien arviointi perustui toisen toiminnanharjoittajan tekemään kuljetusluokitukseen sekä laboratorioanalyysiin, jonka tulosten tulkinta oli virheellistä. Tehtyjen tulkintojen perusteella aine arvioitiin vaarattommaksi kuin mitä se todellisuudessa oli.</p> <p>Prosessiin liittyvät varautumiset perustuivat pääasiassa operaattoreiden tekemään valvontaan ja toimenpiteisiin teknisten tai automaattisten riskien hallintakeinojen sijaan. Varautumiskeinot eivät onnettomuustilanteessa toimineet tai olleet riittävän tehokkaita.</p>
Tutkintaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kierto Ympäristöpalvelut Oy:n on huomioitava johtopäätöksissä esitetyt havainnot toiminnassaan. Johtopäätökset ovat sovellettavissa myös muilla vaarallisten kemikaalien käsittelyä ja varastointia harjoittavilla tuotantolaitoksilla pyrkimyksenä kehittää onnettomuuksien ehkäisyä. 2. Jätteitä käsittelevien yritysten on pyrittävä selvittämään jätekemikaalien vaaraominaisuudet ja reaktiivisuus mahdollisimman tarkasti hyödyntäen CLP-asetuksen luokituskriteereitä. Vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvät luokitukset ja merkinnät eivät välttämättä anna riittävästi tietoa kemikaalien vaaraominaisuuksista kemikaaliturvallisuusluvan edellyttämässä laajuudessa. 3. Jätekemikaalien tuottajien ja käsittelijöiden on keskinäisellä tiedonvaihdolla varmistettava, että kemikaalien vaaraominaisuudet ja luokitukset sekä niiden merkitys ymmärretään samalla tavalla kaikissa jäteketjun vaiheissa. 4. Jätteiden tuottajien on varmistettava, että jätteiden käsittelijä ja vastaanottajalla on lupa käsitellä ko. jätekemikaaleja huomioiden annetut ympäristö- ja turvallisuusluvut (Aluehallintoviraston ja Tukesin luvat). Jätteiden vaaraominaisuuksia ja luokituksia on verrattava tuotantolaitoksen luvissa käsiteltäväksi ja varastoitavaksi sallittuihin jätenimikkeisiin ja vaarallisten kemikaalien luokituksiin.

	<p>5. Vaarallisia kemikaaleja käsittelevien ja varastoitavien toiminnanharjoittajien on lupahakemuksissa huomioitava tunnistettujen vaarallisten reaktioiden tai muiden häiriötilanteiden aiheuttamat kemikaalimäärät toiminnan laajuutta määritettäessä (suhdelukulaskennassa).</p> <p>6. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto varmistaa, että prosessin hallinnan menetyksen seurauksena syntyvät kemikaalimäärät ja onnettomuusvaikutukset ovat arvioituna ja esitettyinä tuotantolaitosten lupahakemuksissa. Häiriötilanteiden synnyttämät vaaralliset kemikaalit voivat olla merkityksellisiä esimerkiksi akkuvarastoilla ja muissa sähköakkuja sisältävissä kohteissa, joiden paloissa voi syntyä huomattavia määriä myrkyllisiä kaasuja.</p>
Tutkintaraportin päiväys	31.1.2023
Tutkintaryhmän allekirjoitukset ja nimenselvennykset	Timo Talvitie Aatu Isotalo

1. Johdanto

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) päätti tutkia Kierto Ympäristöpalvelut Oy:n jätteiden kierrätyslaitoksella 19.9.2022 sattuneen kemikaalionnettomuuden vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annetun lain (390/2005) 99 §:n nojalla. Tukes arvioi tutkimuksen olevan tarpeellista onnettomuuden syyn selvittämisen ja onnettomuuksista oppimisen kannalta. Tuotantolaitos, jolla onnettomuus sattui, on Tukesin valvonnassa oleva vaarallisten kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia harjoittava laitos.

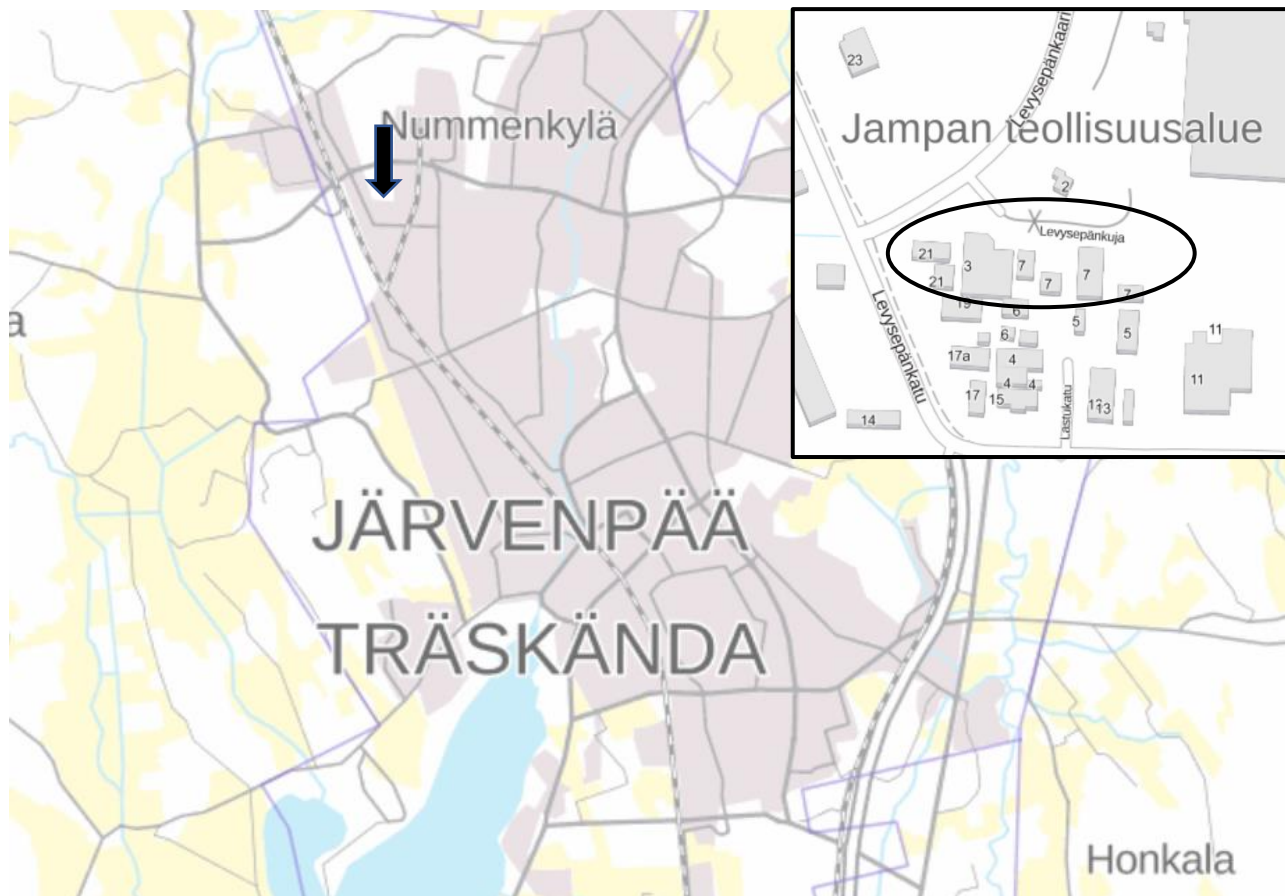
Tutkinta päätettiin käynnistää, koska kyse oli vakavasta onnettomuudesta, jonka aiheutti vaarallinen kemiallinen reaktio. Kiertotalouteen ja jätteiden käsittelyyn liittyy samanlaisia riskejä kuin puhtaiden kemikaalien tuotantolaitoksilla. Tutkimuksen tärkein tehtävä oli selvittää, onko kemikaaliriskeihin varautuminen riittävää. Tutkinnassa ei arvioida oikeudellisia vastuukysymyksiä.

Tutkintaryhmän puheenjohtajaksi nimitettiin ylitarkastaja Timo Talvitie ja jäseneksi ylitarkastaja Aatu Isotalo.

Tutkinta-aineistoa kerättiin työntekijöiden ja yrityksen johdon haastatteluilla, Tukesin ja muiden viranomaisten lupa- ja valvonta-asiakirjoista sekä yrityksen vastauksena selvityspyyntöön toimittamista asiakirjoista. Onnettomuuskohteessa tehtiin myös paikkatutkintaa.

2. Tapahtumat

2.1. Yleiskuvaus ja onnettomuuden kohde



Kuva 1. Kierrätys- ja jäteterminaalin sijainti (Pohjakartta: Maanmittauslaitos)

Kierto Ympäristöpalvelut Oy tarjoaa asiakkailleen tavanomaisten ja vaarallisten jätteiden nouto-, käsittely- ja kierrätyspalveluja. Käsittelylaitos sijaitsee Järvenpään Jampan kaupunginosassa, noin 3 km Järvenpään keskustasta. Laitoksella käsitellään ja varastoidaan monia erilaisia jätteitä. Tässä tutkinnassa keskityttiin onnettomuudessa osallisena olleiden nestemäisten happamien tai emäksisten jätteiden sekä raskasmetalleja sisältävien vesiliuosten käsittelyprosessiin. Näitä jätteitä laitokselle tulee erityisesti metallien pintakäsittelylaitoksilta ja elektroniikkateollisuudesta. Laitos toimii kahdessa vuorossa klo 6–22.

Laitoksella on useampia Etelä-Suomen aluehallintoviraston sekä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukesin) myöntämiä lupia ja muita viranomaispäätöksiä koskien ympäristönsuojelua sekä vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia. Laitos on vaarallisten kemikaalien määrän ja vaarallisuuden perusteella ns. lupalaitos, mikä tarkoittaa, että toiminta vaatii Tukesin luvan. Laitos ei kuitenkaan kuulu suuronnettomuusvaarallisten laitosten (ns. Seveso-laitokset) kategoriaan. Tukes ja Uudenmaan ELY-keskus ovat valvoneet laitoksen toimintaa useilla tarkastuksilla sen toimintahistorian aikana. Kohteeseen on tehty myös useita muita viranomaispäätöksiä ja tarkastuksia mm. rakennusvalvonnan ja pelastusviranomaisten toimesta.

2.2. Tapahtumien kulku



Kuva 2. Prosessihalli, jossa onnettomuus tapahtui (Kuva: Tukesin valvonta-aineisto)

Tapahtumat alkoivat neljä päivää ennen onnettomuutta, jolloin reaktiosäiliön S10 pohjalle oli jäänyt noin 10 m^3 saostusreaktioissa syntyneitä tiivistä sakkaa. Tämä sakka oli muodostunut useista aiemmin käsitellyistä panoksista koostuen pääosin raudan ja alumiinin oksidi- ja hydroksidisuoloista sekä kalsiumkarbonaatti-, sulfaatti- ja hydroksidisuoloista. Sakassa on arvioitu olleen mukana myös vähäisempiä määriä kloridisuoloja ja raskasmetalleja. Sakan tiiveyttä voi verrata kerrostuneeseen saveen, jota on hyvin vaikea saada sekoittamalla takaisin veden ja kiinteän aineen suspensioksi, joka voitaisiin pumpata ulos säiliöstä. Seuraavana päivänä oli säiliöön S10 syötetty vettä, jolla oli yritetty saada sakkaa liikkeelle. Tällä ei ollut ollut toivottua vaikutusta ja säiliöön oli edelleen jäänyt noin 9 m^3 tiivistä sakkaa. Säiliö S10 oli poistettu väliaikaisesti käytöstä sinne jääneen sakan vuoksi.

Onnettomuuspäivänä aamuvuoro oli valmistellut sekahappojätteen käsittelyä pumpaamalla säiliöön S12 valmiiksi neutraloinnissa käytettävää kalkkimaitoliuosta ja emäksistä pesuainetta. Tarkoituksena oli, että iltavuoro olisi neutraloinut sekahappojätteen kyseisessä säiliössä. Vuoron päättyessä noin kello 15 oli neutralointireaktion pohjalios valmiina odottamassa iltavuoroa.

Iltavuoro päätti kuitenkin aloittaa vuoronsa pyrkimällä poistamaan säiliössä S10 olevaa sakkaa pumpaamalla käsiteltävää sekahappojätettä säiliöön. Säiliöön S10 pumpattiin yhteensä neljä 1 m^3 :n IBC-kontillista sekahappojätettä. Pumpaus oli aloitettu heti vuoron alettua klo 15.15. Pumpauksen loputtua happo jätettiin vaikuttamaan säiliöön S10 ilman valvontaa ja muita töitä jatkettiin. Pumpauksen kesto ei ole tarkkaan tiedossa, mutta operaattorit ovat todennäköisesti noin puolessa tunnissa saaneet pumpattua kaikki neljä konttia tyhjiksi. Arvio perustuu aikaisempaan työkokemukseen.

Ollessaan kahvituolla noin kello 18 operaattorit huomasivat prosessihallissa värillistä kaasua, jonka he arvioivat myrkylliseksi typen oksideiksi kaasun oranssin värin perusteella. Operaattorit ymmärsivät välittömästi kaasuhavainnon jälkeen, että kaasun täytyy tulla reaktorisäiliöstä S10, jonne sekahappojäte oli

pumpattu. He päättivät yrittää pysäyttää tai estää kaasun muodostumisen ja leviämisen halliin. He pukivat päälleen suojanaamarit ja lähtivät hallin sisään tarkoituksena yrittää pumpata reagoivaan säiliöön kalkkimaitoa. Tätä varten operaattoreiden oli avattava säiliön päällä olevat käsiventtiilit ja käynnistettävä hallin toisella reunalla oleva pumppu. Omat toimenpiteensä valmiiksi saanut operaattori siirtyi lastauslaiturille ja paikalle saapui myös eri osastolla työskennellyt kolmas työntekijä. Yhdessä he alkoivat ihmetellä, mihin operaattorin työpari oli jäänyt. Operaattori lähti etsimään työpariaan, joka löytyi tajuttomana hallin sisältä kulkutason päältä läheltä kaasupesuria. Hänet tuotiin hallin sisältä ulos ja kolmas työntekijä soitti hätäkeskukseen. Pelastusyrityksestä huolimatta toinen kaasun havainneista operaattoreista menehtyi kaasualtistumisen seurauksena muutamia päiviä myöhemmin.

Suurin osa myrkyllisestä kaasusta on todennäköisesti levinnyt halliin säiliön S10 avonaisen näytteenottoventtiilin kautta. Voimakkaan kaasunmuodostuksen takia kaasupesurin teho ei ole riittänyt pitämään säiliötä alipaineisena ja estämään kaasun purkautumista ulos säiliöstä.



Kuva 3. Reaktorisäiliön S10 yläosa. Etualalla nuolella merkittynä näytteenottoyhde, jonka kautta kaasua pääsi vapautumaan hallitilaan. (Kuva: Tukes)

2.3. Sekahappojäte ja vaarallinen reaktio

Reaktorisäiliöön pumpattu sekahappojäte oli peräisin elektroniikkateollisuuden yrityksestä. Jätettä oli toimitettu käsiteltäväksi laitokselle säännöllisesti viikoittain yli neljän vuoden ajan. Se sisälsi typpihappoa (HNO_3), fluorivetyhappoa (HF) ja etikkahappoa (CH_3COOH) sekä näiden happojen reaktiosuoloja. Jätepakkaukseen oli tehty merkintä: "15 % HNO_3 , 18 % HF , 30 % ETIKKAHAPPO, 20 % VESI". Merkintä sisälsi

kuljetuksen YK-numeron ja varoituslipukkeen ”syövyttävä”, luokka 8. Pakkauksena oli 1 m³:n muovinen 2-vaippainen IBC-pakkaus.

Kuljetuksesta tehtävässä siirtoasiakirjassa sekahappojäte oli merkitty: ”UN3264 JÄTE SYÖVYTTÄVÄ NESTE, HAPAN, EPÄORGAANINEN, N.O.S(SUOLAHAPPO, FOSFORIHAPPO) 8 III”. Kuljetusluokituksen teknisessä nimikkeessä (NOS-nimike) oli mainittuna suola- ja fosforihappo, vaikka kuljettava ja käsiteltävä jäte ei ole sisältänyt näitä happoja.

Sekahappojätettä neutraloidaan kalkkimaidolla eli kalsiumhydroksidin vesiliuoksella. Neutraloitumisreaktion tuotteina syntyy kalsiumnitraattia, -fluoridia ja -asetaattia sekä vettä. Neutraloinnissa tapahtuvat reaktiot voidaan kuvata reaktioyhtälöinä:

$$\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$$

Neutraloituneen jäteliuoksen reagointi lisättäessä sekajätehappoa. Reaktioiden edetessä väärään suuntaan voi syntyä myrkyllisiä typpidioksidi- (NO₂) ja fluorikaasuja (F₂).

$$\text{Ca(NO}_3)_2 + \text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2 + \text{HNO}_3$$

$$\text{CaF}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{F}_2 + \text{CaO} + \text{NO}_2$$

Kuva 4. Sekahappojätteen neutralointiprosessia kuvaavat reaktioyhtälöt

Onnettomuustilanteessa tapahtuneita kemiallisia reaktioita ei pystytä tarkasti kuvamaan, koska reaktiosäiliön sakan tarkempi koostumus ei ole tiedossa. Oletettavasti sekahappojäte on reagoanut säiliössä olleen kiinteän metallisuolasakan ja muun aineksen kanssa. Neutraloitumisreaktiot tuottavat lämpöä, joten todennäköisesti säiliöistä on tullut ulos myös happohöyryjä (fluorivetyhappoa ja typpihappoa). Jos oletuksena käytetään pakkausmerkintöjen happopitoisuuksia, neljästä IBC-kontillisesta (n. 3500 kg sekahappojätettä) olisi teoriassa voinut vapautua satoja kiloja myrkyllisiä kaasuja. Silminnäkihavainnot oranssista kaasusta hallin sisäpuolella ja rakennuksen yllä tukevat arviota merkittävästä kaasuvuodosta.

2.4. Pelastustoiminta

Laitoksen työntekijä teki ensimmäisen hätäilmoituksen klo 18.08. Työntekijä kertoi hätäkeskukselle tapahtuneesta kaasuvuodosta ja työoverinsa loukkaantumisesta. Hätäkeskus sai ilmoittajalle esittämiensä kysymysten avulla selville onnettomuudessa osallisena olevan typpihapon, joka reaktion seurauksena muodostaa runsaasti myrkyllistä kaasua. Hätäpuhelun aikana vuoto jatkui hallin sisätiloissa. Jonkin verran kaasua vapautui ulkoilmaan poistoilmakanavien kautta. Hätäkeskus hälytti ensimmäiset pelastus- ja ensihoitoyksiköt vaarallisen aineen onnettomuustehtävään klo 18.10. Myöhemmin tehtävää täydennettiin useilla pelastuksen ja ensihoidon yksiköillä. Onnettomuuden aikana hätäkeskukseen tuli lähialueelta useita tiedustelusoittoja tilanteesta.

Ensimmäisenä onnettomuuskohteeseen saapui klo 18.14 Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen päivystävä palomestari, joka määräsi pelastushenkilöstön suojaustasoksi sammutusasun ja paineilmalaitteen. Välittömän vaaran alueeksi määriteltiin 50 metriä tuulen yläpuolella ja 200 metriä tuulen alapuolella. Tuulen suunta oli pohjoisesta etelään. Ensimmäinen ensihoitoyksikkö oli kohteessa klo 18.16.

Pelastuslaitoksen ensimmäisenä tehtävänä oli potilaiden evakuointi. Saatuaan kaasulle altistuneet henkilöt ensihoidon hoidettavaksi, pelastuslaitos aloitti reagoineiden aineiden vaaraominaisuuksien ja soveltuvan torjuntatavan selvittämisen käsittelylaitoksen henkilökunnan kanssa. Kun aineet ja niiden vaaraominaisuudet oli saatu selvitettyä, aloitettiin kemikaalisukellus. Yrityksen tuotantoesimies oli saanut tiedon onnettomuudesta ja saapui paikalle. Hänet puettiin suojarusteisiin siten, että hän pystyi

osallistumaan kemikaalisukellukseen ja opastamaan pelastushenkilöstöä muun muassa onnettomuudessa osallisena olleista kemikaaleista ja laitoksen järjestelmistä. Kemikaalintorjuntaan liittyvinä tietolähteinä hyödynnettiin myös TOKEVA- ja OVA-ohjeita sekä C-osaamiskeskusta.

Yrityksen edustajan ja pelastushenkilöstön välillä käydyn keskustelun perusteella torjuntataktiikaksi valittiin säiliössä olevan kemikaalin laimentaminen vedellä. Oikeanlaista liitintä pelastusajoneuvon kytkemiseksi laitoksen putkistoon ei ollut heti saatavilla. Paikalle tilattiin liitin Väyläviraston raideliikenteen raivausyksiköstä, josta oli saatavilla kemikaalionnettomuuksiin soveltuvaa kalustoa. Kemikaalisukelluksen aikana liitin kuitenkin löytyi laitoksen tiloista. Säiliöön pumpattiin noin 25 m³ vettä. Pelastustoiminnan aikana kaasunmuodostus väheni ja lopulta loppui kokonaan. Vesitäytöllä varmistettiin reaktion ja kaasunmuodostuksen loppuminen.

Alueen väestöä varoitettiin onnettomuuden aikana vaaratiedotteella sekä pelastuslaitoksen ja poliisin ajoneuvokaiuttimilla. Vaaratiedotteessa Saunakallion ja Jampan alueen asukkaita kehoitettiin suojautumaan sisätiloihin ja sulkemaan ilmanvaihto sekä seuraamaan televisiota ja radiota. Poliisi ja pelastuslaitos eristivät vaara-alueen. Pääradalla ohi kulkevia junia kiellettiin pysähtymästä Saunakallion seisakkeella.

Kaasunmuodostuksen loppumisen ja tilanteen vakiintumisen jälkeen pelastuslaitos tarkasti tilat ja huolehti kemikaalisukeltajien puhdistamisesta. Vaaratiedote purettiin klo 21.30. Pelastustoiminta lopetettiin klo 22.15 ja tilat luovutettiin yrityksen toimitusjohtajalle.

3. Taustatiedot

3.1. Tuotantolaitos ja prosessilaitteisto

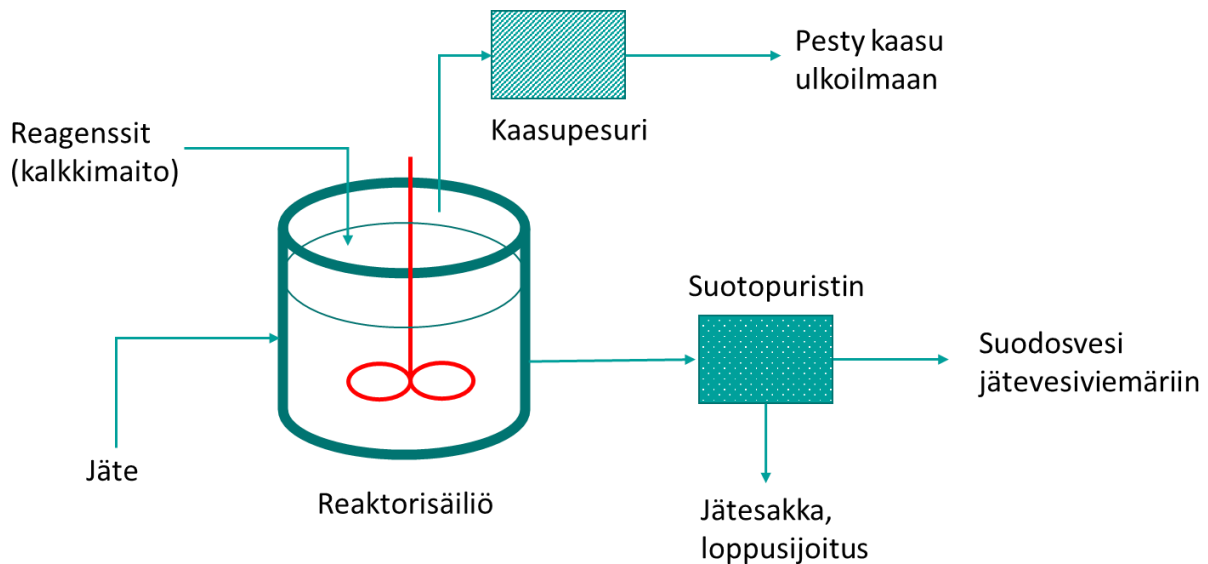
Nestemäiset happoemäsjätteet ja metallisuolaliuokset käsitellään yksinkertaisessa panosperiaatteella toimivassa prosessissa, jossa pH:ta säätelemällä saadaan liuos neutraloitua ja metallisuolat saostettua. Saostuneet metallisuolat suodatetaan pois ja toimitetaan loppusijoitukseen. Suotovesi lasketaan kunnalliseen jätevesiviemäriin. Jäteveden ja -sakan laadulliset tavoitteet tulevat ympäristöluvan raja-arvoista. Prosessia kutsutaan myös fysikaalis-kemialliseksi käsittelyksi. Kuvassa 5. esitetty prosessikaavio vesipitoisten jätteiden käsittelystä vastaa hyvin Kierto Ympäristöpalvelut Oy:n tuotantoprosessia.

Neutralointi ja saostus tapahtuvat prosessihallissa, jossa on kolme 55 m³:n vetoista ja 4,4 m korkeaa lujitemuovista valmistettua reaktiosäiliötä (laitetunnukset: S10, S11 ja S12) omassa betonisessa suoja-altaassa. Säiliöissä on sähkömoottoreilla toimivat lapasekoittimet. Käsiteltävä jäte pumpataan säiliöihin erillisillä pumpuilla joko IBC-pakkauksesta tai säiliöautosta. Sekahappojätteen pumppaamiseen IBC-pakkauksista käytettiin teflonpinnoitettua kalvopumppua, jonka imuletku siirrettiin pumpattavan pakkauksen sisään.

Pumpuilta lähtevät muoviset putkilinjat haarautuvat kullekin säiliölle. Putkilinjoissa on käsiventtiileitä pumpattavan jätteen siirtämiseksi haluttuun reaktorisäiliöön. Säiliöiden päällä on yhteet kaasunpoistoa, ylitäytönestintä sekä manuaalista näytteenottoa varten. Reagoanut liuos pumpataan säiliön seinämän alareunassa olevan yhteen kautta puristimeen.

Kolmeen reaktorisäiliöön on yhdistetty kaasupesuri, jonka tarkoituksena on imeä säiliöiden katolla olevien yhteiden kautta neutralointiprosessissa syntyviä kaasuja ja höyryjä. Pesuri pitää säiliöt alipaineisina, jolloin kaasuja ei normaalisti pääse leviämään tuotantotilaan. Kaasut johdetaan neutralointiliuoksen ja aktiivihiihliuodatuksen kautta ulkoilmaan.

Pumppausta ja prosessia valvoo kaksi operaattoria. Prosessissa ei ole muuta automaatiota kuin säiliöissä olevat pintakytkimet, jotka hälyttävät pumpun ohjauskeskuksella. Operaattorit voivat seurata neutraloitumisreaktiota ottamalla näytteitä säiliöstä ja mittaamalla näytteen pH:ta. Näytteenotto tapahtuu laskemalla säiliöön pieni astia, josta pH luetaan käsin pH-liuskan avulla. Näytteenottoyhteissä venttiilinä toimii kansilevy, joka voidaan kääntää näytteenottoyhteen päälle. Operaattoreiden tehtäviin kuuluu myös jätteiden vastaanottaminen ja siirtäminen prosessihallin pumppauspaikalle.



Kuva 5. Yksinkertaistettu prosessikaavio (mukaanlähde: BREF 2018, Section 5.7 Treatment of water-based liquid waste)

3.2. Tuotantolaitosta koskeva sääntely, luvat ja viranomaisvalvonta

Kierto Ympäristöpalvelut Oy:n Järvenpään laitoksella on Etelä-Suomen aluehallintoviraston myöntämät ympäristöluvat (148/2014/1, 54/2017/1), joiden mukaan laitos voi vastaanottaa ja varastoida tavanomaisia sekä vaarallisia jätteitä ja käsitellä tiettyjä luvassa hyväksytyjä nestemäisiä vaarallisia jätteitä. Vastaanotettavaksi sallitut jätteet on yksilöity ympäristöluvassa jätenimikkeillä (luettelo alla). Onnettomuudessa osallisena olleen sekahappojätteen komponentit merkitty oranssilla värillä.

Jätenimike ja jäte
06 EPÄORGAANISISSA KEMIAN PROSESSEISSA SYNTYVÄT JÄTTEET
06 01 happojen valmistuksessa, sekoituksessa, jakelussa ja käytössä syntyvät jätteet
06 01 01* rikkihappo ja rikkihapoke
06 01 02* suolahappo
06 01 03* fluorivetyhappo
06 01 04* fosforihappo ja fosforihapoke
06 01 05* typpihappo ja typpihapoke
06 01 06* muut hapot
06 02 emästen valmistuksessa, sekoituksessa, jakelussa ja käytössä syntyvät jätteet
06 02 01* kalsiumhydroksidi
06 02 03* ammoniumhydroksidi
06 02 04* natriumhydroksidi ja kaliumhydroksidi
06 02 05* muut emäkset
06 03 suolojen ja suolaliuosten sekä metallioksidien valmistuksessa, sekoituksessa, jakelussa ja käytössä syntyvät jätteet
06 03 13* kiinteät suolat ja liuokset, jotka sisältävät raskasmetalleja
06 04 muut kuin nimikeryhmässä 06 03 mainitut metalleja sisältävät jätteet
06 04 05* muita raskasmetalleja sisältävät jätteet

20 YHDYSKUNTAJÄTTEET (ASUMISESSA SYNTYVÄT JÄTTEET JA NIIHIN RINNASTETTAVAT KAUPAN, TEOLLISUUDEN JA MUIDEN LAITOSTEN JÄTTEET), ERILLISKERÄTYT JAKEET MUKAAN LUETTUINA
20 01 yksilöidyt jätelajit
20 01 14* hapot
20 01 15* emäkset

Luettelossa tähdellä (*) merkittyihin nimikkeisiin kuuluvat jätteet ovat vaarallisia jätteitä, jollei jätelain 7 §:n tai 112 §:n nojalla yksittäistapauksessa toisin päätetä.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto on myöntänyt tuotantolaitokselle luvan käsitellä ja varastoida vaarallisia kemikaaleja Tukes 2326/36/2016 ja 6395/03.01/2022. Lupapäätöksessä sallitut happo-emäsjätteet on määritelty seuraavasti:

Kemikaali	Luokitus	Määrä (t)
Muu kemikaali, Happojäte, emäsjäte	Skin Corr. 1, H314;	200

Tukes, Uudenmaan ELY-keskus, Järvenpään rakennusvalvonta ja Keski-Uudenmaan pelastuslaitos ovat tehneet yhdessä ja erikseen useita valvontakäyntejä ja tarkastuksia kohteessa. Tarkastuksilla on tehty erilaisia havaintoja puutteista, mutta erityisesti on huomautettu siitä, että varastointimäärät ovat kasvaneet ylisuuriksi ja yhteensopimattomia jätteitä on varastoitu keskenään johtuen sisään tulleiden jätemäärien kasvusta. Laitteistorikkojen, prosessihäiriöiden sekä henkilöstövajausten johdosta käsittelykapasiteetissa on ollut myös tilapäistä vaihtelua.

Neutralointiprosessia ja sen riskejä ei valvontakäynneillä ole nimenomaisesti käsitelty. Tarkastuksilla on kuitenkin havaittu, että tuotantolaitoksella on varastoitu mm. fluorivetyhappoa sisältäviä happoseoksia, joita yrityksellä ei ole lupaa vastaanottaa. Tukes on havainnut käynneillään myös muita myrkylliseksi luokiteltuja kemikaaleja laitoksella. Havaintojen jälkeen Tukes on todennut, että toiminta ei ole lupaehtojen mukaista ja kieltänyt yritystä ottamasta vastaan myrkylliseksi luokiteltuja kemikaaleja. Tukes on myös huomauttanut, että laitoksella on tehty olennaisia muutoksia käsittelylaitteistoihin ja -prosessiin (säiliöihin ja putkistoihin) ilmoittamatta niistä Tukesille.

Tukesin tarkastushavaintoihin antamassaan vastineessa yritys on todennut happoseosten osalta, että jäte sisältää vain fluorivetyhapon reaktiotuotteita (fluorideja), eikä jätteen tuottaja tai toinen samaa jätettä käsittelevä yritys luokittele sitä myrkylliseksi. Tällä perusteella yritys on katsonut, ettei se ole poikennut toimintaansa koskevista lupaehtoista myrkyllisten kemikaalien vastaanottamisen osalta.

4. Analyysi

4.1. Sekahappojätteen sisältö, merkinnät ja luokittelu

Sekahappojätepakkauksen etikettimerkintä oli samaa jätettä jo aikaisemmin vastaanottaneen toisen yrityksen tekemä ja käyttämä. Saman merkinnän käyttämiseen oli luonnollinen syy, sillä samaa jätettä vietiin molempiin jäteyrityksiin samoilla pakkauksilla. Merkintään kirjoitetuilla happojen pitoisuuksilla "15 % HNO₃, 18 % HF, 30 % ETIKKAHAPPO, 20 % VESI" oli erityisesti haluttu korostaa jätteen vaarallisuutta. Lakisäätteiset merkintävaatimukset eivät edellyttäneet tällaista merkintää, vaan kyseessä oli jätettä käsitteleville tarkoitettu informatiivinen merkintä, joka ei perustunut tarkkoihin pitoisuusmittauksiin.

Kuljetuksesta tehdyssä siirtoasiakirjassa oli tuntemattomasta syystä merkintä " UN3264 JÄTE SYÖVYTTÄVÄ NESTE, HAPAN, EPÄORGAANINEN, N.O.S(SUOLAHAPPO, FOSFORIHAPPO) 8 III", kun taas toisen samaa jätettä vastaanottavan yrityksen vastaavassa siirtoasiakirjassa oli merkintä: " UN 3264 SYÖVYTTÄVÄ NESTE, HAPAN, EPÄORGAANINEN, N.O.S., 8, II, (E), KOHDAN 2.1.3.5.5 MUKAISTA JÄTETTÄ" Siirtoasiakirjan merkinnässä on harhaanjohtavasti mainittu suola- ja fosforihappo, vaikka jäte ei sisältänyt kumpaakaan happoa. Syytä merkintäeroon ei ole tutkinnassa löydetty. Pelastustoiminnan alkuvaiheessa pelastuslaitoksella oli vaikeuksia saada täsmällistä tietoa jätekemikaalin koostumuksesta.

Sekahappojätteestä oli toinen jätettä vastaanottanut yritys tehnyt laboratorioanalyysjä, joiden tulokset oli annettu Kierto Ympäristöpalvelut Oy:n käyttöön. Analyysituloksissa oli ilmoitettu happosuolojen eli reaktiotuotteiden määrät. Tulosten perusteella oli tehty tulkinta, että suurin osa haposta täytyy olla reagoitua. Analyysissä ei ollut määritetty seoksen jäännöshappopitoisuuksia.

Sekahappojätteelle ei ollut määritetty tai arvioitu CLP-asetuksen mukaista luokitusta. Vaikka CLP-asetus ei koske jätteitä, on asetuksen vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta annetun asetuksen 685/2015 liitteessä I kohdassa 7. todettu: "Jos tuotantolaitoksessa on tai voi olla vaarallisia kemikaaleja, joita CLP-asetus ei koske, esimerkiksi jätteet, mutta joilla kuitenkin on tai voi olla tuotantolaitoksen olosuhteissa vastaavanlaisia ominaisuuksia suuronnettomuuden mahdollisuuden kannalta, luokitellaan ne väliaikaisesti mainituissa asetuksissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti."



Sekahappojätteen sisältämälle fluorivetyhapolle on CLP-asetuksen nojalla annettu vähimmäisluokitus Acute Tox 2; H330 (tappavaa hengitettynä), H300 (tappavaa nieltynä), jolloin myös sekahappojäte on vähintään yhtä vaarallista riippumatta muiden happojen pitoisuuksista tai muusta sisällöstä.

Indeksinumero	►M18 Kemiallinen nimi ◀	EY-numero	CAS-numero	Luokitus		Merkinnät			►M18 Erityiset pitoisuusrajat, M-kertoimet ja ATE-arvot (*) ◀	Huomautukset
				Vaaraluokka- ja kategoriakoodi(t)	Vaaralauseke-koodi(t)	Varoitusmerkki, huomiosanakoodi(t)	Vaaralauseke-koodi(t)	Täydentävät vaaralauseke-koodi(t)		
009-002-00-6	fluorivety	231-634-8	7664-39-3	Acute Tox. 2 * Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 * Skin Corr. 1A	H330 H310 H300 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H310 H300 H314			
009-003-00-1	fluorivetyhappo... %	231-634-8	7664-39-3	Acute Tox. 2 * Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 * Skin Corr. 1A	H330 H310 H300 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H310 H300 H314	Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 7 % Skin Corr. 1B; H314: 1 % ≤ C < 7 % Eye Irrit. 2; H319: 0,1 % ≤ C < 1 %	B	


Kuva 6. Yhdenmukaistettujen luokitusten ja merkintöjen taulukko (CLP-asetus (1272/2008) Liite VI osa 3)

Vaarallisten aineiden kuljetuksissa käytettävät luokitukset tehdään eri luokitusääntöjen pohjalta kuin CLP-asetuksen määrittämät kemikaaliluokitukset, vaikka niissä on myös samankaltaisuuksia. Enintään 60 %

fluorivetyhapon (UN 1790) kuljetusluokaksi on määritelty 8 ja CT1 (syövyttävät aineet, myrkylliset ja näitä aineita sisältävät nesteet). Sekahappojätteen (UN 3264) kuljetusluokka vastaavasti 8 ja C1 (syövyttävät aineet ilman lisävaaraa ja näitä aineita sisältävät epäorgaaniset nesteet). Tämä luokitus ei edellytä myrkyllisten aineen varoituslipukkeen 6.1 käyttämistä, vaikka jäte sisälsikin fluorivetyhappoa. Vaarallisten aineiden kuljetusluokituksen tekeminen on lähettäjän vastuulla.

Luokka (3a)	Luokituskoodi (3b)	Pakkausryhmä (4)	Lipukkeet (5)	Vaarantunnusnumero (20)
8: Syövyttävät aineet	CT1: Syövyttävät aineet, myrkylliset, Nesteet	II: vaaralliset aineet	8 ja 6.1  	86 Syövyttävä tai lievästi syövyttävä, myrkyllinen aine

Kuva 7. Fluorivetyhapon kuljetusluokitus UN1790. (Lähde: Traficom, VAK-haku <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/vak-haku>)

Luokka (3a)	Luokituskoodi (3b)	Pakkausryhmä (4)	Lipukkeet (5)	Vaarantunnusnumero (20)
8: Syövyttävät aineet	C1: Syövyttävät aineet ilman lisävaaraa, Epäorgaaniset nesteet	I: erittäin vaaralliset aineet, II: vaaralliset aineet, tai III: vähäistä vaaraa aiheuttavat aineet	8 	88 Erittäin syövyttävä aine 80 Syövyttävä tai lievästi syövyttävä aine

Kuva 8. Sekahappojätteen kuljetusluokitus UN3264. (Lähde: Traficom, VAK-haku)

Laaditun kuljetusluokituksen ja tehtyjen laboratorioanalyysien tulkitseminen niin, ettei sekahappojätteellä ole välittömästi myrkyllisiä vaaraomaisuuksia on ollut virheellinen. Myös Tukesin tarkastuksella tekemät huomautukset fluorivetyhappoa sisältävistä happoseoksista oli sivuutettu tämän saman virheellisen tulkinnan perusteella.

4.2. Vaaralliset reaktiot ja riskien arviointi

Myrkyllisen kaasun syntymisen vaara neutraloitumisreaktioissa tai muun jättekemikaalien välillä tapahtuvan vaarallisen reaktion seurauksena oli laitoksella hyvin tiedossa. Vaarallisen reaktion mahdollisuus ja myrkyllisen kaasun muodostuminen oli mainittu tehdyissä riskianalyseissä ja pelastussuunnitelmassa. Toiminnanharjoittaja piti vaarallista reaktiota merkittävimpanä onnettomuusriskinä. Tämä oli mainittuna mm. Tukesin tarkastuspöytäkirjassa, kun asiasta oli kysytty.

Myrkyllisen kaasun muodostumisesta ja leviämisestä oli tehty erillinen seurausanalyysi vuonna 2021, missä oli tarkasteltu typpidioksidin (NO₂) vuotamista säiliöstä ulos samalla nopeudella kuin nestettä pumpataan sisään. Analyysin mukaan typpidioksidikaasua vuotaisi 10 minuutissa 3,4 kg. Tämän kaasumäärän ei arvioitu aiheuttavan vaaraa hallin ulkopuolella. Mallinnettu skenaario oli erilainen kuin tapahtunut onnettomuus, missä ainemäärät olivat suuremmat ja reaktioaika pidempi.

Ongelma ei tässä tapauksessa ollut vaarallisen reaktion mahdollisuuden tunnistamisen puute, vaikkakaan onnettomuusskenaariota ja vapautuvia kaasumääriä ei ollut osattu arvioida oikein. Sen sijaan vaarallisten reaktioiden ja myrkyllisen kaasun muodostumisen varalle määriteltyjen ja rakennettujen riskinhallintakeinojen tunteminen ja niiden ylläpitäminen oli puutteellista. Laadituissa riskianalyseissä oli määritelty useita keinoja ehkäistä tai rajoittaa vaarallisen reaktion seurauksia. Näiden määriteltyjen varautumisten merkitystä onnettomuusvaaran ehkäisemisessä eli riskinvähennyskykyä ei ollut arvioitu. Tällöin on vaikea erottaa turvallisuuden kannalta kriittisiä toimintoja tai tekniikkaa.

Riskianalyysissä oli mainittu mm. seuraavat toimenpiteet: työntekijöiden suorittama valvonta, lämpötilanvalvonta, toimintaohjeet, kaasunpoistojärjestelmä, savunpoistoluukut. Onnettomuuden eli vaarallisen reaktion tapahduttua yksikään näistä varautumisista ei ollut toiminnassa tai ne eivät olleet riittävän tehokkaita: operaattorit eivät valvoneet prosessia, reaktorisäiliöissä ei ollut lämpötilavalvontaa, työtehtävää (sakan poisto) ei ollut ohjeistettu, eikä kaasupesurin teho riittänyt poistamaan kaikkia kaasuja reaktorisäiliöistä. Savunpoistoluukkuja ei ole tarkoitettu tällaisiin tilanteisiin.

Neutralointiprosessissa oli ennen onnettomuutta ilmennyt hajuhaittoja ja tapahtunut pienempiä kaasuvuotoja, mutta niistä ei ollut aiheutunut vakavia seurauksia. Näiden tapahtumien juurisyytä ei ollut selvitetty. Tämä osaltaan on voinut antaa vääränlaisen turvallisuudentunteen, että vaaralliset reaktiot eivät voi aiheuttaa vakavia seurauksia. Näin ollen yritys ei ollut myöskään arvioinut, kuinka hyvin olemassa olevat varautumiset olivat toimineet.

4.3. Toimintaohjeet ja niiden noudattaminen

Operaattoreiden suorittama sakan irrotus sekahappojätteellä ei ollut ohjeistettu toimenpide. Sakkaa oli aiemminkin kertynyt reaktorisäiliöiden pohjalle ja sitä oli yritetty poistaa eri tavoin esim. huuhtelemalla sakkaa vedellä, käyttämällä imuautoa ja pitämällä riittävän usein huoltoseisokkeja. Työntekijöiden kokemus oli, että samaan reaktoriin tehty uusi panos sai aikaisemmista eristä syntyneen sakan liikkeelle ja helpommin poistettavaan muotoon.

Laitoksen käytäntöihin ei kuulunut reaktorisäiliöiden tyhjentäminen ja puhdistaminen jokaisen käsitellyn jäte-erän jälkeen. Aikaisemmista erilaatuisista käsittelyeristä syntynyt sakka ja jäämät pääsivät sekoittumaan uusien panosten kanssa, mikä aiheutti vaikeasti hallittavia riskejä. Laitoksella luotettiin siihen, ettei sekoittumisesta aiheutuisi vaarallisia reaktioita, koska aikaisemminkaan näin ei ollut tapahtunut. Sakan kertymisen estämiseen tai poistamiseen ei ollut löydetty tyydyttävää toimintatapaa.

4.4. Tekninen varautuminen vaarallisiin reaktioihin ja säiliörakenteet

Säiliöissä oli kaasupesurijärjestelmä, joka piti säiliön alipaineisena ja imi vapautuneet kaasut emäksiseen pesuliukokseen ja edelleen aktiivihiilisuodattimelle myrkyllisten kaasujen poistamiseksi. Tätä järjestelmää ei kuitenkaan ollut suunniteltu voimakasta tai äkillistä kaasunmuodostusta varten eikä sen kapasiteetti riittänyt onnettomuustilanteessa estämään kaasun purkautumista ulos reaktorista.

Kaasupesurijärjestelmä oli varustettu ns. hätäyhteellä, johon liitettävän letkun avulla oli tarkoitus pystyä imemään mahdolliset kaasuvuodot vuotokohdan ympäriltä pesuriin. Järjestely ei ollut käyttökelpoinen voimakkaassa kaasunmuodostuksessa, jossa vuotokohtaa ei voitu turvallisesti lähestyä tai tilanteessa missä kaasupilvi oli jo levinnyt koko halliin.

pH-mittauksen automatisointi oli toiminnanharjoittajan kokemuksen mukaan vaikeaa, koska olosuhteet säiliöissä olivat sellaiset, etteivät mittalaitteet kestäneet niitä. Säiliöissä ei ollut automatiikkaa neutraloitumisreaktion (eksotermisen reaktion) kehittämän lämmön havaitsemiseksi.

Reaktorisäiliöissä oli tasapohjat, kun uudemmat säiliöt on hankittu kartiopohjaisina helpottamaan erityisesti käsiteltyjen jätteiden ja sakan poistamista säiliöistä.

4.5. Muutosten hallinta

Neutralointiprosessiin oli tehty useampia muutoksia laitoksen noin kuuden vuoden elinkaaren aikana. Prosessi oli siirretty kolmeen suurempaan reaktorisäiliöön, koska niissä oli enemmän tilaa laimennusvedelle ja jätteenkäsittelylle. Näytteenottomenettelyyn ja pH:n mittaukseen oli tehty muutoksia. Säiliöiden varusteisiin oli tehty laitoksen toiminnan aikana useita muutoksia mm. korvaamalla ilmaputket lapasekoittimella (sekoitustavan muutos), sekä asentamalla kaasupesurijärjestelmä ja mittalaitteita.

Muutoksilla pyrittiin helpottamaan happojen ja metallisuolojen käsittelyä ja valvontaa sekä vähentämään sakkojen kertymistä reaktiosäiliöihin.

Tehtyjen muutosten aiheuttamia vaikutuksia tai toimintaohjeiden muutostarpeita ei ollut arvioitu. Osa muutoksista oli ollut myös niin isoja (mm. uusien reaktorisäiliöiden ottaminen käyttöön), että niistä olisi pitänyt ennen toteutusta olla yhteydessä Tukeisiin muutosilmoitus- tai -hakemustarpeen arvioimiseksi.

4.6. Toiminta poikkeustilanteessa

Laitoksella oli laadittu kaasuvuototilannetta koskeva toimintaohje. Painopisteenä ohjeessa oli vuodon vakauttaminen ja pysäyttäminen säiliöön lisättävän veden avulla sekä muodostuneen kaasun ohjaaminen vuotokohdasta letkulla kaasupesuriin erillisen hätäyhteen kautta. Toimintamallin avulla pyrittiin estämään myrkyllisen kaasun leviäminen ympäristöön. Toimintaa kaasuvuototilanteessa oli harjoiteltu ainakin kerran noin vuosi ennen onnettomuutta.

Kaasuvuototilanteessa käytettäviä suojarusteita ei ollut arvioitu riskiperusteisesti eikä määritelty täsmällisesti toimintaohjeessa. Tilanteessa ohjeistettiin käyttämään yhdistelmäsuodattimella varustettua moottorimaskia, joka oli käytössä normaalina suojarusteena sekajätehapon käsittelyn yhteydessä. Kaasumittareiden tai -hälyttimien käyttöön ei ollut ohjeistettu.

Laitokselle oli hankittu paineilmahengityslaitteita, joiden käyttöä oli harjoiteltu kaasuvuotoa koskevan harjoituksen yhteydessä. Tarve käyttää poikkeustilanteissa parempaa henkilösuojausta kuin normaalissa työskentelyssä oli siten joiltakin osin tunnistettu. Kaasuvuototilannetta koskeva ohje ei kuitenkaan ohjannut käyttämään paineilmahengityslaitetta tai muitakaan tavallisesta työskentelystä poikkeavia suojarusteita. Laitoksella oli käytössä roiskeilta suojaavia kemikaalisuojapukuja, jotka eivät olleet kaasutiiviitä. Ne eivät sovellu käytettäväksi tilanteessa, jossa on mahdollisuus altistua myrkylliselle kaasulle.

Poikkeustilanteen toimintamalli, jossa työskennellään samassa tilassa kaasuvuodon lähteen ja vuotaneen kaasun kanssa, edellyttää tarkkaa ohjeistusta, riskinarvion perusteella huolellisesti määriteltyjä suojarusteita sekä toistuvan ja monipuolisen harjoittelun tuottamaa osaamista. Kaasuvuodon pysäyttäminen manuaalisilla operaattoritoimilla sekä vuotaneen kaasun ohjailu ovat käytännössä erittäin vaativia toimenpiteitä. Tyypillisesti tällaisiin toimiin teollisuudessa koulutetaan lähinnä teollisuuspalokuntia tai erikseen nimettyjä pelastusryhmiä. Voidaan kyseenalaistaa, tuottaisiko edes säännöllinen harjoittelu prosessioperaattoreille riittävää osaamista suunniteltujen toimenpiteiden turvalliseen suorittamiseen.

5. Johtopäätökset

5.1. Onnettomuuden välitön syy

Onnettomuus johtui fluorivety- ja typpihappoa sisältäneen sekahappojätteen reagoimisesta reaktorisäiliön pohjalle kiinnittyneen metallisuolasakan kanssa. Reaktion seurauksena myrkyllisiä kaasuja levisi reaktorisäiliöstä prosessihalliin avoimen näytteenottoyhteen kautta. Kaksi työntekijää altistui kaasuille. Toinen työntekijöistä menehtyi altistumisen seurauksena.

5.2. Sekahappojätteen merkintä ja luokitus

Sekahappojätteelle ei ollut laadittu CLP-asetuksen periaatteiden mukaista väliaikaista luokitusta. Aineen vaaraominaisuuksien arviointi perustui toisen toiminnanharjoittajan tekemään kuljetusluokitukseen sekä laboratorioanalyysiin, jonka tulosten tulkinta oli virheellistä. Tehtyjen tulkintojen perusteella aine arvioitiin vaarattommaksi kuin mitä se todellisuudessa oli.

Johtopäätös: Vaarallisten kemikaalien vaaraominaisuuksien arviointi ja luokittelu eri käsittelyvaiheita varten on tehtävä riittävän perusteellisesti ja asiantuntevasti. Luokitusten oikeellisuus on edellytys riskien riittävälle huomioimiselle toiminnanharjoittajan omassa toiminnassa ja viranomaisten lupakäsittelyssä.

5.3. Vaaralliset reaktiot ja riskien arviointi

Happo-emäsneutralointiprosessin riskien arviointia oli tehty eri asiayhteyksissä, kuten lupahakemusten ja pelastussuunnitelman laatimisen yhteydessä. Niissä oli päädytty hieman erilaisiin tuloksiin. Tämä on väistämättä vaikuttanut riskien ja niiden hallintakeinojen ymmärtämiseen ja sisäistämiseen.

Johtopäätös: Kemikaalilaitoksen prosessiriskinarviointien tulee muodostaa selkeä ja johdonmukainen kokonaisuus, jonka avulla toimintaan liittyvät riskit ja käytettävät riskienhallintakeinot ovat hahmotettavissa. Riskinarviointien avulla tulee pystyä laatimaan riittävät ohjeet, suunnitelmat ja koulutusaineistot. Näiden avulla varmistetaan, että työntekijät tiedostavat onnettomuusriskit ja oman roolinsa varautumisen toteuttamisessa.

Vaarallisten kemikaalien käsittelyprosessien onnettomuuksien seuraukset voivat olla vakavia, jolloin riskienhallintakeinoista, joilla prosessi tai työtehtävä pidetään turvallisena, tulee turvallisuuskriittisiä. Määriteltyjen riskienhallintakeinojen tulee olla yksiselitteisiä ja kaikkien niistä vastuussa olevien tiedossa. Riskianalyysit ja niissä määritellyt toimenpiteet tulee pitää ajan tasalla.

5.4. Vaarallisten reaktioiden huomioiminen luvituksessa

Tuotantolaitoksen luvitusvaiheessa ei ollut otettu huomioon tunnistetun vaarallisen reaktion (neutraloitumisreaktion) aikana syntyvien myrkyllisten kaasujen määriä toiminnan laajuutta määritettäessä. Vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin luvanvaraisuutta käsittelevässä asetuksen 685/2015 liitteen I kohdassa 6. todetaan: *”Liitettä sovellettaessa otetaan huomioon korkeimmat millä tahansa hetkellä kyseessä olevassa paikassa esiintyvät tai mahdollisesti esiintyvät kemikaalimäärät. Tällöin tulee ottaa huomioon myös määrät, joita voidaan olettaa muodostuvan teollisen prosessin hallinnan menettämisen seurauksena.”*

Johtopäätös: Teollisen prosessin hallinnan menettämisen seurauksena syntyvät myrkylliset kaasut ja muut kemikaalit sekä niiden määrät on kyettävä arvioimaan luvitusvaiheessa oikein, jotta myös riskien hallintakeinot ovat suhteessa tunnistettuun vaaraan.

5.5. Poikkeamien tutkinta

Neutralointiprosessissa aikaisemmin sattuneiden poikkeamien tutkinta oli jäänyt puutteelliseksi. Tämä on saattanut vaikuttaa riskien sisäistämiseen. Suunniteltujen varautumisten toimivuutta ei poikkeamien yhteydessä arvioitu.

Johtopäätös: Vaarallisiin prosessiosiiin tai kemikaaleihin liittyvien poikkeamien juurisyöt on selvitettävä huolellisesti. Juurisyöt voivat paljastaa puutteita onnettomuuksien ehkäisemiseksi tehdyissä toimenpiteissä. Näin saadaan arvokasta tietoa riskeistä. Tapahtuneet poikkeamat ovat myös aina mahdollisuus parantaa riskien hallintaa. Poikkeamien havaitsemisessa, kirjaamisessa ja tutkinnassa auttaa selkeä toimenpideohjeistus, jossa on annettu ohjeita tutkinnan vastuuhenkilöistä, kokoonpanosta ja aikataulusta sekä työkaluja ja neuvoja juurisyöiden selvittämiseen.

5.6. Toimintaohjeet ja niiden noudattaminen

Sakan poisto reaktorisäiliöstä ei kuulunut työvuoron aikana suoritettaviin tehtäviin. Sakan poistossa hyödynnettiin sekahappojätettä, vaikka toimintatapaa ei ollut yrityksessä hyväksytty.

Johtopäätös: Vaarallisten kemikaalien käsittely ja turvallisuuden kannalta kriittiset työvaiheet on aina tehtävä määritellyn ohjeen tai toimintatavan mukaisesti. Normaalisti poikkeavien töiden on oltava työluvan alaisia, jossa työn vaarat tulevat kunnolla arvioiduksi.

Työtehtävien tulee olla suunniteltu niin, että niitä on mahdollisimman vaikea tehdä väärällä tavalla (vertaa [CSB, Incompatible Chemicals: Explosion at AB Specialty Silicones](#)).

5.7. Tekninen varautuminen

Prosessiin liittyvät varautumiset perustuivat pääasiassa operaattoreiden tekemään valvontaan ja toimenpiteisiin teknisten tai automaattisten riskien hallintakeinojen sijaan. Riskien arvioinnissa oli tunnistettu esimerkiksi lämpötilamittaus varautumiskeinona. Varautumiskeinot eivät onnettomuustilanteessa toimineet tai olleet riittävän tehokkaita.

Johtopäätös: Automaatiolla toteutettavat suojatoiminnot pienentävät oleellisesti tunnistetun vaarallisen tapahtuman riskiä ja ne ovat vähemmän riippuvaisia inhimillisistä virheistä kuin puhtaasti manuaaliset toimenpiteet. Lämpötilamittaukseen on mahdollista kytkeä erilaisia hälytyksiä, jolla operaattoreita voidaan varoittaa sekä luoda automaattisia suojaustoimintoja, jolla vaarallinen reaktio voidaan pysäyttää (esim. veden tai kalkkimaidon syöttäminen prosessiin). Reaktorisäiliöiden rakenne on syytä suunnitella sellaiseksi, että puhdistus ja käytön jälkeinen huolto on mahdollisimman helppoa. Myös tehokkaampi kaasupesurijärjestelmä voi olla mahdollista toteuttaa, jolloin se kykenee ottamaan talteen voimakkaan reaktion aiheuttamat kaasumäärät reaktorisäiliöistä.

5.8. Muutosten hallinta

Prosessiin tehtyjen muutosten vaikutuksia riskienhallintaan tai toimintaohjeisiin ei ollut arvioitu riittävästi. Osa muutoksista olisi pitänyt käsitellä myös Tukesin muutosilmoitus- tai hakemuskäsittelyssä.

Johtopäätös: Kemikaalilaitoksella tehtävät tekniset ja toimintatapoihin liittyvät muutokset on käsiteltävä systemaattisen muutoksenhallintamenettelyn kautta, jossa muutoksen vaikutukset tulevat arvioiduksi ja ne voidaan ottaa huomioon riskienhallinnassa. Tällöin on otettava huomioon myös toiminnasta annetut työohjeet ja niihin tarvittavat muutokset. Oleellista on myös kertoa ja kouluttaa vastuussa oleville työntekijöille muutoksen arvioiduista vaikutuksista. Merkittävistä muutoksista on ilmoitettava Tukesille.

5.9. Vaara- ja onnettomuustilanteiden hallinta

Vaara- ja onnettomuustilanteita varten laaditut suunnitelmat ja ohjeet sisälsivät vaativia toimenpiteitä kuten kaasuvuodon ohjailua ja keräämistä. Tilanteen vaarallisuutta ei ymmärretty riittävästi. Käytetyt suojarusteet eivät suojanneet myrkylliseltä kaasulta.

Johtopäätös: Laadittaessa vaara- ja onnettomuustilanneohjeita työntekijöille, joilla ei ole onnettomuuksiin tai pelastustoimintaan liittyvää erityisosaamista, on ohjeiden toteuttamiskelpoisuutta arvioitava erityisen huolellisesti. Toimintamallien tulee olla yksinkertaisia ja niiden ei tule ohjata riskien ottamiseen. Onnettomuustilanteessa tulee olla käytettävissä riittävästi suojaavia suojarusteita ja niiden käyttö on ohjeistettava täsmällisesti. On myös arvioitava, missä vaiheessa onnettomuustilanne on kehittynyt niin vaaralliseksi, etteivät oman henkilökunnan pelastustoimenpiteet ole enää lainkaan turvallisia. Tässä tilanteessa toiminta on rajoitettava turvallisen poistumisen varmistamiseen ja pelastuslaitoksen opastamiseen.

6. Suositukset

Tutkinnan tulosten perusteella tutkintaryhmä päätyi antamaan seuraavat keskeisimmät suositukset turvallisuuden parantamiseksi. Tutkintaraportista on tunnistettavissa myös muita turvallisuuden kehityskohteita.

1. Kierro Ympäristöpalvelut Oy:n on huomioitava johtopäätöksissä esitetyt havainnot toiminnassaan. Johtopäätökset ovat sovellettavissa myös muilla vaarallisten kemikaalien käsittelyä ja varastointia harjoittavilla tuotantolaitoksilla pyrkimyksenä kehittää onnettomuuksien ehkäisyä.
2. Jätteitä käsittelevien yritysten on pyrittävä selvittämään jätekemikaalien vaaraominaisuudet ja reaktiivisuus mahdollisimman tarkasti hyödyntäen CLP-asetuksen luokituskriteereitä. Vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvät luokitukset ja merkinnät eivät välttämättä anna riittävästi tietoa kemikaalien vaaraominaisuuksista kemikaaliturvallisuusluvan edellyttämässä laajuudessa.
3. Jätekemikaalien tuottajien ja käsittelijöiden on keskinäisellä tiedonvaihdolla varmistettava, että kemikaalien vaaraominaisuudet ja luokitukset sekä niiden merkitys ymmärretään samalla tavalla kaikissa jäteketjun vaiheissa.
4. Jätteiden tuottajien on varmistettava, että jätteiden käsittelijällä ja vastaanottajalla on lupa käsitellä ko. jätekemikaaleja huomioiden annetut ympäristö- ja turvallisuusluvut (Aluehallintoviraston ja Tukesin luvat). Jätteiden vaaraominaisuuksia ja luokituksia on verrattava tuotantolaitoksen luvissa käsiteltäväksi ja varastoitavaksi sallittuihin jätenimikkeisiin ja vaarallisten kemikaalien luokituksiin.
5. Vaarallisia kemikaaleja käsittelevien ja varastoivien toiminnanharjoittajien on lupahakemuksissa huomioitava tunnistettujen vaarallisten reaktioiden tai muiden häiriötilanteiden aiheuttamat kemikaalimäärät toiminnan laajuutta määritettäessä (suhdelukulaskennassa).
6. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto varmistaa, että prosessin hallinnan menetyksen seurauksena syntyvät kemikaalimäärät ja onnettomuusvaikutukset ovat arvioituna ja esitettyinä tuotantolaitosten lupahakemuksissa. Häiriötilanteiden synnyttämät vaaralliset kemikaalit voivat olla merkityksellisiä esimerkiksi akkuvarastoilla ja muissa sähköakkuja sisältävissä kohteissa, joiden paloissa voi syntyä huomattavia määriä myrkyllisiä kaasuja.

Lähteet

Tutkinta-aineisto

Paikkatutkinnan valokuvat

Kuulemiset

Hätäpuhelutallenteet

Yrityksen vastaukset Tukesin selvityspyyntöön

Sekahappojätteen laboratorioanalyysi

Sisäinen pelastussuunnitelma

Poikkeustilanteiden toimintaohjeet

Kemikaaliturvallisuuslupa

Ympäristölupa

Liite1. Järvenpään kemikaalionnettomuuden Accimap-kuvaaja

