

Enwin

- Vision Keeper -

Kemira Chemicals Oy
Kemiantie 1
32740 Sastamala

Kemira Chemicals Oy Sastamala

Uuden tuotannon sijoittaminen / YVA

Epikloorihydriini ja dietyleenitriamiini
Onnettomuustilanteiden kemikaalipäästöjen
ja tulipalon seurausmallinnukset

Enwin Oy
TkL, FM Tarja Tamminen
FM Ari Tamminen

ENWIN OY
Kivipöytälanakuja 2
33920 Pirkkala
Puh/Fax: **03-2664 396**
ari.tamminen@enwin.fi
tarja.tamminen@enwin.fi

www.enwin.fi

ALV -rek
Y- tunnus
1721084-8

Sisältö

1. Johdanto.....	3
2. Tehtaan sijainti ja uusi kemikaalivarasto	3
3. Työssä arvioidut onnettomuuskenaariot.....	5
EPIKLOORIHYDRIININ OMINAISUUDET JA SEURAUSSMALLINNUKSET	6
4. Epikloorihydriinin (EPI, ECH) ominaisuudet ja EPI ympäristössä	7
4.1 EPI:n ominaisuudet ja luokitukset.....	7
4.2 EPI:n terveysvaikutukset	9
4.2.1 EPI:n työhygieenisiä ja terveysvaaraa kuvaavia pitoisuuksia ilmassa	10
4.3 EPI maassa ja vedessä	11
4.4 EPI ilmassa ja tulipalossa	12
5. Tulokset seurausmallinnuksesta EPI	16
5.1 Putkiliitosvuoto lastauslaiturilla (n. 1000 l) - vaikutuskenaariot	16
5.2 Säiliön repeytyminen ja vuoto varoaltaaseen, epikloorihydriinin haihtuminen.....	17
5.3 Epikloorihydriinin lammikkopalo kemikaalivarastossa	18
5.3.1 Lämpösäteily EPI lammikkotulipalossa	18
5.3.2 Tulipalossa muodostuvat myrkylliset kaasut ja niiden leviäminen.....	19
5.4 Yhteenveto EPI seurausmallinnoista	24
DIETYLEENITRIAMIININ OMINAISUUDET JA SEURAUSSMALLINNUKSET	26
6. Dietyleenitriamiinin (DETA) ominaisuudet ja DETA ympäristössä	27
6.1 DETA:n ominaisuudet ja luokitukset	27
6.2 DETAn terveysvaikutukset.....	28
6.2.1 DETA:n työhygieeniset raja-arvot	28
6.3 DETA maassa ja vedessä.....	29
6.4 DETA ilmassa ja tulipalossa	29
7. Tulokset seurausmallinnuksesta DETA.....	33
7.1 Säiliön repeytyminen ja vuoto varoaltaaseen, DETAn käyttäytyminen.....	33
7.2 DETAn lammikkopalo kemikaalivarastossa	34
7.2.1 Lämpösäteily DETAn lammikkopalossa	34
7.2.2 Epätäydellisen palamisen myrkylliset kaasut ja niiden leviäminen	35
7.3 Yhteenveto DETA seurausmallinnoista	38
8. Johtopäätökset.....	40

1. Johdanto

Kemira Chemicals Oy suunnittelee märkälujahartsin (Fennostrength PA21) ja selkeytyksen apuaineen (Fennopol K770) sekä märkälujahartsin raaka-aineen polyaminoamidin (PAA) tuotannon siirtämistä Kemira Oyj:n Vaasan lakkauteltavalta tehtaalta Sastamalan tehtaalle. Tuotteiden valmistusmenetelmä Sastamalassa tulee olemaan sama kuin Vaasassa, mutta tuotantomäärät tulevat olemaan suurempia. Hankkeen ympäristövaikutukset arvioidaan YVA-lain (468/1994) ja YVA-asetuksen (713/2006) määrittelemän ympäristövaikutusten arviointimenettelyn mukaisesti.

YVA-ohjelman (02/2014) ja yhteysviranomaisen arviointiohjelmasta antaman lausunnon (Pirkanmaan ELY-keskus 9.5.2014) mukaisesti uusien tuotannossa tarvittavien kemikaalien, erityisesti haitallisimmaksi katsotun epikloorihydriinin (lyh. EPI=ECH, CAS nro 106-89-8) käsittelyn onnettomuusskenaarioiden seuraukset tulee hankkeessa arvioida. Myös dietyleenitriamiinin (lyh. DETA, CAS nro 111-40-0) päästövaikutukset erityisesti tulipalotilanteessa tulee arvioida.

Tässä työssä selvitetään epikloorihydriinin ja dietyleenitriamiinin onnettomuustilanteiden päästövaikutuksia ilmaan seurausmallinnuksella. Tuotantolaitosten sijoitusta koskevat perusvaatimukset onnettomuuksien vaikutusten huomioonottamiseksi esitetään uusissa vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia koskevissa asetuksissa.

Lähtötiedot on saatu Kemira Chemicals Oy:lta, käyttöpäällikkö Anne Nikula-Ranne. Mallinnukset ja analyysin on tehnyt Enwin Oy:ssä TkL Tarja Tamminen ja FM Ari Tamminen.

2. Tehtaan sijainti ja uusi kemikaalivarasto

Sastamalan tehtaan alueelle ei rakenneta uusia rakennuksia siirrettävää tuotantoa varten. Uusien tuotteiden valmistus sijoitetaan joko olemassa olevaan R-rakennukseen, tai vaihtoehtoisesti tuotanto jaetaan R-rakennuksen ja TI-rakennuksen välille siten, että märkälujahartsin ja polyaminoamidin tuotanto sijoitetaan R-rakennukseen ja selkeytyksen apuaineen tuotanto TI-rakennukseen.

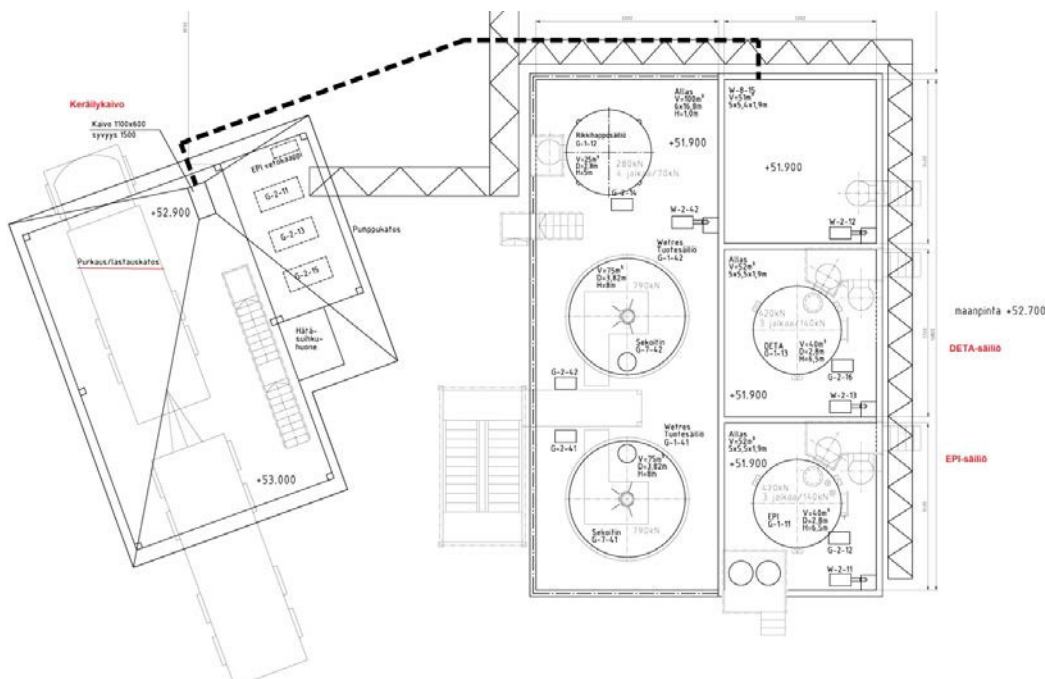
Kemikaalien EPI ja DETA varastoalue rakennetaan R-rakennuksen viereen (Kuva 1). Kemikaalien ja tuotteiden uusi kuljetusreitti suunnitellaan niin, että autot jatkavat varastoalueelta eteenpäin rantaa pitkin kulkevaa uutta tietä pitkin. Autot eivät siten joudu kääntymään alueella (= kulku läpi tehdasalueen joko tyhjänä tai täynnä riippuen suunnitellusta kulkusuunnasta). Purkaus/lastauskatos on allastettu ja siinä on keräilykaivo, jonka tilavuus on 900 litraa, pinta-ala 0.6 m². Keräilykaivosta voidaan nestettä pumpata edelleen kemikaalivaraston varoaltaaseen mahdollisessa onnettomuustilanteessa (Kuva 2 tumma katkoviiva).

Kemikaalivarasto on avovarasto, johon siirretään 40 m³:n kemikaalisäiliöt Vaasasta molemmille kemikaaleille (EPI ja DETA). Kuvassa 2 on kemikaalivaraston ja purkaus/lastauskatos layout. Alueella sijaitsevat myös kaksi 75 m³:n tuotesäiliötä ja 25 m³:n rikkihapposäiliö. EPI:n ja DETA:n kemikaalisäiliöillä on omat varoaltaat, joiden tilavuus on 52 m³ (5 m*5.5 m*1.9 m). Varoaltaissa on johtokykymittaus ja pinta-hälytys.

EPI:n arvioitu vuosikulutus on 540 t/a ja DETAn vuosikulutus n. 600 t/a. Kemikaalit tuodaan autolla konttikuljetuksena n. 20 m³ kerrallaan, jolloin täyttötiheys on molempien kemikaalien osalta n. 2 viikon välein. Kontin tyhjennyksestä huolehtii Kemira Chemicals Oy:n koulutettu ja asianmukaisesti suojautunut laitosmies. Valvomosta on valvontakamerayhteys purkaus/lastauskatokseen. EPI säiliön syrjäytyskaasut suodatetaan aktiivihiilipatruunan läpi.



Kuva 1. Tuotannon ja kemikaalien varastoalueen sijoittuminen tehdasalueelle Sastamalan tehtaalla.



Kuva 2. Kemikaalien ja tuotteiden varastoalueen layout.

3. Työssä arvioidut onnettomuusskenaariot

Epikloorihydriinin ja dietyylitriamiiniin tarkasteltavat onnettomuusskenaariot perustuvat YVA-ohjelmaan ja ELY-keskuksen lausuntoon YVA arviointiohjelmasta (9.5.2014).

Taulukossa 1 on esitetty työssä arvioidut onnettomuustilanteet.

Taulukko 1. EPI ja DETA - arvioidut vuoto ja onnettomuustilanteet.	
EPIKLOORIHYDRIINI	
1)	<p>EPI -säiliöauton purkausletkun tai putken vuoto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kemikaalin purkutilanteessa tapahtuva mahdollinen purkausletkun irtoaminen/vuoto ja EPI:n ns. pienempi vuoto lastausalueen varoaltaaseen • Tarkastellaan kemikaalin leviämistä ja myrkyllisyysvaikutuksia ympäristössä
2)	<p>Epikloorihydriinisäiliön suuri vuoto varoaltaaseen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Säiliö on repeämishetkellä täynnä • Vuototilanteessa varoaltaaseen joutuneen EPI:n käyttäytyminen worst case - sääolosuhteissa • Tarkastellaan EPI:n leviämistä ja myrkyllisyysvaikutuksia ympäristössä
3)	<p>Epikloorihydriinisäiliö repeää, lammikkopalo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Säiliö on repeämishetkellä täynnä • Varoaltaassa oleva EPI syttyy ja muodostuu lammikkopalo <p>3.1 Lammikkopalon aiheuttamat lämpösäteilyvyöhykkeet ympäristössä</p> <p>3.2 Epikloorihydriinin palossa mahdollisesti syntyvien myrkyllisten kaasujen leviäminen</p>
DIETYLEENITRIAMIINI	
4)	<p>Dietyylitriamiinisäiliö suuri vuoto varoaltaaseen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Säiliö on repeämishetkellä täynnä • Vuototilanteessa varoaltaaseen joutuneen DETAn käyttäytyminen worst case - sääolosuhteissa • Tarkastellaan myrkyllisyysvaikutuksia ympäristössä
5)	<p>Dietyylitriamiinisäiliö repeää, lammikkopalo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Säiliö on repeämishetkellä täynnä • Varoaltaassa oleva DETA syttyy ja muodostuu lammikkopalo <p>5.1 Lammikkopalon aiheuttamat lämpösäteilyvyöhykkeet ympäristössä</p> <p>5.2 DETA- palossa mahdollisesti syntyvien myrkyllisten kaasujen leviäminen</p>

Säiliöauto käy laitoksella tuomassa EPI- ja DETA kemikaaleja kahden viikon välein. Mahdollisuudet kuvatus kaltaiseen pienempään epikloorihydriinin vuotoon lastauslaiturilla on olemassa n. 24 kertaa vuodessa. Kemikaalin siirtoletku pultataan kiinni kemikaalikontin purkutilanteessa, joten sen irtoaminen on epätodennäköistä. Siirto tapahtuu yläkautta.

Kemikaalisäiliöt on allastettu betonialtailla, joten säiliön vaurioituminen esim. ulkopuolisesta törmäyksestä tms. ja esitetyn kaltaista worst case - kemikaalivuotoa altaaseen ja kemikaalin tulipaloo pidetään hyvin epätodennäköisenä tapahtumana.

**EPIKLOORIHYDRIININ OMINAISUUDET JA
SEURASMALLINNUKSET**

4. Epikloorihydriinin (EPI, ECH) ominaisuudet ja EPI ympäristössä

4.1 EPI:n ominaisuudet ja luokitukset



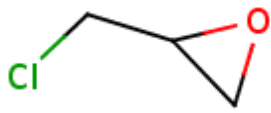
Epikloorihydriiniä käytetään Suomessa pääasiassa glyserolin ja epoksihartsien valmistukseen, liuottimena selluloosaestereille ja -eettereille, lakoille, kumille ja hartseille sekä kationointireagenssin raaka-aineena. Lisäksi epikloorihydriiniä käytetään ulkomailla pehmitysaineena villassa ja puuvillassa sekä hyönteismyrkkynä.

Kemira Chemicals Oy:n tehtaalla Sastamalassa epikloorihydriiniä (EPI) käytettäisiin märkälujahartsin (Fennostrength PA21) valmistuksessa.

Epikloorihydriini voi reagoida kiivaasti typpihapon, rikkihapon ja amiinien kanssa. Aine on yhteensopimaton voimakkaiden hapettimien, happojen ja emästen kanssa. Epikloorihydriinin lämpöä vapauttava reaktio happojen, emästen ja veden kanssa saattaa aiheuttaa säiliön ylivuodon tai repeämisen. Epikloorihydriini polymeroituu voimakkaiden happojen ja emästen vaikutuksesta erityisesti kuumennettaessa. (TTL, OVA-ohje 2013)

Epikloorihydriini on luokiteltu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetus) aineluettelossa vaaraa aiheuttavaksi aineeksi (*EU-asetus Aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta; EY1272/2008; väistävän direktiivin 67/548/ETY luokituksen mukaan erittäin myrkyllinen (T+)*). Epikloorihydriini on myös luokiteltu kategoriaan 1B kuuluvaksi syöpää aiheuttavaksi aineeksi (Carc. 1B). Kategorian 1B aineisiin tulee suhtautua niin kuin ne olisivat ihmiselle syöpää aiheuttavia.

Taulukossa 2 on koottuna epikloorihydriinin tyypilliset ominaisuudet. Työterveyslaitos on julkaisut OVA-ohjeen Epikloorihydriinistä (TTL, päiv. 28.8.2013).

Taulukko 2. Epikloorihydriini (Lyhenteet: ECH, EPI) EY N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetus)	
	
Varoitusmerkit: Huomiosana: VAARA	
	
67/548/ETY Varoitusmerkki: T+(=myrkyllinen)	
CAS numero	106-89-8
Muut nimet	2,3-epoksi-1-klooripropaani, kloorimetyylioksiraani, klooripropyleenioksidi
Molekyylikaava	C ₃ H ₅ ClO
Rakennekaava	2,3-epoksi-1-klooripropaani 
Molekyylipaino	92.5
Tiheys	1.2 (vesi 1)
Höyrynpaine 20 °C	1.6 kPa (12 mmHg)
Höyryn tiheys	3.3 (ilma = 1)
Suhteellinen höyry-ilma-seoksen tiheys 20°C:ssa	1.04 (ilma = 1) Hieman ilmaa raskaampaa (4 %) voi stabiileissa olosuhteissa jäädä /liikkua maan pintaa pitkin
Tasapainotilakonsentraatio 20 °C:ssa	1.6 % (16 000ppm) haihtuva
Liukoisuus	liukenee veteen (64 g/l, 20 C), liukenee useimpiin orgaanisiin liuottimiin
Hajukynnys	10-25 ppm (40-100 mg/m ³); haju ei varoita terveysvaarasta
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 3.85 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0.26 ppm
Leimahduspiste °C	+31 °C (tekninen), +26 °C (puhdas)
Syttymisrajat	LEL 3.8 % (142 g/m ³), UEL 21 % (785 g/m ³), (tekninen), 2.3 % - 34.4 % (puhdas)
Itsesyttymislämpötila °C	+385 °C (tekninen), 416 °C (puhdas)

Taulukossa 3 on esitetty epikloorihydriinin tasapaino kaas- ja nestefaasin välillä eri lämpötiloissa suljetussa astiassa (esim. varastosäiliö). Taulukosta nähdään, että alle +30 °C:een lämpötiloissa säiliön kaasufaasin konsentraatio on alle 3 % EPI.

Alempi räjähdysraja (LEL 3.8 %) saavutetaan, jos lämpötila kohoaa +31 °C:een, joka on EPI:n leimahduspiste. Tällöin kaasu on räjähdysalueella ja voi räjähtää ulkoisen kipinän tai muun sytytyslähteen vaikutuksesta.

Taulukko 3. Epikloorihydriinin kaasufaasin konsentraatio suljetussa astiassa eri lämpötiloissa.

Composition of the Gaseous Phase at Equilibrium with the Liquid Phase (In a Storage Tank, for example)		
Temperature, °C	Vapor Tension, mbar	Concentration in the Vapor Phase, % vol. (V/V)
0	4.8	0.48
10	9.3	0.93
20	17.3	1.73
25	22.7	2.27
30	30.7	3.07
35	40	4.0
40	51	5.1
50	84	8.4
60	132	13.2
70	200	20.0
80	293	29.3
Flammability limits in air		3.8 to 21

Koska EPI on helposti syttyvää ja se voi muodostaa räjähtävän seoksen myös ilman kanssa (O₂ 11.6 %) tulisi sitä käsitellä ja säilyttää tyydettyinä, typpi-suojakaasussa (N₂). Kemikaalinvalmistajat vaativat yleensä turvallisuussyistä alhaista happipitoisuutta esim. 8 % O₂.

Varastotilan on oltava viileä ja hyvin tuuletettu. Tilojen ja laitteiden tulee ne olla hyvin maadoitettu, mikä estää staattisen sähkön syntymisen, mm. sähkölaitteiden tulee olla räjähdysvaarallisiin tiloihin hyväksytyjä. Kuiva epikloorihydriini ei syövytä metalleja, mutta kosteassa vapautuu hyvin syövyttävää kloorivetyä. Metallisäiliöiden syöpymistä tulee tarkkailla säännöllisesti ja varoa säiliöiden kolhiintumista.

4.2 EPI:n terveysvaikutukset

Epikloorihydriinin vaikuttaa ihoon, silmiin ja hengityselimiin. Silmien ja hengitysteiden ärsytys ilmenee 20 ppm (80 mg/m³) ylittävissä epikloorihydriinin pitoisuuksissa. Hengitysteitse altistuminen voi aiheuttaa yskimistä, päänsärkyä, hengitysvaikeuksia ja keuhkopöhön. Keuhkojen limakalvovauriot ja pesäkekeuhkokuume ovat mahdollisia. Hengenvaarallinen pitoisuus on 400 - 800 ppm (1 500 - 3 100 mg/m³) (keuhkopöhö). Oireet voivat ilmaantua viiveellä.

EPI-roiske silmään voi aiheuttaa näön sumenemista tai sarveiskalvon vaurion. Höyryt aiheuttavat kyynelvuotoa. Ihokosketus aiheuttaa ihon ärsytystä, punoitusta, turvotusta ja syöpymistä. Epikloorihydriinin terveysvaikutukset voivat viivästyä useita tunteja. Altistunut saattaa havaita vasta tuntien kuluttua ainetta joutuneen iholle ja tällöin iho on jo syöpynyt syvältä. Epikloorihydriini voi aiheuttaa ihon herkistymistä. Aine imeytyy ihon läpi elimistöön.

(Lähde: OVA-ohje 2013)

4.2.1 EPI:n työhygieenisii ja terveysvaaraa kuvaavia pitoisuuksia ilmassa

Taulukossa 4 on esitetty epikloorihydriinin HTP, IDHL, AEGL 1-3, EPRG 1-3 ja PAC 1-3 arvot. Pitoisuuksien määrittely on esitetty tässä taulukossa.

Taulukko 4. Työhygieenisii ja terveysvaaraa kuvaavia raja-arvoja epikloorihydriinille (EPI, ECH)(CAS nro 106-89-8).			
	Pitoisuus (ppm)	Pitoisuus (mg/m³)	
HTP (2009) /8 h (iho)*	0.5 ppm	1.9 mg/m ³	Työpaikan ilman haitalliseksi tunnettu pitoisuus Huomautus (iho): imeytyy ihon kautta
IDLH-arvo /30 min USA	75 ppm	290 mg/m ³	Immediately dangerous to life and health. IDLH-arvo on suurin pitoisuus, jolle terve työntekijä voi altistua 30 minuutiksi saamatta palautumattomia terveydellisiä vaurioita tai poistumista vaikeuttavia vammoja.
AEGL-arvot (Acute exposure guideline levels) -raja-arvopitoisuudet ilmassa eri altistusajoille			
AEGL 1	AEGL 1	AEGL 1	AEGL-1 Huomattavaa epämukavuutta, ärsytysoireita tai tiettyjä oireettomia, ei aistinvaraisia vaikutuksia. Oireet häviävät altistuksen loputtua.
10 min	5.7 ppm	22 mg/m³	
30 min	5.7 ppm	22 mg/m ³	
60 min	5.7 ppm	22 mg/m³	
4h	5.7 ppm	22 mg/m ³	
8h	5.7 ppm	22 mg/m ³	
AEGL 2	AEGL 2	AEGL 2	AEGL-2 Palautumattomia tai muita vakavia, pitkäkestoisia haitallisia terveysvaikutuksia tai heikentynyt kyky pelastautua.
10 min	53 ppm	204 mg/m³	
30 min	53 ppm	204 mg/m ³	
60 min	24 ppm	92 mg/m³	
4h	14 ppm	54 mg/m ³	
8h	10 ppm	39 mg/m ³	
AEGL 3	AEGL 3	AEGL 3	AEGL-3 Hengenvaarallisia vaikutuksia tai kuolema.
10 min	570 ppm	2195 mg/m³	
30 min	160 ppm	616 mg/m ³	
60 min	72 ppm	277 mg/m³	
4h	44 ppm	169 mg/m ³	
8h	30 ppm	116 mg/m ³	
ERPG-arvot	(Emergency response planning guidelines). ERPG-arvo on suurin pitoisuus, jossa lähes kaikkien ihmisten arvioidaan voivan olla tunnin ajan		
ERPG-1 60 min	5 ppm	19 mg/m ³	ERPG-1 -- saaden enintään vähäistä, tilapäistä terveyshaittaa tai tuntien pahaa hajua
ERPG-2 60 min	20 ppm	77 mg/m ³	ERPG-2 -- ilman vaaraa saada palautumattomia tai muita vakavia terveyshaittoja tai oireita, jotka heikentävät kykyä suojautua altistumiselta
ERPG-3 60 min	100 ppm	385 mg/m ³	ERPG-3 -- ilman hengenvaaraa.
PAC-arvot	Protective Action Criteria ☒ vaaraetäisyysarvioinnin perusteena		
PAC-1	5.7 ppm	22 mg/m ³	PAC-1 Mild, transient health effects.
PAC-2	24 ppm	92 mg/m ³	PAC-2 Irreversible or other serious health effects that could impair the ability to take protective action.
PAC-3	72 ppm	277 mg/m ³	PAC-3 Life-threatening health effects.
<i>Lähteet: OVA-ohje 2013, Työterveyslaitos; SCAPA 2012; NAC/NRC, 2013; AIHA, 2013</i>			

- ERPG-arvot määrittää American Industrial Hygiene Associationin (AIHA) työryhmä nimenomaan vaaraetäisyyksien arviointia varten. ERPG-arvot on valittu oletetun 60 minuutin altistuksen perusteella.
- USA:n ympäristönsuojeluvirasto Environmental Protection Agency (EPA) määrittää puolestaan Acute Exposure Guideline Levels (AEGl) -arvoja. Määrittelyltään nämä vastaavat läheisesti ERPG-arvoja ja olennaisin ero on siinä, että AEGl-arvot on määritelty usealle altistusajalle: 10 min, 30 min, 1 h, 4 h ja 8 h
- Vaaraetäisyysrajojen valinnassa erilaisissa vuototilanteissa on nykyään yläkäsitteenä Protective Action Criteria (PAC), jotka käsittävät ERPG-, AEGl- ja TEEL-arvot. Näiden arvojen valintakriteeri on (SCAPA 2010):¹
 1. Ensisijaisesti on käytetty AEGl-arvoja.
 2. Jos kemikaalilla ei ole AEGl-arvoja, on käytetty ERPG-arvoja.
 3. Jos kemikaalilla ei ole AEGl- eikä ERPG-arvoja, on käytetty TEEL-arvoja.

*IHO merkintä hengitysteitse altistumisen ohjearvon jälkeen viittaa aineen mahdolliseen imeytymiseen ihon kautta mukaanlukien limakalvoihin tai silmiin joko höyryjen kosketuksen tai suoran ihokosketuksen kautta.

4.3 EPI maassa ja vedessä

Ilmasta epikloorihydriini voi huuhtoutua sateen mukana maahan. Maahan valunut epikloorihydriini haihtuu maan pinnasta. Se on maaperässä kohtalaisen nopeasti hajoavaa, sillä sen puoliintumisajaksi on saatu viikosta neljään viikkoon. Epikloorihydriini on helposti kulkeutuvaa, joten se voi myös joutua myös pohjaveteen.

Epikloorihydriini on ympäristön kannalta veteen hyvin liukenevaa (64 g/l). Se haihtuu kuitenkin pintavedestä ilmaan. On arvioitu, että sen määrä puoliintuu matalassa joessa (syvyys yksi metri) noin 30 tunnissa (IUCLID: 12 h-2 days). Biologisen hapenkulutuksen (BOD 60 %/14 vrk) perusteella epikloorihydriinin on todettu olevan biologisesti nopeasti hajoavaa aerobisissa olosuhteissa. Epikloorihydriini hydrolysoituu vedessä helposti. Hydrolyysin puoliintumisajaksi on saatu noin 7 vrk (pH 4 - 10) (IUCLID pH:ssa 5-6 t½ 5-8 days). Hydrolyysin hajoamistuote on *3-kloori-1,2-propaanidioli*, joka ei ole haitallista vesieliöille (LC50 > 100 mg/l).

Epikloorihydriini itsessään on haitallista vesieliöille. Sen akuutit LC50-arvot kalalle ovat 11 - 35 mg/l (96 h) ja akuutti EC50-arvo vesikirpulle 24 mg/l (48 h). Epikloorihydriinin ei ole kuitenkaan todettu kertyvän ravintoverkkoon. Voimassa olevien kriteerien perusteella epikloorihydriiniä ei luokitella ympäristölle vaarallisiksi.

Epikloorihydriiniä ei saa päästää viemäriin eikä vesistöön.

(Lähde: OVA-ohje 2013 ja ESIS European Chemical Substances Information System, IUCLID-dataset)

¹ Lautkaski R, Vuoden 2010 OVA-ohjeiden vaaraetäisyydet, VTT tutkimusraportti VTT-R-10237-10, 10 p., 17.12.2010

4.4 EPI ilmassa ja tulipalossa

Epikloorihydriini on huoneenlämmössä väritön, herkkäliikkeinen ja haihtuva neste. Epikloorihydriinihöyry on ilmaa raskaampaa. Suhteellinen höyry-ilma-seoksen tiheys 20°C:ssa on 1.04, eli EPI-höyry on n. 4 % ilmaa raskaampaa, jolloin erityisesti stabiileissa olosuhteissa kaasu voi levitä matalalla maan tai järven pintaa pitkin. Ilmassa epikloorihydriini hajoaa hydroksyyliiradikaalien (OH•) vaikutuksesta ja sen määrä puoliintuu noin neljässä päivässä (OVA-ohje)(IUCLID: t½ 16 h-24d).

Epikloorihydriinillä on eetteriä tai kloroformia muistuttava hieman makeahko, ärsyttävä haju. Useimmat ihmiset eivät havaitse epikloorihydriinin hajua alle 10 ppm pitoisuudessa, hajukynnys on n. 25 ppm. Korkean hajukynnyksen takia haju ei varoita terveysvaarasta.

Epikloorihydriini on herkästi syttyvä aine, jonka leimahduspiste on +31 °C. Epikloorihydriini voi syttyä kipinöistä tai liekeistä kuumennuttuaan leimahduspistettään korkeampaan lämpötilaan. Epikloorihydriini saattaa polymeroitua esimerkiksi kuumuuden, happojen, emästen ja veden vaikutuksesta aiheuttaen säiliöiden repeytymisen. Epikloorihydriini voi myös muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen.

Epikloorihydriinin tulipalossa voi muodostua myrkyllisiä ja ärsyttäviä kaasuja, kuten hiilidioksidia (CO₂) hiilimonoksidia (CO), kloorivetyä (HCl) ja esim. fosgeenia (COCl₂). EPI:n sisältämä kloori voi muodostaa kloorivetyä HCl, joka voi kosteuden vaikutuksesta muodostaa suolahapposumua. Osa epikloorihydriinin kloorista voi muodostaa tulipalossa epätäydellisen palamisen seurauksena myös fosgeenia COCl₂. Hiilimonoksidi (CO) eli häkä on tunnetuin epätäydellisen palamisen välituote tulipaloissa. Pääsääntöisesti kaikki savukaasut tulipalossa ovat aina myrkyllisiä ja niiltä tulee pyrkiä suojautumaan.

(Lähteet: OVA-ohje 2013 ja ESIS European Chemical Substances Information System, IUCLID-dataset ym.)

Kloorivety HCl (CAS No: 7647-01-0)

Kloorivety on syövyttävä, väritön, pistävänhajuinen, ilmaa raskaampi kaasu. Se liukenee veteen, alkoholiin ja eetteriin. Kloorivedyn vesiliuos on suolahappo. Työterveyslaitos on julkaissut kloorivedystä OVA-ohjeen (TTL28.8.2013, Kloorivety). Taulukossa 5 on kloorivedyn yleisiä ominaisuuksia ja taulukossa 6 kloorivedyn haitallisuusperusteisia raja-arvoja ilmassa (HTP, IDHL AEGL, ERPG, PAC).

**Taulukko 5. Kloorivety CAS No 7647-01-0
EY N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetus)**



Varoitusmerkit:

Huomiosana: VAARA



67/548/ETY Varoitusmerkki: T+(=myrkyllinen), C (syövyttävä)

CAS numero	7647-01-0
Muut nimet	Kloorivedyn vesiliuos on suolahappo
Molekyylikaava	ClH
Rakennekaava	HCl
Molekyylipaino g/mol	36.46
Tiheys 20 C (Vesi=1)	1,1 (20-prosenttinen happo) 1,2 (36 - 37-prosenttinen happo)
Höyryn tiheys	1.3 (ilma 1)
Tasapainotilakonsentraatio 20 °C:ssa	0,027 % (270 ppm) 20-prosenttinen happo; haihtuva 4,0 % (40 000 ppm) 33-prosenttinen happo; haihtuva 12,7 % (127 000 ppm) 36-prosenttinen happo; helposti haihtuva
Liukoisuus	liukenee hyvin veteen (725 g/l, 20 °C:ssa), alkoholiin, eetteriin ja bentseeniin
Hajukynnys	1 ppm (1.5 mg/m ³); haju varoittaa melko hyvin terveysvaarasta
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 1.52 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0.66 ppm



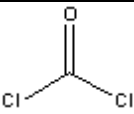
Taulukko 6. Kloorivedyn AEGL-, ERPG- ja PAC-arvot. (CAS no 7647-01-0)

HTP -arvo / 15 min	5 ppm	7.6 mg/m ³		TTL 2009
IDLH-arvo /30 min USA	50 ppm			NIOSH (2003)
Altistusaika	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	NAC/NRC, 2013
10 min	1.8 ppm	100 ppm	620 ppm	
30 min	1.8 ppm	43 ppm	210 ppm	
60 min	1.8 ppm	22 ppm	100 ppm	
4 h	1.8 ppm	11 ppm	26 ppm	
8 h	1.8 ppm	11 ppm	26 ppm	
	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3	AIHA, 2013
Kloorivety (7647-01-0)	3 ppm	20 ppm	150 ppm	
I	PAC-1	PAC-2	PAC-3	SCAPA, 2012
Kloorivety (7647-01-0)	1.8 ppm	22 ppm	100 ppm	

Fosgeeni COCl₂ (CAS No: 75-44-5)

Fosgeeni on väritön, syttymätön kaasu. Sen haju muistuttaa vastaniitetyn heinän hajua. Se on kolme kertaa ilmaa raskaampaa.

Fosgeenia voi syntyä onnettomuustilanteissa, kun orgaaninen klooriyhdiste joutuu kosketuksiin liekin tai kuuman pinnan kanssa. Palomiehet, hitsaajat ja rakennustyöntekijät voivat tällä tavalla altistua vaarallisessa määrin fosgeenille. Fosgeenia käytettiin ensimmäisessä maailmansodassa taistelukaasuna. Fosgeenin ominaisuuksia on taulukossa 7.

Taulukko 7. Fosgeeni () CAS nro 75-44-5 EY N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetus)	
	
Varoitusmerkit: Huomiosana: VAARA	
	
67/548/ETY Varoitusmerkki: T+(=myrkyllinen), C (syövyttävä)	
CAS numero	75-44-5
Muut nimet	Karbonsylikloridi
Molekyylikaava	COCl ₂
Rakennekaava	
Molekyylipaino g/mol	98.92
Tiheys g/cm ³	1.523
Höyryn tiheys	3.2 (ilma 1)
Hajukynnys	1-1.44 ppm (4-6 mg/m ³); haju ei varoita terveysvaarasta
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 4.10 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0.24 ppm

Ympäristöilman fosgeenipitoisuuden voidaan odottaa vaihtelevan välillä 80 - 130 ng/m³. Fosgeenia valmistavassa ja käytävässä teollisuudessa ilman fosgeenipitoisuus on yleensä hyvin hallinnassa. Suurimmat tavatut pitoisuudet työntekijöiden hengitysilmassa ovat olleet noin 0.4 mg/m³.

Fosgeenille altistutaan terveydelle vaarallisessa määrin käytännössä vain hengitysteitse. Fosgeeni on hyvin reaktiivinen aine, jonka puoliintumisaika vesiliuoksessa on 0,026 s. Tämän vuoksi se reagoi välittömästi hengitystien kudosten kanssa eikä imeydy sisemmälle elimistöön. Fosgeenin hydrolyysituotteena syntyy kloorivetyä ja hiilidioksidia. Kloorivedyn muodostumisen

lisäksi voi fosgeeni kudoksen kanssa kosketuksiin joutuessaan reagoida valkuaisaineiden kanssa.

Fosgeenin vaarallisuuden kannalta keskeiset vaikutukset, eriaisteiset keuhkovauriot ja kuolema riippuvat hengitysilman fosgeenipitoisuudesta ja altistuksen kestosta. Pitoisuusalueella 4 - 800 mg/m³ yhtä suuri altistus eli fosgeenipitoisuuden ja altistuksen keston tulo aiheuttaa yhtäläisen vaikutuksen (Haberin laki).

Taulukossa 8 on pienimpiä hengitysilman fosgeenipitoisuuksia ja -altistuksia, joiden on todettu aiheuttavan haitallisia vaikutuksia ihmiselle.

Taulukko 8. Fosgeenipitoisuuksia tai fosgeenialtistuksia, jotka aiheuttavat haitallisia vaikutuksia ihmiselle. / Lähde Ketsu perustelumuiot/Fosgeeni		
Vaikutus	Altistus mg*min/m³	Pitoisuus mg/m³
Hajukynnys		4-6
Limakalvojen ärsytys		12
Keuhkovauriota	120	
Keuhkopöhö	600	
Kuolema	1200	

Kemian työsuojeluneuvottelukunta (Ketsu 2002/2009) on esittänyt, että fosgeenille vahvistettaisiin pitkäaikaisen altistuksen **HTP-arvoksi 0.01 ppm=0.04 mg/m³ vertailuaikana 8 tuntia**. Neuvottelukunta ehdottaa lisäksi, että fosgeenin **hetkellisen altistuksen HTP-arvoksi vahvistettaisiin 0.05 ppm =0.2 mg/m³**. Vertailuaikaa ei tälle raja-arvolle täsmällisesti määritellä. Mittamenetelmän aikavakio tulee olla mahdollisimman pieni Sen tulee olla joka tapauksessa alle 15 minuuttia. Taulukossa 9 on fosgeenin HTP, IDHL, AEGL-, ERPG- ja PAC-arvot.

Taulukko 9. Fosgeenin HTP, IDHL, AEGL-, ERPG- ja PAC-arvot. (CAS no 75-44-5)				
HTP -arvot 8 h/hetkellinen	0.01 ppm / 8h	0.05 ppm /hetkellinen		Ketsu ehdotukset 2002/2009
IDLH-arvo /30 min USA	2 ppm			NIOSH (2003)
Altistusaika	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	NAC/NRC, 2013
10 min	NR	0.6 ppm	3.6 ppm	
30 min	NR	0.6 ppm	1.5 ppm	
60 min	NR	0.3 ppm	0.75 ppm	
4 h	NR	0.08 ppm	0.2 ppm	
8 h	NR	0.04 ppm	0.09 ppm	
	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3	AIHA, 2013
Fosgeeni (75-44-5)	NA	0.5 ppm	1.5 ppm	
I	PAC-1	PAC-2	PAC-3	SCAPA, 2012
Fosgeeni (75-44-5)	0.1 ppm	0.3 ppm	0.75 ppm	

NR= not recommended due to insufficient data; turvallista pitoisuutta ei määritelty
NA=not appropriate, turvallista pitoisuutta ei määritelty

5. Tulokset seurausmallinnuksesta EPI

Vuototilanteiden seuraukset mallinnettiin kahdessa erilaisessa sääolosuhteessa TUKESin ohjeen mukaisesti². Säätila D (=neutraali) on tyypillinen kesäolosuhteissa Suomessa. Kesällä haihtuminen lammikosta voi olla voimakkaampaa. Säätila F (=stabiili) on mallissa ns. pakotettu, sillä kesäolosuhteissa Suomessa F-säätyyppi ei ole tyypillinen. F-säätyyppiä voi periaatteessa esiintyä yöaikaan (heikko tuuli, <4/8 pilvipeite), mutta huomattavasti tyypillisempiä sääolosuhteita Suomessa ovat stabiilisuusluokan C-D olosuhteet. F-säätyypin tuloksia voidaankin pitää ns. worst case-tilanteina.

5.1 Putkiliitosvuoto lastauslaiturilla (n. 1000 l) - vaikutuskenaariot

Kemikaalikonttia tyhjennettäessä purkaus/lastauslaiturilla epikloorihydriiniä pääsee valumaan laiturille ja sen keräilykaivoon max. 3 minuutin ajan ennen hätä-seis katkaisua. Tänä aikana ulos valuu maksimissaan 1000 l (täyttönopeus 20 m³/h, 330 l/min). Keräilykaivon tilavuus on 900 litraa (0.6*1*1.5 m; pinta-ala 0.6 m²), jolloin lammikon/ kastuneen alueen pinta-ala olisi n. 1 m². Tältä alalta haihtuu EPI :ä ilmaan. Mallinnetaan leviäminen kahdessa eri säätyypissä (Taulukko 10).

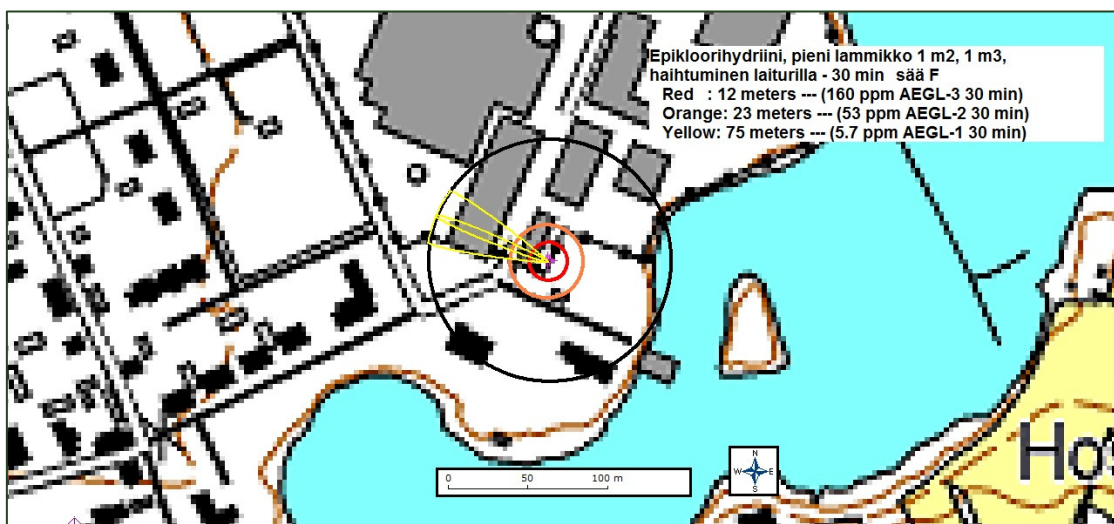
Taulukko 10. Purkauslaiturin epikloorihydriinivuodon aiheuttamien AEGL 1-3 (30 min ja 60 min) pitoisuuksien esiintymisetäisyydet. Kesäolosuhteet.			
Skenaario: Purkaus/lastauslaiturin EPI-vuoto keräilykaivoon (n. 1000 l) / n. 1 m² alalle			
		Säätila stabiili (F*), tuuli 2 m/s	Säätila neutraali (D), tuuli 5 m/s
Max haihduntanopeus lammikosta		28.6 g/min	56.1 g/min
30 minuutin arvot	EPI (106-89-8)	Pitoisuuksien esiintymisetäisyydet Stabiilissa (F) säätilassa	Pitoisuuksien esiintymisetäisyydet Neutraalissa (D) säätilassa
AEGL-3	160 ppm	12 metriä	<10 metriä
AEGL-2	53 ppm	23 metriä	<10 metriä
AEGL-1	5.7 ppm	75 metriä	24 metriä
60 minuutin arvot	EPI (106-89-8)	Säätila stabiili (F*), tuuli 2 m/s, + 25 C	Säätila neutraali (D), tuuli 5 m/s, + 25 C
AEGL-3	72 ppm	20 metriä	<10 metriä
AEGL-2	24 ppm	36 metriä	11 metriä
AEGL-1	5.7 ppm	75 metriä	24 metriä

*pakotettu stabiilisuusluokka

Kuvassa 3 on 30 minuutin AEGL-arvojen esiintymisetäisyydet säätyypissä F. Vuototilanteessa on työntekijöiden mahdollista poistua alueelta 30 minuutissa. Valvomosta on kamerayhteys kemikaalilaiturille ja kemikaalia autosta purkava laitosmies on asianmukaisesti suojautunut ja pystyy antamaan hälytyksen vuodosta valvomoon, jolloin evakuointi läheisestä

²Ahonen I., et al. Tuotantolaitoksen sijoittaminen-opas TUKES 2013

tuotantorakennuksesta (R) voidaan tehdä nopeasti. Vuoto ei aiheuta vaaraa tehdasalueen ulkopuolella (AEGL-2 (30 min)). AEGL-1 pitoisuustaso (30 min) voi kuitenkin ulottua tehtaan vierastalon kohdalle sinnepäin suuntautuvalla tuulella.



Kuva 10. Epikloorihydriinin putkiliitosvuoto kemikaalin lastauslaiturilla, 30 minuutin AEGL-arvojen etäisyydet säätyypissä F. Oranssilta AEGL-2 alueelta n. 23 m lastaus/purkauslaiturin ympäristössä tulee poistua vuototilanteessa. (Kuvassa keltainen AEGL-1 ympyrä on mustana paremman erottumisen takia)

5.2 Säiliön repeytyminen ja vuoto varoaltaaseen, epikloorihydriinin haihtuminen

Onnettomuusskenaariossa 40 m³ epikloorihydriinisäiliö vuotaa varoaltaaseen, jonka tilavuus on 52 m³, pinta-ala 27.5 m² (5*5.5*1.9 m). Mallinnetaan koko pinta-alalta haihtuvan epikloorihydriinin haihtuminen ja leviäminen ympäristöön kahdessa erilaisessa säätyypissä (Taulukko 11).

Taulukko 11. Varoaltaaseen valuneen epikloorihydriinin aiheuttamien ilman pitoisuuksien esiintymisetäisyydet (AEGL 1-3). Haihtumispinta-ala 27.5 m². Kesäolosuhteet.			
Skenaario: EPI-säiliön vuotaminen varoaltaaseen max. 40 m³ / 27.5 m² alalle			
		Säätila stabiili (F*), tuuli 2 m/s,	Säätila neutraali (D), tuuli 5 m/s
Max haihduntanopeus lammikosta		0.668 kg/min	1.32 kg/min
30 minuutin arvot	EPI (106-89-8)	pitoisuuksien esiintymisetäisyydet Stabiilissa (F) säätilassa	pitoisuuksien esiintymisetäisyydet Neutraalissa (D) säätilassa
AEGL-3	160 ppm	57 metriä	13 metriä
AEGL-2	53 ppm	114 metriä	34 metriä
AEGL-1	5.7 ppm	380 metriä	120 metriä
60 minuutin arvot	EPI (106-89-8)	Säätila stabiili (F*), tuuli 2 m/s	Säätila neutraali (D), tuuli 5 m/s
AEGL-3	72 ppm	96 metriä	27 metriä
AEGL-2	24 ppm	176 metriä	55 metriä
AEGL-1	5.7 ppm	380 metriä	120 metriä

*pakotettu stabiilisuusluokka

Kuvassa 11 on 60 minuutin AEGL-arvojen esiintymisetaisyydet säättyypissä F (=pahin tilanne). AEGL-2 (60 min, oranssi ympyrä) alueen sisälle jää joitakin asuintaloja lounaaseen säiliöstä (176 m, AEGL-2 60min). Säättyypissä D AEGL-2 (60 min) etäisyys olisi 55 m. AEGL-2 30 minuutin arvojen suojaetäisyydet ovat lyhyemmät (34-114 m) rajoittuen tehdasalueelle(ks. taulukko 11).



Kuva 11. Epikloorihydriinisäiliön vuoto varoaltaaseen. Epikloorihydriinin haihtuminen, 60 minuutin AEGL-arvojen esiintymisetaisyydet säättyypissä F (=pahin tilanne). AEGL-2 (60 min) pitoisuusalue ulottuu 176 m etäisyydelle varoaltaasta (oranssi ympyrä). (Kuvassa keltainen AEGL-1 on vahvistettu mustalla erottumisen takia)

5.3 Epikloorihydriinin lammikkopalo kemikaalivarastossa

Skenaariossa epikloorihydriini on valunut säiliöstä (40 m³) varoaltaaseen (pinta-ala 27.5 m²) ja syttyy palamaan kemikaalivarastoissa.

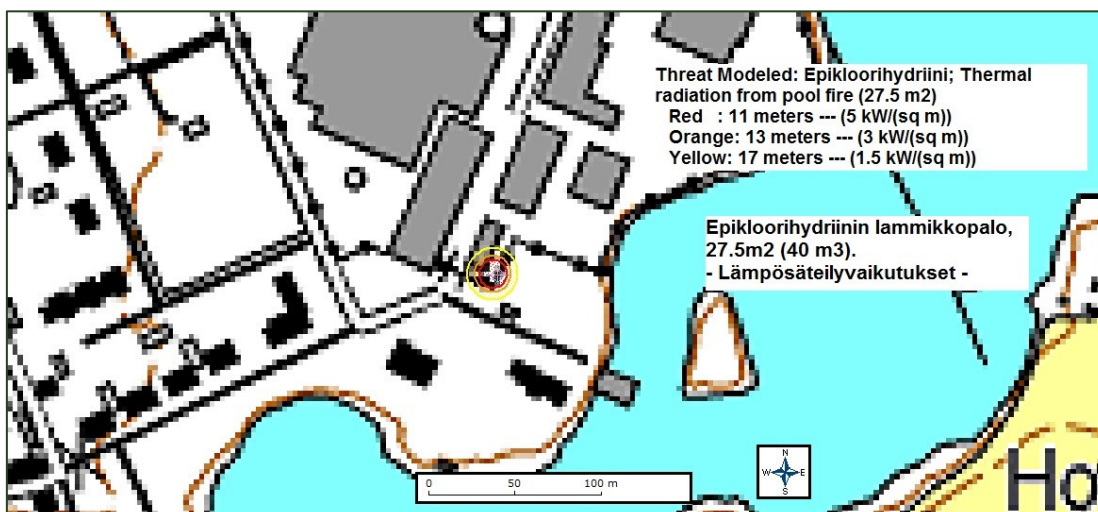
5.3.1 Lämpösäteily EPI lammikkotulipalossa

Kemikaalisäiliöitä sijoitettaessa on huomioitava mahdollisen tulipalon lämpösäteilyn vaikutukset ja altistuvien ihmisten määrä eri lämpösäteilyalueilla. Taulukossa 12 on EPI:n lammikkotulipalossa lämpösäteilyn intensiteetin suojaetäisyydet.

Epikloorihydriinin lammikkopalossa 13 metrin etäisyydellä lämpösäteilyn intensiteetti on n. 3 kW/m², mikä mahdollistaa palokunnan pelastus- ja palontorjuntatoimet ko. etäisyydeltä vähintään 30 min ajan. Lämpösäteilyn ns. turvaraja (1.5 kW/m²) on n. 16-17 m etäisyydellä.

Taulukko 12. Lämpösäteilyn etäisyydet EPI lammikkopalossa- kaksi säätyyppiä.			
Skenaario: Koko säiliön tilavuus 40 m ³ leviää varoaltaaseen, pinta-ala 27.5 m ² ja syttyy lammikkopalo			
Sääolosuhteet	Säätila stabiili (F), tuuli 2 m/s	Säätila neutraali (D), tuuli 5 m/s	
Palonopeus	56.8 kg/min	56.8 kg/min	
Liekin pituus	7 m	6 m	
Lämpösäteily	Etäisyys	Etäisyys	Vaikutukset
8 kW/m ²	<10 metriä	<10 metriä	Palon leviäminen, rakennukset ja suojaamattomien palavien nesteiden varastosäiliöt voivat syttyä
5 kW/m ²	11 metriä	11 metriä	Ihmisten poistuminen mahdollista
3 kW/m ²	13 metriä	13 metriä	Mahdollistaa pelastustoimet, palokunta voi toimia alueella (30 min)
1.5 kW/m ²	17 metriä	16 metriä	Turvaraja

Kuvassa 12 on kartalla lämpösäteilyn etäisyydet epikloorihydriinin lammikkopalossa.



Kuva 12. Epikloorihydriinin lammikkopalon (27.5 m²) aiheuttamia lämpösäteilyn turvaetäisyyksiä (säätyyppi F).

5.3.2 Tulipalossa muodostuvat myrkylliset kaasut ja niiden leviäminen

Epikloorihydriinin edellä mainitussa lammikkopalossa muodostuu myrkyllisiä ja ärsyttäviä kaasuja kuten hiilidioksidia CO₂, hiilimonoksidia CO, kloorivetyä HCl ja fosgeenia COCl₂. EPI:n sisältämä kloori voi muodostaa kloorivetyä HCl, joka voi kosteuden vaikutuksesta muodostaa suolahapposumua. Osa epikloorihydriinin kloorista voi muodostaa tulipalossa epätäydellisen palamisen seurauksena myös fosgeenia COCl₂. Tämän muodostumissuhdetta ei kuitenkaan ole kirjallisuudessa esitetty. Sekä fosgeeni että kloorivety ovat ilmaa raskaampia.

Hiilimonoksidi (CO) eli häkä on tunnetuin epätäydellisen palamisen välituote tulipaloissa. Pääsääntöisesti kaikki savukaasut tulipalossa ovat myrkyllisiä ja niiltä tulee aina pyrkiä suojautumaan.

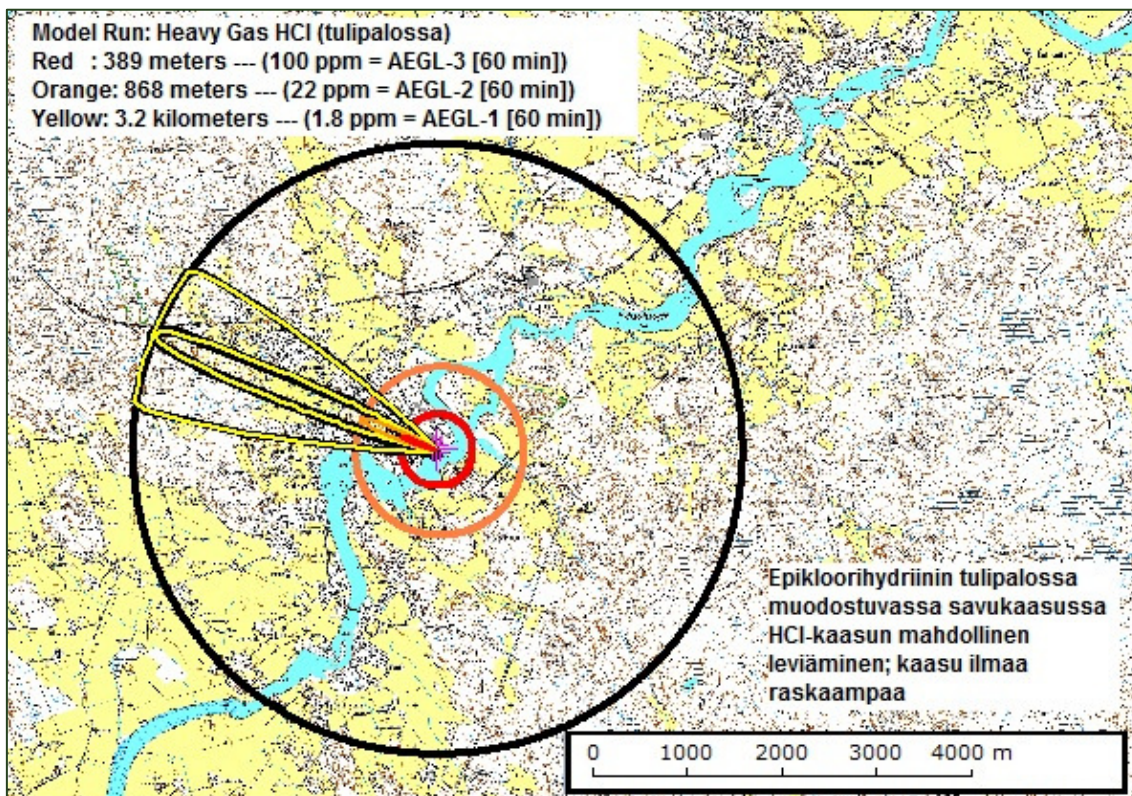
Tässä tarkastellaan tilannetta, jossa lammikkopalossa epikloorihydriinin sisältämä kloori reagoisi 99 %:sesti kloorivedyksi (HCl), jolle lasketaan AEGL-1-3 etäisyydet onnettomuuspaikalta. Sen lisäksi arvioidaan tilanne, jossa 1 % epikloorihydriinin kloorista muodostaisi tulipalossa fosgeenia, jolle myös lasketaan sen AEGL 1-3 etäisyydet onnettomuuspaikalta. Etäisyydet on arvioitu ko. kemikaalin leviämisenä liekin korkeudesta (=savukaasun muodostumiskorkeus). Taulukossa 13 on esitetty palamistuotteiden laskenta tässä skenaariossa.

Taulukko 13. Kloorivedyn ja fosgeenin muodostumisen laskenta. Skenaariossa epikloorihydriinin tulipalo kestää tunnin, ennen kuin palo saadaan sammumaan/hallintaan.		
EPI:n palonopeus (kg/min)	56.8	kg/min
EPI:n palonopeus (kg/h)	3411	kg/h
EPI molekyylipaino (C ₃ H ₅ ClO) (g/mol)	92.5	g/mol
HCl molekyylipaino (g/mol)	36.46	g/mol
COCl ₂ molekyylipaino (g/mol)	98.92	g/mol
Jos 99 % EPI:n kloorista muodostaisi HCl (kg/h)	1331	
Jos 1 % EPI:n kloorista muodostaisi COCl ₂ (kg/h)		18.2

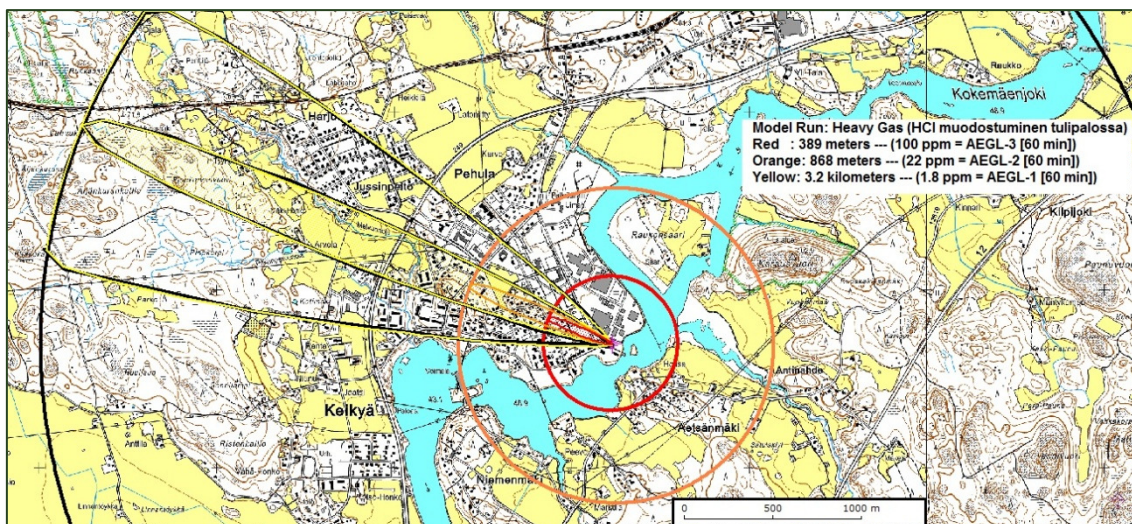
Molemmat kaasut ovat ilmaa raskaampia. Kloorivety voi muodostaa kosteuden kanssa kloorivetysumua. Fosgeeni on myrkyllistä hyvin alhaisissakin pitoisuuksissa. Terveysvaikutukset voivat ilmaantua viiveellä. Fosgeeni hajoamistuote on kloorivety.

Taulukossa 14 on epikloorihydriinin tulipaloksenäriossa muodostuvan kloorivedyn AEGL 1-3 suojaetäisyydet.

Taulukko 14. EPI:n tulipaloksenäriossa muodostuvan kloorivedyn AEGL 1-3 pitoisuuksien etäisyydet.		
Skenaario: jos EPI:n lammikkopalossa 99 % kloorista reagoisi HCl:ksi-->		
HCl muodostuminen: 1331 kg/h, EPI tulipalo, säättyppi neutraali (D), 3 m/s		
30 min	HCl (7647-01-0)	Etäisyys EPI:n lammikkopalosta
AEGL-3	210 ppm	261 metriä
AEGL-2	43 ppm	609 metriä
AEGL-1	1.8 ppm	3.2 km
60 min	HCl (7647-01-0)	Etäisyys EPI:n lammikkopalosta
AEGL-3	100 ppm	389 metriä
AEGL-2	22 ppm	868 metriä
AEGL-1	1.8 ppm	3.2 km



Kuva 13. Epikloorihydriinin tulipalossa muodostuvassa savukaasussa kloorivetykaasun mahdollinen leviäminen, AEGL 1-3 (60 min). (99% kloorista muodostaa HCl). Kuvassa tuulen suunta kaakosta, samat suojaetäisyydet myös muihin tuulensuuntiin. (Kuvassa keltainen AEGL-1 on vahvistettu mustalla erottumisen takia)



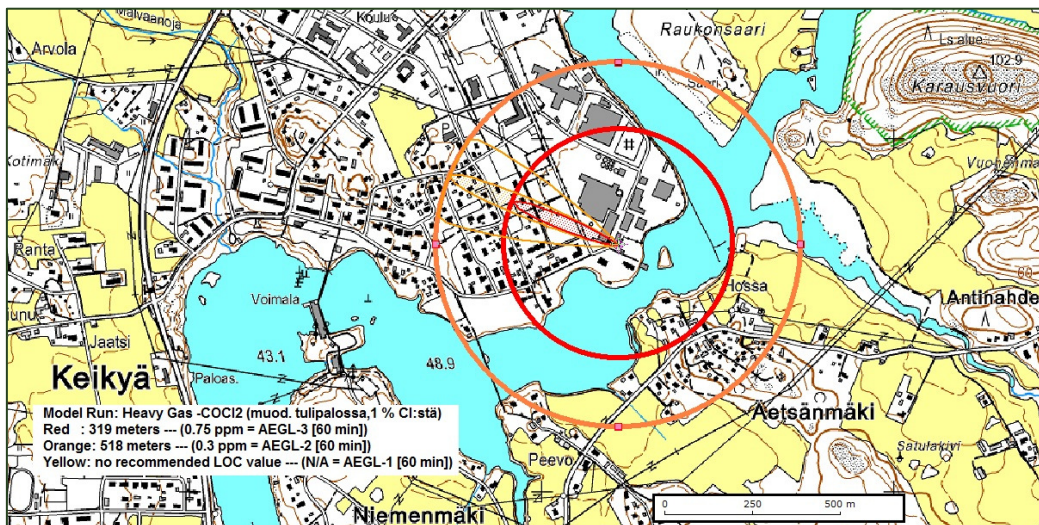
Kuva 14. Suurennos kuvasta 13. Epikloorihydriinin tulipalossa muodostuvassa savukaasussa kloorivetykaasun mahdollinen leviäminen. Oranssiympyrä: AEGL-2 (60 min) etäisyys 868 m. Punainen ympyrä: AEGL-3 (60 min) alue ulottuu 390 m etäisyydelle tuulen suunnassa. (Kuvassa keltainen AEGL-1 on vahvistettu mustalla erottumisen takia)

Kloorivedyn AEGL-3 (60 min) alue ulottuisi 390 m etäisyydelle ja AEGL-3 (30 min) 260 m etäisyydelle. Tällä alueella ihmiset tulisi evakuoita EPIn tulipalotilanteessa. Kosteuden vaikutuksesta esim. sateella kloorivety voi muodostaa mm. hengitysteitä ärsyttävää

suolahapposumua. Kloorivety on ilmaa raskaampaa ja voi joissain sääolosuhteissa laskeutua alas seuraten maanpinnan muotoja. Kloorivedyn AEGL-2 (60 min) pitoisuusalueet ulottuvat skenaariossa n. 870 metrin etäisyydelle EPI:n lammikkopalosta ja AEGL-2 (30min) 610 metrin etäisyydelle. Alue ulottuu tehtaan lähimmille asuinalueille. Palotilanteessa alueella tulee suojautua savukaasulta ensivaiheessa mm. sulkemalla ikkunat ja ilmastointilaitteet savun suunnassa.

Taulukossa 15 on EPI:n lammikkotulipalossa mallinnetun fosgeenin muodostumisen (1% EPI:n kloorista reagoisi fosgeeniksi) AEGL 1-3 pitoisuusalueiden etäisyydet palopaikan ympäristössä. Fosgeenin muodostumisnopeudesta tai %-osuudesta EPI tulipalossa ei ole kirjallisuudessa esitettyä arviota. Fosgeeni hajoamistuote on kloorivety.

Taulukko 15. EPI:n tulipalossa mahdollisesti muodostuvan fosgeenin AEGL 1-3 pitoisuuksien etäisyydet. / HUOM. Fosgeenin muodostumisnopeudesta tai %-osuudesta EPI tulipalossa ei ole kirjallisuudessa esitettyä arviota.		
Skenaario: jos EPI:n lammikkopalossa 1 % kloorista reagoisi COCl ₂ :ksi-->		
Fosgeenin muodostuminen: 18.2 kg/h, EPI tulipalo, säätila neutraali (D), 3 m/s		
30 minutes	COCl ₂ (75-44-5)	Etäisyys EPI:n lammikkopalosta
AEGL-3	1.5 ppm	222 metriä
AEGL-2	0.6 ppm	359 metriä
AEGL-1	NR	N/A
60 minutes	COCl ₂ (75-44-5)	Etäisyys EPI:n lammikkopalosta
AEGL-3	0.75 ppm	319 metriä
AEGL-2	0.3 ppm	518 metriä
AEGL-1	NR	N/A
NR= not recommended, ei määriteltyä turvallista pitoisuutta		
N/A ei määritettyä turvallista etäisyyttä		



Kuva 15. Fosgeenin arvioitu leviäminen epikloorihydriinin tulipalossa, jos EPI:n kloorista 1 % reagoisi fosgeeniksi. Kuvassa tuulen suunta kaakosta, 60 minuutin AEGL 2-3 etäisyydet. Fosgeeni on ilmaa raskaampaa kaasua, joten varoalue tulisi olla joka suuntaan vähintään oranssiin ympyrän mukaisesti AEGL-2 (60 min) 520 m AEGL-2 (30min) olisi 360 m. AEGL-3 (30min/60 min) 200-300m.

Tulipalotilanteessa fosgeenivaaran takia (Kuva 15) evakuointi ensivaiheessa AEGL-3 mukaan 300 m --> AEGL-2 n. 500 m etäisyydeltä tuulen alapuolella ja sen jälkeen muut suunnat. Suojautumista savukaasuilta /evakuointia jatkettava vielä HCl-etäisyyksien mukaan 800-900 m etäisyydelle tulipalopaikasta.(vrt. kuva 14, HCl).

5.4 Yhteenveto EPI seurausmallinnuksista

Epikloorihydriini on huoneenlämmössä väritön, herkkäliikkeinen ja haihtuva neste. Se on myös herkästi syttyvä aine, jonka leimahduspiste on +31 °C.

Pienehkö epikloorihydriinivuoto (pinta-ala 1 m²) lastaus/purkauslaiturilla:

- Lastaus/purkauslaiturin vuototilanteessa alueelta on työntekijöiden mahdollista poistua 30 minuutissa. Valvomosta on kamerayhteys kemikaalilaiturille ja kemikaalia autosta purkava laitosmies on asianmukaisesti suojautunut ja pystyy antamaan hälytyksen vuodosta valvomoon, jolloin evakuointi läheisestä tuotantorakennuksesta (R) voidaan tehdä nopeasti. Vuoto ei aiheuta vaaraa tehdasalueen ulkopuolella (AEGL-2 (30 min)).
- Lastaus/purkauslaiturin varoaltaasta on mahdollisuus johtaa kemikaalia suurempaan varoaltaaseen. Vuototilanteessa epikloorihydriiniä ei saa johtaa viemäriin eikä vesistöön.

Epikloorihydriinisäiliö 40 m³ vuotaa varoaltaaseen, jonka pinta-ala 27.5 m² - kemikaalin haihtuminen ilmaan

- Epikloorihydriinihöyry on ilmaa raskaampaa. Suhteellinen höyry-ilma-seoksen tiheys 20°C:ssa on 1.04, eli EPI-höyry on n. 4 % ilmaa raskaampaa, jolloin erityisesti stabiileissa olosuhteissa kaasu voi levitä matalalla maan tai järven pintaa pitkin. Kemikaalin haihtuminen varoaltaasta kuvattiin kesäolosuhteissa. AEGL-2 (30min) etäisyydet rajoittuivat tehdasalueelle (säättyypistä riippuen 34-114 m), mutta AEGL-2 (60 min) alueen sisälle jäisi worst case -sääolosuhteissa joitakin asuintaloja (AEGL-2 60min suojaetäisyys 176 m, säättyypi F).
- Epikloorihydriiniä ei saa päästää viemäriin eikä vesistöön varoaltaasta.

Epikloorihydriinin lammikkopalo

- Epikloorihydriinin lammikkopalossa 13 metrin etäisyydellä lämpösäteilyn intensiteetti olisi n. 3 kW/m², mikä mahdollistaa palokunnan pelastus- ja palontorjuntatoimet ko. etäisyydeltä vähintään 30 min ajan.
- Epikloorihydriinin lammikkopalossa muodostuu myrkyllisiä ja ärsyttäviä kaasuja kuten hiilidioksidia CO₂, hiilimonoksidia CO, kloorivetyä HCl ja mm. fosgeenia COCl₂. Pääsääntöisesti kaikki savukaasut tulipalossa ovat myrkyllisiä ja niiltä tulee aina pyrkiä suojautumaan.
- Sekä kloorivety että fosgeeni ovat ilmaa raskaampia. Kloorivety voi muodostaa kosteuden kanssa kloorivetysumua. Fosgeeni on myrkyllistä hyvin alhaisissakin pitoisuuksissa. Terveysvaikutukset voivat ilmaantua viiveellä. Fosgeeni hajoamistuote on kloorivety.
- Mallinnusskenaariossa 99 % epikloorihydriinin kloorista reagoisi kloorivedyksi ja 1 % fosgeeniksi.
- Kloorivedyn AEGL-3 (60 min) alue ulottuisi 390 m etäisyydelle ja AEGL-3 (30 min) 260 m etäisyydelle. Tällä alueella savun suunnassa ihmiset tulisi evakuoida tulipalotilanteessa. Kosteuden vaikutuksesta esim. sateella kloorivety voi muodostaa mm. hengitysteitä ärsyttävää suolahapposumua. Kloorivety on ilmaa raskaampaa ja voi joissain sääolosuhteissa laskeutua alas seuraten maanpinnan muotoja. Kloorivedyn AEGL-2 (60 min) pitoisuusalueet ulottuvat skenaariossa n. 870 metrin etäisyydelle EPI:n lammikkopalosta ja AEGL-2 (30min) 610 metrin etäisyydelle. Alue ulottuu tehtaan

lähimmille asuinalueille. Palotilanteessa alueella tulee suojautua savukaasulta ensivaiheessa mm. sulkemalla ikkunat ja ilmastointilaitteet savun leviämissuunnassa.

- Fosgeeni on myrky, joka voi aiheuttaa viiveellä esiin tulevia haittavaikutuksia hyvin pienissä pitoisuuksissa eikä ns. turvallista pitoisuutta ole aineelle määritelty. Näin ollen epikloorihydriinin tulipalossa fosgeenin muodostumisen mahdollisuus on aina otettava huomioon erityisesti savukaasun leviämissuunnassa. Suojaetäisyyksiä suositellaan ed. m. kloorivedyn leviämisen mukaisesti .
- Palavan epikloorihydriinin sammutukseen voidaan käyttää jauhetta, hiilidioksidia tai alkoholipohjaista vaahtoa.
- Esimerkiksi kemikaalivaraston muiden säiliöiden jäähdytykseen käytettävää vettä ei saa päästää reagoimaan epikloorihydriinin kanssa. Jäähdytysvedet tulee kerätä eikä niitä saa päästää vesistöön tai viemäriin.



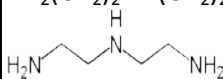
**DIETYLEENITRIAMIININ OMINAISUUDET JA
SEURASMALLINNUKSET**

6. Dietyleenitriamiinin (DETA) ominaisuudet ja DETA ympäristössä

6.1 DETA:n ominaisuudet ja luokitukset

Dietyleenitriamiini (C₄H₁₃N₃, DETA) on alifaattinen amiini. Yhdistettä käytetään liuottimena ja orgaanisessa synteesissä. DETA on kirkas tai kellertävä, jähmeä, hygroskooppinen neste, jolla on ammoniakintyyppinen haju. Kemira Chemicals Oy:n tehtaalla Sastamalassa dietyleenitriamiinia (DETA) käytettäisiin märkälujahartsin raaka-aineen polyaminoamidin (PAA) valmistuksessa.

Aineen vesiliuos on vahva emäs, se reagoi kiivaasti happojen kanssa ja on syövyttävä. DETA reagoi kiivaasti hapettimien, typpihapon ja orgaanisten typpiyhdisteiden kanssa ja se syövyttää monia metalleja veden läsnä ollessa. Taulukossa 16 on DETA:n yleisominaisuuksia.

Taulukko 16. Dietyleenitriamiini (Lyhenteet: DETA) EY N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetus)	
	
Varoitusmerkit: Huomiosana: VAARA	
	
67/548/ETY Varoitusmerkki: C, Xn, Xi	
CAS numero	111-40-0
Muut nimet	bis(2-aminoetyyli)amiini 3-atsapentaani-1,5-diamiini
Molekyylikaava	C ₄ H ₁₃ N ₃
Rakennekaava	NH ₂ (CH ₂) ₂ NH(CH ₂) ₂ NH ₂ 
Molekyylipaino	103.17
Tiheys	0.953(vesi 1)
Höyrynpaine 20 °C	37 Pa (0.08 mmHg)
Suhteellinen höyryn tiheys	3.56 (ilma = 1)
Viskositeetti 20 °C	7.16
Liukoisuus	Sekoittuu veteen, etanoliin, asetoniin ja hiilivetyihin
Hajukynnys	10 ppm; ammoniakintyyppinen haju
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 4.3 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0.23 ppm
Leimahduspiste °C	+97°C / 102 °C
Syttymisrajat	LEL 1 %, UEL 10 %
Itsesyttymislämpötila °C	+358 °C

6.2 DETAn terveystvaikutukset

Dietyleeniamiinia voi imeytyä ihmisen elimistöön ihon läpi, nieltynä tai hengittämällä sen höyryä. DETA on myös silmille haitallista. Haitallisia höyryjä voi esiintyä esim. tulipalon yhteydessä, mutta haihtumalla esim. +20°C:ssa tästä aineesta tuskin syntyy haitallinen pitoisuus ilmaan.

DETA voi syövyttää silmiä, ihoa ja hengitysteitä. Toistuva tai pitkäaikainen ihokosketus voi aiheuttaa ihotulehduksen ja ihon herkistymisen. DETA voi aiheuttaa myös keuhkopöhoa EPIn tavoin.

6.2.1 DETA:n työhygieeniset raja-arvot

DETA ei ole helposti haihtuvaa, joten on epätodennäköistä, että DETAsta syntyisi ilmaan haitallinen pitoisuus normaalilämpötiloissa (+ 20 °C). Dietyleenitriamiinille ei ole varsinaisesti määritelty haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia ilmassa (IDLH, AEGL tai ERPG-arvoja). Työterveyslaitos ei ole julkaissut OVA-ohjetta DETAsta. Kansainvälisessä kemikaalikortissa (suomennos 2003) on esitetty suomalaiset HTP-arvot (8 h ja 15 min) perustuen ihoärsytykseen. Taulukossa 17 on DETAn työhygieenisiä ja terveystvaaraa kuvaavia raja-arvoja.

Taulukko 17. Työhygieenisiä ja terveystvaaraa kuvaavia raja-arvoja dietyleenitriamiinille (DETA)(CAS nro 111-40-0).			
	Pitoisuus (ppm)	Pitoisuus (mg/m³)	
HTP (2002) /8 h (iho)*	1 ppm	4.3 mg/m ³	Työpaikan ilman haitalliseksi tunnettu pitoisuus / 8 h Huomautus (iho): imeytyy ihon kautta
HTP (2002) /15 min (iho)*	3 ppm	13 mg/m ³	Työpaikan ilman haitalliseksi tunnettu pitoisuus / 15 min, Huomautus (iho): imeytyy ihon kautta
IDLH-arvo /30 min USA	Ei määritelty		
AEGL-arvot (Acute exposure guideline levels) -pitoisuudet ilmassa			
AEGL 1-3 Ei määriteltyjä pitoisuuksia			
ERPG-arvot	(Emergency response planning guidelines). ERPG-arvo on suurin pitoisuus, jossa lähes kaikkien ihmisten arvioidaan voivan olla tunnin ajan		
ERPG 1-3 Ei määriteltyjä pitoisuuksia			
PAC-arvot	Protective Action Criteria ☒ vaaraetäisyysarvioinnin perusteena		
PAC-1	1 ppm	4.3 mg/m ³	PAC-1 Mild, transient health effects.
PAC-2	1 ppm	4.3 mg/m ³	PAC-2 Irreversible or other serious health effects that could impair the ability to take protective action.
PAC-3	1 ppm	4.3 mg/m ³	PAC-3Life-threatening health effects.
<i>Lähteet :Kansainvälinen kemikaalikortti; SCAPA 2012;</i>			

*IHO merkintä hengitysteitse altistumisen ohjeiston jälkeen viittaa aineen mahdolliseen imeytymiseen ihon kautta mukaan lukien limakalvoihin tai silmiin joko höyryjen kosketuksen tai suoran ihokosketuksen kautta.

6.3 DETA maassa ja vedessä

DETA on kirkas tai kellertävä, jähmeä, hygroskooppinen neste (kosteutta imevä). Maahan joutunut DETA kerätään pois pintamaasta riittävältä syvyydeltä.

Dietyleenitriamiini sekoittuu veteen. Alhaisten pitoisuuksien vaikutuksia vesieliöstölle ei tunneta. Kokonaisuutena tulee välttää sen veteen joutumista eikä sitä saa päästää viemäriin, vesistöön eikä pohjaveteen. Onnettomuustilanteissa dietyleenitriamiinia sisältävät sammutusvedet tulee kerätä säiliöön.

6.4 DETA ilmassa ja tulipalossa

DETA ei haihdu helposti ilmaan normaalilämpötiloissa. Sen sijaan lämmitettäessä esim. tulipalon yhteydessä ainetta voi höyrystyä. Räjähäviä höyry-ilma-seoksia voi muodostua yli +97°C:een lämpötilassa.

Dietyleenitriamiini voi muodostaa tulipalossa myrkyllisiä kaasuja, kuten hiilidioksidia (CO₂), hiilimonoksidia (CO) ja typen oksideja, joista tunnetuimpia ovat typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO₂). Koska dietyleenitriamiini sisältää typpeä, voi osa tyyppistä muodostaa epätäydellisen palamisen seurauksena myös syaanivetyä HCN, sillä kaikki orgaaniset hiili- ja typpipitoiset materiaalit muodostavat palaessaan HCN:ä lähes kaikissa palamisolosuhteissa.

Eri komponenttien muodostumisen suhteet riippuvat monista tekijöistä tulipalossa, mm. ilman ja palokaasujen sekoittumisesta ja lämpötilasta. Pääsääntöisesti kaikki savukaasut tulipalossa ovat myrkyllisiä ja niiltä tulee aina pyrkiä suojautumaan.

(Lähteet: Kansainvälinen kemikaalikortti,(IPCS 1999, suomennos 2003 TTL); DETA safety data sheet 2011)

Typpidioksidi (NO₂) CAS no: 10102-44-0

Typpidioksidia (NO₂) voi muodostua dietyleenitriamiinin palaessa. Se on punertava-ruskea kaasu, jolla pistävä haju. Typpidioksidi on voimakas hapetin ja reagoi kiivaasti palavien ja pelkistävien aineiden kanssa. NO₂ reagoi veden kanssa muodostaen typpihappoa ja typpioksidia ja se syövyttää monia metalleja veden läsnäollessa (typpihappo). Vesiliukoisuutensa takia typpidioksidi voi imeytää elimistöön keuhkojen kautta ja typpidioksidikaasun tai -höyryn hengittäminen voi aiheuttaa keuhkopöhön. Keuhkopöhön oireet ilmaantuvat usein vasta tuntien kuluttua.

Taulukossa 18. on typpidioksidin ominaisuuksia. Taulukossa 19 typpidioksidin HTP, IDHL, AEG-ERPG- ja PAC-arvot.

Taulukko 18. Typpidioksidi CAS No 10102-44-0
EY N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetus)



Varoitusmerkit:
 Huomiosana: VAARA



67/548/ETY Varoitusmerkki: T+, C, O

CAS numero	7647-01-0
Muut nimet	Typpidioksidi, Typpiperoksidi
Molekyylikaava	NO ₂
Molekyylipaino g/mol	46.1
Suhteellinen tiheys (Vesi=1)	1.45 (neste)
Höyryn tiheys	1.58 (ilma 1)
Höyryn paine 20°C	96 kPa
Liukoisuus	Reagoi, typpihappo
Hajukynnys	Hajukynnys on subjektiivinen ja riittämätön varoittamaan liian suuresta altistuksesta. Haju pitäisi olla havaittavissa ERPG-1 pitoisuudessa (1 ppm)
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 2 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0.5 ppm

Taulukko 19. Typpidioksidi HTP, IDHL, AEGL-, ERPG- ja PAC-arvot. (CAS No 10102-44-0)

HTP -arvot (FI) 8 h/15 min	3 ppm / 8 h	6 ppm /15 min	työpaikan ilman typpidioksidipitoisuudelle sitovat raja- arvot (räjäytystyö)	
IDLH-arvo /30 min USA	20 ppm			NIOSH (2003)
Altistusaika	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	NAC/NRC, 2013
10 min	0.5 ppm	20 ppm	34 ppm	
30 min	0.5 ppm	15 ppm	25 ppm	
60 min	0.5 ppm	12 ppm	20 ppm	
4 h	0.5 ppm	8.2 ppm	14 ppm	
8 h	0.5 ppm	6.7 ppm	11 ppm	
	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3	AIHA, 2013
NO ₂ (10102-44-0)	1 ppm	15 ppm	30 ppm	
I	PAC-1	PAC-2	PAC-3	SCAPA, 2012
NO ₂ (10102-44-0)	0.5 ppm	12 ppm	20 ppm	

(Lähteet: Kansainvälinen kemikaalikortti, Cameo Chemicals, NO₂-käyttöturvallisuustiedote 2013)

Syaanivety (HCN, CAS NO 74-90-8)

Tulipalossa dietyleenitriamiinin sisältämästä tyypestä osa voi muodostaa epätäydellisen palamisen seurauksena myös syaanivetyä (HCN), sillä likimain kaikki orgaaniset hiiltä ja tyypeä sisältävät materiaalit muodostavat palon voimistuessa erittäin myrkyllistä syaanivetyä. Ainakin tämä mahdollisuus tulee palontorjunnassa ottaa huomioon. Syaanivety on väritön myrkyllinen kaasu, joka haisee karvasmantelilta. Kaasu muodostaa ilman kanssa helposti syttyvän seoksen.

Syaanivetykaasu on erittäin vaarallinen soluhengitysmyrkky. Syaanivedylle altistuu hengitysteiden kautta ja ihon läpi. Syaanivety on erittäin myrkyllistä myös vesieliöille.

Syaanivety leviää ilmassa kaasumuodossa, pieni osa hiukkasiin sitoutuneena. Syaanivetykaasu ei huuhtoudu helposti sateen mukana maahan, mutta hiukkasiin sitoutunut syanidi voi laskeutua maahan sateen ja lumen mukana. Syanidi on hyvin kestävä yhdiste ilmassa ja se voi kulkeutua pitkiä matkoja ilmakehässä. Sen puoliintumisaikaksi on arvioitu n. 1-3 vuotta. Se ei hajoa helposti auringon valon vaikutuksesta, mutta reagoi hitaasti ilmassa hydroksyyliiradikaalien kanssa muodostaen hiilimonoksidia CO ja typpimonoksidia NO.

Joutuessaan maahan syanidit haihtuvat helposti maan pintakerroksista ilmaan, jos pH on alle 9.2. Pintamaan alapuolisissa kerroksissa biohajoaminen mikrobien vaikutuksesta on mahdollista, jos pitoisuudet ovat alhaisia. HCN:n ei ole todettu kulkeutuvan pohjaveteen muualla kuin esim. teollisuuskaatopaikoilla, joissa sen pitoisuudet ovat olleet mikro-organismeille myrkyllisen korkeita.

Syaanivety on vesiliukoinen, mutta sen olomuoto vedessä on pH-riippuvainen. Luonnonvesissä lähes kaikki vapaa syanidi on veteen liuenneena kaasuna (HCN) ja vain pieni osa dissosioituu syanidi-ioniksi (CN⁻). Esim. pH<7 yli 99 % HCN:stä on kaasumaisena syanidina ja siten pintavesistä helposti haihtuvaa. Haihtuminen on vetysyanidin ja myös syanidisuolojen tärkein (jollei pääasiallinen) poistumisreitti vedestä alle <9.2 pH:ssa. Haihtumisnopeuteen vaikuttavat monet asiat kuten lämpötila, pH, tuulen nopeus ja syanidin konsentraatio. Puoliintumisaikaksi vedessä on mitattu tunneista muutamiin päiviin.³

Syanidi on biohajoava ja mm. jätevedenpuhdistamoissa syanidi biohajoaa puhdistusprosessissa. Myös luonnonvesissä syanidin biohajoaminen on mahdollista, riippuen olosuhteista, mm. pH:sta, ravinteista, lämpötilasta ja mikro-organismeista. Ei-dissosioitunut HCN vedessä määrää veden toksisuuden.

Syaanivetyyn on tulipalotilanteissa alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota, koska sitä voi muodostua lähes kaikissa rakennuspaloissa. Syaanivetyä muodostuu mm. polyuretaanieristeiden, verhojen, vaatteiden ja synteettisten aineiden epätäydellisestä palamisesta, kun lämpötila on korkea ja happea on vähän läsnä.

Taulukossa 20 on syaanivedyn ominaisuuksia. Taulukossa 21 syaanivedyn työhygieenisiä raja-arvoja (HTP, IDHL, AEGL, ERPG, PAC).

³ Proposal for further environmental quality standards for specific pollutants, Final Version for UGTAG, UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, April 2012, p.137

Taulukko 20. Syaanimety (HCN) CAS No 74-90-8
EY N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetus)



Varoitusmerkit:
Huomiosana: VAARA



67/548/ETY Varoitusmerkki: F+,T+, N

CAS numero	74-90-8
Molekyylikaava	HCN
Molekyylipaino g/mol	27
Suhteellinen tiheys (Vesi=1)	0.69
Höyryn tiheys	NA (ilma 1)
Liukoisuus	Sekoittuu, ionisoituu, pH-riippuvuus
Räjähdyksrajat	Lower Explosive Limit (LEL): 5.6 % (NIOSH, 2003) Upper Explosive Limit (UEL): 40 % (NIOSH, 2003)
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 1.1 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0.91 ppm

Taulukko 21. Syaanimetydyn (HCN) HTP, IDHL, AEGL-, ERPG- ja PAC-arvot (CAS No 74-90-8)

HTP -arvot (FI) 8 h/15 min (iho)	0.9 ppm / 8 h	4.5 ppm /15 min	Imeytyy ihon kautta	
IDLH-arvo /30 min USA	50 ppm			NIOSH (2003)
Altistumisaika	AEGL-1	AEGL-2	AEGL-3	NAC/NRC, 2013
10 min	2.5 ppm	17 ppm	27 ppm	
30 min	2.5 ppm	10 ppm	21 ppm	
60 min	2 ppm	7.1 ppm	15 ppm	
4 h	1.3 ppm	3.5 ppm	8.6 ppm	
8 h	1 ppm	2.5 ppm	6.6 ppm	
	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3	AIHA, 2013
Syaanimety (74-90-8)	NA	10 ppm	25 ppm	
I	PAC-1	PAC-2	PAC-3	SCAPA, 2012
Syaanimety (74-90-8)	2 ppm	7.1 ppm ³	15 ppm ³	LEL = 56000 ppm

NA = not appropriate.

7. Tulokset seurausmallinnuksesta DETA

7.1 Säiliön repeytyminen ja vuoto varoaltaaseen, DETAn käyttäytyminen

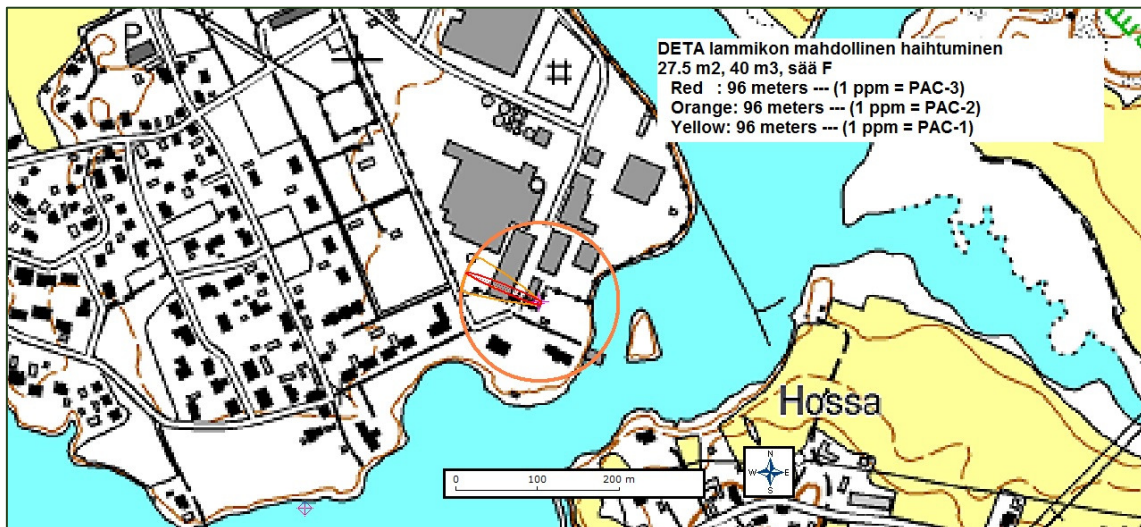
Dietyleenitriamiini on normaalilämpötiloissa jähmeä neste. Varoaltaassa olevan DETA-kemikaalisäiliön repeäminen ulkoisen voiman avulla on erittäin epätodennäköinen tapahtuma. Aineen ei oleteta aiheuttavan haitallisia pitoisuuksia ilmaan normaalilämpötiloissa (20°C). Dietyleenitriamiinin höyrynpaine alkaa nousemaan yli 1 mmHg vasta, kun lämpötila nousee yli +50 °C:een.

DETAn vuototilanteessa vuotanut neste kerätään suljettaviin astioihin ja jäljelle jäävä neste imeytetään hiekkaan tai reagoimattomaan imeytysaineeseen ja viedään hävitettäväksi. Pelastuslaitos hoitaa puhdistuksen suojautuneena sekä asianmukaisilla hengityssuojaimilla (paineilmahengityslaite) että täydellisellä suojavaatetuksella iho- ja silmäkontaktin estämiseksi. Lähialueen työntekijät evakuoidaan vuodon korjausajaksi.

DETAlle ei ole esitetty AEGL tai EPRG pitoisuusarvoja. Ainoastaan PAC 1-3 arvoina on esitetty 1 ppm pitoisuutta (PAC= protective action criteria, SCAPA 2012). Tälle PAC-1-3 arvolle mallinnettiin suojaetäisyydet, jos dietyleenitriamiini valuisi jostain syystä säiliöstä varoaltaaseen kesäolosuhteissa (Taulukko 22). Mallin mukaan PAC 1-3 tuntipitoisuustaso (1 ppm DETA) voisi periaatteessa ylittyä 27-96 metrin etäisyydellä varoaltaasta riippuen sääolosuhteista (säätyyppi D-->F) haihduntanopeuden ollessa matala, 10-20 g/min (Kuva 16).

Taulukko 22. Varoaltaaseen valuneen DETAn PAC 1-3 ilman pitoisuuksien max. esiintymisetäisyydet. Haihtumispinta-ala 27.5 m². Kesäolosuhteet.			
DETA-säiliön vuotaminen varoaltaaseen max. 40 m³ / 27.5 m² alalle			
		Säätila stabiili (F*), tuuli 2 m/s,	Säätila neutraali (D), tuuli 5 m/s
Max haihduntanopeus lammikosta		10.4 g/min	20.5 g/min
30 minuutin arvot	DETA ()	pitoisuuksien esiintymisetäisyydet Stabiilissa (F*) säätilassa	pitoisuuksien esiintymisetäisyydet Neutraalissa (D) säätilassa
PAC-3	1 ppm	96 metriä	27 metriä
PAC-2	1 ppm	96 metriä	27 metriä
PAC-1	1 ppm	96 metriä	27 metriä

*pakotettu säätyyppi



Kuva 16. DETAn mahdollinen max. haihtuminen kesäolosuhteissa. Haihduntanopeus on n. 10 g/min, suojaetäisyyspitoisuus 1 ppm (PAC 1-3) max 96 m säätyypissä F (stabiili).

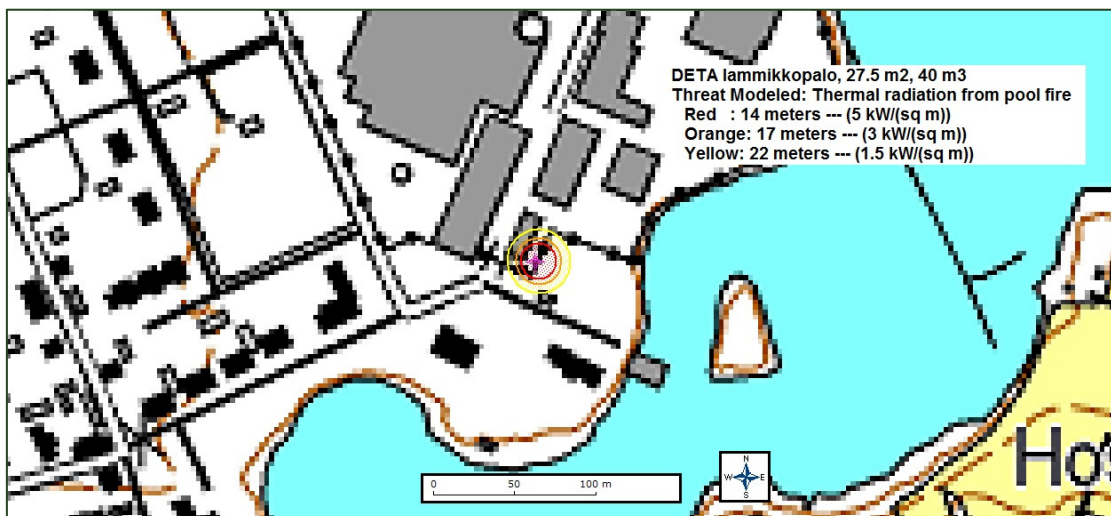
7.2 DETAn lammikkopalo kemikaalivarastossa

Skenaariossa dityleenitriamiinia on valunut säiliöstä (40 m³) varoaltaaseen (pinta-ala 27.5 m²) ja syttyy palamaan kemikaalivarastoissa.

7.2.1 Lämpösäteily DETAn lammikkopalossa

Kemikaalisäiliöitä sijoitettaessa on huomioitava mahdollisen tulipalon lämpösäteilyn vaikutukset ja altistuvien ihmisten määrä eri lämpösäteilyalueilla. Taulukossa 23 on DETAn lammikkotulipalossa lämpösäteilyn suoja-etäisyydet. 16-17 metrin etäisyydellä lämpösäteilyn intensiteetti olisi 3 kW/m², mikä vielä mahdollistaisi palokunnan pelastustoimet ko. etäisyydellä palosta (Kuva 17).

Taulukko 23. Lämpösäteilyn etäisyydet DETA CAS no 111-40-0) lammikkopalossa - kaksi säätyyppiä.			
Skenaario: Koko säiliön tilavuus 40 m ³ leviää varoaltaaseen, pinta-ala 27.5 m ² ja syttyy lammikkopalo			
Sääolosuhteet	Säätila stabiili (F), tuuli 2 m/s	Säätila neutraali (D), tuuli 5 m/s	
Palonopeus	59.9 kg/min	59.9 kg/min	
Liekin pituus	8 m	6 m	
Lämpösäteily	Etäisyys	Etäisyys	Vaikutukset
8 kW/m ²	11 metriä	12 metriä	Palon leviäminen, rakennukset ja suojaamattomien palavien nesteiden varastosäiliöt voivat syttyä
5 kW/m ²	14 metriä	13 metriä	Ihmisten poistuminen mahdollista
3 kW/m ²	17 metriä	16 metriä	Mahdollistaa pelastustoimet, palokunta voi toimia alueella (30 min)
1.5 kW/m ²	22 metriä	20 metriä	Turvaraja



Kuvassa 17. DETAn lammikkopalon lämpösäteilyn etäisyyksiä, säätyyppi F. Dietyleenitriamiinin lammikkopalossa 17 metrin etäisyydellä lämpösäteilyn intensiteetti on n. 3 kW/m², mikä mahdollistaa palokunnan pelastus- ja palontorjuntatoimet ko. etäisyydeltä vähintään 30 min ajan.

7.2.2 Epätäydellisen palamisen myrkylliset kaasut ja niiden leviäminen

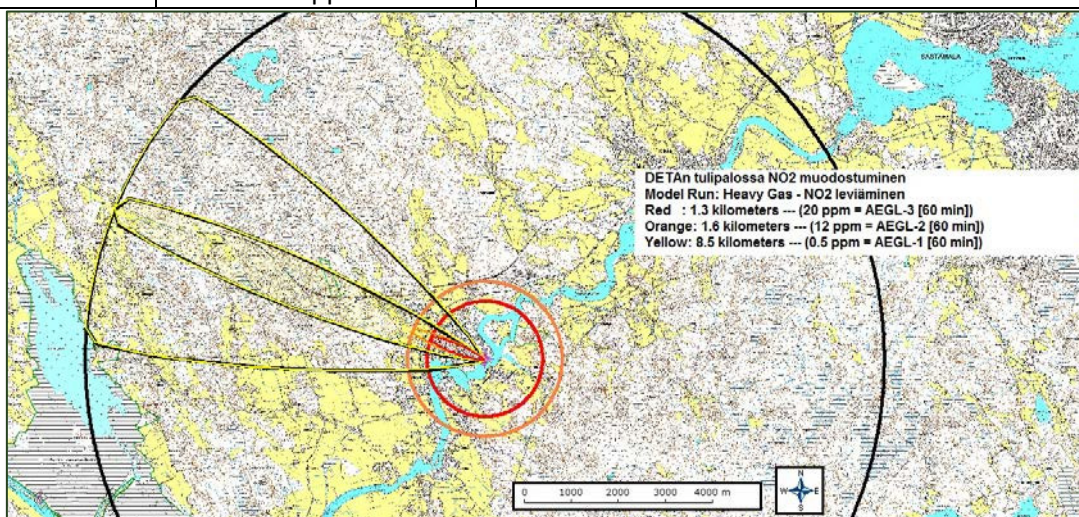
Dietyleenitriamiinin edellä mainitussa lammikkopalossa muodostuu myrkyllisiä ja ärsyttäviä kaasuja kuten hiilidioksidia CO₂, hiilimonoksidia CO, typen oksideja NO_x, ja mm. syaanivetyä HCN. Eri kaasujen muodostumissuhdetta ei tarkemmin ole kirjallisuudessa esitetty.

Tässä tarkastellaan DETAn lammikkopalotilannetta, jossa dietyleenitriamiinin sisältämästä tyyppistä 99 % muodostaisi tyypidioksidia (NO₂), jolle lasketaan AEGL-1-3 etäisyydet onnettomuuspaikalta. Ilman sisältämän typen reaktioita tulipalotapahtumassa ei huomioida. Sen lisäksi arvioidaan tilanne, jossa 1 % dietyleenitriamiinin tyyppistä muodostaisi tulipalossa syaanivetyä, jolle myös lasketaan sen AEGL 1-3 etäisyydet onnettomuuspaikalta. Etäisyydet on arvioitu ko. kemikaalin leviämisenä liekin korkeudesta (=savukaasun muodostumiskorkeus). Taulukossa 24 on tyypidioksidin ja syaanivedyn muodostumislaskenta.

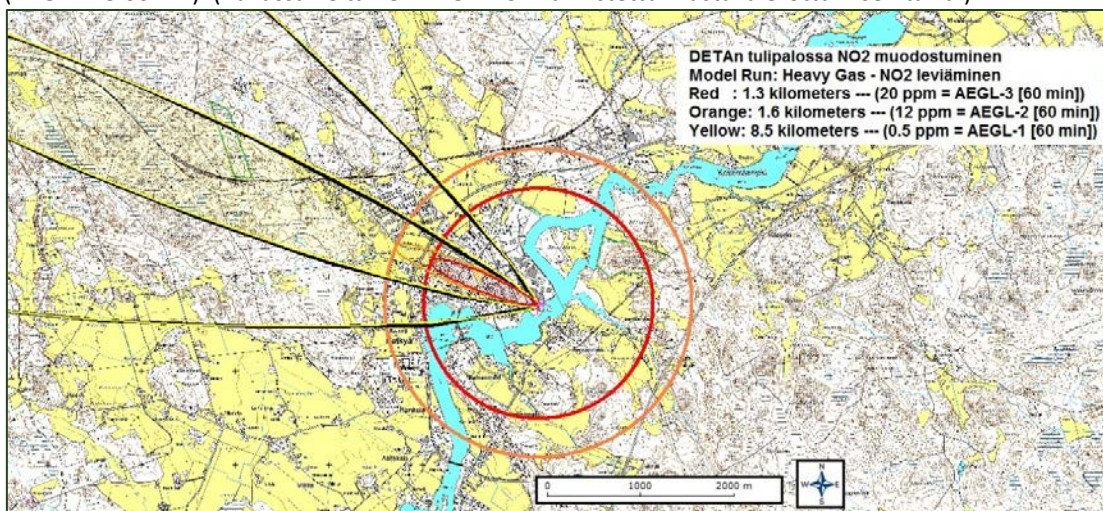
Taulukko 24. Tyypidioksidin ja syaanivedyn muodostumisen laskenta. Skenaariossa dietyleenitriamiinin tulipalo kestää tunnin, ennen kuin lammikkopalo saadaan sammumaan / hallintaan.		
DETAn palonopeus (kg/min)	59.9	kg/min
DETAn palonopeus (kg/h)	3594	kg/h
DETA molekyylipaino (C ₄ H ₁₃ N ₃) (g/mol)	103.17	g/mol
NO ₂ molekyylipaino (g/mol)	46.01	g/mol
HCN molekyylipaino (g/mol)	27.03	g/mol
Jos 99 % DETAn tyyppistä muodostaisi NO ₂ (kg/h)	4760	
Jos 1 % DETAn tyyppistä muodostaisi HCN (kg/h)		28.2

Taulukossa 25 on DETAn tulipalossa skenaarion mukaisesti muodostuneen NO₂:n suojaetäisyydet sekä 30 minuutin että 60 minuutin AEGL 1-3 pitoisuuksille. Kuvassa 18 on tyypidioksidin AEGL 1-3 (60 min) suojaetäisyydet. Kuva 19 suurennos kuvasta 18 tehdasalueen läheltä.

Taulukko 25. DETAn tulipaloksenariossa muodostuvan typpidioksidin AEGL 1-3 pitoisuuksien suojaetäisyydet.		
Skenaario: jos DETAn lammikkopalossa 99 % kemikaalin tyypestä reagoisi NO ₂ -->		
NO ₂ muodostuminen: 4760 kg/h, DETA tulipalo, säätyyppi neutraali (D), 3 m/s		
30 min	NO2 (10102-44-0)	Etäisyys DETAn lammikkopalosta
AEGL-3	25 ppm	1.1 km
AEGL-2	15 ppm	1.5 km
AEGL-1	0.5 ppm	8.5 km
60 min	NO2 (10102-44-0)	Etäisyys DETAn lammikkopalosta
AEGL-3	20 ppm	1.3 km
AEGL-2	12 ppm	1.6 km
AEGL-1	0.5 ppm	8.5 km



Kuva 18. Dietyleenitriamiinin (DETA) tulipalossa muodostuvassa savukaasussa typpidioksidin mahdollinen leviäminen (99% kemikaalin sisältämästä tyypestä muodostaisi NO₂). Kuvassa tuulen suunta kaakosta, samat suojaetäisyydet myös muihin suuntiin onnettomuushetkellä vallitsevassa tuulessa (AEGL 1--3 60min). (Kuvassa keltainen AEGL-1 on vahvistettu mustalla erottumisen takia.)



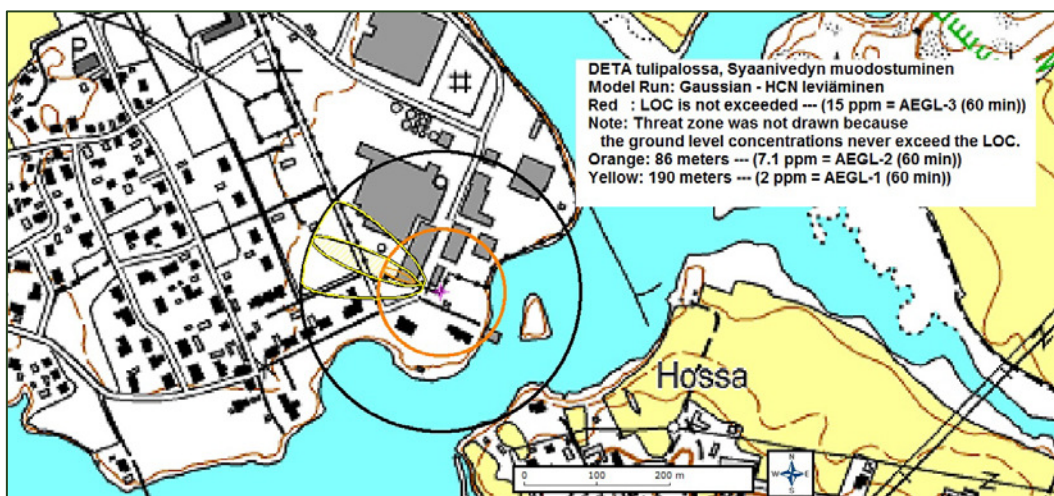
Kuva 19. Suurennos kuvasta 18. Dietyleenitriamiinin (DETA) tulipalossa muodostuvassa savukaasussa typpidioksidin mahdollinen leviäminen. Oranssiympyrä: AEGL-2 (60 min) 1.6 km. Punainen ympyrä AEGL-3 (60 min) 1.3 km. (Kuvassa keltainen AEGL-1 on vahvistettu mustalla erottumisen takia)

DETA:n lammikkopalossa savukaasulta tulisi suojautua n. 1.5-1.6 km:n etäisyydellä palopaikasta sulkemalla ikkunat ja ilmastointilaitteet, koska palossa voi muodostua runsaasti typpidioksidia, joka on ilmaa raskaampaa ja savukaasu tulipalosta voi sen takia levitä matalalla. Typpidioksidin AEGL-3 suojaetäisyys tuulen alapuolella olisi 1.1-1.3 km, josta tulisi evakuoita ihmiset DETA-varaston tulipalotilanteessa. Savukaasussa osa tpestä voi kuitenkin olla myös vähemmän haitallisena typpimonoksidina, joka hapettuu vasta myöhemmin typpidioksidiksi savun samalla laimentuessa.

Taulukossa 26 on mallinnetut suojaetäisyydet tulipaloksenariossa muodostavalle syaanivedylle (skenaariossa HCN muodostusta 1 % DETA:n tpestä).

Taulukko 26. DETA:n tulipaloksenariossa muodostuvan syaanivedyn HCN AEGL 1-3 pitoisuuksien etäisyydet.		
Skenaario: jos DETA:n lammikkopalossa 1 % kemikaalin tpestä reagoisi HCN-->		
HCN muodostuminen: 28.2 kg/h, DETA tulipalo, säättyppi neutraali (D), 3 m/s		
30 min	HCN (74-90-8)	Etäisyys DETA:n lammikkopalosta
AEGL-3	21 ppm	Pitoisuus ei ylity
AEGL-2	10 ppm	Pitoisuus ei ylity
AEGL-1	2.5 ppm	168 metriä
60 min	HCN (74-90-8)	Etäisyys DETA:n lammikkopalosta
AEGL-3	15 ppm	Pitoisuus ei ylity
AEGL-2	7.1 ppm	86 metriä
AEGL-1	2 ppm	190 metriä

Kuvassa 20 on syaanivedyn suojaetäisyydet AEGL 1-2 (60 min), AEGL 3 pitoisuustaso ei mallissa ylity maanpintatasossa. Syaanivety on ilmaa kevyempi kaasu, joten pitoisuustasot maanpinnassa kohoavat AEGL-1-2 tasoon vasta n. 25 metrin päässä palopaikasta. Laskennassa päästökorkeus on 6 m (= liekin korkeus, savukaasun muodostumiskorkeus). Palon hallitsemattomuus, turbulentsuus ja savukaasun muut raskaampien kaasujen komponentit (mm. NO₂) voivat kuitenkin pyörittää savua alas maanpintatasoon jo lähempänäkin palopaikkaa. AEGL-2 60 minuutin pitoisuustason (7.5 ppm) suojaetäisyys olisi 86 metriä palopaikan ympärillä.



Kuva 20. Syaanivedyn arvioitu leviäminen tulipalossa, jos DETA:n sisältämästä tpestä 1 % reagoisi palossa syaanivedyksi. Kuvassa tuulen suunta kaakosta, AEGL 1-2 (60 min) etäisyydet.

7.3 Yhteenveto DETA seurausmallinnuksista

DETA on kirkas tai kellertävä, jähmeä, hygroskooppinen neste. Aineen ei oleteta aiheuttavan haitallisia pitoisuuksia ilmaan normaalilämpötiloissa (20°C). Sen sijaan lämmitettäessä ja esim. tulipalon yhteydessä ainetta voi höyrystyä.

Dietyleenitriamiinisäiliö 40 m³ vuotaa varoaltaaseen, jonka pinta-ala 27.5 m²- kemikaalin käyttäytyminen/haihtuminen ilmaan

- Aineen ei oleteta aiheuttavan haitallisia pitoisuuksia ilmaan normaalilämpötiloissa. DETAlle ei ole esitetty AEGL tai EPRG pitoisuusarvoja. Ainoana PAC 1-3 arvona on esitetty 1 ppm pitoisuutta (PAC= protective action criteria, SCAPA 2012).
- PAC pitoisuudelle mallinnettiin suojaetäisyydet, jos dietyleenitriamiini valuisi jostain syystä säiliöstä varoaltaaseen kesäolosuhteissa. PAC 1-3 pitoisuustason (1 ppm DETA) suojaetäisyys olisi max. 27-96 metriä varoaltaasta riippuen sääolosuhteista DETAN haihduntanopeuden ollessa 10-20 g/min. Alue rajoittuu tehdasalueelle.
- Dietyleenitriamiinia ei saa päästää viemäriin eikä vesistöön varoaltaasta.

Dietyleenitriamiinin lammikkopalo, pinta-ala 27.5 m²

- DETAn lammikkotulipalossa lämpösäteilyn intensiteetti olisi 3 kW/m² 16-17 metrin etäisyydellä palosta, mikä vielä mahdollistaisi palokunnan pelastustoimet ko. etäisyydellä.
- Dietyleenitriamiini voi muodostaa tulipalossa myrkyllisiä kaasuja, kuten hiilidioksidia (CO₂), hiilimonoksidia (CO) ja typen oksideja, joista tunnetuimpia ovat typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO₂). Osa tuestä voi muodostaa epätäydellisen palamisen seurauksena myös syaanivetyä HCN. Eri komponenttien muodostumisen suhteet riippuvat monista tekijöistä tulipalossa, mm. ilman ja palokaasujen sekoittumisesta. Pääsääntöisesti kaikki savukaasut tulipalossa ovat myrkyllisiä ja niiltä tulee aina pyrkiä suojautumaan.
- Skenaariossa tulipalossa dietyleenitriamiinin sisältämästä tuestä 99 % muodostaisi NO₂:a ja 1 % dietyleenitriamiinin tuestä muodostaisi tulipalossa syaanivetyä HCN. Tosiasiassa osa typen oksideista voi olla myös typpimonoksidia, joka on vähemmän haitallinen kuin typpidioksidi.
- Tulipaloskenaariossa typpidioksidin AEGL-3 (30 min/60 min) suojaetäisyys olisi 1.1-1.3 km, josta DETAn tulipalotilanteessa tulisi evakuoida ihmiset vaaran minimoimiseksi. Todellisuudessa savukaasussa osa typen oksideista voi kuitenkin esiintyä vähemmän haitallisessa muodossa typpimonoksidina. Suojautuminen tulisi kuitenkin huomioida NO₂ mukaisesti pelastussuunnitelmassa.
- Typpidioksidin AEGL-2 (30 min / 60 min) pitoisuusalueet ulottuisivat skenaariossa n. 1.5-1.6 km:n etäisyydelle DETAn lammikkopalosta. Alue ulottuisi tehdasalueen ulkopuolelle lähimmille asuinalueille. Palotilanteessa tällä alueella tulee suojautua savun suunnassa sulkemalla ikkunat ja ilmastointilaitteet. Typpidioksidi on ilmaa raskaampaa, joten runsasta savunmuodostusta voi levitä suhteellisen matalalla.
- Tulipaloskenaariossa mukaisessa syaanivedyn muodostumisessa syaanivedyn AEGL 3 pitoisuustaso ei ylitä maanpintatasossa. Syaanivety on ilmaa kevyempi kaasu, joten pitoisuustasot maanpinnassa kohoavat mallissa AEGL-1-2 tasoon n. 25 metrin etäisyydellä palopaikasta. AEGL-2 60 minuutin pitoisuustason (7.5 ppm) suojaetäisyys olisi 86 metriä palopaikan ympärillä. Palon hallitsemattomuus ja savukaasun muut raskaampien kaasujen komponentit (mm. NO₂) voivat kuitenkin pyörittää savua alas

maanpintatasoon jo lähempänäkin palopaikkaa. Suojautumisessa tulisi noudattaa typpidioksidin suojaetäisyyksiä.

- Tulipaloa sammutetaan pääasiassa palonsammutusjauheella, alkoholia kestäväällä vaahdolla tai hiilidioksidilla.
- Säiliöiden jäähdytykseen käytettyjä vesiä ei saa johtaa vesistöön eikä viemäriin vaan ne tulee kerätä säiliöön.

8. Johtopäätökset

Kemira Chemicals Oy on siirtämässä märkälujahartsin (Fennostrength PA21) ja selkeytyksen apuaineen (Fennopol K770) sekä märkälujahartsin raaka-aineen polyaminoamidin (PAA) tuotannon siirtämistä Vaasasta Sastamalan tehtaalle. Hankkeen ympäristövaikutukset arvioidaan YVA-lain (468/1994) ja YVA-asetuksen (713/2006) määrittelemän ympäristövaikutusten arviointimenettelyn mukaisesti. Tuotantolaitosten sijoitusta koskevat perusvaatimukset onnettomuuksien vaikutusten huomioonottamiseksi esitetään uusissa vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia koskevissa asetuksissa.

Tuotannossa käytettävien kemikaalien, epikloorihydriinin ja dietyleenitriamiinin, varastosäiliöt siirrettäisiin Vaasasta Sastamalaan. Molempien säiliöiden koko on 40 m³. Tässä työssä selvitettiin epikloorihydriinin ja dietyleenitriamiinin onnettomuustilanteiden (vuoto- ja tulipalotilanteet) päästövaikutuksia ilmaan seurausmallinnuksella. Mallinnetut onnettomuustilanteet ovat hyvin epätodennäköisiä (*joskus tapahtunut jossain*).

Epikloorihydriinin ja dietyleenitriamiinin vuoto- ja tulipalotilanteissa pääsääntöinen ihmisten altistuminen kemikaaleille tai niiden palamisreaktion tuotteille tapahtuisi hengitysilman tai ihon kautta. Työssä on esitetty suoja-etäisyydet erilaisten onnettomuuskenaarioiden terveysvaikutuksille. Normaalitylanteessa kemikaalisäiliöistä ei aiheudu päästöjä. Epikloorihydriinin säiliön syrjäytyskaasut on tarkoitus johtaa aktiivihilisuodattimen läpi säiliötä täytettäessä.

Kemikaaleja ei saa päästää vuototilanteissa viemäriin eikä maahan tai vesistöön. Kemikaalien purkauksesta kontista säiliöön huolehtii Kemira Chemicals Oy:n oma laitosmies. Läheisen Kokemäenjoen takia vesistön suojeluun tulee kiinnittää erityistä huomiota kemikaalivarastoa suunniteltaessa. Kemikaalivarastossa tulee olemaan säiliöiden ympärillä omat varoaltaat, johon koko säiliön tilavuus mahtuu (52 m³ varoaltaat, 1.3 x kemikaalin max.tilavuus). Myös kemikaalien konttikuljetuksen purkauslaiturille on suunniteltu pienempi varoallas, josta vuototilanteessa on mahdollista tarvittaessa johtaa kemikaalia ylimääräiseen suurempaan varoaltaaseen kemikaalivarastossa. Tähän ylimääräiseen varoaltaaseen (51 m³) on mahdollista varastoida tulipalotilanteissa muiden säiliöiden jäähdytykseen käytettyä sammutus/jäähdytysvettä. Epikloorihydriinin ja dietyleenitriamiinin tulipaloissa sammutukseen tulee käyttää jauhetta, vaahtoa tai hiilidioksidia. Vettä voidaan käyttää vain säiliöiden jäähdytykseen.

Kemikaaliturvallisuutta säädellään vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden turvallisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun lain (390/2005) sekä asetusten (kuten valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 855/2012 ja valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 856/2012) nojalla. Uudelle laajamittaisesta teollista käsittelyä ja varastointia harjoittavalle tuotantolaitokselle on haettava lupa Tukesilta. Lupa on haettava hyvissä ajoin ennen yksityiskohtaisten toteutusratkaisujen tekemistä ja tuotantolaitoksen rakennustöiden aloittamista.

Kemikaalivarasto tulee suunnitella palo- ja räjähdysvaarallisten tilojen mukaisesti. Tilojen ja laitteiden tulee olla hyvin maadoitettu, mikä estää staattisen sähkön syntymisen, mm. sähkölaitteiden tulee olla räjähdysvaarallisiin tiloihin hyväksytyjä. Kemikaalivaraston alueella

on avotuli ja tupakointi kielletty. Varasto tulee sijaita aidatun alueen sisäpuolella tehdasalueella.

Uudet kemikaalit ja onnettomuuksien seurausmallinnusten tulokset tulee huomioida tehtaan turvallisuusselvityksessä ja onnettomuustilanteiden pelastussuunnitelmaa laadittaessa. Lisäksi suositellaan, että tehtaalla tulisi olla on-line sääasema nykyisten tuulipussien lisäksi. Sääasemalta saadaan paikallinen tuulen suunta ja nopeustieto on-line tietona esim. valvomoon, jolloin onnettomuustilanteiden suojaustoimenpiteet voidaan suunnata heti oikein.