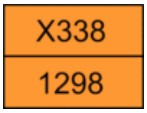
Klooritrimetyylisilaani

Viimeksi päivitetty 14.05.2025



CAS-numero	75-77-4
EY-numero (EINECS-numero)	200-900-5
YK-numero	1298 (TRIMETYYLIKLOORISILAANI)
Molekyylikaava	C_3H_9ClSi / $(CH_3)_3SiCl$

Synonyymit

englanti: trimethylchlorosilane, chlorotrimethylsilane, monochlorotrimethylsilicon, trimethylsilyl chloride

suomi: trimetyyliklоorisilaani, trimetyylisilyylikloridi, klooritrimetyylisilikaani

ruotsi: silane, chlorotrimethyl; trimethylchlorosilane, trimetylklorsilan

saksa: Trimethylchlorsilan, Chlortrimethylsilan, Trimethylsilylchlorid

lyhenteitä: CTMS, TMCS, TMSCl

1. Aineen ominaisuudet, merkinnät ja käyttö

1.1 Aineen kuvaus

Klooritrimetyylisilaani on väritön, savuava neste, jolla on pistävä haju. Aineen höyry on ilmaa raskaampaa.

1.2 Yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia

Molekyylimassa	108,6 g/mol
Tiheys 20 °C:ssa (vesi = 1)	0,85
Sulamispiste	?40 °C
Kiehumispiste	60 °C
Höyrynpaine	25,3 kPa 20 °C:ssa
Höyryn tiheys	3,8 (ilma = 1)
Tasapainotilakonsentraatio	25 % (250 000 ppm) 20 °C:ssa; erittäin helposti haihtuva
Liukoisuus	Ei liukene veteen. Reagoi voimakkaasti veden kanssa (hydrolysoituminen).
Henryn lain vakio	0,064 atm × m^3/mol; aine haihtuu erittäin helposti vedestä
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 4,5 mg/m^3 1 mg/m^3 = 0,22 ppm

1.3 Reaktiivisuus

Klooritrimetyylisilaani hajoaa kuumentuessaan muodostaen myrkyllisiä ja syövyttäviä kaasuja, kuten kloorivetyä ja fosgeeniä. Reaktiossa vapautuva lämpö voi sytyttää lähellä olevia palavia materiaaleja. Aine reagoi erittäin kiivaasti veden kanssa muodostaen kloorivetyä ja trimetyylisilanolia ja syövyttäen samalla monia metalleja. Klooritrimetyylisilaani reagoi kiivaasti myös alkoholien, amiinien, emästen ja hapettimien kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Aine muodostaa syttyvän seoksen myös ilman kanssa.

1.4 Palo- ja räjähdysvaara

Leimahduspiste:	-27 °C
Syttymisrajat:	1,5 - 64 %
Itsesyttymislämpötila:	395 °C

Klooritrimetyylisilaani on erittäin helposti syttyvä aine ja ilmassa, noin 20 °C:ssa, se voi syttyä itsestään. Aineen palaessa vapautuu ärsyttäviä ja myrkyllisiä kaasuja ja huuruja. Klooritrimetyylisilaanin aiheuttamat palot ovat vaikeita sammuttaa uudelleensyttymisvaaran vuoksi. Ainetta sisältävät säiliöt voivat revetä tulipalossa. Aineen höyryt voivat räjähtää syttyessään suljetussa tilassa. Klooritrimetyylisilaani muodostaa palo- ja räjähdysvaaran reagoidessaan edellä mainittujen (kohta 1.3) aineiden kanssa sekä hajotessaan kuumentumisen vaikutuksesta.

1.5 Merkinnät

CLP-asetuksen ((EY) N:o 1272/2008) mukaiset varoitusmerkinnät

Varoitusmerkit

Huomiosana Vaara

Vaaralausekkeet

H225
Helposti syttyvä neste ja höyry.

H301
Myrkyllistä nieltynä.

H312
Haitallista joutuessaan iholle.

H314
Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.

H331
Myrkyllistä hengitettynä.

EUH014
Reagoi voimakkaasti veden kanssa.

EUH071
Hengityselimiä syövyttävää.

Klooritrimetyylisilaani ei ole Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetuksen) vaarallisten aineiden yhdenmukaisessa luokitus- ja merkintäluettelossa. **Tässä esiteyt varoitusmerkinnät ovat esimerkki valmistajien antaman vaaraluokituksen mukaisista varoitusmerkinnöistä.**

Turvalausekkeet

Ennaltaehkäisyyn, pelastustoimenpiteisiin, varastointiin ja jätteiden käsittelyyn liittyvät turvalausekkeet valitaan aineen vaaraluokituksen ja käyttötapojen perusteella.

Kuljetusluokitus ja -merkinnät

Kuljetusluokitus ja -merkinnät määräytyvät kansainvälisten ja kansallisten kuljetusmääräysten mukaan.

YK-numero:	1298 (TRIMETYYLIKLOORISILAANI)		
Kuljetusluokka:	maantiekuljetus 3; merikuljetus 3		
Pakkausryhmä:	II		
Varoituslipuke:	3 (palava neste) 8 (syövyttävä aine)		
Vaaran tunnusnumero:	X338 (helposti palava, syövyttävä neste, joka reagoi vaarallisesti veden kanssa)		

1.6 Raja-arvoja

Akuutin altistumisen raja-arvot

AEGL-arvot **(Acute exposure guideline levels, USA)**	
AEGL 1	1,8 ppm (8,1 mg/m^3) /10 min 1,8 ppm (8,1 mg/m^3) /30 min
AEGL 2	100 ppm (450 mg/m^3) /10 min 43 ppm (193,5 mg/m^3) /30 min
AEGL 3	620 ppm (2790 mg/m^3) /10 min 210 ppm (945 mg/m^3) /30 min

Työhygieeniset raja-arvot

Suomessa klooritrimetyylisilaanille ei ole annettu HTP-arvoa (työpaikan ilman haitalliseksi tunnettu pitoisuus).

Raja-arvojen määritelmät on esitetty käyttäjän oppaassa (kappale 1.6).

1.7 Käyttö

Klooritrimetyylisilaania käytetään laboratoriokemikaalina sekä raaka-aineena orgaanisissa synteeseissä muun muassa trimetyylisilyyliryhmän saattamiseksi reaktiotuotteeseen. Klooritrimetyylisilaania käytetään silikonien ja muiden silaanien valmistamisessa sekä lasin, keramiikan, täytemateriaalien ja pigmenttien saattamisessa vettä hylkiväksi. Sitä käytetään myös katalysaattorin komponenttina tuotettaessa teollisesti propyleenioksidia.

2. Terveysvaara

2.1 Välittömät vaikutukset

Joutuessaan kosketukseen veden tai kosteuden kanssa klooritrimetyylisilaani hydrolysoituu nopeasti kloorivedyksi (suolahappo) ja trimetyylisilanoliksi. Aineen terveysvaikutukset johtuvat kloorivedystä.

Kloorivety ärsyttää voimakkaasti hengitysteitä. Altistuminen 50 - 100 ppm:n (75 - 150 mg/m^3) kloorivetypitoisuuksille tunnin ajan aiheuttaa voimakasta nenän ärsytystä, tukehtumisen tunnetta, yskää ja hengitysvaikeuksia. Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa syövytystä ja haavaumia nenässä ja kurkussa. Altistuminen suurille 1 000 - 2 000 ppm:n (1 500 - 3 000 mg/m^3) kloorivetypitoisuuksille voi

aiheuttaa hengenvaarallisen keuhkopöhön, jonka oireet ilmaantuvat usein vasta tuntien kuluttua altistumisesta, ja fyysinen ponnistus pahentaa niitä. Viiden minuutin oleskelu 3 000 ppm:n (4 500 mg/m^3) pitoisuudessa ja 30 minuuttia 1 300 ppm:n (2 000 mg/m^3) pitoisuudessa on aiheuttanut kuoleman.

Klooritrimetyylisilaani on syövyttävää ja joutuessaan iholle se aiheuttaa ihon punoitusta, rakkuloita ja eriasteisia palovammoja vastaavia syövytysvammoja. Silmiin roiskunut klooritrimetyylisilaani ärsyttää voimakkaasti silmiä ja pahimmassa tapauksessa se aiheuttaa vakavia syövytysvammoja ja voi johtaa jopa näön menetykseen.

Klooritrimetyylisilaanin nieleminen syövyttää ruuansulatuselimistöä, josta seuraa polttavaa tunnetta, vatsakipua ja pahoinvointia. Nieleminen voi aiheuttaa sokin ja jopa kuoleman.

3. Vaikutukset ympäristöön

Joutuessaan ympäristöön klooritrimetyylisilaani hydrolysoituu veden ja kosteuden vaikutuksesta nopeasti kloorivedyksi (kloorivedyn vesiliuos on suolahappoa) ja trimetyylisilanoliksi. Nopean hajoamisen vuoksi aineen ympäristövaikutukset aiheutuvat suurimmaksi osaksi hajoamistuotteista.

Ilmaan joutunut klooritrimetyylisilaani voi myös hydrolysoitua ilmassa olevan vesihöyryn vaikutuksesta, jolloin muodostuu kloorivetyä. Ilmassa klooritrimetyylisilaani hajoaa myös hydroksyyliradikaalien vaikutuksesta ja sen puoliintumisajaksi on arvioita 12 vuorokautta. Myös hydrolyysissä muodostuneet hajoamistuotteet reagoivat ilmassa edelleen hydroksyyliradikaalien kanssa.

Maaperässä klooritrimetyylisilaani hydrolysoituu, mutta hydrolyysin nopeus riippuu maaperän kosteudesta. Klooritrimetyylisilaani voi myös haihtua kuivasta maasta ilmaan. Nopean hydrolysoitumisen vuoksi ei ole todennäköistä, että klooritrimetyylisilaani sitoutuisi maaperään. Muodostunut kloorivety voi kulkeutua maaperässä, mutta voi neutraloitua kulkeutumisen aikana.

Vedessä klooritrimetyylisilaani hydrolysoituu välittömästi (puoliintumisaika hydrolysoitumiselle vedessä alle 17 sekuntia). On arvioitu, että aineen aiheuttama myrkyllisyys vesieliöille johtuu lähinnä hajoamistuotteista. Hajoamistuotteista kloorivedyn (suolahappo) haitallisuus vesieliöille perustuu sen happamuuteen. Kaloille haitallinen veden pH on alle 5 ja muille vesieliöille alle 5,5. Kloorivety on haitallista vesieliöille. Sen akuutit LC50-arvot kalalle ovat 100 - 330 mg/l (48 h) ja merivedessä eläville äyriäisille 100 - 330 mg/l (48 h). Makeassa, heikosti puskuroidussa vedessä vähemmän kuin 100 mg/l kloorivetyä voi jo johtaa kalojen kuolemaan. Hajoamistuotteista trimetyylisilanoli ei ole biohajoavaa. Rakenteeltaan samankaltaisen aineen perusteella on arvioitu klooritrimetyylisilaanin vesieliömyrkyllisyysarvoja. LC50-arvoksi kalalle on saatu 271 mg/l (96 h) ja EC50-arvoksi vesikirpulle 124 mg/l (48 h).

Klooritrimetyylisilaanin ei ole todettu kertyvän ravintoverkkoon.

4. Toiminta onnettomuustilanteissa

Pelastustoimi: TOKEVA Ohje T3d (Palavat ja helposti palavat syövyttävät nesteet)

Varmista oma turvallisuutesi ennen kuin ryhdyt pelastustoimiin: käytä henkilönsuojaimia äläkä pelasta yksin.

4.1 Palo ja räjähdys

Klooritrimetyylisilaani on erittäin helposti syttyvä aine, joka aiheuttaa suljetussa tilassa räjähdysvaaran. Tyhjennä vaara-alue ihmisistä ja estä alueelle pääsy. Pysy tuulen yläpuolella. Siirrä säiliöt vaara-alueelta, jos sen voi tehdä turvallisesti. Säiliöitä, joita ei voida siirtää, jäähdytetään vedellä. Suihkuta vettä mahdollisimman kaukaa tai käytä miehittämättömiä suihkuja. Älä päästä vettä kosketukseen aineen kanssa. Klooritrimetyylisilaanin aiheuttamat palot ovat vaikeita sammuttaa uudelleensyttymisvaaran vuoksi. Jos aineen palamisesta ei ole vaaraa ympäristölle, sen tulisi antaa palaa loppuun. Aineen aiheuttamien palojen sammuttamiseen voidaan käyttää jauhetta, kalvovaahtoa, hiilidioksidia, kuivaa hiekkaa tai metallipalojen sammutusjauhetta. Vettä ei saa käyttää sammutusaineena.

Klooritrimetyylisilaanin palaessa muodostuu ärsyttäviä ja myrkyllisiä kaasuja.

Käytä henkilönsuojaimina paloasua ja paineilmahengityslaitetta.

4.2 Vuoto ja valuma

Vaara-alueen arviointi

Seuraavat vaaraetäisyydet on arvioitu klooritrimetyylisilaanin vuotaessa maahan:

pieni vuoto (noin 100 l):	Välitön eristys 25 m kaikkiin suuntiin.
suuri vuoto (noin 10 m^3):	Välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin sekä 100 m tuulen alapuolella. Klooritrimetyylisilaani saattaa aiheuttaa altistuneille ärsytysoireita jopa 250 metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Väestöä kehotetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.

Seuraavat vaaraetäisyydet on arvioitu klooritrimetyylisilaanin vuotaessa veteen:

pieni vuoto (noin 100 l):	Välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin.
suuri vuoto (noin 10 m ^{3}):	Välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin sekä 150 m tuulen alapuolella. Klooritrimetyylisilaani saattaa aiheuttaa altistuneille ärsytysoireita jopa 350 metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Väestöä kehotetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.

Vaaraetäisyydet on laskettu Tukesin suositusten mukaisesti. Eristysrajana on käytetty AEGL 3 ja varoitusrajana AEGL 2 30 minuutin arvoa. Kloorimetyylisilaanin vuotaessa veteen vaaraetäisyyksiä laskettaessa on käytetty kloorivedyn ohjearvoja. Ohimeneviä, esimerkiksi ärsytysoireita voi kuitenkin esiintyä myös näitä vaaraetäisyyksiä pidemmillä etäisyyksillä.

Torjunta ja suojautuminen

Klooritrimetyylisilaanin vuoto aiheuttaa syttymisvaaran ja suljetussa tilassa räjähdysvaaran. Poista kaikki syttymislähteet. Sulje vuoto, jos sen voi tehdä turvallisesti. Estä aineen leviäminen patoamalla lammikko hiekalla tai muulla palamattomalla aineella. Klooritrimetyylisilaania ei saa päästää kosketukseen veden sekä yhteensopimattomien aineiden kanssa eikä sitä saa laskea viemäriin. Aineen höyryjä voidaan laimentaa vesisumusuihkulla.

Käytä henkilönsuojaimina paloasua, neste- tai kaasutiivistä kemikaalisuojapukua, suojakäsineitä ja paineilmahengityslaitetta.

Alueen puhdistaminen

Vuotanut klooritrimetyylisilaani kerätään pumppaamalla kuiviin, suljettaviin astioihin, ja jäljelle jäävä neste imeytetään kuivaan hiekkaan tai reagoimattomaan imeytysaineeseen ja viedään turvalliseen paikkaan. Älä käytä aineen keräämiseen muovisia astioita. Vuotanut aine voidaan tarvittaessa neutraloida kalkilla tai soodalla. Tuuleta sisätilat.

4.3 Ensiapu

Hengitysteitse tapahtunut altistuminen

Siirrä klooritrimetyylisilaanille altistunut henkilö raittiiseen ilmaan ja aseta lepoon puoli-istuvaan asentoon. Jos potilaalla on hengitysvaikeuksia, anna tekohengitystä, joka on tehokkainta palkeella. Jos mahdollista, anna happea. Toimita potilas mahdollisimman nopeasti lääkärin hoitoon.

Roiskeet silmään

Klooritrimetyylisilaanille altistunutta silmää on huuhdeltava juoksevalla haalealla vedellä vähintään 15 minuutin ajan pitäen silmäluomea samalla auki. Estä huuhteluveden valuminen puhtaaseen silmään. Toimita potilas ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten. Jatka silmän huuhtelua fysiologisella suolaliuoksella tai vedellä matkalla hoitoon.

Ihokosketus

Riisu tahriintunut vaatetus välittömästi ja huuhtele ihoa perusteellisesti runsaalla vedellä ja saippualla vähintään 10 minuutin ajan. Pesussa avustavan henkilön on käytettävä suojakäsineitä ja tarvittaessa muutakin suojavaatetusta ja hengityksensuojainta. Toimita potilas ensiapuasemalle lääkärin hoitoon.

Suun kautta tapahtunut altistuminen

Huuhtele klooritrimetyylisilaania nielleen henkilön suu runsaalla vedellä. ÄLÄ OKSENNUTA tai anna potilaalle neutraloivaa liuosta. Potilas on toimitettava mahdollisimman nopeasti ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten.

Lisäohjeita saa tarvittaessa yleisestä hätänumerosta puh. 112 ja Myrkytystietokeskuksesta puh. 0800 147 111.

4.4 Lääketieteellinen hoito

Hoito on oireenmukaista. Ylempien hengitysteiden limakalvovauriot, tulehdus ja sekundääri-infektiot ovat mahdollisia. Voimakkaan altistumisen jälkeen on varauduttava kurkunpään turvotuksen ja keuhkoputken ahtautumisen sekä keuhkopöhön hoitoon. Potilas tulee ajoissa intuboida, jos nielun-kurkunpään turvotus alkaa vaikeuttaa hengitystä, potilaalla on vakava keuhkopöhö tai potilas on tajuton.

Kurkunpään turvotusta voidaan hoitaa adrenaliini-inhalaatioaerosolilla. Jos potilaalla ilmenee bronkospasmia, sitä voidaan lievittää inhaloitavilla beeta-2-selektiivisillä sympatomimeeteillä (esim. salbutamoli tai terbutaliini). Suurille pitoisuuksille altistuneelle potilaalle annetaan keuhkopöhön ehkäisemiseksi mahdollisimman pian altistumisen jälkeen kortikosteroidi-inhalaatioaerosolia (beklometasoni, budesonidi tai flutikasoni). Hoitoa jatketaan neljän päivän ajan. Viidentenä päivänä hoito lopetetaan, jos keuhkolöydöksiä ei ole. Muutoin jatketaan toipumiseen asti. Erittäin voimakkaan altistumisen jälkeen voidaan harkita systeemisteroidia, esim. metyyliprednisoloni 40 – 80 mg neljä kertaa suoneen.

Klooritrimetyylisilaanin iholle aiheuttamia syövytysvammoja hoidetaan palovammahoidon periaatteiden mukaisesti.

Klooritrimetyylisilaania niellyttä henkilöä on tarkkailtava ruokatorven ja ruuansulatuskanavan mahdollisten syövytysvammojen varalta.

4.5 Altistumisen arviointi biologisista näytteistä

Altistumisen arviointi biologisista näytteistä ei ole mahdollista tälle aineelle.

4.6 Jätteiden käsittely

Klooritrimetyylisilaania sisältävä jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Jos ainetta ei voida kierrättää sopivaa käyttötarkoitusta varten, tulee se toimittaa jätelaitokselle hävitettäväksi.

5. Käsittely ja varastointi

Käytä suljettuja laitteistoja ja tehokasta kohdepoistoa. Työtilan ilmanvaihdon on oltava hyvä myös lattian läheisyydessä. Käsittele ainetta erillään syttymis- ja lämmönlähteistä. Tupakointi on kielletty.
Estä staattisten varausten muodostuminen (esim. maadoituksin). Sähkölaitteiden tulee olla räjähdysvaarallisiin tiloihin hyväksyttyjä. Työpisteen läheisyydessä on oltava hätäsuihku ja silmienhuuhtelupaikka.

Käytä tulenkestävää, antistaattista suojavaatetusta, suojakäsineitä ja kokokasvon hengityksensuojainta (yhdistelmäsuodatin B - P2 tai B - P3) tai paineilmahengityslaitetta. Klooritrimetyylisilaanille soveltuvia suojamateriaaleja ovat fluorikumi (Viton®) (yli 8 h altistus) ja nitriilikumi (yli 4 h altistus). Materiaaleista butyylikumia, luonnonkumia, neopreenikumia ja polyvinyylikloridia ei suositella käytettäväksi ainetta käsiteltäessä.

Klooritrimetyylisilaani on varastoitava viileässä, kuivassa ja paloturvallisessa tilassa erillään elintarvikkeista. Aine on varastoitava erillään hapettimista, emäksistä, alkoholeista ja muista yhteensopimattomista aineista. Klooritrimetyylisilaania sisältävät säiliöt on merkittävä asianmukaisesti ja pidettävä tiiviisti suljettuina. Rakennusmateriaalien, valaisimien ja ilmanvaihtojärjestelmän tulee kestää syövyttävää ainetta.

Klooritrimetyylisilaanin käsittelyä ja varastointia koskevat valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (685/2015) ja valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (856/2012)
sekä valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003) (ATEX-säädökset).

6. Kuljetusmääräyksiä

Aineen pakkaus sekä kollien ja säiliöiden merkinnät on tehtävä kuljetusmääräyksissä annettujen yksityiskohtaisten ohjeiden mukaisesti.

Jokaiseen kolliin on merkittävä aineen YK-numero ja sen eteen kirjaimet "UN" (klooritrimetyylisilaani: UN 1298). Kolli on varustettava myös kyseisen aineen varoituslipukkeella (klooritrimetyylisilaani: varoituslipuke 3 ja 8).

7. Kirjallisuus

Huom. Tähdellä (*) merkityt ovat maksullisia tietokantoja.

Brandes E, Möller W. Safety Characteristic Data, Volume 1: Flammable Liquids and Gases. 2nd ed. Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, 2008.

CAMEO Chemicals. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2007.

ChemIDPlus Lite. United States National Library of Medicine.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008 (CLP-asetus).

European Chemicals Agency (ECHA) List of Registered Phase-In Substances. Chemical Substance Search: Chlorotrimethylsilane. 2011.

Fire Protection Guide to Hazardous Materials, 13. painos, NFPA International, 2002.

Forsberg K & Mansdorf SZ. Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2007.

GESTIS - Substance database. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Deutschland; 2010.

Hazardous Substances Data Bank (HSDB). National Library of Medicine, 2008.

International chemical safety cards (ICSC). ICSC: 0966. Trimethylchlorosilane. IPCS, European Commission, 2003.

International Maritime Organization (IMO). International maritime dangerous goods code, Amdt. 33-06, London: IMO, 2006.

IUCLID (International Uniform Chemicals Information Database). Brussels: European Commission, European Chemicals Bureau, 2000. Data sheet: Chlorotrimethylsilane.

Kemi Kemikalieinspektionen database. Ämnesregistret.

Elonen E, Mäkijärvi M & Vuoristo M (toim.). Akuuttihoito-opas. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim; 2006.

* MEDITEXT® Medical Management. TOMES® System. MICROMEDEX, Greenwood Village (CO), 2008.

OECD SIDS Initial Assessment Profile. UNEP Chemicals, 2005.

Protective Action Criteria (PAC) with AEGLs, ERPGs, & TEELs: Rev. 26 for Chemicals of Concern (09/2010). Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions (SCAPA), 2010.

The National Advisory Committee for the Development of Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances. Acute Exposure Guideline Levels. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2017.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Tuotantolaitosten sijoittaminen - Opas; Tukes, 2015.

Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. Lakikokoelma. Edita Publishing Oy, Helsinki, 2011.

Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003).