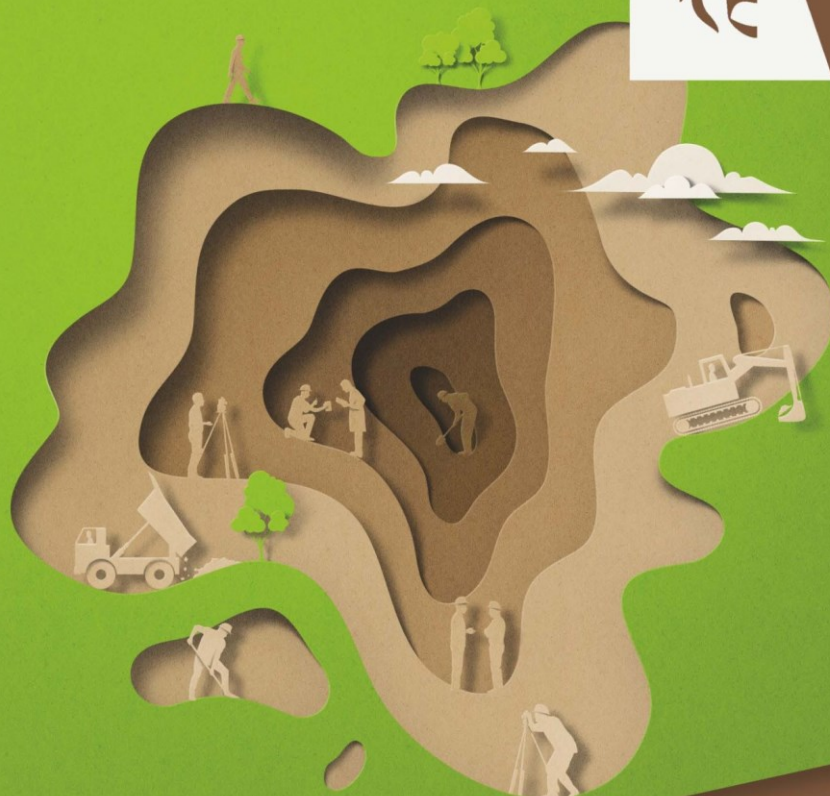




Vlaanderen
is bodembewust



TOESLAGSTOFFEN VAN GECHLOREERDE SOLVENTEN - 1,4-DIOXAAN IN VLAANDEREN

SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER

OVAM

WWW.OVAM.BE

Toeslagstoffen van gechloreerde solventen - 1,4-dioxaan in Vlaanderen

Documentbeschrijving

1. *Titel publicatie*

Toeslagstoffen van gechloreerde solventen - 1,4-dioxaan in Vlaanderen

2. *Verantwoordelijke Uitgever*

Danny Wille, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

3. *Wettelijk Depot nummer*

n.v.t.

4. *Aantal bladzijden*

72

5. *Aantal tabellen en figuren*

13 tabellen en 27 figuren

6. *Prijs**

n.v.t.

7. *Datum Publicatie*

September 2017

8. *Trefwoorden*

Bodemverontreiniging, gechloreerde solventen, 1,4-dioxaan, 1,3-dioxolaan, 1,1,1-trichloorethaan, industriële toeslagstoffen, meetcampagne

9. *Samenvatting*

Dit rapport beschrijft een verkennend onderzoek naar grondwaterverontreiniging met toeslagstoffen van gechloreerde verbindingen. Een steekproefsgewijze meetcampagne werd uitgevoerd naar de aanwezigheid van 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen, zoals 1,3-dioxolaan, van 1,1,1-trichloorethaan in het grondwater in Vlaanderen. Het doel was een inschatting te maken van de omvang van de problematiek in Vlaanderen, en beleidsmatige beslissingen over de aanpak van de mogelijke milieurisico's grondig te onderbouwen. De resultaten van de meetcampagne toonden aan dat het noodzakelijk is om 1,4-dioxaan te onderzoeken, indien 1,1,1-trichloorethaan werd toegepast.

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*

Griet Van Gestel, Nele Bal, Sam Fonteyne (OVAM)
Roeland Van Muylder, Peter Van den bossche, Martijn van Houten (Witteveen+Bos, auteurs)
Samuel Van Herreweghe (MAVA/EnISSA, auteur)

11. *Contactperso(o)n(en)*

Griet Van Gestel, Nele Bal, Sam Fonteyne

12. *Andere titels over dit onderwerp*

Herziening voorstel grondwatersaneringsnorm voor 1,4-dioxaan
Toetsingswaarden voor grondwater voor TBA en 1,4-dioxaan

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: <http://www.ovam.be>

Inhoudstafel

Inhoudstafel	5
1 Samenvatting	9
2 Inleiding	11
2.1 Aanleiding	11
2.2 Doelstellingen	11
2.3 Leeswijzer	11
3 Literatuurstudie	12
3.1 Inleiding	12
3.2 1,1,1-trichloorethaan en stabilisatoren	12
3.2.1 Gebruik van 1,1,1-trichloorethaan	12
3.2.2 Productie van 1,1,1-trichloorethaan	12
3.2.3 Stabilisatoren van 1,1,1-trichloorethaan	13
3.3 Productie en gebruik van 1,4-dioxaan	14
3.3.1 Productie en productieproces	14
3.3.2 Gebruikstoepassingen 1,4-dioxaan	16
3.4 Eigenschappen en gedrag	17
3.4.1 Fysische en chemische eigenschappen	17
3.4.2 Gedrag in bodem en grondwater	19
3.4.3 Natuurlijke afbraak	20
3.5 Toxicologie, toetsingswaarden en normering	22
3.5.1 Toxicologie	22
3.5.2 Normering	22
3.6 Onderzoek naar het voorkomen van 1,4-dioxaan in het milieu	25
3.6.1 Afvalwater	25
3.6.2 Stortplaatsen	25
3.6.3 Grondwater	25
3.7 Meet- en analysemethoden	25
3.8 Saneringstechnieken	26
3.8.1 Vaste deel van de aarde	26
3.8.2 Grondwater	27
4 Selectie sites meetcampagne	28
4.1 Inleiding	28
4.2 Beschikbare data	28
4.3 Selectie meetlocaties	29
4.3.1 Methodiek	29
4.3.2 Weerhouden sites	30
4.3.3 Spreiding sites in Vlaanderen	30
4.3.4 Activiteiten sites meetcampagne	31
5 Veld- en analysecampagne	32
5.1 Inleiding	32
5.2 Grondwaterstaalname en monsterconservering	32
5.3 Laboratoriumonderzoek	32
6 Resultaten meetcampagne	34
6.1 Data meetcampagne	34
7 Analyse en bespreking van de resultaten	38
7.1 Inleiding	38
7.2 Verhouding gechloreerde ethanen en toeslagstoffen	38
7.3 Verspreidingsgedrag van 1,4-dioxaan in het grondwater	40
7.3.1 Inleiding	40
7.4 Afbraak van gechloreerde ethanen in relatie tot 1,4-dioxaan	44

7.4.1	Meetdata	44
7.5	Conceptueel model grondwaterverontreiniging 1,4-dioxaan	45
8	Onderzoek grondwaterpluim 1,4-dioxaan	47
8.1	Inleiding	47
8.2	Monitoring	47
8.2.1	Site 3	47
8.2.2	Site 11	48
8.3	Resultaten en bevindingen	48
8.3.1	Site 3	48
8.3.2	Site 11	49
8.3.3	Visualisering grondwaterpluim	49
8.4	Conclusies pluimgedrag 1,4-dioxaan	51
9	Inschatting van de problematiek in Vlaanderen	52
9.1	Inleiding	52
9.2	Inschatting van het aantal 1,4-dioxaan verontreinigingen in Vlaanderen	52
9.2.1	Koppeling met OVAM databank en VLAREM-rubrieken	52
9.2.2	Inschatting aantal 1,4-dioxaan pluimen	53
9.3	Inschatting bedreiging receptoren	54
9.3.1	Drinkwaterwinningszones en beschermingszones	54
9.3.2	Oppervlaktewater en waterlopen	55
10	Conclusies en advies	56
10.1	Inleiding	56
10.2	Conclusies	56
10.3	Aanbevelingen inzake onderzoek naar 1,4-dioxaan	57
10.4	Aanbevelingen inzake onderzoek naar 1,3-dioxolaan	57
10.5	Aanbevelingen inzake onderzoek naar 1,1-dichlooretheen en chloorethaan	58
Bijlage 1:	Lijst van tabellen	59
Bijlage 2:	Lijst van figuren	61
Bijlage 3:	Bibliografie	63
Bijlage 4:	MSDS fiches	68
Bijlage 5:	Data meetcampagne	69
Bijlage 6:	Data onderzoek site 3	70
Bijlage 7:	Data onderzoek site 11	71
Bijlage 8:	Nota 1,1-DCE en CA	72

Lijst met afkortingen

µg/l	microgram per liter
1,1,1-TCA	1,1,1-trichloorethaan
1,1-DCA	1,1-dichloorethaan
1,1-DCE	1,1-dichlooretheen
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CA	Chloorethaan
DL	detectielimiet
DNAPL	dense non-aqueous phase liquid
EC	Europese Commissie
EPA	Environmental Protection Agency (VS)
HS-GCMS	head-space gaschromatografie massaspectroscopie
MCL	maximum contaminant level
PCE	perchlooretheen
PET	polyethyleentereftalaat
ppm	parts per million
TCE	trichlooretheen
VC	Vinylchloride
VLAREM	Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning
WHO	World Health Organisation

1 Samenvatting

In opdracht van de OVAM werd een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen van 1,1,1-trichloorethaan in het grondwater in Vlaanderen. De studie werd uitgevoerd aan de hand van steekproefsgewijze metingen naar 1,4-dioxaan op sites in Vlaanderen met een gekende 1,1,1-trichloorethaan verontreiniging.

1,4-dioxaan werd voornamelijk toegepast als stabilisator van 1,1,1-trichloorethaan dat als solvent werd gebruikt in metaalontvetting. 1,4-dioxaan werd toegevoegd aan 1,1,1-trichloorethaan tot op percentniveau evenals de toeslagstof 1,3-dioxolaan, echter deze laatste in kleinere gehalten. 1,4-dioxaan is zeer goed oplosbaar in water, heeft een lage bodem-waterpartitiecoëfficiënt en breekt nauwelijks af onder natuurlijke condities.

In kader van deze studie werd een meetcampagne uitgevoerd op 16 sites in Vlaanderen waar een gekende 1,1,1-TCA verontreiniging aanwezig was. Op iedere site werden vier à vijf peilbuizen in de kernzone bemonsterd en geanalyseerd op 1,1,1-trichloorethaan en afbraakproducten, 1,4-dioxaan en 1,3-dioxolaan. Op twee sites werden aanvullende metingen uitgevoerd naar de aanwezigheid van 1,4-dioxaan in de pluimzone om het pluimgedrag van 1,4-dioxaan te onderzoeken.

Op basis van de meetcampagne werd geconcludeerd dat:

- er wordt 1,4-dioxaan in het grondwater gemeten op alle 16 meetlocaties met een maximaal gemeten concentratie 1,4-dioxaan van 26.000 µg/l;
- op 13 van de 16 sites (81%) wordt de toetsingswaarde voor grondwater (50µg/l¹) van 1,4-dioxaan overschreden;
- er wordt op 6 van de 16 sites 1,3-dioxolaan gemeten in het grondwater (concentraties boven detectielimiet), echter in beperktere concentraties in vergelijking met 1,4-dioxaan;
- de gemeten concentraties 1,4-dioxaan in het grondwater liggen vaak beduidend hoger dan op basis van de concentratieverhouding in het bronproduct (gestabiliseerd 1,1,1-TCA) kan worden verwacht;
- 1,4-dioxaan is mobieler dan gechlloreerde ethanen en vertoont significant grotere grondwaterpluimen dan zijn bronproduct 1,1,1-TCA en afbraakproducten;
- als gevolg van de specifieke stofeigenschappen en pluimgedrag van 1,4-dioxaan kan 1,1,1-TCA niet als gidsparameter voor 1,4-dioxaan worden gehanteerd;
- de in Vlaanderen niet-genormeerde afbraakproducten van 1,1,1-TCA namelijk 1,1-dichlooretheen en chloorethaan worden in significante concentraties vastgesteld in het grondwater.

Er wordt geschat op basis van de uitgevoerde meetcampagne dat er in Vlaanderen ca. 270 sites zijn met een potentiële 1,4-dioxaan-verontreiniging in het grondwater. Door de grote mobiliteit van 1,4-dioxaan in het grondwater is de bedreiging van receptoren, zoals oppervlaktewater, drinkwater- en grondwaterwinningen, realistisch. Door verder onderzoek en metingen dient te worden nagegaan of er effectief een 1,4-dioxaan-verontreiniging aanwezig is op deze sites.

Er wordt geadviseerd 1,4-dioxaan als verdachte parameter bij bodemonderzoeken en sanering op te nemen indien 1,1,1-trichloorethaan een verdachte parameter is.

¹ Zie paragraaf 3.5 voor meer informatie over deze toetsingswaarde voor 1,4-dioxaan.

Bij het onderzoek en risicobeoordeling van 1,4-dioxaan dient rekening te worden gehouden met de specifieke eigenschappen en gedrag van 1,4-dioxaan in de bodem zoals:

- zeer goede wateroplosbaarheid en hoge verspreidingssnelheid van 1,4-dioxaan in het grondwater;
- een vaak grotere grondwaterpluim dan het bronproduct 1,1,1-trichloorethaan en zijn afbraakproducten;
- zeer beperkte tot niet optredende natuurlijke biodegradatie van 1,4-dioxaan in het grondwater.

2 Inleiding

2.1 Aanleiding

Sinds de jaren '50 van vorige eeuw werden organische solventen op grote schaal gebruikt bij metaalontvetting en textielreiniging. Vaak werden aan deze solventen stabilisatoren of toeslagstoffen toegevoegd om de werking van de solventen te verbeteren. De meeste toeslagstoffen werden in zeer lage gehalten toegevoegd (ppm-niveau). Echter voor 1,4-dioxaan, een stabilisator van 1,1,1-trichloorethaan, is gekend dat deze werd toegevoegd in volumefracties tot op procentniveau. Bij grondwateronderzoek op sites met een grondwaterverontreiniging met 1,1,1-trichloorethaan werd in verschillende gevallen verhoogde concentraties aan 1,4-dioxaan gemeten.

2.2 Doelstellingen

De OVAM wenst een verkennend onderzoek uit te voeren naar de aanwezigheid van 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen zoals 1,3-dioxolaan van 1,1,1-trichloorethaan in het grondwater in Vlaanderen. Het voorwerp van deze studie is het uitvoeren van steekproefsgewijze metingen voor de detectie van 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen van 1,1,1-trichloorethaan in Vlaanderen.

In deze studie wordt enerzijds een inschatting gemaakt van de omvang van de problematiek in Vlaanderen, en anderzijds heeft deze tot doel beleidsmatige beslissingen over de aanpak van de mogelijke milieurisico's verbonden aan 1,4-dioxaan grondig te onderbouwen.

2.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 3 betreft een beknopte literatuurstudie. In hoofdstuk 4 wordt de methodiek bij de selectie van de meetlocaties toegelicht. Hoofdstuk 5 beschrijft hoe de monsternames en analyses werden uitgevoerd. Vervolgens worden in hoofdstuk 6 de resultaten besproken, en in hoofdstuk 7 en 8 worden deze meetdata verder geanalyseerd. In hoofdstuk 9 wordt een inschatting gemaakt van de omvang van de problematiek in Vlaanderen. Tot slot worden conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

3 Literatuurstudie

3.1 Inleiding

Deze beknopte literatuurstudie beschrijft allereerst de productie en gebruikstoepassingen van 1,1,1-trichloorethaan en 1,4-dioxaan. Daarna wordt ingegaan op de fysische en chemische eigenschappen van de stof, het gedrag in de bodem en in het grondwater en de natuurlijke afbraak. Vervolgens wordt bestaand internationaal onderzoek en de normering van 1,4-dioxaan toegelicht evenals de bestaande analysemethodes. Voor de toepassing in de bodemsaneringpraktijk in Vlaanderen wordt verwezen naar 'Toetsingswaarden voor grondwater voor TBA en 1,4-dioxaan' (OVAM, 2016a), waarin toetsingswaarden en analysemethode zijn beschreven. Tot slot worden saneringstechnieken voor bodem- en grondwaterverontreinigingen met 1,4-dioxaan besproken.

3.2 1,1,1-trichloorethaan en stabilisatoren

3.2.1 Gebruik van 1,1,1-trichloorethaan

Sinds 1950 werd 1,1,1-trichloorethaan (1,1,1-TCA) op grote schaal gebruikt als solvent voor ontvetting van metalen (*cold cleaning proces*) (HSIA, 1994; Doherty, 2000). De chemische instabiliteit van 1,1,1-TCA bij gebruik als ontvetter van aluminium en andere alkalimetalen heeft er toe geleid dat 1,1,1-TCA vóór 1950 voor deze toepassing minder geschikt was. De toevoeging van een stabilisator zoals 1,4-dioxaan aan 1,1,1-TCA heeft de toepassing als ontvetter van aluminium en andere metalen op grote schaal mogelijk gemaakt (Mohr, 2010). De toevoeging van 1,4-dioxaan aan 1,1,1-TCA werd voor het eerst gepatenteerd in 1957 (Bachtel, 1957). Eind 1995 werd het gebruik van 1,1,1-trichloorethaan gelimiteerd door het Montreal Protocol als gevolg van het potentieel van dit product voor aantasting van de ozonlaag.

Naast de toepassing van 1,1,1-TCA als solvent voor metaalontvetting, werd 1,1,1-TCA ook toegepast in producten in de automobielenindustrie, coatings, lijmen en plakmiddelen, verven en inktten, schoonmaakmiddel in de machinebouw en textielindustrie, farmaceutisch solvent, schoonmaakmiddel voor elektronica en fotografische film, solvent voor insecticiden (World Health Organization, 1990; USEPA, 1994). Sinds 1998 is het gebruik van 1,1,1-TCA in pesticiden verboden.

3.2.2 Productie van 1,1,1-trichloorethaan

1,1,1-trichloorethaan wordt op industriële wijze geproduceerd door de chlorering van vinylchloride.

In West-Europa werd 1,1,1-TCA geproduceerd door volgende producenten (Morrison, 1999, Greene, 2003):

- Elf Atochem /Atofina, Frankrijk;
- Dow Chemical Europe, Duitsland;
- ICI Chemical and Polymers, Verenigd Koninkrijk;
- Solvay Group, Frankrijk;
- Aragonesas and Erikimia, Spanje.

De productiecapaciteit van 1,1,1-trichloorethaan in 1989 bedroeg in West-Europa 222.000 ton en ca. 353.000 ton in de VS. Tegen 1995 was de capaciteit afgenomen met bijna 50% tot ca. 140.000 ton in West-Europa en ca. 250.000 ton in de VS (Weissermel et al., 1997). De productiedaling is te wijten aan het feit dat 1,1,1-TCA naar aanleiding van het Montreal Protocol werd opgenomen in de lijst van chemische producten met potentieel voor aantasting van de ozonlaag.

3.2.3 Stabilisatoren van 1,1,1-trichloorethaan

1,1,1-trichloorethaan wordt als het minst stabiele solvent beschouwd in vergelijking tot andere solventen zoals TCE, PCE en dichloormethaan (Mohr, 2010). Dit heeft als gevolg dat aan 1,1,1-TCA relatief het hoogste gehalte aan stabilisatoren werd toegevoegd. Processen die de stabiliteit van solventen beïnvloeden zijn o.a. oxidatie, hydrolyse, pyrolyse, invloed van UV-licht en reactie met alkalimetalen. In Tabel 1 wordt voor enkele solventen de zuiverheid bij verschillende toepassingen samengevat. 1,4-dioxaan geldt als meest belangrijke additief van gechloreerde solventen.

Solvent	Toepassing	Zuiverheid	Additieven	Referentie
TCE	Neu-Tri	99,4%	-	<i>DOW Chemical Corporation, 1981</i>
	Technisch	>95%	-	<i>DOW Chemical Company, 1985</i>
PCE	PER (droogkuis)	99-100%	<0,45% tetra-chloormethaan	<i>Occidental Chemical Corporation, 1991</i>
	Zuiver	>99%	-	<i>Solvents Australia, 2016</i>
	DOWPER solvent	99%	-	<i>DOW Chemical Company, 1985</i>
1,1,1-TCA	1,1,1-TCA gestabiliseerd	>90%	5-6% 1,4-dioxaan	<i>Acros (zie MSDS in bijlage 4)</i>
	Technisch	96,5%	-	<i>DOW Chemicals Company, 1990</i>
	Dowclene EC	-	1,9% 1,4-dioxaan	<i>DOW Chemicals Company, 1990</i>
	ACS grade reagens	> 99%	0,05% alkyl epoxide stabilizer	<i>Sigma-Aldrich, 2016</i>
	solvent	97%	2-2,7% 1,4-dioxaan	<i>Occidental Chemical Corporation (1989)</i>
	solvent - USA	-	2,0–3,5% 1,4-dioxaan, 1,0–2,0% sec-butanol, 1,0% 1,3-dioxolane	<i>Archer (1984) - toepassing in USA</i>

Solvent	Toepassing	Zuiverheid	Additieven	Referentie
	solvent - Europa	-	3.5% 1,4-dioxaan; 2.0-6.5% <i>tert</i> -butynol; 2-3% methyl butynol; 2% isopropylnitrate; 3% acetonitrile	<i>Archer (1984) - toepassing in Europa</i>
	solvent - metaal-bewerking	76%	16,3% 1,4-dioxaan, 4,2% dichloromethaan, 3,5% 1,2-epoxyethane	<i>Meike, 1993</i>
	-	-	1-5% 1,3-dioxolaan	<i>Ashland Chemical Company (1996)</i>

Tabel 1: Zuiverheid en toeslagstoffen van enkele gechloreerde solventen

1,4-dioxaan werd als stabilisator aan gechloreerde solventen zoals 1,1,1-trichloorethaan toegevoegd om corrosie aan metaaloppervlakken tegen te gaan. 1,4-dioxaan neutraliseert de vrije chloride-ionen in solventen zoals 1,1,1-trichloorethaan (USEPA, 1995). 1,1,1-trichloorethaan kent een grotere reactiviteit met metalen dan gechloreerde ethenen waardoor het gehalte aan additieven in 1,1,1-trichloorethaan hoger ligt dan bij andere solventen. Toeslagstoffen en onzuiverheden zouden in solventen voorkomen in concentraties op ppm-niveau tot 8% (Lowenheim and Moran, 1975)¹. 1,4-dioxaan werd toegevoegd aan 1,1,1-TCA aan een concentratie tussen 2% en 8% (Archer, 1984; IARC, 1999). Door Meike (1993) werd een gehalte van 16,3% 1,4-dioxaan als additief vermeld. Geraadpleegde MSDS-fiches van gestabiliseerd 1,1,1-trichloorethaan vermelden dat hierin circa 5-6% 1,4-dioxaan aanwezig is. De MSDS-fiches van gestabiliseerd 1,1,1-TCA en 1,4-dioxaan zijn bijgevoegd in bijlage 4. Naast 1,4-dioxaan werd 1,3-dioxolaan tot op percentniveau toegevoegd aan 1,1,1-TCA.

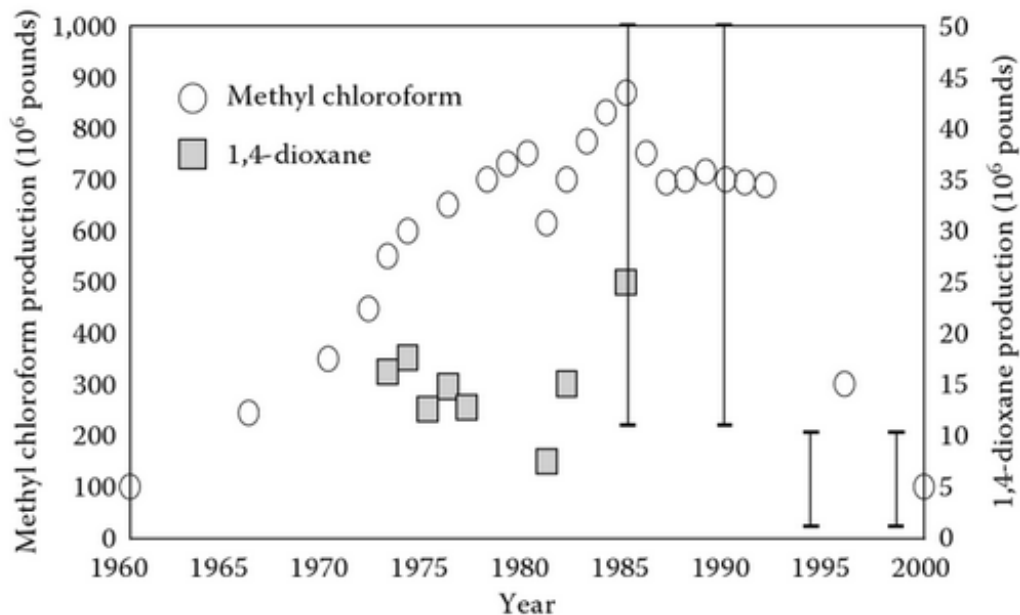
3.3 Productie en gebruik van 1,4-dioxaan

3.3.1 Productie en productieproces

3.3.1.1 Productieperiode en hoeveelheden

Vanaf 1929 werd 1,4-dioxaan commercieel geproduceerd in de Verenigde Staten (ATSDR, 2004). De commerciële productie van 1,4-dioxaan kwam echter voornamelijk op gang vanaf de jaren 1950 samen met de productie van 1,1,1-trichloorethaan (ook methylchloroform genoemd), zoals ook blijkt uit Figuur 1 (NCI, 1985; Mohr, 2010). Vanaf de jaren 1990 trad een sterke afname van productie van 1,4-dioxaan op als gevolg van een afnemend gebruik van 1,1,1-trichloorethaan en toenemende recuperatie van 1,4-dioxaan in de farmaceutische industrie (EC, 2002).

¹ Volgende maximale concentraties aan stabilisatoren en onzuiverheden worden gerapporteerd voor 1,1,1-trichloorethaan: 1,4-dioxaan, 3,8%; 1,2-epoxybutaan, 0,47%; nitromethaan, 0,27%; N-methylpyrrool, <1 ppm; chloroform, 100 ppm; carbontetrachloride, 250 ppm; 1,1-dichloroethaan, 426 ppm; 1,2-dichloroethaan, 2300 ppm; 1,2,3-trichloroethaan, 41,8 ppm; 1,1-dichloroethyleen, 398 ppm; trans-1,2-dichloroethyleen, 50 ppm; trichloroethyleen, 200 ppm; tetrachloroethyleen, 475 ppm (IARC, 1999).



Figuur 1: Jaarlijkse productie van 1,4-dioxaan en 1,1,1-trichloorethaan (methylchloroform) in de Verenigde Staten (Mohr, 2010)

In 1997 werd de jaarlijkse productie van 1,4-dioxaan in Europa geschat op 2.000 tot 2.500 ton waarvan ca. 1.500 tot 2.000 ton binnen de EU zou zijn gebruikt. Er is echter geen informatie beschikbaar van het volume 1,4-dioxaan geïmporteerd in de Europese Unie. In 1995 werd het wereldwijde productievolume van 1,4-dioxaan van gekende producenten geraamd op ca 10.000 ton/jaar (Health Council of the Netherlands, 2011). Sinds 1995 wordt het gebruik van 1,4-dioxaan als stabilisator van 1,1,1-trichloorethaan als minder relevant beschouwd (EC, 2002; Hartung, 1989; HSDB, 2010; NICNAS 1998).

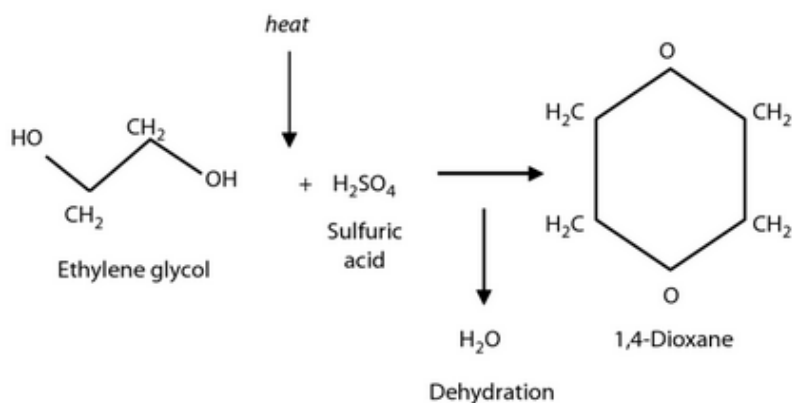
3.3.1.2 Productielocaties

In de jaren 1980 was er sprake van 10 productiesites van 1,4-dioxaan wereldwijd. Tegenwoordig wordt 1,4-dioxaan in de Verenigde Staten geproduceerd door twee bedrijven, met name Dow Chemical in Texas en Ferro Corporation in Louisiana (SRI, 2003). Ook buiten de Verenigde Staten wordt 1,4-dioxaan geproduceerd met name in Japan en Europa. In de periode 1970 tot 1989 werd door Dow Chemicals in Terneuzen (NL) 1,4-dioxaan geproduceerd (Dow Chemicals, 2016). Momenteel wordt in Europa 1,4-dioxaan enkel nog geproduceerd door BASF in Ludwigshafen, Duitsland.

3.3.1.3 Productieproces

1,4-dioxaan wordt gesynthetiseerd door de cyclisatie van diethyleenglycol met zwavelzuur als katalysator onder afsplitsing van water (Figuur 2). De voornaamste bijproducten bij de productie van 1,4-dioxaan zijn 2-methyl-1,3-dioxolaan, 2-ethyl-1,3-dioxolaan en acetaldehyde¹.

¹ Deze onzuiverheden in 1,4-dioxaan komen voor in concentraties lager dan 0,1% (Mohr, 2010).



Figuur 2: Productie van 1,4-dioxaan (Mohr, 2010)

3.3.2 Gebruikstoepassingen 1,4-dioxaan

1,4-dioxaan kent een brede toepassing omwille van zijn eigenschappen als oplosmiddel. Het wordt gebruikt als solvent in de chemische industrie, als laboratorium reagens, in kunststof, rubber, insecticiden en herbiciden, als chemisch intermediair, als onderdeel van polymerisatiekatalysatoren en als extractiemedium voor dierlijke en plantaardige oliën (ATSDR, 2012). De belangrijkste toepassing van 1,4-dioxaan vond echter plaats als stabilisator van solventen.

3.3.2.1 Stabilisator van solventen

In het verleden werd 1,4-dioxaan in hoofdzaak gebruikt als stabilisator in gechloreerde oplosmiddelen en in het bijzonder in 1,1,1-trichloorethaan (Alexeef, 1998; ATSDR, 2012). Ongeveer 90% van de productie van 1,4-dioxaan werd in het verleden aangewend als stabilisator van solventen. De overige 10% van de geproduceerde 1,4-dioxaan wordt aangewend als solvent in de chemische industrie (EC, 2002).

3.3.2.2 1,4-dioxaan als bijproduct

1,4-dioxaan komt voor als bijproduct bij verschillende chemische reacties die gebruikt worden voor de productie van polyesters, zeep en plastics (Mohr, 2010).

1,4-dioxaan is een bijproduct bij de productie van polyethyleentereftalaat (PET) plastics. 1,4-dioxaan wordt gevormd bij de esterificatie van ethyleenglycol, een precursor van zowel PET als 1,4-dioxaan (Ellis and Thomas, 1998). In gezuiverd effluentwater van PET productie sites in Spanje werden concentraties 1,4-dioxaan gemeten tussen 100 en 31.400 µg/l (Romero et al., 1998).

In verzorgingsproducten zoals deodorant, shampoo en cosmetica is 1,4-dioxaan aanwezig in ppm-niveau als gevolg van een nevenreactie bij de productie van alcohol ethoxy ester componenten (AES) zoals natrium lauryl sulfaat (ook wel *sodium laureth sulphate* genoemd), een anionisch surfactant en veelgebruikt detergent in zeep en shampoos.

3.3.2.3 Overige gebruikstoepassingen

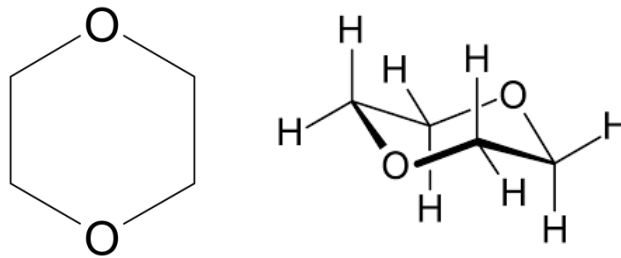
Naast het gebruik van 1,4-dioxaan als stabilisator van solventen, wordt het toegepast in een brede waaier aan producten zoals afbijtmiddelen, kleurstoffen, smeermiddelen en waxen. Eveneens wordt 1,4-dioxaan als onzuiverheid aangetroffen in antivries¹, de-icing producten voor vliegtuigen². 1,4-dioxaan wordt ook gebruikt als zuiveringsmiddel bij de productie van farmaceutische producten. Tot slot kunnen residuen van 1,4-dioxaan aanwezig zijn in voedingsadditieven, in voedselverpakkingsmaterialen of op voedingsgewassen behandeld met pesticiden welke 1,4-dioxaan bevatten zoals plantgerijpte tomaten (EPA, 2014).

3.4 Eigenschappen en gedrag

3.4.1 Fysische en chemische eigenschappen

3.4.1.1 1,4-Dioxaan

1,4-Dioxaan (CAS nr. 123-91-1) is een cyclisch di-ether bestaande uit een 6-ring structuur. 1,4-dioxaan is een dimeer van ethyleenoxide. Naast 1,4-dioxaan bestaan ook 1,2-dioxaan en 1,3-dioxaan evenals verschillende derivaten van dioxaan met gesubstitueerde groepen zoals 4-methyl-1,3-dioxaan.



Figuur 3: Chemische structuur van 1,4-dioxaan

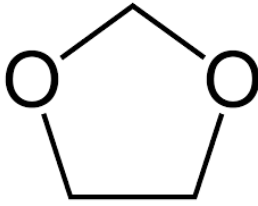
1,4-dioxaan is een kleurloze chemische stof die vloeibaar is bij kamertemperatuur en zeer goed oplosbaar in water. De dichtheid en kookpunt van 1,4-dioxaan is zeer gelijkend aan deze voor water.

¹ Commerciële antivriesproducten voor voertuigen rapporteren een gehalte 1,4-dioxaan lager dan 0,0086% (Mohr, 2010).

² MSDS fiches van de-icing producten rapporteren 1,4-dioxaan concentraties lager dan 0,2ppm (zie ook bijlage 4).

3.4.1.2 1,3-Dioxolaan

1,3-Dioxolaan (CAS nr. 646-06-0) is een heterocyclisch di-ether bestaande uit een 5-ring structuur. 1,3-dioxolaan is zoals 1,4-dioxaan een kleurloze vluchtige vloeistof die zeer goed oplosbaar is in water.



Figuur 4: Chemische structuur van 1,3-dioxolaan

3.4.1.3 Fysische en chemische eigenschappen

Tabel 2 geeft een overzicht van de fysische en chemische eigenschappen van 1,4-dioxaan, 1,3-dioxolaan, 1,1,1-trichloorethaan. Daarnaast worden ook de fysische en chemische eigenschappen van de in Vlaanderen niet-genormeerde afbraakproducten van 1,1,1-trichloorethaan samengevat, namelijk 1,1-dichlooretheen en chloorethaan.

	1,4-dioxaan	1,3-dioxolaan	1,1,1-trichloorethaan	1,1-dichlooretheen	chloorethaan
structuurformule	C ₄ H ₈ O ₂	C ₃ H ₆ O ₂	C ₂ H ₃ Cl ₃	C ₂ H ₂ Cl ₂	C ₂ H ₅ Cl
moleculaire massa (g/mol)	88,11	74,1	133,4	96,95	64,52
kookpunt (°C)	101,1	75	74,1	31,7	12,5
smeltpunt (°C)	11,8	-95	-30,4	-122,5	-138,7
dichtheid (g/cm ³ bij 20°C)	1,033	1,06	1,339	1,213	0,920
vlampunt (°C)	11	-6	geen	-19	-50
oplosbaarheid in water (mg/L bij 25°C)	4,3 x 10 ⁵	1 x 10 ⁶	1.500	2.500	5.740
log K _{ow}	-0,27	-	2,49	1,32	1,43
log K _{oc}	1,23	-	2,03	1,81	1,52
geur	zwak zoete geur	etherachtig	zoete geur	zwak zoete geur	zwak zoete geur

Tabel 2: Fysische en chemische eigenschappen 1,4-dioxaan (ATSDR, 2012), 1,1,1-trichloorethaan (ATSDR, 2006), 1,1-dichlooretheen (ATSDR, 1994) en chloorethaan (ATSDR, 1998)

3.4.2 Gedrag in bodem en grondwater

Ten gevolge van de beperkte adsorptie-eigenschappen van 1,4-dioxaan aan bodemdeeltjes (lage Koc-waarde) treedt gemakkelijk uitloging op naar het grondwater. Wanneer 1,4-dioxaan in het milieu terecht komt, treedt als gevolg van uitloging meestal een grondwaterverontreiniging op. 1,4-Dioxaan heeft een hoge oplosbaarheid in water en vormt hiermee een azeotroop¹ mengsel. Biodegradatie blijkt zeer beperkt te zijn omwille van de zeer stabiele etherbinding in 1,4-dioxaan (zie ook paragraaf 3.4.3). Bioaccumulatie van 1,4-dioxaan in biota wordt verondersteld beperkt te zijn (NICNAS, 1998).

3.4.2.1 Modelling grondwaterpluim

1,4-dioxaan is zeer goed oplosbaar in water en heeft een zeer lage retardatiefactor. Deze stofeigenschappen zijn bepalend voor de mobiliteit van 1,4-dioxaan in het grondwater. In Tabel 3 worden de oplosbaarheid, partiticoëfficiënt organisch koolstof/water (Koc) en retardatiefactor van gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan samengevat, zoals deze werd gehanteerd in de modellering (Figuur 5).

	1,1,1-TCA	1,1-DCA	CA	1,4-dioxaan
Oplosbaarheid in water (mg/l bij 25°C)	1.290	8.700	60	431.000 (zeer goed oplosbaar)
Koc (l/kg) (1)	426	130	125	17
Retardatiefactor (2)	7,1	2,9	2,8	1,1

(1) Koc: partiticoëfficiënt organisch koolstof/water. Op basis van de Koc-waarde en fractie organisch koolstof in de bodem kan de partiticoëfficiënt bodem/water (Kd) worden berekend. Deze is een maat voor de sorptie van een stof aan de bodemmatrix.

(2) Retardatiefactor is de mate waarin de verspreiding van een stof in de bodem vertraagt door reversiebele sorptie aan de bodemmatrix. De retardatiefactor is evenredig met de bodem-waterpartiticoëfficiënt (Kd-waarde) en werd bepaald bij een organisch koolstofgehalte van 2%.

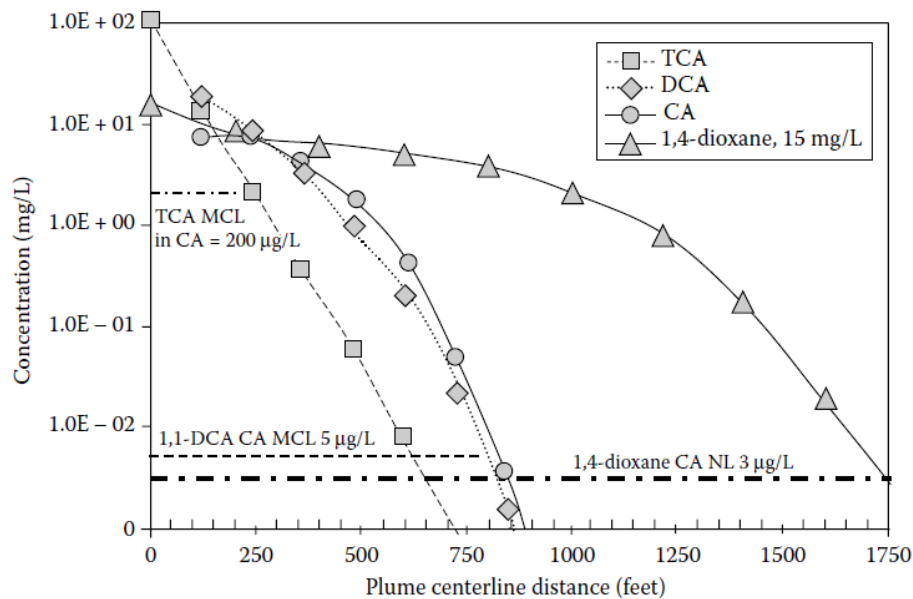
Tabel 3: Stoftransport eigenschappen gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (bron: 1,4-dioxaan (ATSDR, 2012), 1,1,1-trichloorethaan (ATSDR, 2006), en chloorethaan (ATSDR, 1998))

De stofeigenschappen tonen aan dat van 1,4-dioxaan een significant grotere oplosbaarheid in water en een lagere affiniteit voor sorptie aan bodempartikels heeft en dus veel mobieler is in grondwater dan de gechloreerde ethanen.

Figuur 5 geeft de modellering van de pluimlengte van gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan weer aan de hand van model BIOCHLOR². De modellering gaat uit van bronconcentratie 1,1,1-TCA van 100.000 µg/l en 15.000 µg/l 1,4-dioxaan die gedurende 10 jaar continu aanwezig is. De modellering werd gebaseerd op basis van geohydrologische parameters van een case studie op *Cape Canaveral Air Station in Florida (VS)*. Het model gaat uit van 1^e orde afbraak voor de gechloreerde ethanen en geen afbraak van 1,4-dioxaan.

¹ Een azeotroop mengsel is een mengsel van twee of meer componenten waarvan de dampfase dezelfde samenstelling heeft als de vloeistoffase. Hierdoor is het niet mogelijk met behulp van destillatie een mengsel op te zuiveren.

² BIOCHLOR is een model ontwikkeld door de US EPA voor de simulatie van natuurlijke attenuatie van gechloreerde solvents in de bodem. Het model is opgebouwd op basis van stoftransport in de waterfase en afbraakmechanismen.



Figuur 5: BIOCHLOR modellering van transport van gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (Mohr et al. 2010)

Deze modellering toont aan dat de pluimlengte van 1,4-dioxaan tot tweemaal zo groot kan zijn dan de pluimlengte van gechloreerde ethanen. In Figuur 5 wordt naast de gemodelleerde concentratie ook de *maximum contaminant level* (MCL¹) voor 1,1,1-TCA en 1,1-DCA en de *notification level* (NL²) voor 1,4-dioxaan parameter weergegeven die van toepassing zijn in de staat California (VS).

3.4.3 Natuurlijke afbraak

3.4.3.1 Afbraakmechanismen van 1,1,1-TCA

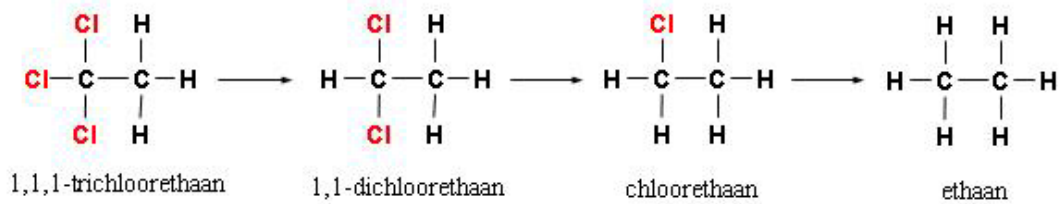
3.4.3.1.1 Anaerobe microbiële afbraak

1,1,1-TCA kan microbiëel worden afgebroken onder anaerobe condities tot 1,1-dichloorethaan, chloorethaan³ en finaal ethaan. Dit biodegradatieproces wordt reductieve dechlorering genoemd en kan als de meest voorkomende afbraakroute onder natuurlijke omstandigheden worden beschouwd (Vogel and McCarty, 1987). Halfwaardetijden van 200 tot 300 dagen zijn in grondwateraquifers waargenomen.

¹ MCL: maximum concentratie van een contaminant die is toegelaten in drinkwater in de Verenigde Staten volgens de *National Primary Drinking Water Regulations* (US EPA, 2016).

² NL: advieswaarde voor maximale concentratie van contaminanten in drinkwater indien geen MCL bepaald is

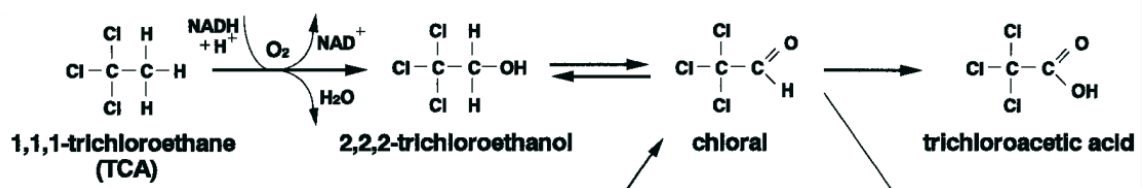
³ Chloorethaan is in Vlaanderen niet genormeerd en wordt niet geanalyseerd in het standaard analysepakket voor VOCl's



Figuur 6: Anaeroob microbiel afbraakproces 1,1,1-TCA

3.4.3.1.2 Aerobe microbiële afbraak

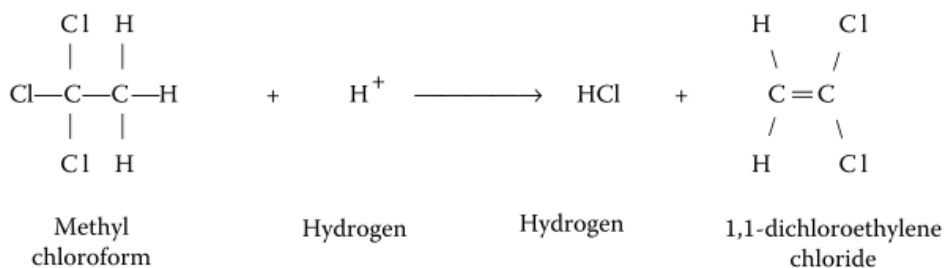
Onder aerobe condities kan 1,1,1-TCA microbiel worden omgezet tot 2,2,2-dichloorethanol. Dit biodegradatieproces wordt aerobe coöxidatie genoemd.



Figuur 7: Aerob microbiel afbraakproces 1,1,1-TCA (naar Hashimoto et al., 2001)

3.4.3.1.3 Abiotische afbraak

Er bestaat voor 1,1,1-TCA ook een abiotisch afbraakproces waarbij 1,1,1-TCA wordt afgebroken naar 1,1-dichlooretheen¹. Dit abiotisch proces wordt chlooreliminatie genoemd. Voor dit proces werden halfwaardetijden tot 1,2 jaar berekend (bij pH 7 en 25°C). Ook de abiotische hydrolyse tot azijnzuur is mogelijk (Vogel et al., 1986).



Figuur 8: Abiotische afbraak 1,1,1-TCA naar 1,1-dichlooretheen

3.4.3.2 Natuurlijke afbraak van 1,4-dioxaan

Uit de literatuur blijkt dat wetenschappelijk onderzoek heeft uitgewezen dat micro-organismen in de bodem moeilijk in staat zijn 1,4-dioxaan volledig af te breken onder natuurlijke condities (Lesage et al, 1990, Mohr, 2010). De stabiliteit van de 2 ether bindingen in de cyclische structuur

¹ 1,1-Dichlooretheen is in Vlaanderen niet genormeerd en wordt niet geanalyseerd in het standaard analysepakket voor VOCl's

van 1,4-dioxaan verklaren het feit dat deze stof moeilijk biodegradeert (Grady et al. 1997). Indien biodegradatie van 1,4-dioxaan optreedt gebeurt deze traag en preferentieel onder aerobe condities¹. Biodegradatie van 1,1,1-TCA (reductieve dechlorering) daarentegen, treedt onder anaerobe condities op.

3.5 Toxicologie, toetsingswaarden en normering

Recent werd in opdracht van de OVAM door VITO een studie uitgevoerd met als doelstelling een grondwatersaneringsnorm voor 1,4-dioxaan voor te stellen (OVAM, 2016b). VITO hanteert in haar studie de benadering en toxicologische evaluatie van WHO die een veilige drinkwaterwaarde voor 1,4-dioxaan afleidt op basis van een TDI die een extra veiligheidsfactor toepast voor niet-genotoxische carcinogeniteit (WHO, 2011). VITO concludeert in haar studie dat een waarde van 50 µg/l beschouwd mag worden als een geschikte grondwatersaneringsnorm voor 1,4-dioxaan. Dit is de toetsingswaarde voor 1,4-dioxaan in grondwater in Vlaanderen (OVAM, 2016a).

Hieronder volgt een beknopt overzicht van de toxicologie en normering van 1,4-dioxaan. Voor meer toelichting wordt verwezen naar het VITO-rapport op de OVAM-website (OVAM, 2016b)

3.5.1 Toxicologie

De toxicologische studies hebben aangetoond dat 1,4-dioxaan carcinogeen is en cytotoxisch voor lever en nieren (ATSDR, 2012). Er is wetenschappelijk nog discussie of 1,4-dioxaan beschouwd dient te worden als genotoxisch of niet-genotoxisch carcinogeen. Op basis van stoffeïenschappen kan echter geconcludeerd worden dat 1,4-dioxaan niet accumuleert in levende organismen (OVAM, 2016b).

3.5.2 Normering

Normen voor 1,4-dioxaan zijn voornamelijk vastgelegd voor drinkwater. In volgende paragrafen wordt een overzicht gegeven van onderzoek naar 1,4-dioxaan in het milieu en de normering.

3.5.2.1 Verenigde Staten

Het eenheidsrisico voor drinkwater van US-EPA bedraagt $2.9 \times 10^{-6} (\mu\text{g/l})^{-1}$, voor een drinkwaterconsumptie van 2 l/dag en een lichaamsgewicht van 70 kg. Voor één extra kankergeval per 100.000 stemt dit overeen met een drinkwaterconcentratie van 3,5 µg/l. In 2005 heeft de staat New Hampshire een drinkwaternorm van 3 µg/l afgeleid op basis van de vorige toxicologische evaluatie van IRIS US-EPA en rekening houdend met een extra kankerrisico van 1 op 1 miljoen. Hoewel de nieuwe afleiding van IRIS al een extra kankerrisico van 1 op 1 miljoen verwacht bij 0,35 µg/l, heeft New Hampshire beslist deze lagere waarde niet over te nemen als drinkwaternorm. De staat heeft wel beslist een norm van 0,35 µg/l op te leggen voor lozingen en afval (DES-NH, 2011).

¹ De fungus *C. sinensis* blijkt in staat onder labo condities 1,4-dioxaan metabool af te breken. De afbraak gebeurt aeroob door monooxygenatie van de heterocyclische ring van 1,4-dioxaan (Nakamiya et al. 2005)

3.5.2.2 Europa

In Duitsland heeft het Umweltbundesamt vanuit het voorzorgsprincipe een richtwaarde van 0,1 µg/l vastgelegd voor zwakke of niet-genotoxische stoffen in drinkwater, zoals 1,4-dioxaan.

In Nederland is door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu tot op heden nog geen norm voor 1,4-dioxaan in het drinkwater bepaald. In het Drinkwaterbesluit (2011) is in principe voor alle stoffen waar geen individuele norm voor is, waaronder 1,4-dioxaan, een signalatiewaarde voor drinkwaterproductie van 1 µg/l vastgesteld. Deze waarde werd vastgelegd in het Donau-, Maas- en Rijn-Memorandum (DMR-Memorandum) (IAWR/IAWD/RIWA, 2008).

3.5.2.3 Japan

Japan hanteert een drinkwaternorm van 50 µg/l voor 1,4-dioxaan (Water Research Foundation, 2014).

3.5.2.4 Samenvatting

Een overzicht van normen en richtwaarden in voornamelijk drinkwater voor 1,4-dioxaan wordt in Tabel 4 gegeven.

Norm/richtwaarde	Waarde	Referentie
Drinkwaternorm	50 µg/l	(WHO, 2005; WHO, 2011)
Drinkwaternorm	3,5 µg/l (extra kankerrisico 1/10 ⁵) (Verenigde Staten)	(IRIS US-EPA, 2010)
Drinkwaternorm	3 µg/l (extra kankerrisico 1/10 ⁶) (New Hampshire, Verenigde Staten)	(DES-NH, 2011)
Drinkwaternorm	50 µg/l (Japan)	(Water Research Foundation, 2014)
Drinkwaternorm	50 µg/l (New York, Verenigde Staten)	(Water Research Foundation, 2014)
Drinkwaternorm	3,2 µg/l (Colorado, Verenigde Staten)	(Water Research Foundation, 2014)
Richtwaarde	0,1 µg/l (Duitsland)	(Water Research Foundation, 2014)
Actieniveau	3 µg/l (Connecticut, Verenigde Staten)	(Water Research Foundation, 2014)
Richtwaarde voor maximale blootstelling	4 µg/l (Maine, Verenigde Staten)	(Water Research Foundation, 2014)
Richtwaarde	0,3 µg/l (Massachusetts, Verenigde Staten)	(Water Research Foundation, 2014)

Norm/richtwaarde	Waarde	Referentie
Advieswaarde	70 µg/l (South Carolina, Verenigde Staten)	(Water Research Foundation, 2014)
Advieswaarde	1 µg/l (Californië, Verenigde Staten)	(Cal-EPA, 2015)
Signalisatiewaarde	1 µg/l (Nederland)	(IAWR/IAWD/RIWA, 2008)
Geadviseerde saneringsnorm grondwater	50 µg/l (Vlaanderen)	(OVAM, 2016a)

Tabel 4: Overzicht normen en richtwaarden voor 1,4-dioxaan

3.6 Onderzoek naar het voorkomen van 1,4-dioxaan in het milieu

3.6.1 Afvalwater

In ongezuiverd afvalwater werd in zowel de Verenigde Staten als Japan 1,4-dioxaan vastgesteld. Op basis van een Japanse studie (Abe, 1999) zou de bron van 1,4-dioxaan in huishoudelijk afvalwater afkomstig zijn van shampoos en detergents¹. Studies uitgevoerd in de VS en Japan, toonden aan dat de concentraties 1,4-dioxaan gemeten in gezuiverd effluent van een waterzuiveringsinstallatie van dezelfde grootteorde waren als de concentraties 1,4-dioxaan in het ongezuiverd afvalwater (Skadsen et al., 2004 en Abe, 1999).

3.6.2 Stortplaatsen

1,4-dioxaan wordt frequent vastgesteld in percolaatwater van stortplaatsen evenals in het omringende grondwater en in stortgas. In stortplaatsen voor gevaarlijk afval in Japan werden concentraties 1,4-dioxaan vastgesteld in percolaatwater van 20 tot 1.370 µg/l (Yasuhara et al., 1997). In de VS werden concentraties 1,4-dioxaan in percolaatwater aangetroffen in grootteorde van 50 tot 100 µg/l (Department of Energy, 2000).

3.6.3 Grondwater

Het meeste onderzoek naar 1,4-dioxaan is van Angelsaksische oorsprong en gepubliceerd door het US EPA. Op basis van de *National Priorities List* (NPL) van het US EPA werden op 31 sites (van de 1.689 geregistreerde NPL sites) in de Verenigde Staten een 1,4-dioxaan verontreiniging in het grondwater vastgesteld. Anderson et al. (2012) toonden in hun studie aan dat 1,4-dioxaan kan geassocieerd worden met trichloorethaan als co-contaminant bij verontreinigingspluimen in grondwater.

Nouwen et al. (2004) vonden in Vlaanderen concentraties van 50 en 280 µg/l 1,4-dioxaan in het grondwater bij grondwaterverontreiniging van respectievelijk 1.800 µg/l en 3.866 µg/l TCA. Verder werden er in de literatuur geen gegevens gevonden over onderzoek naar de aanwezigheid en omvang van grondwaterverontreiniging met 1,4-dioxaan in Europa.

3.7 Meet- en analysemethoden

De US EPA heeft verschillende protocollen ontwikkeld voor de analyse van 1,4-dioxaan in de matrix bodem en (grond)water. Hieronder worden de verschillende protocollen toegelicht evenals de aangeboden analyzenauwkeurigheid in Vlaanderen.

SW-846 Test Method 8270D: Semivolatile Organic Compounds by Gas

¹ Het gehalte 1,4-dioxaan in detergents zou in deze producten zou variëren van 0,2 tot 0,56 mg/l (Abe, 1999)

Chromatography/Mass Spectrometry (EPA, 19498)

Deze methode met volledig spectrum scan heeft een rapportagegrens van 5-10 µg/l voor 1,4-dioxaan in water. Deze methode gevolgd door isotoop dillutie en GC/MS analyse met selectieve ion-monitoring resulteert in een rapportagegrens van 0,15 tot 2 µg/l voor 1,4-dioxaan in water. Deze methode is niet geschikt voor het analyseren van grondstalen.

De klassieke HS GC-MS methode met een rapportagegrens van 10 tot >50 µg/l wordt in Vlaanderen aangeboden door verschillende laboratoria.

SW-846 Test Method 8260B: Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (EPA, 1996)

Conventionele 'purge-and-trap'-methode (bij omgevingstemperatuur) met een volledige spectrumscan heeft een rapportagegrens voor 1,4-dioxaan in water van 200-500 µg/l. Voor grondstalen wordt een rapportagegrens van 0,2 tot 0,5 mg/kg verkregen wanneer deze techniek wordt toegepast.

Wanneer bij deze techniek verwarmde ($80 \pm 5^\circ\text{C}$) 'purge-and-trap' en GC/MS analyse met selectieve ion-monitoring wordt toegepast wordt de rapportagegrens significant lager (2 µg/l). Voor bodemstalen wordt via deze methode een rapportagegrens van 0,002 - 0,005 mg/kg voor 1,4-dioxaan bereikt.

De 'purge-and-trap'-methode met een rapportagegrens van 30 µg/l wordt in Vlaanderen aangeboden.

EPA Method 522: Determination of 1,4-dioxane in drinking water by solid phase extraction and gas chromatography/mass spectrometry with selected ion monitoring (EPA, 2008)

Deze methode is het meest gevoelig voor de analyse van 1,4-dioxaan en bestaat uit een vaste-fase extractie gevolgd door GC/MS analyse met selectieve ion-monitoring. De rapportagegrens voor 1,4-dioxaan in water bedraagt 0,05 µg/l. Deze methode is niet geschikt voor het analyseren van grondstalen

Deze analysemethode met een rapportagegrens van 0,05 µg/l wordt in Vlaanderen aangeboden.

3.8 Saneringstechnieken

3.8.1 Vaste deel van de aarde

1,4-dioxaan migreert typerend snel door de bodem tot in het grondwater als gevolg van zijn hoge wateroplosbaarheid en kookpunt en een lage $\log K_{oc}$ en Henry-constante. Wanneer aanwezig in de bodem, kan uit de fysische eigenschappen afgeleid worden dat 1,4-dioxaan theoretisch voldoende vluchtig is om verwijderd te worden via in-situ bodemluchtexttractie of via thermische desorptie. Bij bodemluchtexttractie is het waarschijnlijk dat 1,4-dioxaan zal migreren naar het poriënwater in de onverzadigde zone. Bij deze techniek dient bijgevolg het bodemvocht

onttrokken te worden om 1,4-dioxaan op een doeltreffende manier te kunnen verwijderen (Horst 2005). 1,4-dioxaan zou theoretisch gezien ook ex-situ kunnen worden verwijderd via cosolvent extractie met water als solvent (fysico-chemische reiniging) vanwege zijn hydrofiel karakter.

3.8.2 Grondwater

1,4-dioxaan is oplosbaar in water en is weinig vluchtig en wordt beperkt vastgehouden door actief kool. Pump-and-treat systemen gecombineerd met luchtstrippen en sorptie aan actief kool worden bijgevolg niet geschikt bevonden als saneringstechnieken.

Chemische oxidatie van 1,4-dioxaan, gebruik makende van permanganaat (Waldemer & Tratnyek, 2006) en geavanceerde oxidatie processen zijn in staat 1,4-dioxaan op een efficiënte manier (ex situ) te verwijderen. De meest toegepaste techniek wereldwijd om 1,4-dioxaan te verwijderen is geavanceerde oxidatie waarbij ofwel UV/waterstofperoxide of ozon/waterstofperoxide wordt toegepast. Operationele ervaring bij het toepassen van deze techniek is slechts beperkt aanwezig. Tenslotte dient het overschot aan waterstofperoxide verwijderd te worden alvorens het water kan worden gebruikt of toegepast (*Committee on Future Options for Management in the Nation's Subsurface Remediation Effort*, 2013). Fentons reagens wordt gebruikt voor de verwijdering van 1,4-dioxaan uit procesafvalwater. Chemische (productie)kosten en lange reactietijd limiteren echter de toepasbaarheid van deze techniek (McGrane, 1997). Het gebruik van Fentons reagens voor het in-situ oxideren van 1,4-dioxaan in het grondwater werd niet gerapporteerd in de literatuur.

Ex-situ bioremediatie van grondwater bestaat uit het in contact brengen van het geëxtraheerde water met micro-organismen gesuspendeerd in bioreactor (EPA, 2006). 1,4-dioxaan wordt verwijderd uit het grondwater via co-metabolisme in de aanwezigheid van tetrahydrofuran (C_4H_8O) (Zenker et al., 2000). Natuurlijke of gestimuleerde in-situ attenuatie door middel van biodegradatie via aangereikte culturen of aquifermaterialen onder verschillende redoxcondities blijken weinig succesvol (Vainberg et al., 2006; Steffan, 2007).

Fytoremediatie blijkt geschikt om 1,4-dioxaan in situ uit het grondwater te verwijderen. Deze techniek kan echter enkel toegepast worden bij bodems waarbij de verontreiniging bereikbaar is voor de plant of in waterrijke gebieden (Dietz & Schnoor, 2001; Aitchison et al., 2000). Fytoremediatie omvat verschillende processen om verontreiniging uit grondwater te verwijderen. Na opname van verontreinigd water door de plant, wordt 1,4-dioxaan gemetaboliseerd of gevolitaliseerd via de bladeren (fytovolitalisatie) of treedt biodegradatie van 1,4-dioxaan op in de rhizosfeer. Dioxaan blijkt snel af te breken in de bladeren onder invloed van UV-licht. Fytoremediatie wordt beschouwd als een relatief goedkoop saneringsalternatief (Aitchison et al., 2000). Sinds 2012 wordt bij Dow Chemicals in Terneuzen (NL) een grondwatersanering van BTEX en dioxaan uitgevoerd a.d.h.v. fyto-remediatie. Er werden in totaal 240 populieren aangeplant over een oppervlakte van 0,8 ha. De sanering is lopende en de saneringsduur wordt geraamd op 10 tot 15 jaar (Dow Chemicals, 2016).

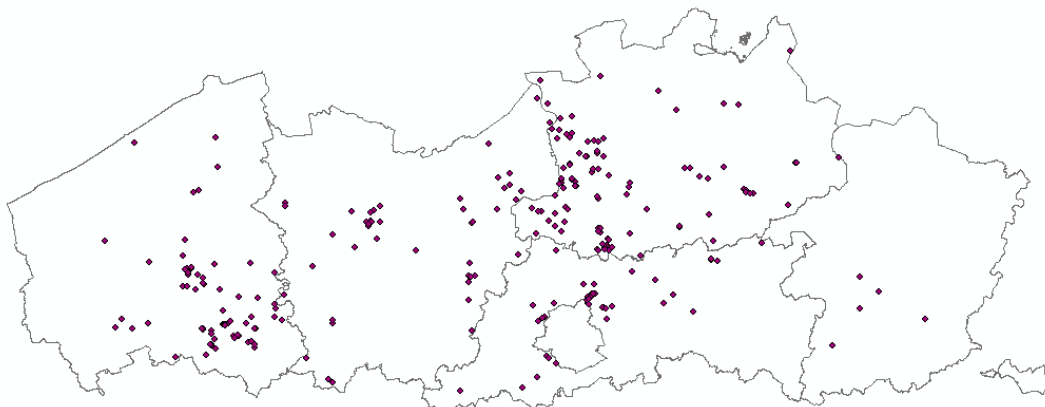
4 Selectie sites meetcampagne

4.1 Inleiding

Op basis van de resultaten uit de literatuurstudie, blijkt het gebruik van 1,4-dioxaan als toeslagstof voor 1,1,1-trichloorethaan de voornaamste bron te zijn voor 1,4-dioxaan in het milieu in Vlaanderen waarbij significante concentraties kunnen worden verwacht. Bijgevolg werd voor de selectie van sites voor uitvoering van een meetcampagne naar 1,4-dioxaan, vertrokken van gekende 1,1,1-TCA verontreinigingen in Vlaanderen. In dit hoofdstuk wordt besproken hoe een selectie van sites in Vlaanderen werd verkregen voor uitvoering van een meetcampagne naar 1,4-dioxaan.

4.2 Beschikbare data

Door de OVAM werd een overzicht van de gekende 1,1,1-TCA-verontreinigingen in Vlaanderen uit de OVAM-databank ter beschikking gesteld. Deze datalijst bevat ca. 273 sites en 2.080 meetwaarden van 1,1,1-TCA boven de bodemsaneringnorm (500 µg/l). In Figuur 9 worden de sites op kaart weergegeven.

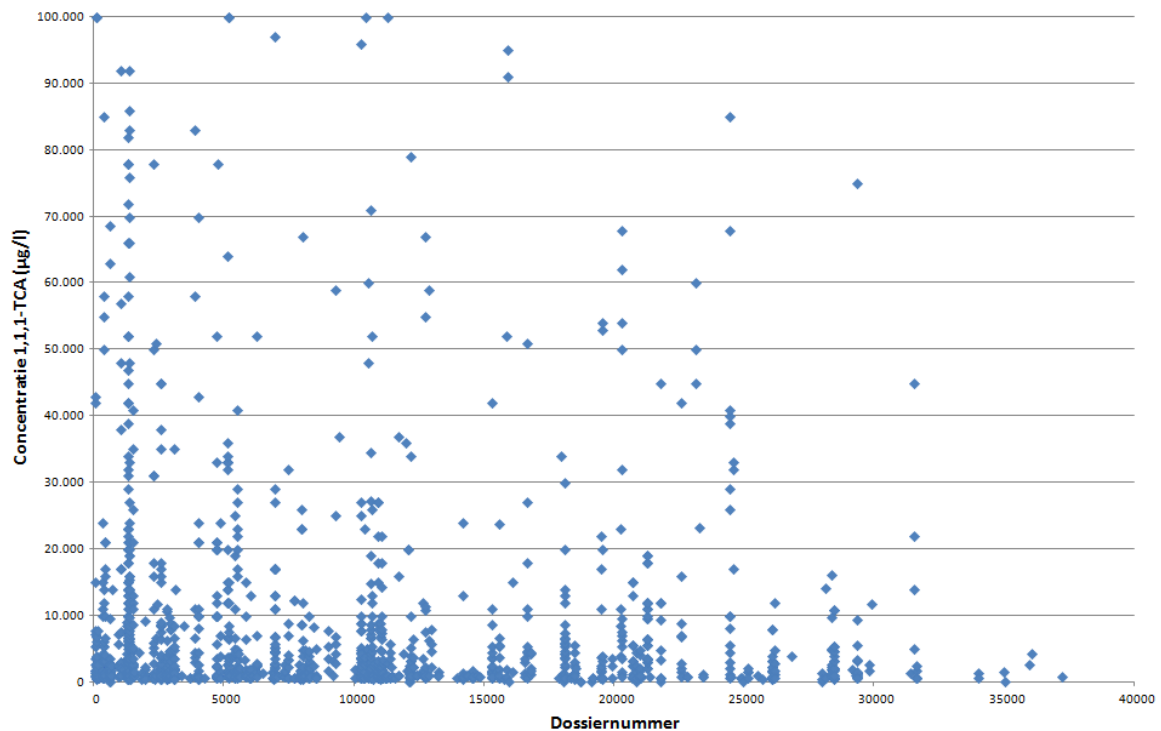


Figuur 9: Sites met meetwaarden 1,1,1-TCA boven de bodemsaneringnorm (500 µg/l) in Vlaanderen

In Figuur 10 wordt de spreiding van de gemeten 1,1,1-TCA-concentraties in grondwater in Vlaanderen weergegeven. Hieruit kunnen globaal volgende zaken worden afgeleid:

- er worden in Vlaanderen meetwaarden 1,1,1-TCA in het grondwater vastgesteld tot 100.000 µg/l. (Enkele uitschieters boven de 100.000 µg/l werden omwille van de leesbaarheid van de grafiek niet weergegeven.);
- de meeste meetwaarden situeren zich tussen bodemsaneringnorm voor 1,1,1-TCA (500µg/l) en 10.000 µg/l.

Er werd een validatie van de basisgegevens uitgevoerd. De waarden uit de database werden getoetst aan de meetwaarden uit bodemonderzoeken van gekende TCA-verontreinigingen. Alle meetwaarden werden in dezelfde eenheid en getalnotatie omgezet.



Figuur 10: Spreiding 1,1,1-TCA concentraties per dossier in Vlaanderen

4.3 Selectie meetlocaties

4.3.1 Methodiek

Op de dataset van 273 sites werden volgende initiële criteria toegepast om een selectie te maken van meetlocaties waarop de aanwezigheid van 1,4-dioxaan in het grondwater is nagegaan (Tabel 5).

criterium	Omschrijving	Selectiemethode
1a	Er werden nog geen saneringsmaatregelen uitgevoerd t.h.v. de TCA-verontreinigingskern. Het bodemdossier is in onderzoeksfase namelijk bodemonderzoek of bodemsaneringsproject. Dossiers in saneringsfase met uitsluitend een grondwatermonitoring worden eveneens weerhouden.	Selectie via status bodemdossier in OVAM webloket
1b	Het bodemdossier is nog niet afgesloten bij de OVAM. Er werd voor de bodemverontreiniging nog geen besluit van geen saneringsnoodzaak na BBO of eindverklaring afgeleverd door de OVAM.	Selectie via status bodemdossier in OVAM webloket en informatie dossierhouder
2	Op de site worden TCA-concentraties in het grondwater aangetroffen hoger dan 5.000 µg/l (10x BSN). Bijgevolg is de te verwachten concentratie aan 1,4-dioxaan > 50 µg/l	Selectie sites met meetgegevens TCA > 5.000 µg/l

Criterium	Omschrijving	Selectiemethode
	bij 1% toeslag, namelijk groter dan de voorgestelde saneringsnorm voor 1,4-dioxaan.	
3	Op de site zijn 3 of meer bestaande peilbuizen met relevante TCA-metingen aanwezig waarop een meting kan worden uitgevoerd.	Selectie sites op aantal meetpunten 1,1,1-TCA

Tabel 5: Selectiecriteria

Na toepassing van deze selectiecriteria werden 58 sites met een TCA-verontreiniging in Vlaanderen weerhouden. Aan deze sites werd op basis van specifieke dossierinformatie, beschikbare bodemonderzoeken en bedrijfsgegevens (via de bedrijfswebsite, indien beschikbaar) de activiteiten gekoppeld die hebben aanleiding gegeven tot een bodemverontreiniging met 1,1,1-TCA.

4.3.2 Weerhouden sites

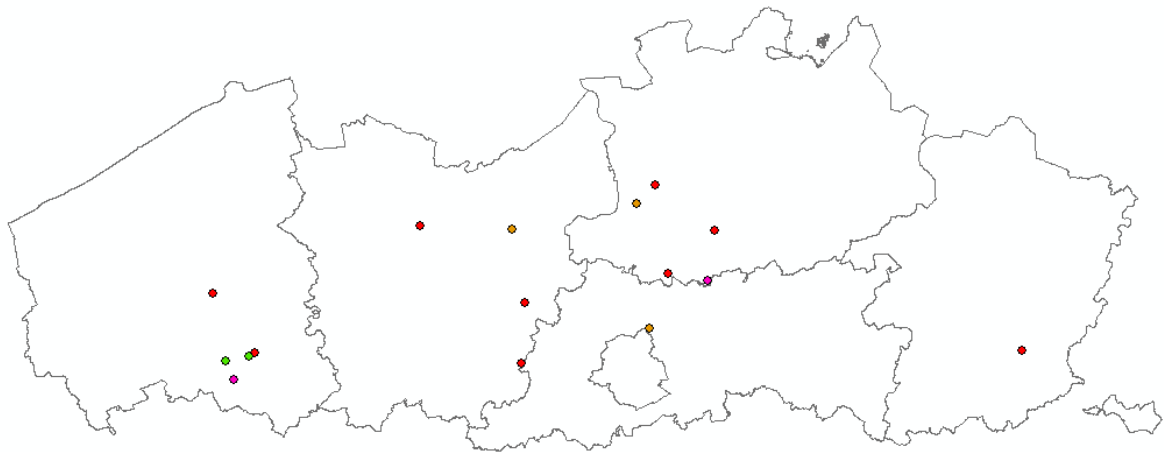
Van de 58 geselecteerde sites, werd op basis van aanvullende actuele gegevens een finale lijst van 42 sites weerhouden op basis van:

- status dossier: geen actieve bodemsanering in uitvoering of dossier afgesloten op basis van aanvullende actuele informatie (o.a. informatie van dossierhouder);
- geen juridische procedure lopende (zoals beroep tegen uitspraak van de OVAM);
- type terrein en toegangsprocedure: terreinen met complexe toegangsprocedure werden niet weerhouden (bijvoorbeeld kerncentrales);
- aanwezigheid peilbuizen: terreinen waarop recent een herontwikkeling werd uitgevoerd waarbij de peilbuizen werden verwijderd, werden niet weerhouden.

Deze sites werden door de OVAM aangeschreven met een informatiebrief. Vervolgens werden de aangeschreven sites telefonisch gecontacteerd voor het verkrijgen van toegang voor uitvoering van een meetcampagne. In totaal werd voor 16 sites verspreid in Vlaanderen toegang verkregen tot het uitvoeren van grondwatermetingen.

4.3.3 Spreiding sites in Vlaanderen

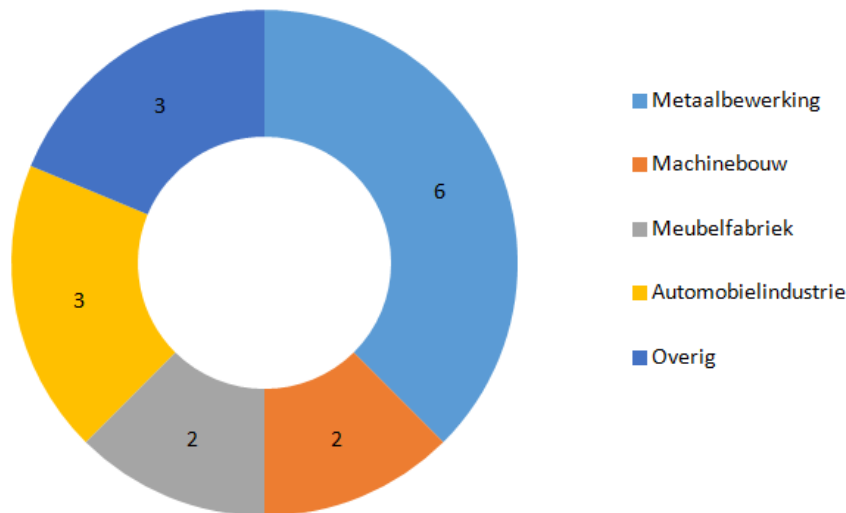
Er werd in kader van deze studie op 16 sites verspreid over de 5 Vlaamse provincies een meetcampagne uitgevoerd. In Figuur 11 worden de 16 sites op kaart weergegeven.



Figuur 11: Weergave locaties sites meetcampagne (16)

4.3.4 Activiteiten sites meetcampagne

De activiteiten die op deze locaties werden uitgevoerd die aanleiding hebben gegeven op grondwaterverontreiniging met 1,1,1-TCA, worden in onderstaand diagram samengevat. Onder de groep metaalbewerking worden volgende activiteiten gegroepeerd: oppervlaktebehandeling metalen, metaalperserij, metaaldraadtrekkerij enzovoort.



Figuur 12: Overzicht huidige of voormalige activiteiten waarbij 1,1,1-TCA werd gebruikt op de sites geselecteerd voor de meetcampagne

5 Veld- en analysecampagne

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de werkwijze van de uitgevoerde veld- en analysecampagne in kader van de meetcampagne besproken.

5.2 Grondwaterstaalname en monsterconservering

Voor ieder van de 16 sites waarop een meetcampagne werd uitgevoerd, werden bestaande peilbuizen (peilbuizen met ondiepe en diepe verfiltering) in de kernzone van de 1,1,1-TCA verontreiniging geselecteerd voor analyse. Per site werden 4 tot 5 peilbuizen bemonsterd. Het veldwerk werd uitgevoerd door Witteveen+Bos in de periode augustus - september 2016. Aanvullend onderzoek naar pluimgedrag van 1,4-dioxaan werd uitgevoerd in de periode februari - mei 2017. De grondwaterstaalnames werden uitgevoerd conform de OVAM richtlijnen, gepubliceerd in het Compendium voor Monsterneming en Analyse.

De grondwaterstalen werden genomen in glazen bruine flessen met HNO₃ conservering. De grondwaterstalen werden gekoeld bewaard en binnen 24 uur aan het laboratorium aangeleverd.

In totaal werden 72 peilbuizen bemonsterd verspreid over 16 sites in Vlaanderen.

5.3 Laboratoriumonderzoek

De analyses werden uitgevoerd door het erkend laboratorium SGS Belgium, Polderdijkweg 16, 2030 Antwerpen. De grondwatermonsters werden geanalyseerd op VOCI's waaronder 1,1,1-TCA en zijn afbraakproducten zoals 1,1-dichloorethaan, 1,1-dichlooretheen en chloorethaan en de toeslagstoffen 1,4-dioxaan en 1,3-dioxolaan. In Tabel 6 worden per analyseparameter de analysemethoden en rapportagegrenzen samengevat.

Parameter	Analysemethode	Rapportagegrens (µg/l)
Standaardpakket VOCI's (11 parameters)	HS - GC-MS	0,1
1,1-dichlooretheen	HS - GC-MS	0,1
chloorethaan	HS - GC-MS	0,1
1,4-dioxaan	HS - GC-MS en EPA Method 522	10 en 0,05
1,3-dioxolaan	HS - GC-MS	10

Tabel 6: Overzicht analysemethoden en rapportagegrenzen

HS GC-MS: head space gaschromatografie massaspectroscopie

EPA Method 522: *Determination of 1,4-dioxane in drinking water by solid phase extraction and gas chromatography/mass spectrometry with selected ion monitoring (EPA, 2008)*. Deze methode is het meest gevoelig voor de analyse van 1,4-

dioxaan en bestaat uit een vaste-fase extractie gevolgd door GC/MS analyse met selectieve ion-monitoring. De rapportagegrens voor 1,4-dioxaan in water bedraagt 0,05 µg/l.

Standaard werden de analyses op 1,4-dioxaan uitgevoerd via de HS GC-MS methode. Indien analyseresultaten onder de detectielimiet van 10 µg/l werden gemeten, werd aanvullend een analyse aan een verlaagde rapportagegrens uitgevoerd.

6 Resultaten meetcampagne

6.1 Data meetcampagne

In totaal werden 72 peilbuizen bemonsterd verspreid over 16 sites. De volledige dataset van alle meetresultaten wordt bijgevoegd in bijlage 5. In Tabellen 7 en 8 wordt de beschikbare data van de metingen van 1,4-dioxaan en 1,3-dioxolaan samengevat.

	aantal	percentage
aantal analyses 1,4-dioxaan aan rapportagegrens 10 µg/l	72	-
aantal analyses 1,4-dioxaan aan rapportagegrens 0,05 µg/l	18	-
aantal metingen 1,4-dioxaan boven de detectielimiet (0,05µg/l of 10 µg/l)	61	-
aantal sites met 1,4-dioxaan boven detectielimiet (0,05µg/l of 10 µg/l)	16/16	100%
aantal sites met 1,4-dioxaan boven voorgestelde saneringsnorm (50 µg/l)	13/16	81%
aantal sites met 1,4-dioxaan boven 10x voorgestelde saneringsnorm (500 µg/l)	10/16	63%
aantal meetpunten met 1,4-dioxaan boven voorgestelde saneringsnorm (50 µg/l)	34/72	47%

Tabel 7: Overzicht meetdata 1,4-dioxaan

	aantal	percentage
aantal analyses 1,3-dioxolaan aan rapportagegrens 10 µg/l	72	-
aantal sites met 1,3-dioxolaan boven detectielimiet (*)	6/16	38%
aantal peilbuizen met 1,3-dioxolaan boven detectielimiet	9/72	13%

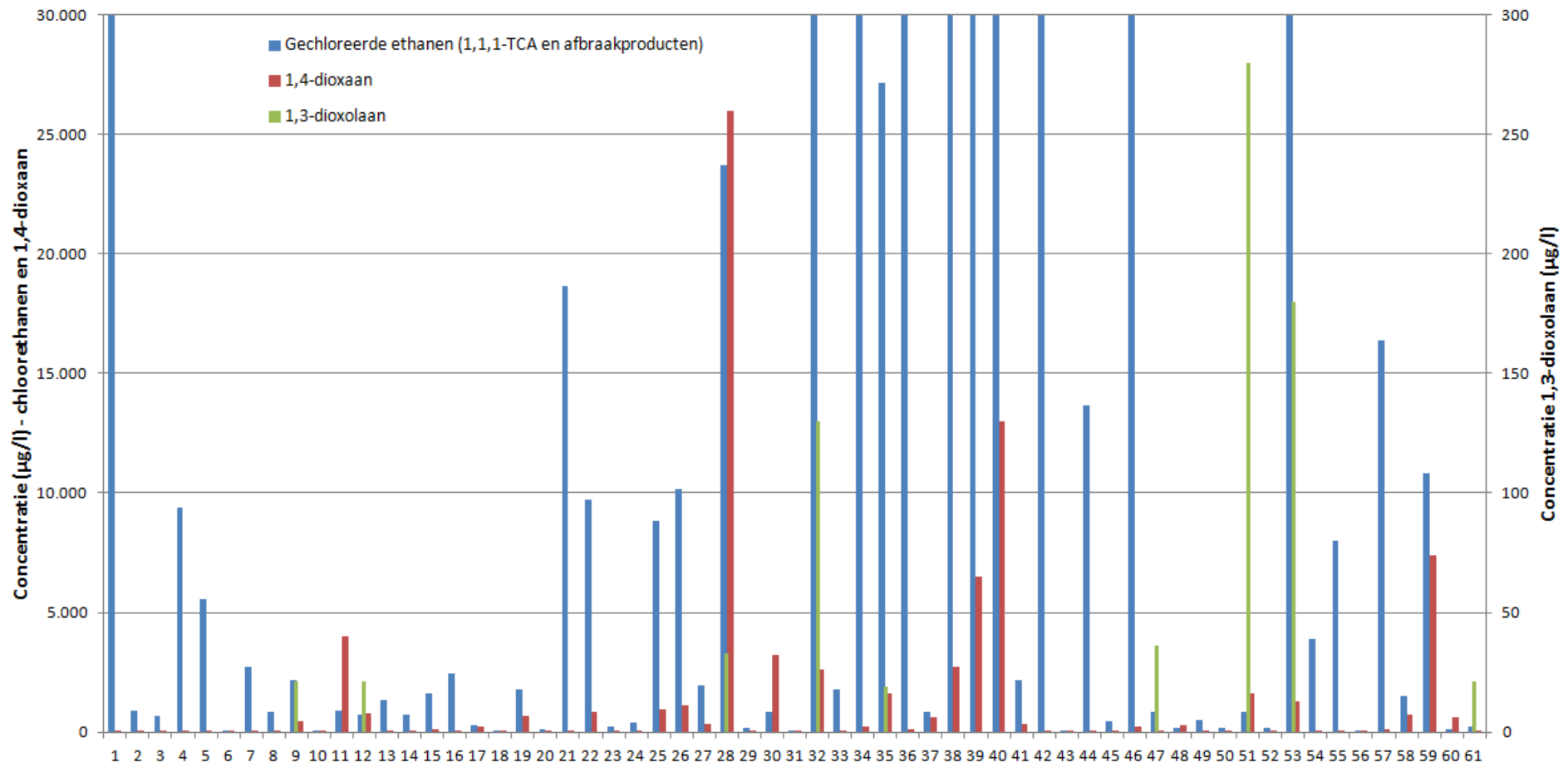
(*) Voor 1,3-dioxolaan bestaat er geen saneringsnorm of drinkwaternorm in Vlaanderen of in de literatuur

Tabel 8: Overzicht meetdata 1,3-dioxolaan

Figuur 13 toont een histogram van de meetdata van 61 meetpunten (concentraties boven detectielimiet) voor de parameters gechlloreerde ethanen (som 1,1,1-TCA, 1,1-DCA, 1,1-DCE en CA), 1,4-dioxaan en 1,3-dioxolaan. De linkse verticale as werd afgesneden op 30.000 µg/l om de leesbaarheid van de grafiek te verhogen. De rechtse verticale as heeft betrekking op de concentraties 1,3-dioxolaan.

Uit dit histogram blijkt dat meetpunten waar hoge concentraties 1,4-dioxaan worden gemeten niet altijd hoge concentraties gechlloreerde ethanen worden vastgesteld en omgekeerd. In sommige peilbuizen wordt een hogere 1,4-dioxaan concentratie vastgesteld dan de som van gechlloreerde ethanen.

1,3-dioxolaan wordt gemeten ter hoogte van meetpunten waar ook 1,4-dioxaan wordt vastgesteld. De gemeten concentraties 1,3-dioxolaan liggen een factor 10 tot 50 lager t.o.v. de 1,4-dioxaan concentraties.



Figuur 13: Histogram met meetwaarden som chloorethanen, 1,4-dioxaan en 1,3-dioxolaan van 61 meetpunten (chloorethanen en 1,4-dioxaan t.o.v. linkse verticale as; 1,3-dioxolaan t.o.v. rechtse verticale as)

Op basis van de resultaten van de meetcampagne worden volgende vaststellingen en conclusies gemaakt:

- er wordt 1,4-dioxaan in het grondwater gemeten op alle 16 meetlocaties met een maximaal gemeten concentratie 1,4-dioxaan van 26.000 µg/l;
- op 13 van de 16 sites (81%) wordt de toetsingswaarde voor grondwater voor 1,4-dioxaan (50µg/l) overschreden;
- er wordt op 6 van de 16 sites 1,3-dioxolaan gemeten in het grondwater. 1,3-dioxolaan wordt steeds samen met verhoogde gehalten aan 1,4-dioxaan vastgesteld;
- de gemeten concentraties 1,4-dioxaan liggen vaak beduidend hoger dan de verwachte concentratie op basis van het bronproduct (gestabiliseerd TCA met 1% tot 16% 1,4-dioxaan).
- er worden op sommige meetlocaties hogere 1,4-dioxaan concentraties vastgesteld dan de som van gechloreerde ethanen.

In volgend hoofdstuk wordt een verdere analyse van de meetresultaten uitgevoerd aan de hand van de ratio's tussen gechloreerde ethanen en toeslagstoffen in het grondwater.

7 Analyse en bespreking van de resultaten

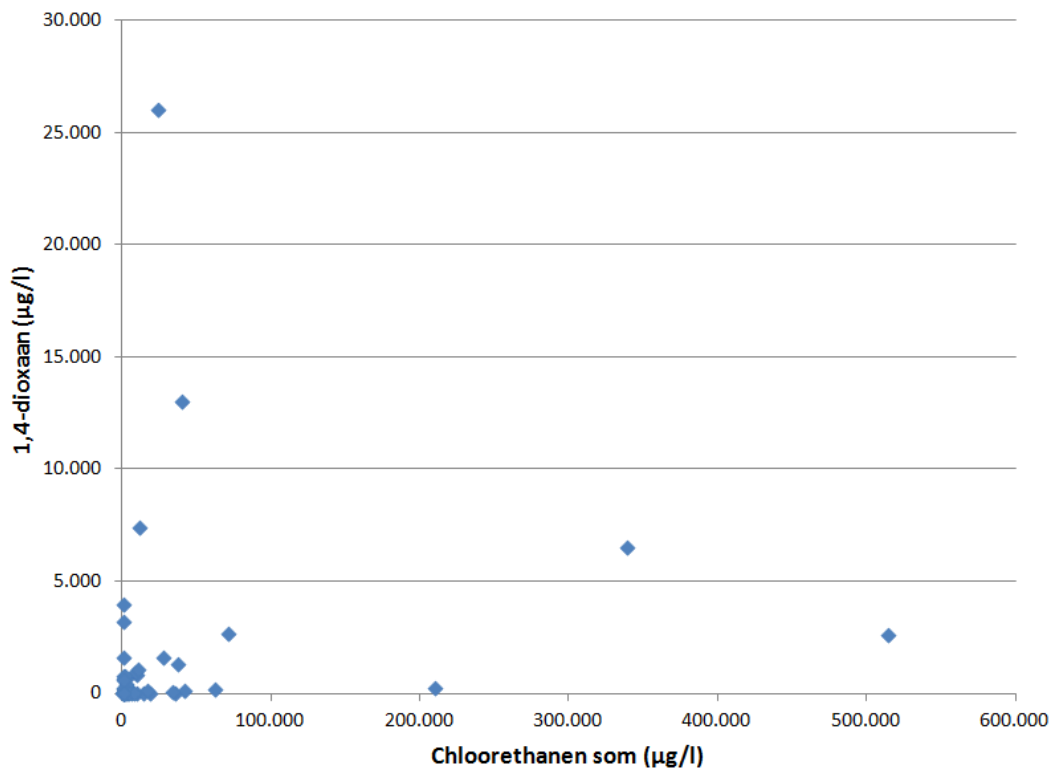
7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een verdere analyse van de meetdata uitgevoerd. Er wordt ingegaan op de verhoudingen van de gemeten concentraties 1,4-dioxaan ten opzichte van zijn moederproduct namelijk 1,1,1-TCA, alsook op het verspreidingsgedrag en de invloed van natuurlijke afbraak op de aangetroffen concentraties.

1,3-dioxolaan wordt omwille van de beperkte gemeten aanwezigheid in het grondwater, niet verder behandeld in deze analyse.

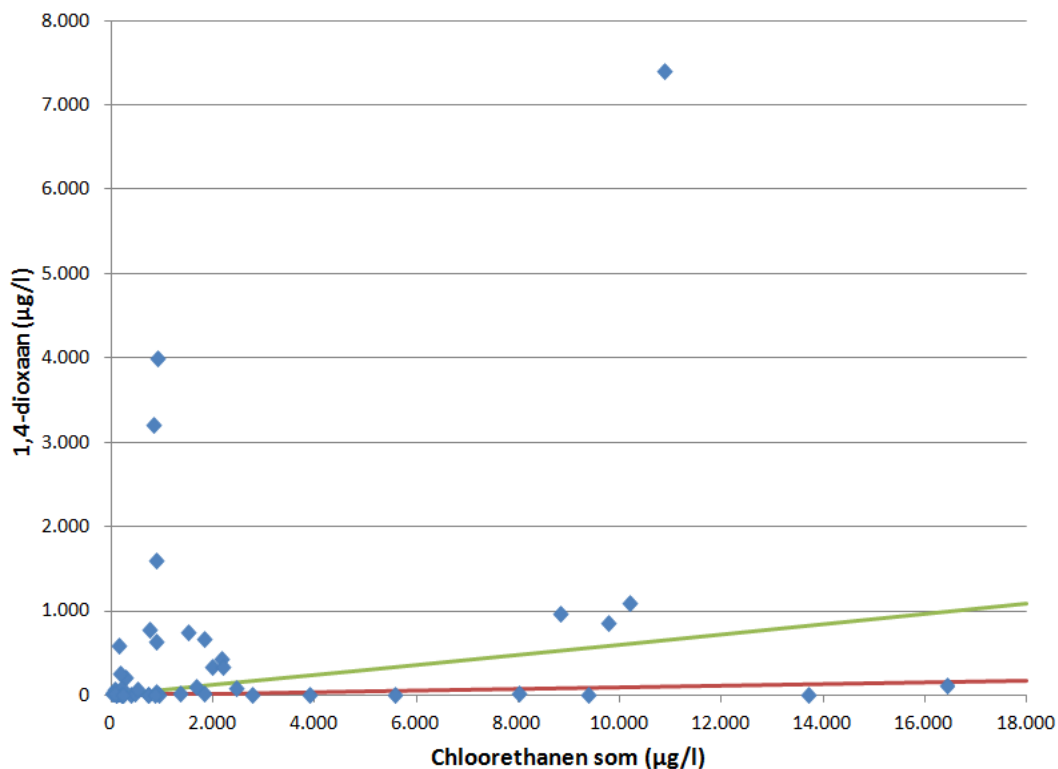
7.2 Verhouding gechloreerde ethanen en toeslagstoffen

In Figuur 14 worden de meetwaarden voor de som van chloorethanen (1,1,1-trichloorethaan en afbraakproducten namelijk 1,1-DCA, 1,1-DCE en CA) en 1,4-dioxaan met meetwaarden boven de detectielimiet weergegeven (n=61).



Figuur 14: Spreiding meetwaarden som chloorethanen en 1,4-dioxaan > DL (n=61)

In Figuur 15 worden de meetwaarden met som chloorethanen groter dan 20.000 µg/l in de grafiek niet weergegeven zodoende de leesbaarheid van de grafiek te verhogen. Aanvullend worden de 1%-verhouding (rode lijn) en 6%-verhouding (groen lijn) tussen 1,4-dioxaan en chloorethanen weergegeven welke de theoretische verhoudingen zijn van het bronproduct namelijk 1,1,1-trichloorethaan met 1% tot 6% stabilisator.



Figuur 15: Spreiding meetwaarden som chloorethanen < 20.000 µg/l en 1,4-dioxaan > DL en < 10.000 µg/l (n=48)

In Tabel 9 worden de concentratieverhoudingen (ratio's) van 1,4-dioxaan ten opzichte van de som chloorethanen van de 61 meetpunten samengevat. Er wordt uitgegaan van een bronproduct namelijk 1,1,1-trichloorethaan met 1% tot 6% 1,4-dioxaan.

Concentratieverhouding 1,4-dioxaan /som chloorethanen (%)	aantal (totaal=61)	percentueel
<1	19	31%
1 - 10	16	26%
10 - 50	10	16%
50 - 100	6	10%
> 100	10	16%

Tabel 9: Concentratieverhoudingen 1,4-dioxaan t.o.v. som gechloreerde ethanen per meetpunt (totaal van 61 meetpunten)

Wanneer de analyse wordt gemaakt met betrekking tot de verhouding van 1,4-dioxaan en gechlloreerde ethanen, komt men tot de volgende vaststellingen:

- er blijkt geen correlatie te bestaan tussen de gemeten concentratie chloorethanen en de concentratie 1,4-dioxaan in het grondwater. Vermoedelijk is dit te verklaren door processen in de bodem zoals verschillen in oplosbaarheid, verspreidingsgedrag en biodegradatie van 1,4-dioxaan en gechlloreerde ethanen;
- er wordt percentueel beduidend meer 1,4-dioxaan in het grondwater gemeten dan in het bronproduct, namelijk 1,1,1-TCA met 1% tot 16% stabilisator.

7.3 Verspreidingsgedrag van 1,4-dioxaan in het grondwater

7.3.1 Inleiding

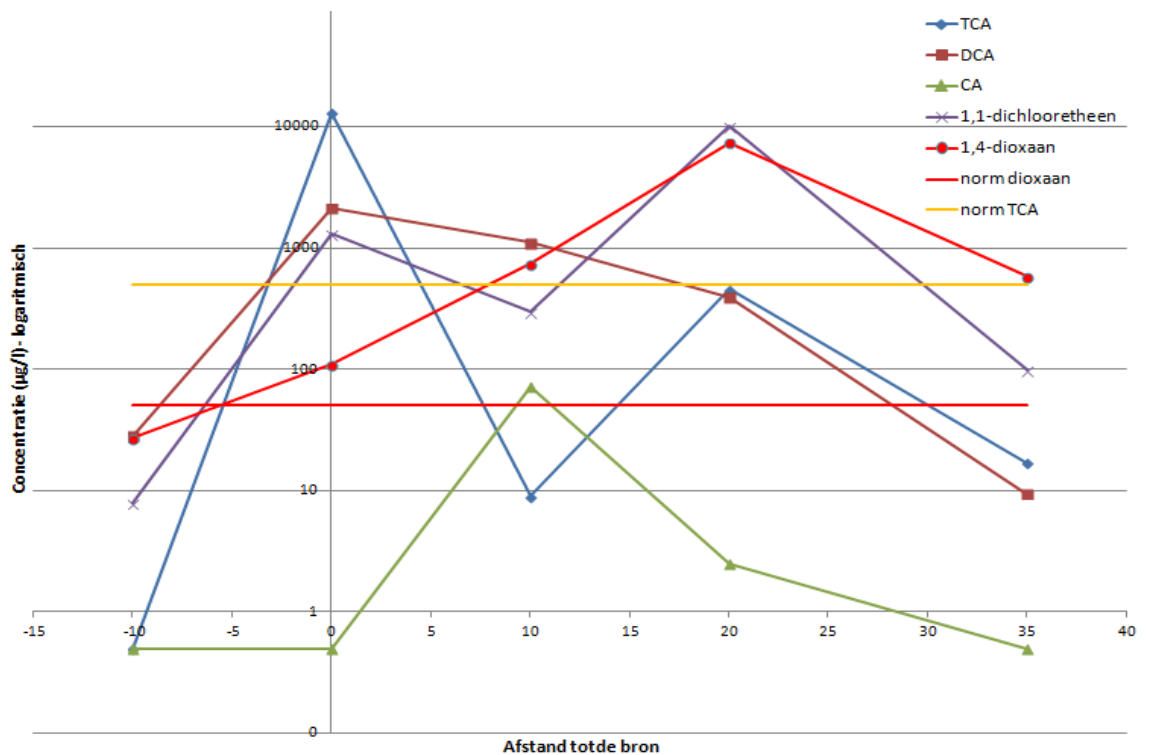
De meetcampagne naar 1,4-dioxaan had als doel op basis van steekproefsgewijze metingen op sites in Vlaanderen de aanwezigheid van toeslagstoffen in het grondwater vast te stellen. Echter kunnen op basis van de verkregen monitoringsdata ook enkele bevindingen worden genoteerd met betrekking tot het verspreidingsgedrag van 1,4-dioxaan in het grondwater.

In hoofdstuk 8 wordt aanvullend onderzoek naar de grondwaterpluim en verspreiding van 1,4-dioxaan besproken.

7.3.1.1 Horizontale verspreiding

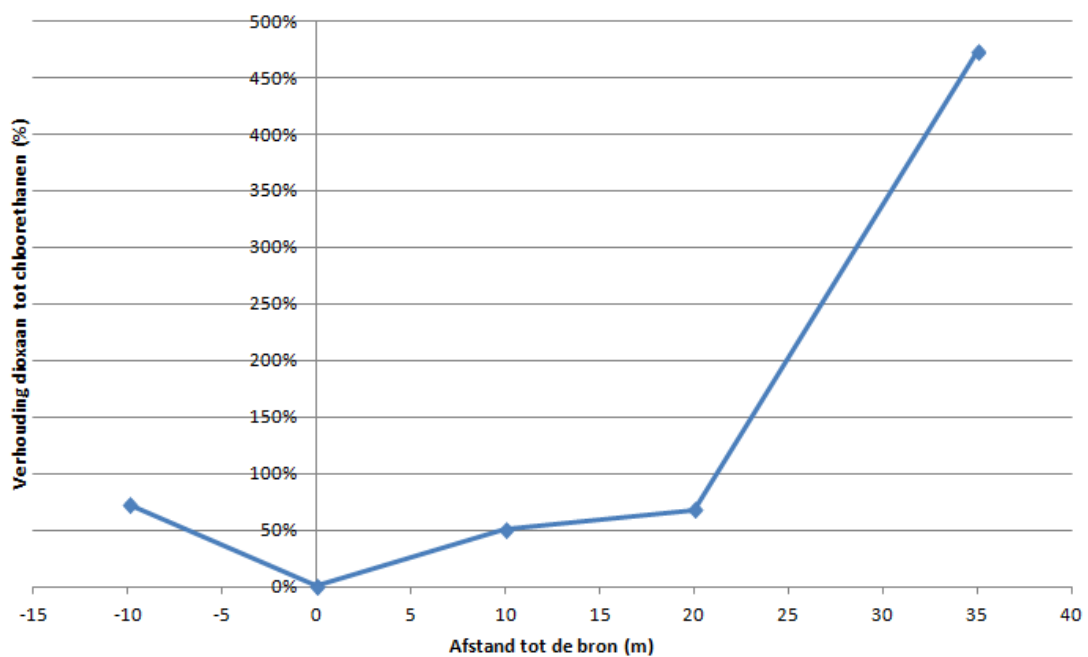
Ten behoeve van de evaluatie van het horizontaal verspreidingsgedrag van 1,4-dioxaan in relatie tot gechlloreerde ethanen, werd site 15 geselecteerd gezien de meetpunten op deze site volgens een duidelijke as langs de grondwaterstromingsrichting ten opzichte van de bron van de verontreiniging gelegen zijn. De meetdata van site 15 worden in Figuur 16 en Figuur 17 weergegeven ten opzichte van de afstand tot de bron van de verontreiniging.

Figuur 16 geeft het concentratieverloop van 1,1,1-TCA, zijn afbraakproducten en 1,4-dioxaan weer ten opzichte van de afstand tot de bronzone (concentratie in logaritmische schaal). Eveneens worden de bodemsaneringnorm voor 1,1,1-TCA en geadviseerde saneringsnorm voor 1,4-dioxaan weergegeven als respectievelijk een gele en rode lijn.



Figuur 16: Concentratieverloop gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (log-schaal) in de verontreinigingspluim volgens de stromingsas van het grondwater (afstanden relatief)

Figuur 17 geeft de concentratieverhouding 1,4-dioxaan ten opzichte van de som van de gechloreerde ethanen weer. Er wordt vastgesteld dat op grotere afstand van de bronzone de verhouding 1,4-dioxaan t.o.v. chloorethanen toeneemt.



Figuur 17: Verhouding dioxaan tot gechloreerde ethanen ten opzichte van de afstand tot de bron (afstanden relatief)

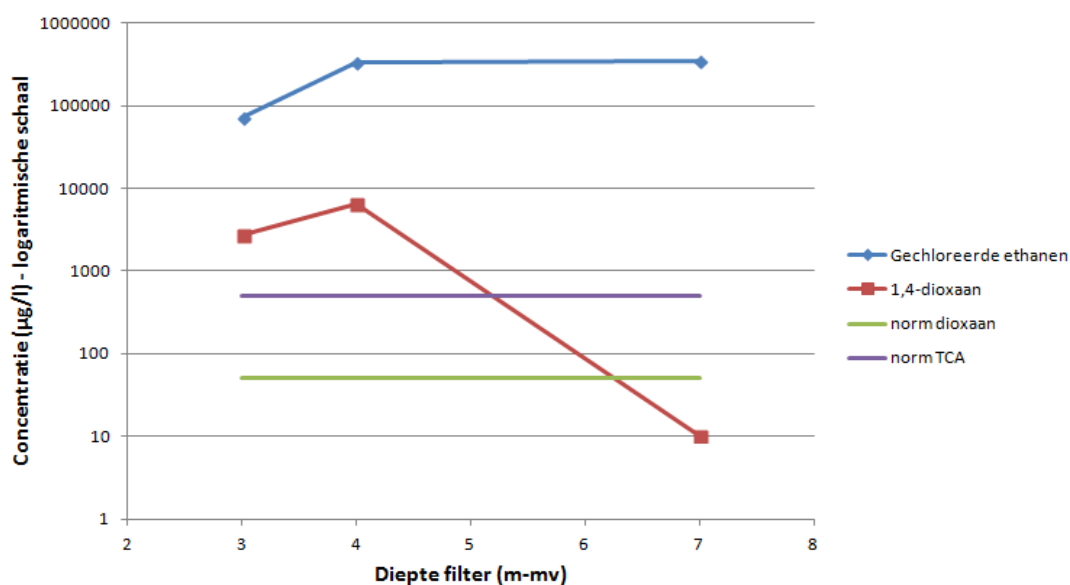
Hoewel in deze beperkte dataset niet de volledige verontreinigingspluim in kaart werd gebracht, kan worden geconcludeerd dat op grotere afstand van de bronzone 1,4-dioxaan in relatief grotere concentraties voorkomt dan gechloreerde ethanen. Deze vaststelling bevestigt de theoretische modellering (zie literatuurstudie, paragraaf 3.4.2).

In hoofdstuk 8 wordt een meer gedetailleerd onderzoek en analyse van het pluimgedrag van 1,4-dioxaan besproken.

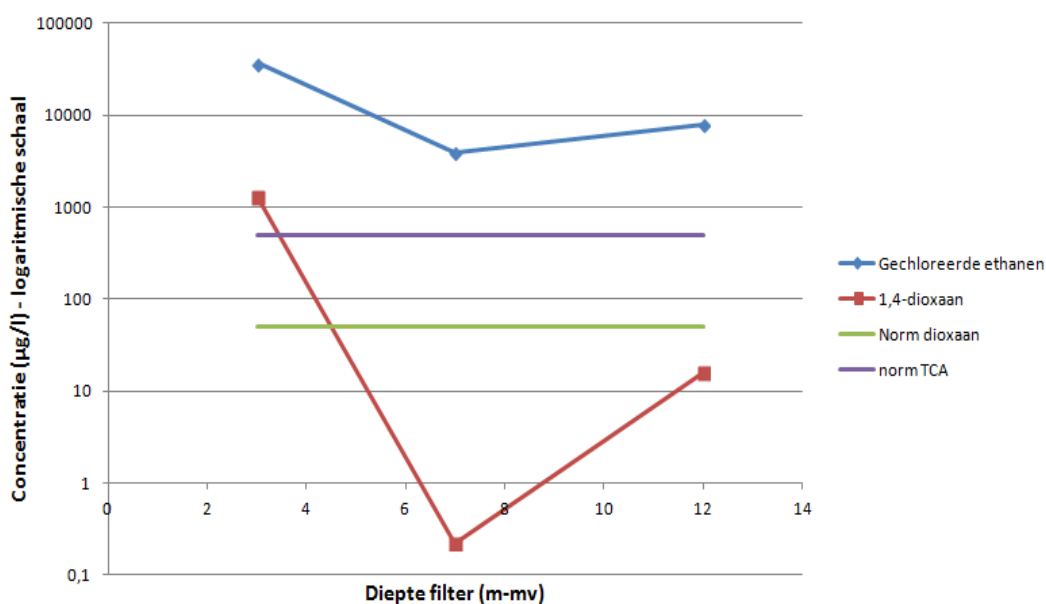
7.3.1.2 Verticale verspreiding

Ten behoeve van de evaluatie van het verticaal verspreidingsgedrag van 1,4-dioxaan in relatie tot gechloreerde ethanen, werden de data van sites 10 en 14 geselecteerd gezien peilbuizen bemonsterd werden met verschillende verticale filterstelling.

In Figuur 18 en Figuur 19 wordt de concentratie gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan ten opzichte van de diepte onder het maaiveld (op basis van filterdiepte peilbuizen) weergegeven. Daarnaast werden ook de bodemsaneringnorm voor 1,1,1-TCA en geadviseerde saneringsnorm voor 1,4-dioxaan weergegeven als referentie.



Figuur 18: Gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan t.o.v. verticale diepte - meetdata site 10



Figuur 19: Gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan t.o.v. verticale diepte - meetdata site 14

Op basis van deze meetdata kan worden vastgesteld dat 1,4-dioxaan zich beperkt of niet verticaal heeft verspreid. Op grotere diepte liggen de concentraties 1,4-dioxaan onder de geadviseerde saneringsnorm, terwijl gechloreerde ethanen zich duidelijk tot op grotere diepte hebben verspreid. Deze bevinden stemmen overeen met de fysische eigenschappen van 1,4-dioxaan, namelijk de dichtheid van 1,4-dioxaan is nagenoeg 1 kg/l in tegenstelling tot de 1,1,1-TCA die een dichtheid heeft van ongeveer 1,3 kg/l (zie literatuurstudie).

Het effect van puur product zones (DNAPLs) op de (verticale) verspreiding van 1,4-dioxaan in het grondwater werd niet nader onderzocht.

7.3.1.3 Conclusies

De volgende voorlopige conclusies kunnen worden genomen voor wat betreft de mobiliteit van 1,4-dioxaan in het grondwater:

- uit de meetdata blijkt dat 1,4-dioxaan zich verder heeft verspreid van de bronzone in vergelijking tot de gechloreerde ethanen en dat de pluimlengte van 1,4-dioxaan hierdoor langer is;
- uit de meetdata blijkt dat 1,4-dioxaan zich beperkt verticaal verspreid (op locaties zonder aanwezigheid van puur product of DNAPLs).

Hoewel deze bevinden zijn gebaseerd op een beperkt aantal meetlocaties en analyseresultaten en dat de conclusies niet statistisch zijn onderbouwd, stemmen deze bevindingen overeen met wat werd geconcludeerd op basis van de literatuur betreffende gedrag van 1,4-dioxaan in het grondwater opgenomen in paragraaf 3.4.2.

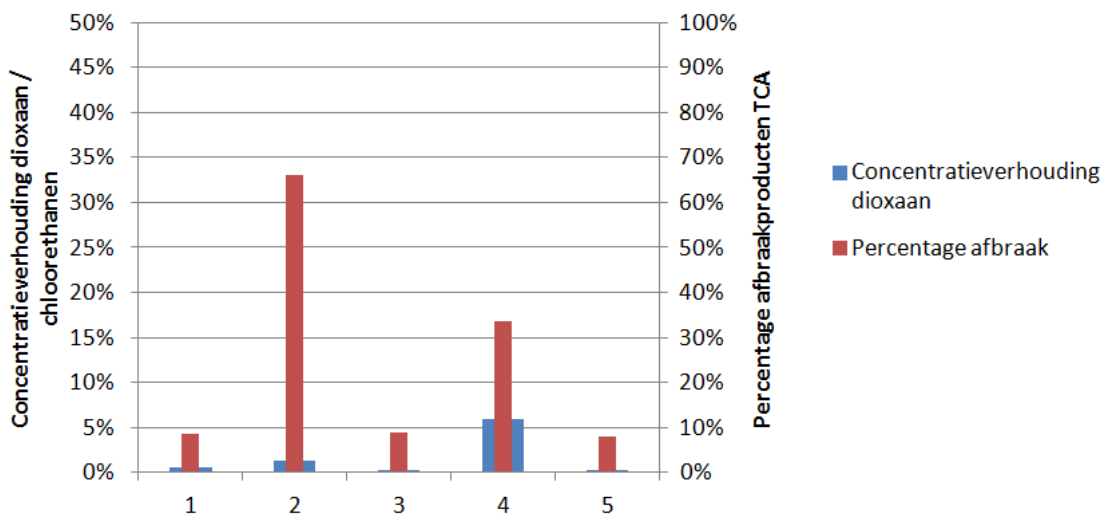
7.4 Afbraak van gechloreerde ethanen in relatie tot 1,4-dioxaan

Naast oplosbaarheid en mobiliteit zijn mogelijk ook de verschillen in natuurlijke biodegradatie in de bodem tussen gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan een bepalende factor die het concentratieniveau van deze contaminanten in de grondwaterpluim bepalen.

7.4.1 Meetdata

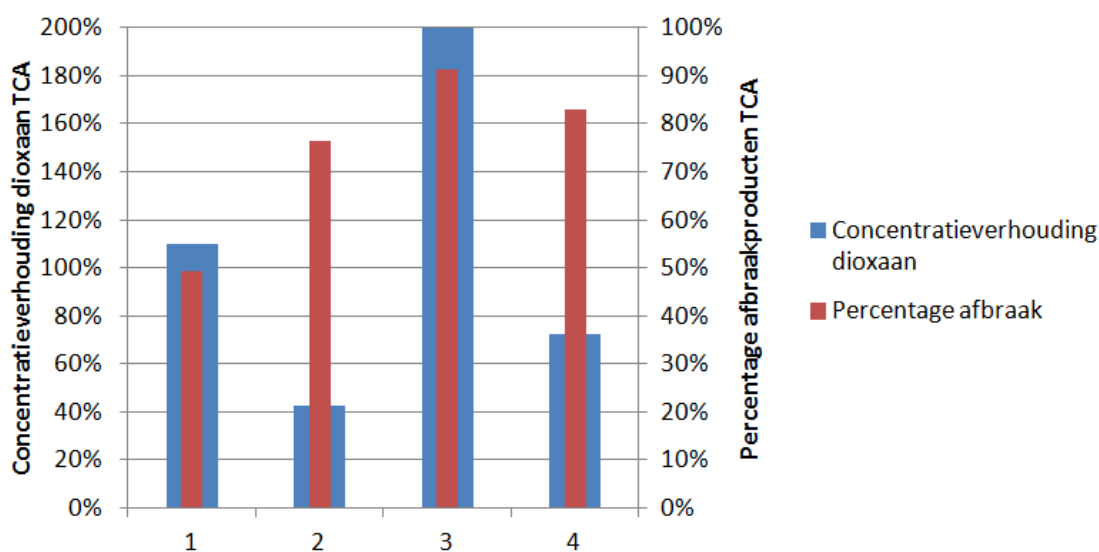
Uit de monitoringsdata van de meetcampagne werd een dataset geselecteerd van enerzijds een meetlocatie (site 8) waar geen afbraak van 1,1,1-TCA werd vastgesteld (het relatief weinig voorkomen van afbraakproducten van 1,1,1-TCA) en anderzijds een meetlocatie (site 9) waar afbraak al in een ver gevorderd stadium was (relatief voorkomen van veel afbraakproducten van 1,1,1-TCA). De mate voor afbraak werd bepaald op basis van de verhouding te berekenen van 1,1,1-TCA tot zijn afbraakproducten met name 1,1-DCE, 1,1-DCA, chloorethaan en vinylchloride.

In Figuur 20 en Figuur 21 worden voor deze meetlocaties de relatieve concentraties 1,4-dioxaan vergeleken met het voorkomen van afbraak van 1,1,1-TCA in de bodem.



Figuur 20: Relatief percentage afbraak 1,1,1-TCA en concentratieverhouding met 1,4-dioxaan voor de meetpunten op site 9

Op basis van de meetdata voor de meetlocatie zonder afbraak (site 9) (zie Figuur 20) blijkt dat indien afbraak van 1,1,1-TCA weinig tot niet is opgetreden, 1,4-dioxaan in een concentratieverhouding <5% wordt gemeten in het grondwater. De verhouding waarin 1,1,1-TCA en 1,4-dioxaan voorkomen in het gestabiliseerd solvent, komt overeen met de gemeten verhouding in het grondwater.



Figuur 21: Relatief percentage afbraak 1,1,1-TCA en concentratieverhouding met 1,4-dioxaan voor de meetpunten op site 8

Uit Figuur 21 blijkt dat wanneer afbraak van 1,1,1-TCA optreedt, dat 1,4-dioxaan in relatief hogere verhoudingen wordt gemeten en zelfs met absolute concentraties hoger dan de gechloreerde ethanen. Merk op dat de concentratieverhouding 1,4-dioxaan t.o.v. 1,1,1-TCA hoger dan 100% ligt.

Op basis van deze bevindingen en in overeenstemming met de literatuurgegevens dat 1,4-dioxaan beperkte tot geen natuurlijke afbraak vertoont, kan worden bevestigd dat:

- 1,4-dioxaan breekt traag of niet af in vergelijking tot 1,1,1-TCA onder natuurlijke condities in de bodem;
- de meetdata doen uitschijnen dat gechloreerde ethanen als gevolg van natuurlijke afbraak uit het grondwater verdwijnen en dat 1,4-dioxaan in het grondwater accumuleert ten opzichte van gechloreerde ethanen.

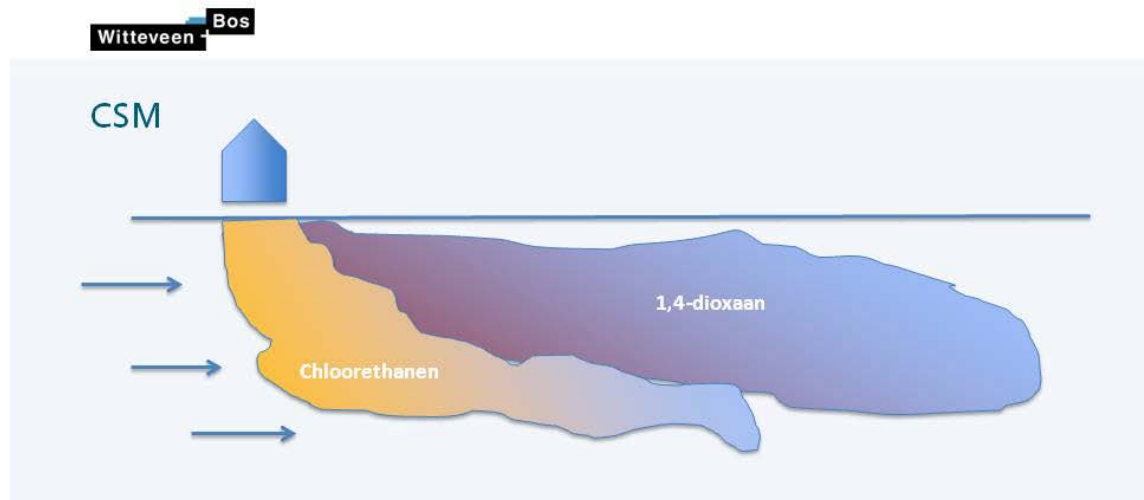
De verschillen in concentratieverhouding zijn te wijten aan verschillende in mobiliteit en het nauwelijks optreden van biodegradatie van 1,4-dioxaan.

Er dient hierbij opgemerkt te worden dat de bevindingen zijn gebaseerd op een beperkt aantal meetlocaties en analyseresultaten en dat de conclusies onvoldoende statistisch zijn onderbouwd.

7.5 Conceptueel model grondwaterverontreiniging 1,4-dioxaan

Op basis van de bevindingen na analyse van de verkregen resultaten uit de meetcampagne zijn volgende voorlopige conclusies te trekken die leiden tot een conceptuele weergave van de verontreinigingspluim van 1,4-dioxaan (Figuur 22).

- de 1,4-dioxaanpluim verspreidt zich tot op grotere afstand van de bronzone dan de grondwaterpluim van gechloreerde ethanen als gevolg van zijn verhoogde mobiliteit en afwezigheid van natuurlijke afbraak;
- de 1,4-dioxaanpluim verspreidt zich meer oppervlakkig in de aquifer dan gechloreerde ethanen.



Figuur 22: Conceptueel model van een verontreinigingspluim gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (concept)

Het verifiëren en valideren van dit conceptueel model maakt onderwerp uit van aanvullend onderzoek in kader van deze studie. Indien uit het voorgesteld conceptueel model de 1,4-dioxaanpluim wordt bevestigd heeft dit consequenties naar aanpak van bodemonderzoek in zowel horizontale als verticale richting, afperking van de verontreinigingscontour en potentiële bedreiging van receptoren stroomafwaarts.

Voorgesteld conceptueel model gaat uit van de afwezigheid van puur product of DNAPL (dense non-aqueous phase liquid) van 1,1,1-TCA in het grondwater. Er kan worden aangenomen dat het verspreidingsgedrag van 1,4-dioxaan complexer is bij aanwezigheid van puur product die naast een bron van 1,1,1-TCA ook een bron van 1,4-dioxaan verontreiniging kan zijn. Het verspreidingsgedrag van 1,4-dioxaan bij aanwezigheid van puur product van 1,1,1-TCA werd in deze studie niet nader onderzocht en kan onderwerp zijn voor verder onderzoek.

8 Onderzoek grondwaterpluim 1,4-dioxaan

8.1 Inleiding

Er werd in kader van deze studie aanvullend onderzoek verricht naar de verspreiding van 1,4-dioxaan in het grondwater. De doelstelling is het verspreidingsgedrag en pluimlengte van 1,4-dioxaan in relatie tot de grondwaterpluim van gechloreerde ethanen in te schatten en potentiële bedreiging van receptoren nader te onderzoeken.

8.2 Monitoring

Op basis van de meetdata van de meetcampagne werden twee sites geselecteerd met name site 3 en site 11, waar aanvullende grondwaterbemonsteringen en analyses op zowel bestaande als nieuw geplaatste peilbuizen over gehele gekende VOCI-pluim werden uitgevoerd. Voor beide sites was een duidelijke VOCI grondwaterpluim aanwezig en een receptor, met name een waterloop, stroomafwaarts van de bronzone.

8.2.1 Site 3

Op deze onderzoekslocatie is een gekende 1,1,1-TCA verontreiniging aanwezig waarvan de afbraakproducten die zich had verspreid in de richting van een nabijgelegen waterloop. De grondwaterverontreiniging met VOCI's werd in het decretaal bodemonderzoek dat werd opgesteld voor deze site afgeperkt op meer dan 100 meter van deze waterloop. De grondwaterverontreiniging met VOCI's werd verticaal afgeperkt op ca. 15 m-mv door een afsluitende kleilaag.

Na stopzetting van de activiteiten op deze site, werd een ontgraving van de bronzone van de verontreiniging uitgevoerd. De grondwaterverontreiniging werd nog niet gesaneerd.

In Tabel 10 worden de uitgevoerde grondwaterstaalnames en analyses op deze onderzoekslocatie samengevat. Op deze site werden 3 aanvullende peilbuizen geplaatst zodoende de grondwaterpluim beter in kaart te brengen.

De filterstelling van de peilbuizen kan algemeen opgedeeld worden in ondiep (1 tot 3 m-mv); tussenliggende grondwaterlaag (5-6 m-mv) en diep (13-15 m-mv).

Veldwerk	Aantal
geplaatste peilbuizen met filterstelling 2-4 m-mv	1
geplaatste peilbuizen met filterstelling 4-6 m-mv	2
grondwaterstaalnames bronzone	9
grondwaterstaalnames pluimzone	10
analyses VOCI's	19
analyses 1,4-dioxaan	19

Tabel 10: Onderzoeksgegevens site 3

De veld- en analyserapporten worden bijgevoegd in bijlage 6.

8.2.2 Site 11

Op deze onderzoekslocatie is een gekende 1,1,1-TCA verontreiniging aanwezig waarvan de afbraakproducten zich over ca. 300 meter hebben verspreid onder een woonwijk in de richting van een nabijgelegen waterloop. De grondwaterverontreiniging werd nog niet gesaneerd. Deze site kent een complexe hydrogeologie met het voorkomen van enkele breuklijnen in de Formatie van Bilzen (breuk van Vroenhoven) waardoor de geologische opbouw er abrupt wijzigt in formaties met minder goede grondwaterpermeabiliteit. Dit heeft mogelijk een invloed op de verspreiding van de grondwaterverontreiniging. Ter hoogte van de pluimzone wordt een minder doorlatende kleilaag vastgesteld op een diepte van ca. 10 m-mv (Dit verklaart mogelijks de opstuwung van de verontreinigingspluim van 1,4-dioxaan en vinylchloride stroomafwaarts, zie Figuur 25).

In Tabel 11 worden de grondwaterstaalnames en analyses op deze onderzoekslocatie samengevat. Op deze site werden 4 aanvullende peilbuizen geplaatst tussen de bronzone en de pluim zodoende het verspreidingspatroon beter in kaart te brengen.

Peilbuizen werden bemonsterd in zowel de ondiepe grondwaterlagen (2-4 m-mv) en diepere grondwaterlagen 8-10 m-mv en 13-15 m-mv.

Veldwerk	Aantal
geplaatste peilbuizen (2-4m-mv)	1
geplaatste peilbuizen (3-5m-mv)	1
geplaatste peilbuizen (4-6m-mv)	2
grondwaterstaalnames bronzone	6
grondwaterstaalnames pluimzone	17
analyses VOCI's	23 (*)
analyses 1,4-dioxaan	23 (*)

(*) waarvan 3 heranalyses

Tabel 11: Onderzoeksgegevens site 11

De boorprofielen en analyseresultaten worden bijgevoegd in bijlage 7.

8.3 Resultaten en bevindingen

8.3.1 Site 3

Op basis van de monitoringsdata (n=19) van de bronzone en grondwaterpluim van 1,4-dioxaan werd voor deze site vastgesteld dat:

- 1,4-dioxaan zich heeft verspreid over een grotere afstand dan de gechloreerde ethanen waardoor de lengte van de grondwaterpluim (concentraties > bodemsaneringnorm) voor 1,4-dioxaan ongeveer een factor 1,5 langer is dan gechloreerde ethanen (1,1,1-TCA en afbraakproducten);
- De grondwaterpluim van 1,4-dioxaan kon niet worden afgeperkt aan de oevers van de waterloop (max. concentraties 1,4-dioxaan 340 µg/l) waardoor er een actuele bedreiging van deze receptor wordt vastgesteld in tegenstelling tot een potentiële bedreiging voor de gechloreerde ethanen;
- 1,4-dioxaan werd in de bronzone niet vastgesteld in de diepere grondwaterlagen tot 13 m-mv;
- 1,4-dioxaan werd zowel in de bronzone als pluimzone in hogere concentraties gemeten dan de gechloreerde ethanen.

8.3.2 Site 11

Op basis van de monitoringsdata (n=23) van de grondwaterpluim van 1,4-dioxaan werd voor deze site vastgesteld dat:

- 1,4-dioxaan heeft zich verspreid over een grotere afstand dan het bronproduct met name 1,1,1-trichloorethaan;
- De lengte van de grondwaterpluim van 1,4-dioxaan is een factor 3,5 groter dan deze van 1,1,1-trichloorethaan (zie ook visualisering in volgende paragraaf);
- Grondwaterpluim van 1,4-dioxaan wordt afgeperkt op dezelfde afstand van de bronzone als de grondwaterpluim van vinylchloride omdat de bodemsaneringnorm voor vinylchloride een factor 10 lager ligt dan deze voor 1,4-dioxaan (zie ook visualisering in volgende paragraaf). Echter zijn de absolute concentraties aan 1,4-dioxaan hoger dan deze voor vinylchloride op deze locatie.
- 1,4-dioxaan wordt verticaal afgeperkt op 13 m-mv (zie ook visualisering in volgende paragraaf). Op deze diepte wordt voor vinylchloride de bodemsaneringnorm (5 µg/l) overschreden met een factor 60.

In volgende paragraaf wordt de pluimlengte van 1,4-dioxaan ten opzichte van gechloreerde ethanen gevisualiseerd in een 3D-model.

8.3.3 Visualisering grondwaterpluim

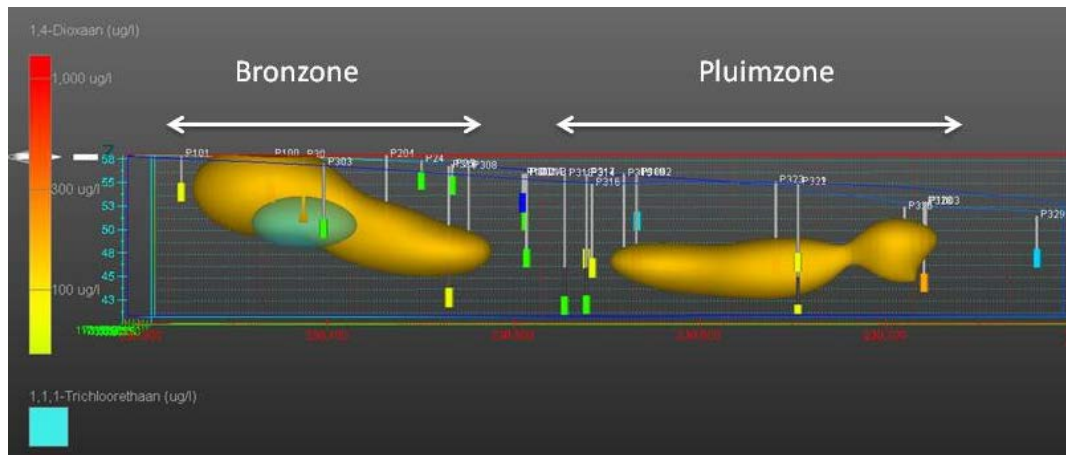
Om het grote aantal aan meetgegevens te interpreteren werden de meetdata in een model gevisualiseerd. De monitoringsdata van site 11 werden gevisualiseerd met behulp van het 4DIM-software EVS-Pro (*Environmental Visualisation System*¹⁴). Het model wordt gebruikt voor de 4-dimensionale visualisatie van de geodata zoals grondwaterverontreinigingen.

Figuren 23-25 tonen weergaven uit het model (verticale doorsneden) van de grondwaterpluim van gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan volgens de stromingsrichting van het grondwater. De grondwaterpluim voor iedere parameter werd bepaald door de overschrijding van de respectievelijke bodemsaneringnorm.

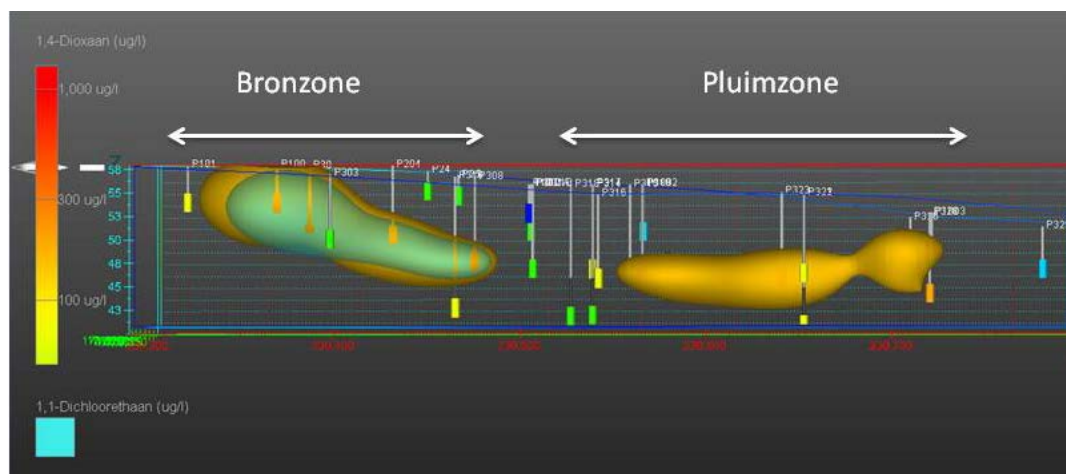
Er dient opgemerkt te worden dat het model de grondwaterpluim visualiseert op basis van de beschikbare meetdata. Tussen de bronzone en de grondwaterpluim werden enkele meetdata verkregen waar geen 1,4-dioxaan werd gemeten terwijl dit niet in overeenstemming is met wat verder stroomafwaarts wordt gemeten¹⁵. Dit is duidelijk zichtbaar in de visualisatie, echter is de oorzaak hiervan niet gekend.

¹⁴ Het model hanteert in de interpolatietechniek 'nearest neighbour' voor de visualisatie van 3D-grondwaterpluimen.

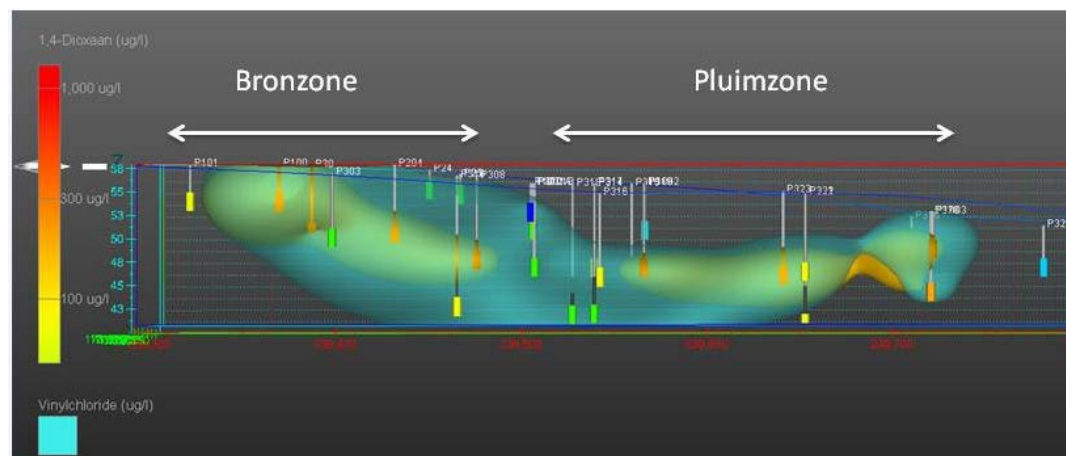
¹⁵ Aanwezigheid van andere bronzones kunnen worden uitgesloten.



Figuur 23: Visualisatie 1,1,1-TCA (blauw) en 1,4-dioxaan (geel)



Figuur 24: Visualisatie 1,1-DCA (blauw) en 1,4-dioxaan (geel)



Figuur 25: Visualisatie vinylchloride (blauw) en 1,4-dioxaan (geel)

8.4 Conclusies pluimgedrag 1,4-dioxaan

Algemeen kan worden geconcludeerd op basis van onderzoeksresultaten van het pluimgedrag van 1,4-dioxaan dat de bevindingen overeenstemmen met de literatuurgegevens inzake pluimgedrag van 1,4-dioxaan. Volgende algemene conclusies worden genomen:

- 1,4-dioxaan is mobieler dan gechloreerde ethanen en de grondwaterpluim van 1,4-dioxaan verspreidt zich over grotere afstand dan 1,1,1-TCA en zijn afbraakproducten;
- Wat betreft pluimgedrag kan 1,1,1-TCA niet als gidsparameter voor 1,4-dioxaan worden gehanteerd;
- 1,4-dioxaan verspreidt zich minder in verticale richting dan 1,1,1-TCA en zijn afbraakproducten;
- Op locaties waar natuurlijke afbraak van 1,1,1-TCA optreedt en het bronproduct nagenoeg volledig is afgebroken, kunnen nog significante concentraties 1,4-dioxaan aanwezig zijn.

9 Inschatting van de problematiek in Vlaanderen

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een inschatting gemaakt van het aantal potentiële verontreiniging met 1,4-dioxaan in Vlaanderen op basis van de gegevens van de 1,1,1-TCA sites in de databank van OVAM en de resultaten bekomen uit deze meetcampagne. Ook wordt een inschatting gemaakt van de bedreiging van receptoren.

9.2 Inschatting van het aantal 1,4-dioxaan verontreinigingen in Vlaanderen

9.2.1 Koppeling met OVAM databank en VLAREM-rubrieken

Op basis van de beschikbare informatie in de databank van OVAM, wordt voor de uitgevoerde meetcampagne in Tabel 12 per activiteitengroep het voorkomen van 1,4-dioxaan boven de voorgestelde saneringsnorm en de vergunde VLAREM-rubrieken (meest voorkomende) samengevat.

Activiteit	Aantal onderzochte sites	Aantal sites 1,4-dioxaan > voorgestelde saneringsnorm	VLAREM-rubrieken
metaalbewerking (plaatperserij, draadtrekkerij, galvanisering)	6	5	4.2; 4.3, 4.6, 17, 29.5, 59
Automobielandustrie	3	3	4.2; 4.3, 4.6, 17, 29.5, 59
Machinebouw	2	2	17, 29.5
Meubelfabriek	2	2	4.2; 4.3, 4.6, 17, 29.5
Solventopslag	1	1	17, 29.5
beeldvormeringssystemen (1)	1	0	17, 29.5, 59
verwerking aerosols (2)	1	0	4.2; 4.3, 4.6, 17, 29.5

(1) concentraties bronproduct (1,1,1-TCA) tot 66 keer bodemsaneringnorm

(2) concentraties bronproduct (1,1,1-TCA) onder richtwaarde t.h.v. bemonsterde peilbuizen

Tabel 12: Vergunde rubrieken op sites van uitgevoerde meetcampagne per activiteit (n=16)

Na analyse van de VLAREM-rubrieken vergund op deze sites, wordt vastgesteld dat enkele rubrieken een duidelijke relatie hebben met activiteiten waarbij metaalbewerking, metaalontvetting en solventen van toepassing zijn (zie Tabel 12).

VLAREM-rubriek	Omschrijving	aantal sites meetcampagne (max = 16)
4.2; 4.3 en 4.6	Aanbrengen en installaties voor bedekkingsmiddelen (oppervlaktebehandeling zoals verven vernissen, metaalpoeders)	9
29.5	Metalen of voorwerpen uit metaal (bewerken of behandeling van metalen)	16
59	Processen met organische oplosmiddelen	4

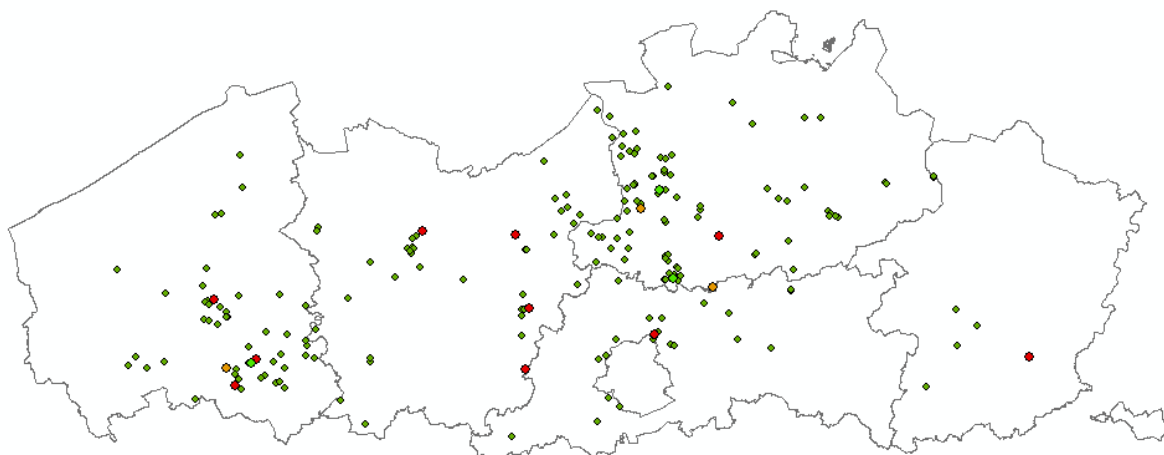
Tabel 13: Frequentie voorkomen VLAREM-rubrieken sites meetcampagne

Er wordt op basis van bovenstaande geconcludeerd dat de VLAREM-rubrieken 4.2, 4.3, 4.6, 29.5 en 59 en subrubrieken kunnen gerelateerd worden aan het voorkomen van 1,1,1-TCA en bijgevolg 1,4-dioxaan in het milieu. Deze rubrieken gelden dus als een indicatie voor het voorkomen van 1,1,1-TCA en 1,4-dioxaan in het milieu.

9.2.2 Inschatting aantal 1,4-dioxaan pluimen

Op basis van de uitgevoerde analyse worden de sites waarop een 1,1,1-TCA verontreiniging aanwezig is en voornoemde rubrieken vergund zijn (zie Tabel 13), beschouwd als sites met een potentiële 1,4-dioxaan verontreiniging in het grondwater. Er wordt aangenomen dat sites met een 1,1,1-TCA verontreiniging waar deze rubrieken niet vergund zijn geweest, dus ook geen activiteiten hebben uitgevoerd zoals metaalbewerking met gebruik van een gestabiliseerde formule van 1,1,1-TCA. Na steekproefsgewijze controle van 1,1,1-TCA sites waarbij deze rubrieken werden vergund, werden volgende activiteiten vastgesteld namelijk droogkuis, aannemingsbedrijf, detailhandel in bouwmaterialen, productie van rubberproducten, productie van textielgrondstoffen, fotografische en inkt producten, productie van spuitbussen, productiecoatings enzovoort.

Er wordt aangenomen in deze analyse dat het vergund zijn van VLAREM-rubrieken 4.2, 4.3, 4.6, 29.5 en 59 op de site een indicatie is voor het aantreffen van 1,1,1-TCA en bijgevolg 1,4-dioxaan in het grondwater. Echter dient opgemerkt te worden dat dit op basis van de uitgevoerde meetcampagne (i.e. steekproef uit 273 sites) niet bevestigd kan worden aangezien op alle 16 sites één van deze rubrieken vergund zijn. Onderzoek op aanvullende sites kan dit bevestigen.



Figuur 26: Potentiële locaties 1,4-dioxaan verontreinigingen in Vlaanderen (groen), gekende 1,4-dioxaan verontreinigingen (rood en oranje)

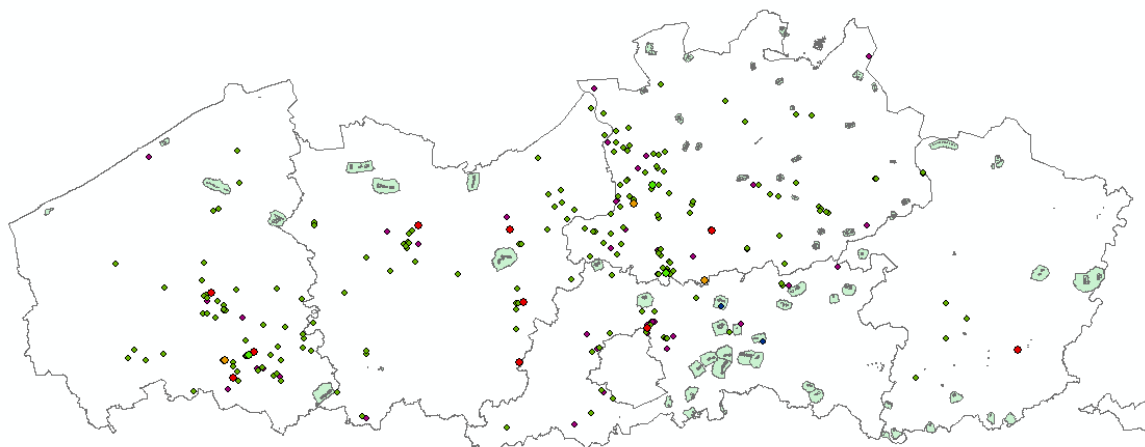
Van de 273 1,1,1-TCA sites werden 227 sites weerhouden waarbij de VLAREM-rubrieken 4.2, 4.3, 4.6, 29.5 en 59 vergund zijn. In Figuur 26 worden de potentiële locaties waar 1,4-dioxaan verontreinigingen aanwezig kunnen zijn (227 sites) op kaart weergegeven (groene markeringen). De rode en oranje markeringen zijn de gekende 1,4-dioxaan pluimen op basis van de uitgevoerde meetcampagne.

In kader van beleidsmatig advies wordt voorgesteld alle 1,1,1-TCA sites in Vlaanderen als potentiële sites met een 1,4-dioxaan verontreiniging te beschouwen zolang niet sluitend is aangetoond dat bepaalde sites op basis van specifieke activiteiten als niet verdacht dienen te worden beschouwd.

9.3 Inschatting bedreiging receptoren

9.3.1 Drinkwaterwinnings en beschermingszones

De drinkwaterwinnings en beschermingszones in Vlaanderen zijn een potentiële receptor voor grondwaterverontreinigingen. In Figuur 27 worden de drinkwaterwinnings op kaart weergegeven samen met de 273 gekende 1,1,1-TCA verontreinigingen. Twee verontreinigingspluimen in Vlaams Brabant liggen in een drinkwaterwinningsgebied.



Figuur 27: Drinkwaterwinnings, beschermingszones en 273 1,1,1-TCA sites

Voor de site te Kessel-Lo wordt de bedreiging van het grondwaterwingsgebied als gevolg van een potentiële verontreiniging met 1,4-dioxaan gering geschat omwille van de afstand van de grondwaterverontreiniging tot het wingsgebied en de relatief lage concentraties aan 1,1,1-TCA die in het grondwater werden vastgesteld. Er wordt geadviseerd een controlemonitoring uit te voeren naar de aanwezigheid van 1,4-dioxaan in het grondwater aan de stroomafwaartse zijde van het terrein.

Voor de site te Haacht wordt een bedreiging van het grondwaterwingsgebied reëel geacht omwille van het feit dat in de monitoringsput tussen de grondwaterverontreiniging en winningszone gelegen, concentraties 1,1-DCA boven de bodemsaneringnorm worden vastgesteld. Er wordt geadviseerd een controlemeting op 1,4-dioxaan uit te voeren t.h.v. de monitoringsput evenals monitoring peilbuizen waar 1,1,1-TCA en/of 1,1-DCA werd vastgesteld.

9.3.2 Oppervlaktewater en waterlopen

Omwille van de grotere mobiliteit en verschillend pluimgedrag van 1,4-dioxaan ten opzichte van gechloreerde ethanen (zie conceptuele weergave in paragraaf 6.5), kunnen oppervlaktewaters en waterlopen sneller worden bedreigd door 1,4-dioxaan dan gechloreerde ethanen. Dit dient in rekening te worden gebracht bij de uitvoering van de DAEB-toetsing (toetsing duidelijke aanwezigheid ernstige bodemverontreiniging) en risico-evaluatie bij uitvoering van bodemonderzoeken.

10 Conclusies en advies

10.1 Inleiding

In opdracht van de OVAM werd een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen van 1,1,1-trichloorethaan in het grondwater in Vlaanderen. De studie werd uitgevoerd aan de hand van steekproefsgewijze metingen voor de detectie van 1,4-dioxaan op sites in Vlaanderen met een gekende 1,1,1-trichloorethaan verontreiniging.

In dit hoofdstuk worden de conclusies uit deze studie samengevat.

10.2 Conclusies

Op basis van de bekomen resultaten en bevindingen uit deze studie naar 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen van 1,1,1-trichloorethaan in het grondwater in Vlaanderen, worden de volgende conclusies geformuleerd.

Conclusies met betrekking tot **voorkomen van 1,4-dioxaan en 1,3-dioxolaan in Vlaanderen:**

- 1,4-dioxaan wordt gemeten in het grondwater op 1,1,1-TCA sites in Vlaanderen op alle 16 sites waarop een meetcampagne werd uitgevoerd;
- Op basis van steekproefsgewijze metingen werd op 13 van de 16 meetlocaties (81%) 1,4-dioxaan gemeten boven de geadviseerde grondwatersaneringsnorm van 50 µg/l;
- 1,3-dioxolaan wordt aangetroffen op 6 van de 16 sites waar ook 1,4-dioxaan wordt vastgesteld. De gemeten concentraties 1,3-dioxolaan liggen een factor 10 tot 50 lager dan 1,4-dioxaan;
- de gemeten concentraties 1,4-dioxaan in het grondwater liggen vaak beduidend hoger dan op basis van het bronproduct (gestabiliseerd 1,1,1-TCA) kan worden verwacht;
- het voorkomen van 1,4-dioxaan wordt voornamelijk gelinkt aan activiteiten met gebruik van 1,1,1-TCA waarbij VLAREM-rubrieken 4.2, 4.3, 4.6, 29.5 en 59 vergund zijn (de afwezigheid van deze rubrieken sluit het voorkomen van 1,4-dioxaan echter niet uit);
- het aantal mogelijke 1,4-dioxaanpluimen in Vlaanderen wordt geraamd op ongeveer 270;
- door de grote mobiliteit van 1,4-dioxaan in het grondwater is de bedreiging van receptoren zoals oppervlaktewater, drinkwaterwinningen en grondwaterwinningen door deze verontreinigingsparameter realistisch.

Conclusies met betrekking tot het **pluimgedrag van 1,4-dioxaan:**

- 1,4-dioxaan is zeer mobiel in grondwater door zijn zeer goede oplosbaarheid in water en zeer beperkte sorptie aan organische stof in de bodem;
- 1,4-dioxaan breekt weinig tot niet af onder natuurlijke condities in het grondwater;
- 1,4-dioxaan vertoont grotere grondwaterpluimen dan zijn bronproduct 1,1,1-TCA en andere gechloreerde ethanen;
- 1,4-dioxaan lijkt zich minder in verticale richting te verspreiden dan 1,1,1-TCA en zijn afbraakproducten waardoor 1,4-dioxaan ook in het ondiepe grondwater kan worden aangetroffen (op sites zonder puur product of DNAPLs);
- op locaties waar natuurlijke afbraak van 1,1,1-TCA optreedt en het bronproduct nagenoeg volledig is afgebroken, kunnen nog concentraties 1,4-dioxaan boven de toetsingswaarde aanwezig zijn;

- Wat betreft pluimgedrag kan 1,1,1-TCA niet als gidsparameter voor 1,4-dioxaan worden gehanteerd.

Conclusies met betrekking tot het voorkomen van in Vlaanderen **niet-genormeerde parameters 1,1-dichlooretheen en chloorethaan in het grondwater**:

- Op basis van de meetdata van deze meetcampagne werd vastgesteld dat de in Vlaanderen niet-genormeerde afbraakproducten van 1,1,1-TCA namelijk 1,1-dichlooretheen en chloorethaan in significante concentraties worden vastgesteld in het grondwater;
- 1,1-dichlooretheen werd op de onderzoekslocaties frequent boven de Nederlandse interventiewaarde van 10µg/l en chloorethaan boven de Amerikaanse drinkwaternorm van 5 µg/l vastgesteld;

Voor een meer gedetailleerde bespreking inzake 1,1-dichlooretheen en chloorethaan wordt verwezen naar de nota in bijlage 8.

10.3 Aanbevelingen inzake onderzoek naar 1,4-dioxaan

De voornaamste aanbeveling op beleidsniveau op basis van de huidige bevindingen en resultaten uit deze studie bestaat erin dat 1,4-dioxaan als verdachte parameter in bodemonderzoeken wordt opgenomen indien 1,1,1-trichloorethaan een verdachte parameter is¹⁶. Op basis van de specifieke stoffeigenschappen van 1,4-dioxaan kan 1,1,1-trichloorethaan niet als gidsparameter worden gehanteerd bij bodemonderzoek en risico-evaluatie.

Bij het onderzoek en risicobeoordeling van 1,4-dioxaan dient rekening gehouden te worden met de specifieke eigenschappen en gedrag van de 1,4-dioxaan in de bodem zoals:

- zeer goede wateroplosbaarheid en hoge verspreidingsnelheid van 1,4-dioxaan in het grondwater;
- vertonen van een vaak grotere grondwaterpluim dan het bronproduct 1,1,1-trichloorethaan en zijn afbraakproducten;
- zeer beperkte tot niet optredende natuurlijke biodegradatie van 1,4-dioxaan in het grondwater.

Bovenstaande stoffeigenschappen van 1,4-dioxaan geven aanleiding tot reële bedreiging van mogelijke receptoren zoals grondwaterwinningen en oppervlaktewater die deskundig dienen onderzocht te worden bij de risico-evaluatie.

10.4 Aanbevelingen inzake onderzoek naar 1,3-dioxolaan

Op basis van de resultaten en bevindingen in dit onderzoek wordt 1,3-dioxolaan aangetroffen op enkele 1,1,1-TCA sites waar ook 1,4-dioxaan wordt vastgesteld. De gemeten concentraties 1,3-dioxolaan liggen beduidend lager dan 1,4-dioxaan. Er ontbreekt zowel in Vlaanderen als internationaal een normkader voor 1,3-dioxolaan in het grondwater.

¹⁶Door de OVAM werd in de vernieuwde standaardprocedure beschrijvend bodemonderzoek d.d. februari 2017 opgenomen dat indien voor de stof 1,1,1-TCA in grondwater een beschrijvend bodemonderzoek noodzakelijk is, in het BBO het grondwater eveneens dient te worden onderzocht op de aanwezigheid van 1,4-dioxaan.

10.5 Aanbevelingen inzake onderzoek naar 1,1-dichlooretheen en chloorethaan

Op basis van de resultaten en bevindingen uit dit onderzoek, wordt voor de in Vlaanderen niet-genormeerde afbraakparameters van 1,1,1-trichloorethaan het volgende geadviseerd:

- Er wordt geadviseerd 1,1-dichlooretheen en chloorethaan op te nemen in het standaard analysepakket voor VOCI's;
- Op basis van de stoffeïenschappen van 1,1-dichlooretheen en chloorethaan kan 1,1,1-TCA niet als gidsparameter worden gehanteerd bij bodemonderzoek;
- Voor 1,1-dichlooretheen wordt geadviseerd de Nederlandse interventiewaarde van 10µg/l als saneringsnorm te hanteren;
- Er wordt geadviseerd een saneringsnorm voor chloorethaan af te leiden gezien het ontbreken van een eenduidig normkader voor deze parameter.

Bijlage 1: Lijst van tabellen

Tabel 1: Zuiverheid en toeslagstoffen van enkele gechloreerde solventen	14
Tabel 2: Fysische en chemische eigenschappen 1,4-dioxaan (ATSDR, 2012), 1,1,1-trichloorethaan (ATSDR, 2006), 1,1-dichlooretheen (ATSDR, 1994) en chloorethaan (ATSDR, 1998)	18
Tabel 3: Stofftransport eigenschappen gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (bron: 1,4-dioxaan (ATSDR, 2012), 1,1,1-trichloorethaan (ATSDR, 2006), en chloorethaan (ATSDR, 1998))	19
Tabel 4: Overzicht normen en richtwaarden voor 1,4-dioxaan	24
Tabel 5: Selectiecriteria	30
Tabel 6: Overzicht analysemethodes en rapportagegrenzen	32
Tabel 7: Overzicht meetdata 1,4-dioxaan	34
Tabel 8: Overzicht meetdata 1,3-dioxolaan	34
Tabel 9: Concentratieverhoudingen 1,4-dioxaan t.o.v. som gechloreerde ethanen per meetpunt (totaal van 61 meetpunten)	39
Tabel 10: Onderzoeksgegevens site 3	47
Tabel 11: Onderzoeksgegevens site 11	48
Tabel 12: Vergunde rubrieken op sites van uitgevoerde meetcampagne per activiteit (n=16)	52
Tabel 13: Frequentie voorkomen VLAREM-rubrieken sites meetcampagne	53

Bijlage 2: Lijst van figuren

Figuur 1: Jaarlijkse productie van 1,4-dioxaan en 1,1,1-trichloorethaan (methylchloroform) in de Verenigde Staten (Mohr, 2010)	15
Figuur 2: Productie van 1,4-dioxaan (Mohr, 2010)	16
Figuur 3: Chemische structuur van 1,4-dioxaan	17
Figuur 4: Chemische structuur van 1,3-dioxolaan	18
Figuur 5: BIOCHLOR modellering van transport van gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (Mohr et al. 2010)	20
Figuur 6: Anaeroob microbieel afbraakproces 1,1,1-TCA	21
Figuur 7: Aeroob microbieel afbraakproces 1,1,1-TCA (naar Hashimoto et al., 2001)	21
Figuur 8: Abiotische afbraak 1,1,1-TCA naar 1,1-dichlooretheen	21
Figuur 9: Sites met meetwaarden 1,1,1-TCA boven de bodemsaneringnorm (500 µg/l) in Vlaanderen	28
Figuur 10: Spreiding 1,1,1-TCA concentraties per dossier in Vlaanderen	29
Figuur 11: Weergave locaties meetcampagne (16)	31
Figuur 12: Overzicht huidige of voormalige activiteiten waarbij 1,1,1-TCA werd gebruikt op de sites geselecteerd voor de meetcampagne	31
Figuur 13: Histogram met meetwaarden som chloorethanen, 1,4-dioxaan en 1,3-dioxolaan van 61 meetpunten (chloorethanen en 1,4-dioxaan t.o.v. linkse verticale as; 1,3-dioxolaan t.o.v. rechtse verticale as)	35
Figuur 14: Spreiding meetwaarden som chloorethanen en 1,4-dioxaan > DL (n=61)	38
Figuur 15: Spreiding meetwaarden som chloorethanen < 20.000 µg/l en 1,4-dioxaan > DL en <10.000 µg/l (n=48)	39
Figuur 16: Concentratieverloop gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (log-schaal) in de verontreinigingspluim volgens de stromingsas van het grondwater (afstanden relatief)	41
Figuur 17: Verhouding dioxaan tot gechloreerde ethanen ten opzichte van de afstand tot de bron (afstanden relatief)	41
Figuur 18: Gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan t.o.v. verticale diepte - meetdata site 10	42
Figuur 19: Gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan t.o.v. verticale diepte - meetdata site 14	43
Figuur 20: Relatief percentage afbraak 1,1,1-TCA en concentratieverhouding met 1,4-dioxaan voor de meetpunten op site 9	44
Figuur 21: Relatief percentage afbraak 1,1,1-TCA en concentratieverhouding met 1,4-dioxaan voor de meetpunten op site 8	45
Figuur 22: Conceptueel model van een verontreinigingspluim gechloreerde ethanen en 1,4-dioxaan (concept)	46
Figuur 23: Visualisatie 1,1,1-TCA (blauw) en 1,4-dioxaan (geel)	50
Figuur 24: Visualisatie 1,1-DCA (blauw) en 1,4-dioxaan (geel)	50
Figuur 25: Visualisatie vinylchloride (blauw) en 1,4-dioxaan (geel)	50
Figuur 26: Potentiële locaties 1,4-dioxaan verontreinigingen in Vlaanderen (groen), gekende 1,4-dioxaan verontreinigingen (rood en oranje)	53
Figuur 27: Drinkwaterwinningen, beschermingszones en 273 1,1,1-TCA sites	54

Bijlage 3: Bibliografie

Abe, A. 1999. Distribution of 1,4-dioxane in relation to possible sources in the water environment. *Science of The Total Environment* 227: 41-47.

Archer, W.L., 1984, A laboratory evaluation of 1,1,1-trichloroethane-metal-inhibitor systems. *Werkstoffe und Korrosion (Materials and Corrosion)* 35: 60–69.

Alexeeff, G. Memorandum: 1,4-dioxane Action Level. 1998. California Office of Environmental Health Hazard.

Aitchison, E. W., S. L. Kelley, J. J. Pedro-Alvarez, Schnoor, J. L. 2000. Phytoremediation of 1,4-dioxane by hybrid poplar trees. *Water Environment Research* 72(3):313-321.

Anderson, R. H., Anderson, J. K., Bower, P. A. 2012. Co-occurrence of 1,4-dioxane with trichloroethylene in chlorinated solvent groundwater plumes at US Air Force installations: Fact or fiction. *Integrated Environmental Assessment and Management* 8(4):731-737.

Ashland Chemical Company, 1996, Material Safety Data Sheet for trichloroethane 111 w/o dioxan, issued January 15, 1996, FSC: 6810, NIIN: 00072116.

ATSDR. 1994. Toxicological profile for 1,1-dichloroethene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

ATSDR. 1998. Toxicological profile for Chloroethane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

ATSDR, 2004, Draft toxicological profile for 1,4-dioxane. Division of Health Assessment and Consultation, U.S. Department of Health and Human Services.

ATSDR. 2006. Toxicological profile of for 1,1,1-trichloroethane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

ATSDR. 2012. Toxicological profile of 1,4-dioxane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

Bachtel, H.J., 1957, United States Patent 2,811,252: Methyl chloroform inhibited with dioxane. Assignee: Dow Chemical Company, Midland, MI.

Bowman, R. H., P. Miller, M. Purchase, Schoellerman, R. 2003. Ozone-peroxide advanced oxidation water treatment system for treatment of chlorinated solvents and 1,4-dioxane. *Contaminated Soils* 8:1-12.

Cal-EPA. 2015. 1,4-Dioxane. California Environmental Protection Agency, State water resources control board.

Committee on Future Options for Management in the Nation's Subsurface Remediation Effort; Water Science and Technology Board; Division on Earth and Life Studies; National Research Council. 2013. *Alternatives for Managing the Nation's Complex Contaminated Groundwater Sites*. The National Academies Press, Washington D.C.

Department of Energy, 2000, Hanford Environmental Report 2000. Hanford, Washington, DC: Pacific Northwest National Laboratory.

DES-NH. 2011. 1,4-Dioxane and Drinking Water. WD-DWGB-3-24. New Hampshire. Environmental Fact Sheet; New Hampshire Department of Environmental Sciences.

Dietz, A. C., Schnoor, J. L. 2001. Advances in phytoremediation. Environmental Health Perspectives Supplements 109(1):163-168.

Doherty, R., 2000b. A History of the Production and Use of Carbon Tetrachloride, Tetrachloroethylene, Trichloroethylene and 1,1,1-Trichloroethane in the United States: Part 2: Trichloroethylene and 1,1,1-Trichloroethane. Journal of Environmental Forensics.1, 83–93.

Dow Chemical Company, 1981, Material Safety Data Sheet for Neu-Tri solvent: Trichloroethylene; #56530, December 14, 1981. FSC: 6810, NIIN: 00-924-7107.

Dow Chemical Corporation, 1985, Material Safety Data Sheet for Dursban, issued October 16, 1985, Midland, MI. FSC: 6840, LIIN: 00D001801.

Dow Chemical Company, 1990, Material Safety Data Sheet for 1,1,1-trichloroethane, inhibited. FSC: 6810, NIIN: 00-476-5612.

Dow Chemicals, 2016, website online te raadplegen op: www.dow.com/nl

EC. 2002. European Union risk assessment report: CAS No. 123-91-1: EINECS No. 204-661-8: 1,4-Dioxane. Luxembourg: European Communities, Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau.

Ellis, R.A. and Thomas, J.S., 1998, United States Patent 5,817,910: Destroying 1,4-dioxane in by-product streams formed during polyester synthesis. Assignee: Wellman, Inc., Shewsbury, NJ

EPA. 2014. Technical Fact Sheet - 1,4-Dioxane.

EPA. 2008. Determination of 1,4-dioxane in drinking water by solid phase extraction and gas chromatography/mass spectrometry with selected ion monitoring, Version 1.

EPA. 2006. Treatment Technologies for 1,4-Dioxane: Fundamentals and Field Applications.

EPA. 1996. Method 8260B (SW-846): Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS), Revision 2.

EPA. 1998. Method 8270D (SW-846): Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS), Revision 4.

Grady, C.P.L., Jr., Sock, S.M., and Cowan, R.M., 1997, Biotreatability kinetics. In: G.S. Saylor, J. Sanseverino, and K.L. Davis (Eds), *Biotechnology in the Sustainable Environment*. New York: Plenum Press.

Greene Stanley A., 2003. International Resources Guide to Hazardous Chemicals. Noyes Publication.

Hartung, R. 1989. Health and environmental effects assessment for 1,4-dioxane. Ann Arbor, Michigan: Gelman Sciences.

Health Council of the Netherlands. 2011. 1,4-Dioxane. Health-based recommended occupational exposure limit. The Hague: Health Council of the Netherlands; publication no. 2011/09.

Horst, J. F. ARCADIS. 2005. Comments on draft Treatment Technologies for 1,4-Dioxane: Fundamentals and Field Applications.

HSDB. 2010. 1,4-Dioxane. Hazardous Substances Data Bank.

Halogenated Solvents Industry Alliance (HSIA), 1994, White paper on methyl chloroform (1,1,1-trichloroethane). http://www.hsia.org/white_papers/paper.html.

Hashimoto et al, 2001. Aerobic Degradation of 1,1,1-Trichloroethane by *Mycobacterium* spp. Isolated from Soil. *Applied and Environmental Microbiology*.

IARC. 1999. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 71. Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide.

IAWR/IAWD/RIWA. 2008. Danube, Meuse and Rhine memorandum 2008.

IRIS US-EPA. 2015. Integrated Risk Information System. 11-8-2010.

Lesage, S., Jackson, R.E., Priddle, M.W., and Riemann, P.G., 1990, Occurrence and fate of organic solvent residues in anoxic groundwater

Lowenheim & Moran, 1975. Industrial Chemicals, WILEY-INTERSCIENCE PUB., NEW YORK, LONDON ETC.

McGrane, W. 1997. Advanced Oxidation Processes for Destruction and Enhanced Biodegradability of 1,4-Dioxane. In: Chemical Oxidation - Technologies for the Nineties: Proceedings of the Sixth international Symposium, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee, April 15-17th, 1996.

Meike, A., 1993, Chemical and mineralogical concerns for the use of man-made materials in the postplacement environment. Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-ID-113383.

Mohr, Stickney en DiGuseppi, 2010, Environmental investigation and remediation. 1,4-dioxane and other solvent stabilizers, CRC Press, USA.

Morrison R. D, 1999. Environmental Forensics. CRC Press.

Nakamiya et al. 2005. Degradation of 1,4-dioxane and cyclic ethers by an isolated fungus. *Appl Environ Microbiol.* 2005 Mar; 71(3):1254-8.

NCI. 1985. Monograph on human exposure to chemicals in the workplace. Bethesda, MD: National Cancer Institute, Division of Cancer Etiology. 86131414.

Nouwen, J., Cornelis, C., Bronders, J. 2004. Voorstel voor een saneringsnorm voor grondwater van 1,4-dioxaan. Studie uitgevoerd in opdracht van OVAM, VITO, Mol. rapport n° 2004/IMS/R/279.

NICNAS. 1998. 1,4-Dioxane Priority Existing Chemical N° 7. Fyll Public Report. National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme.

Occidental Chemical Corporation, 1989, Material Safety Data Sheet for 1,1,1-trichloroethane vapor degreasing grade. FSC: 6810, NIIN: 00-476-5613.

Romero, J., Ventura, F., Caixach, J., Rivera, J., Godé, L.X., and Niñerola, J.M., 1998, Identification of 1,3-dioxanes and 1,3-dioxolanes as malodorous compounds at trace levels in river water, groundwater, and tap water. *Environmental Science and Technology* 32(2): 206–216.

Sigma-Aldrich, 2016. Products ACS grade reagents. Online te raadplegen op: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/402877?lang=en®ion=NL>

Skadsen, J.M., Rice, B.L., and Meyering, D.J., 2004, The occurrence and fate of pharmaceuticals, personal care products, and endocrine disrupting compounds in a municipal water use cycle: A case study in the City of Ann Arbor. Water Utilities, City of Ann Arbor, and Fleis & VandenBrink Engineering, Inc.

Solvents Australia, 2016. MSDS sheet perchloroethylene. Online te raadplegen op: http://www.solvents.net.au/index_htm_files/Perchloroethylene.pdf

SRI. 2003. 1,4-Dioxane. In: 2003 Directory of chemical producers. Menlo Park, CA: SRI International.

Steffan, R. J. 2007. Biodegradation of 1,4-Dioxane. Final report for the Strategic Environmental Research and Development Program. ER-1422.

Suh, J. H., Mohseni, M. 2004. A study on the relationship between biodegradability enhancement and oxidation of 1,4-dioxane using ozone and hydrogen peroxide. *Water Research* 38(10):2596-2604.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1994a, Locating and estimating air emissions from methyl chloroform. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. EPA/454/R-93/045.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1995, EPA Office of Compliance Sector Notebook Project: Profile of the dry cleaning industry. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Enforcement and Compliance Assurance. EPA/310/R-95/001.

USEPA. 2009. Public Health Goal, US-EPA National Primary Drinking Water Regulations. United States Environmental Protection Agency.

Vainberg, S., McClay, K., Masuda, H., Root, D., Condee, C., Zylstra, G., Steffan R. J. 2006. Biodegradation of ether pollutants by *Pseudonocardia* sp. strain ENV478. *Applied and Environmental Microbiology* 72(8):5218-5224.

OVAM (2016a) Toetsingswaarden voor grondwater voor TBA en 1,4-dioxaan. (Beschikbaar op de OVAM-website www.ovam.be)

OVAM(2016b) Herziening voorstel grondwatersaneringsnorm voor 1,4-dioxaan. Geerts L., Cornelis C. Rapport 2015/MRG/R/0169, VITO, Mol (Beschikbaar op de OVAM-website www.ovam.be)

Vogel et al. 1986. Rate of abiotic formation of 11-DCE from 111-TCA in groundwater.

Vogel, T.M. and McCarty, P.L., 1987, Abiotic and biotic transformations of 1,1,1-trichloroethane under methanogenic conditions. *Environmental Science and Technology* 21: 1208–1213.

Water Research Foundation. 2014. 1,4-dioxane White Paper.

Waldemer, R. H., Tratnyek, P. G. 2006. Kinetics of contaminant degradation by permanganate. *Environmental Science & Technology* 40(3):1055-1061.

Weissermel K, Arpe, H-J, 1997. *Industrial Organic Chemistry*. VCH, Third Edition.

World Health Organization (WHO), 1990. 1,1,1-Trichloroethane. International Program on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 136. Geneva: Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Program, the International Labor Organization, and the World Health Organization. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc136.htm>

WHO. 1993. Guidelines for drinking water quality, 2nd edition. World Health Organization, Geneva.

WHO. 2011. Guidelines for drinking water quality, 4th edition. World Health Organization,

Geneva.

WHO. 2005. 1,4-Dioxane in drinking-water. Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality.

WHO. 2004. Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, Draft for review and comments (not for citation), 1,4-Dioxane in drinking-water. Background document for the development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality.

Yasuhara, A., Shiraishi, H., Nishikawa, M., Yamamoto, T., Uehiro, T., Nakasugi, O., Okumura, T., Kenmotsu, K., Fukui, H., Nagase, M., Ono, Y., Kawagoshi, Y., Baba, K., and Noma, Y., 1997, Determination of organic components in leachates from hazardous waste disposal sites in Japan by gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 774(1-2): 11.

Zenker, M. J., Borden, R. C., Barlaz M. A. 2000. Cometabolism of Poorly Biodegradable Ethers in Engineered Bioreactors. In: *Bioremediation and Phytoremediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds*, pg. 421. Proceedings of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds. Monterey, California.

Bijlage 4: MSDS fiches



Fisher Scientific

Part of Thermo Fisher Scientific

SAFETY DATA SHEET

Creation Date 05-May-2009

Revision Date 14-May-2014

Revision Number 1

1. Identification

Product Name 1,4-Dioxane
Cat No. : D111-4, D111-500, D56S-4; D116-4
Synonyms Diox
Recommended Use Laboratory chemicals.
Uses advised against No Information available
Details of the supplier of the safety data sheet

Company

Fisher Scientific
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
Tel: (201) 796-7100

Emergency Telephone Number

CHEMTREC®, Inside the USA: 800-424-9300
CHEMTREC®, Outside the USA: 001-703-527-3887

2. Hazard(s) identification

Classification

This chemical is considered hazardous by the 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

Flammable liquids	Category 2
Serious Eye Damage/Eye Irritation	Category 2
Carcinogenicity	Category 2
Specific target organ toxicity (single exposure)	Category 3
Target Organs - Respiratory system, Central nervous system (CNS), Eyes.	
Specific target organ toxicity - (repeated exposure)	Category 2
Target Organs - Kidney, Liver.	

Label Elements

Signal Word

Danger

Hazard Statements

Highly flammable liquid and vapor

Causes serious eye irritation
 May cause respiratory irritation
 May cause drowsiness or dizziness
 May cause cancer
 May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure



Precautionary Statements

Prevention

Obtain special instructions before use
 Do not handle until all safety precautions have been read and understood
 Use personal protective equipment as required
 Wash face, hands and any exposed skin thoroughly after handling
 Wear eye/face protection
 Do not breathe dust/fume/gas/mist/vapors/spray
 Use only outdoors or in a well-ventilated area
 Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking
 Keep container tightly closed
 Ground/bond container and receiving equipment
 Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting/equipment
 Use only non-sparking tools
 Take precautionary measures against static discharge
 Keep cool

Response

IF exposed or concerned: Get medical attention/advice

Inhalation

IF INHALED: Remove victim to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing

Skin

IF ON SKIN (or hair): Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/shower

Eyes

IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing

If eye irritation persists: Get medical advice/attention

Fire

In case of fire: Use CO₂, dry chemical, or foam for extinction

Storage

Store locked up
 Store in a well-ventilated place. Keep container tightly closed

Disposal

Dispose of contents/container to an approved waste disposal plant

Hazards not otherwise classified (HNOC)

May form explosive peroxides
 Repeated exposure may cause skin dryness or cracking

3. Composition / information on ingredients

Component	CAS-No	Weight %
1,4-Dioxane	123-91-1	>95

4. First-aid measures

Eye Contact	Rinse immediately with plenty of water, also under the eyelids, for at least 15 minutes. Immediate medical attention is required.
Skin Contact	Wash off immediately with plenty of water for at least 15 minutes. Immediate medical attention is required.
Inhalation	Move to fresh air. If breathing is difficult, give oxygen. Do not use mouth-to-mouth resuscitation if victim ingested or inhaled the substance; induce artificial respiration with a respiratory medical device. Immediate medical attention is required.
Ingestion	Do not induce vomiting. Call a physician or Poison Control Center immediately.
Most important symptoms/effects	Breathing difficulties. Inhalation of high vapor concentrations may cause symptoms like headache, dizziness, tiredness, nausea and vomiting
Notes to Physician	Treat symptomatically

5. Fire-fighting measures

Suitable Extinguishing Media	Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide. Cool closed containers exposed to fire with water spray.
Unsuitable Extinguishing Media	Water may be ineffective
Flash Point	12 °C / 53.6 °F
Method -	No information available
Autoignition Temperature	355 °C / 671 °F
Explosion Limits	
Upper	22%
Lower	2%
Sensitivity to Mechanical Impact	No information available
Sensitivity to Static Discharge	No information available

Specific Hazards Arising from the Chemical

Flammable. Risk of ignition. Vapors may form explosive mixtures with air. Vapors may travel to source of ignition and flash back. Containers may explode when heated. May form explosive peroxides. Vapors may form explosive mixtures with air.

Hazardous Combustion Products

Carbon monoxide (CO) Carbon dioxide (CO₂) peroxides

Protective Equipment and Precautions for Firefighters

As in any fire, wear self-contained breathing apparatus pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent) and full protective gear.

NFPA

Health	Flammability	Instability	Physical hazards
2	3	1	N/A

6. Accidental release measures

Personal Precautions	Remove all sources of ignition. Use personal protective equipment. Take precautionary measures against static discharges. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Ensure adequate ventilation.
Environmental Precautions	Should not be released into the environment. See Section 12 for additional ecological Information.
Methods for Containment and Clean Up	Remove all sources of ignition. Soak up with inert absorbent material. Take precautionary measures against static discharges. Keep in suitable, closed containers for disposal. Use spark-proof tools and explosion-proof equipment.

7. Handling and storage

Handling	Wear personal protective equipment. Ensure adequate ventilation. Handle under an inert atmosphere. Keep away from open flames, hot surfaces and sources of ignition. Do not breathe vapors or spray mist. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Take precautionary measures against static discharges. If peroxide formation is suspected, do not open or move container. Use only non-sparking tools. To avoid ignition of vapors by static electricity discharge, all metal parts of the equipment must be grounded. Wash hands before breaks and immediately after handling the product.
Storage	Keep containers tightly closed in a dry, cool and well-ventilated place. Store under an inert atmosphere. Flammables area. May form explosive peroxides. Containers should be dated when opened and tested periodically for the presence of peroxides. Should crystals form in a peroxidizable liquid, peroxidation may have occurred and the product should be considered extremely dangerous. In this instance, the container should only be opened remotely by professionals. Keep away from heat and sources of ignition.

8. Exposure controls / personal protection

Exposure Guidelines

Component	ACGIH TLV	OSHA PEL	NIOSH IDLH
1,4-Dioxane	TWA: 20 ppm Skin	(Vacated) TWA: 25 ppm (Vacated) TWA: 90 mg/m ³ Skin TWA: 100 ppm TWA: 360 mg/m ³	IDLH: 500 ppm Ceiling: 1 ppm Ceiling: 3.6 mg/m ³
Component	Quebec	Mexico OEL (TWA)	Ontario TWAEV
1,4-Dioxane 123-91-1 (>95)	TWA: 20 ppm TWA: 72 mg/m ³ Skin	TWA: 25 ppm TWA: 90 mg/m ³ STEL: 100 ppm STEL: 360 mg/m ³	TWA: 20 ppm Skin

Legend

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists

OSHA - Occupational Safety and Health Administration

NIOSH IDLH: The National Institute for Occupational Safety and Health Immediately Dangerous to Life or Health

Engineering Measures	Ensure adequate ventilation, especially in confined areas. Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting/equipment. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.
-----------------------------	--

Personal Protective Equipment

Eye/face Protection	Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.
Skin and body protection	Long sleeved clothing.
Respiratory Protection	Follow the OSHA respirator regulations found in 29 CFR 1910.134 or European Standard EN 149. Use a NIOSH/MSHA or European Standard EN 149 approved respirator if exposure limits are exceeded or if irritation or other symptoms are experienced.
Hygiene Measures	Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

9. Physical and chemical properties

Physical State	Liquid
Appearance	Colorless
Odor	Petroleum distillates
Odor Threshold	No information available
pH	6-8 500 g/l aq.sol

Melting Point/Range	12 °C / 53.6 °F
Boiling Point/Range	101 °C / 213.8 °F @ 760 mmHg
Flash Point	12 °C / 53.6 °F
Evaporation Rate	No information available
Flammability (solid,gas)	Not applicable
Flammability or explosive limits	
Upper	22%
Lower	2%
Vapor Pressure	41 mbar @ 20 °C
Vapor Density	No information available
Relative Density	1.034
Solubility	Soluble in water
Partition coefficient; n-octanol/water	No data available
Autoignition Temperature	355 °C / 671 °F
Decomposition temperature	No information available
Viscosity	1.32 mPa.s @ 20 °C
Molecular Formula	C4 H8 O2
Molecular Weight	88.11

10. Stability and reactivity

Reactive Hazard	None known, based on information available
Stability	May form explosive peroxides. Hygroscopic.
Conditions to Avoid	Incompatible products. Heat, flames and sparks. Exposure to air or moisture over prolonged periods. Keep away from open flames, hot surfaces and sources of ignition.
Incompatible Materials	Strong oxidizing agents, Reducing agents, Halogens
Hazardous Decomposition Products	Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO ₂), peroxides
Hazardous Polymerization	Hazardous polymerization does not occur.
Hazardous Reactions	May form explosive peroxides.

11. Toxicological information

Acute Toxicity

Product Information

Component Information

Component	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
1,4-Dioxane	4200 mg/kg (Rat)	7600 µL/kg (Rabbit)	48.5 mg/L (Rat) 4 h

Toxicologically Synergistic Products Acetonitrile; Tetrachloroethylene

Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure

Irritation	Irritating to eyes, respiratory system and skin
Sensitization	No information available
Carcinogenicity	The table below indicates whether each agency has listed any ingredient as a carcinogen.

Component	CAS-No	IARC	NTP	ACGIH	OSHA	Mexico
1,4-Dioxane	123-91-1	Group 2B	Reasonably Anticipated	A3	X	Not listed

IARC: (International Agency for Research on Cancer)

IARC: (International Agency for Research on Cancer)
 Group 1 - Carcinogenic to Humans
 Group 2A - Probably Carcinogenic to Humans
 Group 2B - Possibly Carcinogenic to Humans

NTP: (National Toxicity Program)

ACGIH: (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

NTP: (National Toxicity Program)

Known - Known Carcinogen

Reasonably Anticipated - Reasonably Anticipated to be a Human Carcinogen

A1 - Known Human Carcinogen

A2 - Suspected Human Carcinogen

A3 - Animal Carcinogen

ACGIH: (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

Mutagenic Effects	No information available
Reproductive Effects	No information available.
Developmental Effects	No information available.
Teratogenicity	No information available.
STOT - single exposure	Respiratory system Central nervous system (CNS) Eyes
STOT - repeated exposure	Kidney Liver
Aspiration hazard	No information available
Symptoms / effects, both acute and delayed	Inhalation of high vapor concentrations may cause symptoms like headache, dizziness, tiredness, nausea and vomiting
Endocrine Disruptor Information	No information available
Other Adverse Effects	See actual entry in RTECS for complete information.

12. Ecological information

Ecotoxicity

Component	Freshwater Algae	Freshwater Fish	Microtox	Water Flea
1,4-Dioxane	Not listed	10000 mg/L LC50 96 h 9850 mg/L LC50 96 h 10306 - 14742 mg/L LC50 96 h	EC50 = 610 mg/L 5 min EC50 = 668 mg/L 15 min EC50 = 733 mg/L 30 min	EC50 = 163 mg/L 48h

Persistence and Degradability Soluble in water Persistence is unlikely based on information available.

Bioaccumulation/ Accumulation No information available.

Mobility . Will likely be mobile in the environment due to its water solubility.

Component	log Pow
1,4-Dioxane	-0.42

13. Disposal considerations

Waste Disposal Methods Chemical waste generators must determine whether a discarded chemical is classified as a hazardous waste. Chemical waste generators must also consult local, regional, and national hazardous waste regulations to ensure complete and accurate classification.

Component	RCRA - U Series Wastes	RCRA - P Series Wastes
1,4-Dioxane - 123-91-1	U108	-

14. Transport information

DOT

UN-No	UN1165
Proper Shipping Name	DIOXANE
Hazard Class	3
Packing Group	II

TDG

UN-No UN1165
 Proper Shipping Name DIOXANE
 Hazard Class 3
 Packing Group II

IATA

UN-No 1165
 Proper Shipping Name DIOXANE
 Hazard Class 3
 Packing Group II

IMDG/IMO

UN-No 1165
 Proper Shipping Name DIOXANE
 Hazard Class 3
 Packing Group II

15. Regulatory information

International Inventories

Component	TSCA	DSL	NDSL	EINECS	ELINCS	NLP	PICCS	ENCS	AICS	IECSC	KECL
1,4-Dioxane	X	X	-	204-661-8	-		X	X	X	X	X

Legend:

X - Listed

E - Indicates a substance that is the subject of a Section 5(e) Consent order under TSCA.

F - Indicates a substance that is the subject of a Section 5(f) Rule under TSCA.

N - Indicates a polymeric substance containing no free-radical initiator in its inventory name but is considered to cover the designated polymer made with any free-radical initiator regardless of the amount used.

P - Indicates a commenced PMN substance

R - Indicates a substance that is the subject of a Section 6 risk management rule under TSCA.

S - Indicates a substance that is identified in a proposed or final Significant New Use Rule

T - Indicates a substance that is the subject of a Section 4 test rule under TSCA.

XU - Indicates a substance exempt from reporting under the Inventory Update Rule, i.e. Partial Updating of the TSCA Inventory Data Base Production and Site Reports (40 CFR 710(B)).

Y1 - Indicates an exempt polymer that has a number-average molecular weight of 1,000 or greater.

Y2 - Indicates an exempt polymer that is a polyester and is made only from reactants included in a specified list of low concern reactants that comprises one of the eligibility criteria for the exemption rule.

U.S. Federal Regulations

TSCA 12(b) Not applicable

SARA 313

Component	CAS-No	Weight %	SARA 313 - Threshold Values %
1,4-Dioxane	123-91-1	>95	0.1

SARA 311/312 Hazardous Categorization

Acute Health Hazard Yes
 Chronic Health Hazard Yes

Fire Hazard	Yes
Sudden Release of Pressure Hazard	No
Reactive Hazard	No

Clean Water Act Not applicable

Clean Air Act

Component	HAPS Data	Class 1 Ozone Depletors	Class 2 Ozone Depletors
1,4-Dioxane	X		-

OSHA Occupational Safety and Health Administration
Not applicable

CERCLA

This material, as supplied, contains one or more substances regulated as a hazardous substance under the Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act (CERCLA) (40 CFR 302)

Component	Hazardous Substances RQs	CERCLA EHS RQs
1,4-Dioxane	100 lb	-

California Proposition 65 This product contains the following Proposition 65 chemicals:

Component	CAS-No	California Prop. 65	Prop 65 NSRL	Category
1,4-Dioxane	123-91-1	Carcinogen	30 µg/day	Carcinogen

State Right-to-Know

Component	Massachusetts	New Jersey	Pennsylvania	Illinois	Rhode Island
1,4-Dioxane	X	X	X	X	X

U.S. Department of Transportation

Reportable Quantity (RQ):	Y
DOT Marine Pollutant	N
DOT Severe Marine Pollutant	N

U.S. Department of Homeland Security

This product does not contain any DHS chemicals.

Other International Regulations

Mexico - Grade Serious risk, Grade 3

Canada

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations (CPR) and the MSDS contains all the information required by the CPR

WHMIS Hazard Class B2 Flammable liquid
D2A Very toxic materials
D2B Toxic materials



16. Other information

Prepared By Regulatory Affairs
Thermo Fisher Scientific
Email: EMSDS.RA@thermofisher.com

Creation Date 05-May-2009
Revision Date 14-May-2014
Print Date 14-May-2014
Revision Summary This document has been updated to comply with the US OSHA HazCom 2012 Standard replacing the current legislation under 29 CFR 1910.1200 to align with the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS)

Disclaimer

The information provided on this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guide for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered as a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other material or in any process, unless specified in the text.

End of SDS

ACROS ORGANICS

Material Safety Data Sheet

Creation Date 11-Jan-2010

Revision Date 11-Jan-2010

Revision Number 1

1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product Name 1,1,1-Trichloroethane, stabilized

Cat No. AC327940000; AC327940010

Synonyms Methylchloroform

Recommended Use Laboratory chemicals

Company
Fisher Scientific
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
Tel: (201) 796-7100

Entity / Business Name
Acros Organics
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410

Emergency Telephone Number
For information in the US, call: 800-ACROS-01
For information in Europe, call: +32 14 57 52
11

Emergency Number, Europe: +32 14 57 52 99
Emergency Number, US: 201-796-7100

CHEMTREC Phone Number, US: 800-424-
9300
CHEMTREC Phone Number, Europe: 703-
527-3887

2. HAZARDS IDENTIFICATION

WARNING!

Emergency Overview

Possible cancer hazard. May cause cancer based on animal data. Harmful if swallowed. Irritating to eyes and skin. Inhalation may cause central nervous system effects. May cause irritation of respiratory tract. Aspiration hazard if swallowed - can enter lungs and cause damage.

Appearance Colorless

Physical State Liquid

odor sweet

Target Organs Liver, Kidney, Central nervous system (CNS), Cardiovascular system, Lungs, Eyes, Skin

Potential Health Effects

Acute Effects

Principle Routes of Exposure

Eyes	Irritating to eyes.
Skin	Irritating to skin. May be harmful in contact with skin.
Inhalation	May cause irritation of respiratory tract. May be harmful if inhaled. Inhalation may cause central nervous system effects.
Ingestion	Harmful if swallowed. Aspiration hazard. Ingestion may cause gastrointestinal irritation, nausea, vomiting and diarrhea.

Chronic Effects

Possible cancer hazard based on tests with laboratory animals. Tumorigenic effects have been reported in experimental animals.. Experiments have shown reproductive toxicity effects on laboratory animals. May cause adverse liver effects. May cause adverse kidney effects.

See Section 11 for additional Toxicological information.

Aggravated Medical Conditions

Central nervous system disorders. Preexisting eye disorders. Kidney disorders. Liver disorders. Skin disorders.

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Haz/Non-haz

Component	CAS-No	Weight %
1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	>90
1,4-Dioxane	123-91-1	5-6

4. FIRST AID MEASURES

Eye Contact

Rinse immediately with plenty of water, also under the eyelids, for at least 15 minutes. Obtain medical attention.

Skin Contact

Wash off immediately with plenty of water for at least 15 minutes. Obtain medical attention.

Inhalation

Move to fresh air. If breathing is difficult, give oxygen. Do not use mouth-to-mouth resuscitation if victim ingested or inhaled the substance; induce artificial respiration with a respiratory medical device. Obtain medical attention.

Ingestion

Do not induce vomiting. Call a physician or Poison Control Center immediately.

Notes to Physician

Treat symptomatically.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

**Flash Point
Method**

No information available.
No information available.

Autoignition Temperature

458°C / 856.4°F

Explosion Limits

**Upper
Lower**

15.5 vol %
8.0 vol %

Suitable Extinguishing Media

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

Unsuitable Extinguishing Media	No information available.
Hazardous Combustion Products	No information available.
Sensitivity to mechanical impact	No information available.
Sensitivity to static discharge	No information available.

Specific Hazards Arising from the Chemical

Keep product and empty container away from heat and sources of ignition

Protective Equipment and Precautions for Firefighters

As in any fire, wear self-contained breathing apparatus pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent) and full protective gear. Thermal decomposition can lead to release of irritating gases and vapors.

NFPA **Health 2** **Flammability 1** **Instability 0** **Physical hazards N/A**

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal Precautions	Use personal protective equipment. Ensure adequate ventilation.
Environmental Precautions	Should not be released into the environment.
Methods for Containment and Clean Up	Soak up with inert absorbent material. Keep in suitable and closed containers for disposal.

7. HANDLING AND STORAGE

Handling	Use only under a chemical fume hood. Wear personal protective equipment. Do not breathe vapors or spray mist. Do not ingest. Avoid contact with skin, eyes and clothing.
Storage	Keep containers tightly closed in a dry, cool and well-ventilated place.

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

Engineering Measures

Use only under a chemical fume hood. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

Exposure Guidelines

Component	ACGIH TLV	OSHA PEL	NIOSH IDLH
1,1,1-Trichloroethane	TWA: 350 ppm STEL: 450 ppm	(Vacated) TWA: 350 ppm (Vacated) TWA: 1900 mg/m ³ (Vacated) STEL: 450 ppm (Vacated) STEL: 2450 mg/m ³ TWA: 1900 mg/m ³ TWA: 350 ppm	IDLH: 700 ppm Ceiling: 350 ppm Ceiling: 1900 mg/m ³
1,4-Dioxane	TWA: 20 ppm Skin	(Vacated) TWA: 25 ppm (Vacated) TWA: 90 mg/m ³ Skin TWA: 100 ppm TWA: 360 mg/m ³	IDLH: 500 ppm Ceiling: 3.6 mg/m ³ Ceiling: 1 ppm

Component	Quebec	Mexico OEL (TWA)	Ontario TWAEV
1,1,1-Trichloroethane	TWA: 1910 mg/m ³ TWA: 350 ppm STEL: 2460 mg/m ³ STEL: 450 ppm	TWA: 1900 mg/m ³ TWA: 350 ppm STEL: 2460 mg/m ³ STEL: 450 ppm	TWA: 1910 mg/m ³ TWA: 350 ppm STEL: 2455 mg/m ³ STEL: 450 ppm
1,4-Dioxane	TWA: 20 ppm TWA: 72 mg/m ³ Skin	TWA: 25 ppm TWA: 90 mg/m ³ STEL: 100 ppm STEL: 360 mg/m ³	TWA: 20 ppm Skin

NIOSH IDLH: Immediately Dangerous to Life or Health

Personal Protective Equipment

Eye/face Protection

Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166

Skin and body protection

Wear appropriate protective gloves and clothing to prevent skin exposure.

Respiratory Protection

Follow the OSHA respirator regulations found in 29 CFR 1910.134 or European Standard EN 149. Use a NIOSH/MSHA or European Standard EN 149 approved respirator if exposure limits are exceeded or if irritation or other symptoms are experienced.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical State

Liquid

Appearance

Colorless

odor

sweet

Odor Threshold

No information available.

pH

Not applicable

Vapor Pressure

100 mmHg @ 20°C

Vapor Density

4.55 (Air = 1.0)

Viscosity

0.86 mPa.s @ 20 °C

Boiling Point/Range

74 - 76°C / 165.2 - 168.8°F

Melting Point/Range

-33°C / -27.4°F

Decomposition temperature

95 °C

Flash Point

No information available.

Evaporation Rate

(Carbon Tetrachloride = 1.0)

Specific Gravity

1.33

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Solubility	Insoluble in water
log Pow	No data available
Molecular Weight	133.4
Molecular Formula	C2 H3 Cl3

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability	Stable under normal conditions.
Conditions to Avoid	Incompatible products. Excess heat.
Incompatible Materials	Strong oxidizing agents
Hazardous Decomposition Products	Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO ₂), Hydrogen chloride gas
Hazardous Polymerization	Hazardous polymerization does not occur
Hazardous Reactions .	None under normal processing..

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Acute Toxicity

Component Information

Component	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
1,1,1-Trichloroethane	2000 mg/kg (Rat)	15800 mg/kg (Rabbit) 2000 mg/kg (Rat)	18000 ppm (Rat) 4 h
1,4-Dioxane	4200 mg/kg (Rat)	7600 mg/kg (Rabbit)	48.5 mg/L (Rat) 4 h

Irritation Irritating to eyes and skin

Toxicologically Synergistic Products No information available.

Chronic Toxicity

Carcinogenicity The table below indicates whether each agency has listed any ingredient as a carcinogen.

Component	ACGIH	IARC	NTP	OSHA	Mexico
1,1,1-Trichloroethane	Not listed	Group 3	Not listed	Not listed	Not listed
1,4-Dioxane	A3	Group 2B	Reasonably Anticipated	X	Not listed

ACGIH: (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

- A1 - Known Human Carcinogen
- A2 - Suspected Human Carcinogen
- A3 - Animal Carcinogen

ACGIH: (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

IARC: (International Agency for Research on Cancer)

IARC: (International Agency for Research on Cancer)

Group 1 - Carcinogenic to Humans

Group 2A - Probably Carcinogenic to Humans

Group 2B - Possibly Carcinogenic to Humans

NTP: (National Toxicity Program)

NTP: (National Toxicity Program)

Known - Known Carcinogen

Reasonably Anticipated - Reasonably Anticipated to be a Human Carcinogen

Sensitization	No information available.
Mutagenic Effects	No information available.
Reproductive Effects	Experiments have shown reproductive toxicity effects on laboratory animals.
Developmental Effects	Developmental effects have occurred in experimental animals.
Teratogenicity	Teratogenic effects have occurred in experimental animals..
Other Adverse Effects	Tumorigenic effects have been reported in experimental animals.. See actual entry in RTECS for complete information.
Endocrine Disruptor Information	No information available

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Ecotoxicity

Component	Freshwater Algae	Freshwater Fish	Microtox	Water Flea
1,1,1-Trichloroethane	EC50 >669 mg/L/96h	Not listed	EC50 = 105 mg/L 5 min	EC50 >530 mg/L 48h EC50: 2384 mg/L 48h
1,4-Dioxane	Not listed	Not listed	EC50 = 610 mg/L 5 min EC50 = 668 mg/L 15 min EC50 = 733 mg/L 30 min	EC50 = 163 mg/L 48h

Persistence and Degradability No information available

Bioaccumulation/ Accumulation No information available

Mobility

Component	log Pow
1,1,1-Trichloroethane	2.46
1,4-Dioxane	-0.42

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Waste Disposal Methods Chemical waste generators must determine whether a discarded chemical is classified as a hazardous waste. Chemical waste generators must also consult local, regional, and national hazardous waste regulations to ensure complete and accurate classification.

Component	RCRA - U Series Wastes	RCRA - P Series Wastes
1,1,1-Trichloroethane - 71-55-6	U226	-
1,4-Dioxane - 123-91-1	U108	-

14. TRANSPORT INFORMATION

DOT

UN-No UN2831
 Proper Shipping Name 1,1,1-Trichloroethane
 Hazard Class 6.1
 Packing Group III

TDG

UN-No UN2831
 Proper Shipping Name 1,1,1-TRICHLOROETHANE
 Hazard Class 6.1
 Packing Group III

IATA

UN-No UN2831
 Proper Shipping Name 1,1,1-Trichloroethane (Mixture)
 Hazard Class 6.1
 Packing Group III

IMDG/IMO

UN-No UN2831
 Proper Shipping Name 1,1,1-Trichloroethane (Mixture)
 Hazard Class 6.1
 Packing Group III

15. REGULATORY INFORMATION

International Inventories

Component	TSCA	DSL	NDSL	EINECS	ELINCS	NLP	PICCS	ENCS	AICS	CHINA	KECL
1,1,1-Trichloroethane	X	X	-	200-756-3	-		X	X	X	X	KE-34068 X
1,4-Dioxane	X	X	-	204-661-8	-		X	X	X	X	KE-10463 X

Legend:

X - Listed

E - Indicates a substance that is the subject of a Section 5(e) Consent order under TSCA.

F - Indicates a substance that is the subject of a Section 5(f) Rule under TSCA.

N - Indicates a polymeric substance containing no free-radical initiator in its inventory name but is considered to cover the designated polymer made with any free-radical initiator regardless of the amount used.

P - Indicates a commenced PMN substance

R - Indicates a substance that is the subject of a Section 6 risk management rule under TSCA.
 S - Indicates a substance that is identified in a proposed or final Significant New Use Rule
 T - Indicates a substance that is the subject of a Section 4 test rule under TSCA.
 XU - Indicates a substance exempt from reporting under the Inventory Update Rule, i.e. Partial Updating of the TSCA Inventory Data Base Production and Site Reports (40 CFR 710(B)).
 Y1 - Indicates an exempt polymer that has a number-average molecular weight of 1,000 or greater.
 Y2 - Indicates an exempt polymer that is a polyester and is made only from reactants included in a specified list of low concern reactants that comprises one of the eligibility criteria for the exemption rule.

U.S. Federal Regulations

TSCA 12(b) Not applicable

SARA 313

Component	CAS-No	Weight %	SARA 313 - Threshold Values %
1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	>90	1.0
1,4-Dioxane	123-91-1	5-6	0.1

SARA 311/312 Hazardous Categorization

Acute Health Hazard Yes
 Chronic Health Hazard Yes
 Fire Hazard No
 Sudden Release of Pressure Hazard No
 Reactive Hazard No

Clean Water Act

Component	CWA - Hazardous Substances	CWA - Reportable Quantities	CWA - Toxic Pollutants	CWA - Priority Pollutants
1,1,1-Trichloroethane	-	-	X	X

Clean Air Act

Component	HAPS Data	Class 1 Ozone Depletors	Class 2 Ozone Depletors
1,1,1-Trichloroethane	X	X	-
1,4-Dioxane	X		-

OSHA

Not applicable

CERCLA

This material, as supplied, contains one or more substances regulated as a hazardous substance under the Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act (CERCLA) (40 CFR 302)

Component	Hazardous Substances RQs	CERCLA EHS RQs
1,1,1-Trichloroethane	1000 lb	-
1,4-Dioxane	100 lb	-

California Proposition 65

This product contains the following Proposition 65 chemicals:

Component	CAS-No	California Prop. 65	Prop 65 NSRL
1,4-Dioxane	123-91-1	Carcinogen	30 µg/day

State Right-to-Know

Component	Massachusetts	New Jersey	Pennsylvania	Illinois	Rhode Island
1,1,1-Trichloroethane	X	X	X	X	X
1,4-Dioxane	X	X	X	X	X

U.S. Department of Transportation

Reportable Quantity (RQ): Y
DOT Marine Pollutant N
DOT Severe Marine Pollutant N

U.S. Department of Homeland Security

This product does not contain any DHS chemicals.

Other International Regulations

Mexico - Grade No information available

Canada

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations (CPR) and the MSDS contains all the information required by the CPR.

WHMIS Hazard Class

D1B Toxic materials
D2A Very toxic materials
D2B Toxic materials



16. OTHER INFORMATION

Prepared By Regulatory Affairs
Thermo Fisher Scientific
Tel: (412) 490-8929

Creation Date 11-Jan-2010

Print Date 11-Jan-2010

Revision Summary "****", and red text indicates revision

Disclaimer

The information provided on this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guide for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered as a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other material or in any process, unless specified in the text.

End of MSDS



Material Safety Data Sheet

The Dow Chemical Company

Product Name: UCAR(TM) Aircraft Deicing Fluid Concentrate
SAE/ISO Type I

Issue Date: 12/03/2009

Print Date: 22 Dec 2009

The Dow Chemical Company encourages and expects you to read and understand the entire (M)SDS, as there is important information throughout the document. We expect you to follow the precautions identified in this document unless your use conditions would necessitate other appropriate methods or actions.

1. Product and Company Identification

Product Name

UCAR(TM) Aircraft Deicing Fluid Concentrate SAE/ISO Type I

COMPANY IDENTIFICATION

The Dow Chemical Company
2030 Willard H. Dow Center
Midland, MI 48674
USA

Customer Information Number: 800-258-2436

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

24-Hour Emergency Contact: 989-636-4400

Local Emergency Contact: 989-636-4400

2. Hazards Identification

Emergency Overview

Color: Orange

Physical State: Liquid.

Odor: Sweet

Hazards of product:

WARNING! Harmful or fatal if swallowed. May cause eye irritation. Isolate area. Stay out of low areas.

OSHA Hazard Communication Standard

This product is a "Hazardous Chemical" as defined by the OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.

Potential Health Effects

Eye Contact: May cause slight eye irritation. Corneal injury is unlikely. Vapor or mist may cause eye irritation.

Skin Contact: Brief contact is essentially nonirritating to skin. Prolonged contact may cause slight skin irritation with local redness. Repeated contact may cause skin irritation with local redness.

Skin Absorption: Prolonged skin contact is unlikely to result in absorption of harmful amounts. Repeated skin exposure to large quantities may result in absorption of harmful amounts. Massive contact with damaged skin or of material sufficiently hot to burn skin may result in absorption of potentially lethal amounts.

Inhalation: At room temperature, exposure to vapor is minimal due to low volatility. With good ventilation, single exposure is not expected to cause adverse effects. If material is heated or areas are poorly ventilated, vapor/mist may accumulate and cause respiratory irritation and symptoms such as headache and nausea.

Ingestion: Oral toxicity is expected to be moderate in humans due to ethylene glycol even though tests with animals show a lower degree of toxicity. Ingestion of quantities (approximately 65 mL (2 oz.) for diethylene glycol or 100 mL (3 oz.) for ethylene glycol) has caused death in humans. May cause nausea and vomiting. May cause abdominal discomfort or diarrhea. Excessive exposure may cause central nervous system effects, cardiopulmonary effects (metabolic acidosis), and kidney failure.

Effects of Repeated Exposure: Repeated excessive exposure may cause irritation of the upper respiratory tract. The data presented are for the following material: Ethylene glycol. In humans, effects have been reported on the following organs: Central nervous system. Observations in humans include: Nystagmus (involuntary eye movement). In animals, effects have been reported on the following organs: Kidney. Liver.

Birth Defects/Developmental Effects: Based on animal studies, ingestion of very large amounts of ethylene glycol appears to be the major and possibly only route of exposure to produce birth defects. Exposures by inhalation or skin contact, the primary routes of occupational exposure, had minimal effect on the fetus, in animal studies.

Reproductive Effects: Ingestion of large amounts of ethylene glycol has been shown to interfere with reproduction in animals.

3. Composition Information

Component	CAS #	Amount
Ethylene glycol	107-21-1	92.0 %
Water	7732-18-5	7.5 %

4. First-aid measures

Eye Contact: Flush eyes thoroughly with water for several minutes. Remove contact lenses after the initial 1-2 minutes and continue flushing for several additional minutes. If effects occur, consult a physician, preferably an ophthalmologist.

Skin Contact: Immediately flush skin with water while removing contaminated clothing and shoes. Get medical attention if symptoms occur. Wash clothing before reuse. Contaminated leather items such as shoes should be disposed of properly. Safety shower should be located in immediate work area.

Inhalation: Move person to fresh air; if effects occur, consult a physician.

Ingestion: Do not induce vomiting. Seek medical attention immediately. If person is fully conscious give 1 cup or 8 ounces (240 ml) of water. If medical advice is delayed and if an adult has swallowed several ounces of chemical, then give 3-4 ounces (1/3-1/2 Cup) (90-120 ml) of hard liquor such as 80 proof whiskey. For children, give proportionally less liquor at a dose of 0.3 ounce (1 1/2 tsp.) (8 ml) liquor for each 10 pounds of body weight, or 2 ml per kg body weight [e.g., 1.2 ounce (2 1/3 tbsp.) for a 40 pound child or 36 ml for an 18 kg child].

Notes to Physician: If several ounces (60 - 100 ml) of ethylene glycol have been ingested, early administration of ethanol may counter the toxic effects (metabolic acidosis, renal damage). Consider hemodialysis or peritoneal dialysis & thiamine 100 mg plus pyridoxine 50 mg intravenously every 6 hours. If ethanol is used, a therapeutically effective blood concentration in the range of 100 - 150 mg/dl may be achieved by a rapid loading dose followed by a continuous intravenous infusion. Consult standard literature for details of treatment. 4-Methyl pyrazole (Antizol®) is an effective blocker of alcohol dehydrogenase and should be used in the treatment of ethylene glycol (EG), di- or triethylene glycol (DEG, TEG), ethylene glycol butyl ether (EGBE), or methanol intoxication if available. Fomepizole protocol (Brent, J. et al., New England Journal of Medicine, Feb. 8, 2001, 344:6, p. 424-9): loading dose 15 mg/kg intravenously, follow by bolus dose of 10 mg/kg every 12 hours; after 48 hours,

increase bolus dose to 15 mg/kg every 12 hours. Continue fomepizole until serum methanol, EG, DEG, TEG or EGBE are undetectable. The signs and symptoms of poisoning include anion gap metabolic acidosis, CNS depression, renal tubular injury, and possible late stage cranial nerve involvement. Respiratory symptoms, including pulmonary edema, may be delayed. Persons receiving significant exposure should be observed 24-48 hours for signs of respiratory distress. In severe poisoning, respiratory support with mechanical ventilation and positive end expiratory pressure may be required. Maintain adequate ventilation and oxygenation of the patient. If lavage is performed, suggest endotracheal and/or esophageal control. Danger from lung aspiration must be weighed against toxicity when considering emptying the stomach. Treatment of exposure should be directed at the control of symptoms and the clinical condition of the patient.

Emergency Personnel Protection: First Aid responders should pay attention to self-protection and use the recommended protective clothing (chemical resistant gloves, splash protection). If potential for exposure exists refer to Section 8 for specific personal protective equipment.

5. Fire Fighting Measures

Extinguishing Media: Water fog or fine spray. Dry chemical fire extinguishers. Carbon dioxide fire extinguishers. Foam. Do not use direct water stream. May spread fire. Alcohol resistant foams (ATC type) are preferred. General purpose synthetic foams (including AFFF) or protein foams may function, but will be less effective.

Fire Fighting Procedures: Keep people away. Isolate fire and deny unnecessary entry. Burning liquids may be extinguished by dilution with water. Do not use direct water stream. May spread fire. Burning liquids may be moved by flushing with water to protect personnel and minimize property damage.

Special Protective Equipment for Firefighters: Wear positive-pressure self-contained breathing apparatus (SCBA) and protective fire fighting clothing (includes fire fighting helmet, coat, trousers, boots, and gloves). If protective equipment is not available or not used, fight fire from a protected location or safe distance.

Unusual Fire and Explosion Hazards: Container may rupture from gas generation in a fire situation. Violent steam generation or eruption may occur upon application of direct water stream to hot liquids.

Hazardous Combustion Products: During a fire, smoke may contain the original material in addition to combustion products of varying composition which may be toxic and/or irritating. Combustion products may include and are not limited to: Carbon monoxide. Carbon dioxide.

6. Accidental Release Measures

Steps to be Taken if Material is Released or Spilled: Small spills: Absorb with materials such as: Cat litter. Sawdust. Vermiculite. Zorb-all®. Collect in suitable and properly labeled containers. Large spills: Dike area to contain spill. Recover spilled material if possible. Contain spilled material if possible. See Section 13, Disposal Considerations, for additional information.

Personal Precautions: Isolate area. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering the area. Keep personnel out of low areas. Refer to Section 7, Handling, for additional precautionary measures. Use appropriate safety equipment. For additional information, refer to Section 8, Exposure Controls and Personal Protection.

Environmental Precautions: Prevent from entering into soil, ditches, sewers, waterways and/or groundwater. See Section 12, Ecological Information.

7. Handling and Storage

Handling

General Handling: Do not swallow. Avoid contact with eyes. Wash thoroughly after handling. Spills of these organic materials on hot fibrous insulations may lead to lowering of the autoignition temperatures possibly resulting in spontaneous combustion. See Section 8, EXPOSURE CONTROLS AND PERSONAL PROTECTION.

Storage

Store in accordance with good manufacturing practices. Additional storage and handling information on this product may be obtained by calling your sales or customer service contact.

8. Exposure Controls / Personal Protection

Exposure Limits

Component	List	Type	Value
Ethylene glycol	ACGIH	Ceiling Aerosol.	100 mg/m3

Personal Protection

Eye/Face Protection: Use safety glasses (with side shields). If there is a potential for exposure to particles which could cause eye discomfort, wear chemical goggles. If exposure causes eye discomfort, use a full-face respirator.

Skin Protection: When prolonged or frequently repeated contact could occur, use protective clothing chemically resistant to this material. Selection of specific items such as faceshield, boots, apron, or full-body suit will depend on the task. When handling hot material, protect skin from thermal burns as well as from skin absorption.

Hand protection: Use gloves chemically resistant to this material when prolonged or frequently repeated contact could occur. If hands are cut or scratched, use gloves chemically resistant to this material even for brief exposures. Use gloves with insulation for thermal protection, when needed. Examples of preferred glove barrier materials include: Butyl rubber. Natural rubber ("latex"). Neoprene. Nitrile/butadiene rubber ("nitrile" or "NBR"). Polyethylene. Ethyl vinyl alcohol laminate ("EVAL"). Polyvinyl chloride ("PVC" or "vinyl"). Avoid gloves made of: Polyvinyl alcohol ("PVA"). NOTICE: The selection of a specific glove for a particular application and duration of use in a workplace should also take into account all relevant workplace factors such as, but not limited to: Other chemicals which may be handled, physical requirements (cut/puncture protection, dexterity, thermal protection), potential body reactions to glove materials, as well as the instructions/specifications provided by the glove supplier.

Respiratory Protection: Respiratory protection should be worn when there is a potential to exceed the exposure limit requirements or guidelines. If there are no applicable exposure limit requirements or guidelines, wear respiratory protection when adverse effects, such as respiratory irritation or discomfort have been experienced, or where indicated by your risk assessment process. For most conditions no respiratory protection should be needed; however, if discomfort is experienced, use an approved air-purifying respirator. The following should be effective types of air-purifying respirators: Organic vapor cartridge with a particulate pre-filter.

Ingestion: Avoid ingestion of even very small amounts; do not consume or store food or tobacco in the work area; wash hands and face before smoking or eating.

Engineering Controls

Ventilation: Use local exhaust ventilation, or other engineering controls to maintain airborne levels below exposure limit requirements or guidelines. If there are no applicable exposure limit requirements or guidelines, general ventilation should be sufficient for most operations. Local exhaust ventilation may be necessary for some operations.

9. Physical and Chemical Properties

Physical State	Liquid.
Color	Orange
Odor	Sweet
Odor Threshold	No test data available
Flash Point - Closed Cup	<i>Pensky-Martens Closed Cup ASTM D 93</i> No flash
Flash Point - Open Cup	135 °C (275 °F) <i>Cleveland Open Cup ASTM D92</i>

Flammability (solid, gas)	Not applicable to liquids
Flammable Limits In Air	Lower: No test data available Upper: No test data available
Autoignition Temperature	No test data available
Vapor Pressure	2.7 mmHg @ 20 °C
Boiling Point (760 mmHg)	152 °C (306 °F) .
Vapor Density (air = 1)	1.8
Specific Gravity (H2O = 1)	1.1 20 °C/20 °C
Freezing Point	-28 °C (-18 °F) <i>Literature</i>
Melting Point	Not applicable to liquids
Solubility in water (by weight)	100 % @ 20 °C
pH	7.5 - 8.5 <i>Literature</i>
Decomposition Temperature	No test data available
Evaporation Rate (Butyl Acetate = 1)	< 0.5 <i>Estimated.</i>
Kinematic Viscosity	36.4 cSt @ 0 °C <i>Calculated</i>

10. Stability and Reactivity

Stability/Instability

Stable under recommended storage conditions. See Storage, Section 7.

Conditions to Avoid: Exposure to elevated temperatures can cause product to decompose. Generation of gas during decomposition can cause pressure in closed systems.

Incompatible Materials: Avoid contact with: Strong acids. Strong bases. Strong oxidizers.

Hazardous Polymerization

Will not occur.

Thermal Decomposition

Decomposition products depend upon temperature, air supply and the presence of other materials. Decomposition products can include and are not limited to: Aldehydes. Alcohols. Ethers.

11. Toxicological Information

Acute Toxicity

Ingestion

As product. Single dose oral LD50 has not been determined.

For Ethylene glycol: LD50, Rat > 5,000 mg/kg

For Ethylene glycol: Lethal Dose, Human, adult 3 Ounces

Skin Absorption

As product. The dermal LD50 has not been determined.

For Ethylene glycol: LD50, Rabbit > 20,000 mg/kg

Inhalation

For Ethylene glycol: LC50, 7 h, Aerosol, Rat > 3.95 mg/l

Repeated Dose Toxicity

Repeated excessive exposure may cause irritation of the upper respiratory tract. The data presented are for the following material: Ethylene glycol. In humans, effects have been reported on the following organs: Central nervous system. Observations in humans include: Nystagmus (involuntary eye movement). In animals, effects have been reported on the following organs: Kidney. Liver.

Chronic Toxicity and Carcinogenicity

Ethylene glycol did not cause cancer in long-term animal studies.

Developmental Toxicity

Based on animal studies, ingestion of very large amounts of ethylene glycol appears to be the major and possibly only route of exposure to produce birth defects. Exposures by inhalation or skin contact, the primary routes of occupational exposure, had minimal effect on the fetus, in animal studies.

Reproductive Toxicity

Ingestion of large amounts of ethylene glycol has been shown to interfere with reproduction in animals.

Genetic Toxicology

The data presented are for the following material: Ethylene glycol. In vitro genetic toxicity studies were negative. The data presented are for the following material: Ethylene glycol. Animal genetic toxicity studies were negative.

12. Ecological Information

ENVIRONMENTAL FATE

Data for Component: **Ethylene glycol**

Movement & Partitioning

Bioconcentration potential is low ($BCF < 100$ or $\text{Log Pow} < 3$). Potential for mobility in soil is very high (K_{oc} between 0 and 50). Given its very low Henry's constant, volatilization from natural bodies of water or moist soil is not expected to be an important fate process.

Henry's Law Constant (H): $8.05E-09 \text{ atm}\cdot\text{m}^3/\text{mole}$; 25 °C Estimated.

Partition coefficient, n-octanol/water (log Pow): -1.36 Measured

Partition coefficient, soil organic carbon/water (Koc): 1 Estimated.

Distribution in Environment: Mackay Level 1 Fugacity Model:

Air	Water.	Biota	Soil	Sediment
2.1 %	98 %	< 0.01 %	< 0.01 %	< 0.01 %

Persistence and Degradability

Material is readily biodegradable. Passes OECD test(s) for ready biodegradability. Material is ultimately biodegradable (reaches > 70% mineralization in OECD test(s) for inherent biodegradability).

Indirect Photodegradation with OH Radicals

Rate Constant	Atmospheric Half-life	Method
$8.32E-12 \text{ cm}^3/\text{s}$	15 h	Estimated.

OECD Biodegradation Tests:

Biodegradation	Exposure Time	Method
> 94 %	28 d	OECD 301F Test
90 %	1 d	OECD 302B Test

Theoretical Oxygen Demand: 1.29 mg/mg

ECOTOXICITY

Typical for this family of materials. Material is practically non-toxic to aquatic organisms on an acute basis ($LC_{50}/EC_{50}/EL_{50}/LL_{50} > 100 \text{ mg/L}$ in the most sensitive species tested).

13. Disposal Considerations

All disposal practices must be in compliance with all Federal, State/Provincial and local laws and regulations. Regulations may vary in different locations. Waste characterizations and compliance with applicable laws are the responsibility solely of the waste generator. AS YOUR SUPPLIER, WE HAVE NO CONTROL OVER THE MANAGEMENT PRACTICES OR MANUFACTURING PROCESSES OF PARTIES HANDLING OR USING THIS MATERIAL. THE INFORMATION PRESENTED HERE PERTAINS ONLY TO THE PRODUCT AS SHIPPED IN ITS INTENDED CONDITION AS DESCRIBED IN MSDS SECTION: Composition Information. FOR UNUSED & UNCONTAMINATED PRODUCT, the preferred options include sending to a licensed, permitted: Reclaimer. Incinerator or other thermal destruction device.

14. Transport Information

DOT Non-Bulk
NOT REGULATED

DOT Bulk
Proper Shipping Name: OTHER REGULATED SUBSTANCES, LIQUID, NOS
Technical Name: CONTAINS ETHYLENE GLYCOL
Hazard Class: 9 **ID Number:** NA3082 **Packing Group:** PG III

IMDG
NOT REGULATED

ICAO/IATA
NOT REGULATED
Additional Information

Reportable quantity: 5,435 lb – ETHYLENE GLYCOL

This information is not intended to convey all specific regulatory or operational requirements/information relating to this product. Additional transportation system information can be obtained through an authorized sales or customer service representative. It is the responsibility of the transporting organization to follow all applicable laws, regulations and rules relating to the transportation of the material.

15. Regulatory Information

OSHA Hazard Communication Standard

This product is a "Hazardous Chemical" as defined by the OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.

Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 Title III (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act of 1986) Sections 311 and 312

Immediate (Acute) Health Hazard	Yes
Delayed (Chronic) Health Hazard	Yes
Fire Hazard	No
Reactive Hazard	No
Sudden Release of Pressure Hazard	No

Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 Title III (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act of 1986) Section 313

This product contains the following substances which are subject to the reporting requirements of Section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and which are listed in 40 CFR 372.

Component	CAS #	Amount
Ethylene glycol	107-21-1	92.0%

Pennsylvania (Worker and Community Right-To-Know Act): Pennsylvania Hazardous Substances List and/or Pennsylvania Environmental Hazardous Substance List:

The following product components are cited in the Pennsylvania Hazardous Substance List and/or the Pennsylvania Environmental Substance List, and are present at levels which require reporting.

Component	CAS #	Amount
Ethylene glycol	107-21-1	92.0%

Pennsylvania (Worker and Community Right-To-Know Act): Pennsylvania Special Hazardous Substances List:

To the best of our knowledge, this product does not contain chemicals at levels which require reporting under this statute.

California Proposition 65 (Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986)

WARNING: This product contains a chemical(s) known to the State of California to cause cancer.

Component	CAS #	Amount
Acetaldehyde	75-07-0	<= 7.0 PPM
1,4-Dioxane	123-91-1	<= 0.2 PPM
Ethylene oxide	75-21-8	<= 0.2 PPM
Formaldehyde	50-00-0	<= 0.004 PPM

California Proposition 65 (Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986)

WARNING: This product contains a chemical(s) known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm.

Component	CAS #	Amount
Ethylene oxide	75-21-8	<= 0.2 PPM

US. Toxic Substances Control Act

All components of this product are on the TSCA Inventory or are exempt from TSCA Inventory requirements under 40 CFR 720.30

CEPA - Domestic Substances List (DSL)

All substances contained in this product are listed on the Canadian Domestic Substances List (DSL) or are not required to be listed.

16. Other Information

Hazard Rating System

NFPA	Health	Fire	Reactivity
	1	1	0

Recommended Uses and Restrictions

Aircraft deicing fluid We recommend that you use this product in a manner consistent with the listed use. If your intended use is not consistent with the stated use, please contact your sales or technical service representative.

Revision

Identification Number: 1419 / 1001 / Issue Date 12/03/2009 / Version: 3.0

Most recent revision(s) are noted by the bold, double bars in left-hand margin throughout this document.

Legend

N/A	Not available
W/W	Weight/Weight
OEL	Occupational Exposure Limit
STEL	Short Term Exposure Limit
TWA	Time Weighted Average
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc.
DOW IHG	Dow Industrial Hygiene Guideline
WEEL	Workplace Environmental Exposure Level
HAZ_DES	Hazard Designation
Action Level	A value set by OSHA that is lower than the PEL which will trigger the need for activities such as exposure monitoring and medical surveillance if exceeded.

The Dow Chemical Company urges each customer or recipient of this (M)SDS to study it carefully and consult appropriate expertise, as necessary or appropriate, to become aware of and understand the data contained in this (M)SDS and any hazards associated with the product. The information herein is provided in good faith and believed to be accurate as of the effective date shown above. However, no warranty, express or implied, is given. Regulatory requirements are subject to change and may differ

between various locations. It is the buyer's/user's responsibility to ensure that his activities comply with all federal, state, provincial or local laws. The information presented here pertains only to the product as shipped. Since conditions for use of the product are not under the control of the manufacturer, it is the buyer's/user's duty to determine the conditions necessary for the safe use of this product. Due to the proliferation of sources for information such as manufacturer-specific (M)SDSs, we are not and cannot be responsible for (M)SDSs obtained from any source other than ourselves. If you have obtained an (M)SDS from another source or if you are not sure that the (M)SDS you have is current, please contact us for the most current version.

Bijlage 5: Data meetcampagne

OVAM - Witteveen+Bos
 BELA665-1
 Meetcampagne 1,4-dioxaan in Vlaanderen
 Samenvatting analyseresultaten meetcampagne

Peilbuis	site				Eenheid	1				2				3				
	S	RW	BSN	Factor		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Filterdiepte (m -mv)						1,0-4,0	2,5-3,5	1,0-4,0	5,0-6,0	1,0-3,0	5,0-6,0	2,0-3,0	9,0-1,0	0,6-2,6	0,6-2,6	0,6-2,6	0,1-2,6	0,6-2,6
Datum						04-08-2016	04-08-2016	04-08-2016	04-08-2016	05-08-2016	05-08-2016	05-08-2016	05-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN																		
Monochloorethaan					µg/l	180	100	0,76	36	71	130	3,3	130	6,3	170	< 0,50	75	53
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	31000	2200	36	770	1800	880	< 11	430	< 2,1	< 23	< 1,2	< 2,4	50
1,1-Dichlooretheen					µg/l	31	1200	140	170	290	410	6,9	230	12	110	0,97	6,4	52
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	31000	2100	35	770	1800	870	10	430	1,5	22	0,63	1,8	49
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	44	23	0,50	2,5	8,6	12	< 0,50	2,1	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,6
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	110	µg/l	0,50	0,50	0,50	0,50	< 0,50	1,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	320	< 0,50	1,8	1,2
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	0,50	0,95	0,50	0,50	0,99	0,69	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0	34	µg/l	0,50	0,50	0,50	0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	394	µg/l	220	1100	120	76	1400	2800	13	490	680	770	45	630	610
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	67	µg/l	0,50	0,58	0,50	0,50	29	61	< 0,50	27	< 0,50	2,4	< 0,50	4,6	2,2
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	940	µg/l	100	33000	650	410	7600	2200	49	1900	150	1100	14	180	19
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	125	µg/l	0,50	2,8	0,50	0,50	3,8	15	< 0,50	4,8	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,56	< 0,50
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	6143	µg/l	290	730	250	1300	580	89	4,7	150	4,1	24	1,3	2,8	56
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40	113	µg/l	6,6	12	9,1	11	7,2	5,2	1,2	7,1	2,0	7,9	4,7	2,7	18
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	350	4,5	0,50	17	37	43	< 0,50	9,4	0,78	7,9	< 0,50	0,94	37
TOESLAGSTOFFEN																		
1,4-dioxaan			50		µg/l	<10	9,1	0,13	2,5	0,71	3,6	0,56	0,19	35	430	0,51	4000	780
1,3-dioxolaan					µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	21	< 10	< 10	21
Legenda																		
x boven streefwaarde																		
x boven richtwaarde																		
x boven saneringsnorm																		

OVAM - Witteveen+Bos
 BELA665-1
 Meetcampagne 1,4-dioxaan in Vlaanderen
 Samenvatting analysesresultaten meetcampagne

Peilbuis	site 4				Eenheid	site 5					site 6								
	S	RW	BSN	Factor		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Filterdiepte (m -mv)						0,5-3,0	0,5-3,0	0,5-3,0	1,2-3,2	1,0-3,0	-	-	-	-	1,0-3,0	5,0-7,0	9,0-11,0	5,5-8,0	7,0-8,0
Datum						11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	12-08-2016	12-08-2016	12-08-2016	12-08-2016	23-08-2016	23-08-2016	23-08-2016	23-08-2016	23-08-2016
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN																			
Monochloorethaan					µg/l	< 0,50	< 0,50	7,9	< 0,50	2,1	260	56	1800	110	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	< 2,7	< 1,0	< 8,0	< 1,8	73	< 1,4	< 15	59	< 1,6	29000	34000	1300	1200	< 5,6
1,1-Dichlooretheen					µg/l	780	200	420	330	770	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	670	610	8400	4300	40
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	2,2	< 0,50	7,4	1,3	72	< 0,50	14	58	1,1	29000	34000	1300	1200	5,0
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,69	0,85	< 0,50	0,69	< 0,50	40	43	2,4	2,2	< 0,50
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	110	µg/l	0,56	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	2,7	< 0,50	9,4	2,7	< 0,50	0,59	< 0,50	2,9	< 0,50
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	5,5	0,89	2,1	2,0	8,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	14	14	13	13	2,1
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0	34	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	3,5	2,9	68	21	0,99
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	394	µg/l	84	490	1200	910	940	< 0,50	1,9	< 0,50	7,1	42	42	23	40	1,4
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	67	µg/l	< 0,50	< 0,50	0,62	< 0,50	0,76	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,53	0,54	0,59	36	< 0,50
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	940	µg/l	480	73	9,7	3,6	720	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	20000	18000	26000	5400	170
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	125	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	70	62	12	86	< 0,50
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	6143	µg/l	18	0,68	11	1,5	84	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	200000	160000	430000	200000	3700
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40	113	µg/l	77	6,0	34	8,6	76	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	650	580	710	380	69
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	< 0,50	0,84	2,2	13	3,7	1,4	22	52	1,7	0,76	0,67	< 0,50	< 0,50	< 0,50
TOESLAGSTOFFEN																			
1,4-dioxaan			50		µg/l	17	1,8	100	< 10	84	210	74	660	20	< 10	3,3	< 10	860	5,6
1,3-dioxolaan					µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Legenda																			
x boven streefwaarde																			
x boven richtwaarde																			
x boven saneringsnorm																			

OVAM - Witteveen+Bos
 BELA665-1
 Meetcampagne 1,4-dioxaan in Vlaanderen
 Samenvatting analyseresultaten meetcampagne

Peilbuis	site 7				Eenheid	site 8					site 9								
	S	RW	BSN	Factor		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Filterdiepte (m -mv)						1,8-2,8	2,1-3,1	4,0-5,0	2,1-3,1	1,6-2,6	1,9-3,9	2,1-4,1	5,2-6,2	3,5-4,5	3,0-4,0	6,0-7,0	3,0-4,0	6,0-7,0	4,0-5,0
Datum						23-08-2016	23-08-2016	23-08-2016	23-08-2016	23-08-2016	24-08-2016	24-08-2016	24-08-2016	24-08-2016	24-08-2016	24-08-2016	24-08-2016	24-08-2016	24-08-2016
GECHLOEREERDE KOOLWATERSTOFFEN																			
Monochloorethaan					µg/l	< 0,50	6,3	22	45	3,9	1200	< 0,50	5,0	< 0,50	3,1	0,96	2,2	2,7	6,4
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	< 2,3	< 68	70	120	1200	< 190	< 1,8	< 2,4	< 1,3	17	< 16	17	49	< 3,3
1,1-Dichlooretheen					µg/l	0,82	100	2800	2300	960	5100	77	290	12	43000	910	2300	770	2000
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	1,8	67	70	120	1200	180	1,3	1,9	0,72	16	15	16	47	2,8
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	< 0,50	< 0,50	0,61	0,69	4,3	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,2	< 0,50	1,2	2,7	< 0,50
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	110	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,84	26	< 0,50	< 0,50	< 0,50	28	< 0,50	1,6	4,8	2,2
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	< 0,50	1,1	1,1	0,56	24	< 0,50	1,1	< 0,50	11	< 0,50	1,0	1,6	1,0
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0	34	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	394	µg/l	1,6	51	590	730	250	5400	67	450	14	1100	280	3100	8400	1300
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	67	µg/l	< 0,50	0,86	22	16	6,9	2000	15	150	< 0,50	150	10	25	100	22
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	940	µg/l	1,6	210	5400	7100	750	12000	45	71	5,4	470000	610	56000	18000	38000
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	125	µg/l	< 0,50	< 0,50	45	53	14	1500	7,3	120	< 0,50	40	2,9	8,8	25	15
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	6143	µg/l	1,0	52	69	25	440	85	1,4	8,1	< 0,50	2400	78	210	120	350
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40	113	µg/l	4,2	160	480	170	890	2,4	0,83	1,2	0,87	64	0,90	13	2,6	4,0
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	< 0,50	4,4	4,0	1,9	91	86	0,71	20	< 0,50	4,4	1,8	7,4	5,8	3,9
TOESLAGSTOFFEN																			
1,4-dioxaan			50		µg/l	< 10	8,0	960	1100	330	26000	81	3200	23	2600	23	200	1600	100
1,3-dioxolaan					µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	33	< 10	< 10	< 10	130	< 10	< 10	19	< 10
Legenda																			
x boven streefwaarde																			
x boven richtwaarde																			
x boven saneringsnorm																			

OVAM - Witteveen+Bos
 BELA665-1
 Meetcampagne 1,4-dioxaan in Vlaanderen
 Samenvatting analysesresultaten meetcampagne

Peilbuis	site 10				Eenheid	11				12							
	S	RW	BSN	Factor		42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Filterdiepte (m -mv)						3-4	7,1-8,1	3-4	3-4	3,0-5,0	6,4-8,4	6,2-7,2	8-10	3-4	3-4	6-7	3-4
Datum						26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016
GECHLOEREERDE KOOLWATERSTOFFEN																	
Monochloorethaan					µg/l	740	880	41000	47000	380	72	3,0	2,0	< 0,50	12000	9,2	620
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	< 5,4	54000	280	9500	67000	880	730	13	< 3,0	22	< 14	25
1,1-Dichlooretheen					µg/l	1,1	3000	31	1800	3000	550	1800	0,68	< 0,50	3,7	15	3000
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	4,8	54000	260	9500	67000	870	690	12	2,4	21	13	24
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	< 0,50	470	22	22	150	4,5	34	1,1	< 0,50	1,0	< 0,50	1,3
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	110	µg/l	< 0,50	2,3	200	2200	1,3	< 0,50	0,78	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	4,7
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	8,7	< 0,50	3,2	< 0,50	< 0,50	0,92	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	18
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0	34	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	394	µg/l	59	79000	26000	130000	36000	1500	2800	9,9	6,0	1400	280	36000
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	67	µg/l	0,50	16	77	360	63	5,5	2,8	< 0,50	< 0,50	5,9	0,67	120
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	940	µg/l	55	270000	4000	160000	36	54	29000	6,3	< 0,50	280	130	170000
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	125	µg/l	< 0,50	240	12	560	51	41	39	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	240
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	6143	µg/l	3,6	3000	18	97	670	3,0	420	< 0,50	0,50	2,5	17	110
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40	113	µg/l	0,70	4500	12	200	2,3	< 0,50	18	< 0,50	< 0,50	< 0,50	35	39
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	3,0	580	1100	1300	16000	390	5,6	14	< 0,50	23	1,1	13
TOESLAGSTOFFEN																	
1,4-dioxaan			50		µg/l	640	< 10	2700	6500	13000	340	56	< 10	23	0,99	14	230
1,3-dioxolaan					µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Legenda																	
x boven streefwaarde																	
x boven richtwaarde																	
x boven saneringsnorm																	

OVAM - Witteveen+Bos
 BELA665-1
 Meetcampagne 1,4-dioxaan in Vlaanderen
 Samenvatting analysesresultaten meetcampagne

Peilbuis	site 13				Eenheid	14					15									
	S	RW	BSN	Factor		54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
Filterdiepte (m -mv)						2,6-3,6	2,6-3,6	2,9-3,9	4,2-5,2	2,9-3,9	1,5-3,5	3,0-4,0	2,0-3,0	7,0-8,0	12,0-13,0	1,0-3,0	3,0-5,0	2,8-4,8	3,0-5,0	3,0-5,0
Datum						08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	09-09-2016	09-09-2016	09-09-2016	09-09-2016	09-09-2016
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN																				
Monochloorethaan					µg/l	7,6	< 0,50	1,7	1,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,1	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	72	2,5	< 0,50
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	4,4	< 1,0	< 1,0	1,5	< 1,0	3100	< 140	41000	4000	5500	220	160	130	28	< 3,8
1,1-Dichlooretheen					µg/l	410	100	16	320	120	720	22	4900	870	630	7,9	1300	300	10000	98
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	3,2	< 0,50	< 0,50	0,67	< 0,50	3000	140	41000	4000	5500	200	150	120	26	3,2
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	1,1	< 0,50	< 0,50	0,81	< 0,50	13	< 0,50	7,9	3,5	2,0	15	15	6,1	2,2	< 0,50
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	110	µg/l	< 0,50	< 0,50	0,68	< 0,50	< 0,50	0,55	< 0,50	5,3	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	2,9	< 0,50
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	3,4	< 0,50	1,1	< 0,50	< 0,50	0,55	4,8	0,57
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0	34	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	394	µg/l	<u>300</u>	<u>29</u>	<u>16</u>	<u>110</u>	<u>25</u>	<u>86</u>	<u>3,2</u>	<u>980</u>	<u>100</u>	<u>57</u>	<u>28</u>	<u>2100</u>	<u>1100</u>	<u>390</u>	<u>9,3</u>
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	67	µg/l	<u>19</u>	<u>18</u>	< 0,50	<u>24</u>	<u>1,5</u>	<u>13</u>	< 0,50	<u>62</u>	<u>3,5</u>	<u>6,0</u>	< 0,50	<u>0,81</u>	<u>4,9</u>	<u>50</u>	< 0,50
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	940	µg/l	<u>110</u>	<u>29</u>	<u>2,5</u>	<u>61</u>	<u>21</u>	<u>49</u>	<u>140</u>	<u>31000</u>	<u>2900</u>	<u>7300</u>	< 0,50	<u>13000</u>	<u>9,0</u>	<u>460</u>	<u>17</u>
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	125	µg/l	< 0,50	2,8	2,1	1,4	< 0,50	0,51	< 0,50	6,1	< 0,50	< 0,50	< 0,50	4,2	1,1	81	0,60
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	6143	µg/l	0,84	4,9	< 0,50	6,4	9,5	1600	130	3900	2600	3500	3300	1800	130	150	22
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40	113	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,2	< 0,50	3,0	140	130	130	2,9	130	3,0	75	1,6
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	27	< 0,50	0,57	0,64	0,53	83	< 0,50	6,2	0,59	0,73	0,63	1,5	3,2	5,9	< 0,50
TOESLAGSTOFFEN																				
1,4-dioxaan			50		µg/l	1,9	260	< 10	63	10	1600	0,16	1300	0,22	16	27	110	750	7400	590
1,3-dioxolaan					µg/l	36	< 10	< 10	< 10	< 10	280	< 10	180	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Legenda																				
x boven streefwaarde																				
x boven richtwaarde																				
x boven saneringsnorm																				

OVAM - Witteveen+Bos
 BELA665-1
 Meetcampagne 1,4-dioxaan in Vlaanderen
 Samenvatting analysesresultaten meetcampagne

site 16

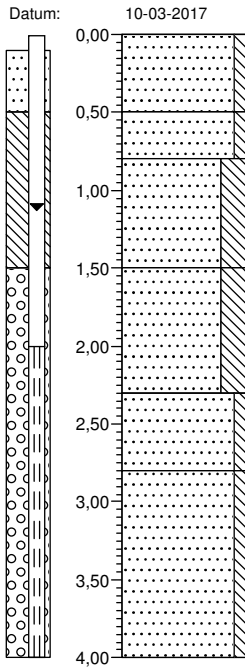
Peilbuis	S	RW	BSN	Factor	Eenheid	69	70	71	72
Filterdiepte (m -mv)						3,0-4,0	6,0-7,0	9,0-10,0	2,3-3,4
Datum						16-09-2016	16-09-2016	16-09-2016	16-09-2016
GECHLOOREERDE KOOLWATERSTOFFEN									
Monochloorethaan					µg/l	0,92	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	< 26	8,4	< 1,3	< 1,0
1,1-Dichlooretheen					µg/l	9,0	60	390	1,0
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	25	7,7	0,76	< 0,50
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	< 0,50	0,73	< 0,50	< 0,50
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	110	µg/l	< 0,50	11	1,7	< 0,50
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	1,3	0,95	19
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0	34	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	394	µg/l	44	150	52	1,8
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	67	µg/l	< 0,50	0,66	3,8	< 0,50
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	940	µg/l	1,8	3,8	0,61	4,6
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	125	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	6143	µg/l	10	19	8,4	0,57
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40	113	µg/l	< 0,50	13	< 0,50	0,69
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	< 0,50	0,54	0,96	< 0,50
TOESLAGSTOFFEN									
1,4-dioxaan			50		µg/l	< 10	8,4	< 10	< 10
1,3-dioxolaan					µg/l	< 10	21	< 10	< 10
Legenda									
x boven streefwaarde									
x boven richtwaarde									
x boven saneringsnorm									

Bijlage 6: Data onderzoek site 3

Boorprofielen

11030_P2001A

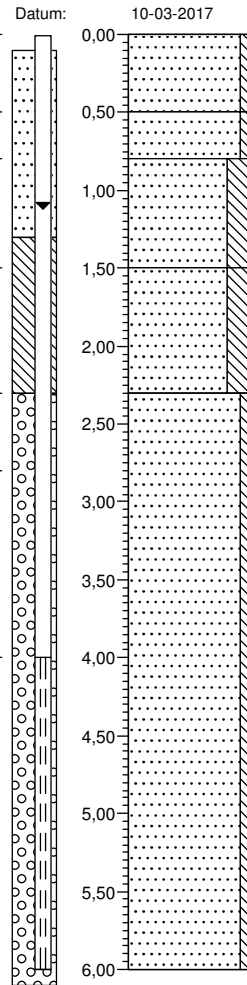
X: 125694,00
Y: 198403,00



0,00	berm
	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig Humus, donkerbruin
0,50	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruin
0,80	
	Zand, matig fijn, sterk siltig, bruingeel
1,50	
	Zand, matig fijn, sterk siltig, bruinoranje
2,30	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruingrijs
2,80	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruingrijs
4,00	

11030_P2001B

X: 125695,00
Y: 198402,00



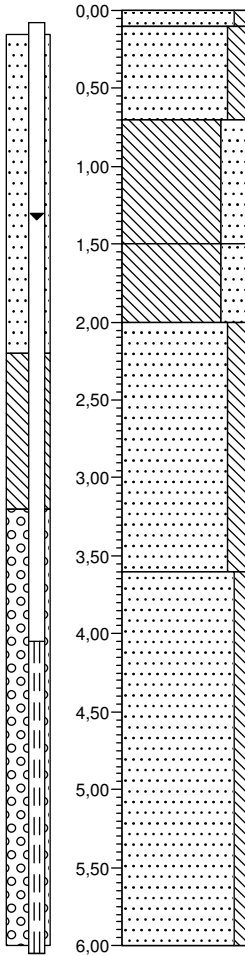
0,00	berm
	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig Humus, donkerbruin
0,50	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruin
0,80	
	Zand, matig fijn, sterk siltig, bruingeel
1,50	
	Zand, matig fijn, sterk siltig, bruinroest
2,30	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruingrijs
6,00	

Boorprofielen

11030_P2002

X: 125709,00
Y: 198443,00

Datum: 10-03-2017



0,00	tuin
0,10	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig Humus, donkerbruin
0,70	Zand, matig fijn, matig siltig, bruin
1,50	Leem, sterk zandig, bruin
2,00	Leem, sterk zandig, bruinoranje
3,60	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
6,00	Zand, matig fijn, zwak siltig, grijs

BELA665-1_Studie 1,4-dioxaan in Vlaanderen
 Meetdata site 3 - deel 1

					1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Boring	S	RW	BSN	Max.factor	Enheid	11030_OBO25	11030_OBO7	11030_OBO9	11030_P304	11030_OBO28	11030_P404	11030_P306	11030_P408	11030_OBO11	-
Zone						bronzone	bronzone	bronzone	bronzone	bronzone	bronzone	bronzone	bronzone	bronzone	
Filterdiepte (m -mv)						0,6-2,6	0,6-2,6	0,1-2,6	0,6-2,6	0,5-2,5	2,0-3,0	5,0-6,0	5,0-6,0	13-14,5	
Datum						11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	15-02-2017	15-02-2017	15-02-2017	15-02-2017	11-08-2016	
afstand tot bronzone (m)						0	0	0	0	0	0	0	0	0	
afstand tot receptor (m) (**)						240	240	240	240	240	240	240	240	240	
IN SITU METINGEN															
Diepte grondwater (m-mv)										1,53	1,37	1,47	1,37		
Temperatuur					°C					10	11	10	10		
pH										6,5	6,75	6,4	5,3		
Geleidbaarheid					µS/cm					12740	3840	15560	6540		
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN															
Monochloorethaan		5 (*)	50 (*)		µg/l	170	< 0,50	75	53	15	320	1,5	180	6,3	
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	5,8	µg/l	< 23	< 1,2	< 2,4	50	< 13	< 1,3	< 1,0	36	< 2,1	
1,1-Dichlooretheen	0,1		10 (*)	11	µg/l	110	0,97	6,4	52	< 0,50	< 0,50	< 0,50	44	12	
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	22	0,63	1,8	49	12	0,74	< 0,50	32	1,5	
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,6	< 0,50	< 0,50	< 0,50	4,1	< 0,50	
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	16	µg/l	320	< 0,50	1,8	1,2	24	2,9	< 0,50	25	< 0,50	
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	2,3	µg/l	770	45	630	610	9,1	4,3	< 0,50	550	680	
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30		µg/l	2,4	< 0,50	4,6	2,2	< 0,50	< 0,50	< 0,50	2,0	< 0,50	
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	2,2	µg/l	1100	14	180	19	< 0,50	< 0,50	< 0,50	11	150	
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12		µg/l	< 0,50	< 0,50	0,56	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	2,4	µg/l	24	1,3	2,8	56	3,0	< 0,50	< 0,50	23	4,1	
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40		µg/l	7,9	4,7	2,7	18	3,1	0,77	0,84	23	2,0	
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	20	µg/l	7,9	< 0,50	0,94	37	< 0,50	1,1	< 0,50	100	0,78	
TOESLAGSTOFFEN															
1,4-Dioxaan			50	80	µg/l	430	0,51	4000	780	120	140	240	670	35	
1,3-Dioxolaan					µg/l	21	< 10	< 10	21	14	< 10	< 10	20	< 10	
Legenda															
x boven streefwaarde															
x boven richtwaarde															
x boven saneringsnorm															
(**) niet genormeerde parameter															
(***) receptor oppervlaktewater															

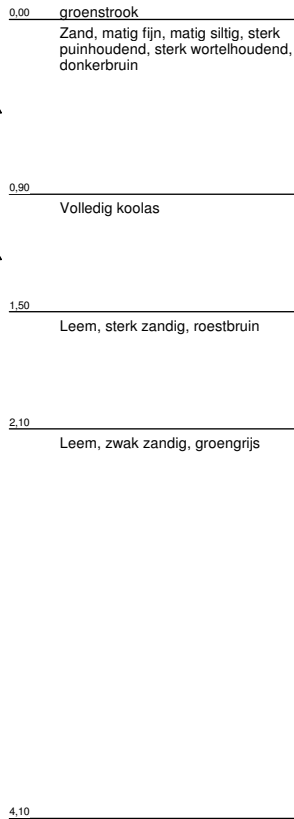
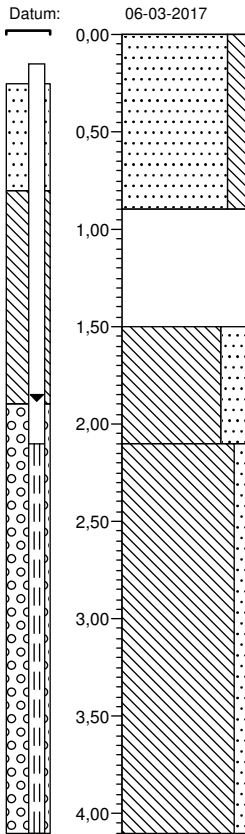
Meetdata site 3 - deel 2

						10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Boring	S	RW	BSN	Max.factor	Eenheid	11030_P2001A	11030_P2001B	11030_P2002	11030_P28	11030_P29	11030_P20	11030_P24	11030_P2003	11030_P2006	11030_P2004
X-coördinaat						125694,00	125695,00	125709,00					125727,00	125744,00	125733,00
Y-coördinaat						198403,00	198402,00	198443,00					198538,00	198552,00	198557,00
Z-coördinaat															
Zone						pluimzone	pluimzone	pluimzone	pluimzone	pluimzone	pluimzone	pluimzone	pluimzone	pluimzone	pluimzone
Filterdiepte (m -mv)						2,0-4,0	4,0-6,0	4,0-6,0	5,0-6,0	9,0-10,0	4,0-5,0	9,0-10,0	4,0-6,0	1,0-3,0	6,0-8,0
Datum						23-03-2017	23-03-2017	23-03-2017	15-02-2017	15-02-2017	15-02-2017	15-02-2017	23-03-2017	23-03-2017	23-03-2017
afstand tot bronzone (m)						40	40	80	135	135	185	185	220	220	220
afstand tot receptor (m) (**)						200	200	160	105	105	55	55	20	20	20
IN SITU METINGEN															
Diepte grondwater (m-mv)						1,13	1,12	1,34	1,33	1,40	1,57	1,64	1,81	1,69	1,65
Temperatuur					°C	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
pH						6,9	6,7	6,7	6,8	6,7	6,9	6,8	6,9	6,6	6,9
Geleidbaarheid					µS/cm	1280	980	960	1410	1340	1420	1230	880	1170	780
GECHLOREREDE KOOLWATERSTOFFEN															
Monochloorethaan		5(*)	50(*)		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	2,1	< 0,50	< 0,50	6,7	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	5,8	µg/l	< 7,1	< 1,0	< 7,0	< 8,0	< 27	200	< 2,2	290	< 16	< 30
1,1-Dichlooretheen	0,1		10(*)	11	µg/l	19	< 0,50	< 0,50	5,3	0,57	8,4	14	8,3	< 0,50	1,9
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	6,6	< 0,50	6,5	7,5	26	190	1,6	290	15	29
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	5,5	< 0,50	7,4	< 0,50	< 0,50
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	16	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	2,3	µg/l	11	< 0,50	< 0,50	3,3	5,4	17	48	58	7,4	2,3
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30		µg/l	0,54	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,3	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	2,2	µg/l	8,4	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,76
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	2,4	µg/l	16	< 0,50	0,64	1,7	< 0,50	< 0,50	< 0,50	170	6,2	17
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40		µg/l	1,7	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	20	µg/l	< 0,50	< 0,50	1,0	1,2	12	1,5	1,2	1,0	< 0,50	< 0,50
TOESLAGSTOFFEN															
1,4-Dioxaan			50	80	µg/l	9,5	< 10	< 10	180	18	250	160	340	< 10	6,7
1,3-Dioxolaan					µg/l				< 10	< 10	< 10	< 10			
Legenda															
x boven streefwaarde															
x boven richtwaarde															
x boven saneringsnorm															
(*) niet genormeerde parameter															
(**) receptor oppervlaktewater															

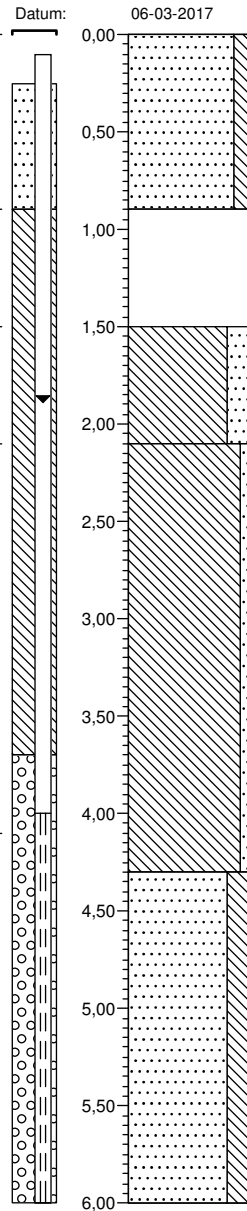
Bijlage 7: Data onderzoek site 11

Boorprofielen

31519_P1001A

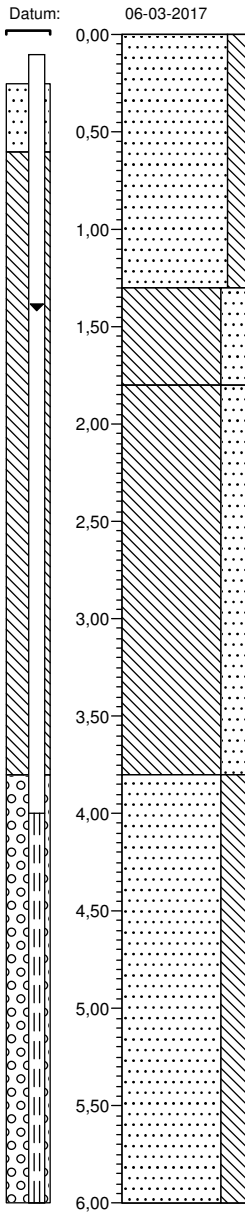


31519_P1001B



Boorprofielen

31519_P1002



0,00 groenstrook
Zand, matig fijn, matig siltig, sterk
puinhoudend, zwak wortelhoudend,
donkerbruin



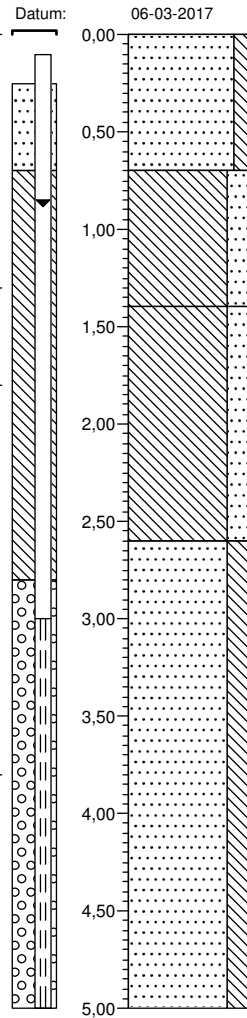
1,30
Leem, sterk zandig, bruin

1,80
Leem, sterk zandig, groengrijs

3,80
Zand, zeer fijn, sterk siltig, groengrijs

6,00

31519_P1003



0,00 groenstrook
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak
wortelhoudend, donkerbruin



0,70
Leem, sterk zandig, donker grijsbruin

1,40
Leem, sterk zandig, groengrijs

2,60
Zand, zeer fijn, sterk siltig, groengrijs

5,00

BELA665-1_Studie 1,4-dioxaan in Vlaanderen

Meetdata site 11

Deel 1

						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Boring	S	RW	BSN	Max.factor	Eenheid	31519_P100	31519_P204	31519_P30	31519_P24	31519_P25	31519_P303	31519_P308	31519_P312	31519_P312-2	31519_P315	31519_P317	31519_P318
Zone						kernzone	kernzone	kernzone	kernzone	kernzone	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim
Filterdiepte (m -mv)						3,0-5,0	6,4-8,4	6,2-7,2	1,2-3,2	1,2-3,2	6,0-8,0	8,0-10,0	8-10	8-10	8-10	13-15	13-15
Datum						26-08-2016	26-08-2016	26-08-2016	07-02-2017	07-02-2017	07-02-2017	07-02-2017	26-08-2016	16-05-2017	16-05-2017	16-05-2017	16-05-2017
IN SITU METINGEN																	
Diepte grondwater (m-mv)									2,30	1,88	1,65	1,87		2,28	2,04	1,89	2,53
Helderheid									goed	goed	goed	goed		goed	goed	goed	goed
Temperatuur					°C				9,7	7,9	11	11		13	13	13	13
pH									6,9	7,0	6,9	6,8		6,3	6,9	7,1	7,1
Geleidbaarheid					µS/cm				450	610	860	1060		1310	1210	680	940
GECHLOEREERDE KOOLWATERSTOFFEN																	
Monochloorethaan		5	50		µg/l	380	72	3,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	26	2,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	67000	880	730	< 1,0	< 1,0	< 15	840	13	12	< 1,7	4100	110
1,1-Dichlooretheen	0,01		10	300	µg/l	3000	550	1800	< 0,50	< 0,50	< 0,50	320	0,68	< 0,50	< 0,50	27	1,9
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	67000	870	690	< 0,50	< 0,50	14	840	12	11	1,2	4000	110
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	150	4,5	34	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,3	1,1	1,3	< 0,50	25	1,1
Dichloormethaan	0,50	5,0	20		µg/l	1,3	< 0,50	0,78	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	< 0,50	0,92	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	109	µg/l	36000	1500	2800	< 0,50	< 0,50	0,84	1100	9,9	6,3	0,55	35	9,3
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	2,1	µg/l	63	5,5	2,8	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,74	< 0,50
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	58	µg/l	36	54	29000	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,7	6,3	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	4,3	µg/l	51	41	39	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,74	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	9,6	µg/l	670	3,0	420	< 0,50	< 0,50	< 0,50	2,7	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40		µg/l	2,3	< 0,50	18	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	16000	390	5,6	< 0,50	< 0,50	71	1000	14	20	< 0,50	380	22
TOESLAGSTOFFEN																	
1,4-Dioxaan			50	650	µg/l	13000	340	56	< 10	< 10	< 10	480	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
1,3-Dioxolaan					µg/l	< 10	< 10	< 10					< 10				
Legenda																	
x boven streefwaarde																	
x boven richtwaarde																	
x boven saneringsnorm																	

						13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Boring	S	RW	BSN	Max.factor	Eenheid	31519_P319	31519_P323	31519_P329	31519_P1001A	31519_P1001B-2	31519_P1001B_2	31519_P1002	31519_P1003	31519_P328	31519_P328_2	31519_P326
Zone						pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim	pluim
Filterdiepte (m -mv)						8,0-10,0	8,0-10,0	3,5-5,5	2,1-4,1	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	3,0-5,0	7,6-9,6	7,6-9,6	5,5-7,5
Datum						07-02-2017	07-02-2017	07-02-2017	15-03-2017	15-03-2017	16-05-2017	15-03-2017	15-03-2017	07-02-2017	16-05-2017	15-03-2017
IN SITU METINGEN																
Diepte grondwater (m-mv)						1,65	1,58	0,98	1,88	1,89	2,23	1,42	0,88	0,23	0,32	0,81
Helderheid						goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed
Temperatuur					°C	11	12	9,3	12	12	13	11	12	11	13	12
pH						6,9	6,9	7,0	6,8	6,8	6,4	6,7	7,2	6,9	6,8	7,2
Geleidbaarheid					µS/cm	990	920	680	4160	2840	2660	2040	1360	990	1090	1270
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN																
Monochloorethaan		5	50		µg/l	160	140	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	43	23	< 0,5	< 0,50
1,2-Dichloorethenen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	4300	1800	< 1,0	< 3,6	< 1,2	≤ 6,7	< 1,0	2900	770	820	< 1,0
1,1-Dichlooretheen	0,01		10	300	µg/l	47	66	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	65	46	46	< 0,50
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	4300	1800	< 0,50	3,1	0,67	6,2	< 0,50	2900	760	810	< 0,50
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	9,5	18	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	5,7	5,1	5,2	< 0,50
Dichloormethaan	0,50	5,0	20		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	109	µg/l	13	13	< 0,50	5,9	5,1	2,5	< 0,50	9,5	6,4	6,8	< 0,50
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	2,1	µg/l	1,7	4,2	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	4,2	2,2	2,2	< 0,50
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	58	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	4,3	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	9,6	µg/l	< 0,50	1,2	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40		µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	300	320	< 0,50	11	21	59	< 0,50	50	13	12	< 0,50
TOESLAGSTOFFEN																
1,4-Dioxaan			50	650	µg/l	480	360	0,064	< 0,05	< 0,05	< 10	0,11	90	38	42	< 10
1,3-Dioxolaan					µg/l											
Legenda																
<i>x boven streefwaarde</i>																
<i>x boven richtwaarde</i>																
x boven saneringsnorm																

Bijlage 8: Nota 1,1-DCE en CA

NOTITIE

Onderwerp	1,1-dichlooretheen en chloorethaan - beknopte literatuurstudie en evaluatie aanwezigheid in grondwater in Vlaanderen
Project	Studie 1,4-dioxaan in het grondwater in Vlaanderen
Opdrachtgever	OVAM
Projectcode	BELA665-1
Status	Definitief
Datum	18 juli 2017
Referentie	BELA665-1
Auteur(s)	R. Van Muylder
Gecontroleerd door	S. Vanherreweghe
Goedgekeurd door	P. Van den bossche
Paraaf	

Bijlage(n) Tabel - Overzicht meetdata meetcampagne

Aan OVAM

Kopie -

1 INLEIDING

Situering

In opdracht van de OVAM werd een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen zoals 1,3-dioxolaan van 1,1,1-trichloorethaan in het grondwater in Vlaanderen. Deze studie werd uitgevoerd aan de hand van steekproefsgewijze metingen van 1,4-dioxaan en andere toeslagstoffen op sites met een gekende 1,1,1-trichloorethaan grondwaterverontreiniging. Aanvullend heeft de studie aangetoond dat de niet-genormeerde afbraakproducten van 1,1,1-TCA namelijk 1,1-dichlooretheen en chloorethaan in significante concentraties worden vastgesteld.

Voorliggende notitie betreft een beknopte literatuurstudie van de niet-genormeerde parameters 1,1-dichlooretheen en chloorethaan, een evaluatie van het voorkomen van deze parameters in het grondwater in Vlaanderen op basis van de meetdata in kader van de uitgevoerde studie naar 1,4-dioxaan.

Leeswijzer

In paragraaf 2 wordt de afbraakmechanismen van 1,1,1-TCA kort toegelicht. Vervolgens worden de belangrijkste stofdata en internationale normering van 1,1-dichlooretheen en chloorethaan in het grondwater besproken. In paragraaf 5 worden de meetdata uit de meetcampagne geëvalueerd. Tot slot wordt een conclusie en advies geformuleerd.

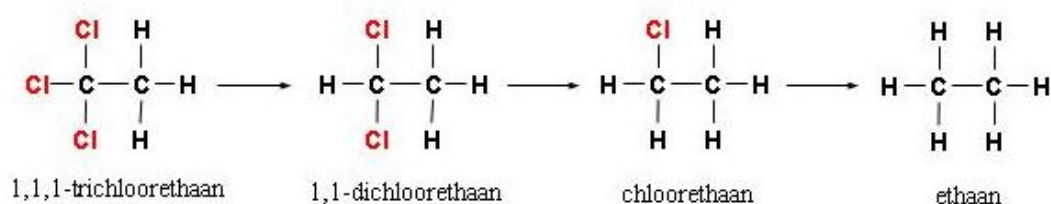
2 AFBRAAK VAN 1,1,1-TRICHOORETHAAN

Hierna worden de afbraakprocessen beschreven die aanleiding geven tot de vorming van 1,1-dichlooretheen en chloorethaan in het milieu.

Anaerobe microbiële afbraak

1,1,1-TCA kan microbiel worden afgebroken onder anaerobe condities tot 1,1-dichloorethaan, chloorethaan en finaal ethaan. Dit biodegradatieproces wordt reductieve dechlorering genoemd en kan als de meest voorkomende afbraakroute onder natuurlijke omstandigheden worden beschouwd (Vogel and McCarty 1987). Halfwaardetijden van 200 tot 300 dagen zijn in grondwateraquifers waargenomen.

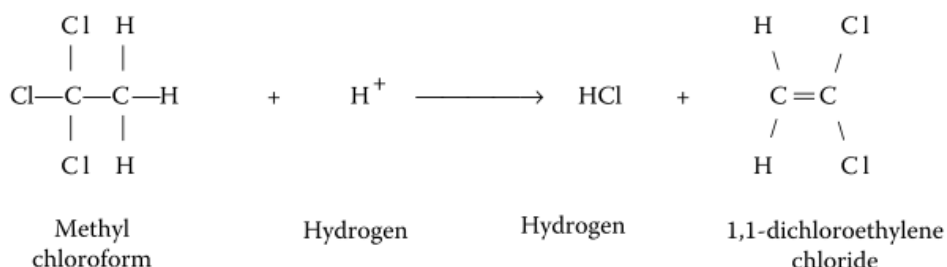
Afbeelding 2.1 Anaerob microbiel afbraakproces 1,1,1-TCA



Abiotische afbraak

1,1-Dichlooretheen wordt gevormd bij abiotische afbraak van 1,1,1-TCA in het milieu. Dit abiotisch proces wordt chlooreliminatie (β -eliminatie) genoemd. Voor dit proces werden halfwaardetijden tot 1,2 jaar berekend (bij pH 7 en 25°C). Op basis van microcosmtesten is vastgesteld dat 1,1-dichlooretheen verder kan afbreken tot vinylchloride en etheen als gevolg van reductieve dechlorering (Vogel & McCarty, 1987).

Afbeelding 2.2 Abiotische afbraak 1,1,1-TCA naar 1,1-dichlooretheen

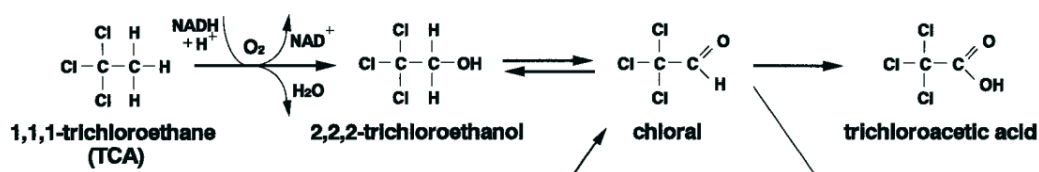


Aerobe microbiële afbraak

Onder aerobe condities kan 1,1,1-TCA microbiel worden omgezet tot 2,2,2-dichloorethanol. Dit biodegradatieproces wordt aerobe coöxidatie genoemd.

Deze afbraakproducten van 1,1,1-TCA worden niet onderzocht in kader van deze studie en worden verder niet behandeld in deze nota.

Afbeelding 2.3 Aerob microbiel afbraakproces TCA (Hashimoto et al, 2001)



3 STOFDATA

In tabel 3.1 worden de meest relevante stofdata van 1,1-dichlooretheen en chloorethaan in kader van bodemonderzoek naar deze parameters samengevat.

Tabel 3.1 Fysische en chemische eigenschappen 1,4-dioxaan (ATSDR, 2012), 1,1,1-trichloorethaan (ATSDR, 2006), 1,1-dichlooretheen (ATSDR, 1994) en chloorethaan (ATSDR, 1998)

	1,1,1-trichloorethaan	1,1-dichlooretheen	chloorethaan
CAS nr.	71-55-6	75-35-4	75-00-3
structuurformule	C ₂ H ₃ Cl ₃	C ₂ H ₂ Cl ₂	C ₂ H ₅ Cl
moleculaire massa (g/mol)	133,4	96,95	64,52
kookpunt (°C)	74,1	31,7	12,5
smeltpunt (°C)	-30,4	-122,5	-138,7
dichtheid (g/cm ³ bij 20°C)	1,339	1,213	0,920
vlampunt (°C)	geen	-19	-50
oplosbaarheid in water (mg/L bij 25 °C)	1.500	2.500	5.740
log K _{ow}	2,49	1,32	1,43
log K _{oc}	2,03	1,81	1,52
geur	zoete geur	zwak zoete geur	zwak zoete geur

De stoffeigenschappen van 1,1-DCE zoals dichtheid en oplosbaarheid in water komen sterk overeen met het moederproduct 1,1,1-TCA.

Chloorethaan is gasvormig bij kamertemperatuur (naar analogie met vinylchloride). Chloorethaan is beter wateroplosbaar en heeft een lagere K_{oc} waarde dan 1,1-DCE of 1,1,1-TCA. Op basis van de stofdata kan worden verwacht dat chloorethaan zich gemakkelijk in het grondwater verspreid.

Op basis van literatuurgegevens is er weinig informatie beschikbaar over het gedrag van 1,1-DCA en CA in de bodem in relatie tot 1,1,1-TCA. Op basis van de stoffeigenschappen van 1,1-DCE en CA (oplosbaarheid, bodem/water partiticoëfficiënt) zijn deze stoffen duidelijk mobieler dan 1,1,1-TCA. Deze vaststelling stemt overeen met de resultaten van de meetcampagne. Deze componenten komen duidelijk voor in de pluim met afbraakproducten, naast bijvoorbeeld vinylchloride.

4 NORMERING

4.1 Inleiding

In Vlaanderen is er voor zowel 1,1-dichlooretheen als chloorethaan in de bodem of grondwater geen normkader beschikbaar. Deze parameters worden ook niet mee opgenomen in het standaard analysepakket voor VOCl's.

4.2 1,1-Dichlooretheen

In Nederland is voor 1,1-dichlooretheen een streef- en interventiewaarde opgenomen in het Besluit Bodemkwaliteit. Een overzicht van normen en richtwaarden in drink- en grondwater voor 1,1-dichlooretheen die in de literatuur kon worden teruggevonden, wordt in tabel 4.1 opgelijst. Er wordt geadviseerd voor de Vlaamse context de Nederlandse interventiewaarde van 10 µg/l voor 1,1-dichlooretheen te hanteren als saneringsnorm.

Tabel 4.1 Overzicht van normen/richtwaarden voor 1,1-dichlooretheen

Regio/land	Type norm	Waarde	Referentie
Nederland	Streefwaarde grondwater	0,01 µg/l	(Besluit bodemkwaliteit, Nederland)
Nederland	Interventiewaarde grondwater	10 µg/l	(Besluit bodemkwaliteit, Nederland)
Duitsland	Grondwaternorm	10 µg/l	Umweltbundesamt, 2017
WHO	Adviesnorm drinkwater	140 µg/l	Guidelines for drinking water quality, 3th edition, WHO, 2006
VS	Drinkwaternorm / max contaminant level (MCL)	7 µg/l	<i>US-EPA National Primary Drinking Water Regulations US EPA, 2016, Regional Screening Level - Generic Table</i>
VS	Drinkwaternorm (tapwater)	280 µg/l	<i>US EPA, 2016, Regional Screening Level - Generic Table</i>
New York (VS)	<i>Groundwater quality standard</i>	7 µg/l	<i>New York State Department of Environmental Conservation, 2001</i>
Wisconsin (VS)	<i>Drinking water en groundwater quality standard</i>	7 µg/l	<i>Wisconsin Department of Natural Resources, 2011</i>
Indiana (VS)	Grondwaternorm - woongebied	300	<i>Indiana Department of Environmental Management, Remediation Closure Guide, 2016</i>
Indiana (VS)	Grondwaternorm - industrie	1.300	<i>Indiana Department of Environmental Management, Remediation Closure Guide, 2016</i>
Nova Scotia (Canada)	Oppervlaktewater	40 µg/l	MDEQ 2007
Australië	Drinkwaternorm	30 µg/l	<i>National Environment Protection (Assessment of Site Contamination) Measure, 2013</i>

4.3 Chloorethaan

Voor chloorethaan in het grondwater bestaat er internationaal weinig normering. Ook het WHO geeft nog geen normwaarde voor chloorethaan in drinkwater geadviseerd. Enkele Amerikaanse staten hebben een normwaarde voor chloorethaan afgeleid. Een overzicht van normen en richtwaarden in drink- en grondwater voor chloorethaan die beschikbaar zijn, wordt in tabel 4.2 samengevat.

Het afleiden van een grondwatersaneringsnorm voor chloorethaan voor de Vlaamse context valt buiten de scope van deze nota.

Tabel 4.2 Overzicht van normen/richtwaarden voor chloorethaan

Land/regio	Type norm	Waarde	Referentie
Verenigde Staten	Drinkwaternorm	2.100 µg/l	<i>US EPA, 2016, Regional Screening Level - Generic Table</i>
New Jersey (VS)	Algemene grondwater-kwaliteitsnorm (1)	5 µg/l	<i>New Jersey Department of Environmental Protection, Groundwater quality standard for chloroethane, 2008</i>
New York (VS)	<i>Groundwater quality standard</i>	5 µg/l	<i>New York State Department of Environmental Conservation, 2001</i>
California (VS)	<i>Max contaminant level (MCL)</i>	16 µg/l	Mohr et al., 2010
Wisconsin (VS)	<i>Drinking water en groundwater quality standard</i>	400 µg/l	Wisconsin Department of Natural Resources, 2011
Delaware (VS)	<i>Screening level</i>	2.100 µg/l	DNREC, 2016
Indiana (VS)	Drinkwaternorm	21.000 µg/l	<i>Indiana Department of Environmental Management, Remediation Closure Guide, 2016</i>
Nova Scotia (Canada)	Oppervlaktewater	1.100 µg/l	Nova Scotia Environment, Environmental Quality Standards for Contaminated Sites, 2014

(1) Er wordt bij afleiding van deze norm vermeld dat er onvoldoende informatie beschikbaar is om een specifieke grondwaterkwaliteitsnorm voor chloorethaan af te leiden. Aangezien chloorethaan als mogelijk carcinogeen wordt beschouwd, werd een algemene grondwaterkwaliteitsnorm van 5µg/l gehanteerd (*New Jersey Department of Environmental Protection, Groundwater quality standard for chloroethane, 2008*).

5 DATA MEETCAMPAGNE IN VLAANDEREN

5.1 Inleiding

In kader van de uitgevoerde studie naar 1,4-dioxaan in het grondwater werd op 16 sites in Vlaanderen in totaal 72 monitoringspeilbuizen bemonsterd en geanalyseerd op VOCl's inclusief 1,1-dichlooretheen en chloorethaan. De volledige dataset wordt bijgevoegd in bijlage.

5.2 Metingen 1,1-dichlooretheen

De bekomen analyseresultaten voor 1,1-dichlooretheen van de 16 sites werden getoetst aan de Nederlandse interventiewaarde van 10 µg/l. Op basis van toetsing van de analyseresultaten 1,1-dichlooretheen wordt geconcludeerd dat:

- Op alle sites, waar 1,1,1-TCA werd gemeten boven detectielimiet (15 van de 16 sites), wordt een overschrijding van de Nederlandse interventiewaarde van 10 µg/l voor 1,1-dichlooretheen vastgesteld.
- De meetresultaten voor 1,1-dichlooretheen liggen vaak een factor 10 tot 100 boven de Nederlandse interventiewaarde;
- De maximaal aangetroffen concentratie 1,1-dichlooretheen bedraagt 43.000 µg/l.

Er kan op basis van de resultaten van de meetcampagne worden geconcludeerd dat een grondwaterverontreiniging met 1,1,1-TCA steeds ook een grondwaterverontreiniging met 1,1-dichlooretheen lijkt in te houden.

5.3 Metingen chloorethaan

De bekomen analyseresultaten voor chloorethaan van de 16 sites werden getoetst aan de Amerikaanse grondwaterkwaliteitsnorm van 5µg/l en aan 10 keer deze normwaarde. Op basis van toetsing wordt geconcludeerd dat:

- Op 13 van de 16 sites (81%) wordt een overschrijding van de Amerikaanse grondwaterkwaliteitsnorm van 5µg/l voor chloorethaan vastgesteld.
- Op 9 van de 16 sites (56%) worden hogere concentraties dan 50 µg/l chloorethaan vastgesteld;
- De maximaal aangetroffen concentratie chloorethaan bedraagt 47.000 µg/l.

Er kan op basis van de resultaten van de meetcampagne worden geconcludeerd dat op locaties waar een grondwaterverontreiniging met 1,1,1-TCA wordt vastgesteld een grondwaterverontreiniging met chloorethaan eveneens reëel is.

6 CONCLUSIES EN ADVIES

In deze notitie werd een beknopte literatuurstudie van de niet-genormeerde parameters 1,1-dichlooretheen en chloorethaan uitgevoerd en een evaluatie gemaakt van de analyseresultaten naar deze parameters bekomen in kader van de uitgevoerde meetcampagne op 1,1,1-TCA sites in Vlaanderen.

Algemeen kan worden geconcludeerd dat op sites waar een 1,1,1-TCA verontreiniging in het grondwater wordt vastgesteld, een overschrijding van de Nederlandse interventiewaarde voor de parameter 1,1-dichlooretheen en een overschrijding van de Amerikaanse grondwaterkwaliteitsnorm voor chloorethaan vaak tot steeds voorkomt. Bijgevolg wijzen de analyseresultaten van deze studie uit dat naast een grondwaterverontreiniging met 1,1,1-TCA ook een grondwaterverontreiniging met de niet-genormeerde parameters 1,1-dichlooretheen en chloorethaan reëel is.

Er worden volgende adviezen geformuleerd:

- 1,1,1-TCA kan niet als gidsparameter voor 1,1-dichlooretheen en chloorethaan worden beschouwd wegens het verschillend verspreidingsgedrag in de bodem.

- Er wordt geadviseerd 1,1-dichlooretheen en chloorethaan op te nemen in het standaard analysepakket voor VOCI's.
- Er wordt geadviseerd een saneringsnorm voor chloorethaan af te leiden gezien het ontbreken van een eenduidig normkader voor deze parameter.
- Voor 1,1-dichlooretheen wordt geadviseerd de Nederlandse interventiewaarde van 10µg/l als saneringsnorm te hanteren.

7 REFERENTIES

ATSDR. 1994. Toxicological profile for 1,1-dichloroethene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

ATSDR. 1998. Toxicological profile for Chloroethane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

ATSDR. 2006. Toxicological profile of for 1,1,1-trichloroethane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

ATSDR. 2012. Toxicological profile of 1,4-dioxane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

DNREC, 2016, Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control, screening level table.

MDEQ, 2007, Michigan Department of Environmental Quality, online te raadplegen op:
http://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-chem-11-DichloroethaneDatasheet_527462_7.pdf

NJDEP, 2008, New Jersey Department of Environmental Protection, Groundwater quality standard for chloroethane.

IARC. 1999. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 71. Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide.

Mohr, Stickney en DiGiuseppi, 2010, Environmental investigation and remediation. 1,4-dioxane and other solvent stabilizers, CRC Press, USA.

Umweltbundesamt, 2017, online te raadplegen op: www.umweltbundesamt.de

Vogel et al. 1986. Rate of abiotic formation of 11-DCE from 111-TCA in groundwater.

I

BIJLAGE: OVERZICHT DATA MEETCAMPAGNE

Peilbuis	site				Eenheid	1				2				3				4				5					
	S	RW	BSN	Max.factor		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Filterdiepte (m -mv)						1,0-4,0	2,5-3,5	1,0-4,0	5,0-6,0	1,0-3,0	5,0-6,0	2,0-3,0	9,0-1,0	0,6-2,6	0,6-2,6	0,6-2,6	0,1-2,6	0,6-2,6	0,5-3,0	0,5-3,0	0,5-3,0	1,2-3,2	1,0-3,0	-	-	-	-
Datum						04-08-2016	04-08-2016	04-08-2016	04-08-2016	05-08-2016	05-08-2016	05-08-2016	05-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	11-08-2016	12-08-2016	12-08-2016	12-08-2016	12-08-2016
GECHLOOREERDE KOOLWATERSTOFFEN																											
Monochloorethaan		5	50		µg/l	180	100	0,76	36	71	130	3,3	130	6,3	170	<0,50	75	53	<0,50	<0,50	7,9	<0,50	2,1	260	56	1800	110
1,2-Dichlooretheen (som)	1,0	5,0	50	1340	µg/l	31000	2200	36	770	1800	880	<11	430	<2,1	<23	<1,2	<2,4	50	<2,7	<1,0	<8,0	<1,8	73	<1,4	<15	59	<1,6
1,1-Dichlooretheen	0,01		10	4300	µg/l	31	1200	140	170	290	410	6,9	230	12	110	0,97	6,4	52	780	200	420	330	770	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
cis-1,2-Dichlooretheen					µg/l	31000	2100	35	770	1800	870	10	430	1,5	22	0,63	1,8	49	2,2	<0,50	7,4	1,3	72	<0,50	14	58	1,1
trans-1,2-Dichlooretheen					µg/l	44	23	0,50	2,5	8,6	12	<0,50	2,1	<0,50	<0,50	<0,50	1,6	<0,50	<0,50	<0,50	0,69	0,85	<0,50	0,69	<0,50	<0,50	<0,50
Dichloormethaan	0,50	5,0	20	110	µg/l	0,50	0,50	0,50	0,50	<0,50	1,0	<0,50	<0,50	<0,50	320	<0,50	1,8	1,2	0,56	<0,50	<0,50	<0,50	2,7	<0,50	9,4	2,7	
Trichloormethaan (Chloroform)	0,50	5,0	200		µg/l	0,50	0,95	0,50	0,50	0,99	0,69	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	5,5	0,89	2,1	2,0	8,0	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Tetrachloormethaan (Tetra)	0,50	1,2	2,0	34	µg/l	0,50	0,50	0,50	0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
1,1-Dichloorethaan	1,0	5,0	330	394	µg/l	220	1100	120	76	1400	2800	13	490	680	770	45	630	610	84	490	1200	910	940	<0,50	1,9	<0,50	7,1
1,2-Dichloorethaan	0,50	5,0	30	67	µg/l	0,50	0,58	0,50	0,50	29	61	<0,50	27	<0,50	2,4	<0,50	4,6	2,2	<0,50	<0,50	0,62	<0,50	0,76	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
1,1,1-Trichloorethaan	1,0	5,0	500	940	µg/l	100	33000	650	410	7600	2200	49	1900	150	1100	14	180	19	480	73	92	3,6	720	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
1,1,2-Trichloorethaan	1,0	5,0	12	125	µg/l	0,50	2,8	0,50	0,50	3,8	15	<0,50	4,8	<0,50	<0,50	0,56	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Trichlooretheen (Tri)	0,50	5,0	70	6143	µg/l	290	730	250	1300	580	89	4,7	150	4,1	24	1,3	2,8	56	18	0,68	11	1,5	84	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Tetrachlooretheen (Per)	0,50	5,0	40	113	µg/l	6,6	12	9,1	11	7,2	5,2	1,2	7,1	2,0	7,9	4,7	2,7	18	77	6,0	34	8,6	76	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Vinylchloride	0,50	2,0	5,0	3200	µg/l	350	4,5	0,50	17	37	43	<0,50	9,4	0,78	7,9	<0,50	0,94	37	<0,50	0,84	2,2	13	3,7	1,4	22	52	1,7
TOESLAGSTOFFEN																											
1,4-dioxaan			50		µg/l	<10	9,1	0,13	2,5	0,71	3,6	0,56	0,19	35	430	0,51	4000	780	17	1,8	100	<10	84	210	74	660	20
1,3-dioxolaan					µg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	21	<10	<10	21	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Legenda																											
x boven streefwaarde																											
x boven richtwaarde																											
x boven saneringsnorm																											

13				14				15				16								
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
6-7	3-4	2,6-3,6	2,6-3,6	2,9-3,9	4,2-5,2	2,9-3,9	1,5-3,5	3,0-4,0	2,0-3,0	7,0-8,0	12,0-13,0	1,0-3,0	3,0-5,0	2,8-4,8	3,0-5,0	3,0-5,0	3,0-4,0	6,0-7,0	9,0-10,0	2,3-3,4
26-08-2016	26-08-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	08-09-2016	09-09-2016	09-09-2016	09-09-2016	09-09-2016	09-09-2016	16-09-2016	16-09-2016	16-09-2016	16-09-2016
9,2	620	7,6	<0,50	1,7	1,0	<0,50	<0,50	<0,50	1,1	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	72	2,5	<0,50	0,92	<0,50	<0,50	<0,50
<14	25	4,4	<1,0	<1,0	1,5	<1,0	3100	<140	41000	4000	5500	220	160	130	28	<3,8	<26	8,4	<1,3	<1,0
15	3000	410	100	16	320	120	720	22	4900	870	630	7,9	1300	300	10000	98	9,0	60	390	1,0
13	24	3,2	<0,50	<0,50	0,67	<0,50	3000	140	41000	4000	5500	200	150	120	26	3,2	25	7,7	0,76	<0,50
<0,50	1,3	1,1	<0,50	<0,50	0,81	<0,50	13	<0,50	7,9	3,5	2,0	15	15	6,1	2,2	<0,50	<0,50	0,73	<0,50	<0,50
<0,50	4,7	<0,50	<0,50	0,68	<0,50	<0,50	0,55	<0,50	5,3	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	2,9	<0,50	<0,50	11	1,7	<0,50
<0,50	18	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	3,4	<0,50	<0,50	1,1	<0,50	<0,50	0,55	4,8	0,57	<0,50	1,3	0,95
<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
280	36000	300	29	16	110	25	86	3,2	980	100	57	28	2100	1100	390	9,3	44	150	52	1,8
0,67	120	19	18	<0,50	24	1,5	13	<0,50	62	3,5	6,0	<0,50	0,81	4,9	50	<0,50	<0,50	0,66	3,8	<0,50
130	170000	110	29	2,5	61	21	49	140	31000	2900	7300	<0,50	13000	9,0	460	17	1,8	3,8	0,61	4,6
<0,50	240	<0,50	2,8	2,1	1,4	<0,50	0,51	<0,50	6,1	<0,50	<0,50	<0,50	4,2	1,1	81	0,60	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
17	110	0,84	4,9	<0,50	6,4	9,5	1600	130	3900	2600	3500	3300	1800	130	150	22	10	8,4	0,57	
35	39	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	1,2	<0,50	3,0	140	130	130	2,9	130	3,0	75	1,6	<0,50	1,3	<0,50	0,69
1,1	13	27	<0,50	0,57	0,64	0,53	83	<0,50	6,2	0,59	0,73	0,63	1,5	3,2	5,9	<0,50	<0,50	0,54	0,96	<0,50
14	230	1,9	260	<10	63	10	1600	0,16	1300	0,22	16	27	110	750	7400	590	<10	8,4	<10	<10
<10	<10	36	<10	<10	<10	<10	280	<10	180	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	21	<10	<10