

Date : 10/01/2019

Ref.

Subject : Samenvatting wijzigingen S-Risk versie 1.3

Inhoud

1	Achtergrond	1
2	Praktische implementatie en planning	2
	2.1 Implementatie	2
	2.2 Planning	2
3	Wijziging van de bodemingestiegetallen van P95 naar P60	2
4	Actualisatie gechloreerde solventen	3
	4.1 Trichlooretheen (TRI)	4
	4.2 Tetrachlooretheen (PER)	7
	4.3 Dichloormethaan	10
	4.4 Tetrachloormethaan	13
	4.5 1,1,1-Trichloorethaan	16
5	Referenties	19

1 Achtergrond

Recent werden in opdracht van OVAM mogelijke beleidsmatige aanpassingen bij het berekenen van bodemsaneringsnormen onderzocht (Cornelis & Van Holderbeke, 2018). Uit de verschillende opties werd een wijziging van de ingestiegetallen voor bodem en stof van een P95 naar een P60 niveau weerhouden. Toepassen van P60 bodem- en stofingestiegetallen resulteert in een toename in toetsingswaarde voor stoffen waarbij de bodem- en stofingestie een belangrijke bijdrage aan de totale blootstelling heeft. Voor stoffen waarbij bodem- en stofingestie nauwelijks of niet bijdragen aan de totale blootstelling is de impact beperkt of nihil.

Omwille van verouderde data werden de normvoorstellen voor de gechloreerde solventen dichloormethaan, tetrachloormethaan, trichlooretheen, tetrachlooretheen en 1,1,1-trichloorethaan herzien. Daartoe werd een actualisatie uitgevoerd van de volgende invoergegevens voor normering:

- fysicochemie,
- overdracht naar dierlijke en plantaardige producten,
- voorkomen in milieu, achtergrondniveaus en achtergrondblootstelling,
- wettelijke limieten,
- toxicologie.

In wat volgt wordt meer informatie gegeven over de praktische implementatie van deze wijzigingen in S-Risk, de planning hiervan en meer toelichting over de wijzigingen die zullen doorgevoerd worden.

2 Praktische implementatie en planning

2.1 Implementatie

De wijzigingen voor de bodemingestiegewallen en de gechlorideerde solventen zullen worden gebundeld in één S-Risk release. We zullen deze aanduiden als S-Risk 1.3 (niet 1.2.7), omdat dit beter aangeeft dat het om een grondige inhoudelijke wijziging gaat.

Deze versie zal allicht ook enkele technische ingrepen (software upgrades) omvatten, onder meer op vlak van database-performantie en aanpassingen aan het continu evoluerende ICT-platform om stabiliteit voor de komende jaren te garanderen. Deze wijzigingen hebben geen enkele impact op de gebruikersinterface of de inhoudelijke resultaten van de simulaties.

Impact op simulaties

S-Risk gaat uit van één set van standaardparameters – het is dus onmogelijk om de oude en nieuwe bodemingestiegewallen in parallel beschikbaar te stellen. Na release 1.3 zullen dus enkel de nieuwe bodemingestiegewallen beschikbaar zijn als “standaard” waarden.

Het blijft uiteraard wel mogelijk om de oude getallen manueel in te voeren voor individuele simulaties.

Bestaande simulaties blijven ongewijzigd: als die met de oude parameterwaarden werden uitgerekend, blijft dat zo. Het herrekenen van deze simulaties zal resulteren in exact dezelfde waarden als voorheen.

Indien bestaande simulaties moeten worden aangepast met de nieuwe ingestiegewallen en/of parameters voor gechlorideerde solventen, dan dienen deze manueel aangepast te worden.

Nieuwe simulaties zullen sowieso uitgaan van de standaard ingebouwde parameters, en zullen dus de nieuwe parameterwaarden bevatten. Indien hier expliciet met de oude parameterwaarden moet worden gerekend, dan zullen deze manueel moeten worden ingevoerd.

2.2 Planning

We stellen voor om de release van S-Risk 1.3 te voorzien op woensdag 15 mei. Dit laat voldoende ruimte om de wijzigingen breed aan te kondigen, o.m. via de “Richtlijnen voor bodemsaneringsdeskundigen”, de S-Risk “newsflash” e-mails en de S-Risk website.

3 Wijziging van de bodemingestiegewallen van P95 naar P60

In S-Risk zijn de ingestiegewallen voor bodem en stof leeftijdsafhankelijk en bestemmingsafhankelijk. Voor woongebieden, industriegebied en gebieden met verblijfsrecreatie wordt gebruik gemaakt van daggemiddelde ingestiegewallen, waarbij een bepaalde fractie toegekend wordt aan bodem (buiten) en huisstof (binnen). Bij dagrecreatie wordt gebruik gemaakt van uurgebaseerde bodem- en

stofingestiegetallen, deze laatste worden niet gewijzigd. In de huidige versie van S-Risk (1.2.6) wordt gebruik gemaakt van P95 bodem- en stofingestiewaarden gebaseerd op waarden voor bodem- en stofingestie voor kinderen en volwassenen opgesteld door Van Holderbeke *et al.* (2008). De nieuwe S-Risk versie 1.3 zal gebruik maken van P60 bodem- en stofingestiewaarden gebaseerd op dezelfde waarden als de P95 getallen. De herrekende bodem- en stofingestiegetallen per leeftijdscategorie en bestemming zijn opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1: Herrekende bodemingestiegetallen uitgaande van een P60-ingestie (tussen haakjes staan de huidige P95 bodemingestiegetallen) (mg/d).

leeftijd	type II/III	wonen zonder tuin	verblijfsrecreatie (IVb)	lichte industrie (Va)	zware industrie (Vb)
1 - < 3	106 (152)	87 (125)	129 (186)		
3 - < 6	85 (122)	69 (100)	103 (149)		
6 - < 10	69 (93)	54 (73)	79 (108)		
10 - < 15	68 (89)	51 (68)	73 (97)		
15 - < 21	67 (85)	49 (63)	67 (85)	23 (26)	33 (38,5)
21 - < 31	66 (77)	45 (53)	66 (77)	23 (26)	33 (38,5)
31 - < 41	66 (77)	45 (53)	66 (77)	23 (26)	33 (38,5)
41 - < 51	66 (77)	45 (53)	66 (77)	23 (26)	33 (38,5)
51 - < 61	66 (77)	45 (53)	66 (77)	23 (26)	33 (38,5)
61 en ouder	66 (77)	45 (53)	66 (77)	23 (26)	33 (38,5)

De impact van het wijzigen van de bodemingestiegetallen werd nagegaan door toetsingswaarden voor de verschillende stoffen in S-Risk te berekenen voor de bestemmingstypes II, III, IVb, Va en Vb. Samenvattend kan op basis van deze berekeningen bij toepassen van P60 bodem- en stofingestiegetallen een toename in toetsingswaarde verwacht worden voor stoffen waarbij de bodem- en stofingestie een belangrijke bijdrage aan de totale blootstelling heeft. Voor lood is deze toename het meest uitgesproken. De toename bedraagt maximaal rond 45%, afhankelijk van stof en bestemmingstype. Voor stoffen waarbij bodem- en stofingestie nauwelijks of niet bijdragen aan de totale blootstelling is de impact beperkt of nihil (Cornelis & Van Holderbeke, 2018).

4 Actualisatie gechlloreerde solventen

Hieronder wordt meer informatie gegeven over de data gebruikt bij het afleiden van de nieuwe normvoorstellen voor chloorsolventen in bodem en grondwater. In Van Holderbeke *et al.* (2018) worden meerdere alternatieve voorstellen voor de verschillende stoffen besproken zoals andere toxicologische toetsingswaarden en de keuze voor het gebruik van een wettelijke of toxicologische limiet voor lucht, hieronder wordt echter enkel dieper ingegaan op de geactualiseerde parameters en de afleiding van het finaal door OVAM geselecteerde normvoorstel.

4.1 Trichlooretheen (TRI)

Voor trichlooretheen werden een aantal fysicochemische parameters (oplosbaarheid, dampdruk, Henry-coëfficiënt, K_{ow} en K_{oc}), de toxicologische toetsingswaarden, limieten in lucht en drinkwater en achtergrondblootstelling via voeding geactualiseerd. De geactualiseerde fysicochemische parameters en de waarden gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007) staan in Tabel 2.

Tabel 2: Geactualiseerde fysicochemische parameters voor trichlooretheen en de vergelijking met de waarde gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007)

		Basisgegevens Vlarebo	Herziening
Parameter	Eenheid	Waarde	Waarde
Oplosbaarheid	mg/l	$1,40 \times 10^3$ bij 20°C (Tse & Sandler, 1992; Wright et al., 1992)	1372 bij 25°C (Gemiddelde van experimentele waarden)
Dampdruk	Pa	8000 bij 20°C (Verschueren, 1983)	9635 bij 25°C (Gemiddelde van experimentele waarden en berekend volgens Antoine vergelijking)
Henry-coëfficiënt	Pa m^3/mol	419 bij 10°C (Gosset, 1987; Wright et al. 1992; Tse en Sandler 1992)	439 bij 10°C (Gemiddelde van experimentele waarden)
$\log(K_{ow})$	g/g	2,4 (US-EPA)	2,52 ($K_{ow} = 331$) (Gemiddelde van experimentele waarden)
$\log(K_{oc})$	dm^3/kg	1,939519 (US-EPA)	1,994 ($K_{oc} = 98$) (Gemiddelde van experimentele waarden)

De achtergrondinname voor voeding is gebaseerd op een recente studie waarin de aanwezigheid van trichlooretheen gemeten werd in voedingsmiddelen die op de Belgische markt beschikbaar zijn (Medeiros Vinci *et al.*, 2015). Op basis van de gemeten concentraties in deze Belgische studie, en het voedselconsumptiepatroon van Belgische volwassenen werd een totale innameschatting (zonder drinkwater) van trichlooretheen van $3,05 \times 10^{-5}$ mg/kg·d (versus $5,70 \times 10^{-5}$ mg/kg·d in huidige versie S-Risk) voor volwassenen berekend. Voor peuters, andere kinderen, en adolescenten bedragen de berekende innames respectievelijk $3,23 \times 10^{-4}$ mg/kg·d, $2,51 \times 10^{-4}$ mg/kg·d en $4,08 \times 10^{-5}$ mg/kg·d.

Een overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden is opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3: Overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden voor trichlooretheen.

	<i>niet-carcinogeen</i>			<i>carcinogeen</i>		
	<i>oraal</i> (mg/kg·d)	<i>inhalatoir</i> (mg/m ³) ^{a)}	<i>dermaal</i> (mg/kg·d)	<i>oraal</i> (mg/kg·d) ⁻¹	<i>inhalatoir</i> (mg/m ³) ⁻¹	<i>dermaal</i> (mg/kg·d) ⁻¹
	huidig					
<i>systemisch</i>	$2,38 \times 10^{-2}$ (WHO, 1993)	$8,3 \times 10^{-2}$ (oraal) / 1,0 (WHO, 1987)	$2,38 \times 10^{-2}$	--	-	-
	nieuw					
<i>systemisch</i>	$1,46 \times 10^{-3}$ WHO (2005)	6×10^{-1} OEHHA (2008)	$1,46 \times 10^{-3}$	$7,8 \times 10^{-4}$ WHO (2005)	$4,3 \times 10^{-4}$ WHO (2000)	$7,8 \times 10^{-4}$ WHO (2005)
<i>lokaal</i>	-	-	-	-	-	-

Op basis van de nieuwe toxicologische toetsingswaarde voor inhalatie (WHO, 2000) werd een TCL van 23 µg/m³ voor kanker als eindpunt berekend. Voor buitenlucht wordt deze toxicologische limiet gehanteerd; voor binnenlucht wordt de wettelijke richtwaarde voor trichlooretheen in het binnenmilieu van 200 µg/m³ (BS, 2004) overgenomen. Deze waarde verschilt van de waarde (richtwaarde 0,2 en interventiewaarde 2,5 µg/m³) gepubliceerd op 7 september 2018 in het Vlaamse Binnenmilieubesluit (Vlaamse Gemeenschap, 2018). Deze waren nog niet gepubliceerd op het moment van het herzien van de normering. In de huidige versie van S-Risk wordt een limiet van 1 mg/m³ gehanteerd.

Voor drinkwater wordt getoetst aan de Europese wettelijke limiet van 10 µg/l (geldig voor de som van trichlooretheen en tetrachlooretheen, toegekend aan trichlooretheen, (1998; BS, 2003). deze is strenger dan de toxicologische advieswaarde voor drinkwater van 20 µg/l (afleiding door WHO (2017)).

Voor de actualisatie van het normvoorstel voor bodem werd gerekend voor twee types eindpunten: systemisch met drempel en systemisch zonder drempel (carcinogeen). De resultaten voor deze afzonderlijke eindpunten zijn weergegeven in Tabel 4, evenals de resultaten indien limieten in lucht of drinkwater zouden resulteren in een lagere bodemsaneringsnorm.

Tabel 4: Berekende herziene bodemsaneringsnormen (mg/kg droge stof) voor trichlooretheen.

	II	III	IV	V
S-Risk				
tox	0,49 (drempel)	0,72 (drempel)	IVa	Va
	0,80 (kanker)	0,82 (kanker)	833 (drempel)	42,3 (drempel)
			27790 (kanker)	6,74 (kanker)
			IVb	Vb
			27,3 (drempel)	57,0 (drempel)
			5,25 (kanker)	44,1 (kanker)
bijstell	-	-	IVa	Va en Vb
			270 (buitenlucht)	3,6 (drinkwater)
			IVb	
			3,6 (drinkwater)	

vet: (weerhouden) waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van tox waarden
vet onderlijnd: weerhouden waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van bijstelling
 -: de concentratie-indexen zijn niet kritisch, er is geen bijstelling nodig

De vergelijking tussen de huidige bodemsaneringsnormen voor trichlooretheen (Vlaamse Regering, 2007) en de herrekenende bodemsaneringsnormen is opgenomen in Tabel 5.

Tabel 5: De voorgestelde waarden voor bodem (mg/kg ds, in het vet), en vergelijking met de huidige bodemsaneringsnormen voor trichlooretheen (Vlaamse Regering, 2007).

	II	III	IV	V
Vlarebo	0,65	1,4	10	10
Voorstel humantox volgens Tabel 3				
Richtwaarde binnenlucht	0,49	0,72	3,6	3,6
Toxicologische waarde binnenlucht	0,49	0,72	0,78	1,55
Voorstel ecotox	3	3	3	50
Streefwaarde	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabel 6 geeft voor grondwater de voorgestelde waarden weer, samen met de huidige Vlarebo-norm.

De voorgestelde saneringsnorm voor trichlooretheen bedraagt 10 µg/l (wettelijke waarde) omdat de toxicologische advieswaarde (20 µg/l) hoger ligt. Er wordt opgemerkt dat de wettelijke waarde geldt voor de som van trichlooretheen en tetrachlooretheen (en dat hier in een risicobeoordeling dus rekening mee moet gehouden worden).

Tabel 6: Integratie van de voorgestelde waarden voor grondwater, trichlooretheen. (Het voorstel is in het vet weergegeven)

	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)
Vlarebo	70
Normvoorstel	10
streefwaarde	0,5

4.2 Tetrachlooretheen (PER)

Voor tetrachlooretheen werden een aantal fysicochemische parameters (oplosbaarheid, dampdruk, Henry-coëfficiënt, K_{ow} en K_{oc}), de toxicologische toetsingswaarden, limieten in lucht en drinkwater en achtergrondblootstelling via voeding geactualiseerd. De geactualiseerde fysicochemische parameters en de waarden gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007) staan in Tabel 7.

Tabel 7: Geactualiseerde fysicochemische parameters voor tetrachlooretheen en de vergelijking met de waarde gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007)

Basisgegevens Vlarebo			Herziening
Parameter	Eenheid	Waarde	Waarde
Oplosbaarheid	mg/l	$1,50 \times 10^2$ bij 25°C (Verschueren, 1983)	$3,12 \times 10^2$ bij 25°C (Gemiddelde van experimentele waarden)
Dampdruk	Pa	2483 bij 25°C (Verschueren, 1983)	2609 bij 25 °C (Gemiddelde van experimentele waarden en berekend volgens Antoine vergelijking)
Henry-coëfficiënt	Pa m^3/mol	733 bij 10°C (Gosset, 1987)	822 bij 10°C (Gemiddelde van experimentele waarden)
$\log(K_{ow})$	g/g	2,74 Verschueren (1983), Mackay (1982)	2,75 ($K_{ow} = 562$) (Gemiddelde van experimentele waarden)
$\log(K_{oc})$	dm^3/kg	2,42 US-EPA (1994b)	2,10 ($K_{oc} = 126$) (Gemiddelde van experimentele waarden)

De achtergrondinname voor voeding is gebaseerd op een recente studie waarin de aanwezigheid van tetrachlooretheen gemeten werd in voedingsmiddelen die op de Belgische markt beschikbaar zijn (Medeiros Vinci *et al.*, 2015). Op basis van de gemeten concentraties in deze Belgische studie, en het voedselconsumptiepatroon van Belgische volwassenen werd een totale innameschatting (zonder drinkwater) van tetrachlooretheen van $1,89 \times 10^{-3}$ mg/kg·d (versus $1,40 \times 10^{-3}$ mg/kg·d in huidige versie S-Risk) voor volwassenen berekend. Voor peuters, andere kinderen en adolescenten bedragen de berekende innames respectievelijk $6,23 \times 10^{-3}$ mg/kg·d, $5,18 \times 10^{-3}$ mg/kg·d en $2,20 \times 10^{-3}$ mg/kg·d.

Een overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden is opgenomen in Tabel 8.

Tabel 8: Overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden voor tetrachlooretheen.

	<i>niet-carcinogeen</i>			<i>carcinogeen</i>		
	<i>oraal (mg/kg·d)</i>	<i>inhalatoir (mg/m³)^{a)}</i>	<i>dermaal (mg/kg·d)</i>	<i>oraal (mg/kg·d)⁻¹</i>	<i>inhalatoir (mg/m³)⁻¹</i>	<i>dermaal (mg/kg·d)⁻¹</i>
			<i>huidig</i>			
<i>systemisch</i>	$1,4 \times 10^{-2}$ <i>(WHO, 1993)</i>	$4,9 \times 10^{-2}$ <i>(oraal) / 5</i> <i>(WHO, 1987)</i>	$1,4 \times 10^{-2}$	-	-	-
			<i>nieuw</i>			
<i>systemisch</i>	5×10^{-2} <i>(WHO, 2006)</i>	0,25 <i>(WHO, 2000)</i>	5×10^{-2}	$2,1 \times 10^{-3}$ <i>(US-EPA, 2012)</i>	$2,6 \times 10^{-4}$ <i>(US-EPA, 2012)</i>	$2,1 \times 10^{-3}$
<i>lokaal</i>	-	-	-	-	-	-

^{a)} Bij de toxicologische waarden volgens de normering was er vaak geen consistentie tussen de inhalatoire TDI (hier omgerekend naar een concentratie in lucht) en de toetsingswaarde voor luchtkwaliteit. De inhalatoire TDI was vaak gelijk aan de orale TDI. In deze kolom zijn – bij verschillende waarden – eerst de inhalatoire TDI (omgerekend naar een concentratie in lucht) opgenomen en vervolgens de toetsingswaarde voor luchtkwaliteit.

Op basis van de nieuwe toxicologische toetsingswaarde (US-EPA, 2012) werd een TCL van 0,0385 mg/m³ voor kanker als eindpunt berekend. Voor buitenlucht wordt deze toxicologische limiet gehanteerd, voor binnenlucht wordt de wettelijke richtwaarde voor het binnenmilieu voor tetrachlooretheen 100 µg/m³ (BS, 2004) overgenomen. Deze waarde verschilt van de waarde (richtwaarde 4 en interventiewaarde 38 µg/m³) gepubliceerd op 7 september 2018 in het Vlaamse Binnenmilieubesluit (Vlaamse Gemeenschap, 2018). Deze waren nog niet gepubliceerd op het moment van het herzien van de normering. In de huidige versie van S-Risk wordt een limiet van 5 mg/m³ gehanteerd.

Voor drinkwater wordt getoetst aan de wettelijke limiet van 10 µg/l (geldig voor de som van trichlooretheen en tetrachlooretheen, toegekend aan tetrachlooretheen, (1998; BS, 2003)), deze is strenger dan de toxicologisch bepaalde advieswaarde van 40 µg/l (WHO, 2017).

Voor de actualisatie van het normvoorstel voor bodem werd gerekend voor twee types eindpunten: systemisch met drempel en systemisch zonder drempel (carcinogeen). De resultaten voor deze afzonderlijke eindpunten zijn weergegeven in Tabel 9, evenals de resultaten indien limieten in lucht of drinkwater zouden resulteren in een lagere bodemsaneringsnorm.

Tabel 9: Berekende herziene bodemsaneringsnormen (mg/kg droge stof) voor tetrachlooretheen.

	II	III	IV	V
S-Risk				
tox	2,9 (drempel)	3,1 (drempel)	IVa	Va
	0,87 (kanker)	0,93 (kanker)	27450 (drempel)	41,5 (drempel)
			15810 (kanker)	8,27 (kanker)
			IVb	Vb
			22,4 (drempel)	274 (drempel)
			6,4 (kanker)	53 (kanker)
bijstell	-	-	IVa	Va en Vb
			<u>321</u>	<u>5,0 (binnenlucht)</u>
			(buitenlucht)	
			IVb	
			<u>2,5 (binnenlucht)</u>	

vet: (weerhouden) waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van tox waarden
vet onderlijnd: weerhouden waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van bijstelling
 -: de concentratie-indexen zijn niet kritisch, er is geen bijstelling nodig

De vergelijking tussen de huidige bodemsaneringsnormen voor tetrachlooretheen (Vlaamse Regering, 2007) en de herrekende bodemsaneringsnormen is opgenomen in Tabel 10. In de tabel staan tevens de resultaten vermeld voor een alternatieve berekening waarbij voor binnenlucht de toxicologische limiet van 0,0385 mg/m³ gebruikt werd, voor meer informatie hierover wordt verwezen naar Van Holderbeke *et al.* (2018).

Tabel 10: De voorgestelde waarden voor bodem (mg/kg ds, in het vet), de resultaten van een alternatieve berekening en vergelijking met de huidige bodemsaneringsnormen voor tetrachlooretheen (Vlaamse Regering, 2007).

	II	III	IV	V
Vlarebo	0,7	1,4	30	35
Voorstel humantox – wettelijke limiet binnenlucht	0,87	0,93	2,5	5
Voorstel humantox – tox limiet binnenlucht	0,87	0,93	0,95	1,9
Voorstel ecotox	3,8	3,8	3,8	34
Streefwaarde	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabel 11 geeft voor grondwater de voorgestelde waarden weer, samen met de huidige Vlarebo-norm. De voorgestelde saneringsnorm voor tetrachlooretheen bedraagt 10 µg/l (wettelijke waarde) omdat de toxicologische advieswaarde (40 µg/l) hoger ligt. Er wordt opgemerkt dat de wettelijke waarde geldt voor de som van trichlooretheen en tetrachlooretheen (en dat hier in een risicobeoordeling dus rekening mee moet gehouden worden).

Tabel 11: Integratie van de voorgestelde waarden voor grondwater, tetrachlooretheen. (Het voorstel is in het vet weergegeven)

	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)
Vlarebo	40
Normvoorstel	10
streefwaarde	0,5

4.3 Dichloormethaan

Voor dichloormethaan werden een aantal fysicochemische parameters (dampdruk, Henry-coëfficiënt, K_{ow} en K_{oc}), de toxicologische toetsingswaarden, limieten in lucht en drinkwater en achtergrondblootstelling via drinkwater geactualiseerd. De geactualiseerde fysicochemische parameters en de waarden gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007) staan in Tabel 12.

Tabel 12: Geactualiseerde fysicochemische parameters voor dichloormethaan en de vergelijking met de waarde gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007)

Basisgegevens Vlarebo			Herziening
Parameter	Eenheid	Waarde	Waarde
Dampdruk	Pa	46518 bij 20°C (Verschuieren, 1983)	57662 bij 25 °C (Gemiddelde van experimentele waarden en berekend volgens Antoine vergelijking)
Henry-coëfficiënt	Pa m^3/mol	116 bij 10°C Gosset (1987); Wright et al. (1992); Tse en Sandler (1992)	134 bij 10°C (regressie uit Warneck (2007))
$\log(K_{ow})$	g/g	1,48 van den Berg (1994); US-EPA (1994b)	1,3 ($K_{ow} = 20$) (Gemiddelde van experimentele en QSAR waarden)
$\log(K_{oc})$	dm^3/kg	1;36 US-EPA (1994b)	- laten berekenen in S-Risk (hydrofobe verbinding)

In de huidige stoffen fiche is de achtergrondconcentratie van dichloormethaan in drinkwater gelijk aan 0. Er zijn geen VMM-meetgegevens voor dichloormethaan in drinkwater. WHO (2003) rapporteert dat concentraties in drinkwater meestal lager zijn dan 1 $\mu\text{g/l}$. Gegevens uit Nederland (VROM, 2010) wijzen op gemiddelde concentraties lager dan 0,1 $\mu\text{g/l}$ (in afpompstations). De achtergrondconcentratie wordt gelijk gesteld aan 0,1 $\mu\text{g/l}$.

Een overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden is opgenomen in Tabel 13.

Tabel 13: Overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden voor dichloormethaan.

	<i>niet-carcinogeen</i>			<i>carcinogeen</i>		
	<i>oraal</i> (mg/kg·d)	<i>inhalatoir</i> (mg/m ³) ^{a)}	<i>dermaal</i> (mg/kg·d)	<i>oraal</i> (mg/kg·d) ⁻¹	<i>inhalatoir</i> (mg/m ³) ⁻¹	<i>dermaal</i> (mg/kg·d) ⁻¹
			<i>huidig</i>			
<i>systemisch</i>	6×10^{-3} (WHO, 1993)	$2,1 \times 10^{-2}$ (<i>oraal</i>) / 3 (WHO, 1987)	6×10^{-3}	-	-	-
			<i>nieuw</i>			
<i>systemisch</i>	6×10^{-3} (WHO, 2003; US-EPA, 2011)	6×10^{-1} (US-EPA, 2011)	6×10^{-3}	2×10^{-3} (volw.) 6×10^{-3} (3 - < 15 jr) 2×10^{-2} (1 - < 3 jr) (US-EPA, 2011) ^{b)}	1×10^{-5} (volw) 3×10^{-5} (3 - < 15 jr) 1×10^{-4} (1 - < 3 jr) (US-EPA, 2011) ^{b)}	$[2 \times 10^{-3}$ (volw) 6×10^{-3} (3 - < 15 jr) 2×10^{-2} (1 - < 3 jr)]
<i>lokaal</i>		$4,5 \times 10^{-1}$ (WHO, 2000)				

^{a)} Bij de toxicologische waarden volgens de toenmalige normering was er vaak geen consistentie tussen de inhalatoire TDI (hier omgerekend naar een concentratie in lucht) en de toetsingswaarde voor luchtkwaliteit. De inhalatoire TDI was vaak gelijk aan de orale TDI. In deze kolom zijn – bij verschillende waarden – eerst de inhalatoire TDI (omgerekend naar een concentratie in lucht) opgenomen en vervolgens de toetsingswaarde voor luchtkwaliteit.

^{b)} Omdat de studies niet het vroege levensstadium omvatten, stelt US-EPA voor om het eenheidsrisico en de hellingsfactor te vermenigvuldigen met leeftijdsafhankelijke factoren (factor 10 voor < 2 jaar, factor 3 voor 2 - < 16 jaar en factor 1 voor ouder dan of gelijk aan 16 jaar) om rekening te houden met mogelijk verhoogde gevoeligheid tijdens de kindertijd.

De nieuwe toetsingswaarde voor lucht bedraagt 0,45 mg/m³ (weekgemiddelde) (WHO, 2000), in de huidige versie van S-Risk is deze 3 mg/m³.

Voor de actualisatie van het normvoorstel werd gerekend voor drie types eindpunten: systemisch met drempel, lokaal inhalatoir en systemisch zonder drempel (carcinogeen). De resultaten voor deze afzonderlijke eindpunten zijn weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14: Berekende herziene bodemsaneringsnormen (mg/kg droge stof) voor dichloormethaan.

	II	III	IV	V
S-Risk				
tox	0,77 (drempel)	1,1 (drempel)	IVa	Va
	5,9 (lokaal)	5,9 (lokaal)	3844 (drempel)	62 (drempel)
	0,49 (kanker)	0,71 (kanker)	>>> (lokaal)	69 (lokaal)
			3966 (kanker)	99 (kanker)
			IVb	Vb
			48 (drempel)	149 (drempel)
			40 (lokaal)	475 (lokaal)
			47 (kanker)	176 (kanker)
bijstell	-	-	<u>IVa</u>	<u>Va en Vb</u>
			3689 (buitenlucht)	5,4 (drinkwater)
			IVb	
			5,4 (drinkwater)	

vet: (weerhouden) waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van tox waarden
vet onderlijnd: weerhouden waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van bijstelling
 -: de concentratie-indexen zijn niet kritisch, er is geen bijstelling nodig

De vergelijking tussen de huidige bodemsaneringsnormen voor dichloormethaan (Vlaamse Regering, 2007) en de herrekenende bodemsaneringsnormen is opgenomen in Tabel 15.

Tabel 15: De voorgestelde waarden voor bodem (mg/kg ds, in het vet) en vergelijking met de huidige bodemsaneringsnormen voor dichloormethaan (Vlaamse Regering, 2007).

	II	III	IV	V
Vlarebo	0,13	0,35	3,5	3,5
Voorstel humantox	0,49	0,71	5,4	5,4
Voorstel ecotox	-	-	-	-
Streefwaarde	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabel 11 geeft voor grondwater de voorgestelde waarden weer, samen met de huidige Vlarebo-norm. Het voorstel voor saneringsnorm in grondwater bedraagt 20 µg/l. Deze waarde komt overeen met de toxicologisch bepaalde toetsingswaarde voor drinkwaterkwaliteit. De huidige saneringsnorm voor grondwater bedraagt 20 µg/l. De waarde blijft dus behouden.

Tabel 16: Integratie van de voorgestelde waarden voor grondwater, dichloormethaan. (Het voorstel is in het vet weergegeven)

	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)
Vlarebo	20
Normvoorstel	20
streefwaarde	0,5

4.4 Tetrachloormethaan

Voor tetrachloormethaan werden een aantal fysicochemische parameters (oplosbaarheid, dampdruk, Henry-coëfficiënt, K_{ow} en K_{oc}), de toxicologische toetsingswaarden, limieten in lucht en drinkwater en achtergrondblootstelling via lucht geactualiseerd. De geactualiseerde fysicochemische parameters en de waarden gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007) staan in Tabel 17.

Tabel 17: Geactualiseerde fysicochemische parameters voor tetrachloormethaan en de vergelijking met de waarde gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007)

Basisgegevens Vlarebo			Herziening
Parameter	Eenheid	Waarde	Waarde
Oplosbaarheid	mg/l	800 bij 20°C <i>(Verschueren, 1983), (Broholm & Feenstra, 1995), (Tse & Sandler, 1992), (Wright et al., 1992)</i>	775 bij 25°C <i>(Gemiddelde van experimentele waarden)</i>
Dampdruk	Pa	12000 bij 20°C <i>(van den Berg, 1994)</i>	14991 bij 25°C <i>(Gemiddelde van experimentele waarden en berekend volgens Antoine vergelijking)</i>
Henry-coëfficiënt	Pa m^3/mol	1350 bij 10°C <i>Gosset (1987)</i> <i>Tse en Sandler (1992)</i>	1310 bij 10°C <i>(regressie uit Warneck (2007))</i>
$\log(K_{ow})$	g/g	2,7 <i>US-EPA (1994b)</i>	2,66 ($K_{ow} = 457$) <i>(Gemiddelde van experimentele waarden)</i>
$\log(K_{oc})$	dm^3/kg	2,22 ($K_{oc} = 164$) <i>US-EPA (1994b), (Kile et al., 1995)</i>	1,79 ($K_{oc} = 62$) <i>gemiddelde van experimentele waarden voor de bodem met OC $\geq 0,3\%$</i>

In de huidige stoffen fiche is de achtergrondconcentratie van tetrachloormethaan in lucht gelijk aan $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CCRX, 1994). Recente Vlaamse of Europese gegevens werden niet teruggevonden. Op basis van recente metingen in de Verenigde Staten en Canada wordt de achtergrondconcentratie gelijk gesteld aan $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gezien tetrachloormethaan niet meer mag gebruikt worden en er dus niet verwacht wordt dat de concentraties in Vlaanderen zullen stijgen.

Een overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden is opgenomen in Tabel 18.

Tabel 18: Overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden voor tetrachloormethaan.

	niet-carcinogeen			carcinogeen		
	oraal (mg/kg-d)	inhalatoir (mg/m ³) ^{a)}	dermaal (mg/kg-d)	oraal (mg/kg-d) ⁻¹	inhalatoir (mg/m ³) ⁻¹	dermaal (mg/kg-d) ⁻¹
			huidig			
systemisch	$7,14 \times 10^{-4}$ (WHO, 1993)	$5,6 \times 10^{-3}$ ^{b)/} $1,4 \times 10^{-2}$ (Hassauer et al., 1993)	$7,14 \times 10^{-4}$	-	-	-
			Nieuw			
systemisch	4×10^{-3} (US-EPA, 2010)	1×10^{-1} (US-EPA, 2010)	4×10^{-3}	-	-	-

^{a)} Bij de toxicologische waarden volgens de normering was er vaak geen consistentie tussen de inhalatoire TDI (hier omgerekend naar een concentratie in lucht) en de toetsingswaarde voor luchtkwaliteit. De inhalatoire TDI was vaak gelijk aan de orale TDI. In deze kolom zijn – bij verschillende waarden – eerst de inhalatoire TDI (omgerekend naar een concentratie in lucht) opgenomen en vervolgens de toetsingswaarde voor luchtkwaliteit.

^{b)} omgerekend uit een orale TDI van $1,6 \times 10^{-3}$ mg/kg-d met als referentie Hassauer et al. (1993) (niet traceerbaar)

De nieuwe toetsingswaarde voor lucht bedraagt $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ (US-EPA, 2010), in de huidige versie van S-Risk is deze $1,4 \times 10^{-2} \text{ mg}/\text{m}^3$. Op basis van de TDI van $4 \times 10^{-3} \text{ mg}/\text{kg-d}$ (US-EPA) kan een toetsingswaarde in drinkwater van $12 \mu\text{g}/\text{l}$ berekend worden, in de huidige versie is deze $2 \mu\text{g}/\text{l}$.

Voor de actualisatie van het normvoorstel werd uitsluitend getoetst aan de niet-carcinogene criteria. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 19.

Tabel 19: Berekende herziene bodemsaneringsnormen (mg/kg droge stof) voor tetrachloormethaan.

	II	III	IV	V
S-Risk				
tox	0,36 (drempel)	0,41 (drempel)	IVa 1597 (drempel)	Va 5,8 (drempel)
			IVb 3,4 (drempel)	Vb 35,3 (drempel)
bijstell	-	-	IVa <u>296 (lucht)</u> IVb 0,9 (binnenlucht)	Va en Vb <u>1,7 (binnenlucht)</u>

vet: (weehouden) waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van tox waarden
vet onderlijnd: weehouden waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van bijstelling
 -: de concentratie-indexen zijn niet kritisch, er is geen bijstelling nodig

De vergelijking tussen de huidige bodemsaneringsnormen voor tetrachloormethaan (Vlaamse Regering, 2007) en de herrekende bodemsaneringsnormen is opgenomen in Tabel 20. In de tabel staan tevens de resultaten vermeld voor een alternatieve berekening met andere toxicologische (carcinogene) toetsingswaarden, voor meer informatie hierover wordt verwezen naar Van Holderbeke *et al.* (2018).

Tabel 20: De voorgestelde waarden voor bodem (mg/kg ds, in het vet), de resultaten van een alternatieve berekening en vergelijking met de huidige bodemsaneringsnormen voor tetrachloormethaan (Vlaamse Regering, 2007).

	II	III	IV	V
Vlarebo	0,1	0,1	0,85	1
Voorstel humantox carcinogeen	0,014	0,014	0,01	0,03
Voorstel humantox niet-carcinogeen	0,36	0,41	0,9	1,7
Voorstel ecotox	-	-	-	-
Streefwaarde	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabel 21 geeft voor grondwater de voorgestelde waarden weer, samen met de huidige Vlarebo-norm. Het voorstel voor saneringsnorm in grondwater bedraagt 12 µg/l (onder aanname van carcinogeniteit zonder drempel bedraagt deze 4 µg/l). Deze waarde komt overeen met de toxicologische bepaalde toetsingswaarde onder uitsluiting van carcinogeniteit als kritisch eindpunt.

Tabel 21: Integratie van de voorgestelde waarden voor grondwater, tetrachloormethaan. (Het voorstel is in het vet weergegeven)

	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)
Vlarebo	2
Normvoorstel	12
streefwaarde	0,5

4.5 1,1,1-Trichloorethaan

Voor 1,1,1-trichloorethaan werden een aantal fysicochemische parameters (oplosbaarheid, dampdruk, Henry-coëfficiënt, K_{ow} en K_{oc}), de toxicologische toetsingswaarden, limieten in lucht en achtergrondconcentratie via lucht geactualiseerd. De geactualiseerde fysicochemische parameters en de waarden gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007) staan in Tabel 22.

Tabel 22: Geactualiseerde fysicochemische parameters voor 1,1,1-trichloorethaan en de vergelijking met de waarde gebruikt ter onderbouwing van de normering opgenomen in Vlarebo (2007)

Basisgegevens Vlarebo			Herziening
Parameter	Eenheid	Waarde	Waarde
Oplosbaarheid	mg/l	$1,02 \times 10^3$ bij 20°C (gemiddelde van 6 gegevens)	1430 bij 25°C (Gemiddelde van experimentele waarden)
Dampdruk	Pa	14346 bij 20°C (gemiddelde van 6 gegevens)	16540 bij 25°C (Gemiddelde van experimentele waarden en berekend volgens Antoine vergelijking)
Henry-coëfficiënt	Pa m^3/mol	726 bij 10°C (regressie op basis van 23 metingen)	830 bij 10°C (Gemiddelde van experimentele waarden)
$\log(K_{ow})$	g/g	2,45 (gemiddelde van 12 gegevens)	2,42 ($K_{ow} = 263$) (Gemiddelde van experimentele waarden)
$\log(K_{oc})$	dm^3/kg	2,01 (gemiddelde van 8 gegevens)	2,01 ($K_{oc} = 102$) (gemiddelde van experimentele waarden)

In de huidige stoffenfiche is de achtergrondconcentratie van 1,1,1-trichloorethaan in lucht gelijk aan 0,3 µg/m³. VMM (2014) maakt melding van een jaargemiddelde concentratie van 0,1 µg/m³, gemeten in 2013. Deze waarde wordt aangenomen voor buiten- en binnenlucht.

De achtergrondinname voor voeding is gebaseerd op een recente studie waarin de aanwezigheid van 1,1,1-trichloorethaan gemeten werd in voedingsmiddelen die op de Belgische markt beschikbaar zijn (Medeiros Vinci *et al.*, 2015). Op basis van de gemeten concentraties in deze Belgische studie, en het voedselconsumptiepatroon van Belgische volwassenen werd een totale innameschatting (zonder drinkwater) van trichlooretheen van $7,82 \times 10^{-4}$ mg/kg-d (versus $7,00 \times 10^{-5}$ mg/kg-d in huidige versie S-Risk) voor volwassenen berekend. Voor peuters, andere kinderen, en adolescenten bedragen de berekende innames respectievelijk $3,47 \times 10^{-3}$ mg/kg-d, $2,74 \times 10^{-3}$ mg/kg-d en $8,76 \times 10^{-4}$ mg/kg-d.

Een overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden is opgenomen in Tabel 23.

Tabel 23: Overzicht van huidige en nieuwe toxicologische toetsingswaarden voor 1,1,1-trichloorethaan.

	niet-carcinogeen			carcinogeen		
	oraal (mg/kg-d)	inhalatoir (mg/m ³)	dermaal (mg/kg-d)	oraal (mg/kg-d) ⁻¹	inhalatoir (mg/m ³) ⁻¹	dermaal (mg/kg-d) ⁻¹
			huidig			
systemisch	$5,8 \times 10^{-1}$ (WHO, 1996)	0,82 (Hassauer et al., 1993)	$5,8 \times 10^{-1}$	-	-	-
			nieuw			
systemisch	6×10^{-1} (WHO, 2003)	1 (OEHHA, 2006)	6×10^{-1}	-	-	-
lokaal	-	-	-	-	-	-

De nieuwe toetsingswaarde voor lucht bedraagt 1 mg/m³, in de huidige versie van S-Risk is deze $8,2 \times 10^{-1}$ mg/m³. Voor drinkwater blijft de waarde van 2 mg/l behouden.

Voor de actualisatie van het normvoorstel werd uitsluitend getoetst aan de niet-carcinogene criteria. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 24.

Tabel 24: Berekende herziene bodemsaneringsnormen (mg/kg droge stof) voor 1,1,1-trichloorethaan.

	II	III	IV	V
S-Risk				
tox	11 (drempel)	11 (drempel)	IVa 421200 (drempel)	Va 131 (drempel)
			IVb 76 (drempel)	Vb 872 (drempel)
bijstell	-	-	IVb 19 (binnenlucht)	Va en Vb 38 (binnenlucht)

vet: (weerhouden) waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van tox waarden

vet onderlijnd: weerhouden waarden voor het voorstel bodemsaneringsnorm op basis van bijstelling

-: de concentratie-indexen zijn niet kritisch, er is geen bijstelling nodig

De vergelijking tussen de huidige bodemsaneringsnormen voor 1,1,1-trichloorethaan (Vlaamse Regering, 2007) en de herrekende bodemsaneringsnormen is opgenomen in Tabel 25.

Tabel 25: De voorgestelde waarden voor bodem (mg/kg ds, in het vet) en vergelijking met de huidige bodemsaneringsnormen voor 1,1,1-trichloorethaan (Vlaamse Regering, 2007).

	II	III	IV	V
Vlarebo	10	13	230	300
Voorstel humaan tox	11	11	19	38
Voorstel ecotox	-	-	-	-
Streefwaarde	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabel 26 geeft voor grondwater de voorgestelde waarden weer, samen met de huidige Vlarebo-norm. De saneringsnorm in grondwater blijft behouden. 1,1,1-trichloorethaan is momenteel de facto een 'screeningsparameter' voor de afbraakparameters (en ook voor 1,4-dioxaan). Voor de afbreekparameters zijn geen normen opgenomen, en ze worden in de courante praktijk ook niet gemeten. Daarom is het niet aangewezen om de norm te verhogen

Tabel 26: Integratie van de voorgestelde waarden voor grondwater, 1,1,1-trichloorethaan . (Het voorstel is in het vet weergegeven)

	Concentratie (µg/l)
Vlarebo	500
Normvoorstel	500
streefwaarde	1

5 Referenties

- Broholm, K. & Feenstra, S. (1995) Laboratory measurements of the aqueous solubility of mixtures of chlorinated solvents. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **14**, 9-15.
- BS (2003) Besluit van de Vlaamse regering houdende reglementering inzake de kwaliteit en levering van water, bestemd voor menselijke consumptie. In Staatsblad, B. (ed).
- BS (2004) Besluit van de Vlaamse regering van 11 juni 2004 houdende maatregelen tot bestrijding van de gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenhuismilieu. In Staatsblad, B. (ed).
- CCRX (1994) Metingen in het milieu in Nederland 1992, Bilthoven, Nederland.
- Cornelis, C. & Van Holderbeke, M. (2018) Beleidsoverwegingen bij het opstellen van bodemsaneringsnormen (inclusief aanvullende berekeningen). Vito, pp. 74.
- EG (1998) Richtlijn 98/83/EG van de Raad van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water.
- Gosset, J.M. (1987) Measurement of Henry's law constant for C1 and C2 chlorinated hydrocarbons. *Environmental Science and Technology*, **21**, 202-208.
- Hassauer, M., Kalberlach, F., Oltmanns, J. & Schneider, K. (1993) Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten., Berlin, Duitsland.
- Kile, D., Chiou, C., Zhou, H. & Xu, H. (1995) Partition of nonpolar organic pollutants from water to soil and sediment organic matters. *Environmental Science and Technology*, **29**, 1401-1406.
- Medeiros Vinci, R., Jacxsens, L., De Meulenaere, B., Deconink, E., Matsiko, E., Lachat, C., de Schaetzen, T., Canfyn, M., Van Overmeire, I., Kolsteren, P. & Van Loco, J. (2015) Occurrence of volatile organic compounds in foods from the Belgian market and dietary exposure assessment. *Food Control*, **52**, 8.
- OEHHA (2006) **Public Health goal for 1,1,1-trichloroethane in Drinking Water.**
- OEHHA (2008) Appendix D.3 Chronic RELs and toxicity summaries using the previous version of the Hot Spots Risk Assessment guidelines (OEHHA 1999), pp. 619.
- Tse, O.H. & Sandler, S. (1992) Infinite dilution activity coefficients and Henry's law coefficients of some priority water pollutants by a relative gas chromatographic method. *Environmental Science and Technology*, **26**, 2017-2022.

- US-EPA (2010) Toxicological review of carbon tetrachloride (CAS N° 56-23-5) in support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). United States Environmental Protection Agency.
- US-EPA (2011) Toxicological review of dichloromethane (methylene chloride) (CAS N° 75-09-2), Washington DC, US.
- US-EPA (2012) Toxicological review of tetrachloroethylene (perchloroethylene) (CAS N° 127-18-4) in support of the Integrated Risk Information System (IRIS). United States Environmental Protection Agency.
- van den Berg, R. (1994) Blootstelling van de mens aan bodemverontreiniging. Een kwalitatieve en kwantitatieve analyse, leidend tot voorstellen voor humaan toxicologische C-toetsingswaarden (beperkt herziene versie), Bilthoven, Nederland.
- Van Holderbeke, M., Cornelis, C., Bierkens, J. & Torfs, R. (2008) Review of the soil ingestion pathway in human exposure assessment - final report.
- Study in support of the BeNeKempen project - subproject on harmonization of the human health risk assessment methodology. VITO.
- Van Holderbeke, M., Geerts, L. & Cornelis, C. (2018) Voorstel voor herziening van de bodemsaneringsnormen voor tetrachlooretheen, trichlooretheen, dichloormethaan, tetrachloormethaan en 1,1,1-trichloorethaan - draft rapport versie september 2018.
- Verschuieren, K. (1983) *Handbook of environmental data on organic chemicals*. Van Nostrand Reinhold, New York, VS.
- Vlaamse Gemeenschap (2018) Besluit van de Vlaamse Regering tot wijziging van diverse bepalingen van het Binnenmilieubesluit van 11 juni 2004 en tot opheffing van het ministerieel besluit van 16 maart 2006 tot vaststelling van het modelformulier en de procedure voor aanvragen van een onderzoek van het binnenmilieu *Belgisch Staatsblad 07.09.2018*.
- Vlaamse Regering (2007) Ontwerp van besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming (Vlarebo).
- VMM (2014) Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest. Jaarverslag immissiemeetnetten 2013. Bijlagen.
- VROM (2010) De kwaliteit van het drinkwater in Nederland in 2009. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, VROM, the Netherlands.
- Warneck, P. (2007) A review of Henry's law coefficients for chlorine-containing C-1 and C-2 hydrocarbons. *Chemosphere*, **69**, 347-361.

- WHO (1987) *Air quality guidelines for Europe*. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- WHO (1993) *Guidelines for drinking-water quality: Volume 1 - recommendations*. World Health Organization, Genève, Switzerland.
- WHO (1996) *Guidelines for drinking-water quality, 2nd Ed. Vol. 2, Health criteria and other supporting information*, Genève, Switzerland.
- WHO (2000) *Air Quality Guidelines for Europe. 2nd Ed. WHO Regional Publications, European Series*.
- WHO (2003) **1,1,1-Trichloroethane in Drinking-water**, pp. 1-16.
- WHO (2005) *Trichloroethene in drinking-water - background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*, Genève, Switzerland.
- WHO (2006) *Concise international chemical assessment document 68: Tetrachloroethene*, Geneva, Switzerland.
- WHO (2017) *Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition incorporating the first addendum*. World Health Organization., pp. 631.
- Wright, D., Sandler, S. & DeVoll, D. (1992) Infinite dilution activity coefficients and solubilities of halogenated hydrocarbons in water at ambient temperature. *Environmental Science and Technology*, **26**, 1828-1831.