

Update BCF's in Sedisoil

Michiel kotterman en Martine van den Heuvel-Greve

Rapport C142/10

IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprichtgever:

RWS
T.a.v. Dhr. G. Rijs
Zuiderwagenplein 2
8224 AD Lelystad

Nummer raamovereenkomst RWS: WD-31018672 dd. 17
februari 2009

Publicatiedatum:

18 november 2010

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68
1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

© 2010 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V11.2

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1. Inleiding	4
1. Werkwijze.....	4
2. Werkwijze.....	5
3. Resultaten	5
4. Beschouwing theoretische BCF's en BCF's uit veld/experimenteel onderzoek.....	8
5. Wat betekent dit in de praktijk?	10
6. Hoe verhouden de BCF waarden van Van Noort zich met praktijk BCF waarden	11
7. Conclusie.....	11
Referenties	13
Verantwoording	14
1.	

Inleiding

In het Sedisoil programma wordt het risico van contaminanten voor de mens berekend. Belangrijke parameters in deze berekening zijn de BCF waarden voor de contaminanten. Als de concentratie van een bepaalde contaminant in water bekend is, kan met behulp van de BioConcentratie Factor (BCF) de concentratie in de vis geschat worden. BCF waarden zijn lastig te bepalen en de BCF's uit de literatuur kunnen sterk verschillen. Er zijn daarom ook theoretische rekenmodellen ontwikkeld om BCF waarden te berekenen. Op verzoek van RWS zijn BCF waarden voor diverse contaminanten, relevant voor de Nederlandse oppervlaktewateren, in de literatuur opgezocht. Indien naast BCF waarden ook goed omschreven BAF (bioaccumulatie factor) of BSAF (biota sediment accumulatie factor) waarden zijn gevonden zijn die ook meegenomen. Er moet worden opgemerkt dat deze factoren alle drie een aparte betekenis hebben:

- BCF wordt bepaald als de verhouding van de concentratie van een bepaalde stof in het organisme ($\mu\text{g}/\text{kg}$) versus de concentratie vrij opgeloste stof in water ($\mu\text{g}/\text{L}$). Hierbij wordt uitgegaan van omstandigheden waarbij alleen opname via de waterfase (kieuwen) optreedt.
- BAF wordt bepaald, net als de BCF, als de verhouding tussen de concentraties in het organisme en water. Echter, opname door voedsel treedt ook op. Voor zeer apolaire stoffen is de route via voedsel erg belangrijk.
- BSAF wordt bepaald als de verhouding tussen de concentratie in het organisme en die in het sediment. De waarden worden gecorrigeerd voor droge stof in het sediment én het aandeel organische koolstof. Voor alle drie de factoren wordt de concentratie in het organisme het best op vetgewicht bepaald, omdat dit het compartiment is waar de stoffen zich ophopen. Dit is echter in de literatuur niet altijd het geval. De relevantie van de gevonden experimentele waarden ten opzichte van gemodelleerde waarden wordt kort besproken

1. Werkwijze

BCF, BAF (en BSAF) waarden zijn in wetenschappelijke literatuur opgezocht. De literatuur is eerst gescreend op bruikbaarheid; is de proefopzet en analyse goed en zijn BCF's beschreven voor vissen, en zo ja

- zijn naast BCF's ook vetgehalten van het organisme vermeld
- zijn waterconcentraties goed gemeten en vermeld (BCF), voor BSAF sediment concentratie en gehalte organische stof.

De BCF's van Sedisoil, Van Noort vergelijking en waarden uit de literatuur zijn vergeleken en de voor- en nadelen van de verschillende BCF's zijn kort besproken.

2. Werkwijze

BCF, BAF (en BSAF) waarden zijn in wetenschappelijke literatuur opgezocht. De literatuur is eerst gescreend op bruikbaarheid; is de proefopzet en analyse goed en zijn BCF's beschreven voor vissen, en zo ja

-zijn naast BCF's ook vetgehalten van het organisme vermeld

-zijn waterconcentraties goed gemeten en vermeld (BCF), voor BSAF sediment concentratie en gehalte organische stof.

De BCF's van Sedisoil, Van Noort vergelijking en waarden uit de literatuur zijn vergeleken en de voor- en nadelen van de verschillende BCF's zijn kort besproken.

BCF, BAF (en BSAF) waarden zijn in wetenschappelijke literatuur opgezocht. De literatuur is eerst gescreend op bruikbaarheid; is de proefopzet en analyse goed en zijn BCF's beschreven voor vissen, en zo ja

-zijn naast BCF's ook vetgehalten van het organisme vermeld

-zijn waterconcentraties goed gemeten en vermeld (BCF), voor BSAF sediment concentratie en gehalte organische stof.

De BCF's van Sedisoil, Van Noort vergelijking en waarden uit de literatuur zijn vergeleken en de voor- en nadelen van de verschillende BCF's zijn kort besproken.

3. Resultaten

Resultaten

De hoeveelheid praktisch bruikbare BCF's is gering. In veel studies wordt de BCF bepaald uit de meetgegevens, maar er wordt geen standaard methode voor deze bepaling gebruikt.

In een zeer uitgebreid review artikel van Arnot en Gobas (Arnot and Gobas 2006) zijn veel BCF's en BAF's verzameld en ook kritisch bekeken op bruikbaarheid en betrouwbaarheid. Ook zij concluderen dat veel gerapporteerde BCF's de toets der kritiek slecht kunnen doorstaan. Er is weinig tot geen standaardisatie en de gekozen biota zijn vaak niet representatief voor de Nederlandse situatie. Een groot potentieel probleem is dat BCF waarden berusten op de juiste bepaling van de vrij-opgeloste waterconcentratie. Juist voor die stoffen waar hier naar wordt gekeken, met een hoge Log K_{ow}, is deze concentratie niet eenvoudig te bepalen. Arnot en Gobas hebben voor een aantal stoffen de BCF (en BAF) gerapporteerd (zie tabel 1).

Tabel 1. BCF en BAF waarden uit de review studie van Arnot en Gobas

Contaminant	Factor	Log K _{ow}	N	Range log BCF (SD)	Median	Mean (SE)
Lindaan	BCF	3.72	33	2.16 – 3.32 (0.35)	2.84	2.80 (0.06)
Lindaan	BAF		4	3.43 – 3.97 (0.25)	3.90	3.80 (0.13)
HCB	BCF	5.73	21	3.57 – 4.70 (0.32)	4.26	4.12 (0.07)
HCB	BAF		26	3.91 – 5.74 (0.48)	4.75	4.74 (0.09)
P,p'-DDT	BCF	6.91	5	4.17 – 4.72 (0.27)	4.65	4.48 (0.12)
P,p'-DDT	BAF		7	5.84 – 6.62 (0.27)	6.33	6.31 (0.10)

Zoals verwacht kan worden is de BAF hoger dan de BCF, de opname via het voedsel draagt bij aan de ophoping van de stoffen in het organisme.

In tabel 2 staan de waarden die in deze studie zijn verzameld.

Tabel 2. BCF en BSAF waarden, geselecteerd op toepasbaarheid Nederlandse situatie, uit voorliggende literatuurstudie

Contaminant	BCF	BSAF(*)	soort	opmerking	referentie
2,3,4,7,8-PeCDF		0.269	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, waarschijnlijk genormaliseerd naar vet en OC	Cook et al., 2003
		0.221	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, gemiddelde van 6 jaarklassen, gebaseerd op (pg/g – lipid)/(pg/g – OC)	Burkhard et al., 2004
2,3,7,8-TCDD		0.215	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, waarschijnlijk genormaliseerd naar vet en OC	Cook et al., 2003
		0.259	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, gemiddelde van 6 jaarklassen, gebaseerd op (pg/g – lipid)/(pg/g – OC)	Burkhard et al., 2004
1,2,3,7,8-PeCDD		0.193	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, waarschijnlijk genormaliseerd naar vet en OC	Cook et al., 2003
		0.216	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, gemiddelde van 6 jaarklassen, gebaseerd op (pg/g – lipid)/(pg/g – OC)	Burkhard et al., 2004
PCB 118	5.96 6.30		Aal snoek	Veld (BAF data)	(Harrad and Smith 1997)
		4.6	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, gemiddelde van 6 jaarklassen, gebaseerd op (pg/g – lipid)/(pg/g – OC)	Burkhard et al., 2004
PCB 126	7.34		zebravis	30 dagen lab proef	(Fox, Zauke et al. 1994)
		2.9	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, gemiddelde van 6 jaarklassen, gebaseerd op (pg/g – lipid)/(pg/g – OC)	Burkhard et al., 2004
PCB 156	6.80		L.variegatus (worm!)	Lab experiment met sediment	(You, Landrum et al. 2007)
		11.4	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, gemiddelde van 6 jaarklassen, gebaseerd op (pg/g – lipid)/(pg/g – OC), mengsel van PCB-156-171-202	Burkhard et al., 2004

PCB 153	7.18		zebravis	30 dagen lab proef (BCF niet hoger dan 7.50 voor PCB169)	(Fox, Zauke et al. 1994)
	6.27 6.25		Aal snoek	Veld (BAF data)	(Harrad and Smith 1997)
		4.0- 10.3	Amerikaanse meerforel (<i>Salvelinus namaycush</i>)	Veld, gemiddelde van 6 jaarklassen, gebaseerd op (pg/g – lipid)/(pg/g – OC), mengsel van PCB- 153-132 of PCB-153- 132-105	Burkhard et al., 2004
Dieldrin	2.05 2.3 2.2		winde brasem blankvoorn	Veld	(Tomza-Marciniak & Witczak, 2010)
		3.4	Verskillende soorten	Veld (VS)	Wong et al., 2001
Endrin	1.7 1.35 1.4		winde brasem blankvoorn	Veld	(Tomza-Marciniak & Witczak, 2010)
Aldrin	1.4 2.2		winde brasem		(Tomza-Marciniak & Witczak, 2010)
Lindaan		2.5	Verskillende soorten	Veld (VS)	Wong et al., 2001
HCBD	5.45 5.53		Diklipharder Haring soort		(Burkhard, Sheedy et al. 1997)
TBT	3.5 (0.4)		11 zeevissoorten	Natgewichtsbasis geen relatie TBT met vetgehalte	(Harino, Fukushima et al. 2000)
	3.6 3 3.1		Brasem Mossel puitaal	Zee en zoetwater vis, Noordzee en Elbe	(Shawky and Emons 1998)
	3.5, 3.6 4.0		Rode zeebrasem, Diklipharder Pygmeevis	aquarium test	(Yamada and Takayanagi 1992)
BDE47	BAF 7.3(0.42)		Forel (n86)	Lake Michigan	(Streets, Henderson et al. 2006)
BDE 99	BAF 6.7 (0.08)		Forel (n86)	Lake Michigan	(Streets, Henderson et al. 2006)
BDE100	BAF 7.5 (0.57)		Forel (n86)	Lake Michigan	(Streets, Henderson et al. 2006)

*de concentraties in sediment en hoeveelheid organisch koolstof zijn bekend

4. Beschouwing theoretische BCF's en BCF's uit veld/experimenteel

onderzoek

Zoals door veel onderzoekers wordt onderschreven is het verkrijgen van een goede BCF, vooral voor die stoffen met een erg lage wateroplosbaarheid, geen sinecure. Het meten van de concentratie in water van vrij-opgeloste contaminant die gerelateerd is aan de concentratie in het organisme is lastig door de uiterst lage concentraties. Het aantonen dat het organisme tijdens de experimenten in equilibrium is (daarop berust de BCF) vereist ook veel (meet)tijd, waardoor het ook een erg kostbaar onderzoek kan zijn. Metingen in het veld zijn om vergelijkbare redenen ook lastig, daarnaast kan het organisme in het veld ook op andere manieren de contaminant opnemen (bioaccumulatie via het voedsel). Het gevolg hiervan is dat de verschillen in gerapporteerde "BCF" waarden vaak aanzienlijk zijn. In feite kunnen BCF waarden niet in het veld bepaald worden, juist omdat opname via een andere route dan water niet uitgesloten kan worden. Theoretische benaderingen die meetfouten kunnen elimineren en veel kostbaar onderzoek overbodig zouden maken zijn daarom ook onderzocht ((van Noort, Haftka et al. 2010). De relatie tussen de concentraties bij evenwicht in water versus octanol (Kow) en de BCF in het organisme is hierbij erg bruikbaar. Overigens is het bepalen van de Log Kow ook niet een eenvoudige procedure, wat de grote verschillen in gerapporteerde waarden laat zien. Een lineaire relatie tussen Log Kow en BCF is vastgesteld (Abraham equation) en de overeenkomst met gemeten BCFs in bepaalde studies is goed (van Noort, Haftka et al. 2010). Deze relatie beschrijft dat ook bij hogere Log Kows de BCF lineair mee stijgt. In veel studies wordt echter geconstateerd dat de bioconcentratie bij zeer hoge Log Kow niet meer toeneemt en zelfs afneemt bij een nog hogere Log Kow. Ook in de uitgebreide review van Arnot en Gobas is dit vastgesteld (Arnot and Gobas 2006). De concentratie in water is bij deze stoffen zo extreem laag dat de opnamesnelheid van de stoffen via de waterfase ook extreem laag is; een evenwicht wordt niet bereikt. Een voorbeeld hiervan is de bioaccumulatie van Decabroom Diphenylether (BDE209). Deze stof is op sommige locaties in Nederland in hoge concentraties in het slib aanwezig en zou volgens de theoretische vergelijking in hoge concentraties in biota moeten ophopen. Dit wordt echter in de praktijk nooit geconstateerd, wat aantoont dat de biota niet in evenwicht is. Gebruik van de theoretische equilibrium BCF zou hier leiden tot een foutieve risico-inschatting in Sedisoil. Bij gebruik van de theoretische BCF moet ook worden gecontroleerd of deze stoffen actief worden uitgescheiden of afgebroken door het organisme. Zo kunnen PAK's theoretisch goed ophopen in organismen (hoge BCFs), maar hogere organismen (gewervelde dieren) breken PAK's actief af, resulterend in een veel lagere concentratie dan op grond van de theoretische BCF kan worden verwacht.

In tabel 3 zijn de waarden uit Sedisoil, afgeleid door Van Noort, en de waarden uit dit rapport naast elkaar gezet. Het is duidelijk dat de BCF waarden aanzienlijk kunnen verschillen, afhankelijk van de studie of modelmatige berekening. Sommige praktijk BCF's komen goed overeen met de theoretische BCF's (HCB, lindaan), terwijl de waarde in Sedisoil de ophoping van deze componenten waarschijnlijk onderschat. Ook de ophoping van toxische PCB's wordt onderschat door Sedisoil. De waarden van de drins wijken sterk af, maar deze waarden komen ook slechts uit één studie.

Tabel 3. Een vergelijking tussen Log Kow en BCF waarden uit Sedisoil, berekend door Van Noort en uit geselecteerde literatuur.

	sedisoil		Van Noort		dit rapport		
	LogKow	BCF	LogKow	BCF	BCF	BCF	BCF
HCB	5.73	4.41	5.42	5.73	5.73		
HCBD			4.7	4.91	5.45	5.53	
PCB 118	7.12	5.80	6.51	6.93	5.96*	6.3*	
PCB 126	7.23	5.91	6.62	7	7.34		
PCB 153	7.75	6.00 ¹	6.82	7.29	6.25*	6.27*	7.18
PCB 156	7.60	6.00 ¹	6.89	7.32	6.8		
aldrin	6.50	5.18	6.5	6.02	1.4	2.2	
dieldrin	5.40	4.08		5.13	2.05	2.2	2.3
endrin	5.20	3.88	5.38	5.13	1.35	1.4	1.7
isodrin		-1.32		6.02			
lindaan	3.72	2.40	3.62	3.73	3.72		
2,3,7,8-TCDD	6.80	5.48	6.22	6.51			
1,2,3,7,8-PeCDD	6.64	5.32	6.67	6.98			
2,3,4,7,8-PCDF	6.92	5.60	6.64	6.95			
TBT	4.05	2.73	-	-	3 tot 4		

¹ Waarden begrensd in Sedisoil

*Veld data, BAF

Naast de ophoping via de waterfase (kieuwen) wordt opname van apolaire stoffen via het dieet beschouwd als een belangrijke route in bioaccumulatie. Bij hoog apolaire stoffen wordt de opname via het dieet zelfs als de voornaamste opnameroute beschouwd. De ophoping in biota, berekend aan de hand van een gemeten BCF, zal dan ook lager uitvallen dan de werkelijke ophoping in het veld, waar bioaccumulatie een grote rol speelt.

De mate en snelheid van ophoping van apolaire contaminanten via de route van bioaccumulatie is afhankelijk van de prooidieren van het organisme, en het voedselweb ter plaatse. Daarmee zal ook de bioaccumulatie locatie en soort (grootte) afhankelijk zijn.

5. Wat betekent dit in de praktijk?

BCF waarden, berekend op het theoretische equilibrium tussen waterfase en vis, kunnen voor hoog-apolaire stoffen dus hoog zijn, terwijl in de praktijk waarbij de vissoorten niet in evenwicht zijn, deze veel lager kunnen uitvallen. Daarnaast houdt een dergelijke BCF geen rekening met soort –specifieke factoren als bv bioaccumulatie en afbraaksnelheid van een stof. Ook kunnen BCF waarden, bepaald in laboratoriumproeven, laag uitvallen als de stof slecht wordt opgenomen door de kieuwen en, of het evenwicht nog niet is bereikt.

BCF waarden in vis, berekend uit velddata (en daarmee eigenlijk geen echte BCF's omdat ophoping vis het voedsel niet valt uit te sluiten), zijn relevant voor vergelijkbare situaties met dezelfde vissen. Echter, een deel van de opgehoopte contaminanten zal afkomstig zijn uit het dieet, wat kan resulteren in een hogere of lagere opname van contaminanten door verschillende soorten in hetzelfde watersysteem of door dezelfde vissen in een ander watersysteem.

Voor het gebruik in Sedisoil gaat de voorkeur uit naar een praktische maat voor bioaccumulatie (BAF), , gemeten in het veld, waarbij ook opname via het dieet is opgenomen. Als de concentraties van bepaalde stoffen in biota door chemische, fysische of biologische barrières niet in evenwicht komen met de omgeving blijkt dat uit de lagere praktijk bioaccumulatiefactor ten opzichte van de berekende theoretische BCF. Ook hier geldt echter ook dat de BAF waarden in de literatuur op verschillende manieren worden bepaald en uitgedrukt, en dat deze factoren zullen verschillen per watersysteem en vissoort.

Ook de BSAF, Biota sediment accumulatie factor, is een factor die sterk is verbonden met zowel sediment karakteristieken (organisch koolstof, black carbon, deeltjesgrootte, etc) als biota (biotoop). Er moet dus ook hiervoor veel gemeten en geanalyseerd worden. Hoewel deze praktijkwaarden een goed beeld geven of een stof kan ophopen in organismen, en tot welke concentratiefactoren, is de BSAF ook een lastig te bepalen factor. De betrouwbaarheid wordt niet als hoog beschouwd, vanwege de afhankelijkheid van meerdere metingen, en de heterogeniteit van sediment.

Het bovenstaande suggereert dat het rekenen met Concentratie Factoren, uit de praktijk of berekend, weinig precies is. Echter, voor een eerste risico-inschatting, bij gebrek aan daadwerkelijke data over contaminant waarden in vis in een systeem, zijn deze factoren wel bruikbaar. Het gebruik van een hoge (theoretische) BCF zal leiden tot weinig of geen onderschatting van het risico, eerder een overschatting. Bij een overschrijding van de risiconiveaus berekend in Sedisoil, wat wordt beschouwd als een waarschuwing, is aanvullend een veldmeting nodig. Hierdoor is een overschatting van het risico door Sedisoil voor de humane veiligheid een goed uitgangspunt.

De huidige BCF waarden in Sedisoil zijn ook gebaseerd op een relatie tussen Log Kow en BCF's. Opvallend is dat de BCF waarden zijn gelimiteerd tot 6, ook bij hogere Log Kow waarden. Hoewel dit vanuit theoretisch oogpunt te verdedigen is; de opname via de waterfase alleen zal niet snel leiden tot een BCF hoger dan 6, wordt de bioaccumulatie in het veld onderschat. Veel stoffen, waaronder de toxische dioxineachtige PCB's, kunnen een bioaccumulatie factor van 7 en hoger bereiken in het veld (zie tabel 3).

6. Hoe verhouden de BCF waarden van Van Noort zich met praktijk BCF waarden

Zoals Van Noort (2010) in zijn notie al weergeeft, is er een redelijke overeenkomst tussen de berekende BCF waarden en de BCF waarden gemeten in bepaalde studies, maar grote afwijkingen (>1 log) komen ook voor. Ook de overeenkomst tussen de in deze studie gekozen praktijkwaarden en de theoretische BCF's is redelijk.

Dit lijkt tegenstrijdig, omdat bij BCF in principe alleen de wateropname wordt beschreven en bij praktijk BCF, BAF waarden ook andere factoren als bioaccumulatie meespelen. Het lijkt erop dat de berekende BCF waarden aan de hoge kant zijn, maar dat die in de praktijk wel gehaald kunnen worden door de gecombineerde opname via het water en het voedsel.

Bij een erg hoge LogKow leidt het bepalen van een BCF van stoffen met de Abraham equation tot BCF waarden boven de 8. Dit is niet reëel; zoals veel studies uitwijzen komen accumulatiefactoren, ook als het voedselweb wordt meegenomen, nauwelijks boven de 7.5 uit (Arnot and Gobas 2006). Bij een LogKow van 8 of hoger neemt de BCF in vissen zelfs af.

7. Conclusie

Er is in de literatuur slechts weinig data te vinden die goede BCF's levert. Een extra probleem daarbij is dat niet één strak omschreven procedure voor de bepaling BCF wordt gebruikt, zodat alle informatie goed moet worden geëvalueerd en dat dit de gevonden waarde van de BCF kan beïnvloeden. Hoewel bij het gebruik van de theoretische BCF's (Abraham equation van Van Noort) de situatie in het milieu niet in beschouwing wordt genomen (de opname van apolaire stoffen vindt niet alleen plaats via de waterfase en niet alle stoffen zijn in evenwicht), is het gebruik van deze BCF's nuttig. Zoals eerder is beschreven is het gebruik van een "echte" BCF, waarbij de opname alleen via de waterfase geschiedt, in Sedisoil niet aan te raden, omdat dan met Sedisoil de gehalten in vis kunnen worden onderschat. De BCF van Van Noort berust op thermodynamisch evenwicht en als je de route hiernaar naast je neer legt dan komen de getallen van Van Noort redelijk overeen met praktijkgetallen. In ieder geval zijn de waarden vergelijkbaar verkregen en onderschatting van de ophoping zal niet snel plaatsvinden met deze waarden. Echter, juist bij Log Kow 6.5 tot 8 (o.a. de giftige dioxineachtige PCB's) kan de echte ophoping in vissen minder zijn dan uit de formule van Noort blijkt. Er treden **niet**-evenwicht situaties op ten gevolge van zeer langzame ophoping. Ook de dioxines, die relatief slecht door de bioaccumulatie ophopen (en door hoge log Kow ook slecht door waterfase) hebben een wat lagere ophoping dan Van Noort voorspelt. Ook geven de praktijkdata aan dat boven log Kow 8 er een daling optreedt van de bioaccumulatie factor. Het gebruik van de theoretische BCF's lijkt dus vooral nuttig bij stoffen met een Log Kow van 6.5 of lager. Vooral als er nog geen praktijk BAF's bekend zijn kunnen hierdoor uitgebreide en dure proeven om bioaccumulatiefactoren te bepalen uitgespaard worden. Ook wordt de risico-inschatting meer uniform, omdat de theoretische BCF's meer op stofeigenschappen zijn bepaald dan op specifieke onderzoekscondities zoals bij de praktijk bepaalde BAF's. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat goed bekend moet zijn of deze stoffen niet actief worden uitgescheiden of afgebroken door het organisme. In het geval van stoffen met een Log Kow van boven de 6.5 is het raadzaam praktijkwaarden voor bioconcentratie te gebruiken, omdat de berekende theoretische BCF dan erg hoog wordt. In de praktijk wordt dit evenwicht niet altijd bereikt in het organisme en Sedisoil zou dan een te hoog risico kunnen berekenen. Helaas is de hoeveelheid bruikbare data die aangeven in welke mate een zeer apolaire stof in de praktijk in vissen ophoopt gering. De betrouwbaarheid van deze data, meestal verkregen in niet-Nederlandse vissen onder andere omstandigheden, voor het gebruik in de Nederlandse situatie moet dan ook goed worden beoordeeld.

Indien er geen goede praktijk bioconcentratiewaarden beschikbaar zijn kan de Abraham equation gebruikt worden tot een BCF-waarde van 7.5 als maximum. Bij zeer hoge log Kow waarden (>8) kan het gebruik van deze waarde in Sedisoil tot een overschatting van het risico leiden.

Referenties

- Arnot, J. A. and F. Gobas (2006). "A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms." Environmental Reviews **14**(4): 257-297.
- Burkhard, L. P., B. R. Sheedy, et al. (1997). "Bioaccumulation factors for chlorinated benzenes, chlorinated butadienes and hexachloroethane." Environmental Toxicology and Chemistry **16**(8): 1677-1686.
- Burkhard, Lawrence P., Philip M. Cook, and Marta T. Lukasewycz (2004). Biota-Sediment Accumulation Factors For Polychlorinated Biphenyls, Dibenzo-p-Dioxins, And Dibenzofurans In Southern Lake Michigan Lake Trout (*Salvelinus namaycush*). Environmental Science and Technology **38** : 5297-5305.
- Cook PM, Robbins JA, Endicott DD, Lodge KB, Guiney PD, Walker MK, Zabel EW, Peterson RE (2003). Effects of aryl hydrocarbon receptor-mediated early life stage toxicity on lake trout populations in Lake Ontario during the 20th century. Environmental Science and Technology **37**: 3864-
- Fox, K., G. P. Zauke, et al. (1994). "KINETICS OF BIOCONCENTRATION AND CLEARANCE OF 28 POLYCHLORINATED BIPHENYL CONGENERS IN ZEBRAFISH (*BRACHYDANIO-RERIO*)."
Ecotoxicology and Environmental Safety **28**(1): 99-109.
- Harino, H., M. Fukushima, et al. (2000). "Accumulation of butyltin and phenyltin compounds in various fish species." Archives of Environmental Contamination and Toxicology **39**(1): 13-19.
- Harrad, S. J. and D. J. T. Smith (1997). "Bioaccumulation factors (BAFs) and biota to sediment accumulation factors (BSAFs) for PCBs in pike and eels." Environmental Science and Pollution Research **4**(4): 189-193.
- Shawky, S. and H. Emons (1998). "Distribution pattern of organotin compounds at different trophic levels of aquatic ecosystems." Chemosphere **36**(3): 523-535.
- Streets, S. S., S. A. Henderson, et al. (2006). "Partitioning and bioaccumulation of PBDEs and PCBs in Lake Michigan." Environmental Science & Technology **40**(23): 7263-7269.
- Tomza-Marciniak A., Witczak A. 2010. Distribution of endocrine-disrupting pesticides in water and fish from the Oder River, Poland. Acta Ichthyol. Piscat. **40** (1): 1-9.
- van Noort, P. C. M., J. J. H. Haftka, et al. (2010). "Updated Abraham Solvation Parameters for Polychlorinated Biphenyls." Environmental Science & Technology **44**(18): 7037-7042.
- Wong, Charles S., Paul D. Capel and Lisa H. Nowell (2001). National-Scale, Field-Based Evaluation Of The Biota-Sediment Accumulation Factor Model. Environmental Science and Technology (35): 1709-1715.
- Yamada, H. and K. Takayanagi (1992). "BIOCONCENTRATION AND ELIMINATION OF BIS(TRIBUTYLTIN)OXIDE (TBTO) AND TRIPHENYLTIN CHLORIDE (TPTC) IN SEVERAL MARINE FISH SPECIES." Water Research **26**(12): 1589-1595.
- You, J., P. E. Landrum, et al. (2007). "Availability of polychlorinated biphenyls in field-contaminated sediment." Environmental Toxicology and Chemistry **26**(9): 1940-1948.

Verantwoording

Rapport C142/10
Projectnummer: 430.51071.01

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Prof. dr. A.A. Koelmans
Professor Water & Sediment Kwaliteit

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A.A. Koelmans', written over a horizontal line.

Handtekening:

Datum: 18 november 2010

Akkoord: Drs. J.H.M. Schobben
Hoofd afdeling Milieu

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J.H.M. Schobben', written in a stylized, cursive font.

Handtekening:

Datum: 18 november 2010