



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

**Deltares**  
Enabling Delta Life 

## **Uitbreiding msPAF voor verspreiden op aangrenzende perceel**

**Effect van het toevoegen van Ba, Co, Mo, Sb, Sn en V in de  
msPAF voor metalen**





## **Uitbreiding msPAF voor verspreiden op aangrenzende perceel**

**Effect van het toevoegen van Ba, Co, Mo, Sb, Sn en V in de  
msPAF voor metalen**

Leonard Osté (Deltares)  
Arjen Wintersen (RIVM)  
Dick de Zwart (RIVM)

1203510-000





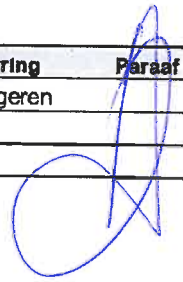
**Titel**  
 Uitbreiding msPAF voor verspreiden op aangrenzende perceel

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Rijkswaterstaat Waterdienst	1203510-000	1203510-000-ZWS-0017-	20

**Trefwoorden**  
 Verspreiden, aangrenzende perceel, msPAF, barium, kobalt, molybdeen, antimoon, tin, vanadium, regeling bodemkwaliteit, normen.

**Samenvatting**  
 In dit rapport is een voorstel uitgewerkt voor implementatie van Ba, Co, Mo, Sb, Sn of V in de normen voor het verspreiden van baggerspecie op het aangrenzende perceel. Het toevoegen van de zes metalen heeft nauwelijks effect op de msPAF-metalen. Slechts 57 monsters (0,4%), op een totaal van 13.685 monster, zijn niet verspreidbaar vanwege de toevoeging van de 6 metalen aan de msPAF. Het voorstel is om de msPAF-berekening zo spoedig mogelijk uit te breiden met Ba, Co, Mo, Sb, Sn en V zonder wijziging van de toetsingscriteria.

**Referenties**  
 Oste, L.A., Wintersen, A, Zwart, D. de, 2011. Uitbreiding msPAF voor verspreiden op aangrenzende perceel - Effect van het toevoegen van Ba, Co, Mo, Sb, Sn en V in de msPAF. Deltares rapport 1203510-000-ZWS-0017.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
3	aug. 2011	Leonard Osté		Arjan Wijdeveld		Toon Segeren	

**Status**  
 definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doel	1
1.3 Aanpak	2
<b>2 Resultaten</b>	<b>5</b>
2.1 Berekening van de Potentieel Aangetaste Fractie (PAF)	5
2.2 De nieuwe database	5
2.3 Het effect van nieuwe metalen op de msPAF	8
<b>3 Conclusies</b>	<b>11</b>
<b>4 Referenties</b>	<b>13</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Bijlage 1: methodiek voor berekenen van de msPAF</b>	<b>A-1</b>





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Sinds december 2007 worden nieuwe normen gebruikt voor het verspreiden van baggerspecie op het aangrenzende perceel. In plaats van individuele stofnormen wordt getoetst op de msPAF, een maat voor toxische druk van een mengsel van stoffen (voor een uitgebreide beschrijving; zie Osté et al., 2008). De msPAF wordt berekend op basis van maximaal 8 metalen, terwijl in de normtabel van de Regeling Bodemkwaliteit (Rbk) 14 metalen zijn opgenomen. Voor 6 metalen (Ba, Co, Mo, Sb, Sn, V) was echter geen PAF-curve beschikbaar. Vooral voor Ba, Co en Mo was dit onhandig omdat deze stoffen wel in het standaardstoffenpakket zitten en dus bijna altijd worden gemeten.

Waarom zijn Ba, Co, Mo Sb, Sn en V niet meteen opgenomen in de msPAF? Daar zijn twee redenen voor:

1. Ten tijde van het ontwikkelen van de msPAF-systematiek was niet bekend dat Ba, Co en Mo onderdeel zouden uitmaken van het stoffenpakket. Op het laatste moment waren de PAF-curves niet onmiddellijk beschikbaar en de afronding van de Rbk liet geen ruimte voor afleiding van nieuwe PAF-curves
2. De msPAF-norm was zo gekozen dat er evenveel bagger verspreid kon worden als in de oude regeling (klasse 0,1,2 verspreidbaar). Voor deze aanvullende stoffen waren nauwelijks meetdata in bagger beschikbaar waardoor het onmogelijk was om de consequenties van nieuw opgenomen stoffen te beoordelen.

Als tijdelijke oplossing zijn er toen aanvullende normen (totaalgehalten) gedefinieerd, maar deze normen bleken veel belemmering op te leveren voor de praktijk van het verspreiden, terwijl onduidelijk was of enige milieuhygiënische noodzaak was voor deze restricties. Dat heeft geleid tot een wijziging van de Regeling bodemkwaliteit (7 april 2009), waarin is vermeld dat de maximale waarden zijn vervallen voor alle metalen waarvoor geen PAF is afgeleid. Deze metalen mogen nu worden verspreid tot de Interventiewaarden bodemsanering. Bij het nemen van dit besluit is wederom afgesproken dat deze stoffen opgenomen moeten worden in de msPAF. Dit rapport geeft gevolg aan deze afspraak en doet een voorstel voor implementatie van Ba, Co, Mo Sb, Sn en V in de msPAF voor verspreiden op het aangrenzende perceel.

## 1.2 Doel

In dit rapport is een voorstel uitgewerkt voor implementatie van 6 metalen in de normen voor het verspreiden van baggerspecie op het aangrenzende perceel. Op basis hiervan kan een beleidsmatige keuze worden gemaakt of deze metalen worden opgenomen in de msPAF.

Daarbij zijn de volgende uitgangpunten gebruikt:

- De systematiek voor verspreiden op het aangrenzende perceel blijft gelijk:
  - De interventiewaarde voor droge bodems als harde bovengrens voor alle stoffen.
  - Een msPAF voor metalen (nu maximaal 50%).
  - Een msPAF voor organische contaminanten (nu maximaal 20%).
  - Een olienorm (zit niet in de msPAF; blijft 3000 mg/kg).
  - Een cadmiumnorm (aanvullende bescherming in verband met doorvergiftiging; blijft 7,5 mg/kg).

- Voor gemeten stoffen die geen deel uitmaken van de msPAF-berekening wordt getoetst op de achtergrondwaarde. Voor toetsing aan de Achtergrondwaarde worden de toetsingsregels van de Achtergrondwaarden toegepast. Voor metalen waar geen Interventiewaarden bodem zijn vastgesteld, dienen de Maximale waarden bodemfunctieklaas industrie te worden gehanteerd.
- Er wordt berekend welk effect de toevoeging van 6 metalen aan de msPAF-metalen heeft op de hoeveelheid verspreidbare bagger.

### 1.3 Aanpak

De aanpak bestaat uit twee delen:

1. Afleiden van de PAF-curves op basis van ecotoxicologische data.
2. Het bepalen van de grenswaarde waarbij evenveel verspreiding van bagger op het aangrenzende perceel mogelijk blijft.

Ad.1: RIVM heeft op basis van de beschikbare ecotoxicologische gegevens PAF-curves afgeleid voor Ba, Co, Mo, Sb, Sn en V. Voor alle metalen, behalve antimoon (Sb) is dit gedaan met de dataset die is beschreven in De Zwart (2002). Voor antimoon werd op 27 oktober 2010 een recentere verzameling ecotoxiciteitsgegevens opgevraagd van de US EPA Ecotox website (<http://cfpub.epa.gov/ecotox/>). De gebruikte toxiciteitsgegevens betreffen de toxiciteit van de meest toxische verschijningsvormen van de metalen, weergegeven op basis van totale metaalgehalten. Omdat van deze zes metalen weinig tot geen chronische toxiciteitsgegevens voorhanden zijn, is ervoor gekozen om de chronische No Effect Concentrations (NoEC) te extrapoleren vanuit acute toxiciteitswaarnemingen. Deze extrapolatie is uitgevoerd door de soorten gevoeligheidsverdeling verkregen met acute E(L)C50 waarden bij gelijkblijvende vorm een factor 10 te verlagen. Deze procedure is eveneens beschreven en gerechtvaardigd in De Zwart (2002). De SSD-curven van de 6 metalen hebben een variabele zekerheidsmarge, doordat de aantallen soorten waarop ze zijn gebaseerd uiteenlopen van 4 tot 12 soorten (Tabel 2.1). In het ideale geval worden SSD's afgeleid met een minimum van 10 soorten organismen uit 8 groepen met een verschillend bouwplan (MERAG Factsheet 03, 2007). Echter, met een minimum van 4 soorten blijft de onzekerheid met een factor 5 binnen aanvaardbare grenzen (Aldenbergh & Jaworska, 2000).

Ondersteunend aan het afleiden van de PAF-curves zelf is de methode waarmee een totaalgehalte in de bodem wordt omgerekend naar een (porie)waterconcentratie. Voor de 6 nieuwe stoffen is dat gedaan met een eenvoudige partitievergelijking:

$$K_d = \frac{Q_b}{C_w}$$

Waarin:

- $K_d$  = partitievoëfficiënt (l/kg)  
 $Q_b$  = gehalte in de bodem (mg/kg)  
 $C_w$  = concentratie in het (porie)water (mg/l)

Verder wordt de PAF berekend over de toegevoegde concentratie (toegevoegd risicobenadering). Daarom wordt de concentratie in het poriewater die hoort bij de Achtergrondwaarde (AW) er afgetrokken:

$$C_{w,AW-corr} = C_w - C_{w,AW}$$

Waarin:

- $C_{w,AW-corr}$  = de voor AW gecorrigeerde opgeloste concentratie in (porie)water (mg/l)  
 $C_{w,AW}$  = AW /  $K_d$

De getalswaarden van  $K_d$  en AW zijn vermeld in Tabel 2.1.

Ad.2: voor het bepalen van een nieuwe grenswaarde moeten de volgende stappen worden doorlopen:

- a. Het samenstellen van een nieuwe database, waarin de nieuwe stoffen goed vertegenwoordigd zijn. De waterschappen is verzocht het volgende aan te leveren:
  - alle waterbodemgegevens die gemeten zijn vanaf 2007;
  - digitale bestanden in iBEVER-format;
  - bij voorkeur opgesplitst in nieuwe werken/onderhoudsspecie/saneringspecie;
  - bij voorkeur opgesplitst in landelijk en bebouw/stedelijk gebied;
- b. Vervolgens is beoordeeld of de nieuwe database vergelijkbaar is met de oude database door in beide databases:
  - een NW4-toetsing uit te voeren (klasse 0,1,2 vs klasse 3,4);
  - het percentage verspreidbare bagger in de originele msPAF-systematiek (dus zonder Ba, Co, Mo Sb, Sn en V) te vergelijken.
- c. Daarna zijn alle klasse 0,1,2,3-monsters (NW4-toetsing) in de database doorgerekend met de msPAF-systematiek inclusief Ba, Co, Mo Sb, Sn en V. De methode is beschreven in bijlage 1.



## 2 Resultaten

### 2.1 Berekening van de Potentieel Aangetaste Fractie (PAF)

Een PAF wordt beschreven door de volgende formule:

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Waarin:

- $x$  is de log(concentratie) van de stof in (porie)water.
- $\mu$  is de gemiddelde log(effectconcentratie), in dit geval de concentratie waarop net geen effecten ontstaan na uitvoering van een chronische bioassay: chronische NOEC (zie 1.3)
- $\sigma$  is the standard deviation van de log(effectconcentratie)

In Excel kan deze berekend worden met: NORMDIST(x,  $\mu$ ,  $\sigma$ , cumulative)

De parameter 'cumulative' is een logische waarde die bepaalt of de cumulatieve of probalistische waarde wordt uitgerekend. TRUE (of 1) geeft een cumulatie functie (S-curve) en FALSE (of 0) geeft een probalistische functie (klok-curve).

De  $\mu$  en  $\sigma$  zijn stofspecifiek en zijn voor in deze studie bepaald. Tabel 2.1 toont de  $\mu$ 's en  $\sigma$ 's alsmede het werkingsmechanisme ofwel: de Toxic Mode of Action (TMOA). Metalen hebben allemaal een eigen werkingsmechanisme. Voor de berekening van de msPAF zijn niet alleen deze parameters nodig, maar ook de  $K_d$ -waarden, de achtergrondwaarde en daarvan afgeleid de (poriewater)concentratie op achtergrondwaardeniveau (voor details van de msPAF-berekening, zie bijlage 1).

Tabel 2.1 Afgeleide  $\mu$  en  $\sigma$  voor de nieuwe metalen, gebaseerd op totaalconcentraties van de metalen. Tevens zijn de  $K_d$  en de AW vermeld in deze tabel.

CAS-nummer	Stofnaam	Aantal	$\mu^*$	$\sigma$	TMOA	$K_d$	AW
		soorten	mg/l			L/kg	mg/kg
7631950	Natrium molybdate ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ )	7	1,84	0,93	Mo	40	1,5
7646799	Cobalt chloride ( $\text{CoCl}_2$ )	12	0,23	1,07	Co	120	15
7772998	Tin chloride ( $\text{SnCl}_2$ )	5	-0,70	1,16	Sn	1905	6,5
10025919	Antimoon chloride ( $\text{SbCl}_3$ )	7	0,79	0,94	Sb	85	4
10361372	Barium chloride ( $\text{BaCl}_2$ )	4	1,41	0,41	Ba	2500	190
13718268	Natrium vanadate ( $\text{NaVO}_3$ )	10	-0,19	0,42	V	309	80

\*  $\mu$  is de log(NoEC); een negatieve waarde geeft een concentratie < 1 weer.

### 2.2 De nieuwe database

CSO Adviesbureau heeft in het najaar van 2010 nieuwe waterbodembedata verzameld bij alle waterschappen. Van 20 van de 26 waterschappen is bruikbare digitale informatie ontvangen (CSO, 2010). Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft wel digitale data gestuurd, maar bestandstype niet goed verwerkbaar in iBever. Een snelle scan van de database laat zien dat de in dit waterschap gemeten gehalten Ba, Co Mo en Sn passen in het landelijke beeld. Sb en V zijn niet gemeten.

De waterschappen die geen digitale gegevens hebben gestuurd zijn:

- Waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's. Zij hebben alleen pdf's toegezonden. Het was niet haalbaar om hier iets mee te doen.
- Waterschap Reest en Wieden;
- Waterschap Regge en Dinkel;
- Waterschap Zeeuwse Eilanden.

Ondanks dat 6 waterschappen niet in de database zitten, zijn alle Nederlandse grondsoorten (zeeklei, rivierklei, veen, zand) en alle regio's vertegenwoordigd.

Het resultaat van de update is gepresenteerd in Tabel 2.2. Zoals genoemd in paragraaf 1.3, is eerst gecontroleerd of de nieuwe database (2010) vergelijkbaar is met de database van 1997. Op basis van NW4-toetsing blijkt 84,6% van de waterbodemanalyses klasse 0,1,2 te zijn tegen 80,8% in 2006. De kwaliteit van de baggerspecie lijkt ten opzichte van 2006 iets beter te zijn, al varieert het licht per waterschap (behalve voor Roer en Overmaas, waar de kwaliteit in 2010 veel beter is dan in 2006).

Als alleen de waterschappen worden vergeleken die beide keren data hebben aangeleverd is het verschil kleiner: in 2006 is 82,9% klasse 0,1,2, in 2010 is 84,4% klasse 0,1,2.

Tabel 2.2 Kenmerken van de in 2006 gebruikte database en de in 2010 verzamelde database.

	2006					2010				
	Aantal meet-punten	Aantal klasse 0,1,2	Aantal klasse 3,4	Perc. klasse 0,1,2	Perc. klasse 3,4	Aantal meet-punten	Aantal klasse 0,1,2	Aantal klasse 3,4	Perc. klasse 0,1,2	Perc. klasse 3,4
HH Delfland	2662	1846	816	69,3%	30,7%					
HH Hollands Noorderkwartier						834	769	65	92,2%	7,8%
HH Rijnland	1555	1271	284	81,7%	18,3%	3335	2850	485	85,5%	14,5%
HH Schieland en de Krimpenerwaard						778	652	126	83,8%	16,2%
HH De Stichtse Rijnlanden						105	50	55	47,6%	52,4%
WS Aa en Maas						838	694	144	82,8%	17,2%
WS Brabantse Delta	360	340	20	94,4%	5,6%	1016	912	104	89,8%	10,2%
WS De Dommel	280	176	104	62,9%	37,1%	209	134	75	64,1%	35,9%
WS Groot Salland	848	694	154	81,8%	18,2%	249	214	35	85,9%	14,1%
WS Hollandse Delta	2248	1976	272	87,9%	12,1%	2407	2168	239	90,1%	9,9%
WS Hunze en Aa's	313	206	107	65,8%	34,2%					
WS Noorderzijlvest										
WS Peel en Maasvallei	135	102	33	75,6%	24,4%	170	117	53	68,8%	31,2%
WS Regge en Dinkel	1239	1164	75	93,9%	6,1%					
WS Reest en Wieden										
WS Rijn en IJssel	195	169	26	86,7%	13,3%	46	40	6	87,0%	13,0%
WS Rivierenland	414	340	74	82,1%	17,9%	1307	1145	162	87,6%	12,4%
WS Roer en Overmaas	213	111	102	52,1%	47,9%	140	112	28	80,0%	20,0%
WS Veluwe	289	236	53	81,7%	18,3%	190	173	17	91,1%	8,9%

	2006					2010				
	Aantal meet-punten	Aantal klasse 0,1,2	Aantal klasse 3,4	Perc. klasse 0,1,2	Perc. klasse 3,4	Aantal meet-punten	Aantal klasse 0,1,2	Aantal klasse 3,4	Perc. klasse 0,1,2	Perc. klasse 3,4
WS Vallei en Eem						185	177	8	95,7%	4,3%
WS Velt en Vecht	307	270	37	87,9%	12,1%	35	32	3	91,4%	8,6%
WS Zeeuwse Eilanden	547	393	154	71,8%	28,2%					
WS Zeeuws Vlaanderen	546	393	153	72,0%	28,0%	328	282	46	86,0%	14,0%
WS Zuiderzeeland	253	248	5	98,0%	2,0%	439	422	17	96,1%	3,9%
WS Fryslân	1171	1057	114	90,3%	9,7%	1003	978	25	97,5%	2,5%
Waternet	2319	1846	473	79,6%	20,4%	1524	890	634	58,4%	41,6%
<b>Totaal</b>	<b>15894</b>	<b>12838</b>	<b>3056</b>	<b>80,8%</b>	<b>19,2%</b>	<b>15138</b>	<b>12811</b>	<b>2327</b>	<b>84,6%</b>	<b>15,4%</b>

De database in 2006 resulteerde in een msPAF-metalen van 14,2% en een msPAF-organisch van 4,5% (zie Tabel 2.3). De gemiddelde msPAF is in de database van 2010 lager, hetgeen bevestigt dat de baggerspecie iets schoner is. Ook in dit geval is het verschil waarschijnlijk kleiner als alleen de waterschappen worden beoordeeld die beide keren data hebben aangeleverd.

Tabel 2.3 Gemiddelde msPAF voor metalen en organische contaminanten.

	2006	2010
	excl. klasse 4	excl. Klasse 4
Gemiddelde TDmetal	14,20%	12,7%
Gemiddelde TDorganisch	4,50%	4,6%

Verder is het van belang of de nieuwe metalen voldoende vertegenwoordigd zijn in de nieuwe database. Tabel 2.4 toont dat de stoffen die in het stoffenpakket zitten (Ba, Co, Mo) in 90% van de monsters zijn gemeten, terwijl de andere 3 metalen veel beperkter zijn meegenomen.

- Sb is gemeten door Fryslân (betreft 70% van het totaal aan data in Nederland), Groot Salland, Rivierenland, Veluwe, Zeeuws-Vlaanderen en Zuiderzeeland.
- Sn is gemeten door Brabantse Delta, Fryslân, Groot Salland, Peel en Maasvallei, Rijnland, Rivierenland, Schieland & Krimpenerwaard, Veluwe, Zeeuws-Vlaanderen en Zuiderzeeland.
- V is gemeten door Brabantse Delta, Fryslân, Groot Salland, Peel en Maasvallei, Veluwe, Zeeuws-Vlaanderen, Waternet en Zuiderzeeland

Tabel 2.4 "Nieuwe" metalen bij de verzamelde waterbodembedata.

n resultaten incl. Ba	12720
n resultaten incl. Co	12718
n resultaten incl. Mo	11073
n resultaten incl. Sb	1355
n resultaten incl. Sn	4001
n resultaten incl. V	3155

Hoewel het kleinere aantal data een verhoogde onzekerheid geeft – vanwege regionale verschillen is de representativiteit mogelijk minder – gaat het nog altijd om een fors aantal metingen.

Op basis van de vertegenwoordiging van nieuwe stoffen in de database en de vergelijking met de database uit 2006, concluderen we dat de nieuwe database een goede basis biedt om het effect van de toevoeging van 6 nieuwe metalen aan de msPAF te beoordelen.

### 2.3 Het effect van nieuwe metalen op de msPAF

De gemiddelde PAF van de nieuwe metalen is laag, maar dat geldt eigenlijk voor alle metalen. De database kenmerkt zich door een zeer groot aantal data met een msPAF < 10%. Tabel 2.5 geeft de gemiddelde msPAF weer voor de nieuwe metalen. De getallen voor de nieuwe metalen geven een eerste indicatie dat de in Nederland gemeten gehalten geen hoge toxische druk veroorzaken. Alleen kobalt en tin zijn gemiddeld groter dan 0.

Tabel 2.5 Gemiddelde PAF voor de nieuwe metalen (in de tabel weergegeven als Toxische Druk (TD)).

Gemiddelde TD_Ba	0,0%
Gemiddelde TD_Co	0,3%
Gemiddelde TD_Mo	0,0%
Gemiddelde TD_Sb	0,0%
Gemiddelde TD_Sn	0,3%
Gemiddelde TD_V	0,0%

De volgende bewerkingen zijn uitgevoerd:

1. Indien het monster als klasse 4 werd geclassificeerd is het verwijderd. Klasse 4 monsters mogen namelijk nooit worden verspreid.
2. De huidige toetsing is uitgevoerd, dat wil zeggen: msPAF-metalen < 50%, msPAF-organisch < 20%, olie < 3000 mg/kg, Cd < 7,5 mg/kg.
3. De 3 extra metalen (Ba, Co, Mo) in het standaardstoffenpakket zijn toegevoegd aan de toetsing onder punt 2.
4. De 3 extra metalen (Sb, Sn, V) die niet in het standaardpakket zitten, zijn toegevoegd aan de toetsing onder punt 3.



Tabel 2.6 toont de resultaten van 2006 en 2010 en toont in de laatste regel ook de randvoorwaarde voor de hoeveelheid verspreidbare baggerspecie, n.l. 81,6%. In 2006 was 8% van de monsters klasse 4 en 10% viel af vanwege een overschrijding van de 4 toetsingscriteria. In 2010 is 7% van de monsters klasse 4 en valt 10,5% af vanwege overschrijding van de 4 toetsingscriteria. Met dezelfde toetsingscriteria lijkt er nu marginaal meer verspreidbare baggerspecie te zijn dan in 2006.

Toevoeging van 3 of 6 metalen verlaagt de verspreidbare hoeveelheid bagger met respectievelijk 0,3 of 0,4%. Dit verschil is minimaal en bovendien is het percentage inclusief 6 metalen niet lager dan de gestelde randvoorwaarde (81,6%).

Tabel 2.6 Resultaten van de verschillende toetsingsstappen in 2006 en 2010.

	2006	2006	2010	2010
stapsgewijze criteria	absoluut	relatief (%)	absoluut	relatief (%)
totaal aantal bruikbare data*	12287	100,0%	13685	100,0%
bruikbare locatie < klasse 4	11316	92,1%	12772	93,3%
huidige toetsing (msPAF-metalen/organisch, olie, Cd)	10084	82,1%	11334	82,8%
huidige toetsing + Ba, Co, Mo			11295	82,5%
huidige toetsing + Ba, Co, Mo, Sb, Sn, V			11277	82,4%
Randvoorwaarde verspreidbaarheid	10032	81,6%	11173	81,6%

\*Deze aantallen zijn lager dan de getallen in Tabel 2.2, omdat monsters zonder organische stof of lutum evenals metingen met een zeer klein aantal parameters zijn verwijderd uit de database.



### 3 Conclusies

Voor het implementeren van de stoffen Ba, Co, Mo Sb, Sn en V is een nieuwe database gemaakt op basis van door waterschappen aangeleverde data. De database bevat gegevens van 20 van de 26 waterschappen. Voor 1 waterschap is kwalitatief vastgesteld dat de meetdata in hun gebied passen in het beeld van de landelijke database en 5 waterschappen hebben geen digitale gegevens aangeleverd. Daarmee wordt gesteld dat de database een representatief beeld geeft van de Nederlandse baggerkwaliteit.

De database is goed vergelijkbaar met de database uit 2006. Het enige verschil is dat er een lichte kwaliteitsverbetering is opgetreden in de database van 2010. Dit uit zich zowel in de berekende msPAF als in de toetsing met de NW4-systematiek (waarin klasse 0,1,2 verspreid mocht worden). Als de vergelijking wordt uitgevoerd voor waterschappen die in beide databases zijn vertegenwoordigd, is het percentage klasse3,4 gedaald van 17,1% naar 15,6%.

De bestaande normering (met de interventiewaarde landbodem als bovengrens, msPAF-metalen<50%, msPAF-organisch<20%, olie<3000 mg/kg en Cd < 7,5 mg/kg) geeft in de database van 2006 een verspreidbaar percentage van 82,1% (0,5% hoger dan de randvoorwaarde van 81,6%), terwijl met dezelfde methodiek in de nieuwe database 82,8% verspreidbaar is.

Belangrijkste conclusie is dat het toevoegen van de zes metalen nauwelijks effect heeft. Slechts 57 monsters, op een totaal van 13.685 monster, overschrijden het criterium voor verspreiding op het aangrenzende perceel vanwege toevoeging van Ba, Co, Mo Sb, Sn of V aan de msPAF. Hoewel het aantal data voor Sb, Sn en V kleiner is liggen de berekende PAF-waarden voor deze stoffen zo ver onder de kritische grens, dat het aantal data geen probleem is.

**Het voorstel is om de systematiek zo spoedig mogelijk te updaten door Ba, Co, Mo Sb, Sn en V op te nemen in de msPAF-metalen zonder wijzigingen van de toetsingscriteria.** Daarbij wordt gebruik gemaakt van de volgende parameters voor berekening van de PAF:

Tabel 3.1 Stofspecifieke parameters voor de berekening van de PAF voor Ba, Co, Mo, Sb, Sn en V.

Stofnaam	$\mu$	$\sigma$
	mg/l	
Mo	1,84	0,93
Co	0,23	1,07
Sn	-0,70	1,16
Sb	0,79	0,94
Ba	1,41	0,41
V	-0,19	0,42

\*  $\mu$  is de log(NoEC); een negatieve waarde geeft een concentratie < 1 weer.



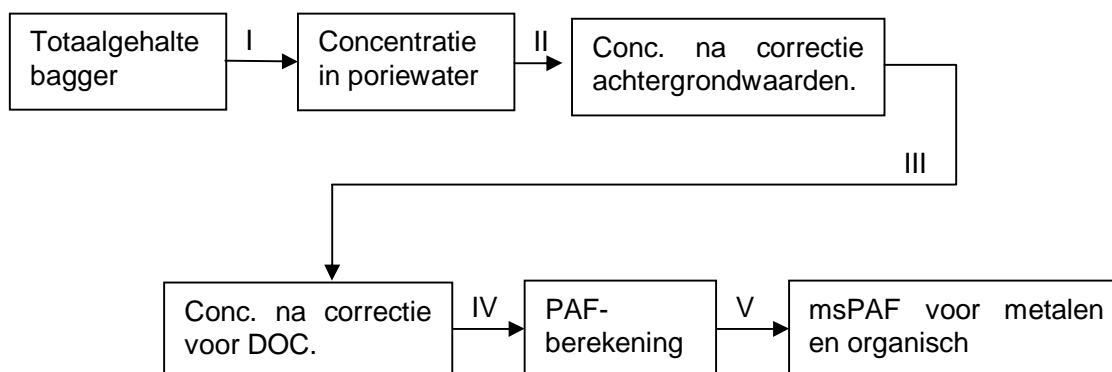
## 4 Referenties

- Aldenberg T, Jaworska JS. 2000. Uncertainty of the hazardous concentration and fraction affected for normal species distributions. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 46:1-18.
- CSO, 2010. Update landelijke waterbodembdatabase. Rapportnummer: 10K174.002, 10 december 2010. CSO, Deventer.
- Osté, L.A., A. Wintersen, E.V. ten Kate en L. Posthuma, 2007. Nieuwe normen waterbodems. RWS-Waterdienst rapport 2008.002; RIVM-rapport 711701064.
- De Zwart D. 2002. Observed regularities in SSDs for aquatic species. In: Posthuma L, Suter GW, II, Traas TP, editors. *Species Sensitivity Distributions in Ecotoxicology*. Boca Raton, FL, USA: Lewis Publishers. p 133-154.
- MERAG Factsheet 03, 2007. Effects assessment: data compilation, selection and derivation of PNEC values for the risk assessment of different environmental compartments (water, stp, soil, sediment). International Council on Mining and Metals (ICMM). <http://www.icmm.com/document/255>.



## A Bijlage 1: methodiek voor berekenen van de msPAF

De msPAF-berekening bestaat uit een aantal stappen, die in de onderstaande figuur zijn weergegeven (gelijk aan figuur 4 in het rapport):



Schematisch overzicht van de berekening van totaalgehalten tot msPAF.

### Stap I: berekening poriewaterconcentraties op basis van totaalgehalten

Evenals nu wordt het totaalgehalte in de bagger gemeten. Alleen voor PAK's wordt het totaalgehalte met 0,8 vermenigvuldigd (i.v.m. afbraak).

De voorspelde concentratie van een stof in de bodemoplossing wordt uitgedrukt als het quotiënt van het totaalgehalte in de menglaag en een (operationele) verdelingscoëfficiënt:

$$C_i = \frac{Q_i}{K_{d,i}}$$

Vergelijking I

waarin:

$C_i$  = de concentratie van stof i in de bodemoplossing (mg/l).

$Q_i$  = het totale, reactieve of beschikbare gehalte van stof i in de vaste fase (mg/kg).

$K_{d,i}$  = de (operationele) verdelingscoëfficiënt van stof i (l/kg).

Organische verontreinigingen:

Voor organische verontreinigingen is  $K_{d,i}$  gerelateerd aan het organischestofgehalte:

Vergelijking II

$$K_{d,i} = K_{oc,i} * OC_j = K_{oc,i} * OS_j * 0,57$$

waarin:

$K_{oc,i}$  = distributiecoëfficiënt die de verdeling beschrijft van stof i tussen organisch koolstof en water voor het proces van absorptie (l/kg)

$OC_j$  = de fractie organisch koolstof in bodem j (-)

$OS_j$  = de fractie organische stof in bodem j (-)

0,57 = een gemiddelde waarde voor het organisch koolstofgehalte van organische stof

De aldus berekende concentraties van organische verontreinigingen zijn vrij opgeloste concentraties.

## Metalen

De volgende metalen hebben een vaste  $K_{d,i}$ .

Tabel I:  $K_d$ -waarden voor 8 metalen

Element	$K_{d,i}$ (l/kg)
As	316
Hg	3162
Ba	2500
Co	120
Mo	40
Sb	85
Sn	1905
V	309

Voor een aantal metalen is  $K_{d,i}$ , behalve van OS, afhankelijk van de pH en het lutumgehalte. Bovendien is de relatie tussen totaal- en opgeloste concentraties niet voor alle metalen lineair.

## Chroom

Voor Cr is de relatie tussen  $C_i$  en  $Q_i$  beschreven met een lineaire isotherm en is  $K_{d,i}$  afhankelijk van de pH en het lutumgehalte:

Vergelijking III: 
$$\log K_{d,i} = e_i + f_i \cdot \text{pH}_j + g_i \cdot \log(\text{OS}_j) + h_i \cdot \log(\text{lutum}_j)$$

waarin:

$e_i - h_i$  = constante voor stof i (-)

$\text{pH}_j$  = pH in bodem j (-)

$\text{lutum}_j$  = lutumgehalte van bodem j (%)

$\text{OS}_j$  = OS-concentratie in bodem j (%)

Tabel I. Parameters behorende bij vergelijking III.

Metaal	$e_i$	$f_i$	$g_i$	$h_i$	n (regressie)	$R^2$
Cr	1,73	0,36	0	0	48	0,61

## Cadmium, koper, nikkel, lood en zink

Voor de metalen Cd, Cu, Ni, Pb en Zn is de relatie tussen  $C_i$  en  $Q_i$  beschreven met een non-lineaire isotherm gebaseerd op de reactieve metaalconcentratie. Voor Cd, Cu, Ni, Pb en Zn wordt vergelijking I vervangen door vergelijking IV:

$$C_i = \left[ \frac{Q_{i, \text{reactief}}}{K_{d,i}} \right]^{1/n}$$

Vergelijking IV

waarin

$C_i$  = de concentratie van stof i in de bodemoplossing (mmol/l)

$Q_{i, \text{reactief}}$  = het reactieve gehalte van stof i in de vaste fase (mol/kg)

n = Freundlich coëfficiënt (-)



$K_{d,i}$  = de operationele verdelingscoëfficiënt van stof i ( $[\text{mol} \cdot \text{l}^n]/[\text{mmol}^n \cdot \text{kg}]$ )

$Q_{i, \text{reactief}}$  wordt afgeleid uit de totaalconcentratie:

$$\text{Vergelijking V} \quad \log[Q_{i, \text{reactief}}] = a_i + b_i * \log[OS_j] + c_i * \log[lutum_j] + d_i * \log[Q_{i, \text{totaal}}]$$

waarin:

$Q_{i, \text{reactief}}$  = de reactieve concentratie van stof i in de vaste fase (mg/kg)

$Q_{i, \text{totaal}}$  = totaalconcentratie van stof i in de vaste fase (mg/kg)

$a_i$ - $d_i$  = constante (-)

De metaalconcentraties in de databestanden met bagger- en bodemgegevens zijn meestal totaalconcentraties. Deze zijn bepaald middels Aqua Regia extractie.

Waarden voor de constanten  $a_i$ - $d_i$  zijn weergegeven in tabel II.

Tabel II. Parameters behorende bij vergelijking V.

Metaal	$a_j$	$b_j$	$c_j$	$d_j$
Cu	-0,331	0,023	-0,171	1,152
Zn	-0,703	0,183	-0,298	1,235
Cd	-0,089	0,022	-0,062	1,075
Pb	-0,263	0,031	-0,112	1,089
Ni	-1,006	0,606	0,091	0,742

Ook voor Cd, Cu, Ni, Pb en Zn is  $K_{d,i}$  afhankelijk van pH, OS, en lutum:

$$\text{Vergelijking VI} \quad \log K_{d,i} = e_i + f_i * pH_j + g_i * \log(OS_j) + h_i * \log(lutum_j)$$

Let op dat  $K_{d,i}$  in vergelijking VI is uitgedrukt in  $[\text{mol} \cdot \text{l}^n]/[\text{mmol}^n \cdot \text{kg}]$ . Waarden voor de constanten  $e_i$ - $h_i$  zijn weergegeven in tabel III.

Tabel III. Parameters behorende bij vergelijking VI.

metaal	$e_i$	$f_i$	$g_i$	$h_i$	$n$
Cd	-4,85	0,27	0,58	0,28	0,54
Cu	-3,55	0,16	0,48	0,18	0,47
Ni	-5,05	0,31	0,65	0,39	0,51
Pb	-2,96	0,25	0,83	0,02	0,68
Zn	-4,51	0,45	0,39	0,35	0,74

Voor het verspreiden op het aangrenzende perceel is gekozen voor een vaste pH, nl: 5,5. Vergelijking VI kan omgeschreven worden naar:

$$\text{Vergelijking VII} \quad \log K_{d,i} = e_i + f_i * 5,5 + g_i * \log(OS_j) + h_i * \log(lutum_j)$$

### Stap II: Correctie achtergrondwaarde (AW)

Beleidsmatig is het gebruikelijk om effecten van metalen te berekenen ten opzichte van de AW. Stap II zorgt ervoor dat op achtergrondwaardeniveau de PAF voor metalen 0% bedraagt. Dit wordt gedaan door opgeloste concentratie uit stap 1 te verminderen met dat gedeelte dat "hoort bij" de achtergrondwaarde:

Vergelijking VIII  $C_{i,AW-corr} = C_i - C_{i,AW}$

Waarin:

$C_{i,AW-corr}$  = de voor AW gecorrigeerde opgeloste concentratie voor stof i

$C_{i,AW}$  =  $AW * (C_i / Q_i)$

$C_i$  = de concentratie berekend volgens vergelijkingen III t/m VII op basis van gemeten gehalte voor stof i.

$Q_i$  = gemeten totaalgehalte van een verontreiniging

**Stap III: DOC-correctie**

De totaalconcentratie in het poriewater is nu bepaald, maar voor metalen is dat een concentratie waarin ook de DOC-gebonden fractie is vertegenwoordigd. Voor de berekening van de PAF (stap III) is de vrij opgeloste concentratie nodig. Daarom is voor Cd, Cu en Zn een correctie voor DOC gemaakt. De berekende poriewaterconcentraties uit stap 1 worden vermenigvuldigd volgens vergelijking IX:

$$\text{Vergelijking IX} \quad C_{\text{vrij opgelost}} = cf * C_{\text{opgelost}}$$

waarin  
cf is de correctiefactor (tabel IV)

Tabel IV: correctiefactoren voor DOC voor Cd, Cu en Zn.

Stof	Correctiefactor (cf)
Cd	0,26
Cu	0,25
Zn	0,44

**Stap IV: berekening individuele PAF-curves**

De vrije concentratie in de het poriewater wordt omgerekend tot die fractie van de getoetste soorten die bij blootstelling in het onderzochte medium effecten zouden ondervinden (> hun NOEC-niveau, dat wil zeggen: chronische effecten, niet noodzakelijkerwijs het directe verlies van die soorten), ofwel: de Potentieel Aangetaste Fractie van de getoetste soorten. Dit gebeurt op basis van een log-normale soortengevoeligheidsverdeling. De invoer daarvan bestaat uit toxiciteitsgegevens die per stof, en per getoetste soort, onder laboratoriumcondities verkregen zijn. Vergelijking X geeft de vergelijking zoals deze in MS Excel kan worden gebruikt.

$$\text{Vergelijking X} \quad PAF = \text{NORMDIST}(\log C_i, \mu, \sigma, 1)$$

waarin:

- $\mu$  = de log (geometrisch gemiddelde van de toxiciteitsgegevens) in mg/l
- $\sigma$  = standaarddeviatie van de log-getransformeerde toxiciteitsgegevens
- $\log C_i$  = de log (concentratie) van stof i in mg/l.

Indien  $C_i \leq 0$  wordt voor  $C_i$  een waarde van  $10^{-10}$  mg/l ingevuld i.v.m. de waarde van  $\log C_i$ . De gebruikte constanten zijn vermeld in tabel V.

Tabel V: Constanten behorende bij vergelijking X. TMOA="Toxic Mode of Action", oftewel het werkingsmechanisme. Bij gelijke TMOA-code behoren de stoffen tot eenzelfde groep. Dit is voor de msPAF-berekening van belang.

CAS	Stofnaam	n toetsen	Log(gemidd.Chron NOEC in mg/l )	StDev ( $\sigma$ )	TMOA
319846	alfa-HCH	16	-0.55	1.11	CYCLO
319857	beta-HCH	3	-0.78	1.11	CYCLO
319868	delta-HCH	6	-0.54	1.11	CYCLO
58899	gamma-HCH (lindaan)	118	-1.73	1.11	CYCLO
115297	alfa-endosulfan	97	-2.61	1.11	CYCLO
1031078	endosulfansulfaat	1	-1.12	1.11	CYCLO
57749	Chloordaan	28	-2.05	1.11	CYCLO
118741	Hexachloorbenzeen	14	-0.82	1.11	CYCLO
309002	Aldrin	53	-2.05	1.11	CYCLO
60571	Dieldrin	84	-2.48	1.11	CYCLO
72208	Endrin	108	-2.97	1.11	CYCLO
465736	Isodrin	2	-3.07	1.11	CYCLO
297789	Telodrin	4	0.52	1.11	CYCLO
76448	Heptachloor	54	-2.23	1.11	CYCLO
1024573	Heptachloorepoxide	4	-1.83	1.11	CYCLO
53190	o,p'-DDD		-2.41	0.91	DDT
3424826	o,p'-DDE		-2.41	0.91	DDT
789026	o,p'-DDT		-2.41	0.91	DDT
72548	p,p'-DDD	22	-2.31	0.91	DDT
72559	p,p'-DDE	9	-2.56	0.91	DDT
50293	p,p'-DDT	146	-2.37	0.91	DDT
7440382	As	56	0.23	0.7	AS
10361372	Ba	4	1,41	0,41	BA
7440439	Cd	264	-0.93	0.98	CD
7646799	Co	12	0,23	1,07	CO
7440473	Cr	41	-0.16	0.9	CR
7440508	Cu	267	-1.54	0.71	CU
7439976	Hg	146	-1.80	0.7	HG
7631950	Mo	7	1,84	0,93	MO
7440020	Ni	66	0.0014	0.79	NI
7439921	Pb	89	-0.10	0.88	PB
10025919	Sb	7	0.79	0.94	SB
7772998	Sn	5	-0,70	1,16	SN
13718268	V	10	-0,19	0,42	V
7440666	Zn	188	-0.46	0.72	ZN
	MinOil		-2	0.71	NPN
87865	Pentachloorfenol	101	-1.23	0.69	OXPHO
120127	Anthraceen		-1.52	0.71	NPN
56553	Benzo(a)anthraceen		-2.45	0.71	NPN
50328	Benzo(a)pyreen		-2.78	0.71	NPN
191242	Benzo(ghi)peryleen		-3.31	0.71	NPN
207089	Benzo(k)fluorantheen		-2.78	0.71	NPN
218019	Chryseen		-2.45	0.71	NPN
85018	Fenanthreen		-1.52	0.71	NPN
206440	Fluorantheen	25	-2.03	0.71	NPN
193395	Indeno(123cd)pyreen		-3.13	0.71	NPN
91203	Naftaleen		-0.72	0.71	NPN
7012375	PCB28		-0.33	0.64	PCB
35693993	PCB52		-0.37	0.64	PCB
37680732	PCB101	4	-1.15	0.64	PCB
31508006	PCB118		-1.97	0.64	PCB
35065282	PCB138		-1.29	0.64	PCB
35065271	PCB153		-1.45	0.64	PCB

CAS	Stofnaam	n toetsen	Log(gemidd.Chron NOEC in mg/l )	StDev ( $\sigma$ )	TMoA
35065293	PCB180		-1.53	0.64	PCB
87683	Hexachloor-1,3-	7	-1.53	0.3	ALKAR

## Stap V: msPAF-berekening

Om van een individuele PAF naar een meer-stoffen-PAF (msPAF) te komen wordt onderscheid gemaakt tussen:

- a. stoffen met dezelfde werking
- b. stoffen met verschillende werking

Voor de  $msPAF_{overall}$  worden eerst alle stoffen met een gelijk werkingsmechanisme (Toxic Mode of Action: TMoA) opgeteld tot een msPAF voor de betreffende stofgroep ( $msPAF_{TMoA}$ ). De TMoA is vermeld in tabel V.

- a. stoffen met een zelfde werking

Hiervoor geldt vergelijking XI:

Vergelijking XI 
$$msPAF_{TMoA} = NormDist \left( \log \left( \sum HU_{TMoA} \right), 0, \bar{\sigma}, 1 \right)$$

waarin:

$$HU_{TMoA} = \frac{\log C_i}{10^{\mu_i}}$$

$\bar{\sigma}$  is het gemiddelde van alle sigma's van de stoffen met gelijke TMoA

- b. stoffen met verschillende werking

Om het ecotoxicologische risico voor het gehele lokale mengsel te berekenen worden deze  $msPAF_{TMoA}$  bijdragen van de verschillende werkingsmechanismen op responsadditieve wijze "opgeteld" volgens:

Vergelijking XII 
$$msPAF_{Overall} = 1 - \prod_{TMoA} (1 - msPAF_{TMoA}),$$

waarbij de  $\prod_{TMoA}$  staat voor het product van de verschillende (1 -  $msPAF_{TMoA}$ )-termen.