

Datarapport: TO monitoring van gehalten aan zware metalen in biotamonsters van de Oosterschelde en Westerschelde

M.J. van den Heuvel-Greve

Rapport C136/09



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

RWS Zeeland / Waterdienst
Poelendaelesingel 18
4335 JA Middelburg

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat.

Publicatiedatum:

24 december 2009

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).

© 2009 IMARES Wageningen UR

IMARES is geregistreerd in het
Handelsregister Amsterdam nr. 34135929,
BTW nr. NL 811383696B04.

A_4_3_1-V78.0

Foto op voorkant:

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.

Levensgemeenschap M7 op staalslakken bij Schelphoek (© Stichting Zeeschelp).

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1. Inleiding.....	5
2. Methoden	5
3. Resultaten	7
Vergelijking tussen soorten.....	15
Vergelijking tussen Oosterschelde en Westerschelde.....	15
4. Discussie.....	16
Vergelijking tussen soorten.....	16
Vergelijking tussen Oosterschelde en Westerschelde.....	16
Vergelijking Schelphoek west/oost en Schelphoek stortvak.....	17
Vergelijking met normen uit het Besluit Bodemkwaliteit	18
5. Conclusies.....	19
6. Kwaliteitsborging	20
Referenties	21
Verantwoording	22
Bijlage A. Ruwe data – T0 zware metalen in biota OS/WS	23
Bijlage B. Besluit Bodemkwaliteit – maximale emissiewaarden.....	27

Samenvatting

Voorafgaand aan de werkzaamheden op locaties in de Oosterschelde, waar vooroeververdediging zal plaatsvinden, dient een zogenaamd T0-onderzoek uitgevoerd te worden. De resultaten van deze T0-studie zullen als input gebruikt worden voor een later op te starten monitoringsprogramma naar mogelijke effecten van vooroeververdediging op deze soorten. Eén van deze monitoringsactiviteiten betreft het vastleggen van de huidige gehalten aan zware metalen in soorten die aanwezig zijn op deze locaties. Hiervoor zijn in september 2009 op verschillende locaties in de Oosterschelde en Westerschelde de volgende soorten bemonsterd: wieren (bruinwieren), slakken (aliekruiken), zakpijpen (doorzichtige zakpijp en Japanse zakpijp), sponzen (geweispons), anemonen (zeeanjelier), schelpdieren (mossel en oester) en zeesterren. Deze zijn geanalyseerd op gehalten aan zware metalen die opgenomen zijn in het Besluit Bodemkwaliteit en aanvullend ijzer, aluminium en mangaan.

Van de zware metalen worden de hoogste gehalten in biota uit de Oosterschelde aangetroffen voor ijzer (72-8521 mg/kg drooggewicht), aluminium (9-5517 mg/kg drooggewicht) en zink (22-2575 mg/kg drooggewicht). In de Westerschelde zijn eveneens de hoogste gehalten in biota aangetroffen voor ijzer (128-2666 mg/kg drooggewicht), aluminium (39-1575 mg/kg drooggewicht) en zink (53-3294 mg/kg drooggewicht). Maar ook koper is in hoge gehalten aangetroffen (3-336 mg/kg drooggewicht). Zware metalen die grotendeels beneden de detectielimiet werden aangetroffen in zowel Oosterschelde als Westerschelde zijn seleen, tin en antimoon. De gehalten aan zware metalen in mosselen komen overeen met resultaten in mosselen uit de Westerschelde en Oosterschelde uit andere studies.

Gehalten aan zware metalen in diersoorten van de Oosterschelde en Westerschelde verschillen per metaal en per diersoort. Voor vrijwel alle zware metalen zijn de hoogste gehalten aangetroffen in soorten die hun voedsel uit het water filteren, zoals de doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp en Japanse oester. Laagste gehalten zijn aangetroffen in zeester en (afhankelijk van de zware metaal) Japanse oester.

In mossel, zeeanjelier, geweispons en/of Japanse oester zijn voor cadmium, kobalt, koper, molybdeen, nikkel en lood een hoger gehalte gevonden in de Westerschelde dan in de Oosterschelde. Daarnaast lijken gehalten aan aluminium, ijzer, barium en chroom ook hoger in Westerschelde mosselen, al is de variatie in gehalten op de locatie Ritthem (WS) hoog. Hogere gehalten aan zware metalen in de Westerschelde dan in de Oosterschelde zijn vastgesteld in eerdere studies. Kwik in Japanse oester en zeester lijken juist hoger in de Oosterschelde dan in de Westerschelde.

In 2008 zijn er op een gedeelte van de locatie 'Schelphoek stortvak' staalslakken en breukstenen gestort als oeververdediging. Diersoorten die op deze locatie zijn verzameld zijn ruwweg een jaar blootgesteld geweest aan deze nieuwe ondergrond. Een eerste vergelijking tussen gehalten aan zware metalen in biota van het transect Schelphoek stortvak met de twee andere transecten in de locatie Schelphoek (west en oost) laat geen duidelijke verhoging aan metaalgehalten zien in het stortvak. Gehalten aan een aantal zware metalen (mangaan, arseen, chroom, kobalt, molybdeen en nikkel) lijken op dit transect licht verhoogd (grotendeels minder dan een factor twee) in enkele diersoorten (bruinwier, doorzichtige zakpijp en Japanse zakpijp) ten opzichte van de transecten Schelphoek oost en west. Of deze lichte verhoging aan zware metalen binnen de natuurlijke variatie in biota van de Oosterschelde valt kan op basis van deze data niet worden geconcludeerd. Hiervoor zijn meer gegevens nodig.

In het werk op het transect Schelphoek stortvak is staalslak met een afmeting 45/185 mm gebruikt. Dit valt onder de categorie 'vormgegeven bouwstoffen'. De T0-gehalten en gehalten op het transect Schelphoek stortvak in biota kunnen niet direct worden vergeleken met de emissiewaarden voor vormgegeven bouwstoffen uit het Besluit Bodemkwaliteit, omdat de emissiewaarden voor vormgegeven bouwstoffen zijn uitgedrukt als mg/m² en de in dit rapport gepresenteerde data in biota als mg/kg droge stof.

1. Inleiding

De stromingen in de Ooster- en Westerschelde zorgen lokaal voor erosie van de oevers en geulwanden. Om dat proces tegen te gaan, worden op die locaties waar deze erosie de stabiliteit van de waterkering in gevaar brengt of de reeds bestaande oeverwerken ondermijnt, 'bestortingen' uitgevoerd om de oevers te beschermen. Deze bestortingen worden uitgevoerd met staalslakken en breukstenen. Dergelijke materialen kunnen volgens de Regeling Bodemkwaliteit met in acht neming van diverse normen worden toegepast als bouwstof.

Voorafgaand aan de werkzaamheden op de locaties in de Oosterschelde is een zogenaamd TO-onderzoek (T nul) uitgevoerd. De uitkomsten van het TO-onderzoek zullen als referentie dienen voor een later op te starten monitoringsprogramma.

Rijkswaterstaat Zeeland en Rijkswaterstaat Waterdienst hebben aan IMARES gevraagd om de TO monitoring uit te voeren. In deze rapportage zijn ten behoeve van de TO monitoring de huidige gehalten aan zware metalen in biota vastgelegd. In twee andere datarapporten is de TO vastgelegd voor epifauna (De Kluijver & Dubbeldam, 2009) en infauna (Van den Brink & Brummelhuis, 2009).

Doel van het onderliggende rapport is:

- 1) Een beschrijving geven van het huidige gehalte aan een aantal zware metalen in dominant aanwezige epifauna-soorten in de Oosterschelde op de locaties waar bestortingen worden uitgevoerd;
- 2) Een beschrijving geven van het huidige gehalte aan een aantal zware metalen in dominant aanwezige epifauna-soorten bij de Zuidwatering (Ritthem, Westerschelde).

De resultaten kunnen gebruikt worden voor een later op te starten monitoringsprogramma op de versterkte dijken. De resultaten kunnen tevens gebruikt worden bij op te zetten onderzoek op andere locaties in de Ooster- en Westerschelde.

2. Methoden

De bemonstering van epifauna heeft plaatsgevonden op de volgende locaties: Schelphoek, Lokkersnol/Cauwersinlaag en Zuidhoek/deVal in de Oosterschelde, en Ritthem/Zuidwatering in de Westerschelde (tabel 1). Op de locaties Schelphoek, Zuidhoek en Ritthem zijn meerdere transecten bemonsterd (respectievelijk drie, drie en twee)(zie tabel 1). De biotamonsters zijn verzameld tijdens de epifauna-opnames (zie De Kluijver & Dubbeldam, 2009). De biota zijn na bemonstering opgeslagen in de vriezer (-26°C).

Voor analyse van zware metalen zijn biota geselecteerd en bemonsterd die representatief zijn voor het leven op hard substraat. Bij voorkeur betreft dit soorten die onlosmakelijk verbonden zijn met hard substraat en naar verwachting ook op andere stortlocaties voorkomen. Zo kunnen locaties onderling vergeleken worden. De biota die in dit onderzoek zijn geanalyseerd zijn wieren (bruinwieren), slakken (aliekruiken), zakpijpen (doorzichtige zakpijp en Japanse zakpijp), sponzen (geweispons), anemonen (zeeanjelier), schelpdieren (mossel en oester) en zeesterren. In totaal zijn 60 biotamonsters geanalyseerd. De lijst van geanalyseerde soorten en locaties staan in tabel 1. In tegenstelling tot de planning konden er door omstandigheden geen twee aanvullende mosselmonsters uit het mosselperceel nabij één van de onderzoekslocaties worden bemonsterd. In plaats daarvan is besloten twee extra biotamonsters (Japanse zakpijp) op de locatie Zuidhoek te analyseren.

De keuze van de te analyseren metalen is gebaseerd op de lijst aan zware metalen die in het Besluit Bodemkwaliteit staan en betreft de volgende stoffen: As (arseen), Ba (barium), Cd (cadmium), Co (kobalt), Cr (chrom), Cu (koper), Hg (kwik), Mo (molybdeen), Ni (nikkel), Pb (lood), Sb (antimoon), Se (seleen), Sn (tin), V (vanadium) en Zn (zink). Additioneel op deze stoffenlijst zijn ook Al (aluminium), Fe (ijzer) en Mn (mangaan) geanalyseerd, aangezien deze metalen uit staalslakken kunnen logen (Jonkers, 1987). Metaalanalyses zijn uitgevoerd door TNO, Zeist. Hiervoor zijn de monsters ontsloten m.b.v. salpeterzuur en geanalyseerd m.b.v. ICP-MS. Per monster is de totale biomassa gehomogeniseerd (een zogenaamd mengmonster) en geanalyseerd.

Tabel 1. Lijst met aantal geanalyseerde soorten per locatie. De diepte waarop het monster is verzameld is vermeld bovenaan de kolom of, bij variërende dieptes, achter het aantal monsters per geanalyseerde soort.

Diepte	NAP	NAP	7-15 m	7-15 m	7-15 m	7-15 m	7-15 m	7-15 m	7-15 m
Locatie	Ali- kruik	Bruinwier	Doorzichtige zakpijp	Geweispons	Japane oester	Japane zakpijp	Mossel	Zeeanjelier	Zeester
WS Ritthem west	1	1		1 (7 m)	1 (7 m)		1 (7 m)	1 (7 m)	1 (2 m)
WS Ritthem oost	1	1		1 (7 m)	1 (7 m)		1 (15 m)	1 (7 m)	1 (15 m)
OS Schelphoek oost	1	1	1 (7 m)		1 (7 m)		1 (15 m)	1 (7 m)	
OS Schelphoek west	1	1	1 (15 m)	1 (7 m)	1 (15 m)	1 (15m)			1 (7 m)
OS Schelphoek stortvak	1	1	1 (7 m)			1 (15m)			1 (7 m) + 1 (15 m)
OS Lokkersnol/ Cauwersinlaag	1	1	1 (7 m)	1 (7 m)	1 (7 m)		1 (7 m)	1 (7 m)	1 (7 m)
OS Zuidhoek/de Val west	1	1							
OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol			1 (7 m)	1 (7 m)	1 (7 m)		1 (7 m)	1 (7 m)	1 (7 m)
OS Zuidhoek/de Val Zeelandbrug				1 (7 m)	1 (7 m)		1 (7 m)		1 (7 m)
OS Zuidhoek/de Val oost	1	1	1 (7 m)	1 (7 m)	1 (7 m)			1 (7 m)	1 (7 m)
Totaal	8	8	6	7	8	2	6	6	9

3. Resultaten

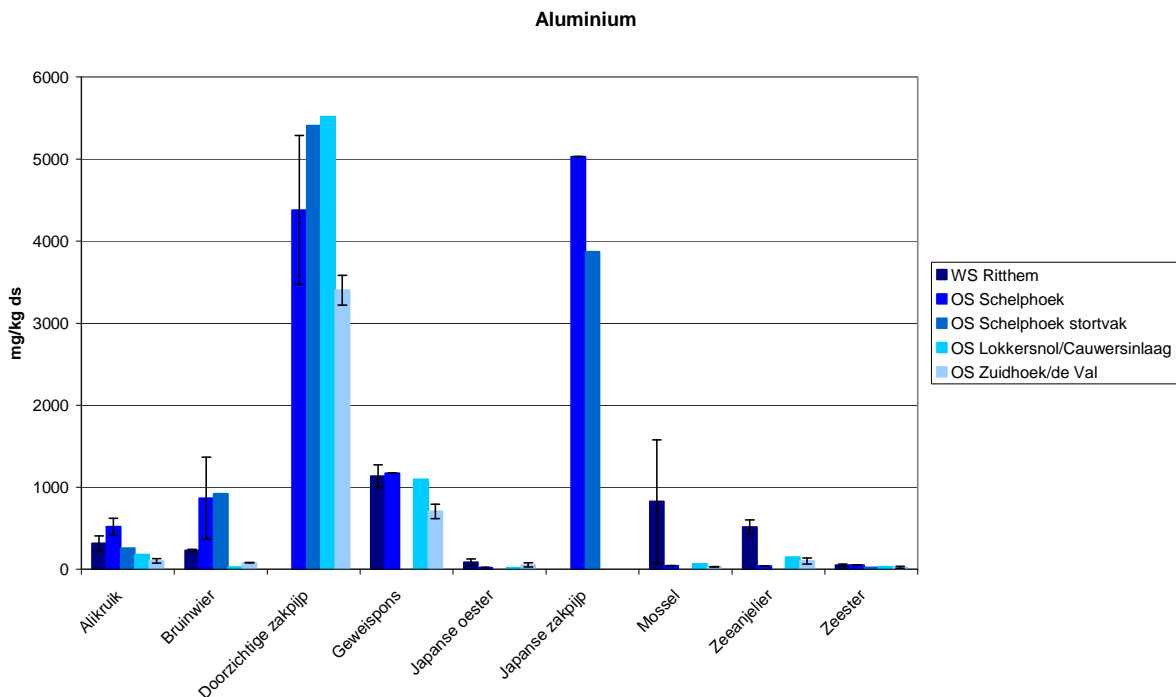
De gemiddelde gehalten aan zware metalen in de biotamonsters uit de Oosterschelde en Westerschelde staan weergegeven in figuren 1-15. Als er meerdere monsters per soort op een locatie geanalyseerd zijn (bijvoorbeeld op zowel het oost als het westelijk transect) is de variatie tussen de monsters opgenomen als Standard Error (SE) in de figuren. Ruwe data zijn opgenomen in Bijlage A.

Oosterschelde

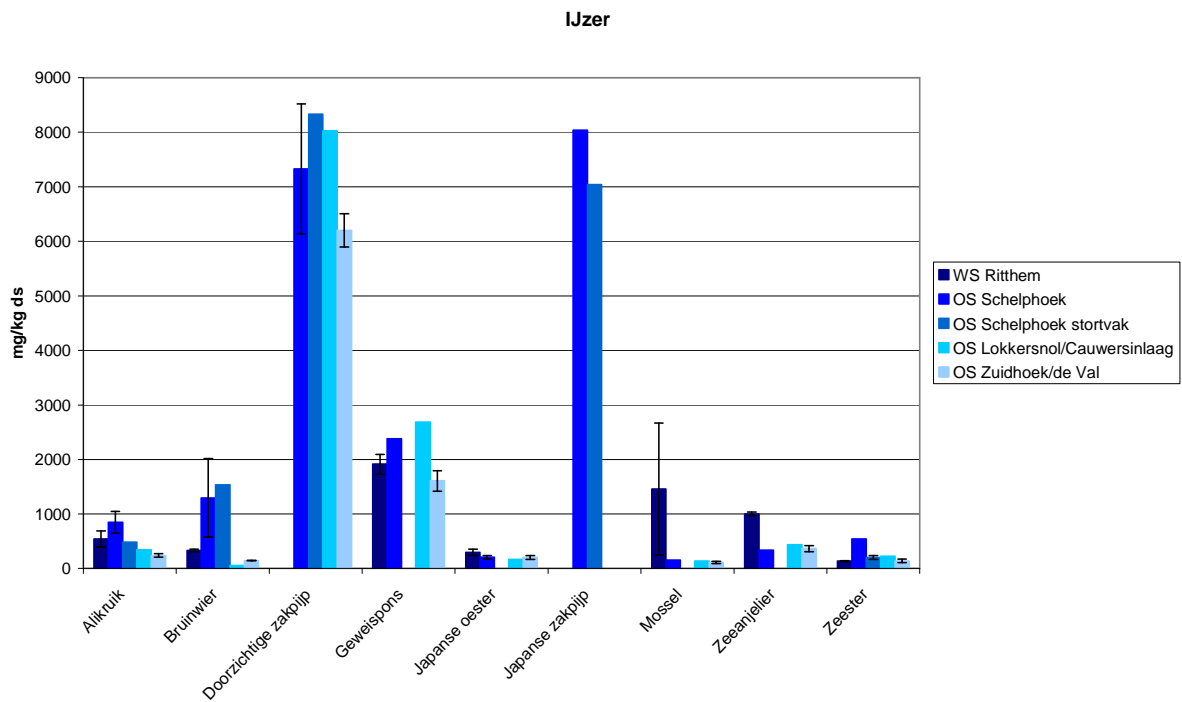
Van de zware metalen worden de hoogste gehalten in biota aangetroffen voor ijzer (72-8521 mg/kg drooggewicht), aluminium (9-5517 mg/kg drooggewicht) en zink (22-2575 mg/kg drooggewicht) (zie figuren 1-2 en 15). Metalen waarvan de laagste gehalten zijn aangetroffen in deze biotamonsters zijn: seleen (<detectielimiet-3.8 mg/kg ds), tin (<detectielimiet-0.91 mg/kg ds) en antimoon (<detectielimiet-0.195 mg/kg ds)(zie bijlage A). Gehalten aan zware metalen in biota van de verschillende monitoringslocaties in de Oosterschelde zijn redelijk gelijk. Er is wel een grote spreiding binnen de locatie Schelphoek (transect west en oost) in gehalten aan de zware metalen koper (figuur 9), nikkel (figuur 12) en lood (figuur 13) in de zakpijp, en chroom (figuur 8) en nikkel (figuur 13) in alikruik.

Westerschelde

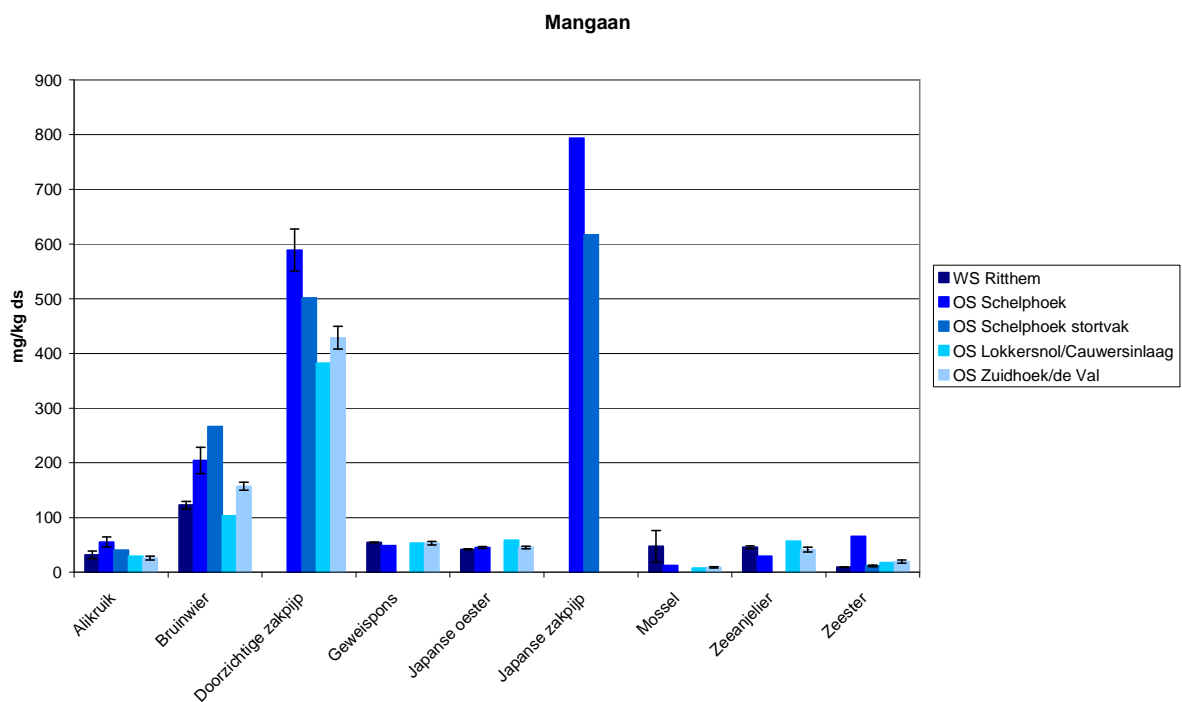
In de Westerschelde zijn eveneens de hoogste gehalten in biota aangetroffen voor ijzer (128-2666 mg/kg drooggewicht), aluminium (39-1575 mg/kg drooggewicht) en zink (53-3294 mg/kg drooggewicht) (zie figuren 1-2 en 15). Maar ook koper is in hoge gehalten aangetroffen (3-336 mg/kg drooggewicht)(zie figuur 9). De laagste gehalten aan zware metalen zijn aangetroffen voor seleen (<detectielimiet), tin (<detectielimiet) en antimoon (<detectielimiet-0.092 mg/kg ds)(zie bijlage A). Er is een grote spreiding aan gehalten in met name mosselen van de locatie Ritthem.



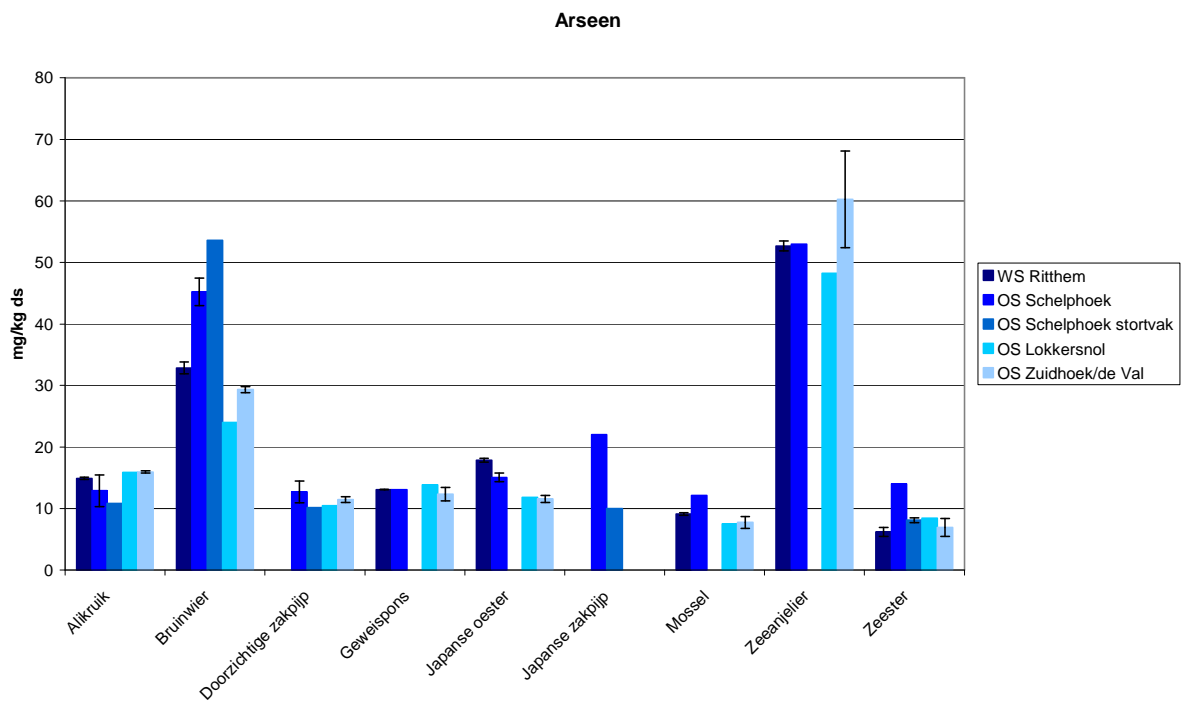
Figuur 1. TO-gehalten aan aluminium (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



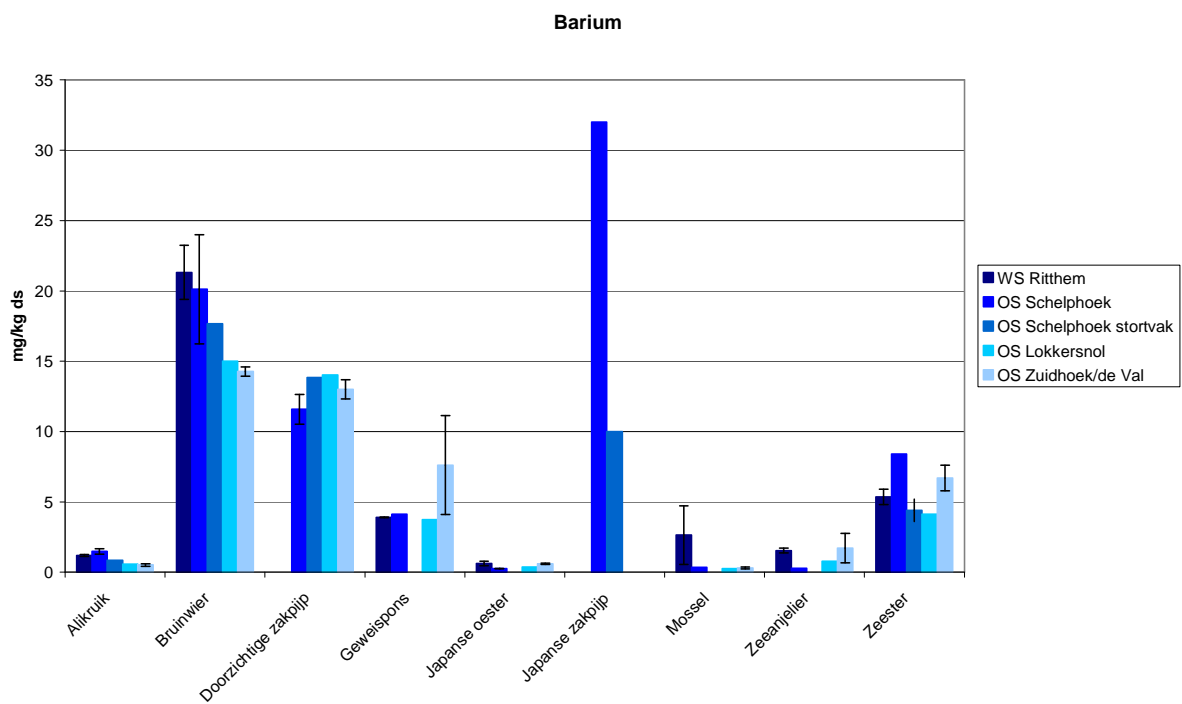
Figuur 2. TO-gehalten aan ijzer (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



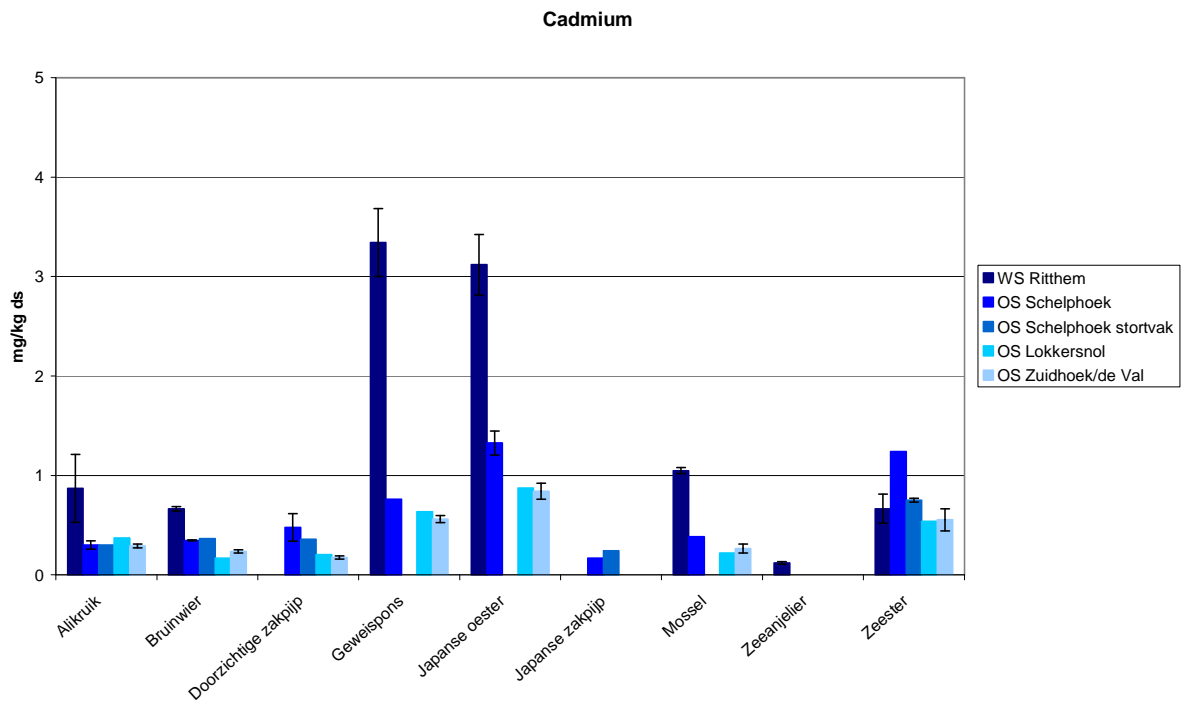
Figuur 3. TO-gehalten aan mangaan (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



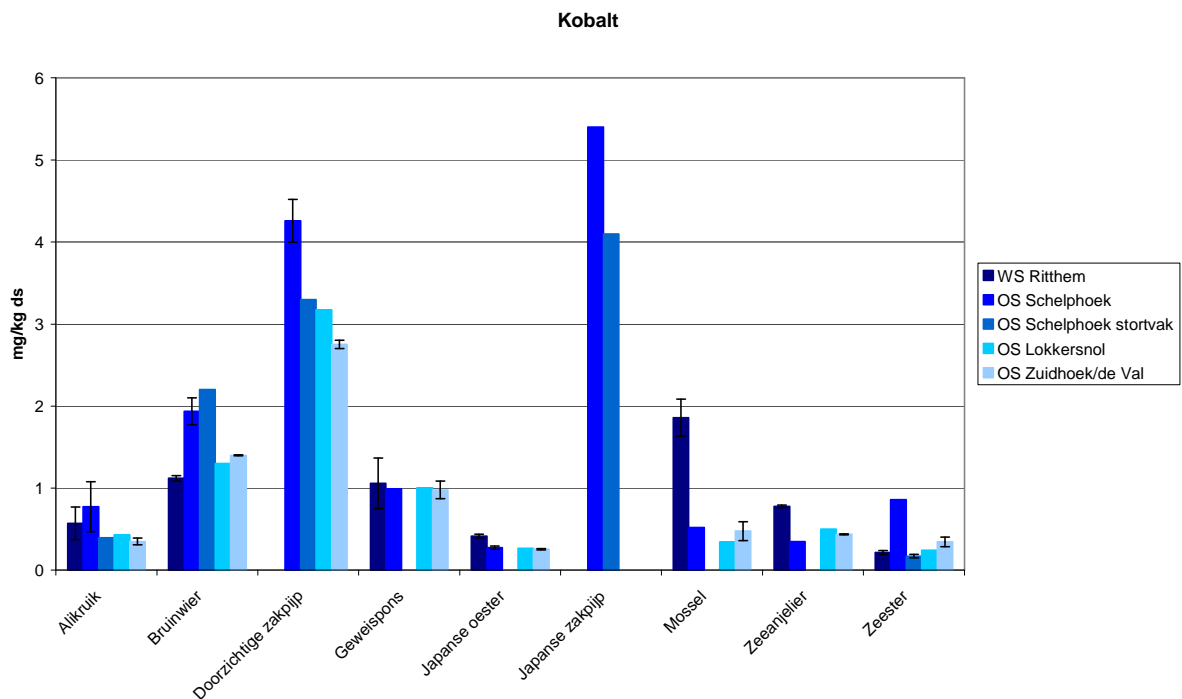
Figuur 4. TO-gehalten aan arseen (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



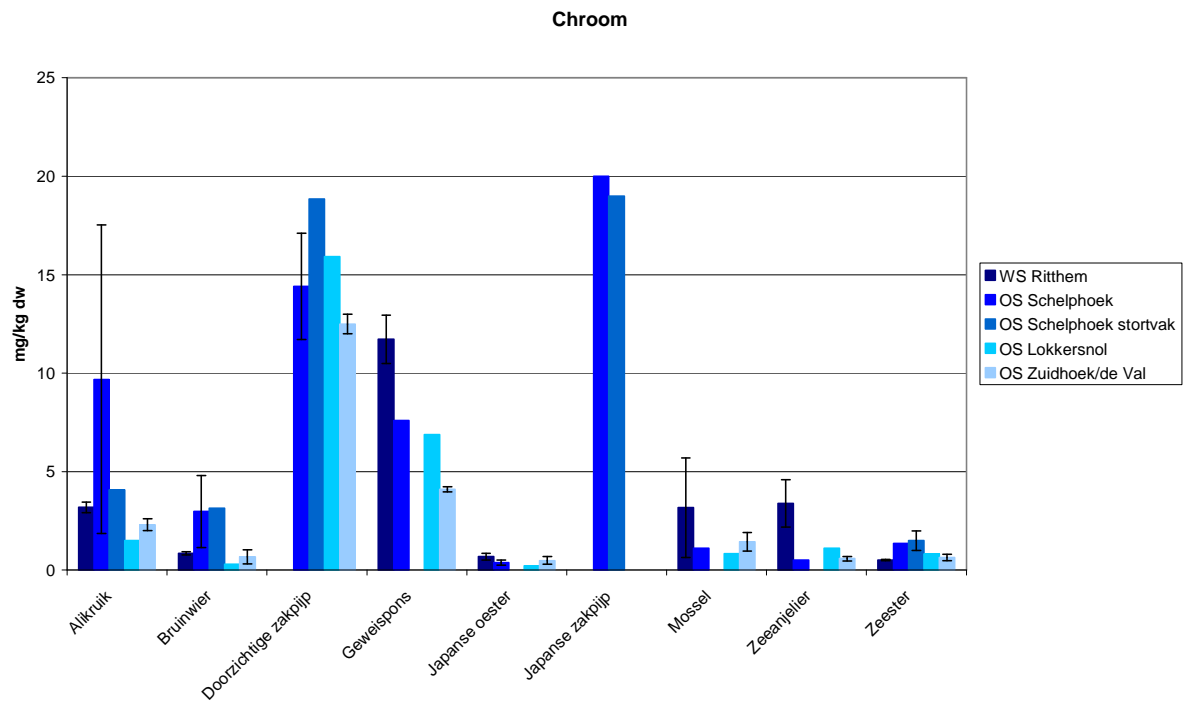
Figuur 5. TO-gehalten aan barium (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



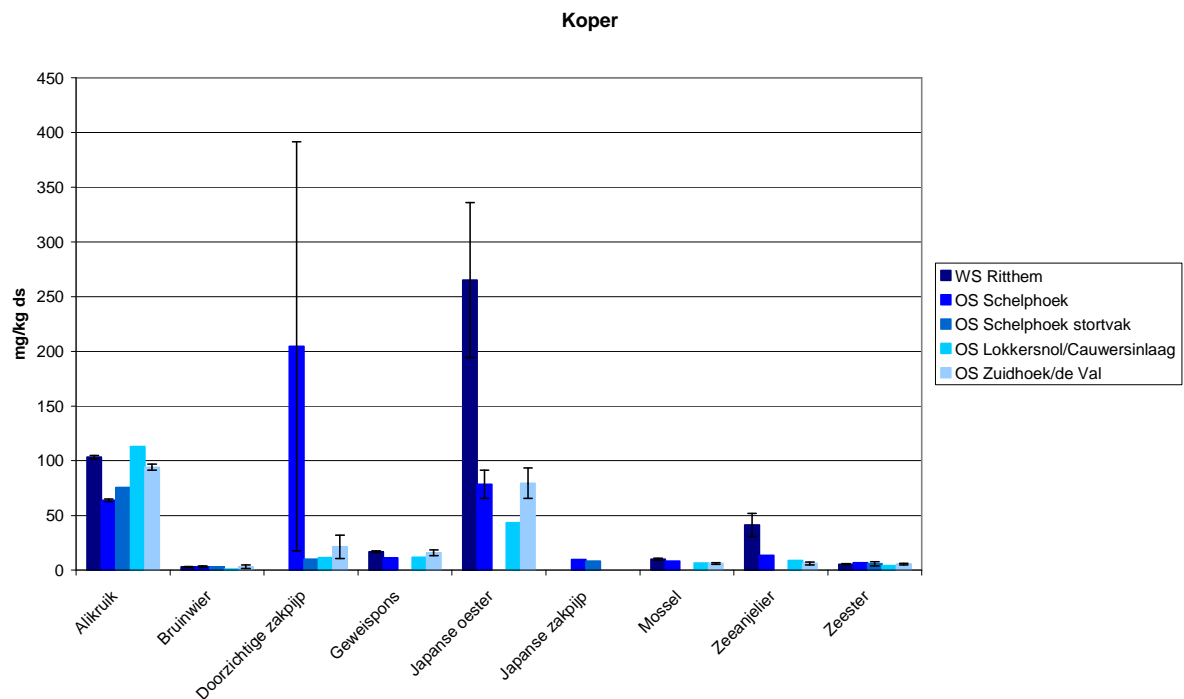
Figuur 6. TO-gehaltes aan cadmium (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



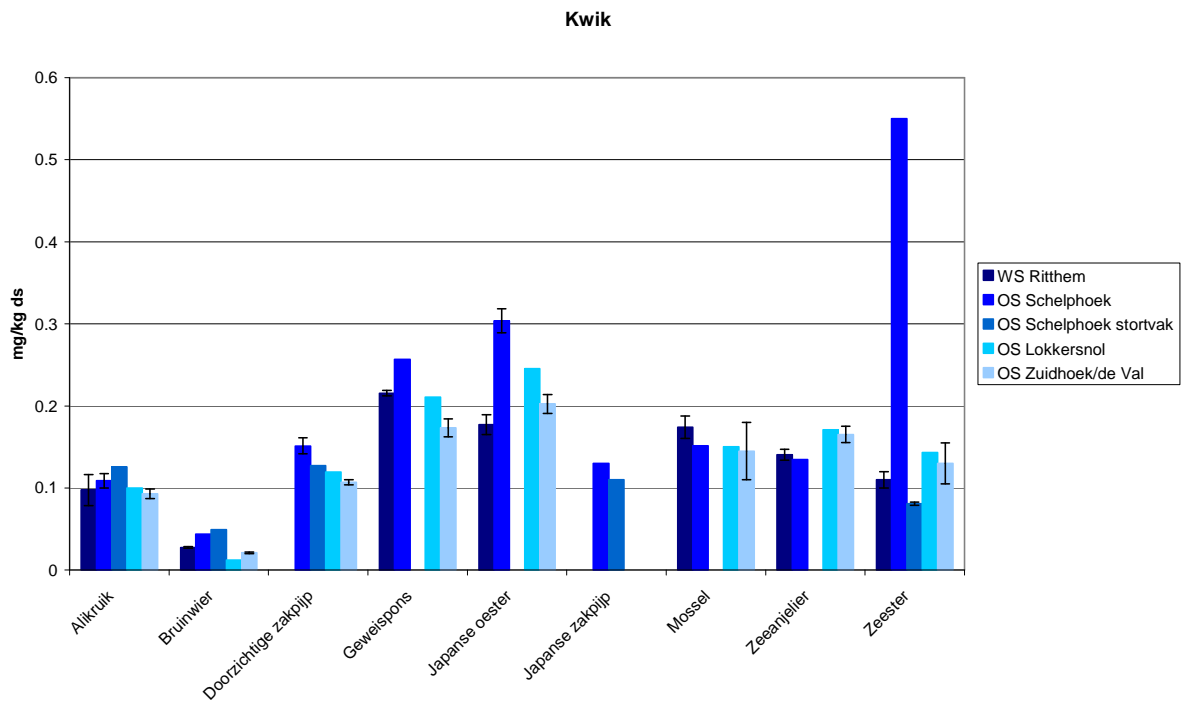
Figuur 7. TO-gehaltes aan kobalt (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



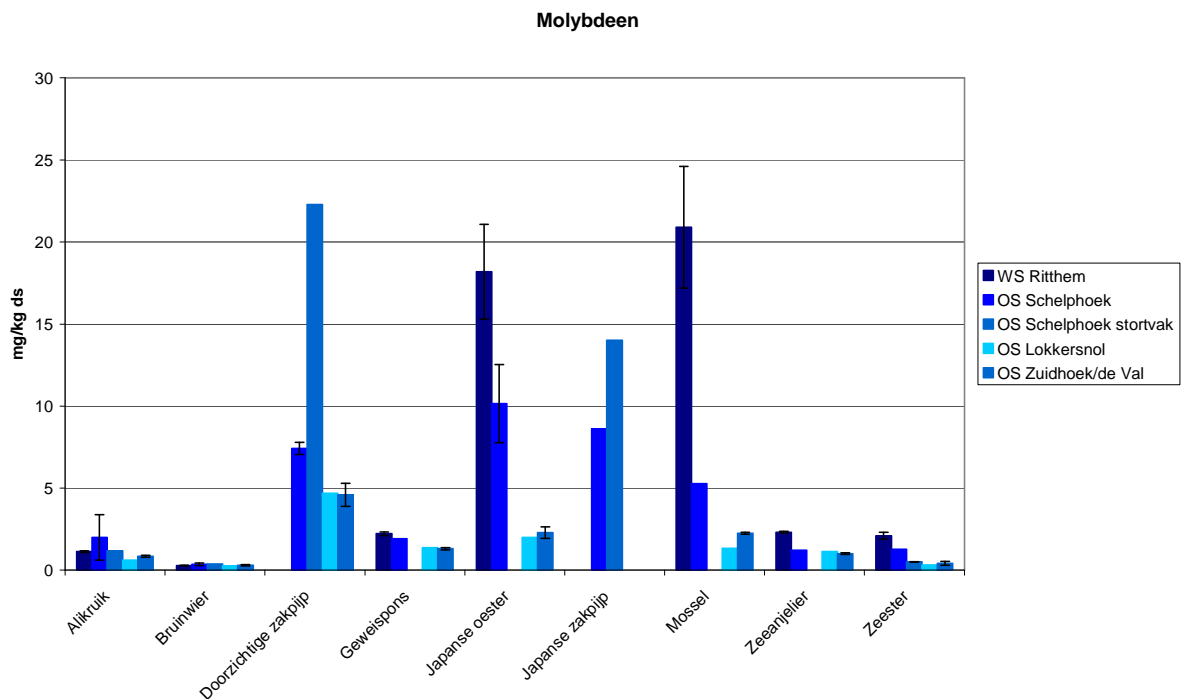
Figuur 8. TO-gehaltes aan chroom (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



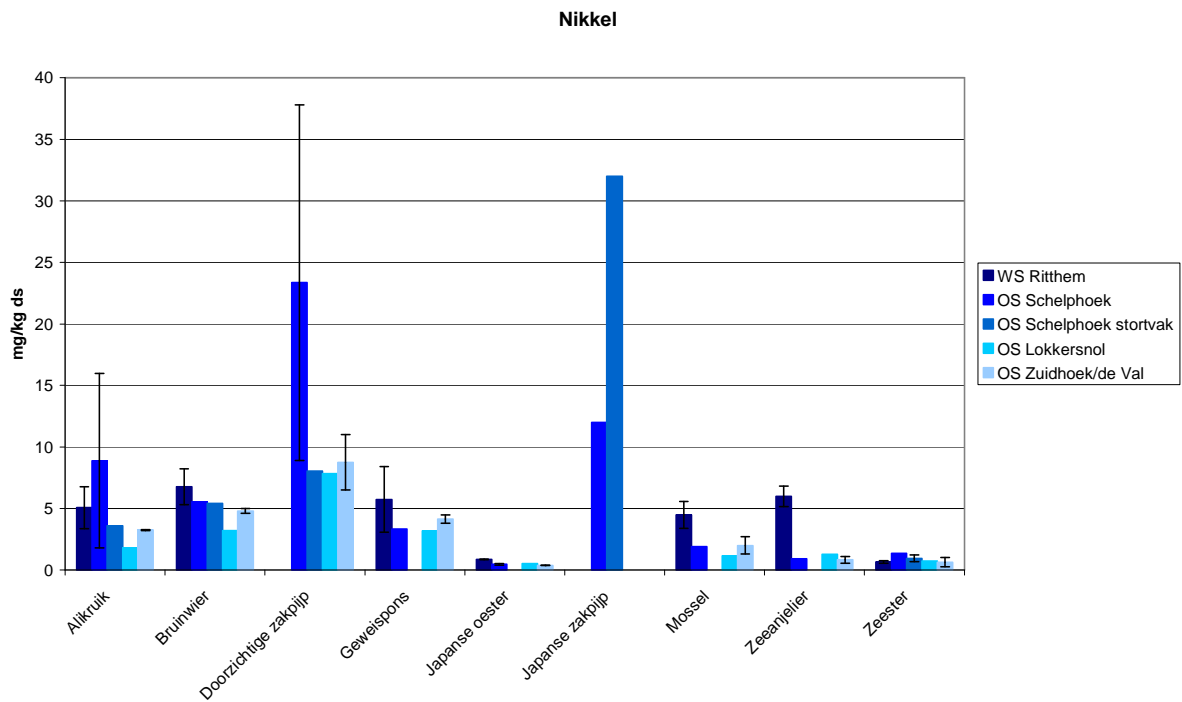
Figuur 9. TO-gehaltes aan koper (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



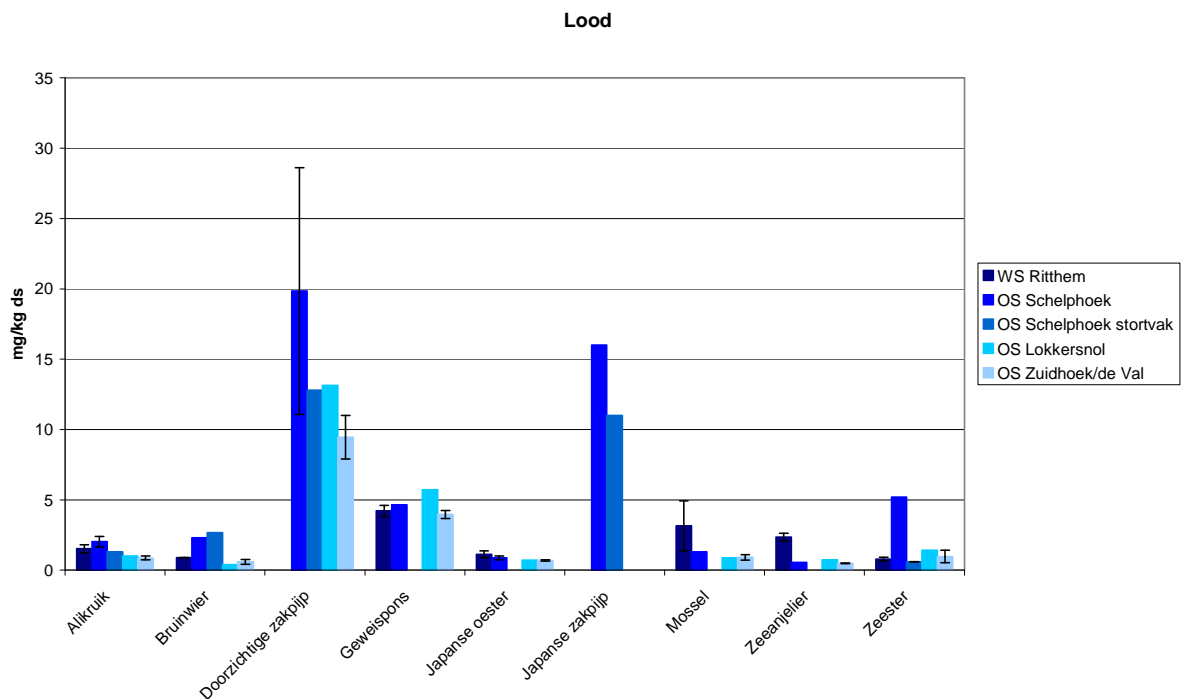
Figuur 10. TO-gehalten aan kwik (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



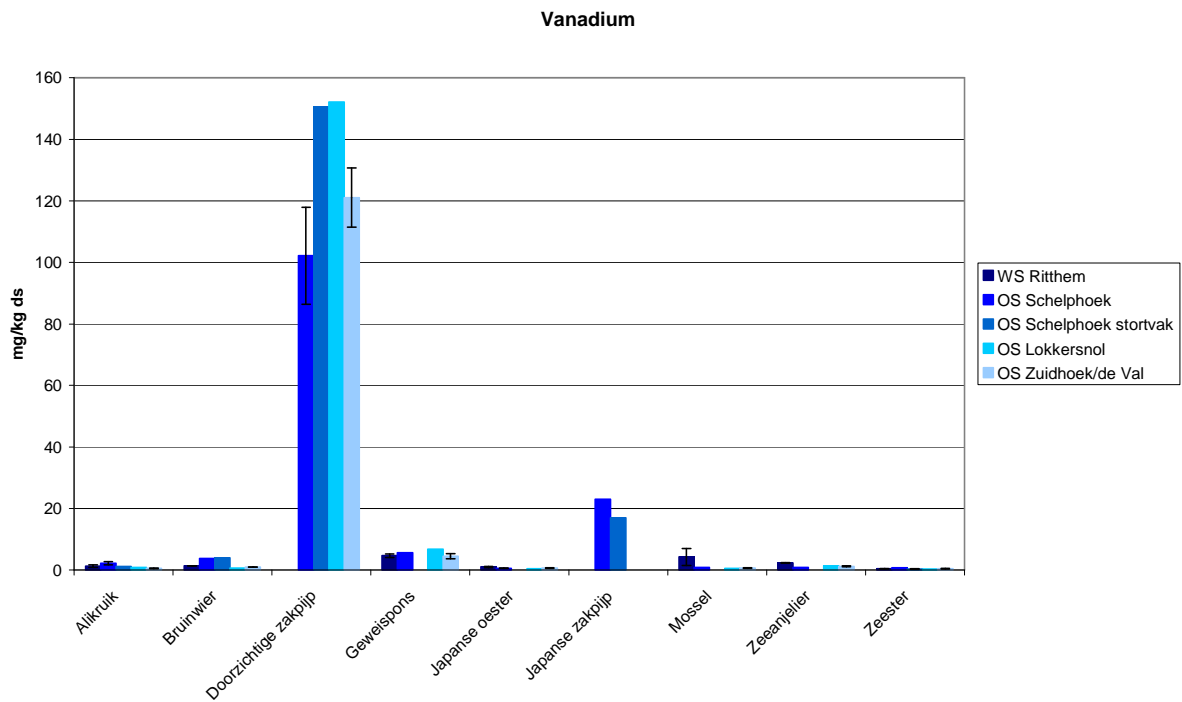
Figuur 11. TO-gehalten aan molybdeen (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



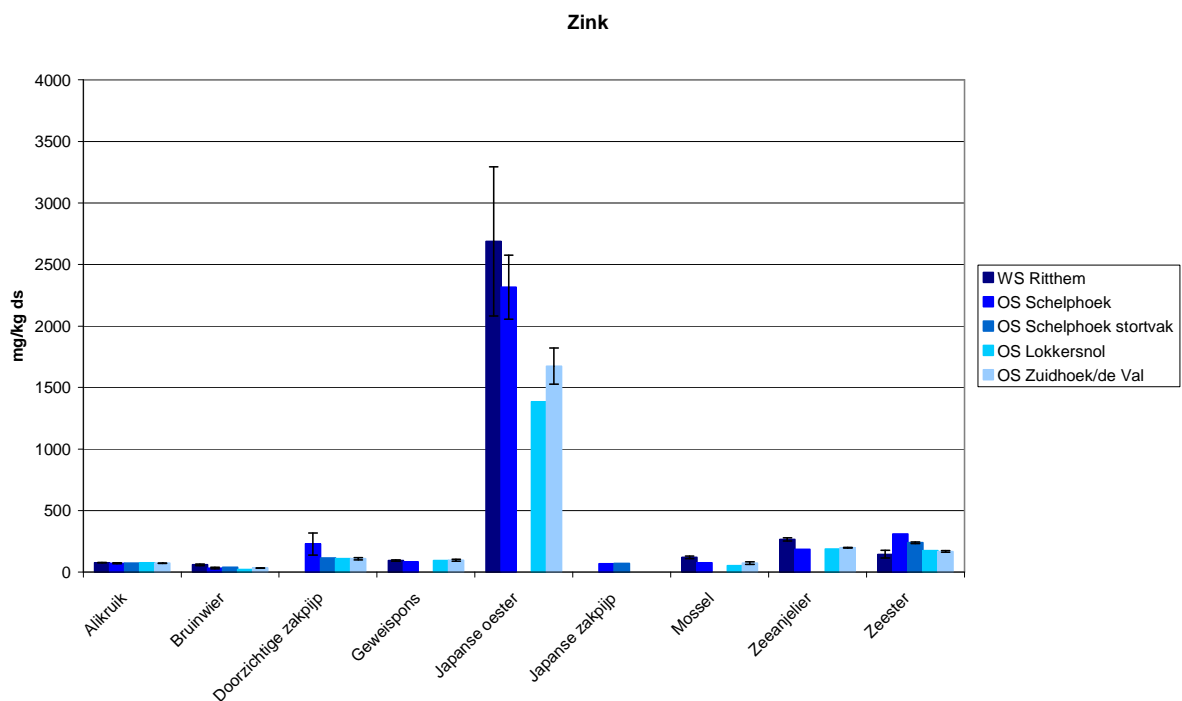
Figuur 12. TO-gehalten aan nikkel (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



Figuur 13. TO-gehalten aan lood (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



Figuur 14. TO-gehalten aan vanadium (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).



Figuur 15. TO-gehalten aan zink (mg/kg droge stof) in biota afkomstig van locaties in de Oosterschelde (OS) en Westerschelde (WS)(september 2009).

Tabel 2. Soorten waarin van elk metaal in deze TO-monitoring de hoogste en laagste gehalten zijn aangetroffen,

Zware metaal	Hoogste gehalte aangetroffen in:	Laagste gehalte aangetroffen in:
Aluminium	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Zeester, Japanse oester
IJzer	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Zeester, Japanse oester
Mangaan	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Zeester, mossel
Arseen	Zeeanjelier, bruinwier	Zeester
Barium	Bruinwier, doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Japanse oester, mossel, alikruik
Cadmium	Japanse oester, geweispons, zeester	Zeeanjelier
Kobalt	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Zeester, Japanse oester
Chroom	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Japanse oester
Koper	Japanse oester, alikruik	Bruinwier, zeester
Kwik	Geweispons, Japanse oester	Bruinwier
Molybdeen	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp (mossel, Japanse oester)	Bruinwier, zeester, alikruik
Nikkel	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Zeester, Japanse oester
Lood	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Japanse oester
Antimoon	Doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp	Grotendeels beneden detectielimiet
Seleen	Grotendeels beneden detectielimiet	Grotendeels beneden detectielimiet
Tin	Grotendeels beneden detectielimiet	Grotendeels beneden detectielimiet
Vanadium	Doorzichtige zakpijp	Zeester, Japanse oester, mossel, alikruik
Zink	Japanse oester	Bruinwier, alikruik

Vergelijking tussen soorten

Gehalten aan zware metalen in diersoorten van de Oosterschelde en Westerschelde verschillen per metaal en per diersoort (zie tabel 2). De hoogste gehalten aan metalen zijn gevonden in doorzichtige zakpijp (11 metalen), Japanse zakpijp (10 metalen), Japanse oester (5 metalen), geweispons (2 metalen), bruinwier (2 metalen), zeeanjelier (1 metaal), alikruik (1 metaal), mossel (1 metaal) en zeester (1 metaal). De laagste gehalten aan metalen zijn aangetroffen in zeester (8 metalen), Japanse oester (8 metalen), bruinwier (4 metalen), alikruik (4 metalen), mossel (3 metalen) en zeeanjelier (1 metaal).

Vergelijking tussen Oosterschelde en Westerschelde

In een aantal diersoorten en voor een aantal metalen is een hoger metaalgehalte gevonden in de Westerschelde dan in de Oosterschelde. Dit betreft met name cadmium, kobalt, koper, molybdeen, nikkel en lood in mossel, zeeanjelier, geweispons en/of Japanse oester (zie tabel 3). Gehalten waren meestal een factor 2-3 hoger. Daarnaast lijken gehalten aan aluminium, ijzer, barium en chroom ook hoger in Westerschelde mosselen, al is de variatie in gehalten op de locatie Ritthem (WS) hoog. Gehalten aan aluminium en ijzer zijn mogelijk ongeveer tien keer hoger in Westerschelde mosselen, maar door de hoge variatie op de locatie Ritthem is dit niet met zekerheid vast te stellen (zie figuren 1 en 2). Kwik in Japanse oester en zeester lijkt juist hoger op de locatie Schelphoek (oost en west) in vergelijking tot gehalten aan kwik in dezelfde soorten uit de Westerschelde, met respectievelijk een factor <1.5 en een factor 5.

Tabel 3. Zware metalen die in hogere gehalten in deze T0-monitoring zijn aangetroffen in diersoorten in de Westerschelde dan die in Oosterschelde.

Metaal	Soort	Factor hoger t.o.v. Oosterschelde
Aluminium	Mossel	~10
	Zeeanjelier	~5
IJzer	Mossel	~10
	Zeeanjelier	~2
Barium	Mossel	~3
	Zeeanjelier	~2
Cadmium	Alikruik	~2
	Geweispons	~3
	Japanse oester	~2
Kobalt	Mossel	~2
	Zeeanjelier	~3
	Mossel	~2
Chroom	Geweispons	<1.5
	Mossel	~2
	Zeeanjelier	~4
Koper	Japanse oester	~3
	Zeeanjelier	~2
Molybdeen	Japanse oester	<1.5
	Mossel	~3
Nikkel	Mossel	~2
	Zeeanjelier	~3
Lood	Mossel	~2
	Zeeanjelier	~2

4. Discussie

Vergelijking tussen soorten

Voor vrijwel alle zware metalen zijn de hoogste gehalten aangetroffen in soorten die hun voedsel uit het water filteren (de zogenaamde filterfeeders), zoals de doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp en Japanse oester. Vooral zakpijpen lijken hoge gehalten aan zware metalen op te nemen, waarschijnlijk omdat ze grote hoeveelheden water filteren (Philp et al, 2003). In zeesterren lijken juist minder hoge gehalten aan zware metalen op te hopen. Dit is mogelijk te verklaren doordat zeesterren een wat hogere positie in een voedselweb innemen en het merendeel van de zware metalen niet ophoopt in voedselwebs, met uitzondering van cadmium en kwik (Luoma & Rainbow, 2008).

Vergelijking tussen Oosterschelde en Westerschelde

De gehalten aan zware metalen zoals aangetroffen in mosselen in deze T0-monitoring zijn overeenkomstig met wat in andere studies in mosselen uit de Westerschelde (met name de locatie Vlissingen) en Oosterschelde (locatie Wemeldinge) is aangetroffen (Mubiana et al, 2005).

Uit de studie van Mubiana et al (2005) blijkt dat mosselen uit de Westerschelde ongeveer tien keer hogere gehalten aan cadmium bevatten dan mosselen uit de Oosterschelde. Ook gehalten aan kobalt, chroom, mangaan, nikkel, lood en zink waren minimaal twee maal hoger in Westerschelde mosselen ten opzichte van die

in de Oosterschelde (locatie Wemeldinge). Ook in de huidige resultaten zien we hogere gehalten aan cadmium (factor 2), kobalt (factor 3), chroom (factor 2) en lood (factor 2) in Westerschelde soorten (zie tabel 3). Er zijn geen hogere gehalten aan mangaan, nikkel en zink in Westerschelde mosselen aangetroffen. Ook was cadmium niet zoveel hoger in Westerschelde mosselen dan Oosterschelde mosselen dan in de studie van Mubiana et al (2005). Dit komt wellicht omdat gehalten op verschillende locaties in de Westerschelde zijn gemeten en er een afnemende trend is van gehalten aan zware metalen stroomafwaarts (Mubiana et al, 2005; Van den Heuvel-Greve et al, 2006). De locatie Ritthem uit de huidige TO-monitoring ligt dicht bij de zeemonding van het estuarium en mosselen van deze locatie bevatten lagere gehalten aan zware metalen dan mosselen meer stroomopwaarts.

In Mubiana et al (2005) zijn tijdstrends (1996-2002) en ruimtelijke trends van een aantal metalen in mosselen uit de Westerschelde en Oosterschelde gegeven. Een duidelijke afname in metaalgehalten is geconstateerd begin jaren '80. Sinds deze vroege afname zijn gehalten in metalen tot midden jaren '90 grotendeels gelijk gebleven. Meer recent zijn gehalten van enkele metalen zelfs weer gaan stijgen, zoals voor cadmium (gehalte in 2002 is 10x het gehalte van dat in 1983). Dit lijkt niet veroorzaakt te worden door een verhoogde input van metalen in het systeem, maar meer doordat de biobeschikbaarheid van deze metalen is veranderd door veranderingen in het water (opgelost zuurstof, organisch koolstof). Seizoensvariatie worden grotendeels verklaard door biologische processen, terwijl totale gehalten in soorten afhankelijk zijn van gehalten in het milieu en de biologische beschikbaarheid van metalen.

Vergelijking Schelphoek west/oost en Schelphoek stortvak

In 2008 zijn er op een gedeelte van de locatie Schelphoek staalslakken en breukstenen gestort als oeververdediging. Dit transect is aangeduid met Schelphoek stortvak (zie figuren 1-15). Diersoorten die op deze locatie zijn verzameld zijn ruwweg een jaar blootgesteld geweest aan deze nieuwe ondergrond. Een eerste vergelijking tussen gehalten aan zware metalen in biota van het transect Schelphoek stortvak met de twee andere transecten in de locatie Schelphoek (west en oost) laat geen duidelijke verhoging aan metaalgehalten zien in het stortvak. In enkele soorten in het stortvak is er mogelijk een lichte verhoging aan zware metalen t.o.v. Schelphoek west/oost. Dit betreft de bruinwier (mangaan, arseen en kobalt), doorzichtige zakpijp (chroom en molybdeen) en Japanse zakpijp (molybdeen en nikkel) (zie tabel 4). Voor mangaan, arseen, kobalt, chroom en molybdeen (Japanse zakpijp) vallen deze lichte verhoging zeer waarschijnlijk binnen de natuurlijke variatie aan gehalten in deze soorten op de locatie Schelphoek. Of molybdeen en nikkel eveneens binnen de natuurlijke variatie aan gehalten in biota van de Oosterschelde vallen kan met de huidige set aan gegevens niet worden vastgesteld. Hiervoor zijn meer gegevens nodig.

In Jonkers (1987) staan experimenten beschreven met bodemorganismen en allerlei soorten slakken (fosforslak, koperslak en LD-slak (staalslak)). Hieruit bleek dat de ophoping van ijzer, aluminium, mangaan en chroom incidenteel verhoogd was in zeeanjelier na blootstelling aan LD-slakken voor vijf maanden. Zoals hierboven beschreven zijn er in de huidige studie eveneens mogelijke verhogingen aangetroffen van mangaan en chroom in respectievelijk bruinwier, bruinwier en doorzichtige zakpijp op de locatie Schelphoek stortvak. Er was geen directe vergelijking mogelijk tussen gehalten in zeeanjelier op de transecten van de locatie Schelphoek, net zoals in de studie van Jonkers (1987), aangezien er geen zeeanjelier op de locatie Schelphoek stortvak aanwezig waren voor bemonstering.

Tabel 4. Zware metalen die in hogere gehalten zijn aangetroffen in diersoorten van Schelphoek stortvak t.o.v. Schelphoek west/oost.

Metaal	Soort	Factor hoger t.o.v. Schelphoek oost/west
Mangaan	Bruinwier	<2
Arseen	Bruinwier	<2
Kobalt	Bruinwier	<2
Chroom	Doorzichtige zakpijp	<2
Molybdeen	Doorzichtige zakpijp	3
	Japanse zakpijp	<2
Nikkel	Japanse zakpijp	2

Vergelijking met normen uit het Besluit Bodemkwaliteit

Het Besluit bodemkwaliteit stelt producteisen aan de samenstellings- en emissiewaarden van steenachtige bouwstoffen (niet zijnde grond en baggerspecie) waaraan in de gehele bouwstofketen moet worden voldaan. Dit betekent dat de verschillende doelgroepen in de bouwstofketen elk op zich verantwoordelijk zijn voor de milieuhygiënische kwaliteit van de bouwstof. Dit is een verruiming van de werkingssfeer ten opzichte van het Bouwstoffenbesluit dat alleen was gericht op de fase van toepassing.

Bouwstoffen mogen worden toegepast in nuttige werken, zoals gebouwen, wegen en bruggen. Is het werk niet 'nuttig', dan is er sprake van het zich ontdoen van afvalstoffen. Het is niet de bedoeling om toepassingen te bedenken om van een bouwstof af te komen, het Besluit wil immers hergebruik stimuleren om het gebruik van primaire materialen te voorkomen. Daarom mogen bouwstoffen alleen in een functioneel werk worden toegepast, zoals bij bestortingen t.b.v dijkverstevingen.

Bouwstoffen moeten voldoen aan maximale emissiewaarden en samenstellingswaarden. Voldoen ze daar aan dan mogen ze gewoon in de bodem worden toegepast. Voldoet de bouwstof niet aan deze waarden, dan is er sprake van een afvalstof. Door breken, zeven, scheiden of reinigen kan een deel van deze 'afvalstof' mogelijk alsnog voldoen aan de waarden die aan bouwstoffen worden gesteld.

Er zijn drie categorieën bouwstoffen:

- 1) vormgegeven bouwstoffen
- 2) niet vormgegeven bouwstoffen zonder IBC-maatregelen
- 3) niet-vormgegeven bouwstoffen met IBC-maatregelen, de IBC-bouwstoffen

De normen uit het besluit bodemkwaliteit voor alle drie de categorieën zijn opgenomen in Bijlage B.

In het werk op het transect Schelphoek stortvak is staalslak met een afmeting 45/185 mm gebruikt. Dit valt onder de categorie 'vormgegeven bouwstoffen'. De emissiewaarden voor vormgegeven bouwstoffen is uitgedrukt als mg/m^2 (zie bijlage B). De in dit rapport gepresenteerde data in biota zijn vastgelegd als mg/kg droge stof. Of er een omrekening van mg/m^2 naar mg/kg droge stof mogelijk is en wat hiervoor de formule is, is niet bekend. De TO-gehalten en gehalten op het transect Schelphoek stortvak in biota kunnen dus niet direct worden vergeleken met de emissiewaarden voor vormgegeven bouwstoffen uit het Besluit Bodemkwaliteit.

5. Conclusies

In september 2009 zijn biotamonsters op verschillende locaties in de Oosterschelde en Westerschelde verzameld ten behoeve van de T0-monitoring voorafgaand aan oeververdediging op deze locaties (T0). Deze resultaten zullen als referentie dienen voor een in de toekomst op te stellen monitoringsprogramma.

Van de zware metalen worden de hoogste gehalten in biota uit de Oosterschelde aangetroffen voor ijzer (72-8521 mg/kg drooggewicht), aluminium (9-5517 mg/kg drooggewicht) en zink (22-2575 mg/kg drooggewicht). In de Westerschelde zijn eveneens de hoogste gehalten in biota aangetroffen voor ijzer (128-2666 mg/kg drooggewicht), aluminium (39-1575 mg/kg drooggewicht) en zink (53-3294 mg/kg drooggewicht). Maar ook koper is in hoge gehalten aangetroffen (3-336 mg/kg drooggewicht). Zware metalen die grotendeels beneden de detectielimiet werden aangetroffen in zowel Oosterschelde als Westerschelde zijn seleen, tin en antimoon. De gehalten aan zware metalen in mosselen komen overeen met resultaten in mosselen uit de Westerschelde en Oosterschelde uit andere studies.

Gehalten aan zware metalen in diersoorten van de Oosterschelde en Westerschelde verschillen per metaal en per diersoort. Voor vrijwel alle zware metalen zijn de hoogste gehalten aangetroffen in soorten die hun voedsel uit het water filteren, zoals de doorzichtige zakpijp, Japanse zakpijp en Japanse oester. Laagste gehalten zijn aangetroffen in zeester en (afhankelijk van de zware metaal) Japanse oester.

In mossel, zeeanjer, geweispons en/of Japanse oester is voor cadmium, kobalt, koper, molybdeen, nikkel en lood een hoger gehalte gevonden in de Westerschelde dan in de Oosterschelde. Daarnaast lijken gehalten aan aluminium, ijzer, barium en chroom ook hoger in Westerschelde mosselen, al is de variatie in gehalten op de locatie Ritthem (WS) hoog. Hogere gehalten aan zware metalen in de Westerschelde dan in de Oosterschelde zijn vastgesteld in eerdere studies. Kwik in Japanse oester en zeester lijken juist hoger in de Oosterschelde dan in de Westerschelde.

In 2008 zijn er op een gedeelte van de locatie 'Schelphoek stortvak' staalslakken en breukstenen gestort als oeververdediging. Diersoorten die op deze locatie zijn verzameld zijn ruwweg een jaar blootgesteld geweest aan deze nieuwe ondergrond. Een eerste vergelijking tussen gehalten aan zware metalen in biota van het transect Schelphoek stortvak met de twee andere transecten in de locatie Schelphoek (west en oost) laat geen duidelijke verhoging aan metaalgehalten zien in het stortvak. Gehalten aan een aantal zware metalen (mangaan, arseen, chroom, kobalt, molybdeen en nikkel) lijken op dit transect licht verhoogd (grotendeels minder dan een factor twee) in enkele diersoorten (bruinwier, doorzichtige zakpijp en Japanse zakpijp) ten opzichte van de transecten Schelphoek oost en west. Of deze lichte verhoging aan zware metalen binnen de natuurlijke variatie in biota van de Oosterschelde valt kan op basis van deze data niet worden geconcludeerd. Hiervoor zijn meer gegevens nodig.

In het werk op het transect Schelphoek stortvak is staalslak met een afmeting 45/185 mm gebruikt. Dit valt onder de categorie 'vormgegeven bouwstoffen'. De T0-gehalten en gehalten op het transect Schelphoek stortvak in biota kunnen niet direct worden vergeleken met de emissiewaarden voor vormgegeven bouwstoffen uit het Besluit Bodemkwaliteit, omdat de emissiewaarden voor vormgegeven bouwstoffen zijn uitgedrukt als mg/m² en de in dit rapport gepresenteerde data in biota als mg/kg droge stof.

6. Kwaliteitsborging

De analyses zijn uitgevoerd door TNO Zeist. TNO Zeist beschikt over een ISO 9001 certificaat en voor de volgende analyses een ISO 17025 accreditatie: arseen, cadmium, kobalt, chroom, koper, ijzer, kwik, mangaan, molybdeen, nikkel, lood, antimoon, seleen, tin, zink.

Decimale tekens: Gegevens worden in afwijking op Nederlandse SI gerapporteerd met een decimale punt (.) in plaats van een komma (,).

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2009. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 22-24 april 2009. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

Van den Brink, A, E. Brummelhuis (2009). Data report: TO monitoring of benthic species of soft bottoms in the Oosterschelde. IMARES-rapport C135/09.

Dubbeldam, M.C., M.J. De Kluijver (2009). Levensgemeenschappen op de harde substraten bij Zuidwatering in de Westerschelde. TO-inventarisatie vooroever. Stichting Zeeschelp.

Van den Heuvel-Greve, M.J., P.E.G. Leonards, A.D. Vethaak (2006). Dioxineonderzoek Westerschelde; meting van gehalten aan dioxines, dioxineachtige stoffen en andere mogelijke probleemstoffen in visserijproducten, sediment en voedselketens in de Westerschelde. Rapport RIKZ/2006.011. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Jonkers, D.A. (1987). Opname van zware metalen uit en kolonisatie van ovenslakken en beton door benthische mariene organismen. Doctoraal rapport Rijksuniversiteit Groningen.

Luoma, S., P.S. Rainbow (2008). Metal Contamination in Aquatic Environments. Cambridge University Press, 573 pagina's.

Mubiana, V.K., D. Qadah, J. Meys, R. Blust (2005). Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from the Western Scheldt estuary (the Netherlands). *Hydrobiologia* 540: 169-180.

Philp, R.B., F.Y. Leung, C. Barley (2003). A comparison of the metal content of some benthic species from coastal waters of the Florida Panhandle using high-resolution inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) analysis. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 44: 218-223.

Verantwoording

Rapport C136/09
Projectnummer: 430.4201.201

Verantwoording

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: Diana Slijkerman
Onderzoeker



Handtekening:

Datum: 21 december 2009

Akkoord: B.D. Dauwe
Afdelingshoofd Ecologie Zuid



Handtekening:

Datum: 21 december 2009

Aantal pagina's: 27
Aantal tabellen: 4
Aantal figuren: 15
Aantal bijlagen: 2

Bijlage A. Ruwe data – TO zware metalen in biota OS/WS

Gehalten zijn weergegeven op basis van droge stof.

Soort	Locatie	(% m/m) Dry matter	[mg/kg] Al	[mg/kg] As	[mg/kg] Ba	[mg/kg] Cd	[mg/kg] Co	[mg/kg] Cr	[mg/kg] Cu	[mg/kg] Fe	[mg/kg] Hg
Alikruik	WS Ritthem west	17.8	222	15	1.1	0.53	0.37	2.9	105	395	0.079
Alikruik	WS Ritthem oost	18.2	409	15	1.3	1.2	0.77	3.5	102	691	0.12
Alikruik	OS Schelphoek west	17.5	417	15	1.3	0.26	0.47	1.8	65	645	0.10
Alikruik	OS Schelphoek stortvak	18.8	258	11	0.84	0.30	0.40	4.1	76	483	0.13
Alikruik	OS Schelphoek oost	18.2	620	10	1.7	0.34	1.1	18	63	1051	0.12
Alikruik	OS Lokkersnol	19.0	180	16	0.57	0.37	0.43	1.5	113	341	0.10
Alikruik	OS Zuidhoek/De Val west/Kurkenol	18.5	76	16	0.42	0.31	0.31	2.6	97	207	0.087
Alikruik	OS Zuidhoek/De Val oost	18.7	127	16	0.61	0.27	0.39	2.0	91	272	0.099
Bruinwier	WS Ritthem west	26.5	218	32	19	0.64	1.2	0.76	2.7	310	0.027
Bruinwier	WS Ritthem oost	26.6	244	34	23	0.7	1.1	0.92	3.2	354	0.028
Bruinwier	OS Schelphoek west	25.6	366	47	16	0.35	1.8	1.1	2.4	576	0.036
Bruinwier	OS Schelphoek stortvak	20.1	922	54	18	0.36	2.2	3.1	3.1	1532	0.049
Bruinwier	OS Schelphoek oost	31.2	1365	43	24	0.34	2.1	4.8	3.9	2017	0.052
Bruinwier	OS Lokkersnol	45.4	27	24	15	0.17	1.3	0.29	1.0	56	0.012
Bruinwier	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	26.4	81	30	15	0.22	1.4	1.03	4.7	150	0.020
Bruinwier	OS Zuidhoek/De Val oost	26.3	78	29	14	0.25	1.4	0.31	1.36	140	0.022
Doorzichtige zakpijp	OS Schelphoek west	7.5	5286	11	13	0.61	4.5	17	392	8521	0.14
Doorzichtige zakpijp	OS Schelphoek stortvak	6.9	5410	10	14	0.36	3.3	19	10	8334	0.13
Doorzichtige zakpijp	OS Schelphoek oost	6.2	3474	14	11	0.34	4.0	12	18	6139	0.16
Doorzichtige zakpijp	OS Lokkersnol	6.3	5517	11	14	0.20	3.2	16	11	8027	0.12
Doorzichtige zakpijp	OS Zuidhoek/De Val west/Kurkenol	6.1	3583	11	13	0.19	2.8	12	32	6508	0.11
Doorzichtige zakpijp	OS Zuidhoek/De Val oost	6.0	3222	11.9	13	0.16	2.7	13	10.6	5895	0.104
Geweispons	WS Ritthem west	10.3	1273	13	3.9	3.0	1.4	13	18	2095	0.22
Geweispons	WS Ritthem oost	10.1	1002	13	3.9	3.7	0.75	10	16	1730	0.21
Geweispons	OS Schelphoek west	8.6	1170	13	4.1	0.76	0.99	7.6	11	2381	0.26
Geweispons	OS Lokkersnol	8.3	1097	14	3.7	0.63	1.0	6.9	12	2686	0.21
Geweispons	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	7.9	725	12	15	0.49	0.95	4.0	14	1815	0.17
Geweispons	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	8.5	572	10	3.3	0.57	0.80	4.4	21	1235	0.16
Geweispons	OS Zuidhoek/De Val oost	8.9	820	14	5.0	0.62	1.2	3.9	12	1770	0.19

Soort	Locatie	(% m/m)	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
		Dry matter	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	V	Zn
Alikruik	WS Ritthem west	17.8	25	1.1	3.4	1.2	< 0.028	< 0.22	< 0.34	0.88	76
Alikruik	WS Ritthem oost	18.2	39	1.2	6.8	1.8	0.077	< 0.22	< 0.33	1.7	78
Alikruik	OS Schelphoek west	17.5	46	0.62	1.8	1.6	< 0.029	< 0.23	< 0.34	1.7	75
Alikruik	OS Schelphoek stortvak	18.8	40	1.2	3.6	1.3	< 0.027	< 0.21	< 0.32	1.2	75
Alikruik	OS Schelphoek oost	18.2	65	3.4	16	2.4	0.031	< 0.22	< 0.33	2.7	68
Alikruik	OS Lokkersnol	19.0	30	0.60	1.8	1.0	< 0.026	< 0.99	< 0.32	0.87	75
Alikruik	OS Zuidhoek/De Val west/Kurkenol	18.5	23	0.90	3.3	0.73	0.075	< 0.94	< 0.33	0.45	74
Alikruik	OS Zuidhoek/De Val oost	18.7	30	0.79	3.2	1.0	< 0.027	< 1.08	< 0.32	0.67	71
Bruinwier	WS Ritthem west	26.5	130	0.26	5.3	0.88	0.040	< 0.15	< 0.23	1.3	53
Bruinwier	WS Ritthem oost	26.6	116	0.30	8.2	0.90	0.042	< 0.15	< 0.23	1.4	66
Bruinwier	OS Schelphoek west	25.6	204	0.28	5.0	1.2	0.076	< 0.16	< 0.23	1.9	32
Bruinwier	OS Schelphoek stortvak	20.1	267	0.38	5.4	2.7	0.045	< 0.20	< 0.30	4.0	40
Bruinwier	OS Schelphoek oost	31.2	252	0.44	6.1	3.4	0.065	0.13	< 0.21	5.6	18
Bruinwier	OS Lokkersnol	45.4	103	0.27	3.2	0.40	0.030	< 0.09	< 0.13	0.62	22
Bruinwier	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	26.4	150	0.34	5.0	0.75	0.057	0.15	< 0.25	0.94	34
Bruinwier	OS Zuidhoek/De Val oost	26.3	165	0.26	4.6	0.42	0.054	< 0.08	< 0.23	0.95	33
Doorzichtige zakpijp	OS Schelphoek west	7.5	551	7.1	38	29	0.127	1.8	< 1.80	86	319
Doorzichtige zakpijp	OS Schelphoek stortvak	6.9	501	22	8.0	13	0.195	0.91	0.91	151	114
Doorzichtige zakpijp	OS Schelphoek oost	6.2	627	7.8	8.9	11	0.106	0.81	< 0.97	118	138
Doorzichtige zakpijp	OS Lokkersnol	6.3	382	4.7	7.8	13	< 0.079	0.92	< 0.95	152	110
Doorzichtige zakpijp	OS Zuidhoek/De Val west/Kurkenol	6.1	450	3.9	11	11	0.094	0.76	< 0.98	112	118
Doorzichtige zakpijp	OS Zuidhoek/De Val oost	6.0	408	5.3	6.5	7.9	0.084	< 2.72	< 1.01	131	100
Geweispons	WS Ritthem west	10.3	54	2.1	8.4	4.6	0.063	< 0.39	< 0.58	5.2	99
Geweispons	WS Ritthem oost	10.1	55	2.3	3.1	3.8	0.071	< 0.40	< 0.60	4.1	90
Geweispons	OS Schelphoek west	8.6	49	1.9	3.3	4.6	0.111	< 0.47	< 0.70	5.7	83
Geweispons	OS Lokkersnol	8.3	53	1.4	3.2	5.7	0.061	< 0.48	< 0.72	6.8	93
Geweispons	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	7.9	47	1.2	4.0	4.3	0.127	< 0.51	< 0.76	5.5	93
Geweispons	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	8.5	58	1.4	4.8	3.4	0.067	< 0.47	< 0.71	2.9	85
Geweispons	OS Zuidhoek/De Val oost	8.9	54	1.3	3.6	4.2	0.077	< 0.45	< 0.68	5.1	111

Soort	Locatie	(% m/m)	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
		Dry matter	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
Japanse oester	WS Ritthem west	8.7	125	18	0.79	3.4	0.44	0.85	336	357	0.19
Japanse oester	WS Ritthem oost	8.0	51	18	0.45	2.8	0.39	0.51	194	239	0.16
Japanse oester	OS Schelphoek oost	8.9	21	14	0.26	1.2	0.25	0.24	66	175	0.29
Japanse oester	OS Schelphoek west	11.6	24	16	0.27	1.4	0.30	0.52	91	239	0.32
Japanse oester	OS Lokkersnol	8.1	22.1	12	0.37	0.87	0.27	0.21	43	162	0.25
Japanse oester	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	7.5	42	12	0.53	0.77	0.24	0.29	67	181	0.19
Japanse oester	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	11.0	21	12	0.65	1.0	0.26	0.28	108	152	0.23
Japanse oester	OS Zuidhoek/De Val oost	7.8	93	10	0.64	0.75	0.27	0.88	64	273	0.19
Japanse zakpijp	OS Schelphoek west	11.0	5029	22	32	0.17	5.4	20	9.7	8038	0.13
Japanse zakpijp	OS Schelphoek stortvak	10.5	3869	10	10	0.24	4.1	19	8.1	7038	0.11
Mosselzaad	WS Ritthem oost	15.3	1575	9.3	4.7	1.1	2.1	5.7	11	2666	0.19
Mossel	WS Ritthem west	12.7	77	8.9	0.55	1.0	1.6	0.64	9.3	251	0.16
Mossel	OS Schelphoek oost	17.3	46	12	0.34	0.38	0.52	1.1	8.2	154	0.15
Mossel	OS Lokkersnol	17.3	68	7.5	0.26	0.22	0.34	0.84	6.6	139	0.15
Mossel	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	14.1	33	8.7	0.36	0.31	0.59	1.9	6.8	131	0.18
Mosselzaad	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	16.5	27	6.8	0.24	0.22	0.36	0.97	5.4	90	0.11
Zeeanjelier	WS Ritthem west	16.4	430	52	1.7	0.13	0.79	2.2	52	969	0.13
Zeeanjelier	WS Ritthem oost	13.6	601	53	1.4	0.11	0.76	4.6	31	1036	0.15
Zeeanjelier	OS Schelphoek oost	11.2	41	53	0.28	< 0.018	0.35	0.50	14	339	0.13
Zeeanjelier	OS Lokkersnol	8.8	148	48	0.79	< 0.023	0.50	1.1	8.9	437	0.17
Zeeanjelier	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	9.7	65	68	0.68	< 0.021	0.44	0.47	7.4	306	0.18
Zeeanjelier	OS Zuidhoek/De Val oost	10.1	138	52	2.8	< 0.020	0.43	0.69	4.8	420	0.16
Zeester	WS Ritthem west	17.8	39	6.9	5.9	0.81	0.24	0.54	5.9	142	0.12
Zeester	WS Ritthem oost	20.1	62	5.5	4.8	0.52	0.19	0.48	5.1	128	0.10
Zeester	OS Schelphoek west	19.2	50	14	8.4	1.24	0.86	1.36	6.7	543	0.55
Zeester	OS Schelphoek stortvak	23.9	30	8.5	5.2	0.73	0.19	1.99	7.7	239	0.083
Zeester	OS Schelphoek stortvak	21.6	18	7.7	3.6	0.77	0.15	1.0	4.0	163	0.079
Zeester	OS Lokkersnol	20.6	32	8.4	4.1	0.54	0.24	0.82	4.2	224	0.14
Zeester	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	21.0	30	4.9	6.0	0.40	0.29	0.71	4.4	164	0.11
Zeester	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	21.1	8.6	9.7	8.5	0.77	0.46	0.32	5.7	72	0.18
Zeester	OS Zuidhoek/De Val oost	21.0	38	6.2	5.6	0.49	0.28	0.89	6.5	182	0.10

Soort	Locatie	(% m/m)	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
		Dry matter	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	V	Zn
Japanse oester	WS Ritthem west	8.7	41	21	0.84	1.4	< 0.057	< 0.46	< 0.69	1.2	3294
Japanse oester	WS Ritthem oost	8.0	43	15	0.89	0.90	< 0.062	< 0.50	< 0.75	0.75	2081
Japanse oester	OS Schelphoek oost	8.9	47	7.8	0.54	0.73	< 0.056	< 0.45	< 0.68	0.53	2056
Japanse oester	OS Schelphoek west	11.6	43	13	0.40	1.0	< 0.043	< 0.35	< 0.52	0.63	2575
Japanse oester	OS Lokkersnol	8.1	59	2.0	0.51	0.71	< 0.061	< 0.49	< 0.74	0.45	1385
Japanse oester	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	7.5	42	1.6	0.36	0.71	< 0.067	< 0.54	< 0.80	0.63	1582
Japanse oester	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	11.0	45	2.8	0.38	0.62	< 0.046	< 0.36	< 0.55	0.48	1962
Japanse oester	OS Zuidhoek/De Val oost	7.8	50	2.4	0.40	0.74	< 0.064	< 0.51	< 0.77	0.78	1479
Japanse zakpijp	OS Schelphoek west	11.0	794	8.6	12	16	0.12	2.9	0.73	23	68
Japanse zakpijp	OS Schelphoek stortvak	10.5	617	14	32	11	0.12	3.8	< 0.57	17	70
Mosselzaad	WS Ritthem oost	15.3	76	25	5.6	4.9	0.089	< 0.26	< 0.39	7.0	110
Mossel	WS Ritthem west	12.7	19	17	3.4	1.4	0.092	< 0.32	< 0.47	1.5	131
Mossel	OS Schelphoek oost	17.3	12	5.3	1.9	1.3	< 0.029	< 0.23	< 0.35	0.89	75
Mossel	OS Lokkersnol	17.3	7.7	1.3	1.2	0.87	< 0.029	< 0.23	< 0.35	0.56	53
Mossel	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	14.1	10	2.2	2.7	1.1	< 0.035	< 2.79	< 0.43	0.72	83
Mosselzaad	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	16.5	8.0	2.3	1.3	0.72	< 0.030	< 1.97	< 0.36	0.51	65
Zeeanjelier	WS Ritthem west	16.4	48	2.4	6.8	2.6	0.066	< 0.24	< 0.37	2.2	279
Zeeanjelier	WS Ritthem oost	13.6	43	2.2	5.1	2.1	0.045	< 0.29	< 0.44	2.4	252
Zeeanjelier	OS Schelphoek oost	11.2	30	1.2	0.91	0.55	< 0.045	< 0.36	< 0.54	0.90	187
Zeeanjelier	OS Lokkersnol	8.8	57	1.1	1.3	0.73	< 0.057	< 0.45	< 0.68	1.4	189
Zeeanjelier	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	9.7	37	1.0	1.1	0.45	< 0.052	< 0.41	< 0.62	1.0	195
Zeeanjelier	OS Zuidhoek/De Val oost	10.1	45	0.97	0.57	0.50	< 0.050	< 0.40	< 0.60	1.4	201
Zeester	WS Ritthem west	17.8	9.0	1.9	0.55	0.67	0.028	< 2.40	< 0.34	0.47	177
Zeester	WS Ritthem oost	20.1	10	2.3	0.77	0.91	0.026	< 0.20	< 0.30	0.44	114
Zeester	OS Schelphoek west	19.2	66	1.28	1.35	5.2	0.032	< 2.18	< 0.31	0.80	311
Zeester	OS Schelphoek stortvak	23.9	13	0.50	1.22	0.61	0.040	< 1.34	< 0.25	0.47	245
Zeester	OS Schelphoek stortvak	21.6	10	0.52	0.69	0.61	0.039	< 0.18	< 0.28	0.25	233
Zeester	OS Lokkersnol	20.6	18	0.32	0.75	1.4	< 0.024	< 0.19	< 0.29	0.37	175
Zeester	OS Zuidhoek/de Val west/Kurkenol	21.0	22	0.26	0.62	0.60	< 0.024	< 0.19	< 0.29	0.37	168
Zeester	OS Zuidhoek/de Val/Zeelandbrug	21.1	14	0.65	0.48	1.84	< 0.024	< 2.03	< 0.28	0.62	156
Zeester	OS Zuidhoek/De Val oost	21.0	23	0.31	0.83	0.45	< 0.024	< 0.19	< 0.29	0.38	180

Bijlage B. Besluit Bodemkwaliteit – maximale emissiewaarden

Regeling Bodemkwaliteit - Bijlage A - Maximale samenstellings- en emissiewaarden bouwstoffen (behorende bij paragraaf 3.3)

Tabel 1. Maximale emissiewaarden anorganische parameters

Parameter	Vormgegeven (E64d in mg/m ²)	Niet-vormgegeven (mg/kg d.s.)	IBC-bouwstoffen (mg/kg d.s.)
antimoon (Sb)	8,7	0,16	0,7
arseen (As)	260	0,9	2
barium (Ba)	1.500	22	100
cadmium (Cd)	3,8	0,04	0,06
chrom (Cr)	120	0,63	7
kobalt (Co)	60	0,54	2,4
koper (Cu)	98	0,9	10
kwik (Hg)	1,4	0,02	0,08
lood (Pb)	400	2,3	8,3
molybdeen (Mo)	144	1	15
nikkel (Ni)	81	0,44	2,1
seleen (Se)	4,8	0,15	3
tin (Sn)	50	0,4	2,3
vanadium (V)	320 (1)	1,8 (1)	20
zink (Zn)	800	4,5	14
bromide (Br)	670 (2)	20 (2)	34
chloride (Cl)	110.000 (2)	616 (2)	8.800
fluoride (F)	2.500 (2)	55 (2)	1.500
sulfaat (SO ₄)	165.000 (2)	1.730 (2,3)	20.000

1 In afwijking van de in tabel 1 opgenomen maximale emissiewaarden, geldt bij toepassing van bouwstoffen in grote oppervlaktewater, zoals gedefinieerd in bijlage 0 bij deze regeling een maximale waarde voor vanadium van 460 mg/m² (vormgegeven) en 4,6 mg/kg droge stof (niet-vormgegeven).

2 In afwijking van de in tabel 1 opgenomen maximale emissiewaarden, gelden bij de toepassing van bouwstoffen op plaatsen waar een direct contact (mogelijk) is met zeewater of brak oppervlaktewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5.000 mg/l: a) geen maximale emissiewaarden voor chloride en bromide, en b) de in de tabel opgenomen maximale emissiewaarden voor fluoride en sulfaat vermenigvuldigd met een factor 4.

3 Voor een periode als opgenomen in artikel 5.1.9, tweede lid, geldt een maximale emissiewaarde van 2.430 mg/kg d.s.