

Potentiële effecten van staalslakken op het mariene milieu

1

In opdracht van Deltares



5.1.2.e

GiMaRIS
t t r e n
t n b e r
t e n g e r
r i n e
e s e a r c h
e n v e n t o r y
t r a t e g y

GiMaRIS rapport 2009.12

Datum:
oktober 2009

Rapport nr.:
GiMaRIS 2009.12

Titel:
Potentiële effecten van staalslakken op het mariene milieu

Omslag:
In de weefsels van rode baksteenanelmonen, *Diadumene cincta*, die op staalslakken groeien zijn tot 14 maal verhoogde concentraties aan zware metalen gevonden.

Auteurs:
5.1.2.e

Adres / opdrachtnemer:
GiMaRIS, Leiden BioScience Park
Niels Bohrweg 11-13
2333 CA Leiden

Opdrachtgever:
Deltares

Redacteur / Projectleider:
5.1.2.e

Adres:
P.O. Box 69
2600 AB Delft

Opmaak: 5.1.2.e

GiMaRIS is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit de toepassing van de gegevens in dit rapport. De opdrachtgever vrijwaart GiMaRIS voor aanspraken van derden in verband met de gegevens in dit rapport.

Inhoudsopgave

1.	Wat zijn staalslakken?	4
2.	Effecten van staalslakken op ecosystemen	4
2.1	Effecten op de ecologische waterkwaliteit	4
2.1.1	Effecten op de diversiteit aan soorten	4
2.1.2	Effecten op de soortensamenstelling	4
2.1.3	Effecten op de fitness van organismen	4
2.1.4	Effecten op de snelheid van begroeiing door organismen	5
2.2	Effecten op de chemische waterkwaliteit	5
2.2.1	Uitloging in zoet water	5
2.2.2	Uitloging in zout water	6
2.3	Overige effecten	6
2.3.1	Accumulatie van metalen in organismen	6
2.3.2	Onvoorspelbare effecten: onvolledig onderzoek in de Westerschelde	7
2.3.3	Onvoorspelbare effecten: Windturbinepark Thorntonbank	8
3.	Conclusie	8
4.	Dankwoord	8
5.	Literatuur	9

1. Wat zijn staalslakken?

De LD slak is het kunstmatige stollingsgesteente dat overblijft na de omzetting van fosforarm gietijzer in staal, volgens het Linz-Donawitz staalfrisproces (LD). De LD-slakken ontstaan bij het frissen (= oxideren van C, MN, Si en P) van het ruwijzer in de staalfabriek. Een dergelijke slak bestaat in hoofdzaak uit geoxideerde kalk en uit de oxiden van metalen die tijdens het proces uit het gesmolten ruwijzer zijn verwijderd. In drooggewicht is de samenstelling van LD slak als volgt: 53% calciumoxide, 20-25% ijzeroxide, 12% siliciumoxide, 4% mangaanoxide, 2% fosfaat, 1-1.5% aluminiumoxide en 1% magnesiumoxide. De slakken bevatten ook bepaalde hoeveelheden potentieel schadelijke stoffen, waaronder zware metalen (minder dan 0.5%): Arseen (As), Cadmium (Cd), Chroom (Cr_2O_3), Koper (CuO), Kwik (Hg), Lood (Pb), Nikkel (NiO), Zwavel (S en SO_4), Vanadium (V_2O_5), Molybdeen (MoO_3), Chloor (Cl) en Zink (Zn) (BMM, 2006).

Voor gebruik in zout water en in 'grote' wateren voldoen staalslakken aan de Nederlandse wet- en regelgeving (Nieuwsbrief Bouwstoffenbesluit, 2005; Wilde et al., 2002), aangezien zware metalen onder de toelaatbare concentraties zouden blijven bij uitloging. Of dit ook onder alle omstandigheden in zout water zo is, is echter voor staalslakken niet getest. Bij het gebruik in gebieden met veel stroming, zoals bij de waddendijkversterking in Vlieland, worden de uitgeloochte stoffen in ieder geval sterk verdund waardoor de potentiële effecten op de natuur worden verkleind (Prakken & van den Heuvel, 2008). Verder zijn de staalslakken van 20 jaar geleden niet volledig vergelijkbaar met die van nu. Zo steken de producenten van fosfor-, hoogovenslakken en LD staalslakkenmengsels tegenwoordig zeer veel energie in de interne kwaliteitsborging ten aanzien van de grondstoffen, hulpstoffen en het productieproces, waardoor de spreiding in de kwaliteit van de eindproducten aanzienlijk is beperkt (Wilde et al., 2002). Daardoor is de kwaliteit van verschillende staalslakken en de potentiële uitloging beter gecontroleerd en daarmee beter voorspelbaar.

2. Effecten van staalslakken op ecosystemen

2.1 Effecten op de ecologische waterkwaliteit

2.1.1 Effecten op de diversiteit aan soorten

De diversiteit aan soorten, die in zeewater op staalslakken wordt gevonden, is niet significant verschillend van die op breuksteen, en hoger dan die op fosforslakken en koperslakken (Jonkers, 1987) wordt aangetroffen. Hierbij wordt onder de diversiteit aan soorten het absolute aantal soorten verstaan. Op een zeebodem met staalslakken zal de diversiteit aan soorten in ieder geval hoger zijn dan op een zandbodem. Zo heeft de storting van twee miljoen ton staalslakken voor de kust van Thailand de mariene diversiteit in dit van oorsprong zandbodem gebied, zeer sterk doen stijgen (Chou et al., 2002). In zoetwater kunnen staalslakken een verhoging van de pH veroorzaken waardoor er een sterfte optreedt van alle organismen (Vries, 2008; zie ook paragraaf 2.2.1).

2.1.2 Effecten op de soortensamenstelling

De soortensamenstelling die in zeewater op staalslakken wordt gevonden is significant anders dan die op breuksteen of andere materialen. Vooral zakpijpen zijn in relatief grotere aantallen op staalslakken aanwezig volgens Jonkers (1987). Hierbij wordt onder soortensamenstelling de diversiteit aan soorten verstaan in combinatie met hun relatieve abundantie.

2.1.3 Effecten op de fitness van organismen

Jonkers (1987) en Leewis & ter Kuile (1985) geven aan dat zij tijdens hun studies naar de effecten van staalslakken op bentische mariene organismen geen aanwijzingen hebben gevonden dat staalslakken de fitness, waaronder bijvoorbeeld de groeisnelheid, van de organismen beïnvloeden. Hun onderzoeksopzet was echter niet

gericht op het beantwoorden van deze onderzoeksvraag. Het is bijvoorbeeld nog onduidelijk of organismen op staalslakken sneller of langzamer groeien dan organismen die op breuksteen gevestigd zijn.

2.1.4 Effecten op de snelheid van begroeiing door organismen

Staalslakken begroeien afhankelijk van de locatie even snel of zelfs sneller met organismen dan de meeste andere materialen die gebruikt worden om vooroevers te verstevigen (Jonkers, 1987; Kuile & Waardenburg, 1986). Zo begroeit de staalslak in het eulitoraal even snel als beton, maar sneller dan kalksteen, fosforslak, mangaanslak, asfaltbeton, Finse steen, basalt, mijnsteen, koperslak en asfalt. In het sub- en elitoraal begroeit staalslak echter minder snel dan beton, kalksteen en mangaanslak, even snel als Finse steen, fosforslak, basalt en mijnsteen, en sneller dan asfalt en koperslak (Kuile & Waardenburg, 1986). In een aquariumproef waarbij de begroeiing van voornamelijk de zakpijp *Molgula manhattensis* werd onderzocht, bleken de staalslakken alleen beter begroeid te zijn dan koperslakken, even sterk begroeid als fosforslakken en asfaltbeton, maar minder sterk

begroeid dan beton, kalksteen, mijnsteen, mangaanslak, Finse steen, basalt en asfalt (Kuile & Waardenburg, 1986). In conclusie is de relatieve mate van begroeiing van staalslakken afhankelijk van de locatie, maar kan gesteld worden dat staalslakken die zich permanent onderwater bevinden over het algemeen minder snel begroeien dan de meeste andere bouwmaterialen die getest werden, zoals bijvoorbeeld beton en kalksteen. Kuile & Waardenburg (1986) concluderen echter op basis van deze resultaten dat staalslakken en beton relatief gezien goed begroeid zijn. De relatief hoge begroeiingswaarden van staalslakken bij dit onderzoek zijn vooral gerelateerd aan de eulitorale zone en enkele algensoorten die zich op de andere bouwmaterialen niet of zeer beperkt wisten te vestigen zoals *Blidingia/Ulva* spp. en *Fucus* spp. Testen in Japan ondersteunen dit resultaat. Daar worden staalslakken verwerkt tot “marine blocks” waarmee kunstmatige mariene riffen worden gemaakt. Deze ‘marine blocks’ bleken in zee, vooral met algen, sneller begroeid te raken dan beton en granietblokken (Takahashi & Yabuta, 2002).

2.2 Effecten op de chemische waterkwaliteit

2.2.1 Uitloging in zoet water

In zowel Akkrum (2005), als Haarlemmermeer (2001), Hoogezand-Sappermeer (2005) en Hoorn (2005) heeft het gebruik van staalslakken voor grote ecologische en economische schade (Vries, 2008) gezorgd. Door het uitloging is de pH van het oppervlaktewater daar zo sterk gestegen (pH 12 tot 14 = vergelijkbaar met ongebluste kalk) dat alle vissen en andere organismen dood gingen. De kosten om dit probleem op te lossen zijn erg hoog geweest en zullen waarschijnlijk nog verder oplopen. Zo is in Akkrum een volledige sloot leeggepompt, en is de bodem uitgegraven en afgevoerd. Of dit het gehele probleem voor de langer termijn heeft opgelost is echter nog zeer de vraag en wordt momenteel onderzocht (Vries, 2008).

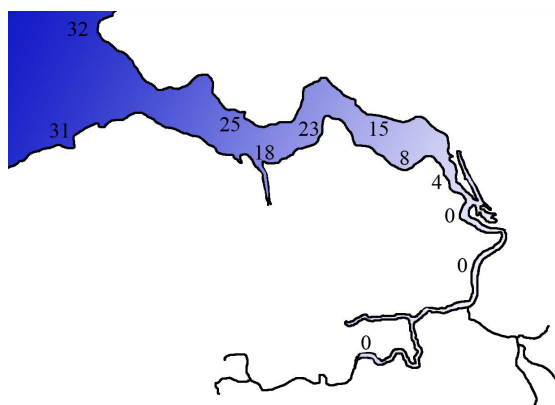


Fig. 1. Westerschelde. De vermelde saliniteits waarden in psu zijn gepubliceerde en ongepubliceerde historische metingen die een indicatie geven van de saliniteitsgradient in de Westerschelde. De werkelijke saliniteit in de Westerschelde is variabel en afhankelijk van o.a. getij, regenval, en het seizoen.

Het is in ieder geval duidelijk dat het gebruik van staalslakken in zoet water en dan vooral in kleine zoete wateren waar weinig stroming is, zeer schadelijk kan zijn voor de lokale flora en fauna.

De VROM-Inspecteur Reinder Auwema geeft in reactie op deze effecten volgens de Vries (2008) aan dat de ommissie in het Bouwstoffenbesluit al voordien bekend was. “Eerst was er een soort gentleman agreement. Ongesproken regel / advies bij bouwstoffen: Dat was een mondelinge afspraak dat er goed op de pH-waarde zou worden gelet, maar dat verzandde in de praktijk.”

2.2.2 Uitloging in zout water

Over de uitloging van staalslakken en de potentiële effecten op de pH in zout water is weinig bekend. Het is wel bekend dat uitloging minder sterk plaats vindt in zoet water. Tot op heden zijn er geen pH metingen gedaan van water vlak boven de bodem of in gaten in de bodem bij de locaties in de Westerschelde en Oosterschelde waar in het verleden staalslakken zijn gestort. Aangezien het zoutgehalte in de oosterlijke Westerschelde relatief laag is (Fig. 1), zijn hier meer effecten van de uitloging te verwachten dan in de westerlijke Westerschelde en in de Oosterschelde.

2.3 Overige effecten

2.3.1 Accumulatie van metalen in organismen

Zowel veldwerkexperimenten als aquariumproeven geven aan dat staalslakken in een grote verscheidenheid aan organismen tot tenminste 14 maal verhoogde concentraties aan potentieel schadelijke stoffen, waaronder zware metalen, kunnen veroorzaken in vergelijking tot organismen die op beton groeien (Jonkers, 1987). Dit betreft voornamelijk Fe, Mn en Cr concentraties (Figs 2-4) in organismen die zich vastgehechten aan staalslakken (Figs 5-7), zoals de zakpijp *Ascidia aspersa* (Fig. 5), de alg

Fucus vesiculosus (Fig. 6), en de zeeanemoon *Diadumene cincta* (Fig. 7).

Er zijn geen aanwijzingen in de literatuur dat deze verhoogde concentraties de fitness van deze organismen beïnvloeden. Dit is echter nooit specifiek onderzocht.

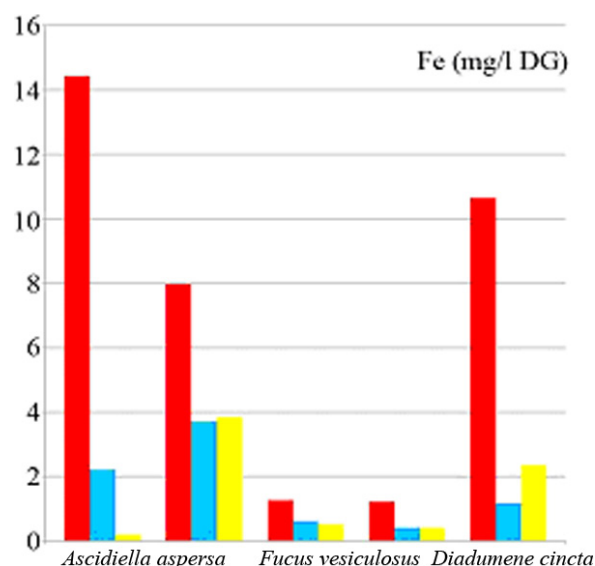


Fig. 2. Concentraties van Fe (mg/l drooggewicht) in organismen die respectievelijk op staalslakken (rood), fosforslakken (blauw), en beton (geel) zijn verzameld in de Oosterschelde (Jonkers, 1987).

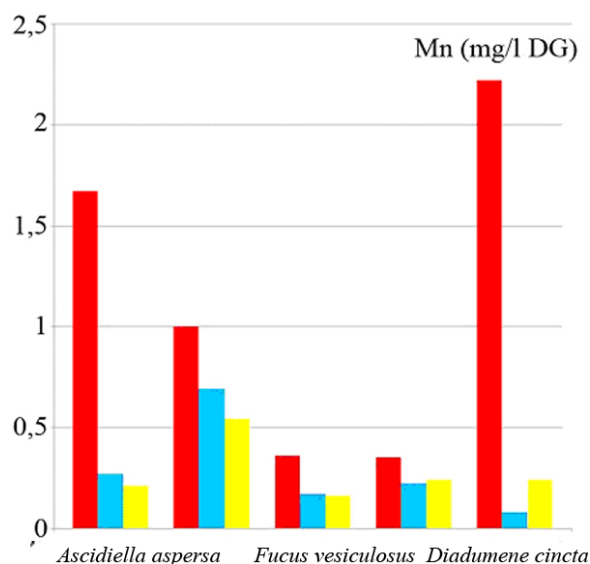


Fig. 3. Concentraties van Mn (mg/l drooggewicht) in organismen die respectievelijk op staalslakken (rood), fosforslakken (blauw), en beton (geel) zijn verzameld in de Oosterschelde (Jonkers, 1987).

2.3.2 Onvoorspelbare effecten: onvolledig onderzoek in de Westerschelde

Door allerlei ontwikkelingen in de markt worden bouwstoffen voor andere toepassingen aangeboden dan tot nu toe gebruikelijk is. Bij sommige bouwstoffen leidt dat tot effecten die voorheen niet optraden en mede daardoor ook niet zijn geregeld in het Bouwstoffenbesluit (Nieuwsbrief Bouwstoffenbesluit, 2005). Zo kan men op basis van de zorgplicht aansprakelijk worden gesteld voor nadelige effecten van een verhoogde pH door staalslakken hoewel het Bouwstoffenbesluit geen eisen stelt aan de pH van bouwstoffen.

Aangezien de effecten van staalslakken in zout water onvoldoende bekend werden geacht is door de rechter op aandringen van de Milieufederatie door bureau Waardenburg, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland Werkgroep CMG (Coördinatie Monitoring Geulwandverdedigingen) in 2000 een onderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn de effecten van de staalslakken die bij Bath en het Zuidergat in de Westerschelde werden gestort in 1999, op de sublitorale begroeiing onderzocht (Moorsel, 2000).

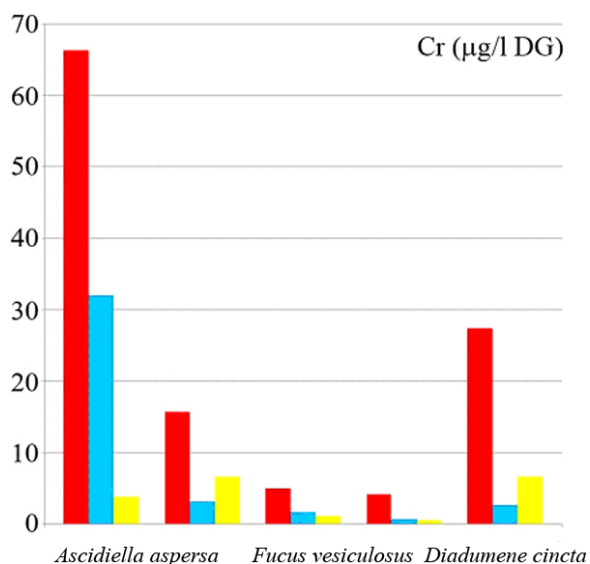


Fig. 4. Concentraties van Cr ($\mu\text{g/l}$ drooggewicht) in organismen die respectievelijk op staalslakken (rood), fosforslakken (blauw), en beton (geel) zijn verzameld in de Oosterschelde (Jonkers, 1987).



Fig. 5. De vuilwitte zakpijp *Ascidiella aspersa*.



Fig. 6. Blaaswier *Fucus vesiculosus*.



Fig. 7. De baksteenanemoon *Diadumene cincta*

Bij dit onderzoek werden metaalconcentraties in mosselen gevonden die een factor 40 (chrom) en 16 (nikkel) hoger waren dan in de controle locatie bij Hoedekerke Boei 4, midden in de Westerschelde, waar geen staalslakken aanwezig waren. Vergelijkbare waarden werden gevonden in oesters. Uit navraag door de auteur

van dit rapport (Moorsel, 2000) bij TNO-voeding die de metingen had uitgevoerd, bleek dat deze resultaten waarschijnlijk berusten op een vergissing in de verwerkingsprocedure. Moorsel (2000) citeert de reactie van TNO-Voeding als volgt “Het schelpdiervlees werd uit de schelp verwijderd met behulp van roestvrijstalen materiaal. Verwacht mag worden dat daaruit metalen afkomstig zijn, met name chroom en nikkel, die de monsters hebben verontreinigd. In hoeverre andere metaalgehalten door deze procedure verhoogd zijn is niet bekend, maar valt niet uit te sluiten”. Ondanks de foutief uitgevoerde procedure door TNO, werd dit onderzoek niet herhaalt, maar afgesloten door de opdrachtgever Rijkswaterstaat Directie Zeeland Werkgroep CMG, waardoor er geen verdere conclusies getrokken konden worden.

2.3.3 Onvoorspelbare effecten: Windturbinepark Thorntonbank

Zoals al eerder in dit rapport werd besproken is er veel onbekend over de effecten van staalslakken op het milieu in mariene ecosystemen. Vanwege deze onzekerheid is door het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, afdeling beheer van het mariene ecosysteem (BMM, 2006), verklaart dat het gebruik van metaalslakken in plaats van natuurlijke breuksteen voor erosiebescherming op de zeebodem bij het windmolenpark Thorntonbank op de Noordzee onaanvaardbaar is vanwege de risico's voor het milieu. Zo heeft de plaatsing van deze metaalslakken volgens het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, afdeling beheer van het mariene ecosysteem (BMM, 2006) twee onmiddellijke gevolgen:

1. Het totale gewicht van metaalslakken zou 618.000 ton bedragen (densiteit in bulk: 2 kg/dm³ - SIDMAR), waarvan circa 23.000 ton (4%) als mangaanoxide (dit is 19.000 ton mangaan) en iets minder dan 2.800 ton (0.5%) zware metalen. Dit omvat bijvoorbeeld 3 ton Cadmium (zonder te stellen dat dit cadmium zal worden uitgelooagd) hetgeen ongeveer overeenstemt

met het geschatte jaarlijkse transport in België van op land naar zee (OSPAR gegevens). Zo'n inbreng zou ingaan tegen de inspanningen die worden geleverd om het transport van zware metalen van land naar zee te beperken.

2. Zware metalen zoals cadmium, chroom, lood en kwik worden opgenomen en geaccumuleerd door tweekleppige weekdieren zoals bv. mosselen (*Mytilus edulis*). De aanwezigheid van deze toxische zware metalen in de metaalslakken kan verstrekkende implicaties hebben voor de kwaliteit van het mariene milieu in de zone van het concessiegebied en dus voor zijn geschiktheid voor de exploitatie van weekdieren. Bij ministerieel besluit van 7 oktober 2005 is heel het gebied “op en achter de Thorntonbank” aangeduid voor de productie van tweekleppige weekdieren, waarvoor strenge kwaliteitsnormen van toepassing zijn.”

De werkelijke impact van deze “onmiddellijke gevolgen” worden in het rapport Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM, 2006) echter niet met feiten en onderzoek onderbouwd.

Los van het missen van deze onderbouwing kan geconcludeerd worden dat het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen het potentiële risico groot acht dat staalslakken het mariene milieu, ook in grote wateren, ernstig kunnen schaden.

3. Conclusie

In conclusie is er in de literatuur erg weinig tot niets bekend over de effecten van staalslakken op het mariene milieu en daarbij de ecologische kwaliteit van het water. Zo is het duidelijk dat sessiele soorten planten en dieren die op staalslakken groeien verhoogde concentratie aan verschillende stoffen, waaronder zware metalen, in hun weefsels vertonen. Het is echter onduidelijk of dit een positief, negatief of neutraal effect heeft op de fitness ofwel de gezondheid van deze mariene planten en dieren.

4. Dankwoord

5.1.2.e, **5.1.2.e** en **5.1.2.e** worden bedankt voor de literatuur die zij hebben aangeleverd en hun waardevolle adviezen gedurende deze verkennende studie naar de potentiële effecten van staalslakken op het mariene milieu in de Oosterschelde en Westerschelde.

5. Literatuur

- BMM, 2006.** Aanvraag van de n.v. C-Power tot wijziging van de vergunning en machtiging voor het bouwen, inclusief de aanleg van kabels, en het exploiteren van een min 216 – max 300 MW farshore windenergiepark op de Thorntonbank. Bijlage 2: Milieueffectenbeoordeling. 44 pp. Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM); Afdeling beheer van het mariene ecosysteem; Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.
- Chou, W.-R., Tew, K.S. & L.-S. Fang, 2002.** Long-term monitoring of the demersal fish community in a steel-slag disposal area in the coastal waters of Kaohsiung, Taiwan. ICES Journal of Marine Science 59: S238-S242.
- Jonkers, D.A., 1987.** Opname van zware metalen uit en kolonisatie van ovenslakken en beton door bentische mariene organismen. Studentenverslag DGW-AOBB, Rijksuniversiteit Groningen, o.b.v. Dr. R.J. Leewis: 78 pp. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg.
- Kuile, C. ter & H.W. Waardenburg, 1986.** Kolonisatie van natuurlijke en enkele kunstmatige harde substraten door flora en fauna in de Oosterschelde. Bureau Waardenburg i.o.v. Hoodafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat: 1-57; 1-8 bijlagen.
- Leewis, R.J. & C. ter Kuile, 1985.** Ecotoxologische verkenningen m.b.t. erts- en staalslakken in waterstaatswerken. Vakblad voor Biologen 65: 43-49.
- Moorsel, G.W.N.M. van, 2000.** De sublitorale begroeiing van de geulwand-verdediging bij Bath en in het Zuidergat in de Westerschelde in 1999. Bureau Waardenburg bv 99.59: 48 pp.
- Nieuwsbrief Bouwstoffenbesluit, 2005.** Circulaire staalslakken in de maak. Nieuwsbrief Bouwstoffenbesluit 13: 1.
- Prakken, A. & C.A. van den Heuvel, 2008.** Evaluatie aanbrengen bestorting onderwaterbeloop Waddendijk Vlieland. 38 pp. Rijkswaterstaat Noord-Nederland.
- Takahashi, T. & K. Yabuta, 2002.** New applications for iron and steelmaking slag. NKK technical review 87: 38-44.
- Vries, M. de, 2008.** Schadelijke staalslakken duiken op in Akkrum. Vakblad Handhaving 2: 25-26.
- Wilde, P.G.M. de, Peekel, A.F. & S.E.J. Buykx, 2002.** Monitoring milieuhygiënische kwaliteit van bouwstoffen. RIVM rapport 771402028/2002: 261 pp.

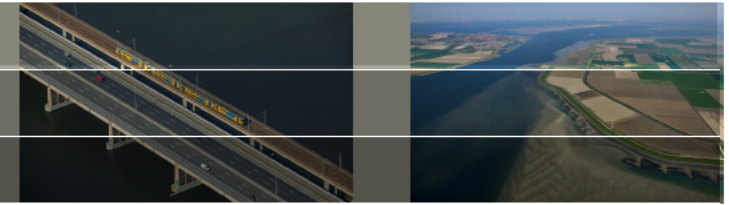


Studie naar de potentiële effecten van staalslakken op ecosysteem

5.1.2.e



Governance van Deltares

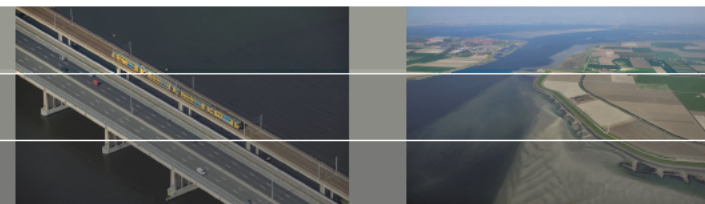


- Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor deltatechnologie.
 - > Economische activiteiten, toenemende bevolkingsaantallen, bodemdaling en de gevolgen van de klimaatverandering zorgen wereldwijd voor een toenemende druk op de leefbare ruimte in delta's, riviergebieden en kustgebieden
- We werken aan innovatieve oplossingen voor water-, ondergrond- en deltavraagstukken, die het leven in delta's, kust- en riviergebieden veilig, schoon en duurzaam maken.
- Maatschappelijke vraagsturing van thema's:
 1. Veiligheid (Veilig wonen in de delta)
 2. Gezonde Water- en Bodemsystemen (Gebieden met kwaliteit)
 3. Beschikbaarheid Water- en Bodemsystemen (Schaarse grondstoffen)
 4. Leven en bouwen in de Delta (Schaarse ruimte)
 5. Integrale gebiedsontwikkeling



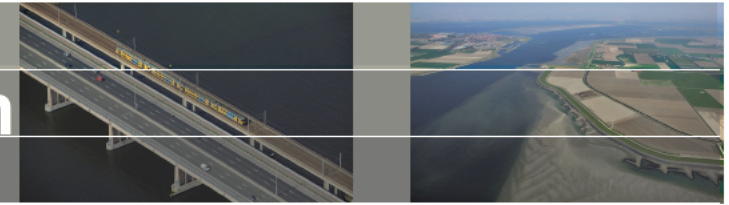
Deltares

Probleemstelling



- In het Oosterschelde worden bij de vooroeverversterking materialen staalslakken en breuksteen toegepast die voldoen aan het Besluit bodemkwaliteit (BBK).
- Door de fysisch-chemische eigenschappen van staalslak kan een tijdelijke, lokale verhoging van de pH van het oppervlaktewater optreden als gevolg van het uitspoelen van vrije kalk. Over de mate van uitloging en de daarop volgende potentiële effecten op soorten en ecosysteem bestaan nog kennisleemtes.

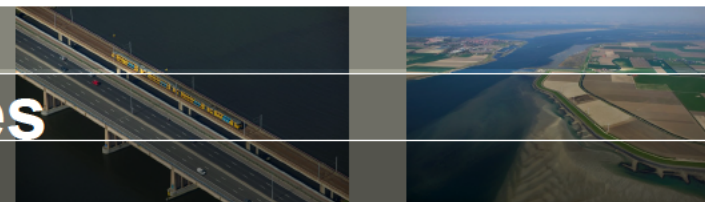
Achtergrond van staalslakken



- Samenstelling staatslakken ca.:
 - 5% calciumoxide
 - 25% ijzeroxide
 - 5% mangaanoxide
 - 1% aluminumoxide
 - 1% magesiumoxide
 - *Rest uitlopende verontreiniging zijn :*
 - vanadium, barium, arseen, cadmium, kwik, koper, lood, molybdeen en zink
 - Barium is toxisch maar slecht opneembaar voor organismen (Wittman, 1979). *Daphnia* 48 hour EC50=32 mg/L
 - Vanadium verbindingen zijn in het algemeen zeer toxisch (Rand 1995)(*Gasterosteus* 9-d LC50 10-65 mg/l
 - Cadmium, lood, nikkel en kwik zijn prioritaire stoffen binnen de Kaderrichtlijn Water (KRW), worden gemeten en aan getoetst
- Op grensvlak slak-water treedt diffusief transport naar oppervlaktewater op afhankelijk van de concentratie gradiënt.
- Uit onderzoek (ECN, 2001) blijken er verschillen tussen de interpretatie laboratorium uitloogexperimenten en de biobeschikbaarheid van stof veldcondities.



Geconstateerde kennisleemtes



- Bepaling van de potentiële risico's van uitloging van prioritaire stoffen (KRW) (zware metalen) op het ecosysteem.
 - Wat zijn de effecten op lange termijn van uitloging prioritaire stoffen op het epifauna
- Vaststelling van de mate van uitlogings eigenschappen van staalslakken, breuksteen zowel in veld als experimentele condities
 - Berekening netto omvang van de emissievracht van contaminanten naar het oppervlaktewater
- Ontwikkelen van biomonitoring programma op basis van T=0 (Deltares en IMARIS).

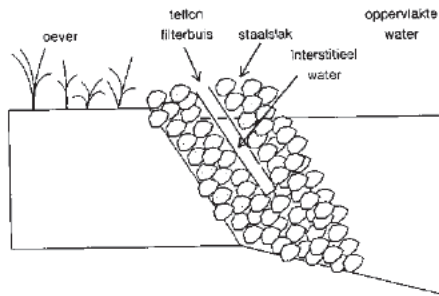
Effecten staalslakken op ecologische waterkwaliteit



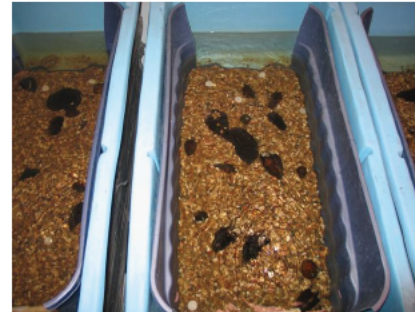
- Sterke corrosie van staalslakken in zout water.
- Hazard: chronische en acute effecten bij overbelasting [LD50: 7300 mg/kg (muis)]
- pH=ca 12 (afhankelijk van verdunning, afhankelijk van locatie).
- Hoogste gehalte metalen in zakpijp, Japanse oester voor cadmium, kobalt, molybdeen (IMARIS, 2009).
- Staalslakken binden organische verbindingen (Asaoka, 2009).
- Biodiversiteit en soortensamenstelling neemt toe bij toepassing staalslakken (Jonkers, 1987; Chou et al., 2002).
 - > Echter minder snel begroeiën dan beton en kalksteen (Kuile et al., 1986)
- Bij staalslak stortingen hoge concentraties, ijzer, chroom, koper en zink in biota (*M. galloprovincialis*) waargenomen (Kozanoglu et al., 1997).
- Bioaccumulatie van metalen aluminium, ijzer, mangaan, chroom en zink in biota (tunicata, molluscen, cnidaria) aangetoond (Jonkers, 1987, Kozanoglu et al., 1997).
- **Uitloging van metalen uit staalslakken en de potentiële effecten op mariene organismen in zout water is weinig bekend!**

Voorbeelden experimentele studies

•Proefopzet Fig A. Veldopstelling



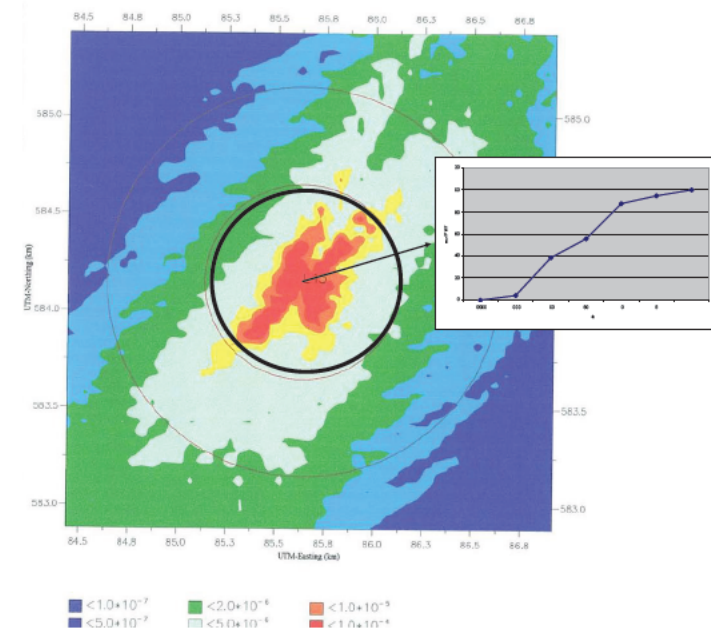
•Proefopzet Fig B. Mesocosm opstelling



•Proefopzet Fig C. *in situ* bioaccumulatie metingen



Proefopzet Fig D. Nieuwe wetenschappelijke inzichten kunnen optredende ecologische risico's in modellen vaststellen:





Vragen?

Deltares