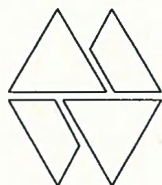


**De sublitorale begroeiing van de
geulwandverdediging bij Bath in de
Westerschelde in 1998**

G.W.N.M. van Moorsel & H.W. Waardenburg

De sublitorale begroeiing van de geulwandverdediging bij Bath in de Westerschelde in 1998

G.W.N.M. van Moorsel & H.W. Waardenburg



Bureau Waardenburg bv

Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849

e-mail wbb@buwa.nl website: www.buwa.nl

opdrachtgever: Rijkswaterstaat Directie Zeeland

12 februari 1999
rapport nr. 99.02

Status uitgave: eindrapport
Rapport nr.: 99.02
Datum uitgave: 12 februari 1999
Titel: De sublitorale begroeiing van de geulwandverdediging bij
Bath in de Westerschelde in 1998
Subtitel:
Samensteller/Samenstellers: Dr G.W.N.M. van Moorsel & H.W. Waardenburg

Aantal pagina's inclusief bijlagen: 40
Project nr.: 98.024
Projectleider: Dr. G.W.N.M. van Moorsel
Naam en adres opdrachtgever: Rijkswaterstaat Directie Zeeland Postbus 5014, 4330 KA
Middelburg
Referentie opdrachtgever: Orderbon nr. 578041/24 aug 1998
Akkoord voor uitgave: Directeur Bureau Waardenburg bv
drs. A.J.M. Meijer
Paraaf:

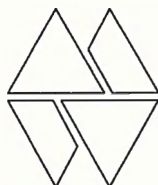


Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat Directie Zeeland

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitssysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001.



Bureau Waardenburg bv

Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849

e-mail wbb@buwa.nl website: www.buwa.nl

Voorwoord

De aanleiding tot deze studie wordt gevormd door de aanleg van geulwandverdedigingen in de Westerschelde.

Bij Rijkswaterstaat is de vraag ontstaan of deze geulwandverdedigingen begroeid raken met organismen en zo ja in hoeverre deze organismen stoffen opnemen die afkomstig zijn van het substraat waarop zij zich hebben gevestigd.

De opdracht werd verstrekt door Rijkswaterstaat Directie Zeeland Werkgroep CMG (Coördinatie Monitoring Geulwandverdedigingen) aan Bureau Waardenburg. Als contactpersoon trad daarbij op: G. Krijger

Het projectteam van Bureau Waardenburg bestond uit de volgende personen:

G.W.N.M. van Moorsel, Projectleider, veldwerk & rapportage

H.W. Waardenburg: veldwerk

R. Munts: determinaties

Het veldwerk werd uitgevoerd vanaf het onderzoekvaartuig "Delta" met als schipper J. Marijs. De meetleider van Rijkswaterstaat was K. van Belsen. Wij danken zowel de schipper en zijn bemanning als de meetleider en G. Krijger voor de geboden ondersteuning tijdens de veldwerkzaamheden.

Wij danken G. Krijger en A.J.M. Meijer voor commentaar op een eerdere versie van dit rapport.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Uitgangspunten	9
1.2 Doelstelling	9
2 Materiaal en methoden	11
2.1 Bemonstering	11
2.2 Opname methodiek	12
2.3 Analyse oesters.....	13
3 Resultaten & Discussie	15
3.1 Samenstelling substraat	15
3.2 Begroeiing substraat	15
3.3 Gehalten zware metalen en andere stoffen	17
3.3.1 Selectie monsters.....	17
3.3.2 Concentraties in oesters van Fosforslakken en Basalt	18
3.3.3 Concentraties in substraat	19
3.3.4 Vergelijking metaalgehalten in oesters met literatuur.....	21
4 Conclusies en aanbevelingen	25
4.1 Conclusies	25
4.2 Aanbevelingen	25
5 Literatuur	27

Bijlagen: 5

Samenvatting

In het najaar van 1998 werd de in 1997 aangelegde geulwandverdediging bij Bath bemonsterd.

Ondanks sterke fluctuaties in abiotische factoren en de mogelijke invloed van vervuiling bleek de geulwandverdediging ter plekke goed begroeid te zijn. De dominante organismen waren zeepokken en Japanse oesters. De levensgemeenschap bestond uit weinig soorten en was typerend voor een brakwatermilieu.

De bemonsterde substraten, te weten basalt en fosforslakken, verschilden niet qua begroeiing.

Het fluorgehalte van oesters afkomstig van fosforslakken was 11 maal zo hoog als in oesters die op basalt groeiden. Dit verschil hangt waarschijnlijk samen met het hoge fluorgehalte van fosforslakken.

De metaalgehalten van oesters verschilden niet veel tussen de beide substraattypen. Dit was ook niet te verwachten gezien de lage metaalgehalten in fosforslakken. In vergelijking met andere gebieden waren de metaalgehalten wel hoog. Met name Cadmium, Zink, Nikkel, Lood en waarschijnlijk ook Chroom vertonen extreem hoge waarden. Dit is hoogstwaarschijnlijk het gevolg van watervervuiling.

1 Inleiding

Op 17 januari 1995 werd het Verdrag inzake de verruiming van de Westerschelde ondertekend. Daarin is voorzien in de aanleg van ca. 20 km zogenaamde geulwandverdedigingen teneinde de buitenbochten van de hoofdgeulen van de Westerschelde tegen uitslijten te beschermen (De Jong & Van Kleef 1996).

Om de gevolgen van de aanwezigheid van geulwandverdedigingen op morfologische en ecologische aspecten te kunnen volgen dient onderzoek te worden uitgevoerd. Een onderdeel van deze werkzaamheden betreft de inventarisatie van de organismen op het harde substraat van de geulwandverdedigingen. Voorlopig gaan de gedachten uit naar het tweemaal inventariseren van de geulwandverdedigingen: in het najaar van het eerste jaar na aanleg en in het jaar daarna.

In oktober 1998 is de geulwandverdediging bij Bath voor het eerst aan bod gekomen. De monsterlocaties werden aangelegd tussen november 1996 en juni 1997. In deze studie worden de werkzaamheden en resultaten gerapporteerd, alsmede een beknopte interpretatie van de gevonden resultaten.

1.1 Uitgangspunten

In 1996 verrichtte Bureau Waardenburg al een oriënterende literatuurstudie naar de begroeiing met organismen van geulwandverdedigingen in de Westerschelde (Van Moorsel 1996).

De geulwandverdedigingen in de Westerschelde zijn in beginsel opgebouwd uit een drietal substraattypen: fosforslakken (40-200 mm), staalslakken (0-400 mm) en breuksteen (40-200 kg). Breuksteen is tot op -5 m NAP verwerkt in de geulwandverdediging. Daaronder liggen de staal- en fosforslakken aan het oppervlak (Bijlage 1).

Voor een gedetailleerd overzicht van de bestortingen zijn zg. bestortingskaarten beschikbaar. Als Bijlage 2 is bijgevoegd het deel van de bestortingskaart van de geulwandverdediging bij Bath waarbinnen de bemonsteringen zijn uitgevoerd. Bij Bath bleef de bestorting beperkt tot breuksteen en fosforslakken.

Bij Bath bedraagt het getijverschil maximaal ruim 6 m, het grootste getijverschil van Nederland. In de periode september-oktober 1998 varieert het hoogwater tussen +1,88 en +3,62 m t.o.v. NAP en het laagwater van -1,50 tot -2,69 m t.o.v. NAP (Getijtafels voor Nederland 1988). Dit betekent dat de breuksteenzone bij Bath tijdens laagwater gedeeltelijk droogvalt.

1.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het vinden van een antwoord op de volgende vragen:

- Zijn de gebruikte substraattypen van de geulwandverdediging geschikt als habitat voor hardsubstraatorganismen?

- Wat is het effect van mogelijke uitloging van de substraten op de organismen van het harde substraat?

De eerste vraag wordt beantwoord door te onderzoeken of organismen zich vestigen op de gebruikte substraattypen en zo ja in welke dichtheden. Daarbij wordt ook de soorten-samenstelling onderzocht.

Indien geen vestiging plaatsvindt bestaat in principe nog de mogelijkheid dat het substraat op zich nog wel geschikt is, maar dat de waterkwaliteit verantwoordelijk is voor het ontbreken van soorten. Dit zou best mogelijk kunnen zijn voor de Westerschelde ter hoogte van Bath omdat daar grote schommelingen in de saliniteit plaatsvinden (Bijlage 3) en er tevens een mogelijk effect is van vervuiling uit de Schelde. De aanwezigheid van organismen ter hoogte van Bath betekent dat de eerste vraag positief beantwoord kan worden. Dit biedt ook goede perspectieven om een dergelijk onderzoek voort te zetten op locaties die meer stroomafwaarts in de Westerschelde liggen.

De tweede vraag wordt deels beantwoord door in de organismen van de harde substraten de gehalten van metalen en andere stoffen te bepalen. Het is mogelijk dat deze verhoogd zijn door opname van stoffen die door uitloging uit de betreffende substraten vrijkomen.

Zo worden weekdieren zoals oesters gebruikt voor het monitoren van metalen in het milieu, door hun eigenschap om deze in hun lichaamweefsels te concentreren (bioconcentratie). Weefselconcentraties kunnen echter ook afhankelijk zijn van factoren zoals grootte (leeftijd), seizoen, reproductieve status en metabolische activiteit (Mouneyrac *et al.* 1998) en van genetische verschillen tussen populaties en individuen (Lytle & Lytle 1990). Door middel van controlemonsters, te weten organismen die afkomstig zijn van neutrale substraten uit hetzelfde gebied, wordt zo goed mogelijk voor het effect van dit soort factoren gecompenseerd. Daarnaast kunnen de gevonden resultaten worden vergeleken met waarden uit de literatuur.

Tabel 2.1. Geulwandverdediging bij Bath: monsterlocaties en substraat (type en aanlegdatum)

Locatie	1	2
	'oost'	'west'
Geografisch		
N	51°23,974'	51°23,878'
O	4°11,025'	4°10,793'
RDM		
N	379,540	379,350
O	71,170	70,900
Boven NAP -5,5	breuksteen 10-150 mm 15-3-'97 breuksteen 40-200 kg 3-6 & 19-6-'97	breuksteen 10-150 mm 13-3-'97 breuksteen 40-200 kg 21-5 & 13-6-'97
Onder NAP -5,5	fosforslakken 18-11 / 20-11-'96	breuksteen 10-150 mm 09-12 / 11-12-'96 lokaal fosforslakken 11-3-'97

De geselecteerde locaties zouden ter hoogte van daar aanwezige boeien liggen, maar ter plekke bleek dat de betreffende boeien niet op de aangegeven plaats lagen. De plaatsbepaling geschiedde met dGPS.

De fosforslakken konden worden herkend aan de hand van kleur (grijs) en geur van zwavelwaterstof die vrijkwam bij het breken van dit materiaal.

De bemonsteringen vonden plaats vanuit een rubberboot die bij de bemonsteringslocaties voor anker ging. De inspectie van de bodem en het verzamelen van materiaal vond plaats door een duiker. Een stand-by duiker bleef in de rubberboot. De duiker daalde af langs een lijn en deponeerde het te verzamelen materiaal in een stalen mand. Deze mand werd door de bemanning van de rubberboot omhoog gehaald. Vanwege het minimale onderwaterzicht maakte de duiker door betasting van de bodem tevens een schatting van de bedekking met hard substraat en de substraatgrootte.

2.2 Opname methodiek

Bij vergelijkbaar onderzoek in het kader van BIOMON (het programma van Rijkswaterstaat waarbij biologische monitoring van hard substraat wordt verricht) wordt door duikers onder water een schatting gemaakt van de bedekking van de verschillende flora en faunacomponenten, de zg. *Braun-Blanquet opnamen*. Daar waar het onderwaterzicht te slecht is om soorten voldoende te kunnen onderscheiden wordt substraat in de vorm van stenen en oesterschelpen verzameld om de opnamen boven water te maken.

Omdat het onderwaterzicht bij Bath minder dan 10 cm was, werd deze laatste methodiek werd in het kader van dit onderzoek toegepast.

De codering van de klassen die hierbij werd gehanteerd (Tabel 2.2) is afgeleid van die van de schaal van Braun-Blanquet (1964).

Tabel 2.2. Betekenis gehanteerde code Braun-Blanquet (B-B)

code BB	bedekkingspercentage %
r	< 0,05
+	0,05 - 0,5
1	0,5 - 5
2	5 - 25
3	25 - 50
4	50 - 75
5	75 - 100
°	bedekking niet bepaald / niet te bepalen

Bij een hoge bedekking door de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) lieten nogal wat individuen los van de ondergrond tijdens het verzamelen. Deze losse individuen werden meegerekend als bijdrage in de bedekking. Bij substraten waarbij slechts een deel boven het zachte substraat uitstak werd alleen de bedekking op dat deel geschat.

2.3 Analyse oesters

Het verzamelde materiaal werd binnen 24 uur na verzamelen ingevroren. Oestermonsters werden klaargemaakt door schelpen los te breken/beitelen van het substraat. Deze monsters werden aangeboden bij TNO Voeding ter analyse.

De geanalyseerde stoffen en analysemethodieken worden genoemd in Tabel 3.3.

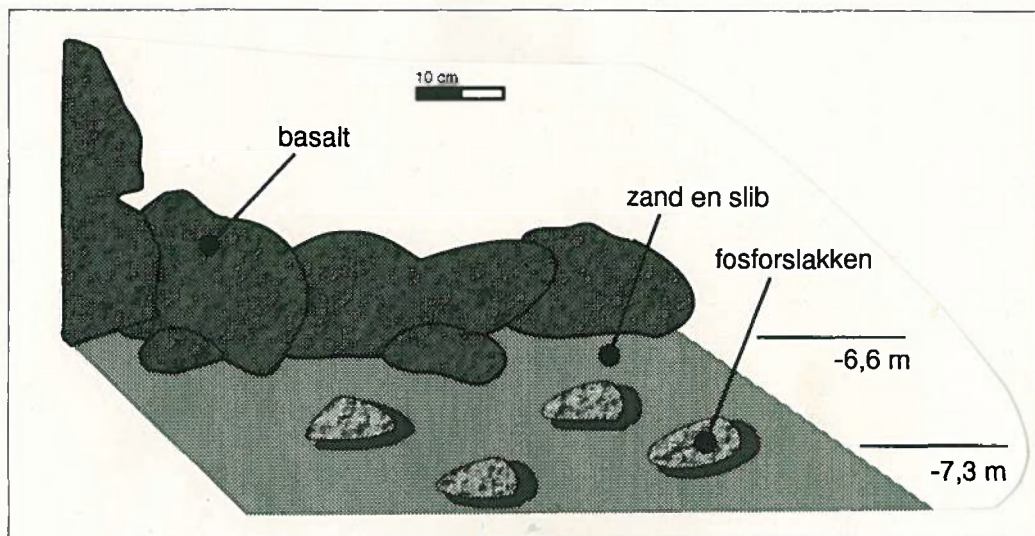


Fig. 2. Bath 1998. Impressie van de geulwandverdediging bij locatie 1 op een diepte tussen 6,5 en 7,5 m onder laagwater.

3 Resultaten & Discussie

3.1 Samenstelling substraat

De meeste monsters zijn verzameld tussen 6 en 8 m diepte onder de laagwaterlijn. Bij locatie 2 werd ook een grote steen uit de getijdenzone verzameld. Op locatie 1 was er op een diepte van ongeveer 7 m onder laagwater een overgang tussen grote breukstenen en een oppervlak dat grotendeels uit zacht substraat (zand en slib) bestond. Op dit slib lagen verspreid fosforlakken. Fig. 2 geeft een onderwaterimpressie van locatie 1.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de typen monsters die werden verzameld. De grote breuksteen (1a) was waarschijnlijk een van de grote stenen die in het bovendeel van de geulwandverdediging was gestort maar die daarna naar beneden is gerold.

Tabel 3.1. Bath, oktober 1998. Verzamelde monsters

locatie	monster	diepte	type substraat
1	a	6 m	grote breuksteen (basalt), waarschijnlijk afkomstig van de bovenrand van de geulwandverdediging.
1	b	8 m	fosforlakken (50-150 mm)
1	c	7 m	kleine breuksteen (basalt) ~120 -300 mm (op de overgang van breuksteen naar zacht substraat)
1	d	6 m	fosforlak (270 x 150 x 80 mm)
2	e	7,5 m	80-200 mm: 90% basalt & 10% fosforlakken
2	f	0 m	600 mm. breuksteen (basalt) uit de getijdenzone

3.2 Begroeiing substraat

De meeste substraten waren goed begroeid met organismen. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de organismen die op de substraten werden aangetroffen met hun bedekking. Zeepokken en Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) waren met een bedekingspercentage tussen de 50 en 75% de belangrijkste organismen.

Op locatie 1 valt op dat de Japanse oester ontbreekt op sommige fosforlakken (b) en kleine breuksteen (c). Op locatie 2 groeiden er wél oesters op beide substraattypen. De ligging van deze substraten op locatie 1, te weten vlak boven het zachte sediment, zou erop kunnen duiden dat deze ten tijde van de vestiging van de Japanse oesters niet beschikbaar waren omdat ze toen onder het sediment lagen. In een later stadium zouden ze door zandverplaatsingen daar weer uit te voorschijn zijn gekomen.

Tabel 3.2. Bath 1998. Begroeiing substraten geulwandverdediging.

locatie	1	1	1	1	2	2
monster	a	b	c	d	e	f
diepte onder LW (m)	6	8	7	6	7,5	0
substraat (Basalt/Fluor)	B	F	B	F	B (F)	B
Wormen						
Zeeduizendpoot						
<i>Nereis succinea</i>	+		+	+	+	
Tweekleppigen						
Japanse oester						
<i>Crassostrea gigas</i>	2			4	4	2
Mossel						
<i>Mytilus edulis</i>	+	+	+	+	+	
Kreeftachtigen						
Brakwaterpok						
<i>Balanus improvisus</i>	4	4	4	4	4	4
Manteldieren						
Zeiker						
<i>Molgula manhattensis</i>		+	+	+	+	r
aantal soorten	4	3	4	5	5	3
locatie		1			2	
Overige organismen						
Wormen						
<i>Polydora</i> sp.		o				
Krabben						
Strandkrab (<i>Carcinus maenas</i>)					o	
Vlokreeftjes						
<i>Corophium lacustre</i>		o				
<i>Corophium insidiosum</i>		o			o	
<i>Corophium volutator</i>					o	
<i>Corophium</i> sp.		o				
<i>Melita palmata</i>		o			o	
<i>Melita</i> sp.		o			o	
Mosdiertjes						
Zeevitrage (<i>Conopeum seurati</i>)		o			o	

Op de grote fosforslak die op 6 m werd gevonden (d) werden wél oesters gevonden. Dit duidt erop dat fosforslakken een geschikt substraat vormen voor de aanhechting van Japanse oesters.

Op locatie 2 waren zeepokken en oesters in gelijke dichtheden aanwezig op zowel breukstenen (basalt) als fosforslakken. De mossel (*Mytilus edulis*) was ook vrijwel altijd aanwezig, maar in een beduidend lagere bedekking.

Dat *Nereis succinea* op de fosforslakken ontbreekt komt waarschijnlijk door de gladde oppervlaktestructuur van deze slakken. Hierop blijft nauwelijks slib achter en het is juist dit fijne materiaal waarin *N. succinea* zich thuis voelt. Deze worm is eigenlijk geen soort die tot de typische harde substraat fauna gerekend mag worden.

Van de gevonden soorten is bekend dat ze onder brakwateromstandigheden kunnen voorkomen. De meeste soorten werden in het kader van BIOMON ook al bij Kruiningen - verder stroomafwaarts in de Westerschelde - gevonden (van Moorsel 1998). Als extra soorten werd nog een drietal typische brakwateramphipoden gevonden, te weten: *Melita* sp. *Corophium lacustre* en *Corophium insidiosum*.

In 1984 werd de locatie Zimmermanpolder, 3 km ten westen van de huidige locaties, bemonsterd (Waardenburg et al. 1984). Een belangrijk verschil met de huidige situatie vormt het destijds ontbreken van de Japanse oester, maar deze soort is pas sinds het begin van de jaren negentig algemeen geworden in de Westerschelde (Van Moorsel 1996).

3.3 Gehalten zware metalen en andere stoffen

3.3.1 Selectie monsters

De enige soorten die in voldoende hoge dichtheden voorkwamen om eventueel aan een analyse van zware metalen en andere stoffen onderworpen te worden waren zeepokken en Japanse oesters.

Zeepokken zijn relatief klein: de inhoud van kleine en grote zeepokken (*Balanus improvisus*) woog respectievelijk ongeveer 7 en 35 mg (natgewicht). Het is in de praktijk dan ook niet mogelijk om hiervan zoveel individuen te openen dat 70 g materiaal - minimum hoeveelheid voor analyses - beschikbaar is. Zeepokken zijn bovendien zodanig met het substraat vergroeid dat het vrijwel onmogelijk is de inhoud van deze organismen te verzamelen zonder dat vervuiling vanuit het substraat zelf optreedt.

Een groot deel van de verzamelde Japanse oesters bevond zich los in de monsters. Omdat deze oesters in beginsel van beide typen substraten afkomstig zouden kunnen zijn werden uitsluitend oesters ter analyse aangeboden die waren vastgehecht aan het substraat zelf (basalt of fosforslakken).

Van het op deze manier verzamelde materiaal was onvoldoende aanwezig om voor wat betreft fosforslakken per locatie een analyse te laten uitvoeren. In overleg met TNO Voeding werd dan ook besloten om het oestervlees dat afkomstig was van fosforslakken van locatie 1 en 2 bij elkaar te voegen. De oesters van basalt waren afkomstig van locatie 2.

Het directe contact tussen oester en substraat verloopt via de schelp. Oesters hebben daardoor het voordeel dat de weke delen goed geïsoleerd zijn van het substraat. Bij de analyse kunnen deze weke delen eenvoudig uit de schelp worden verwijderd zonder risico op vervuiling van het monster door achtergebleven substraatresten.

3.3.2 Concentraties in oesters van Fosforslakken en Basalt

In Tabel 3.3 staan de gehalten van de diverse stoffen die in oestervlees werden bepaald. Duplowaarden (Bijlage 4) bleken goed met elkaar in overeenstemming te zijn.

Tabel 3.3. Bath 1998. Gehalten van metalen en andere stoffen in vlees van de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) in µg per g natgewicht. Bepaling TNO Voeding. Voor duplowaarden zie Bijlage 4. Opvallend hoge waarden in fosforslakken zijn **vet** weergegeven.

		Basalt	Fosforslakken	Analysemethode
As	Arseen	0,2	0,3	hydride AAS*
Ba	Barium	0,5	0,8	grafietoven AAS
Cd	Cadmium	3	3	grafietoven AAS
Co	Kobalt	0,07	0,06	grafietoven AAS
Cr	Chroom	9	13	grafietoven AAS
Cu	Koper	30	34	vlam AAS
Hg	Kwik	0,03	0,035	koude damptechniek
Mo	Molybdeen	0,25	0,25	grafietoven AAS
Ni	Nikkel	7	9	grafietoven AAS
Pb	Lood	0,4	0,5	grafietoven AAS
Sb	Antimoon	0,03	0,04	hydride AAS
Se	Seleen	0,6	0,75	fluorimetrisch
Sn	Tin	0,02	0,07	grafietoven AAS
V	Vanadium	0,5	0,7	grafietoven AAS
Zn	Zink	520	575	vlam AAS
Br ⁻	Bromide	13,5	13,7	intern werkvoorschr. AMA/004
Cl ⁻	Chloride	4180	4440	intern werkvoorschr. AMA/004
CN ⁻	Cyanide	<0,1	<0,1	destillatie
F ⁻	Fluoride	0,75	8,3	intern werkvoorschr. AMA/004
NO ₃ ⁻	Nitraat	17,8	19,6	intern werkvoorschr. AMA/004
PO ₄ ³⁻	Fosfaat	378	491	intern werkvoorschr. AMA/004
SO ₄ ²⁻	Sulfaat	683	649	intern werkvoorschr. AMA/004

*AAS: Atomaire Absorptie Spectrometrie

IJzer Aluminium en Mangaan werden niet bepaald (Aanwezigheid van deze kleimineralen duidt op de opname van kleideeltjes).

Voor de meeste stoffen is er een goede overeenkomst tussen de gehalten in oesters afkomstig van basalt en van fosforslakken. Verhoogde gehalten bij fosforslakken worden vooral gevonden bij Fluoride (factor 11) en in mindere mate bij Tin (factor 3,5). Dat Fluoride zo hoog scoort hangt wellicht samen met het hoge Fluorgehalte van fosforslakken (§3.3.3). Voor Uranium kunnen verhoogde gehalten niet worden uitgesloten, maar dat metaal werd in oesters niet gemeten.

3.3.3 Concentraties in het substraat

Tabel 3.4 bevat een overzicht van de metaalgehalten in basalt en fosforslakken. Ter vergelijking is in Tabel 3.4 ook kalksteen opgevoerd. Hoewel basalt als controle werd beschouwd komen bepaalde metalen, zoals Chroom en Koper en Zink, daarin toch in relatief hoge concentraties voor. De gehalten in het substraat hebben overigens slechts een beperkte invloed op het milieu; minstens zo belangrijk is het om te weten hoeveel van deze stoffen per tijdseenheid in het betreffende milieu uitlogen.

Fosforslakken bevatten een hoog Fluorgehalte: van 14 tot 23 g/kg. In een overzicht van materialen die worden toegepast in oeververdedigingen (CUR 1994) wordt bij de milieuaspecten dan ook met name gewezen op de afgifte van Fluoride (Bijlage 5).

Daarnaast bevatten fosforslakken hoge gehalten aan fosfor en zwavel. Qua metalen wordt alleen een hoog Uraniumgehalte genoemd (Tabel 3.4). De radioactiviteit van fosforslakken ligt overigens in dezelfde orde van grootte als de natuurlijke achtergrondstraling (Jonkers 1987). In uitloogexperimenten (Van der Sloot *et al.* 1986) bleken fosforslakken nauwelijks meetbare hoeveelheden metalen af te geven.

De toepassing in zeewater wordt ingegeven doordat daarin minder fluor en uranium wordt afgegeven dan in zoet water (voor sulfaat en zink werd een opname vanuit zeewater in de slak gemeten). In aquaria met fosforslakken werd dan ook geen verhoging van metalen bij de Mossel (*Mytilus edulis*) gevonden (Jonkers 1987).

Het lag dan ook voor de hand dat oesters op fosforslakken geen verhoogde metaalgehalten zouden vertonen ten opzichte van oesters afkomstig van basalt.

Tabel 3.4 Samenstelling substraten (mg/kg)

	Kalksteen	Basalt	Fosforslak
Al	33600	79400	17800
Ca	304300	65000	335000
Cd		0,2	0,1
Cr	11	200	35
Cu	4	100	4,2
Fe	3500	90840	1020
Mn	387	1549	150
Ni	20	150	10
Pb	9	5	7
U	2,2	0,6	128
Zn	20	100	16
F	?	?	14000-23000

gegevens metalen: Jonkers (1987), Fluor: CUR (1994)

Intermezzo

Reactie van organismen op metalen

Essentiële zware metalen zoals IJzer, Kobalt, Koper, Mangaan en Zink kunnen in hogere organismen tot op zekere hoogte goed gereguleerd worden (Lood, Cadmiun en Kwik zijn voorbeelden van niet-essentiële metalen). Naast concentratieafhankelijke excretie kunnen metalen ook inter- dan wel intra-cellulair worden opgeslagen. De gehalten die in de organismen worden aangetroffen kunnen afhankelijk zijn van de concentratie, maar ook van de vorm waarin ze in het zeewater beschikbaar zijn. Zo maakt het nogal wat uit of de metalen al of niet gebonden zijn aan organische stof.

Beeby (1993) beschrijft de reactie van de Mossel (*Mytilus edulis*) op een toename van een metaalconcentratie zoals Koper in het milieu. Waarschijnlijk verloopt dit proces bij oesters vergelijkbaar.

In eerste instantie neemt de koperconcentratie in het bloed (de haemolymfe) toe. Als reactie begint de mossel in de cel metallothioneïnen (MTn) te produceren. Dit zijn eiwitten die bescherming bieden tegen metaaltoxiciteit, door metalen zoals Koper, Zink en Cadmium te binden. Als de koperconcentratie verder stijgt wordt er onvoldoende MT aangemaakt en ontstaan er vrije koperionen in de cel, die interfereren met de functie van allerlei eiwitten zoals enzymen. Via een aantasting van de lysosomen ontstaat er uiteindelijk een versnelde turnover van eiwitten. Dit kan zoveel energie vergen dat dit negatieve gevolgen heeft voor processen zoals groei en voortplanting.

Door de regulatiemechanismen zijn schelpdieren bij lage verontreinigingen minder geschikt als bio-indicator van met name de essentiële metalen. In sterk verontreinigde gebieden kunnen metaal-metaal interacties bovendien voor problemen zorgen (Jonkers 1987). Zo induceert Cadmium de productie van proteïnen die aan Koper binden. Een hoog Cadmiumgehalte kan zodoende leiden tot accumulatie van Koper (Lytle & Lytle 1990). Ook is aangetoond dat Cadmium en Kwik de plaats van Zink op het metallothioneïne in kunnen nemen (Mouneyrac *et al.* 1998).

Verdeling in de weefsels

Ferreira *et al.* (1990) onderzochten waar de verschillende metalen in de Portugese oester (*C. angulata*) terecht kwamen. Cadmium, Nikkel, Zink, Koper en Mangaan bleken sterk geassocieerd met de mantel en kieuwen en de accumulatie ervan leek sterk te worden beïnvloed door veranderingen in het metabolisme van de oester. De verdeling van Lood en Chroom daarentegen was sterk gerelateerd aan veranderingen in het milieu. Amiard & Berthet (1996) vonden de hoogste Koper en Zink concentraties in kieuwen en palpen. Cadmium en Lood waren sterker vertegenwoordigd in de viscerele massa.

3.3.4 Vergelijking metaalgehalten in oesters met literatuur

In Tabel 3.5 worden gegevens over metaalgehalten in de oesters in de Westerschelde vergeleken met literatuurgegevens. In de literatuur worden metaalconcentraties zowel aangegeven als $\mu\text{g/g}$ drooggewicht als als $\mu\text{g/g}$ natgewicht. Teneinde een goede vergelijking met literatuurwaarden mogelijk te maken werden in Tabel 3.5 alle waarden zo goed mogelijk omgezet naar gehalten op basis van drooggewicht.

Diverse publicaties bevatten metaalgehalten in oesters, waaronder ook de Japanse oester (*Crassostrea gigas*). Daarnaast zijn er gegevens over andere oestersoorten uit het geslacht *Crassostrea* zoals de Portugese oester (*Crassostrea angulata*)¹. Een andere soort die in gematigde wateren gedijt zoals langs de Atlantische kust van Noord Amerika is *Crassostrea virginica*. De reactie van deze soorten op metalen is waarschijnlijk vergelijkbaar.

De Kopergehalten in de oesters zijn niet extreem hoog, maar wel typisch voor vervuilde estuaria. In een (relatief) schoon controlegebied kan de koperconcentratie zeker tien keer lager zijn.

Opvallend is het hoge Zinkgehalte in de oesters, even hoog als de hoogste gehalten die elders in vervuilde estuaria worden gevonden.

De Cadmiumconcentratie is zelfs hoger dan de hoogste gehalten die elders worden aangetroffen. In het Intermezzo werd al ingegaan op de relatie tussen Cadmium en Zink. Het is waarschijnlijk dat de Cadmiumgehalten zó hoog zijn dat de oesters niet meer in staat zijn om hun Zinkgehalten goed te reguleren.

Ook voor Nikkel en Lood worden hoge gehalten gevonden ten opzichte van andere studies. Voor de overige metalen is het aantal onderzochte referenties te klein om daar goede uitspraken over te doen, maar met name Chroom is extreem veel hoger dan de waarden zoals vermeld in Lytle & Lytle (1990).

Hoewel basalt en fosforslakken geen extreem hoge metaalgehalten hebben bevatten de oesters voor een flink aantal metalen wel hoge concentraties. Dit is waarschijnlijk het gevolg zijn van opname uit de waterfase. Als zodanig vormen de oesters een afspiegeling van de vervuiling van de Westerschelde. Het effect van vervuiling op oesters maakt weliswaar geen deel uit van de vraagstelling, maar in het kader van het exploratieve karakter van deze studie is het toch nuttig hier meer over aan de weet te komen. Enerzijds om na te gaan welke metaalconcentraties nog door oesters wordt getolereerd. Anderzijds om de in 1998 gevonden waarden als referentie te kunnen gebruiken voor oesters die zich op metaalslakken hebben gevestigd. Metaalslakken werden in 1998 niet bemonsterd, maar kunnen elders in de Westerschelde wel deel uitmaken van de geulwandverdedigingen.

¹Er zijn sterke aanwijzingen dat het bij de Portugese en Japanse oester in feite om dezelfde soort gaat. Het zou bij *C. angulata* gaan om exemplaren die in vroeger tijden door de Portugezen uit Azië zouden zijn geïmporteerd terwijl *C. gigas* hier meer recent terecht is gekomen.

Tabel. 3.5. Gehaltes metalen in Oesters (*Crassostrea gigas* en *C. virginica*) en Mossel (*Mytilus edulis*). Vergelijking met literatuurgegevens

metaal	soort	locatie	concentratie µg/g dw	referentie	opmerking
Koper	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	480 - 425	deze studie	"black-foot" disease area 1986: 'Green oyster' incident vervuild estuarium controlegebied
		Putai, Taiwan	376	Han et al. 1997	
		Charting, Taiwan	4400	Lee et al. 1996	
		Charting, Taiwan	399	Lee et al. 1996	
		D.P. Wan, Taiwan	49	Lee et al. 1996	
		Marennes Fankrijk e.a.	150-290	RNO 1993	
		Gironde Fankrijk	~300 - ~2000	Mouneyrac et al. 1998	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Potomac, Chesapeake Bay	800	Daskalakis 1996	
		Pascagoula R. - Twin Island	176 - 95	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	227	Lytle & Lytle 1990	
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	5,7-18,4	Jonkers 1987	
Zink	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	8100 - 7350	deze studie	vervuild estuarium controlegebied
		Putai, Taiwan	615	Han et al. 1997	
		Charting, Taiwan	1271	Lee et al. 1996	
		D.P. Wan, Taiwan	531	Lee et al. 1996	
		Marennes Fankrijk e.a.	2400-2800	RNO 1993	
		Gironde Fankrijk	~1000--5000	Mouneyrac et al. 1998	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Potomac, Chesapeake Bay	8100	Daskalakis 1996	
		Pascagoula R. - Twin Island	5040 - 3650	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	2770	Lytle & Lytle 1990	
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	104-147	Jonkers 1987	
Cadmium	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	42 - 42	deze studie	vervuild estuarium controlegebied hoogste Cd conc. in Frankrijk
		Charting, Taiwan	1,4	Lee et al. 1997	
		D.P. Wan, Taiwan	1,0	Lee et al. 1998	
		Marennes Fankrijk e.a.	3-6,5	RNO 1993	
		Gironde Fankrijk	~7,5 - ~30	Mouneyrac et al. 1998	
		Potomac, Chesapeake Bay	10	Daskalakis 1996	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island	7,6 - 8,8	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	13	Lytle & Lytle 1990	
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	0,34-0,57	Jonkers 1987	
Nikkel	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	125 - 100	deze studie	vervuild estuarium controlegebied
		Charting, Taiwan	7,3	Lee et al. 1999	
		D.P. Wan, Taiwan	9,3	Lee et al. 2000	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Potomac, Chesapeake Bay	2,4	Daskalakis 1996	
		Pascagoula R. - Twin Island	23 - 30	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	10	Lytle & Lytle 1990	
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	4,1-17,0	Jonkers 1987	
Lood	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	7 - 5,5	deze studie	
		Marennes Fankrijk e.a.	1,5-1,8	RNO 1993	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Potomac, Chesapeake Bay	0,12	Daskalakis 1996	
		Pascagoula R. - Twin Island	40 - <4,4	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	<4,4	Lytle & Lytle 1990	
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	2,0-3,1	Jonkers 1987	
Chroom	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	185 - 125	deze studie	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island	<1,3 - <1,3	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	<1,3	Lytle & Lytle 1990	
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	0,3-3	Jonkers 1987	
Kobalt	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	0,8 - 1,0	deze studie	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island	<3,2 - <3,2	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	2,1	Lytle & Lytle 1990	
Kwik	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	0,5 - 0,4	deze studie	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island	<0,13 - <0,13	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	<0,13	Lytle & Lytle 1990	
Molybdeen	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	3,5 - 3,5	deze studie	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island	<1,9 - <1,9	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	<1,9	Lytle & Lytle 1990	
Vanadium	<i>Crassostrea gigas</i>	Westerschelde, Fosforslak - Basalt	10 - 7	deze studie	
	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island	<5,7 - <5,7	Lytle & Lytle 1990	
		St. Louis Bay	<5,7	Lytle & Lytle 1990	

Mangaan	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island St. Louis Bay	35 - 50 34	Lytle & Lytle 1990 Lytle & Lytle 1990
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	12-22	Jonkers 1987
Ijzer	<i>Crassostrea virginica</i>	Potomac, Chesapeake Bay	185	Daskalakis 1996
		Pascagoula R. - Twin Island	630 - 882	Lytle & Lytle 1990
		St. Louis Bay	340	Lytle & Lytle 1990
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	247-547	Jonkers 1987
Aluminium	<i>Crassostrea virginica</i>	Pascagoula R. - Twin Island	246 - 473	Lytle & Lytle 1990
		St. Louis Bay	82	Lytle & Lytle 1990
	<i>Mytilus edulis</i>	Kats, Oosterschelde	257-498	Jonkers 1987

Conversie natgewicht naar drooggewicht:

Lytle & Lytle 1990: DG = 15,8%

Mouneyrac et al. 1998: DG = 15,8%

Deze studie: DG = 7,1%

Gehaltes Mouneyrac et al 1998: onoplosbaar + opgelost, range uit Fig. 5

In het intermezzo (p. 20) wordt enige achtergrondinformatie gegeven over het mechanisme van metaalaccumulatie bij weekdieren. Voor wat betreft oesters wordt hieronder nadere informatie verschaft over accumulatie, relatie met de saliniteit en seizoenfluctuaties. Vanuit deze achtergrond kan vervolgens een vergelijking worden gemaakt van de gevonden metaalgehalten met die uit schelpdieren van andere locaties.

Accumulatie. Er zijn diverse aanwijzingen dat *C. gigas* relatief hoge metaalgehalten kan bevatten. Met name Koper en Zink worden vaak genoemd als de metalen waarvoor Oesters een uitgesproken voorkeur hebben om deze uit het water te accumuleren (Lytle & Lytle 1990). Rodriguez-Ariza *et al.* (1992) vonden aan de Spaans Atlantische kust concentraties die 5 - 20 maal hoger waren dan bij twee andere soorten tweekleppigen. Ook Han *et al.* (1997) vonden bij *C. gigas* de hoogste metaalgehalten. In vergelijking met andere weekdieren en platvissen was de Zinkconcentratie een factor 1,7 - 208 hoger en die van koper een factor 1,8-375.

Presley *et al.* (1990) onderzochten *C. virginica* langs de kust van de Golf van Mexico. Lokaal werden in de oesters verrijkingen van metalen gevonden en daarbij vielen interelement correlaties op: verhogingen die meestal bij drie of vier verschillende elementen tegelijk optraden. De combinatie die het meest optrad was een verhoging van Zilver, Cadmium, Koper en Zink. Overigens bleek er een slechte correlatie te zijn tussen de metaalgehalten in oesters en de gehalten in het sediment van de verzamellocaties.

Relatie met saliniteit. Koper en Zink worden geaccumuleerd in speciale cellen, de zg. amoebocyten. Amiard-Triquet *et al.* (1991) vonden onder brakke omstandigheden een verhoogd aantal amoebocyten en een relatief sterke accumulatie van Koper, Zink en Zilver in oesters (*C. gigas*). Recent hebben Mouneyrac *et al.* (1998) de negatieve relatie tussen zoutgehalte en zware metalen concentraties bevestigd. Zij stelden daarbij echter tevens vast dat deze relatie is terug te voeren op een lichaamsgrootte effect: In een brak milieu blijven oesters klein en kleine oesters hebben hogere gehalten zware metalen dan grote exemplaren.

Seizoenfluctuatie. Amiard & Berthet (1996) vonden dat de toename van het lichaamsgewicht tijdens het late najaar en vroege zomer gepaard ging met een afname van Cadmium-, Koper-, Zink- en Loodconcentratie.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

De geulwandverdedigingen bij Bath worden grotendeels bedekt door organismen, met name door de Brakwaterpok (*Balanus improvisus*) en de Japanse oester (*Crassostrea gigas*). De gemeenschap kan worden gekarakteriseerd als een typische brakwaterfauna.

Zowel kwalitatief als kwantitatief is er geen onderscheid in de bedekking door organismen tussen de verschillende onderzochte oeverbeschermingsmaterialen: breuksteen (basalt) en fosforslakken.

Oesters die afkomstig zijn van fosforslakken bevatten Fluorgehalten die 11 x hoger zijn dan Fluorgehalten in oesters van basalt. Gezien het hoge Fluorgehalte van fosforslakken ligt hier waarschijnlijk een oorzakelijk verband.

De oesters (*C. gigas*) bevatten (extreem) hoge metaalconcentraties met name Cadmium, Zink, Nikkel, Lood en waarschijnlijk ook Chroom. Het is zeer waarschijnlijk dat de regulatie van Zink grondig is verstoord door de hoge Cadmiumconcentratie. Aangezien de onderzochte substraten (fosforslakken en basalt) slechts een laag metaalgehalte hebben kan worden aangenomen dat de verhogingen in oesters veroorzaakt worden door vervuiling van de waterfase.

De methodische benadering van dit onderzoek is succesvol gebleken. Ondanks de extreme milieuomstandigheden bij Bath bleek daar een levensgemeenschap aanwezig te zijn die bemonsterd kon worden. Bovendien bevatte deze gemeenschap de Japanse oester, een soort die geschikt was voor de analyse van metalen en andere stoffen. Dit biedt goede perspectieven voor toekomstig onderzoek op meer westelijk gelegen locaties.

4.2 Aanbevelingen

Gezien de hoge Fluorconcentraties in oesters lijkt het nuttig om ook bepalingen van Fluoride in de waterfase van de Westerschelde te doen. Hoewel Uranium niet is gemeten verdient ook dit metaal de aandacht. Te denken valt aan bepaling van Uranium in organismen, maar ook aan Uranium in de waterfase in relatie tot het storten van fosforslakken.

Ter controle van de hypothese dat de hoge metaalgehalten in oesters het gevolg zijn van de vervuiling van de Westerschelde ligt het voor de hand om ook oesters te analyseren die afkomstig zijn van fosforslakken en basalt maar zich bevinden in een schone(re) omgeving. De Oosterschelde zou daarvoor model kunnen staan.

5 Literatuur

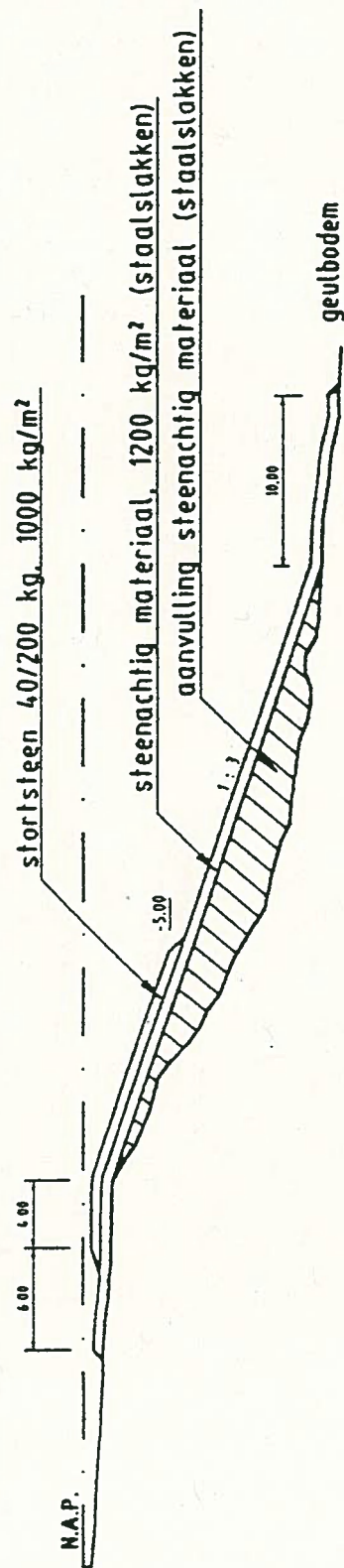
- Al, J.P. 1975. Onderzoek milieu-aspecten gebruik staalslakken voor oeververdediging. Rijkswaterstaat, Deltadienst, afd. Milieuonderzoek, nota 75-70
- Amiard-Triquet, C., B. Berthet, & R. Martoja 1991. Influence of salinity on trace metal (Cu, Zn, Ag) accumulation at the molecular, cellular and organism level in the oyster *Crassostrea gigas* Thunberg. Biol. Met. 4: 144-150
- Amiard, J.C. & B. Berthet 1996. Fluctuations of cadmium, copper, lead and zinc concentrations in field populations of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* in the Bay of Bourgneuf (Atlantic coast, France). Ann. Inst. Oceanogr. (Paris) 72 (2) 195-207
- Beeby, A.. 1993. Applying ecology. Chapman & Hall, London
- Daskalakis, K.D. 1996. Variability of metal concentrations in oyster tissue and implications to biomonitoring. Mar. Poll. Bull. 32 (11) 794-801
- De Jong, S.A. en A. van Kleef 1996. Ontwikkelingen in de Westerschelde prognose voor de komende 25 jaar. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, directie Zeeland/RIKZ Nota AX-96.009/NWL-96.14/RIKZ-96.006
- Dijkzeul, A. 1979. De afgifte van zware metalen en fluoride door diverse oeverbeschermingsmaterialen. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (Hoofdafdeling Oppervlaktewater) nota 79025
- CUR 1994. Rapport 168a Oeverbeschermingsmaterialen, Bijlage bij het handboek 'Natuurvriendelijke oevers', Rijkswaterstaat/DWW, CUR Gouda
- Ferreira, A.M., C. Cortes, O.G. Castro & C. Vale 1990. Accumulation of metals and organochlorines in tissues of the oyster *Crassostrea angulata* from the Sado Estuary, Portugal. Sci. Total Environm. 97-98: 627-39
- Han, B.C., W.L. Jeng, M.S. Jeng, L.T. Kao, P.J. Meng & Y.L. Huang 1997. Rock-shells (*Thais clavigera*) as an indicator of As, Cu, and Zn contamination on the Putai Coast of the black-foot disease area in Taiwan. Arch. Environm. Contam. Toxicol. 32: 456-461
- Jonkers, D.A. 1987. Opname van zware metalen uit en kolonisatie van ovenslakken en beton door bentische mariene organismen. RWS, Dienst Getijdewateren - AOBB
- Lee, C.L., H.Y. Chen & M.Y. Chuang 1996. Use of oyster, *Crassostrea gigas* and ambient water to assess metal pollution status of the Charting coastal area, Taiwan, after the 1986 green oyster incident. Chemosphere, 33 (12) 2505-2532
- Leewis, R.J. & C. ter Kuile 1985. Ecotoxicologische verkenningen m.b.t. ertsslakken in waterstaatswerken. Vakbl. Biol. 65 (13/14) 43-49
- Lytle, T.F. & J.S. Lytle 1990. Heavy metals in the Eastern oyster, *Crassostrea virginica*, of the Mississippi Sound. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 44: 142-148
- Mouneyrac, C., J.C. Amiard, C. Amiard-Triquet 1998. Effects of natural factors (salinity and body weight) on cadmium, copper, zinc and metallothionein-like protein levels in resident populations of oysters *Crassostrea gigas* from a polluted estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 162: 125-135
- Presley, B.J., R.J. Taylor & P.N. Boothe 1990. Trace metals in Gulf of Mexico oysters. Sci. Total Environm. 97-98: 551-593

- RIKZ, afd. Informatiesystemen 1995. Getijtafels voor Nederland 1996. Sdu Uitgeverij, Den Haag
- RNO 1993. Surveillance du milieu marin. Travaux de Réseau National d'observation. 1993 edn. IFREMER et Ministère de l'Environnement
- Rodriguez-Ariza, A., N.Abril, J.I. Navas, G. Dorado, J. Lopez-Barea & C. Pueyo 1992. Environm. Mol. Mutagen 19: 112-124
- Ter Kuile, C. & H.W. Waardenburg 1986. Kolonisatie van natuurlijke en enkele kunstmatige harde substraten door flora en fauna in de Oosterschelde. Bureau Waardenburg, Culemborg (86.06)
- Van der Sloot, H.A., J. Wijkstra & D. Hoede 1986. Milieutechnisch onderzoek aan fosforslak. SECN, contactrapp. ECN-86-37, pp 33
- Van Ellen, T., A.L. van der Kooij & C.L. van der Lugt 1992. Produktinfolbladen over oeverbeschermingsmaterialen. Rijkswaterstaat/DWW, DHV, MAO-R-92015
- Van Moorsel, G.W.N.M. 1996. De aangroei van geulwandverdedigingen in de Westerschelde - een oriënterende studie. Bureau Waardenburg, Culemborg rapp. 96.09
- Van Moorsel, G.W.N.M. 1998. Biomonitoring van levensgemeenschappen op sublitorale harde substraten in Grevelingenmeer, Oosterschelde, Veerse meer en Westerschelde. resultaten t/m 1997. Bureau Waardenburg, Culemborg rapp. 98.09
- Waardenburg, H.W., G.W.N.M. van Moorsel, A.J.M. Meijer & A.C. van Beek 1984. Vooronderzoek en onderzoeksvoorstellen levensgemeenschappen op hard substraat en visfauna van de Westerschelde. Bureau Waardenburg, Culemborg (84.04)

Bijlagen

- 1 Doorsnede geulwandverdediging
- 2 Bestortingskaart
- 3 Chloridegehalte Westerschelde
- 4 Basis gegevens TNO Voeding
- 5 Samenstelling breuksteen en fosforslakken

dwarsdoorsnede verdediging



Bijlage 1. Dwarsdoorsnede geulwandverdediging Westerschelde
Bron: Rijkswaterstaat Directie Zeeland afd. n.w.t. (blad nr. ZLNW 1995 1038)

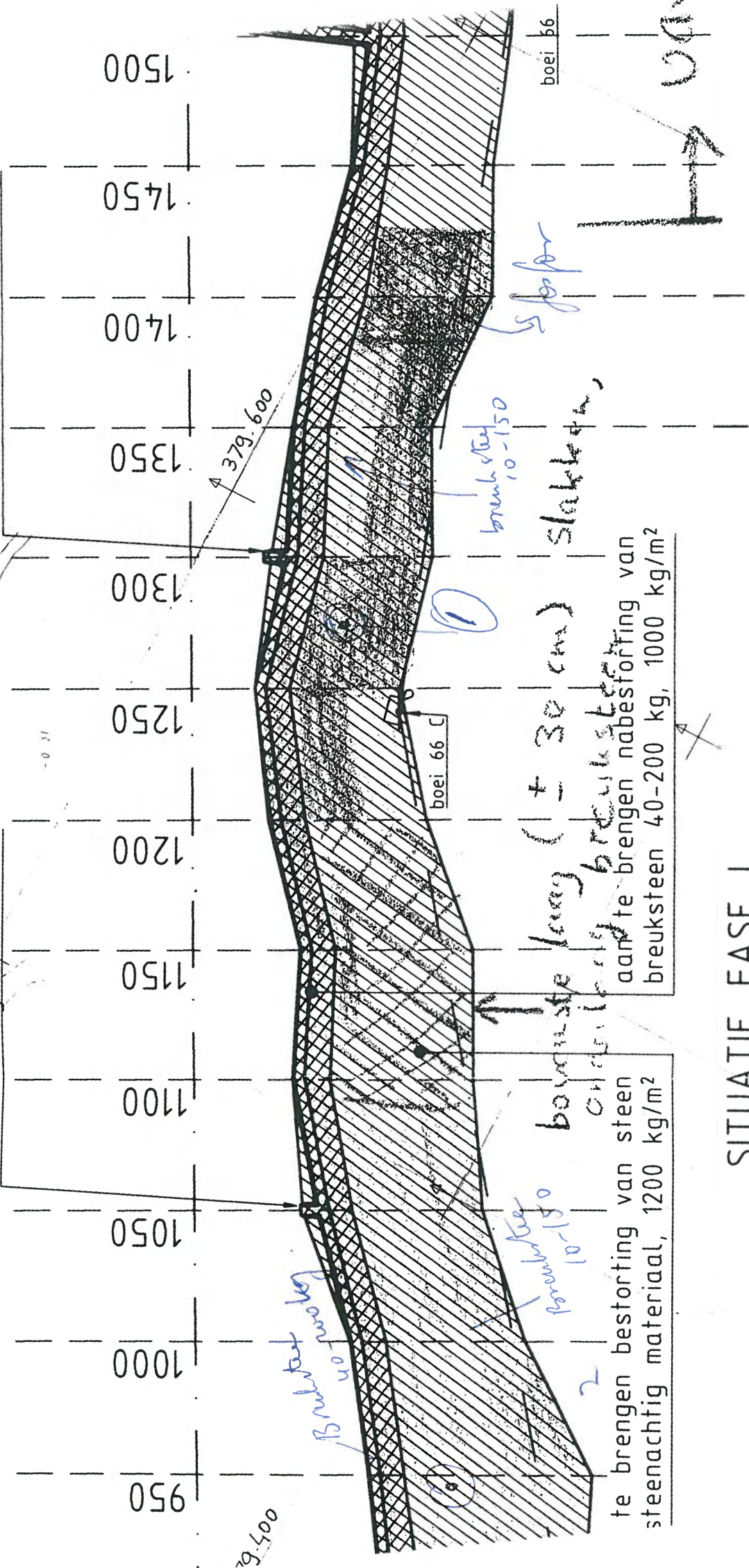


Byl. 2

50 mm

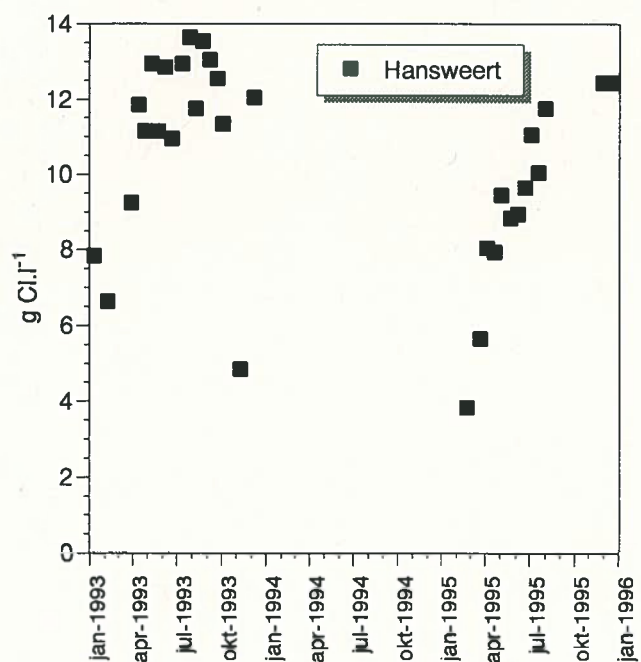
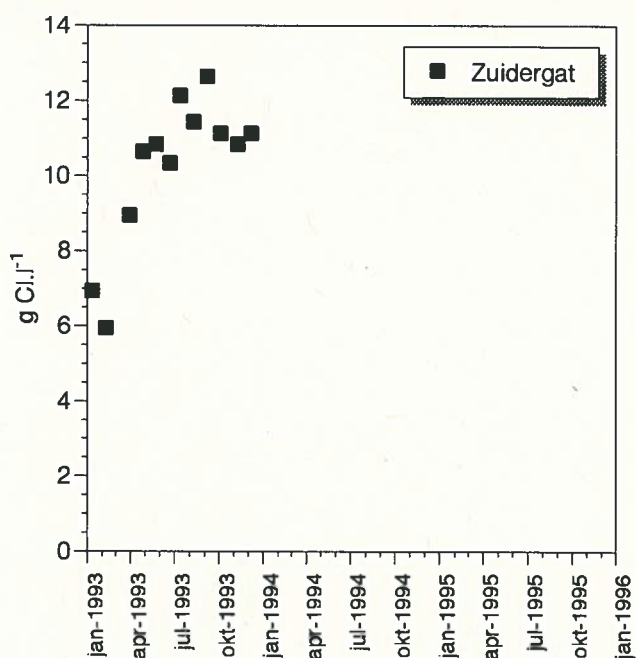
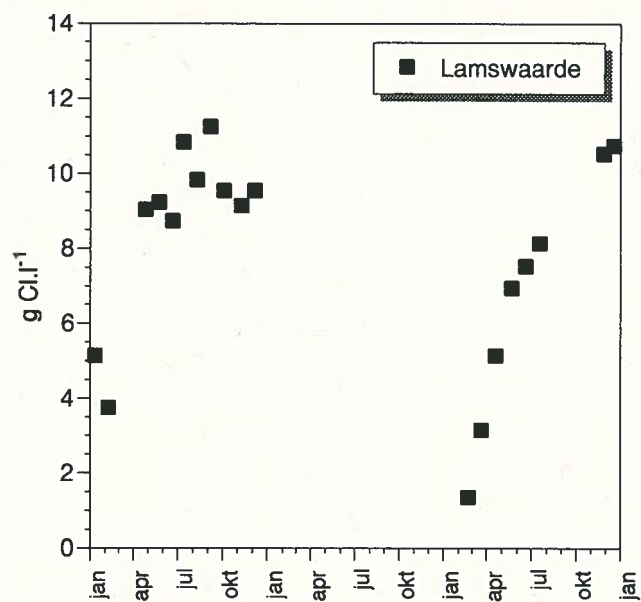
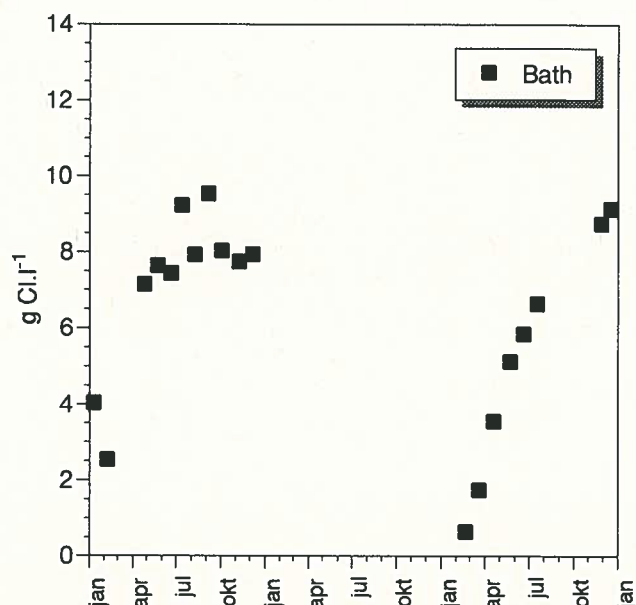
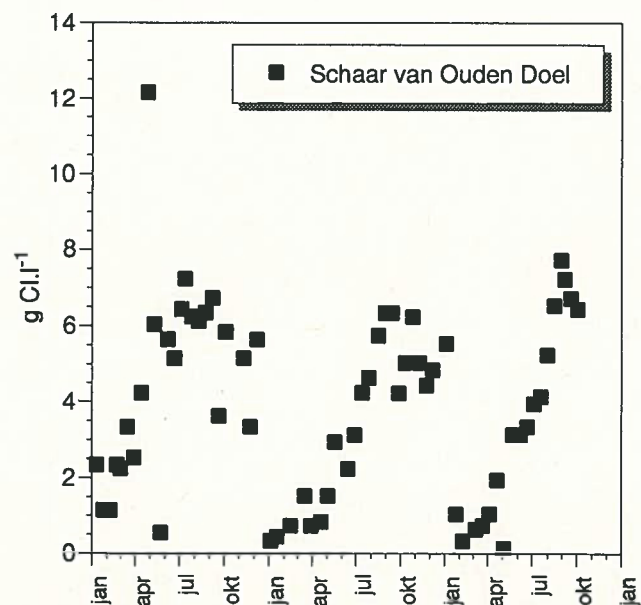
40-200 mm

aan te brengen dwarsdam



SITUATIE FASE I

schaal 1:2000



Bijlage 3. Zoutgehalte (g Cl/l) op een vijftal locaties in de Westerschelde van 1993 t/m 1995). Data Rijkswaterstaat.

Briefnummer: DAS 99-0234/MUT-inm.

Resultaten

Tabel 1 Tussen haakjes de afzonderlijke duplo waarden in nat product

Analyse	Oestervlees Fosforlakken	Oestervlees Basaltlakken
Vocht in %	92,9 (92,4 - 93,4)	92,9 (92,7 - 93,1)
Cyanide (CN ⁻) in mg/kg	< 0,1 (<0,1 - <0,1)	<0,1 (<0,1 - <0,1)
Fluoride (F ⁻) in mg/kg	8,3 (8,2 - 8,3)	0,75 (0,68 - 0,83)
Chloride (Cl ⁻) in g/kg	4,44 (4,48 - 4,40)	4,18 (4,21 - 4,15)
Bromide (Br ⁻) in mg/kg	13,7 (13,3 - 14,1)	13,5 (13,7 - 13,2)
Sulfaat (SO ₄ ²⁻) in mg/kg	683 (697 - 669)	649 (661 - 636)
Fosfaat (PO ₄ ³⁻) in mg/kg	491 (489 - 493)	378 (386 - 370)
Nitraat (NO ₃ ⁻) in mg/kg	19,6 (19,4 - 19,8)	16,8 (16,5 - 17,2)
Antimoon (Sb) in mg/kg	0,04 (0,03 - 0,05)	0,03 (0,03 - 0,03)
Arseen (As) in mg/kg	0,3 (0,27 - 0,28)	0,2 (0,22 - 0,23)
Barium (Ba) in mg/kg	0,8 (0,86 - 0,65)	0,5 (0,50 - 0,48)
Cadmium (Cd) in mg/kg	3 (3,5 - 2,9)	3 (2,8 - 3,0)
Chroom (Cr) in mg/kg	13 (12,8 - 13,4)	9 (9,8 - 8,8)
Cobalt (Co) in mg/kg	0,06 (0,06 - 0,06)	0,07 (0,07 - 0,06)
Koper (Cu) in mg/kg	34 (33,5 - 34,4)	30 (29,4 - 30,6)
Kwik (Hg) in mg/kg	0,035 (0,034 - 0,034)	0,03 (0,030 - 0,030)
Lood (Pb) in mg/kg	0,5 (0,44 - 0,49)	0,4 (0,36 - 0,37)
Molybdeen (Mo) in mg/kg	0,25 (0,25 - 0,23)	0,25 (0,27 - 0,23)
Nikkel (Ni) in mg/kg	9 (8,3 - 9,0)	7 (6,7 - 6,8)
Seleen (Se) in mg/kg	0,75 (0,75 - 0,74)	0,6 (0,60 - 0,55)
Tin (Sn) in mg/kg	0,07 (0,07 - 0,07)	0,02 (0,02 - 0,02)
Vanadium (V) in mg/kg	0,7 (0,7 - 0,7)	0,5 (0,5 - 0,5)
Zink (Zn) in mg/kg	575 (586 - 561)	520 (518 - 521)

Op uw verzoek kan bij de projectleider informatie over de meetnauwkeurigheid worden verkregen.

Behandeld door:

Goedgekeurd door:

Th. Muijs
Projectleider
Datum: 21 januari 1999
Doorkiesnummer: 030-6944578

Dr. F.J.J. Verhagen
Hoofd Afdeling Food and Non-Food Analysis
Divisie Analytical Sciences

TNO Voeding

Utrechtseweg 48
Postbus 360
3700 AJ Zeist

Telefoon 030 - 69 4 41 44
Telefax 030 - 69 6 26 73

Briefnummer: DAS 99-0234/MUT-inm.

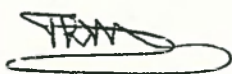
Resultaten

Tabel 2 Analyseresultaat berekend op de droge stof

Analyse	Oestervlees Fosforslakken	Oestervlees Basaltlakken
Cyanide (CN ⁻) in mg/kg	<1	<1
Fluoride (F ⁻) in mg/kg	117	11
Chloride (Cl ⁻) in g/kg	62,5	59
Bromide (Br ⁻) in mg/kg	195	190
Sulfaat (SO ₄ ²⁻) in mg/kg	9650	9150
Fosfaat (PO ₄ ³⁻) in mg/kg	6900	5300
Nitraat (NO ₃ ⁻) in mg/kg	275	235
Antimoon (Sb) in mg/kg	0,55	0,4
Arseen (As) in mg/kg	4	3
Barium (Ba) in mg/kg	11	7
Cadmium (Cd) in mg/kg	42	42
Chroom (Cr) in mg/kg	185	125
Cobalt (Co) in mg/kg	0,8	1,0
Koper (Cu) in mg/kg	480	425
Kwik (Hg) in mg/kg	0,5	0,4
Lood (Pb) in mg/kg	7	5,5
Molybdeen (Mo) in mg/kg	3,5	3,5
Nikkel (Ni) in mg/kg	125	100
Seleen (Se) in mg/kg	10,5	8,5
Tin (Sn) in mg/kg	1,0	0,3
Vanadium (V) in mg/kg	10	7
Zink (Zn) in mg/kg	8100	7350

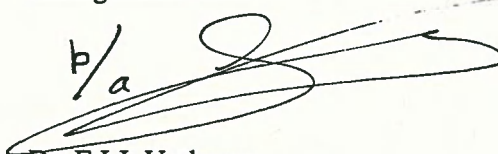
Op uw verzoek kan bij de projectleider informatie over de meetnauwkeurigheid worden verkregen.

Behandeld door:



Th. Muijs
Projectleider
Datum: 21 januari 1999
Doorkiesnummer: 030-6944578

Goedgekeurd door:



Dr. F.J.J. Verhagen
Hoofd Afdeling Food and Non-Food Analysis
Divisie Analytical Sciences

Bijlage 5

Gegevens betreffende materialen die worden toegepast in geulwandverdedigingen uit: CUR 1994.

De referenties staan in het onderstaande overzicht

- 13 CUR, C.R.O.W. en NNI 1992. Definities en toepassingen van steenachtige bouwstoffen. Stand van Zaken. CUR-rapport 92-11, Gouda
- 16 C.R.O.W. 1990. Standaard RAW bepalingen. Ede
- 23 Leewis, R.J. & C. ter Kuile 1985. Ecotoxicologische verkenningen met betrekking tot erts-slakken in waterstaatswerken. Vakbl. Biol. 65 (13/14) 43-49
- 28 Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer 1991. Definities, toepassingsgebieden en milieuhygiënische aspecten van bouwstoffen. Publicatiereeks bodembescherming (1991/1)
- 29 Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer 1991. Samenstelling en uitloging van bouwstoffen. Publicatiereeks bodembescherming (1991/3)
- 32 Nederlandse vereniging Kust- en Oeverwerken 1983. Handboek oeverbeschermingsconstructies.
- 36 Rijkswaterstaat 1990. Suppletiebestand, versie november 1990.
- 37 Jonkers, D.A. 1987. Opname van zware metalen uit en kolonisatie van ovenslakken en beton door bentische mariene organismen. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren - AOB
- 60 Technische adviescommissie voor de Waterkeringen 1988. Leidraad keuzemethodiek dijk- en oeverbekledingen. TAW, VNC, VBW-Asfalt Delft
- 66 Meijer, A.J.M. 1991. Aangroei en ontwikkeling van levensgemeenschappen op aangepaste en nieuw aangelegde dijk-glooiingen in de getijdezone van de Oosterschelde (resultaten inventarisatie 1988 t/m 1990). Bureau Waardenburg, Culemborg

BREUKSTEEN

Definitie

Breuksteen (groevesteen) is gebroken natuursteen die grover is dan 32 mm.

Nadere informatie

Verschillende soorten natuursteen worden aangeboden als breuksteen. Dit zijn gewoonlijk basalt, graniet, syeniet, zandsteen, kwartsiet, diabaas, grauwacke en kalksteen. Natuursteen wordt in diverse Europese landen gewonnen.

Voor breuksteen worden een aantal (standaard) sorteringen onderscheiden:

- > fijne sorteringen 30/80 mm, 40/100 mm, 50/150 mm en 80/200 mm;
- > lichte sorteringen 5-40 kg, 10-60 kg, 40-200 kg en 60-300 kg;
- > zware sorteringen 300-1000 kg, 1000-3000 kg, 3000-6000 kg en 6000-10.000 kg.

Aan afmetingen, massa en vorm van de breuksteen worden voor de verschillende sorteringen eisen gesteld NEN 5180 'Breuksteen: Termen, definities, eisen en keuringen'.

Toepassingsgebied

Breuksteen kan in de waterbouw in diverse constructies worden toegepast:

- > als kernmateriaal in dammen en drempels;
- > als toplaag voor dammen en drempels;
- > als toplaag voor oeverbeschermingen;
- > in open funderingslagen;
- > in hulpkaden;
- > in filterlagen;
- > als beschermingsmateriaal tegen het uitschuren van vooroevers;
- > als ballastmateriaal op zink- en kraagstukken.

Breuksteen wordt voornamelijk op en onder de waterlijn toegepast al of niet in combinatie met een zink- en kraagstuk. Boven de waterlijn toegepast geeft het een moeilijk begaanbaar talud dat gevoelig is voor schade door recreanten.

Constructieve aspecten

Toegepast als bestortingslaag op zand of klei is meestal een filterconstructie nodig. Ongelijke zettingen worden goed gevolgd.

Materiaalkundige aspecten

- > Dichtheid: gewoonlijk 2600-3000 kg/m³.
- > Vorm: onregelmatig, soms iets plat, bij basalt soms zuilvorm.
- > Afmetingen: sorteringen tot nominaal ca. 15.000 kg stukgewicht, een aantal sorteringen zijn standaard.
- > Sterkte statisch: druksterkte gewoonlijk 150-400 N/mm².
- > Sterkte dynamisch: dynamische verbrijzelingswaarde gewoonlijk 10-25%.
- > Elasticiteitsmodulus: $E_{stat} = 2 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^4$ N/mm²; $E_{dyn}/E_{stat} = 1,0-1,5$.
- > Interne wrijvingshoek: $\phi < 45^\circ$.
- > Duurzaamheid: zeer groot.

Kwaliteitseisen en keuringsvoorschriften zijn opgenomen in een aantal normbladen NEN 5180 t/m 5188.

Milieu-aspecten

Winning van natuursteen resulteert in landschappelijke en ecologische aantasting van het herkomstgebied. Herinrichting kan nieuwe waarden ontwikkelen.

In breuksteen kunnen zich van nature verontreinigende stoffen bevinden, waaronder zware metalen (Cd). Relatief weinig stoffen logen echter uit.

BREUKSTEEN

De losse, onregelmatig gevormde stenen zijn bepalend voor het oeverbeeld; vanwege de karakteristieke kleur is een dergelijke bekleding landschappelijk vaak goed in te passen. Op den duur kan begroeiing gaan domineren.

Ecologische aspecten

Begroeiing tussen breuksteen is mogelijk met riet en andere oeverplanten. De doorgroeibaarheid kan worden beperkt door de aanwezigheid van een onderliggende filterlaag. Indien de open ruimtes op en tussen de stenen dichtslibben, kan dit als substraat dienen voor diverse oeverplanten. De holtes en onregelmatigheden in een gestorte oever van breuksteen bieden geschikte leefgebieden voor met name diverse soorten macrofauna. Als vast substraat (blokken > 300 mm) is het in een oever in zout water essentieel voor een specifieke begroeiing van wieren.

Uitvoering en onderhoud

De grote verschillen in soort en formaat breuksteen maken verschillende storttechnieken noodzakelijk. Lichtere sorteringen kunnen met poliepgrijpers, steenstorters of splijtbakken worden gestort. Zeer zware breuksteen dient met behulp van bijvoorbeeld een kraan op zijn plaats te worden gebracht.

Conclusies voor gebruik in oevers

Breuksteen is een goed bruikbaar materiaal, hoewel de winning (tijdelijk) negatieve milieu-effecten met zich meebrengt. Het materiaal biedt na dichtslibben redelijke mogelijkheden voor natuurontwikkeling. In zout water is het een geschikt substraat voor kenmerkende organismen.

Bepalingen

Standaard RAW Bepalingen 1990 [16] en Suppletiebestand Rijkswaterstaat [36].

NEN 5180 Breuksteen - Termen, definities, eisen en keuring.

NEN 5181 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Bepaling van de korrelverdeling.

NEN 5182 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Bepaling van de massaverdeling.

NEN 5183 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Bepaling van het gehalte aan steenstukken met een verhouding tussen dikte en lengte kleiner dan 1:3.

NEN 5184 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Bepaling van de bestandheid tegen vorst- en dooiwisselingen.

NEN 5185 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Bepaling van de dynamische verbrijselingswaarden.

NEN 5186 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Bepaling van de dichtheid van steenstukken met een volume van tenminste 50 ml.

NEN 5187 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Bepaling van de wateropneming bij atmosferische druk.

NEN 5188 Breuksteen en vergelijkbare steenmaterialen - Aantonen van zonnebrand in basalt.

Literatuur

[13][16][32][36][60][66]

FOSFORSLAK

Definitie

Fosforslak is een slak die vrijkomt bij de elektro-thermische ontsluiting van fosfor uit fosfaaterts.

Nadere informatie

Bij het productieproces van fosfor wordt het fosfaaterts (calciumfosfaat) samen met grind en cokes verhit tot ongeveer 1500 °C. Daarbij komen fosfor en koolmonoxyde gasvormig vrij en ontstaat er een vloeibaar calciumsilicaat, de slak. De vloeibare slak wordt in slakkenbedden uitgegoten en dan aan de lucht of met behulp van water afgekoeld. De wijze van afkoeling heeft invloed op de porositeit van de slak. Normaal gesproken wordt de slak in de bedden met water besproeid om de afkoeling te bespoedigen; hierdoor ontstaan ook krimpscheuren die het breken van de slak vergemakkelijken. De gestolde slak wordt vervolgens opgebroken en in een breek-zeefinstallatie gebroken en gezeefd tot een gewenste korrelverdeling. De meest gangbare sortering, die voor de waterbouw wordt geleverd, is 40/160 mm.

Toepassingsgebied

Fosforslakken kunnen in oevers voor diverse constructies worden toegepast:

- > als toplaag (40/160 mm);
- > in filterlagen (fijnere sorteringen);
- > als kernmateriaal bij dammen en drempels;
- > als beschermingsmateriaal tegen het uitschuren van vooroevers.

Constructieve aspecten

Zie BREUKSTEEN

Materiaalkundige aspecten

- > Dichtheid: ongeveer 2700 kg/m³.
- > Vorm: hoekig, kubisch, $d/l > 0,50$, $d/l < 1/3$ max. 10%.
- > Korrelverdeling: tout venant (0/400 mm), 0/40 mm, 40/160 mm, op aanvraag tot nominaal 200 mm.
- > Sterkte: druksterkte 20-30 N/mm², dynamische verbrijzelingswaarde: ca. 25%.
- > Elasticiteitsmodulus: ongebonden vergelijkbaar met breuksteen, licht gebonden (0/40 met slakkenzand) $E = \pm 1000 \text{ N/mm}^2$.
- > Wrijvingseigenschappen: vergelijkbaar met breuksteen.
- > Duurzaamheid: goed.

Milieu-aspecten

Fosforslak is een restprodukt. Voor de beoordeling van de milieu-hygiënische kwaliteit is het uitlooggedrag van een aantal relevante stoffen bepaald. Fosfor heeft gezien de concentraties, geen substantiële bijdrage aan eutrofiëring. Uranium veroorzaakt een geringe bijdrage aan de achtergrondconcentraties. De afgifte van F (samenstelling: 14000-23000 mg/kg uitloging/kolomtest: 20-40 mg/kg) en SO₄ (samenstelling: 10000-13000 mg/kg uitloging/kolomtest: 2350-800 mg/kg) kan echter dermate verontreinigend zijn dat er bij toepassing rekening mee gehouden dient te worden. Toepassing vindt om deze reden alleen plaats in zeewater of groot stromend oppervlaktewater. Voor de bepaling van het uitlooggedrag zijn gestandaardiseerde laboratoriumproeven ontwikkeld (NVN 2508).

Ecologische aspecten

Fosforslakken zijn in zoetwatersystemen nauwelijks begroeibaar. In de praktijk is in een zout milieu na een aanvankelijke toename een plotselinge afname waargenomen. Indien de open ruimtes tussen de slakken dichtslibben, kan dit vooral boven de waterlijn als substraat dienen voor diverse planten, zoals oeversoorten en ruigtekruiden. Een onderliggende filterlaag kan de begroeiing

FOSFORSLAK

beperken. Fosforslakken bieden enige vestigingsmogelijkheden voor macrofauna, zoals waterpokken.

Uitvoering en onderhoud

Onderhoud door middel van bijstorten. Zie BREUKSTEEN.

Conclusies voor gebruik in oevers

Fosforslak dient vanwege uitloging van verontreinigende stoffen, zeer terughoudend toegepast te worden in zoet water. Mogelijkheden voor natuurontwikkeling zijn beperkt.

Bepalingen

Standaard RAW Bepalingen 1990 [33] en Suppletiebestand Rijkswaterstaat [49].

NVN 2508 Verbrandingsprodukten van vaste brandstoffen - Bepaling van de uitloog karakteristieken kolenreststoffen.

Literatuur

[13][16][23][28][29][36][37][66]