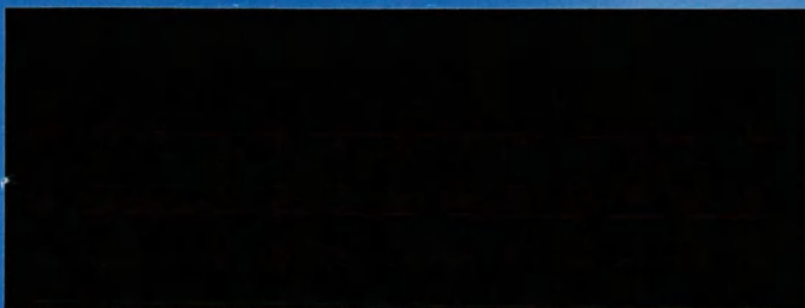


DI 192615

TNO-rapport / TNO report



Nederlandse Organisatie
voor toegepast-
natuurwetenschappelijk
onderzoek / Netherlands
Organisation for Applied
Scientific Research

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Bibliotheek (Den Haag)

C-3912 712



VERTROUWELIJK

Business Park E.T.V.
Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7500 AH Apeldoorn

TNO-rapport

www.mep.tno.nl

R 2001/494

T 055 549 34 93

F 055 549 32 01

info@mep.tno.nl

PUNAISE*3

**Lange –termijn effecten op de bodemfauna
van een tijdelijke zandwin/overslagput in de
kustzone ter hoogte van Heemskerk (NH)**

Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Bibliotheek (Den Haag)

Datum	1 november 2001
Auteurs	J.A. van Dalfsen W.E. Lewis
Projectnummer	32495
Trefwoorden	Benthos, zandwinning, zandsuppletie
Bestemd voor	Dr. K. Essink Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

C-3912 712

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

In juni 2001 is voor de Hollandse kust een bodembemonstering uitgevoerd ter hoogte van Heemskerk. De bemonstering is uitgevoerd in het kader van onderzoek naar lange-termijn effecten van bodemverstoring op de bodemfauna. Het onderzoek is een voortzetting van het Punaise*2 project dat heeft plaatsgevonden in de periode 1996-1998 naar de directe schade en het herstel van de bodemfauna na het gebruik van een tijdelijke zandwin/overslagput.

De resultaten van het onderzoek in 2001 laten duidelijk zien dat er een algeheel herstel is opgetreden in het gebied waarin de tijdelijke zandwin/overslagput zich bevond in de periode september 1996 – februari 1997. Zowel de dichtheid als de biomassa van de bodemfauna verschilt niet meer tussen het putgebied en het daar omheen liggende referentiegebied. Ook de bodemfaunasamenstelling in beide gebieden is niet verschillend.

Naast het wegvallen van de verschillen tussen het putgebied en het referentiegebied vertoont de bodemfaunagemeenschap in 2001 grote overeenkomst met die in de uitgangssituatie van mei 1996, voordat de werkzaamheden met de zgn. “Punaise” werden uitgevoerd. Er is een toename geconstateerd in de dichtheid en biomassa aan schelpdieren sinds de voorlaatste bemonstering in april 1998. Deze toename heeft plaatsgevonden zowel in het voormalige putgebied als in het referentiegebied en wordt dan ook gezien als een natuurlijke ontwikkeling, onafhankelijk van de vroegere zandwin/overslag-werkzaamheden in het gebied.

Geconcludeerd wordt dat de sedimentstructuur in de bovenste centimeters van het gebied zich hersteld heeft binnen een periode van circa één jaar en dat een algeheel herstel van de bodemfauna is opgetreden binnen een periode van vier jaar.

Inhoud

Samenvatting	2
1. Inleiding	4
2. Materiaal en Methode	6
2.1 Onderzoeksgebied.....	6
2.2 Bemonsteringsmethode.....	7
2.3 Analyse van de sedimentmonsters.....	9
2.4 Statistische data analyse	9
3. Resultaten.....	10
3.1 Bathymetrie.....	10
3.2 Sediment	10
3.2.1 Korrelgrootteverdeling	10
3.2.2 Sedimentsamenstelling.....	11
3.3 Biologische parameters.....	13
3.3.1 Soortenaantal	13
3.3.2 Soortensamenstelling.....	13
3.3.3 Dichtheid	15
3.3.4 Biomassa	17
3.3.5 Populatiestructuur.....	19
4. Discussie	22
4.1 Bodem (morfologie en sediment)	22
4.2 Bodemfauna.....	22
5. Conclusies	24
6. Literatuur.....	26
7. Verantwoording	28
 Bijlage 1 Coördinaten, diepte t.o.v NAP en abiotische parameters van de monsterstations in juni 2001	
 Bijlage 2 Lodingsgegevens van het onderzoeksgebied bij Heemskerk. Verschilkaarten: 1996-2001 (a); 1998-2001 (b)	
 Bijlage 3 Overzicht van aangetroffen soorten tijdens het Punaise-2 en het Punaise 3 onderzoek (mei 1996 - juni 2001)	
 Bijlage 4 Aantal individuen per monster (juni 2001)	
 Bijlage 5 Biomassa per monster (juni 2001)	

1. Inleiding

In het Noordzeebeleid, onder andere in de 5^e Nota Ruimtelijke Ordening, is aangegeven dat bij de huidige en toekomstige activiteiten in de Noordzee rekening gehouden moet worden met de aanwezige natuurkwaliteiten, waarbij menselijk ingrijpen zo min mogelijk mag leiden tot onomkeerbare gevolgen en waarbij de draagkracht van het natuurlijk systeem niet te boven wordt gegaan.

In het kader van de kustverdediging zal ook in de toekomst een regelmatig menselijk ingrijpen langs de Nederlandse kust noodzakelijk zijn. De ecologische effecten hiervan moeten op voorhand worden afgewogen, waarbij in het verleden uitgevoerd onderzoek een basis zal zijn voor de te verwachten effecten en periode van herstel. In Nederland is slechts sporadisch gedurende een langere periode (meer dan 3 jaar) onderzoek verricht naar de “lange termijn” effecten op de bodemfauna van ingrepen in de zeebodem. Dientengevolge ontbreekt het aan gebiedseigen informatie over de lange-termijn effecten van menselijk ingrijpen op de Noordzeebodem. Op basis van de resultaten van in Nederland uitgevoerd “korte-termijn”onderzoek en van internationaal onderzoek (Van Moorsel 1994, Kenny & Rees 1996, Van Dalfsen & Essink 1997, Van Dalfsen 1998, Van Dalfsen *et al.* 1999, Van Dalfsen *et al.* 2000) wordt afgeleid dat voor het Noordzeegebied herstelperioden moeten worden aangehouden van 2-10 jaar. Met het oog op een toename in het gebruik van de Noordzee en van de zeebodem is het gewenst meer informatie te hebben over de eventuele ecologische gevolgen van menselijk ingrijpen om op basis hiervan een nauwkeuriger inschatting te kunnen maken van de verwachte periode van herstel.

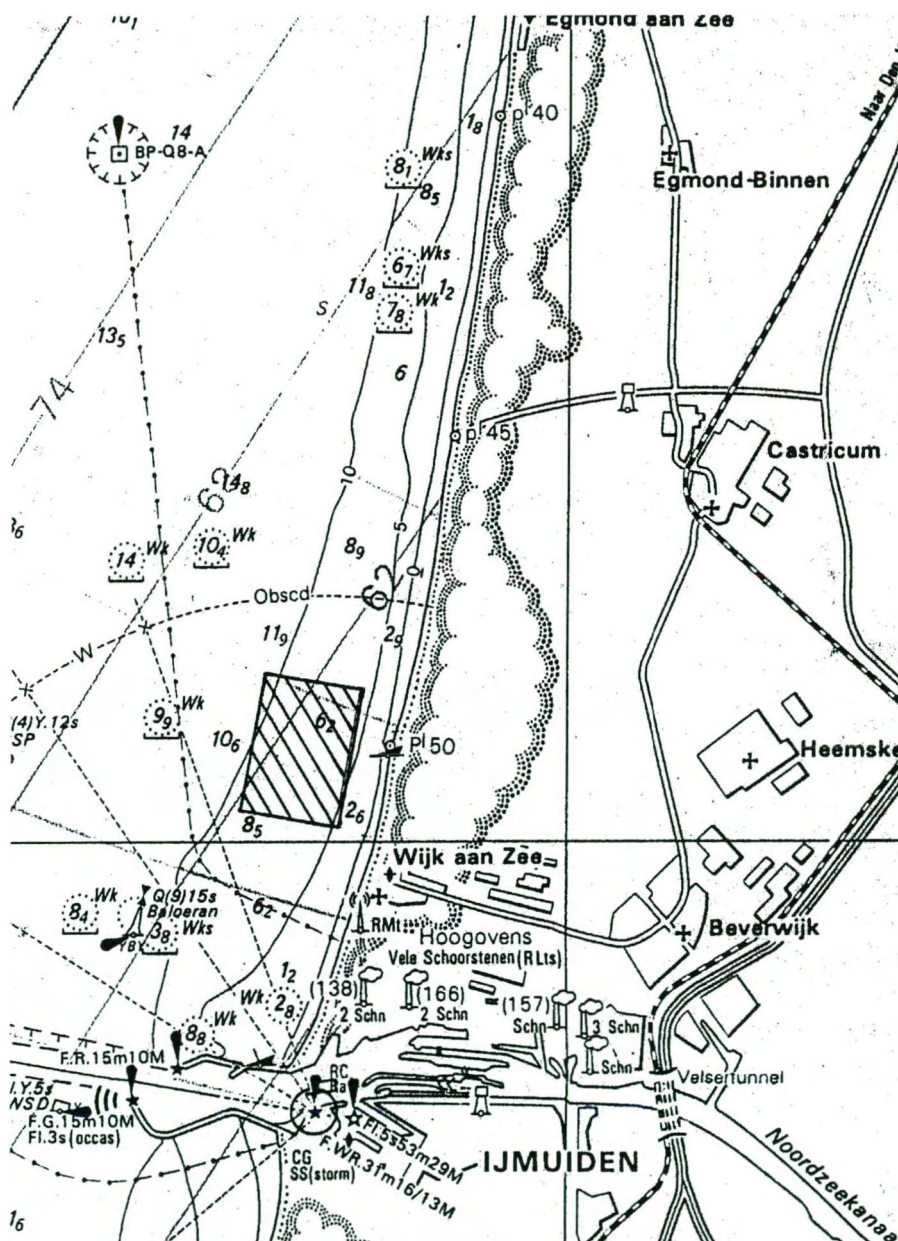
In de periode 1996-1997 is in opdracht van de Directies Noordzee en Noord-Holland bij Heemskerk een praktijkproef uitgevoerd waarin de effectiviteit en de werkbaarheid van een stationaire onderwaterzuiger, de “Punaise” zijn onderzocht (Rakhorts & Mens 1997). Gelijktijdig met dit onderzoek is een studie gestart naar de ecologische effecten van de tijdelijke zandwin/overslagput op de bodemfauna in het putgebied. Hiervoor is de bodemfauna in het gebied gedurende de periode 1996 – 1998 gevolgd. De resultaten van dit onderzoek zijn gerapporteerd in het Punaise*2 rapport (Van Dalfsen *et al.*, 1999). De studie richtte zich op zowel de directe effecten, zoals het verlies aan bodemfauna, als ook op het herstel van de bodemfaunagemeenschap na het beëindigen van de werkzaamheden. Geconcludeerd werd dat de bodemfauna zich 15 maanden na beëindiging van de werkzaamheden in grote lijnen had hersteld, maar dat het voormalige putgebied op basis van de soortensamenstelling, dichtheid en biomassa nog duidelijk te onderscheiden was van het daar omheen liggende gebied.

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) heeft aan TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie, afdeling Ecologische Risico's, gevraagd het studiegebied bij Heemskerk in 2001 opnieuw te onderzoeken. Het hier gerapporteerde Punaise*3 onderzoek is een voortzetting van het Punaise*2 project, met als doel het verkrijgen van een beter inzicht in de lange-termijn effecten en de herstelduur van een bodemverstoring op de bodemfauna. Het onderzoek beschrijft de resultaten van een eenmalige bodemonderzoek uitgevoerd in juni 2001, circa vier jaar na het beëindigen van de werkzaamheden bij Heemskerk. De resultaten worden vergeleken met de resultaten van het Punaise*2 project.

2. Materiaal en Methode

2.1 Onderzoeksgebied

De tijdelijke overslagput is in 1996 aangelegd op een diepte van 7-8 m -NAP voor de kust tussen Heemskerk tussen RSP 49.650 en RSP 51.250 (Figuur 1). Het centrum van de put bevond zich op de coördinaten 502.827 N; 99.915 E.



Figuur 1 *Ligging van het onderzoeksgebied (gearceerd).*

2.2 Bemonsteringsmethode

De bemonstering voor het lange-termijn onderzoek in het voormalige overslaggebied heeft plaatsgevonden in overeenstemming met de gebruikte methoden zoals die zijn uitgevoerd in de periode 1996-1998 (Van Dalfsen *et al.* 1999).

Om het herstel van de bodemfauna na het afvullen van de overslagput te kunnen volgen en een vergelijking te kunnen maken met de ontwikkelingen in een ongestoorde situatie waren voor het Punaise*2 project twee deelgebieden gedefinieerd, te weten een beïnvloed “putgebied” en een rondom de voormalige overslagput gelegen “referentiegebied”. Deze twee deelgebieden zijn in 2001 opnieuw bemonsterd, waarbij in overleg met het RIKZ het totaal aantal monsterlocaties is teruggebracht van in totaal 80 naar 40 locaties.

Op 13 juni 2001 zijn 20 locaties bemonsterd in het putgebied en 20 locaties in het omringende referentiegebied. De coördinaten van de monsterlocaties binnen elk deelgebied zijn per toeval zijn bepaald (“stratified random sampling”). In Bijlage 1 is de ligging van de monsterpunten weergegeven en is een tabel met coördinaten en beschrijvende parameters opgenomen. De bodemmonsters zijn genomen met een Box Corer met een bemonsteringsoppervlak van 0,07 m². De steekdiepte bedroeg minimaal 15 cm. Van elk bodemmonster is een deelmonster met een oppervlak van circa 9 cm² gestoken tot circa 5 cm diepte voor de analyse van de sedimentsamenstelling. De rest van het bodemmonster is direct aan boord gespoeld over een zeef met een maaswijdte van 1,0 mm. Het residu is in polyetheen potten geconserveerd in een 4% formaldehyde oplossing in zeewater. Tot aan verdere verwerking zijn de monsters vervolgens bewaard bij -20 °C om gewichtsverlies te voorkomen (Salonen & Sarvala, 1985).

De sedimentmonsters zijn na aankomst in het laboratorium opgeslagen bij -20 °C.

Analyse van de bodemfaunamonsters

De monsters zijn na ontdooien gespoeld over een zeef van 425 µm, waarna de organismen zijn gesorteerd en gedetermineerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de meest recente nomenclatuur (ETI, 2000). Per soort is het aantal individuen bepaald. In de bodemfaunamonsters van 2001 is geen exemplaar meer gevonden van de in april 1998 aangetroffen spionide worm *Spio martinensis*. Het kan echter niet geheel worden uitgesloten dat een enkel exemplaar als *Spio filicornis* is gedetermineerd. Conform de gebruikte methoden in het Punaise*2 project zijn voor de verschillende schelpdiersoorten de schelpengroten gemeten in klassen van 5 mm. Voor *Macoma balthica* zijn jaarklassen vastgesteld aan de hand van jaarringen op de schelp.

Het is met een Box Corer niet mogelijk om mobiele epibenthische soorten kwantitatief goed te bemonsteren. Deze soorten zijn wel vermeld in de soortenlijst

(Bijlage 3), maar zijn in de analyses van de diversiteit, dichtheid en biomassa buiten beschouwing gelaten.

Om de resultaten naar de samenstelling van bodemfauna in 2001 te kunnen vergelijken met de resultaten uit het Punaise*2 project zijn dezelfde parameters berekend (zie Van Dalfsen *et al.* 1999). De Shannon-Wiener index H' is gebruikt als maat voor de diversiteit van de bodemfauna. Voor de verdeling van het aantal individuen over de gevonden soorten is Heip's index of Evenness $E(H)$ berekend (Heip 1974).

Biomassabepaling heeft voor enkele soorten bodemdieren afzonderlijk plaatsgevonden zoals voor de schelpdieren en voor wormen als *Magelona mirabilis* en de *Nephtidae*. Voor alle overige wormen is de biomassa gezamenlijk bepaald. Van de schelpdieren is alleen het vlees verast. Er heeft geen biomassabepaling plaatsgevonden van kreeftachtigen in verband met de geringe biomassa van deze kleine individuen. De biomassabepaling (asvrij-drooggewicht; AVD) vond plaats door de organismen te wegen na eerst gedurende minimaal 3 dagen te zijn gedroogd bij 65 °C (drooggewicht), en ze vervolgens te verassen bij 560 °C gedurende 2,5 uur en opnieuw te wegen (asgewicht).

Tijdens het Punaise*2 project zijn in een aantal bemonsteringen grote aantallen aangetroffen van de schelpdieren *Ensis americanus* en *Spisula subtruncata*. *Ensis americanus* werd echter alleen in grote aantallen aangetroffen in de bemonstering van mei 1996 en verdween vervolgens vrijwel geheel uit het gebied. Na beëindiging van de werkzaamheden bleken grote aantallen *Spisula*'s met het afvulzand in het putgebied te zijn gebracht. Het al of niet aanwezig zijn van deze soorten had een grote invloed op de analyses van de dichtheid en biomassa. Om deze reden is in het Punaise*2 project gekozen om deze soorten apart te analyseren. Om de resultaten van 2001 te kunnen vergelijken met die van het Punaise*2 project zijn de analyses op vergelijkbare wijze uitgevoerd. Voor *Spisula subtruncata* zijn de resultaten apart vermeld.

Zoals ook in het Punaise*2 project is de structuur van de benthische gemeenschap in beide deelgebieden geanalyseerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van twee multivariate technieken; clusteranalyse en non-metric multidimensional scaling (MDS). Beide technieken zijn gebaseerd op de mate van overeenkomst in de aan- of afwezigheid van soorten en hun dichtheden, waarbij met non-metric MDS ook de reactie op eventueel aanwezig gradiënten in abiotische factoren door middel van een twee- of driedimensionale ordinatie inzichtelijk wordt gemaakt. Voor het bepalen van de mate van overeenkomst tussen de bodemfaunasamenstelling tussen stations is gebruik gemaakt van de Bray-Curtis similariteits index (Bray & Curtis, 1957). Voor de analyses van de structuur van de bodemfauna is gebruik gemaakt van het programma PRIMER (Clarke & Warwick, 1994). Voor een beschrijving van multivariate technieken en hun toepassingen wordt verwezen naar Jongman *et al.* (1987) en Clarke & Warwick (1994).

2.3 Analyse van de sedimentmonsters.

Alle 40 sedimentmonsters zijn geanalyseerd op het gehalte aan organisch stof (humus), CaCO_3 en slib (fractie $<63 \mu\text{m}$).

In het Punaise*2 project zijn niet alle sedimentmonsters van de verschillende bemonsteringen geanalyseerd omdat tijdens deze bemonsteringen slechts een geringe variatie in de sedimentsamenstelling werd waargenomen en vanwege de meestal geringe afstand tussen de verschillende monsterlocaties. Om dezelfde redenen is ook voor slechts een deel van de sedimentmonsters genomen in juni 2001 een zeefcurve bepaald (D_{10} , D_{50} , D_{60} en D_{90}). De korrelgrootteverdeling is bepaald volgens de Malvern methode, waarbij de monsters op een standaard manier zijn voorbehandeld (humus en kalk zijn vooraf verwijderd).

Voor de vergelijkbaarheid van de resultaten uit het voorliggende onderzoek met die uit het Punaise*2 project werd het noodzakelijk geacht de sedimentanalyses door het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ, afdeling ITL in Middelburg) te laten uitvoeren, aangezien dit instituut ook de analyses voor het Punaise*2 project heeft verricht.

2.4 Statistische data analyse

Voor het putgebied en het referentiegebied zijn gemiddelde waarden berekend voor de sedimentparameters, diversiteit, dichtheid en biomassa. Voor de bemonsteringen van juni 2001 zijn de verschillende parameters met de Mann-Whitney U-test (Wilcoxon signed-rank test) getoetst op significante verschillen in de mediaan tussen het putgebied en het referentiegebied. Om eventuele meerjarige veranderingen in het gebied zichtbaar te maken zijn de resultaten uit de 2001 bemonstering tevens getoetst tegen de resultaten van de laatste bemonstering van het Punaise*2 project (april 1998) en de uitgangssituatie in mei 1996. Toetsing op basis van de gemiddelde waarden is niet mogelijk omdat er meestal geen sprake is van een normale verdeling van de waarden en/of de varianties niet gelijk zijn.

3. Resultaten

3.1 Bathymetrie

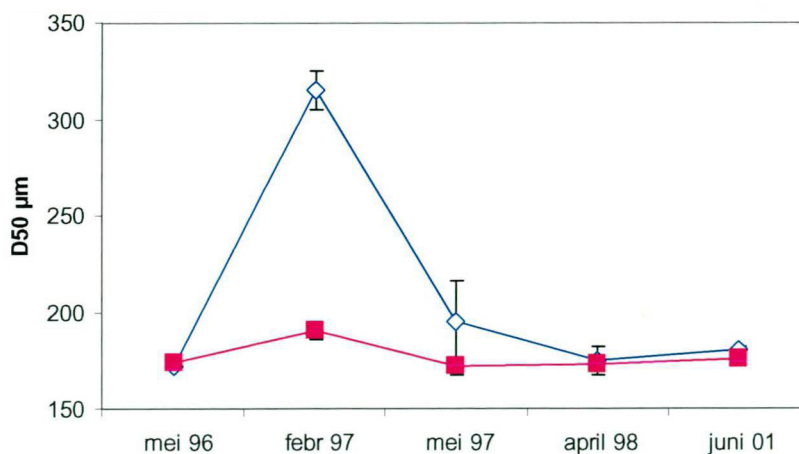
In het onderzoeksgebied zijn op 26 september 2001 detailleringen verricht ten behoeve van het Punaise*3 onderzoek (Rijkswaterstaat 2001). Het onderzoeksgebied bevindt zich op een diepte tussen NAP -6 en NAP -9 meter waarbij de waterdiepte geleidelijk van Oost naar West toeneemt.

Uit een verschilkaart gemaakt op basis van de opname uit 1996, voorafgaand aan de werkzaamheden, en de opname in september 2001, blijkt dat het voormalig putgebied in september 2001 niet meer geomorfologisch te herkennen is (Bijlage 2a). Een verschilkaart gebaseerd op de opnames uit 1998 en 2001 laat zien dat de in 1998 nog plaatselijk in het putgebied aanwezig kleine verdiepingen zijn opgevuld (Bijlage 2b).

3.2 Sediment

3.2.1 Korrelgrootteverdeling

In juni 2001 is de korrelgrootteverdeling (D_{50}) van het sediment in het putgebied en het referentiegebied respectievelijk 180 en 176 μm (Figuur 2). De bemonstering van april 1998 liet al een terugkeer zien naar waarden overeenkomstig met die in de uitgangssituatie van mei 1996. In de periode tussen de voorlaatste bemonstering van april 1998 en die in juni 2001 is hierin geen verandering opgetreden. Het in april 1998 nog aanwezige verschil in de D_{90} waarde tussen het putgebied en het referentiegebied is in 2001 niet meer aanwezig.



Figuur 2 Gemiddelde mediane korrelgrootte (D_{50}) van het sediment met de standaarddeviatie voor het putgebied ($\diamond$) en het referentiegebied ($\blacksquare$) in de opeenvolgende bemonsteringen.

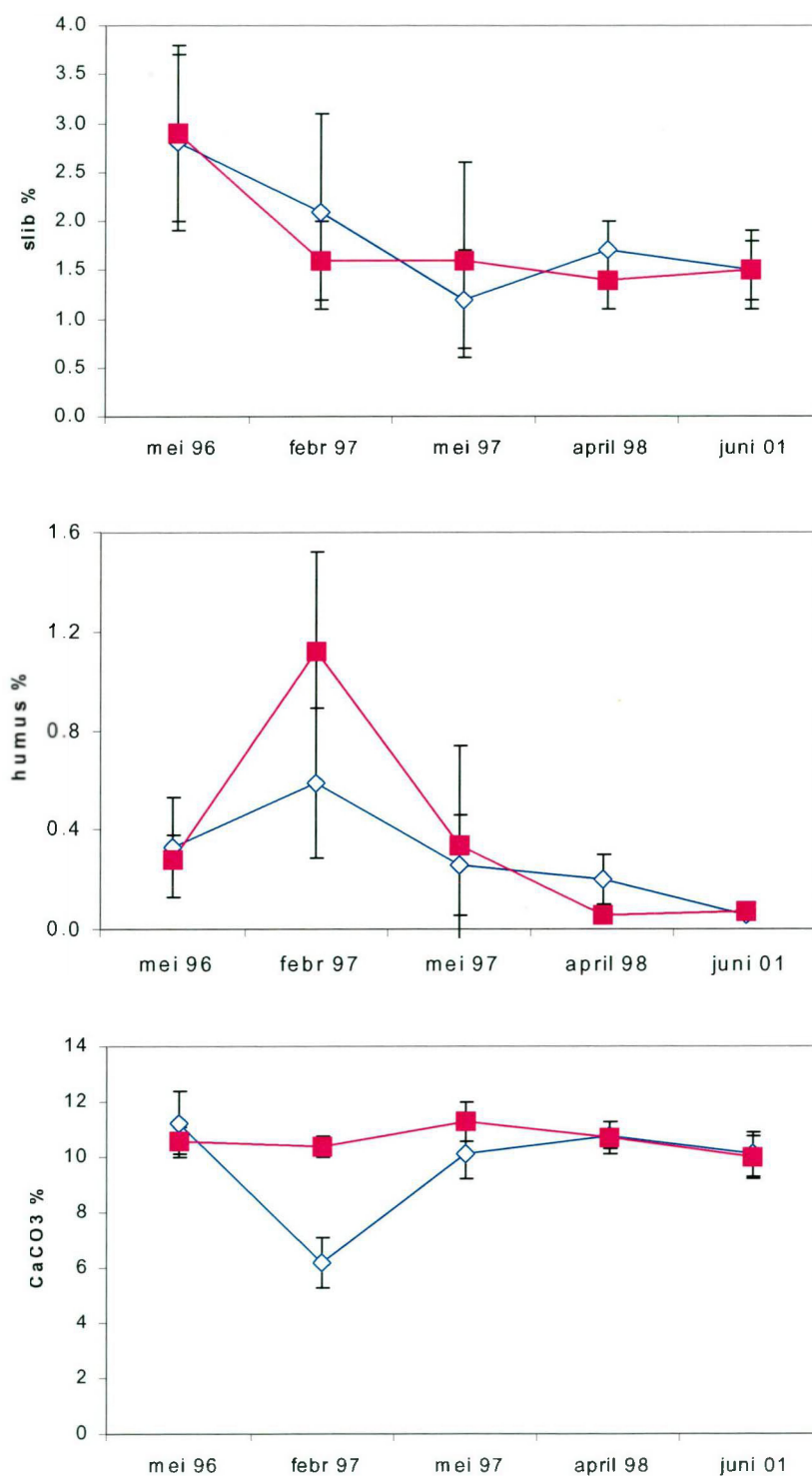
3.2.2 Sedimentsamenstelling

Voor de sedimentparameters humus, CaCO_3 en slib (fractie $<63 \mu\text{m}$) zijn er in de juni 2001 bemonstering geen verschillen meer aangetroffen tussen het putgebied en het referentiegebied (Figuur 3).

In juni 2001 is het percentage slib in het putgebied (1,5%) lager dan in april 1998 (1,7%). Het slibgehalte in het referentiegebied is in 2001 daarentegen iets hoger dan in 1998, respectievelijk 1,5% en 1,3%. De verschillen zijn echter niet significant. Over de gehele periode van mei 1996 tot juni 2001 heeft er zich een algehele en significante daling voorgedaan in het percentage slib in het sediment van gemiddeld 2,9 % naar 1,5 %.

Sinds 1998 is het percentage significant gedaald van 0,2 % naar 0,06 % in juni 2001 en heeft daarbij een zelfde percentage bereikt als in het referentiegebied. Zowel in het putgebied als in het referentiegebied heeft zich een afname voorgedaan in het humusgehalte vanaf de bemonstering in februari 1997, waarbij het percentage humus significant gedaald ten opzichte van de uitgangssituatie in mei 1996.

Het percentage kalk (CaCO_3) is in beide deelgebieden lager dan tijdens de bemonstering in april 1998 (respectievelijk 10,1% en 10,0 % voor het putgebied en het referentiegebied), maar het verschil is voor geen van beide deelgebieden significant. Ook ten opzichte van de bemonstering in mei 1996 (11,2 %) is er geen sprake van een significante daling in het kalkgehalte.



Figuur 3 Gemiddelde percentages en standaarddeviatie van de sedimentparameters slib ($<63\mu\text{m}$), humus en CaCO_3 gemeten in het putgebied (◇) en het referentiegebied (■) in de opeenvolgende bemonsteringen.

3.3 Biologische parameters

3.3.1 Soortenaantal

In totaal zijn er 49 soorten of soortsgroepen aangetroffen in de bemonstering van 2001 waaronder 11 soorten kreeftachtigen, 23 soorten borstelwormen en 10 soorten schelpdieren. Een overzicht van de aangetroffen soorten is opgenomen in Bijlage 3. In het putgebied zijn in totaal 45 soorten gevonden met een gemiddelde van 17 soorten per monster. In het referentiegebied zijn 44 soorten aangetroffen met ook een gemiddelde van 17 soorten per monster.

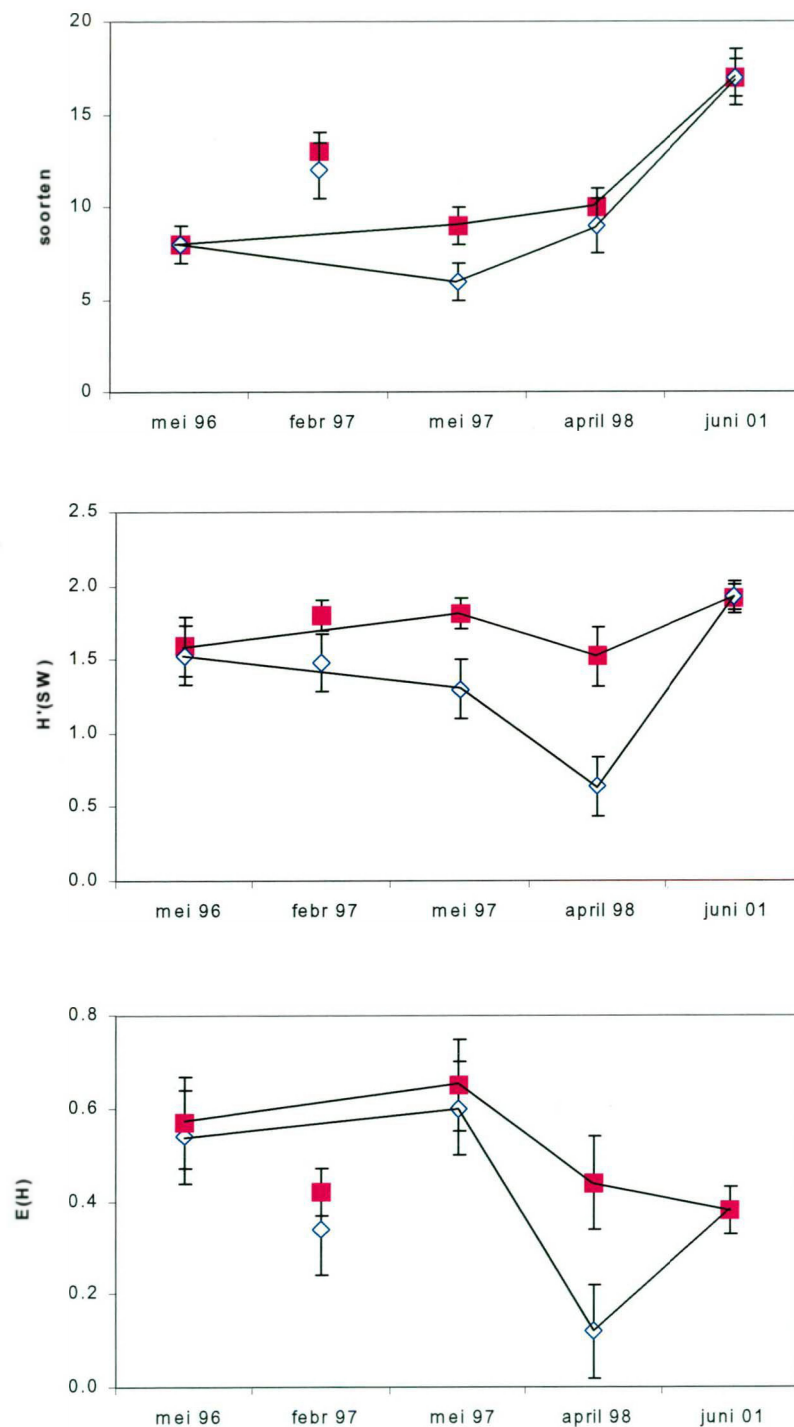
Vergeleken met de resultaten van het Punaise*2 project is er een significante sterke stijging opgetreden in het gemiddelde aantal soorten per monster. Voor het putgebied en het referentiegebied is het gemiddelde aantal soorten in 1998 van respectievelijk 9,4 en 9,7 toegenomen tot 17 soorten per monster in juni 2001 (Figuur 4 boven). De stijging wordt vooral veroorzaakt door een toename in het aantal soorten kreeftachtigen en borstelwormen.

3.3.2 Soortensamenstelling

De bodemfauna in het onderzoeksgebied bestaat overwegend uit wormen en wordt daarnaast gevormd door schelpdieren, kreeftachtigen en nog enkel andere organismen. Het putgebied en het referentiegebied zijn niet van elkaar te onderscheiden op basis van aantal soorten of soortensamenstelling. Ook in het aantal algemeen voorkomende soorten, d.w.z. soorten die in meer dan 70% van de stations zijn aangetroffen, is er geen verschil tussen beide deelgebieden (resp. 9 en 7 voor het put- en het referentiegebied). Verschillen tussen de gebieden in de aanwezigheid van minder algemene soorten zijn, als gevolg van hun geringe dichtheid, niet van belang.

Het aantal algemene soorten is ten opzichte van april 1998 significant gestegen van 3 naar 7. Zowel wat betreft het aantal als ook de samenstelling is er in juni 2001 geen wezenlijk verschil meer met de uitgangssituatie in mei 1996. Wel is het aantal soorten dat met regelmaat wordt aangetroffen (in meer dan 25% van de stations) in juni 2001 hoger dan in mei 1996 en in april 1998.

Vergeleken met de resultaten van het Punaise*2 project zijn in 2001 de verschillen in de soortensamenstelling tussen het putgebied en het referentiegebied duidelijk afgenomen. In 2001 is er geen verschil meer in de soortenrijkdom, uitgedrukt in de Shannon-Wiener index H' , tussen het putgebied en het referentiegebied (Figuur 4 midden). Ten opzichte van april 1998 is de Shannon-Wiener index zowel in het putgebied als in het referentiegebied significant gestegen. Voor beide gebieden is de waarde in juni 2001 ($H'1,91$) significant hoger dan de uitgangssituatie in mei 1996 ($H'1,52$).



Figuur 4 Gemiddelde waarde en de standaarddeviatie voor de diversiteitsparameters; aantal soorten (boven); Shannon-Wiener index (H') (midden) en Heip's index ($E(H)$) (onder) voor het putgebied (◇) en het referentiegebied (■) in de opeenvolgende bemonsteringen. Lijnen zijn alleen getrokken tussen de bemonsteringen met een vergelijkbaar bemonsterd oppervlak.

Ook de verdeling van het aantal individuen over de gevonden soorten, uitgedrukt in Heip's index $E(H)$, is in juni 2001 voor beide gebieden gelijk en bedraagt 0,38 (Figuur 4 onder). In het putgebied heeft zich een significante stijging voorgedaan sinds de bemonstering in april 1998, terwijl er in dezelfde periode geen verandering is opgetreden in het referentiegebied. Dit kan verklaard worden doordat de grote verschillen in de dichtheid van een aantal dominante soorten uit 1998 zoals *Spisula subtruncata* en *Nephtys hombergii* tussen het putgebied en het referentiegebied zijn weggevallen en er in juni 2001 een meer gelijke verdeling van soorten en aantallen is aangetroffen. In juni 2001 is de waarde van $E(H)$ significant gedaald ten opzichte van die in de uitgangssituatie in mei 1996 ($E(H) = 0,53$).

3.3.3 Dichtheid

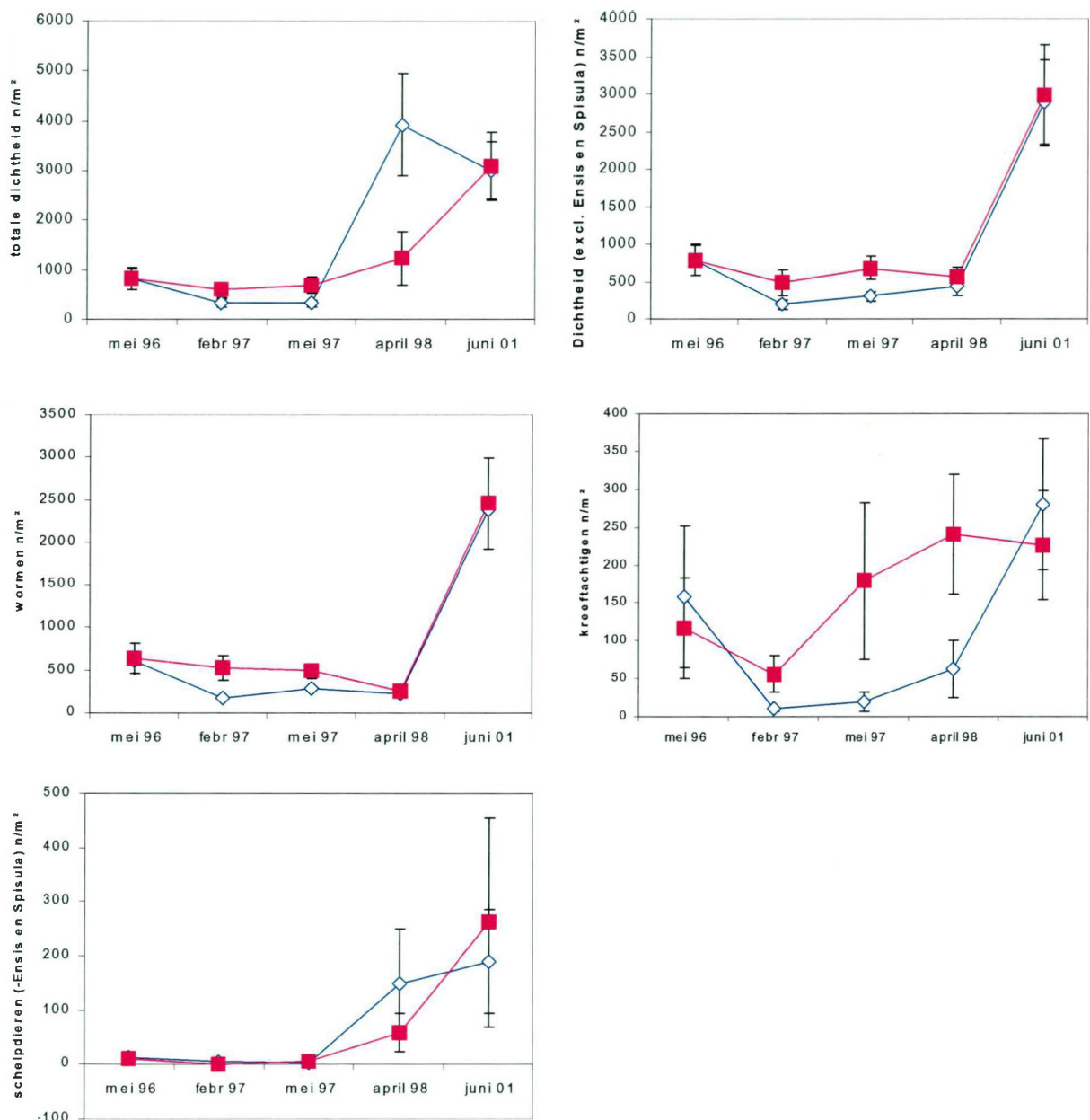
De totale dichtheid en de dichtheden van wormen, kreeftachtigen en schelpdieren afzonderlijk verschillen in juni 2001 niet meer tussen het putgebied en het referentiegebied (Figuur 5). Daar waar er in april 1998 nog significante verschillen bestonden tussen de deelgebieden voor wat betreft de totale dichtheid en de dichtheid van de kreeftachtigen zijn deze in 2001 niet meer aanwezig. Voor de kreeftachtigen is er nog wel een verschil, maar dit is niet significant. Opvallend is de sterke en significante toename in de totale dichtheid naar circa 2900 ind/m² in beide gebieden wanneer de twee schelpdiersoorten *Ensis americanus* en *Spisula subtruncata* niet worden meegenomen (Figuur 5 rechts boven).

Vergeleken met de resultaten van het Punaise*2 project is de totale dichtheid in het putgebied sinds april 1998 afgenomen terwijl deze in het referentiegebied is toegenomen. De verandering is echter alleen significant voor het referentiegebied en wordt verklaard door een sterke toename in de dichtheid aan wormen (Figuur 5 links midden). Ook in het putgebied is de dichtheid aan wormen vergelijkbaar toegenomen, maar tegelijkertijd is de grote populatie van *Spisula subtruncata* die aanwezig was in april 1998, sterk afgenomen. Ten opzichte van de uitgangssituatie in mei 1996 is de totale dichtheid en de dichtheid aan wormen in beide gebieden significant toegenomen.

De dichtheid aan kreeftachtigen in het putgebied is significant toegenomen tussen de voorlaatste bemonstering in april 1998 (63 ind/m²) en de bemonstering in juni 2001 (280 ind/m²). In het referentiegebied is daarentegen in dezelfde periode geen significante verandering opgetreden. Ten opzichte van de uitgangssituatie in mei 1996 (circa 180 ind/m²) is de populatie aan kreeftachtigen in 2001 voor beide gebieden significant toegenomen.

De dichtheid van de schelpdieren in het referentiegebied is in 2001 sterk toegenomen ten opzichte van de uitgangssituatie in mei 1996 en de voorlaatste bemonstering in april 1998. Ook in het putgebied is het aantal schelpdieren toegenomen zij het minder sterk dan in het referentiegebied. De stijging kan in beide gebieden worden verklaard uit een toename van de dichtheid van soorten als

Tellina fabula, *Tellina tenuis* en het zeeklitschelpje *Montecuta ferruginosa*. De dichtheid van de populatie *Spisula subtruncata* is ten opzichte van april 1998 significant afgenomen, zowel in het putgebied als in het referentiegebied.



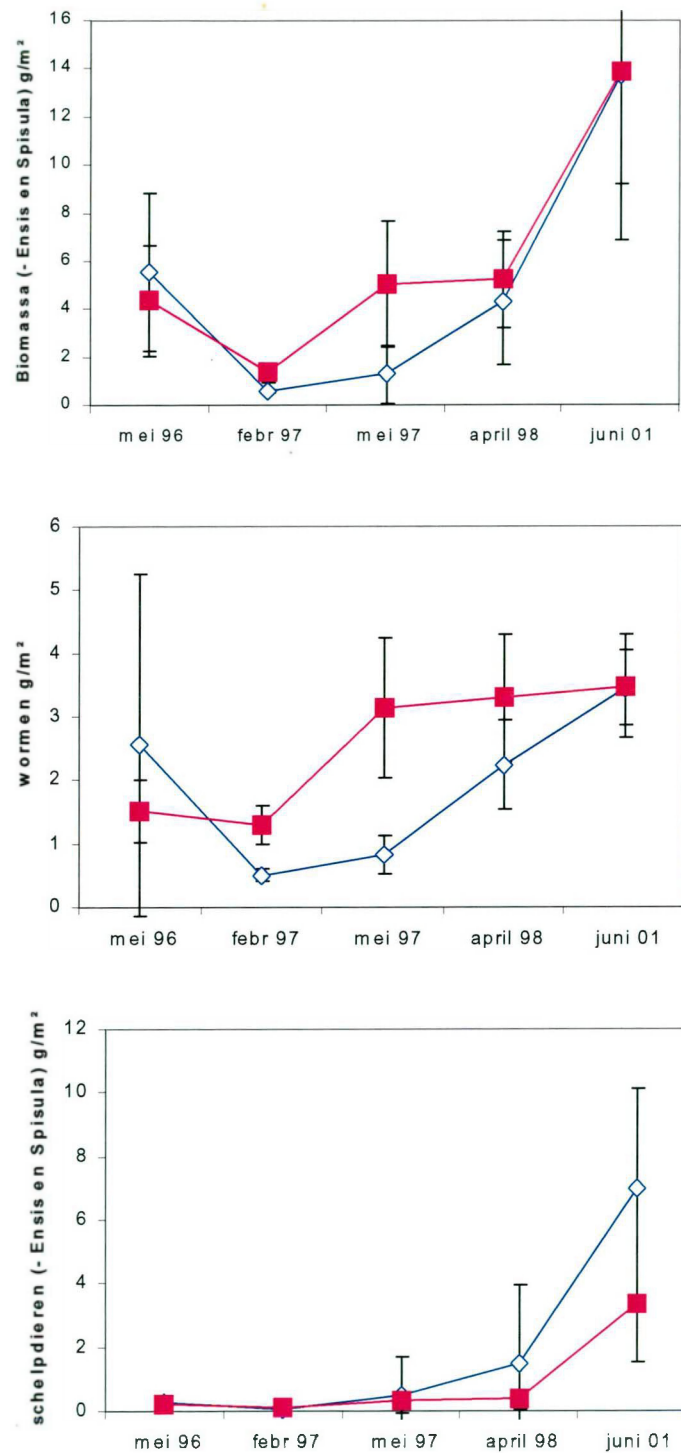
Figuur 5 Gemiddelde dichtheid en standaarddeviatie van de macrofauna voor het putgebied (◇) en het referentiegebied (■) in de opeenvolgende bemonsteringen. Totale dichtheid, totale dichtheid exclusief *Ensis americanus* en *Spisula subtruncata*, dichtheid wormen, dichtheid kreëftachtigen en dichtheid schelpdieren excl. *Ensis americanus* en *Spisula subtruncata*.

3.3.4 Biomassa

De totale biomassa aan bodemdieren (exclusief kreeftachtigen) is in juni 2001 voor het putgebied en het referentiegebied gelijk en bedraagt 13,8 g AVD/m² (Figuur 6). Dit is een significante en sterke stijging ten opzichte van de totale biomassa in april 1998 (respectievelijk 4,3 en 5,2 gAVD/m²) en van de uitgangssituatie in mei 1996 (respectievelijk 4,6 en 4,4 gAVD/m²). De stijging is vooral te danken aan de toename in de biomassa aan schelpdieren (o.a. *Tellina fabula* en *Tellina tenuis*) en een groei in de populatie van de Zeeklit *Echinocardium cordatum*. Met name de laatste soort die gevoelig is voor verstoring en vervuiling heeft ook in het putgebied weer een populatie dichtheid bereikt die vergelijkbaar is met die in mei 1996.

De biomassa aan wormen verschilt in juni 2001 niet tussen het putgebied en het referentiegebied (Figuur 6 midden). Sinds de bemonsteringen in mei 1997 en april 1998 is de biomassa aan wormen in het referentiegebied nagenoeg gelijk gebleven terwijl er in het putgebied een significante stijging heeft plaatsgevonden. Deze stijging wordt vooral veroorzaakt door een toename in de biomassa aan overige soorten.

Voor de schelpdieren verschilt de biomassa significant tussen het putgebied en het referentiegebied. In beide gebieden is er sprake van een significante stijging ten opzichte van april 2001. Ook hier valt voor beide gebieden de stijging in biomassa te verklaren uit de toegenomen populaties van *Tellina fabula* en *Tellina tenuis*.



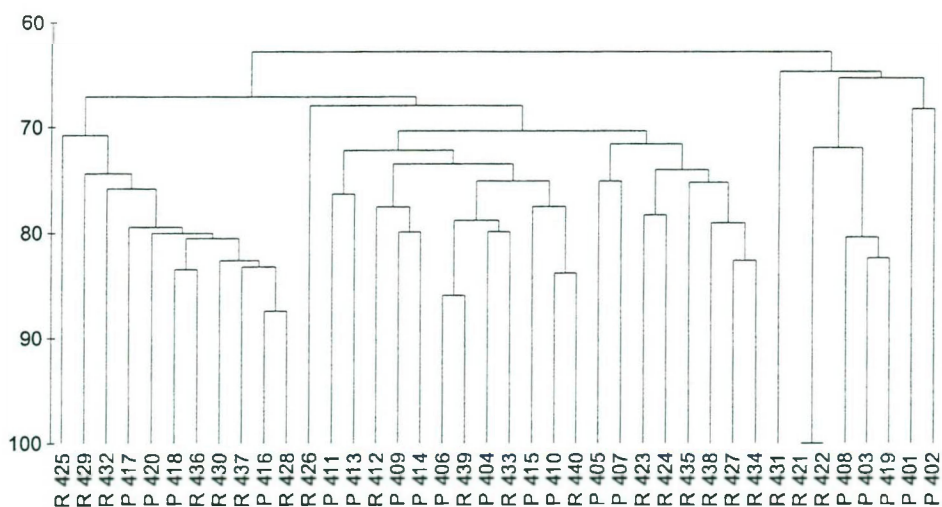
Figuur 6

Gemiddelde biomassa en standaarddeviatie van de macrofauna voor het putgebied (◇) en het referentiegebied (■) in de opeenvolgende bemonsteringen. Totale biomassa exclusief *Ensis americanus* en *Spisula subtruncata*, biomassa wormen en biomassa schelpdieren excl. *Ensis americanus* en *Spisula subtruncata*.

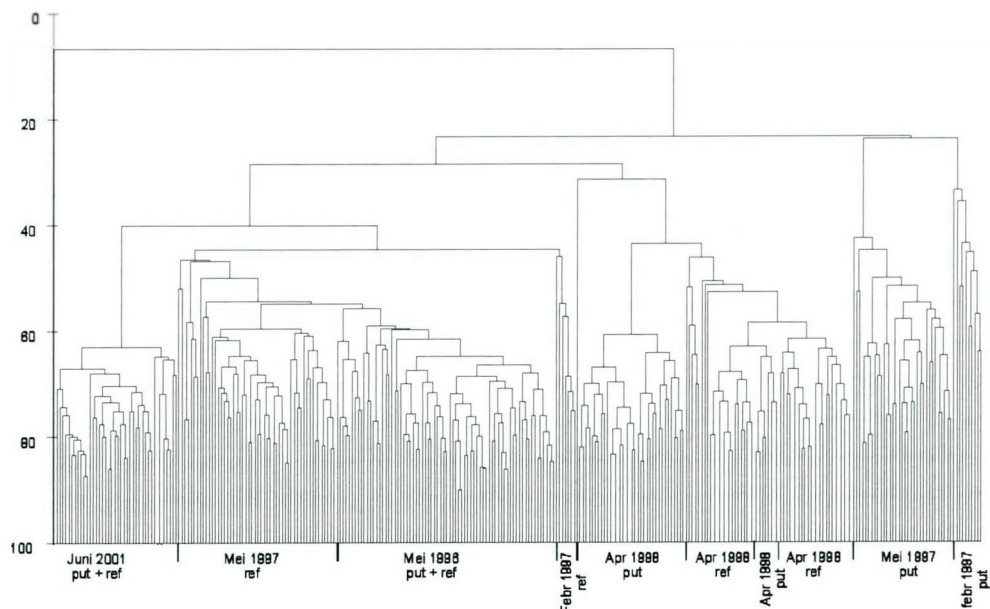
3.3.5 Populatiestructuur

Aan het eind van het Punaise*2 project was nog een verschil waarneembaar in de samenstelling van de bodemdieren van het putgebied en het referentiegebied. De verschillen waren in april 1998 echter al kleiner geworden ten opzichte van de bemonsteringen in 1997, direct na de werkzaamheden. Uit de clusteranalyse uitgevoerd op de dichtheidsdata van de juni 2001 bemonstering blijkt dat de bodemfauna uit het putgebied en het referentiegebied grote overeenkomst vertoont (Figuur 7). De meeste stations worden in hetzelfde linkercluster ingedeeld. Slechts zeven stations, waarvan vijf uit het putgebied, worden in een tweede cluster gezet. Uit de relatief hoge similariteit blijkt dat de verschillen tussen de stations uit het putgebied en het referentiegebied klein zijn. In de clusteranalyse uitgevoerd op de gezamenlijke data van het Punaise*2 project en de bemonstering van juni 2001 wordt duidelijk onderscheid gemaakt tussen de stations in het putgebied bemonsterd in 1997 en de overige stations (Figuur 8). De stations uit 2001 vertonen daarbij meer overeenkomst met de stations bemonsterd in de uitgangssituatie (mei 1996) en de referentiegebieden uit de daaropvolgende bemonsteringen (februari en mei 1997) dan met de stations uit 1998.

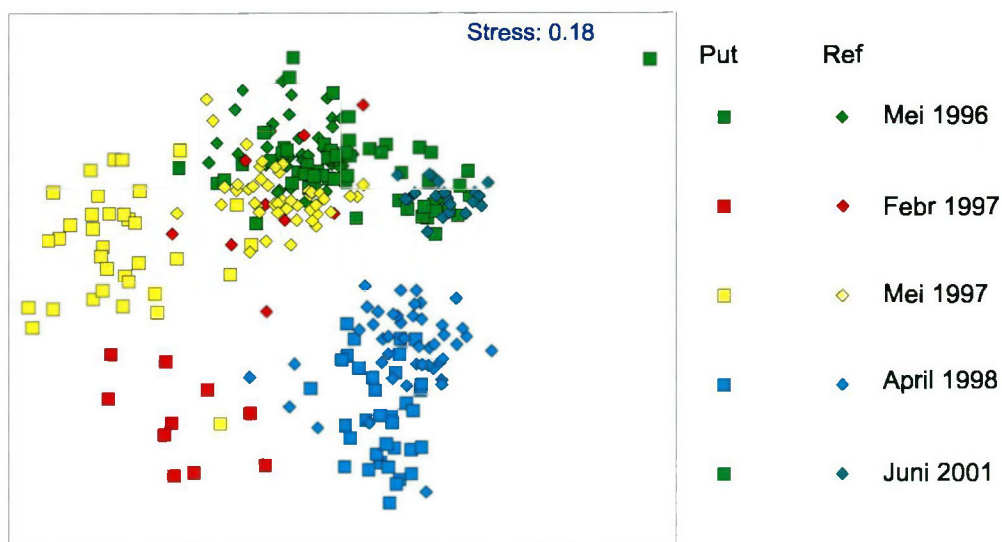
De MDS analyse laat ook duidelijk zien dat de stations uit het putgebied en het referentiegebied in juni 2001 op basis van soortensamenstelling en dichtheid niet van elkaar onderscheiden worden, zoals nog wel het geval is bij de stations in april 1998 (Figuur 9). De positie van de stations uit 2001 in de ordinatie ten opzichte van de stations van mei 1996 geeft ook aan dat er sprake is van een terugkeer naar de uitgangssituatie.



Figuur 7. Dendrogram van de hiërarchische clustering van de monsterstations uit de juni 2001, gebaseerd op de Bray-Curtis similariteits index (dichtheidsdata zijn wortel getransformeerd).

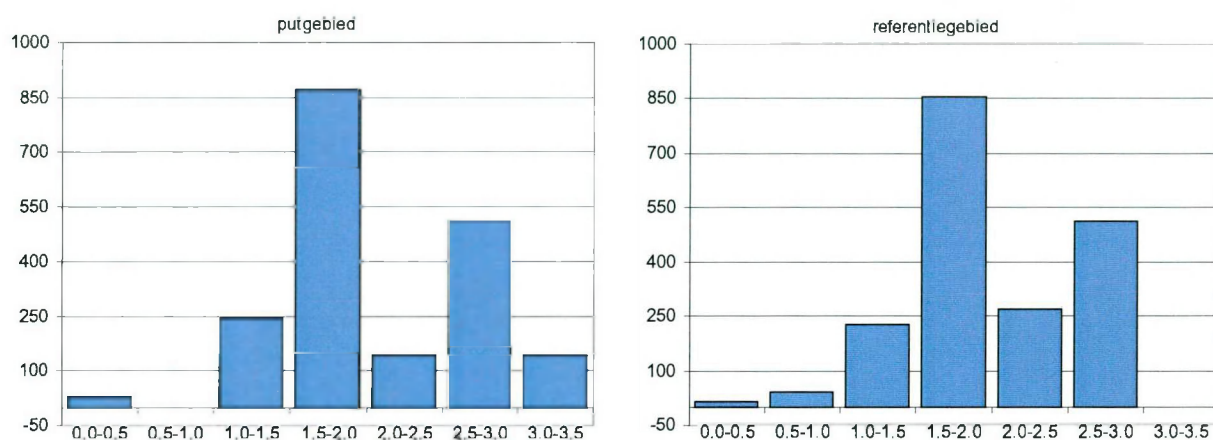


Figuur 8. Dendrogram van de hiërarchische clustering van 299 monsterstations uit de vijf monsterperioden: mei 1996, januari 1997, mei 1997, april 1998 en juni 2001, gebaseerd op de Bray-Curtis similariteits index (dichtheidsdata zijn wortel getransformeerd).



Figuur 9. MDS ordinatie van de 299 monsterstations uit de vijf monsterperioden: mei 1996, januari 1997, mei 1997, april 1998 en juni 2001 op basis van wortel-getransformeerde dichtheid.

In de bemonstering van juni 2001 is er geen duidelijk verschil meer aangetroffen in de dichtheid en biomassa van *Spisula subtruncata*, een schelpdiersoort die in 1997 met het opvulzand in het putgebied is gebracht. Van het in 1998 waargenomen verschil in broedval tussen de gebieden, resulterend in veel hogere dichtheid in het putgebied dan in het referentiegebied, is juni 2001 geen effect meer terug te vinden. Ook de leeftijdsopbouw van de populatie, gebaseerd op lengteklassen, is in 2001 in beide gebieden vergelijkbaar (Figuur 10).



Figuur 10 Dichtheid (n/m^2) van *Spisula subtruncata* per lengteklasse (cm) voor het putgebied en het referentiegebied in juni 2001.

4. Discussie

4.1 Bodem (morfologie en sediment)

De resultaten van het Punaise*2 project lieten duidelijk zien dat de werkzaamheden van invloed waren op de morfologie en de samenstelling van het sediment in het putgebied. Op de lodingskaart uit september 2001 zijn de locale verdiepingen in het putgebied, welke in april 1998 nog aanwezig waren, in het geheel niet meer te herkennen. Blijkbaar zijn de verdiepingen in de periode april 1998 – juni 2001 door sedimentatie opgevuld.

Er zijn geen veranderingen meer opgetreden in de mediane korrelgrootte (D50 waarde) sinds de voorlaatste bemonstering in april 1998 toen al een herstel van de korrelgrootteverdeling in de bovenste 5 cm was vastgesteld. Ook in de overige gemeten sedimentparameters (organisch stof, CaCO_3 en slib) zijn in de 2001 bemonsteringen geen veranderingen gevonden ten opzichte van de waarden in april 1998. Het al binnen een periode van circa drie maanden geconstateerde herstel van de sedimentparameters organisch stof, CaCO_3 en slib (Van Dalen *et al.* 1999) maakt duidelijk dat veranderingen in de sedimentstructuur van de top laag van de bodem in het ondiepe en actieve deel van kust binnen een korte periode door de natuur ongedaan kunnen worden gemaakt. Een vergroving van de top laag van de bodem in de vorm van een toename van de mediane korrelgrootte, door bijvoorbeeld erosie of door menging met het onderliggende grovere materiaal als gevolg van bioturbatie, is niet gevonden.

De in het Punaise*2 project gesignaleerde algehele en geleidelijke daling in het slibgehalte van het sediment in de periode van mei 1996 tot april 1998 heeft zich verder voortgezet. Deze daling vond plaats zowel in het putgebied als in het daar omheen liggende referentiegebied en kan dan ook niet als een effect van de werkzaamheden worden gezien. Een zelfde trend van een afnemend slibgehalte is door Holtmann *et al.* (1999) beschreven voor meerdere gebieden in het Nederlandse deel van de Noordzee in de periode 1992-1998. De waargenomen daling in het slibgehalte is dan ook niet kustgebonden en moet dan ook meer als een veel wijder optredend fenomeen worden beschouwd. De oorzaak van deze daling is niet duidelijk.

4.2 Bodemfauna

In de bemonstering van juni 2001 is het gemiddeld aantal aangetroffen soorten veel hoger dan in de bemonsteringen uit het Punaise*2 project. Deze stijging wordt vooral veroorzaakt door een toename in het aantal soorten kleine kreeftachtigen en borstelwormen. De sterke toename in het aantal soorten kan mogelijk verklaard worden door het latere tijdstip in het seizoen waarop de bemonstering in 2001 heeft

plaatsgevonden. Naarmate het seizoen vordert nemen ook de aantallen toe van soorten die slechts in lage dichtheden voorkomen waardoor de kans om deze te bemonsteren groter wordt. Een aanwijzing hiervoor is de toename in het aantal regelmatig en algemeen voorkomende soorten. De weersomstandigheden in 2001 gedurende de maand mei stonden een eerdere bemonstering niet toe.

De sterke toename in de totale dichtheid, wanneer de twee schelpdiersoorten *Ensis americanus* en *Spisula subtruncata* niet worden meegenomen, kan verklaard worden uit een stijging van het aantal overige schelpdieren in combinatie met een mogelijke seizoensafhankelijke toename in de aantallen wormen.

Binnen de benthische gemeenschap vinden voortdurend veranderingen plaats in de populaties van de verschillende soorten. Sinds de laatste bemonstering in april 1998 is er een verdere toename gevonden in de populaties van *Tellina fabula* en *Tellina tenuis*. Dit heeft gevolgen voor de totale dichtheid en biomassa van het gebied. Aangezien deze toename plaatsvond zowel in het putgebied als ook in het referentiegebied mag geconcludeerd worden dat er waarschijnlijk sprake is van een natuurlijk ontwikkeling voortvloeiend uit een natuurlijke lange termijnvariatie voor deze soorten. Beide gebieden laten echter wel een verschil zien in de ontwikkeling van de biomassa aan schelpdieren.

Gezien het verloop van de dichtheid van de kreeftachtigen en het verdwijnen van het verschil tussen het putgebied en het referentiegebied in de periode 1998 –2001 lijkt er sprake te zijn van een duidelijk effect van de aanwezigheid van de put op deze groep organismen. Mogelijk spelen er kleine, niet duidelijk aangetoonde verschillen in bodemsamenstelling een belangrijke rol in het herstel van de populatie kreeftachtigen. Voor deze groep van organismen lijkt dan ook een hersteltijd van meer dan 3 jaar noodzakelijk.

In juni 2001 zijn de verschillen in totale dichtheid, dichtheid in kreeftachtigen en schelpdieren tussen het putgebied en het referentiegebied die nog aanwezig waren in april 1998 vrijwel geheel komen te vervallen. Uit de cluster- en MDS analyses van de populatiestructuur komt ook duidelijk naar voren dat de stations uit het putgebied en het referentiegebied in juni 2001, op basis van soortensamenstelling en dichtheid, niet meer van elkaar onderscheiden kunnen worden. Dit was nog wel het geval in de bemonstering van april 1998. De positie van de stations uit 2001 ten opzichte van de stations van mei 1996 in de MDS ordinatie geeft ook aan dat er niet alleen geen verschil meer is tussen beïnvloed (putgebied) en niet-beïnvloed (referentie)gebied, maar dat er zelfs sprake is van een terugkeer naar de uitgangssituatie.

Op basis van de resultaten van bemonstering in 2001 kan gesteld worden dat de benthosgemeenschap zich in een periode van circa 4 jaar vrijwel geheel hersteld heeft. Kleine afwijkingen van de uitgangssituatie, zoals bijvoorbeeld de toegenomen dichtheid en biomassa aan schelpdieren, moeten in het licht van natuurlijke fluctuaties in de populaties van bodemorganismen worden gezien.

5. Conclusies

In 2001 (T4) is het voormalig putgebied niet meer geomorfologisch te herkennen. De in het putgebied in 1998 nog lokaal aanwezige lichte verdiepingen zijn in de periode 1998 - 2001 opgevuld, zodat geconcludeerd kan worden dat het morfologisch herstel van het putgebied binnen een periode van circa 4 jaar is opgetreden.

In het Punaise*2 project was na ruim één jaar een geheel herstel waargenomen van de sedimentstructuur van de bovenste 5 cm in het putgebied voor wat betreft samenstelling en korrelgrootte. Vier jaar later zijn hierin geen veranderingen opgetreden en is het putgebied ook op basis van het sediment in de bovenlaag niet als zodanig te onderscheiden van het referentiegebied. De conclusie uit het Punaise*2 project dat herstel van de morfologie en de sedimentstructuur in het putgebied is opgetreden binnen een periode van 15 maanden is ook voor de lange termijn geldig.

Uit het onderzoek naar populatiestructuur van de bodemfauna kan geconcludeerd worden dat de bodemfauna van het putgebied en het referentiegebied in juni 2001 niet meer van elkaar onderscheiden zijn. De bodemfauna in het putgebied heeft zich daarmee niet alleen hersteld in de zin dat er geen verschil meer is gevonden tussen het beïnvloede (putgebied) en niet-beïnvloede (referentie)gebied, maar tevens is er sprake van een situatie vergelijkbaar met die in de uitgangssituatie in mei 1996. De hersteltijd voor de bodemfauna in het gebied kan globaal gesteld worden op een periode van circa vier jaar.

Voor het herstel van de populatie kreeftachtigen lijkt in ieder geval een hersteltijd van meer dan 3 jaar nodig. Mogelijk spelen hier kleine, niet duidelijk aangetoonde verschillen in bodemsamenstelling een belangrijke rol.

De toename in het aantal bodemfaunasoorten in de periode 1998 - 2001 wordt vooral veroorzaakt door een toename in het aantal soorten kreeftachtigen en borstelwormen en kan verklaard worden door het latere tijdstip in het seizoen waarop de bemonstering in 2001 heeft plaatsgevonden.

De groeiende populaties van de schelpdieren *Tellina fabula* en *Tellina tenuis* verklaren de toegenomen dichtheid en biomassa aan schelpdieren. Deze populatiegroei is waarschijnlijk het gevolg van natuurlijk variatie in het voorkomen van deze soorten.

Dankzegging.

Dit onderzoek is tot stand gekomen mede doordat de volgende personen en instanties hun medewerking hebben verleend:

De kapitein en bemanning van het Rijkswaterstaatschip “Kennemer” worden bedankt voor hun hulp bij de bemonstering in 2001. Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland wordt bedankt voor de dieptelodingen in het voormalig putgebied en het op tijd aanleveren van lodingskaarten van het onderzoeksgebied. Als laatste wordt Dhr. W. van der Hoeven van het RIKZ te Haren bedankt voor zijn flexibele inzet om op korte termijn nog een aantal verschilkaarten te maken.

6. Literatuur

Bray J.R. & J.T. Curtis (1957): An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin.
Ecol. Monogr. 27:325-349.

Clarke K.R. & R.M. Warwick (1994): Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation.
Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.

ETI (2000): The World Biodiversity Database: Macrobenthos of the North Sea Vol. I & II.
Biodiversity Center of ETI. Expert Center for Taxonomic Identification, Univ. Amsterdam.

Heip C. (1974): A new index measuring evenness.
J. Mar. Biol. Ass. U.K. 54: 559 -563.

Holtmann S.E., G.C.A. Duineveld & M. Mulder (1999): The macrobenthic fauna in the Dutch sector of the North Sea in 1998 and a comparison with previous data.
NIOZ-rapport 1999-5.

Jongman R.G. H.G., C.J.F. Ter Braak & O.F.R. Van Tongeren (1987): Data analysis in community and landscape ecology.
PUDOC, Wageningen.

Kenny A J. & H.L. Rees (1996): The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos; Results 2 years post-dredging.
Marine Pollut. Bull. 28: 442-447.

Rakhorts H.D. & P.Mens (1997): Zandsuppletie Heemskerk 1996.
Uitvoeringstechnische evaluatie tijdelijke overslag/PUNAISE.
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, afd. Vaarwegen en waterkeringen. 14 pp.

Rijkswaterstaat (2001): Zandput Heemskerk (Punaise). Lodingkaarten; kaartnummers NHAN 2001-52239 & NHAN 2001-52240.
Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, Informatiedienst Water.

Salonen K. & J. Sarvala (1985): Combination of freezing and aldehyde fixation. A superior preservation method for biomass determination of aquatic invertebrates.
Arch. Hydrobiol. 103: 217-230.

Van Dalfsen J.A. (1998): RIACON 2. Long term effects of subaqueous sand extraction North of the island of Terschelling.

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-98.034.

Van Dalfsen J.A. & K. Essink (1997): Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON).

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-97.022

Van Dalfsen J.A., O.W.M. Duijts & B. Storm (1999): Effecten op de bodemfauna van het gebruik van een tijdelijke zandwin/overslagput in de kustzone ter hoogte van Heemskerk. Punaise 2.

Koeman en Bijkerk b.v., Haren. Rapportnr. 99-13.

Van Dalfsen J.A., K. Essink, H. Toxvig Madsen, J. Birklund, J. Romero & M. Manzanera (2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the western Mediterranean.

ICES J. Mar. Sci. 57: 1439 –1445.

Van Moorsel W.N.M. (1994): The Klaverbank (North Sea), geomorphology, macrobenthic ecology and the effect of gravel extraction.

Rapport Bureau Waardenburg bv. Culemborg. Report nr. 94.24.

7. Verantwoording

Status:

Vertrouwelijk

Naam en adres van de opdrachtgever:

RWS-RIKZ

Dhr. K. Essink

Postbus 207

9450 AE Haren

Namen en functies van de projectmedewerkers:

J.A. van Dalfsen

N.H.B.M. Kaag

A. Weber

W.E. Lewis

Projectleider

Wetenschappelijk medewerker

Wetenschappelijk medewerker

Onderzoeks assistent

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

-

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

Juni 2001 tot november 2001

Ondertekening:



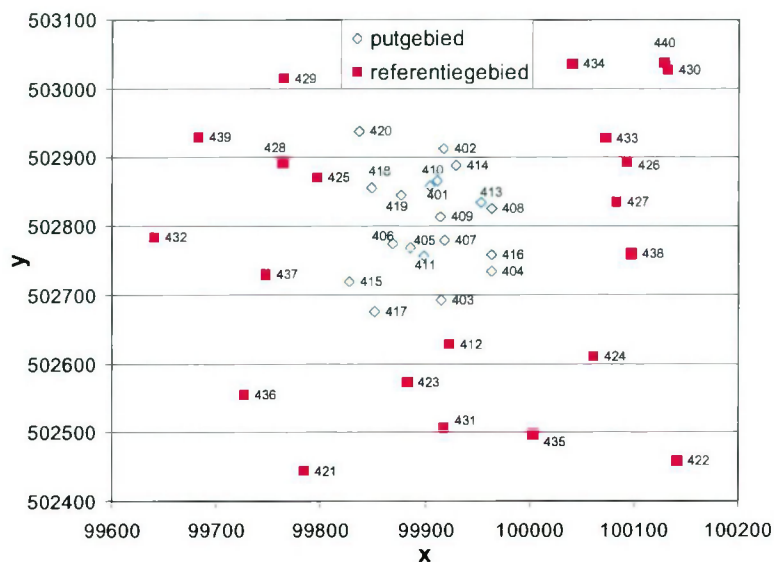
J.A. van Dalfsen
12 november 2001
Projectleider

Goedgekeurd door:



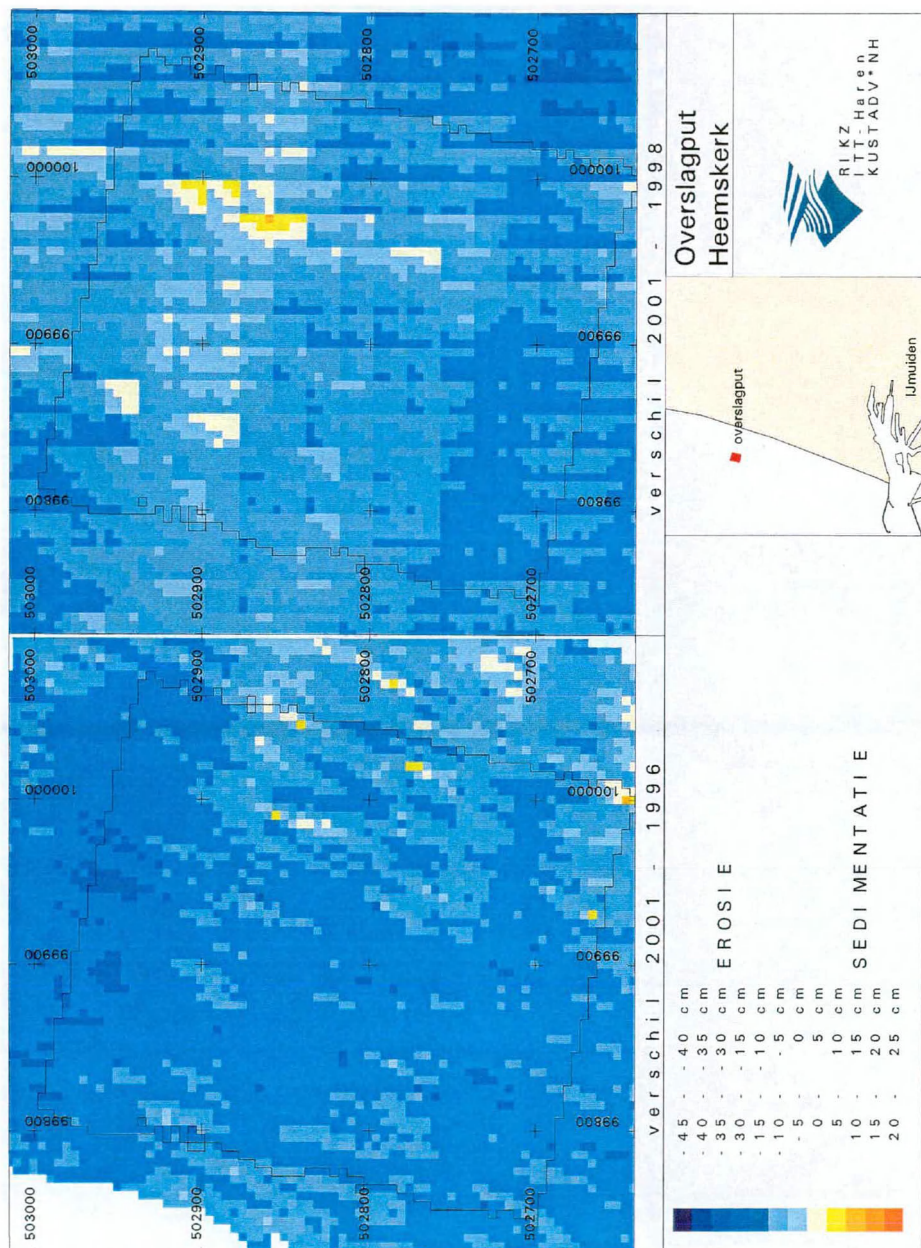
M.C.Th. Scholten
12 november 2001
Afdelingshoofd

Bijlage 1 Coördinaten, diepte t.o.v NAP en abiotische parameters van de monsterstations in juni 2001



station nr	X	Y	diepte (dm)	humus	CaCO3	slib (<63 µm)	D10	D50	D60	D90
401	99904	502859	80	0.05	9.9	1.1				
402	99917	502912	81	0.0	10.5	0.9	124	181	196	286
403	99915	502692	76	0.0	12.7	1.3	124	176	189	267
404	99963	502734	75	0.1	13.7	1.7				
405	99886	502769	80	0.05	8.2	1.6				
406	99869	502775	80	0.0	11.4	0.9	124	185	201	295
407	99918	502779	78	0.0	10.3	0.8	125	181	196	283
408	99963	502826	77	0.05	10.2	0.6				
409	99914	502814	79	0.1	10.5	1.6				
410	99911	502866	80	0.0	11.0	0.9	125	182	197	286
411	99899	502757	79	0.3	13.2	0.8	124	175	188	269
412	99923	502628	75	0.0	11.9	1.0	125	180	194	278
413	99953	502834	78	0.05	8.3	1.8				
414	99929	502888	79	0.1	11	1.6				
415	99828	502719	81	0.05	11.7	1.2				
416	99963	502758	75	0.0	11.5	2.3	121	178	193	281
417	99852	502676	79	0.05	9.8	2.5				
418	99849	502855	82	0.05	9.6	0.8				
419	99877	502845	81	0.05	9.3	1.8				
420	99837	502938	83	0.05	9.3	1.2				
421	99785	502444	78	0.1	10.2	2.4				
422	100141	502458	62	0.0	9.5	0.7	127	177	189	263
423	99883	502573	78	0.05	9.8	0.6				
424	100061	502610	67	0.1	7.5	2.3				
425	99797	502870	83	0.05	11.8	1.2				
426	100093	502893	70	0.05	8.4	1.8				
427	100083	502834	70	0.05	10.8	0.6				
428	99764	502892	84	0.05	11.2	2.5				
429	99765	503014	86	0.0	12.4	1.2	120	175	189	274
430	100132	503027	71	0.0	15.3	1.1	120	170	182	258
431	99918	502506	74	0.1	11.4	1.1	124	176	190	269
432	99641	502783	88	0.0	10.9	1.5	121	178	193	281
433	100072	502927	73	0.1	8.6	1.1				
434	100040	503035	76	0.05	11.7	1.2				
435	100003	502498	69	0.1	7.4	1.8				
436	99727	502554	82	0.0	11.8	2.0	122	183	200	296
437	99748	502730	83	0.0	11.1	1.3	120	174	189	276
438	100097	502759	68	0.0	11.9	0.9	124	170	182	251
439	99683	502929	87	0.1	11.7	1.7				
440	100128	503037	71	0.05	10.7	1.2				

Bijlage 2 **Lodingsgegevens van het onderzoeksgebied bij
Heemskerk. Verschilkaarten: 1996-2001 (a); 1998-
2001 (b)**



b.

a.

Bijlage 3 Overzicht van aangetroffen soorten tijdens het Punaise-2 en het Punaise 3 onderzoek (mei 1996 - juni 2001)

Soortnaam	Afkorting	Nederlandse naam	mei- 96	jan- 97	mei- 97	apr- 98	Juni- 01
Nemertinae		Band- of Snoerwormen					
Nemertinae species	NEMERTIN		+	+	+	+	+
Mollusca		Schelpdieren					
<i>Abra alba</i>	ABRAALBA	Witte dunschaal				+	
<i>Chamelea striatula</i>	CHAMSTRI	Venusschelp			+	+	
<i>Ensis americanus</i> cf <i>directus</i>	ENSIDIRE	Amerikaanse zwaardschede	+	+	+	+	+
<i>Lunatia poliana</i>	LUNAPOLI	Tepelhoom		+		+	
<i>Lunatia alderi</i>	LUNAALE	Glanzende tepelhoom			+		
<i>Macoma balthica</i>	MACOBALT	Nonnetje	+	+	+	+	+
<i>Mactra corallina</i>	MACTCORR	Grote strandschelp					+
<i>Montacuta ferruginosa</i>	MONTFERR	Ovale zeekliitschelp/ Zeeklitmosseltje		+		+	+
<i>Mysella bidentata</i>	MYSEBIDE	Tweetandschelp/ Tweetandmosseltje/ Dwergmosseltje	+	+	+	+	+
<i>Mytilus edulis</i>	MYTIEDUL	Mossel		+			+
<i>Mytilus</i> species	MYTISPEC		+		+		
<i>Spisula subtruncata</i>	SPISSUBT	Halfgeknotte strandschelp	+	+	+	+	+
<i>Tellina fabula</i>	TELLFABU	Rechtsgestrepte plaatschelp	+	+	+	+	+
<i>Tellina tenuis</i>	TELLTENU	Tere plaatschelp	+		+	+	+
Crustacea		Kreeftachtigen					
<i>Atylus falcatus</i>	ATYLFALC		+			+	+
<i>Atylus swammerdami</i>	ATYLSWAM		+		+	+	+
<i>Bathyporeia elegans</i>	BATHELEG					+	
<i>Bathyporeia</i> <i>guilliamsoniana</i>	BATHGUIL			+	+	+	+
<i>Bathyporeia</i> spp.	BATHSPEC					+	
<i>Crangon crangon</i> *	CRANCRAN	Gewone gamaal	+		+	+	+
<i>Cumacea</i> spp.	CUMASPEC					+	
<i>Cumopsis longipes</i>	CUMOLONG				+		
<i>Gammarus crinicomis</i>	GAMMCRI		+				
<i>Diastylis bradyi</i>	DIASBRAD					+	+
<i>Diastylis lucifera</i>	DIASLUCI		+				
<i>Gastrosaccus spinifer</i> *	GASTSPIN		+	+	+	+	
<i>Iphinoe trispinosa</i>	IPHITRIS			+			
<i>Idotea linearis</i>	IDOTLINE	Smalle pissebed			+		
<i>Lamprops fasciata</i>	LAMPFASC		+		+		
<i>Liocarcinus holsatus</i> *	LIOCHOLS	Gewone zwemkrab			+	+	+
<i>Microphthalmus aberrans</i>	MICRABER				+		
<i>Microphthalmus maculatus</i>	MICRMACU					+	
<i>Pagurus bernhardus</i>	PAGUBERN					+	+
<i>Pariambus typicus</i>	PARITYPI	Hongerlijdertje			+	+	
<i>Perioculodes longimanus</i>	PERILONG						+
<i>Pinnotheres pisum</i>	PINNPISU	Erwttenkrabbetje				+	
<i>Pontocrates altamarinus</i>	PONTALTA				+	+	
<i>Pseudocuma gilsoni</i>	PSEUGILS		+		+		+
<i>Pseudocuma longicomis</i>	PSEULONG					+	
<i>Schistomysis kervillei</i> *	SCHIKERV		+		+		+
<i>Urothoe brevicornis</i>	UROTBBREV			+			
<i>Urothoe elegans</i>	UROTELEG		+		+		
<i>Urothoe poseidonis</i>	UROTPOSE	Buldozerkreeftje	+	+	+	+	+

Soortnaam	Afkorting	Nederlandse naam	mei-96	jan-97	mei-97	apr-98	Juni-01
Polychaeta		Borstelwormen					
<i>Autolytus spec.</i>						+	
<i>Arenicola marina</i>	ARENMARI	Zeepeer		+		+	
<i>Capitella capitata</i>	CAPICAPI	Slangpeer	+	+	+	+	+
<i>Chaetozona setosa</i>	CHAESETO		+	+			
<i>Eteone foliosa</i>	ETEOFOLI			+			
<i>Eteone flava</i>	ETEOFNAV				+		
<i>Eteone longa</i>	ETEOLONG	Groengele wadworm	+	+	+		+
<i>Eteone picta</i>	ETEOPICT			+			
<i>Eteone spp</i>	ETEOSPEC			+			
<i>Eumida bahusiensis</i>	EUMIBAHU		+	+			+
<i>Eumida sanguinea</i>	EUMISANG		+	+		+	+
<i>Eumida minuta</i>	EUMIMINU				+		
<i>Harmothoe lunulata</i>	HARMLUNU		+	+	+	+	+
<i>Harmothoe spp</i>	HARMSPEC		+			+	+
<i>Lanice conchilega</i>	LANICONC	Schelpkokerworm	+	+	+	+	+
<i>Magelona mirabilis</i>	MAGEMIRA		+	+	+	+	+
<i>Nephtys caeca</i>	NEPHCAEC		+	+	+	+	+
<i>Nephtys cirrosa</i>	NEPHCIIR		+	+			+
<i>Nephtys hombergii</i>	NEPHHOMB	Zandzager	+	+	+	+	+
<i>Nephtys longosetosa</i>	NEPHLONG		+	+	+		
<i>Nephtys spp. juveniel</i>	NEPHJUVE			+	+	+	
<i>Nereis longissima</i>	NERELONG		+	+	+	+	+
<i>Pectinaria koreni</i>	PECTKORE	Goudkammetje		+	+	+	+
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	PHYLGROE			+	+		+
<i>Phyllodoce lineata</i>	PHYLLINE			+			
<i>Phyllodoce maculata</i>	PHYLMACU	Gestippelde dieseltreinworm	+				+
<i>Phyllodoce mucosa</i>	PHYLMUCO		+	+	+	+	+
<i>Phyllodoce spp.</i>	PHYLSPEC			+			
<i>Polynoidae species</i>	POLYSPEC				+		
<i>Pygospio elegans</i>	PYGOELEG	Zandkokerwormpje			+		
<i>Scolecopsis bonnierii</i>	SCOLBONN		+	+	+	+	+
<i>Scolecopsis foliosa</i>	SCOLFOLI				+		
<i>Scolecopsis squamata</i>	SCOLSQUA					+	
<i>Scoloplos armiger</i>	SCOLARMI	Wapenworm	+	+	+	+	+
<i>Sigalion mathildae</i>	SIGAMATH						+
<i>Spio filicornis</i>	SPIOFILI		+	+	+	+	+
<i>Spio martinensis 1)</i>	SPIOMART		?	?	?	+	
<i>Spiophanes bombyx</i>	SPIOBOMB		+	+	+	+	+
<i>Travisia forbesii</i>	TRAVFORB			+	+		
Echinodermata		Stekelhuidigen					
<i>Asterias rubens</i>	ASTERUBE	Gewone zeester		+			
<i>Echinocardium cordatum</i>	ECHICORD	Hartegel/ Zeeklit	+	+	+	+	+
<i>Ophiura texturata</i>	OPHITEXT	Gewone slangster		+		+	+

* mobiele epifauna; niet in de data-analyses meegenomen

1) samen met *Spio filicornis* als een soort gerekend (zie Van Dalen *et al.* 1999)

Bijlage 4 Aantal individuen per monster (juni 2001)

Soort	Station	Putgebied																			
		401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	413	414	415	416	417	418	419	420	
Nemertinae																					
Nemertinae species		3	1		2	1	2	1		1	2		2	3	5	2	3	5	1	3	
Mollusca																					
Ensis americanus cf directus voet ensis				1		5	1		1		1	3	1	1	1	1	2		1	2	
Euspira pulchella			1			1		1						1							
Macoma balthica			6	1	1		1			4	1	3	2	1	4		1	1			
Mactra stultorum					1					1	2	1					1				
Montacuta ferruginosa							1							1		13	36	39		32	
Mysella bidentata		1		1		1	1	1	1					1		1	2	1	1	2	
Mytilus species																					
Spisula subtruncata					12	3	6	2	5	4	8	21	13	9	22	5	3	8	4	3	
Tellina fabula		2	2	2	6		7	2	1	2	2	2	2		1	3		5	3	5	
Tellina tenuis				2	2	2	2	1	2	1	3	4	2	1		4			2	1	
Donax vittatus		1	1		1	1															
totaal Mollusca		4	10	7	23	13	19	7	10	12	17	34	20	15	29	27	45	54	11	45	
Crustacea																					
Atylus falcatus																					
Atylus swammerdami			1												2						
Bathyporeia guilliamsoniana																				1	
Crangon crangon*juv.					1					1					1			1		1	
Liocarcinus holsatus* juv.		1	1			2	1			1		2	3			1		1		2	
Pagurus bernhardus juv.					2		1					1								1	
Pseudocuma gil-soni/longicomis							1														
Schistomysis kervillei*																	1			1	
Urothoe poseidonis		11	21	19	37	17	12	7	5	27	10	4	15	31	5	18	44	24	14	38	
Diastylus bradyi												1	1								
Periculodes longimanus																				1	
Totaal Crustacea		12	23	19	40	19	15	7	5	29	10	8	19	31	8	19	45	26	14	45	
Polychaeta																					
Autolytus spec.			1			1															
Capitella capitata		6			1					1		1			1			1			
Eteone longa																					
Eumida bahusiensis																				4	
Eumida(sanguinea?)+juv.		2	4	3	7	9	4	1	1	6	3	9	3	7		5	3	2	1	5	
Harmothoe lunulata			2								1			1	4						
Harmothoe spp															1				1		
Lanice conchilega juv.		77	19	13	161	121	113	61	12	68	62	129	73	58	93	109	168	66	25	83	
Magelona papillicomis juv.		32	57	29	17	15	26	15	30	40	26	67	44	42	25	52	99	68	26	30	
Nephtys caeca																					
Nephtys cirrosa			1		1			1			1										
Nephtys hombergii		3	4	4	10	6	9	5	10	10	8	13	10	3	7	5	3	4	4	5	
Nephtys spp. juveniel		2	1		1				1	1		1	1	1							
Nereis longissima																					
Pectinaria koreni juv.		1			1					3		1		2	1		1	2			
Phyllodoce groenlandica juv.		1										1	2								
Phyllodoce maculata											1										
Phyllodoce mucosa					1		3			1	1			3	1	1	2	2	1	4	
Sigalion mathildae						1						2					1		1		
Scolecopsis bonnierii																		1			
Scoloplos armiger						3		1	2			3	2	1		1	1			1	
Spio filicornis		19	8	11	4	10	7	3	12	6	2	10	4	6	2	20	15	13	12	23	
Spiophanes bombyx		12	19	12	25	34	24	14	12	10	18	13	78	36	21	16	15	42	7	26	
Totaal Polychaeta		155	116	72	229	200	186	101	81	146	124	250	217	160	156	209	308	201	78	181	
Echinodermata																					
Echinocardium cordatum																2	2	1		2	
Ophiura texturata											1										
Anthozoa																					
Actiniaria spec.																1					

Soort	Station	Referentiegebied																				
		412	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440
Nemertinae																						
Nemertinae species		3	1	1	3	1	1		1	3	1	2	2	2	3	1	2	3	3	4	3	1
Mollusca																						
Ensis americanus cf directus voet ensis		1			1	1	3	3	2	1	2	2	1				1		1		1	
Euspira pulchella		1			1	1										1						
Macoma balthica		1							1					1							1	
Mactra stultorum		1																				
Montacuta ferruginosa			1	1	2		2			17	103	9	17	35			16	38		3		
Mysella bidentata										1	2	3		3			2			1		
Mytilus species																						
Spisula subtruncata		2	1	1	14	4	14	3	2	10	6	4	4	9	7	3	2	6	3	1	4	27
Tellina fabula		3			2	3	6	1	1	4	13	1	1	6	2	1	1	4	7		6	3
Tellina tenuis		1	1	1	4	3		4	1	4	2	2	1		3	4	5	4	4		1	2
Donax vittatus					2	1	1						1				1		1	1		
totaal Mollusca		10	3	3	25	13	27	11	6	38	128	21	25	54	12	8	9	34	52	3	16	34
Crustacea																						
Atylus falcatus		1												1								
Atylus swammerdami					1																	
Bathyporeia guilliamsoniana																						
Crangon crangon*juv.						1			1					1					1			
Liocarcinus holsatus* juv.					1					1				1	2	1						
Pagurus bernhardus juv.		1			2	1													1			
Pseudocuma gil-soni/longicomis						1	1							1				1				
Schistomysis kervillei*		1	2	2	1	2			1					2	1	1		1	1		2	
Urothoe poseidonis		18	1	1	9	10	12	6	17	24	34	19	8	19	7	14	20	42	17	16	7	
Diastylus bradyi							1		1										1			
Periculodes longimanus														1								
Totaal Crustacea		21	3	3	14	15	14	6	20	25	34	19	8	26	10	16	20	44	20	17	18	7
Polychaeta																						
Autolytus spec.																						
Capitella capitata																						
Eteone longa										1					1							
Eumida bahusiensis					2	2	3		2	1	1	1		7		7	2	3	2	1	6	
Eumida(sanguinea?)+juv.		10	2	2	1				2	3	2			2	3	4		1	5	1	3	
Harmothoe lunulata									2	1		1							2		1	
Harmothoe spp					1				1					1								
Lanice conchilega juv.		45	11	11	63	28	100	42	43	92	124	120	5	153	125	62	25	68	146	47	101	69
Magelona papillicomis juv.		85	18	18	31	11	151	16	28	82	20	105	69	24	13	42	17	79	92	27	28	31
Nephtys caeca								1														
Nephtys cirrosa					1	4			2						2	1				1	1	
Nephtys hombergii		5	4	4	7	6	6	9	9	8	3	6	3	5	8	7	4	9	8	6	7	5
Nephtys spp. juveniel							1		3		1	1	2		1	1	3				1	
Nereis longissima					1																	
Pectinaria koreni juv.											2				3			1	1		1	
Phyllodoce groenlandica juv.					1	1				1												
Phyllodoce maculata																						
Phyllodoce mucosa		1			3	1	3	3		1	3			2	3		1			1	1	1
Sigalion mathildae									1							1	1					
Scolecopsis bonnier						2	1											1				
Scoloplos armiger		1			1				1			1										
Spio filicornis		15	18	18	9	7	24	1	4	22	8	24	9	9	2	10	2	12	14	3	9	3
Spiophanes bombyx		18	7	7	33	37	57	58	50	13	52	23	21	9	20	39	32	34	22	42	23	24
Totaal Polychaeta		180	60	60	153	98	347	135	148	223	213	284	110	211	182	174	86	208	290	131	171	145
Echinodermata																						
Echinocardium cordatum										1	5	1	1				1	2		1		
Ophiura texturata									1													
Anthozoa																						
Actinaria spec.							1												1			

Soort	Station	Putgebied													
		401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	413	414	
Nemertinae species		0.0210	0.0223		0.0057	0.0103	0.0059	0.0045		0.0022	0.0231		0.0134	0.0179	
Mollusca	lengteklasse														
Ensis americanus cf directus	4.0 - 4.5														
	4.5 - 5.0			0.2435						0.2458					
	5.0 - 5.5								0.2713		0.2792				
	5.5 - 6.0														
	6.0 - 6.5														
	6.5 - 7.0														
	7.0 - 7.5														
	7.5 - 8.0														
	8.0 - 8.5														
	8.5 - 9.0														
	9.0 - 9.5														
	9.5 - 10.0														
	10.5 - 11.0														
	11.0 - 11.5														
	11.5 - 12.0					1.4563									
	> 12														
	< 4.0					0.0249	0.0050					0.0487	0.0003	0.0002	
Euspira pulchella			0.0971			0.0261		0.1681						0.0679	
Macoma balthica	1993														
	1995														
	1996		0.8338	0.1452			0.1070			0.4728	0.1179	0.5100		0.1139	
	1997				0.0933					0.1515			0.1810		
	2000														
	2001														
Mactra corallina					0.8907					0.3155	0.5073	0.3294			
Montacuta ferruginosa							0.0006							0.0025	
Mysella bidentata		0.0007		0.0001		0.0237	0.0030	0.0081	0.0019					0.0010	
Mytilus species						0.2366									
Spisula subtruncata	< 0.5							0.0375		0.0704					
	0.5 - 1.0														
	1.0 - 1.5		0.3185		0.0685	0.0912	0.0564	0.0308					0.2998		
	2.0 - 2.5						0.1953			0.3502		0.3967			
	2.5 - 3.0		0.5578		1.2004		0.4138				0.3683	1.2642	1.1767	0.3281	
	3.0 - 3.5					0.3496						0.4202	0.2539	0.3566	
	1.5 - 2.0				0.5802		0.1634		0.4914	0.1138	0.6595	1.0870	0.2604	0.2761	
Tellina fabula	0.5 - 1.0				0.0934		0.0773								
	1.0 - 1.5	0.0263	0.0761	0.0489			0.0496	0.0168	0.0024	0.0554	0.0399	0.0926	0.0543		
	1.5 - 2.0														
Tellina tenuis	0.5 - 1.0					0.0195	0.0059			0.0040	0.0800	0.0542	0.0113		
	1.0 - 1.5			0.0328	0.0541			0.0028						0.0135	
	1.5 - 2.0					0.0611			0.0469						
	2.0 - 2.5														
	2.5 - 3.0						0.0542								
Donax vittatus	1 - 1.5	0.0277				0.0089									
	2.5 - 3		0.1645		0.2576										
Totaal Mollusca		0.0547	2.0478	0.4705	3.2382	2.2979	1.1315	0.2641	0.8139	1.5336	2.0187	4.4822	2.2377	1.1598	
Polychaeta															
Magelona papillicornis		0.0044	0.0049	0.0050	0.0018	0.0155	0.0048	0.0331	0.0041	0.0272	0.0048	0.0319	0.0101	0.0073	
Nephtys caeca															
Nephtys cirrosa			0.0110		0.0077			0.0306			0.0103				
Nephtys hombergii		0.0880	0.2312	0.1137	0.1692	0.1311	0.1832	0.1335	0.1755	0.2660	0.1588	0.2640	0.1632	0.1902	
Nephtys longosetosa															
Nephtys spp. juveniel		0.0019							0.0028	0.0106		0.0262	0.0003	0.0019	
Nereis longissima															
Overige soorten (verzamel)		0.0355	0.1089	0.0142	0.0943	0.1279	0.0543	0.0654	0.0150	0.0400	0.1044	0.0827	0.0861	0.0463	
Totaal Polychaeta		0.1298	0.3560	0.1329	0.2730	0.2745	0.2423	0.2626	0.1974	0.3438	0.2783	0.4048	0.2597	0.2457	
Echinodermata															
Echinocardium cordatum															
Echinocardium cordatum juv.															

Station		Putgebied						Referentiegebied								
Soort		415	416	417	418	419	420	412	421	422	423	424	425	426	427	
Nemertinae species		0.0595	0.0006	0.0142	0.0049	0.0094	0.0050	0.0068	0.0040	0.0026	0.0304	0.0113	0.0041		0.0137	
Mollusca	lengteklasse															
Ensis americanus cf directus	4.0 - 4.5		0.1036										0.0859		0.0321	
	4.5 - 5.0						0.1392							0.1680		
	5.0 - 5.5															
	5.5 - 6.0															
	6.0 - 6.5															
	6.5 - 7.0															
	7.0 - 7.5															
	7.5 - 8.0															
	8.0 - 8.5															
	8.5 - 9.0													0.4428		
	9.0 - 9.5															
	9.5 - 10.0															
	10.5 - 11.0															
	11.0 - 11.5	0.0744														
	11.5 - 12.0	0.1175														
	> 12															
	< 4.0			0.0028		0.0050	0.0018	0.0032	0.0038		0.0012	0.0342		0.0003	0.0050	
Euspira pulchella								0.0183			0.0267	0.0804				
Macoma balthica	1993									0.1660						
	1995															
	1996	0.2367		0.1110	0.1533			0.1354								
	1997	0.2337														
	2000															
	2001															
Mactra corallina				0.8328				0.7481								
Montacuta ferruginosa			0.0076	0.0291	0.0218		0.0253		0.0026	0.0025		0.0006				
Mysella bidentata				0.0002	0.0038	0.0011	0.0046									
Mytilus species																
Spisula subtruncata	< 0.5															
	0.5 - 1.0								0.1257							
	1.0 - 1.5	0.3114					0.1028	0.1372	0.1968		0.0979			0.1550	0.1223	
	2.0 - 2.5	0.4490							0.3155	0.1579	0.5799					
	2.5 - 3.0	1.3881	0.5850		0.4761		0.1454		0.8796		0.4317	0.4192	0.6271			
	3.0 - 3.5	0.5346			0.2443											
	1.5 - 2.0	0.6234	0.1576	0.2548	0.4318	0.3063	0.1028				0.3507	0.1312	0.7105			
Tellina fabula	0.5 - 1.0			0.1302	0.1644				0.0724							
	1.0 - 1.5	0.0170	0.0470			0.0722	0.1211	0.0234			0.0426	0.0578	0.1237	0.0175	0.0055	
	1.5 - 2.0															
Tellina tenuis	0.5 - 1.0		0.0237			0.0216	0.0116				0.1225	0.0230		0.1489		
	1.0 - 1.5															
	1.5 - 2.0							0.1826		0.0506					0.0497	
	2.0 - 2.5															
	2.5 - 3.0															
Donax vittatus	1 - 1.5										0.2127	0.1396	0.1717			
	2.5 - 3															
Totaal Mollusca		3.9858	0.9245	1.3609	1.4955	0.4062	0.6546	1.2482	1.5938	0.2111	2.0077	0.8317	1.7999	0.9325	0.2146	
Polychaeta																
Magelona papillicornis		0.0031	0.0059	0.0127	0.0094	0.0022	0.0045	0.0130	0.0078	0.0095	0.0058	0.0046	0.0150	0.0033	0.0020	
Nephtys caeca																
Nephtys cirrosa											0.0144	0.0440			0.0155	
Nephtys hombergii		0.1641	0.0875	0.0563	0.1695	0.0999	0.1218	0.0565	0.0891	0.0993	0.1781	0.0712	0.1415	0.2375	0.3005	
Nephtys longosetosa																
Nephtys spp. juveniel									0.0049				0.0026		0.0039	
Nereis longissima																
Overige soorten (verzamel)		0.0463	0.0695	0.0603	0.1235	0.0798	0.0740	0.0244	0.1378	0.0111	0.1006	0.0518	0.0614	0.1726	0.1068	
Totaal Polychaeta		0.2135	0.1629	0.1293	0.3024	0.1819	0.2003	0.0939	0.2396	0.1199	0.2989	0.1716	0.2205	0.4134	0.4287	
Echinodermata																
Echinocardium cordatum			1.0481	1.2687	0.6419		1.1540									
Echinocardium cordatum.Juv.																

