

873.86
(2^e)

Eindrapport Vervolgonderzoek Schelpenwinning



Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Noord-Nederland

Eindrapport Vervolgonderzoek Schelpenwinning

T.T. Reijngoud (RWS, Directie Noord-Nederland)

m.m.v.:

J. Bosboom (WL-Delft Hydraulics)

J.A. Craeymeersch (RIVO)

N. Dankers (Alterra)

M.F. Leopold (Alterra)

M.J. van der Meulen (RWS-DWW)

G. van Moorsel (Bureau Waardenburg)

H.P.J. Mulder (RWS-RIKZ)

J. Perdon (RIVO)

A.J.F. van der Spek (NITG-TNO)

M.J.F. Stive (WL-Delft Hydraulics)

S. de Vries (GEO Plus)

F.M. Zant (Koeman & Bijkerk)

Samenvatting

De vigerende *Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning* constateert op een aantal terreinen kennisleemten t.a.v. de inhoudelijke onderbouwing van het landelijke schelpenwinbeleid. N.a.v. deze kennisleemten en een aantal aanvullende vragen is het *Vervolgonderzoek Schelpenwinning* (VSw) uitgevoerd, met name gericht op het waddengebied. Het voorliggende rapport bevat de resultaten van het VSw.

Onderzoeksvragen:

Het VSw richt zich inhoudelijk op vier onderzoeksvragen:

1. Wat is de marktontwikkeling voor schelpen in de komende 15 jaar?
2. Waar komen schelpenbanken voor, wat is de schelpenaanwas, wat is de totale (winbare) schelpenvoorraad en wat is de de ouderdom van gewonnen schelpen?
3. Wat is de waarde van schelpenbanken als vestigingsplaats voor soorten?
4. Wat is het effect van schelpenwinning op morfologie, eilandkusten en zwevende stof?

Onderzoekresultaten:

Er wordt in de komende 15 jaar een groei voorzien van het jaarlijkse landelijke afzetvolume van schelpen van minimaal 320.000 tot maximaal 420.000 m³ (bij gemiddelde economische groei: 375.000 m³). De totale groei zal ondermeer afhangen van de economische ontwikkeling; de mate waarin, zoals dat nu het geval is, het aanbod gelimiteerd zal zijn; de toepassingsmogelijkheden van minder hoogwaardige schelpenmengsels (zoals mengsels met een lager kokkelpercentage). Schelpen hebben vanuit milieuoogpunt een vergelijkbare of gunstiger positie t.o.v. de meeste alternatieve grondstoffen voor de betreffende toepassingen.

De jaarlijkse *netto* kokkelaanwas in de Waddenzee bedraagt ca. 156.000 ± 48.000 m³. Daarnaast wordt een onbekende hoeveelheid overige schelpensoorten geproduceerd. In de Noordzeekustzone boven de waddeneilanden groeien *Spisula*. De aanwas varieert zeer sterk per jaar. Voor de jaren '95-'99 is een jaarlijks gemiddelde aanwas van maximaal ca. 75.000 m³ *netto* bepaald. Op tenminste een aantal buitendelta's komen winbare concentraties schelpen (kokkels) voor. In de overige Noordzeekustzone zijn dergelijke concentraties niet aangetroffen. De ouderdom van gewonnen schelpen uit de Waddenzee en de buitendelta's beslaat tenminste een groot deel van het Holoceen.

De waarde van schelpenbanken als ecotoop lijkt vooralsnog beperkt. Voor de vestiging van soorten op schelpenbanken lijkt een relatief lange, ongestoorde ontwikkeling nodig. Deze situatie komt momenteel niet voor in de Waddenzee ondermeer t.g.v. garnalenvisserij.

De effecten van gespreide winning (huidige quota) op de morfologie van de Waddenzee zijn relatief beperkt, evenals de effecten op de eilandkusten in vergelijking met de autonome zandverliezen aan de kust. De effecten nemen toe bij een langdurige geconcentreerde winning. Echter, langs een groot deel van de waddenkust is een Basiskustlijn vastgesteld en wordt kusterosie (mede a.g.v. schelpenwinning) gecompenseerd met zandsuppleties. De natuurlijke sedimentopvulling van winputten in de Waddenzee duurt enkele maanden. Over de effecten van schelpenwinning op zwevende stof is weinig bekend.

Conclusies

Het Vervolgonderzoek Schelpenwinning (VSw) richt zich op vier onderzoeksterreinen. In de paragrafen 1 t/m 4 hieronder worden per onderzoeksterrein de onderzoeksvragen en de uit het onderzoek volgende conclusies weergegeven.

1 Marktbehoefte en -ontwikkelingen

Onderzoeksvragen:

- Wat is de marktbehoefte aan schelpen per schelpensoort (kokkels, *Spisula*'s, overige soorten) per toepassingsmogelijkheid in de komende jaren? Hierbij wordt extra ingezoomd op de vraag wat de toepassingsmogelijkheden zijn van partijen schelpen met relatief hoge percentages *Spisula* en/of overige schelpen.
- Wat zijn de mogelijkheden voor de toepassing van alternatieve materialen per toepassingsmogelijkheid? Tevens wordt in dit kader gezien in hoeverre toepassing van schelpen voldoet aan de sulfaatnorm als gesteld in het bouwstoffen besluit.
- Wat is de milieubelasting van deze alternatieve materialen in vergelijking met de toepassing van schelpen?

Conclusies:

Ten aanzien van de onderzoeksvragen zoals hierboven geformuleerd worden op basis van het VSw de volgende conclusies getrokken:

- Er zijn vier prognoses opgesteld t.a.v. de landelijke schelpenvraag in het jaar 2015. Afhankelijk van de gebruikte aannames over het toekomstige schelpenwinbeleid (m.n. quoteringen) en de algemene economische ontwikkeling in Nederland, varieert in deze prognoses de totale schelpenvraag in 2015 als volgt: 322.000 tot 421.000 m³. Een berekening op basis van een CPB-scenario t.a.v. de gemiddelde economische groei levert een prognose van 375.000 m³ op.
- Er lijken mogelijkheden te bestaan voor het intensiever toepassen van schelpenmengsels met relatief weinig kokkels. Voor gritfabricage en isolatie zijn in het verleden schelpenmengsels met relatief weinig kokkels toegepast. Hieruit kan de voorzichtige conclusie getrokken worden dat er voor deze toepassingen ook in de toekomst schelpenmengsels met relatief veel *Spisula* dan wel – bij voorkeur – ‘overige’ schelpen kunnen worden gebruikt. Hier staat echter tegenover dat de betreffende marktpartijen het accent van de winningsactiviteiten hebben verlegd naar de Waddenzee en Noordzee, waar relatief meer kokkelrijke mengsels worden gewonnen (resp. 75 en 65%). Deze verschuiving is ten koste gegaan van de winning in de Westerschelde.

- Voor verschillende toepassingen van schelpen bestaan in beginsel alternatieve materialen. Wanneer de milieueffecten van het toepassen van schelpen met alternatieven worden vergeleken, scoren schelpen op bijna alle toepassingsgebieden neutraal of beter. Voor een aantal toepassingen waarvoor transport (-afstand en/of -middel¹) de belangrijkste bepalende factor is in de milieuvergelijking geldt dat schelpen voornamelijk goed scoren bij toepassing in de kustgebieden. Als voorbeeld kan hier dienen de toepassing van kleischelpen voor verharding van fietspaden op de waddeneilanden.
- Het sulfaatgehalte van de schelpen ligt op ongeveer 70% van de grenswaarde van categorie 1 van het Bouwstoffenbesluit.

2 Het voorkomen en de eigenschappen van schelpen concentraties

Onderzoeksvragen:

- Wat is de jaarlijkse aanwas van kokkels, *Spisula*'s en overige schelpen in de Waddenzee, de buitendelta's en de kustzone tot 3 mijl uit de eilanden?
- Is er sprake van een, geologisch gezien, temporeel continue vorming van schelpenbanken? Hierbij wordt extra ingezoomd op de ouderdom van gewonnen schelpen.
- Wat zijn de in de praktijk aanwezige percentages kokkels, *Spisula*'s en overige schelpen in de gewonnen hoeveelheden schelpen?
- In hoeverre komen er winbare schelpenvoorraden voor in de Noordzee kustzone?

Conclusies:

Ten aanzien van de onderzoeksvragen zoals hierboven geformuleerd worden op basis van het VSw de onderstaande conclusies getrokken. Het VSw leidt ook tot een aantal conclusies t.a.v. het transport van schelpen en de totale winbare schelpenvoorraad in de Waddenzee. Ook deze conclusies worden hieronder weergegeven:

- Jaarlijkse netto aanwas van kokkels en *Spisula* bedraagt bij benadering:
 - Jaarlijkse netto kokkelaanwas in het PKB-gebied van de Waddenzee (schelpen groter dan 1,5 cm): $156.000 \pm 48.000 \text{ m}^3$.
 - Jaarlijkse netto *Spisula* produktie in de kustzone boven de waddeneilanden (3-mijlszone) varieert zeer sterk per jaar. Voor de jaren '96-'99 is een gemiddelde netto aanwas gevonden van ca. $75.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Dit getal is exclusief de verliezen a.g.v. de *Spisula*visserij en de waarschijnlijk aanzienlijke effecten van fysische vergruizing.
- Het verschil tussen de bruto- en nettocijfers wordt bepaald door het verlies. De belangrijkste verliesposten voor de Waddenzee (PKB-gebied) zijn: fysische en biologische vergruizing en kokkelvisserij (totaal verlies: 25%). In de kustzone van de waddeneilanden is de belangrijkste verliespost biologische vergruizing (vraat door vogels). Deze verliespost bedraagt ca. 50%. De omvang van de fysische vergruizing is niet bekend. Gezien het lage percentage *Spisula* in de gewonnen partijen schelpen zal deze extra verliesfactor waarschijnlijk aanzienlijk zijn.

¹ Zoals bijvoorbeeld binnenschip of vrachtwagen.

- De theoretisch maximaal winbare schelpenvoorraad in de Waddenzee inclusief de Noordzeekustzone bedraagt op basis van een zeer grove schatting² ca. $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ⁽³⁾ schelpen.
- Schelpen in de Waddenzee groeien voor het overgrote deel op de droogvallende wadplaten. Na afsterven blijft een deel van de schelpen achter op de platen. Het grootste gedeelte wordt echter onder invloed van waterbeweging (met name golven) vervoerd naar de plaatranden waar de schelpen accumuleren. Wanneer de plaatrand door een migrerende geul wordt aangesneden, vallen de schelpen door de waterkolom naar de bodem van de geul. De stroomsnelheid en bodemschuifspanning in de geulen van de Waddenzee zijn over het algemeen te laag om schelpen daadwerkelijk te transporteren (dit geldt niet voor de diepe geulen rond de zeegaten). De schelpen die aldus op de geulbodem neerkomen vormen over het algemeen geen geconcentreerde accumulatie. Een dergelijke schelpenconcentratie ontstaat pas wanneer de stroomsnelheid in de geul voldoende hoog is om het zand op de geulbodem te eroderen (uit te spoelen) terwijl de schelpen blijven liggen. Een dergelijke situatie komt met name voor in buitenbochten van geulen en daar waar twee geulen bijeenstromen. Hier worden dan ook de meeste schelpenconcentraties door de winners aangetroffen. Een aldus ontstane schelpenconcentratie kan overigens a.g.v. geul- en plaatmigratie weer worden bedekt door sediment. Indien een geul vervolgens nogmaals over de, inmiddels begraven schelpenconcentratie heen migreert kunnen de schelpen weer bereikbaar worden voor de winners. Overigens is het zo dat ook een deel van de begraven schelpenbanken voor de winners bereikbaar zijn, mits de totale dikte van bedekkende sedimentlaag en bedekte schelpenlaag niet dikker is dan ca. 4 m.
- Er vindt als gevolg van stroming schelpenuitwisseling plaats tussen de kustzone, de buitendelta's en de Waddenzee. Over de omvang van dit proces is echter weinig bekend.
- In de kustzone vindt kustwaarts transport plaats door golven in de brandingszone. Zeewaarts transport vindt plaats door de retourstroom aan de zeebodem en in muiën.
- De ouderdom van de gewonnen schelpen in de Waddenzee en de buitendelta's beslaat een zeer brede range:
 - kokkels: 500-7000 cal BP
 - *Spisula*: 300-3300 cal BP

Naast deze oude schelpen zijn ook relatief verse schelpen aangetroffen in de gewonnen hoeveelheden. De percentages 'relatief vers' is, uitgedrukt in gewichtspercentage, voor respectievelijk kokkels en *Spisula* 0-22 en 2-33%. Er lijkt dan ook sprake te zijn van een in de tijd min of meer continue vorming van schelpen en een goede menging door het systeem.

- De soortensamenstelling van gewonnen partijen schelpen worden weergegeven in onderstaande tabel.

² In dit cijfer is de geschatte totale hoeveelheid gewonnen schelpen in de afgelopen eeuwen (naar schatting ca. $24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, deelonderzoek 10) reeds verwerkt.

³ Dit getal geldt voor de Waddenzee inclusief de Noordzee kustzone vanaf een diepte van NAP +5 m. Voor de Noordzee kustzone geldt bij de berekening bovendien een maximale diepte van NAP -20 m. In het getal is meegenomen dat schelpenwinners met een zuigbuis tot maximaal 4 m onder het bodemoppervlak schelpen kunnen winnen. Het totale getal betreft een theoretisch getal omdat deze schelpen niet per definitie winbaar zijn daar ze niet per definitie in winbare concentraties voorkomen.

	kokkels	Spisula	overige
Waddenzee (PKB)	75	4	21
Buitendelta's Waddenzee*	72	6	22
Westerschelde*	27-40	3	rest
Voordelta*	25-73	5-50	rest
Noordzee**	65	10	25

Soortensamenstelling gewonnen partijen schelpen (%)

**) Deze getallen zijn betrekkelijk, als gevolg van de relatief beperkte hoeveelheid monsters*

***) Deze verhoudingsgetallen zijn betrekkelijk. Ze zijn gebaseerd op een winning van 47.550 m³ uit 1999 in het Noordzee gebied voor de Zeeuwse kust (Schouwenbank).*

- Dit onderzoek heeft niet aangetoond dat de Noordzee kustzone van de waddeneilanden winbare schelpenhoeveelheden bevat. De buitendelta's zijn mogelijk meer kansrijk gezien de lange winningshistorie op de buitendelta van het Zeegat van Terschelling.

3 Schelpenbanken als ecotopen

Onderzoeksvraag:

In hoeverre komen er in de Waddengebied schelpenbanken die zich kunnen ontwikkelen tot ecotopen waarop zich specifieke flora en fauna bevindt? Hierbij wordt ook globaal bekeken in hoeverre het afsluiten van de oostelijke Waddenzee voor schelpenwinning van invloed kan zijn op de ontwikkeling van soorten op schelpenbanken.

Conclusies:

Op basis van het hier gepresenteerde onderzoek kunnen de onderstaande kwalitatieve conclusies worden getrokken. Daarbij moet wel worden aangetekend dat het hier gaat om een in omvang relatief beperkt onderzoek. De onderstaande conclusies moeten dan ook worden gezien in het kader van deze beperktheid.

- Op zes onderzochte schelpenbanken in de oostelijke (2) en de westelijke (4) Waddenzee is in relatief beperkte mate flora en fauna aangetroffen. De belangrijkste aangetroffen soorten zijn hydroiden, zeepokken en mosdiertjes, allen opportunistische soorten die zich vaak als één van de eerste soorten vestigen op nieuw substraat.
- Er zijn indicaties gevonden dat het regelmatig voorkomen van garnalenvisserij de vestigingskansen van soorten kan beperken. Het is daarom niet waarschijnlijk dat zich op schelpenbanken duurzaam structuurvormende soorten zullen vestigen wanneer deze banken regelmatig worden bevestigd door garnalenvissers. Extra onderzoek op dit gebied is noodzakelijk om de eventuele invloed van garnalenvisserij vast te stellen.

4 De effecten van schelpenwinning

Onderzoeksvragen:

- Wat is het effect van schelpenwinning op de kusterosie op de waddeneilanden?
- Wat is de invloed van winning op de stabiliteit van geulranden en platen?
- Wat is het effect van schelpenwinning op het zwevende stofgehalte in het water?

Conclusies:

Ten aanzien van de onderzoeksvragen zoals hierboven geformuleerd worden op basis van het VSw de onderstaande conclusies getrokken.

Effecten op de kusten van de waddeneilanden

- Wanneer de effecten van de winning van het huidige jaarlijkse quotum voor het waddengebied (te weten 120.000 m³ in de kustzone⁴ en 90.000 m³ in het westelijke PKB gebied) gelijkelijk worden gespreid over de eilandkusten, leidt dit tot een extra profielverlies en kusterosie zoals weergegeven in onderstaande tabel. **NB:** Deze cijfers geven slechts orde grootte schattingen.

Effect op de kust van	Sedimentverlies in m ³ /jaar	Kustachteruitgang in m/jaar
Texel	32.000	0,08
Vlieland	24.000	0,08
Terschelling	28.800	0,08
Ameland	12.750	0,04
Schiermonnikoog	7.500	0,04
TOTAAL	105.050	

Extra sedimentverlies in m³/jaar en kustachteruitgang in m/jaar als gevolg van gespreide winning van schelpen bij de huidige quotering (winning van 90.000 m³/jaar in de westelijke Waddenzee en 120.000 m³/jaar op de buitendelta's en de eilandkusten). NB: Deze cijfers geven slechts orde grootte schattingen.

Deze additionele kusteffecten zijn relatief beperkt t.o.v. de autonome kustdynamiek. Daarbij dient te worden aangetekend dat in het kader van het kustbeleid op die plaatsen waar een Basis Kustlijn is vastgesteld, kusterosie via zandsuppleties wordt gecompenseerd.

- Een in ruimte en tijd geconcentreerde schelpenwinning kan in principe, afhankelijk van het gekozen winningsscenario leiden tot een zich relatief lokaal manifesterende, grotere additionele kustachteruitgang.
- Naarmate de schelpenwinning dichter onder de kust plaatsvindt, zullen de effecten zich op een kortere tijdschaal als meer lokaal manifesteren.

Bodem- en geulstabiliteit

Daar waar een schelpenbank aan het bodemoppervlak van een geul ligt kunnen schelpen een beschermende laag ('channel lag') vormen die het onderliggende sediment voor erosie vrijwaart. Op het moment dat deze laag

⁴ Zoals in Hoofdstuk 4 is weergegeven, zijn er geen winbare schelpenconcentraties in de Noordzee kustzone buiten de buitendelta's aangetroffen.

wordt verwijderd kan de geul iets verder uitdiepen als gevolg van erosie van de nu onbeschermde bodem.

Het verwijderen van een schelpenbank aan de rand van een plaat kan in theorie leiden tot een versteiling of ondergraving van de plaatrand, waarna de rand instabiel wordt en er een plaatval kan optreden. Uit de praktijk is echter slechts één geval bekend waarbij de relatie schelpenwinning-plaatval niet geheel is uit te sluiten (in de Westerschelde)⁵.

Schelpenwinputten

In het VSw is het opvulverloop van twee schelpenwinputten (resp. klei (200 m³ schelpen gewonnen) en schone schelpen (150 m³ schelpen gewonnen)) in de Meep ingemeten. De sedimentopvulling verloopt langzaam en gestaag. Naar schatting zijn ca. 4-5 maanden nodig om de putten geheel op te vullen met sediment.

Zwevende stof

Er zijn in de literatuur geen gegevens gevonden over de mate waarin schelpenwinning leidt tot effecten op het zwevendestofgehalte in de waterkolom. Ook over de laterale verspreiding van het zwevende stof in het water is geen informatie gevonden. Op basis van waarnemingen kan echter worden geconcludeerd dat schelpenwinning ter plaatse tijdens de winning een verhoogde watertroebelheid kan veroorzaken als gevolg van het uitspoelen of retourneren van zand en fijn sediment.

⁵ Plaatvallen kunnen overigens ook door natuurlijke of andere menselijke factoren worden veroorzaakt.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Conclusies	4
1 Marktbehoefte en -ontwikkelingen	4
2 Het vóórkomen en de eigenschappen van schelpen concentraties	5
3 Schelpenbanken als ecotopen	7
4 De effecten van schelpenwinning	8
Inhoudsopgave	10
Inleiding	12
1.1 Projectkader	12
1.2 Algemene doelstelling: invulling kennisleemten en evaluatie	12
1.3 Onderzoeksaanpak	13
1.4 Afbakening	14
1.4.1 Beperkte diepgang	14
1.4.2 Gebiedsafbakening	14
1.5 Leeswijzer	15
2 Deelonderzoeken	16
2.1 Hoofdstuk 3: Marktbehoefte en -ontwikkelingen	16
2.1.1 Deelonderzoek 1: Marktonderzoek schelpen (Rijkswaterstaat, <i>Dienst Weg- en Waterbouwkunde</i>)	16
2.2 Hoofdstuk 4: Het vóórkomen en de eigenschappen van schelpenconcentraties	17
2.2.1 Deelonderzoek 2: Literatuur- en bronnenstudie <i>Vervolgonderzoek Schelpenwinning</i> (Geo Plus)	17
2.2.2 Deelonderzoek 3: Vervolgonderzoek Schelpenwinning Waddenzee - Kansrijke gebieden voor schelpen-accumulaties en koppeling met grootschalige fysische kenmerken (Geo Plus)	17
2.2.3 Deelonderzoek 4: Veldinventarisatie Schelpenvoorkomens in de Waddenzee (RIKZ)	18
2.2.4 Deelonderzoek 5: Schelpen in de kustzone boven de Waddeneilanden (RIVO)	18
2.2.5 Deelonderzoek 6: Jaarlijkse schelpkalkproductie door <i>Spisula subtruncata</i> (RIVO)	19
2.2.6 Deelonderzoek 7: Vervolgonderzoek Schelpenwinning Waddenzee - de ouderdom van winbare schelpen (TNO-NITG)	19
2.2.7 Deelonderzoek 8: Proefwinningen in de Noordzee kustzone	19
2.2.8 Deelonderzoek 9: Schelpenmonsters Waddenzee	20
2.2.9 Deelonderzoek 10: Vervolgonderzoek Schelpenwinning - <i>Beantwoording van de vragen uit cluster 2 en 3; hydrodynamische en morfologische aspecten van schelpenwinning in de Waddenzee</i> (Geo Plus)	20
2.3 Hoofdstuk 5: Schelpenbanken als ecotopen	21
2.3.1 Deelonderzoek 11: Schelpenbanken als ecotoop (Alterra)	21
2.4 Hoofdstuk 6: De effecten van Schelpenwinning	21
2.4.1 Deelonderzoek 12: Effecten van schelpenwinning op de kusten van de Waddeneilanden (WL - Delft Hydraulics)	21

2.4.2 Deelonderzoek 13: Lodingen rond winputten	21
3 Marktbehoefte en -ontwikkelingen	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Schelpenmarkt	23
3.2.1 Toepassingen van schelpen	23
3.2.2 Aanbod van schelpen	23
3.2.3 Schelpenvraag per toepassingsgebied	24
3.2.4 Schelpenvraag m.b.t. schelpensoorten	27
3.3 Milieueffecten	28
3.3.1 Inleiding	28
3.3.2 Resultaten milieubeoordeling	29
3.4 Conclusies	30
4 Het voorkomen en de eigenschappen van schelpenconcentraties	32
4.1 Inleiding	32
4.2 Schelpen in de Waddenzee (PKB-gebied)	32
4.2.1 De principes van schelpentransport en -accumulatie in de Waddenzee	32
4.2.2 Het schelpenbalans model	33
4.2.3 Biologische productie van schelpen (aanwas)	36
4.2.4 Locaties van schelpenconcentraties	37
4.2.5 Afmetingen schelpenconcentraties	37
4.2.6 Ouderdom van schelpen	38
4.2.7 Soortensamenstelling van gewonnen schelpenpartijen	39
4.2.8 Omvang totale schelpenvoorraad in de Waddenzee, nalevering en winbare voorraad	40
4.3 Schelpen in de kustzone van de Waddenzee, Zeeland en Noordzee	41
4.3.1 Schelpentransport en -accumulatie in de kustzone van de Waddenzee	41
4.3.2 Biologische productie (bruto aanwas) en verlies	42
4.3.3 Soortensamenstelling van gewonnen schelpenpartijen	42
4.4 Conclusies	43
5 Schelpenbanken als ecotopen	46
5.1 Inleiding	46
5.2 Fysische karakteristieken van schelpenbanken	46
5.3 Soorten op schelpenbanken	47
5.4 Discussie	48
5.5 Conclusies	49
6 De effecten van schelpenwinning	50
6.1 Inleiding	50
6.2 Effecten op de eilandkusten	50
6.2.1 De werking van het natuurlijke zanddelend systeem	50
6.2.2 Effecten bij gespreide winning	51
6.2.3 Effecten bij geconcentreerde winning	52
6.2.4 Effecten t.o.v. de autonome kustdynamiek	52
6.3 De effecten op geul- en plaatstabiliteit en opvulling van schelpenwinkuilen	53
6.3.1 Bodem- en geulstabiliteit en plaatvallen	53
6.3.2 Schelpenwinputten	54
6.4 Effecten op het zwevendestofgehalte	55
6.5 Conclusies	56
Begrippen en definities	58
Bijlagen	59

Inleiding

1.1 Projectkader

Schelpen worden al sinds vele eeuwen in de Nederlandse zoute wateren gewonnen. Belangrijke schelpentoepassingen gedurende de afgelopen decennia zijn ondermeer verharding van paden, gritfabricage, drainage, schelpkalk en (vloer)isolatie.

Sinds 1999 wordt de schelpenwinning gereguleerd door de *Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning* (LBS), met een planperiode tot 2010. Ter onderbouwing hiervan is tevens een *MER-Schelpenwinning* geschreven en een aanvulling daarop. In alle drie de documenten wordt geconstateerd dat op bepaalde relevante terreinen kennisleemten bestaan ten aanzien van de onderbouwing van het schelpenwinbeleid. Vandaar dat in de LBS nader onderzoek wordt aangekondigd: het Vervolgonderzoek Schelpenwinning (VSw). De aanpak en vraagstelling van het VSw worden beschreven in het 'Projectplan Vervolgonderzoek Schelpenwinning' (RWS-DNN, juli 1999). De uitkomsten van het VSw zullen de basis vormen van een beleidsevaluatie, welke in 2001 zal worden uitgevoerd. Wanneer deze evaluatie aanleiding geeft het beleid te wijzigen wordt het aangepaste beleid in de loop van 2001 operationeel en zal de basis vormen voor de vergunningsverlening. Het voorliggende rapport bevat de resultaten van het VSw.

1.2 Algemene doelstelling: invulling kennisleemten en evaluatie

Het VSw is primair gericht op het zoveel mogelijk invullen van de in de LBS geïdentificeerde kennisleemten⁶. Daarnaast wordt een aantal aandachtspunten zoals die tijdens de inspraak op de nota is gegeven, in het onderzoek meegenomen.

⁶ Hoofdstuk 10 van de LBS geeft de volgende kennisleemten aan:

1. nader onderzoek naar de natuurlijke aanwas van spisula en overige schelpen ('overige' wil zeggen: geen spisula of kokkels)
2. nader onderzoek naar de in de praktijk aanwezige percentages kokkels, spisula en overige schelpen in de gewonnen hoeveelheden schelpen
3. onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van partijen schelpen met relatief hoge percentages spisula en/of overige schelpen
4. over enige jaren een nieuw onderzoek naar de behoefte aan de grondstof. Daarbij zal ook de markt van concurrerende grondstoffen in de beschouwing moeten worden betrokken, evenals bijvoorbeeld de ontwikkelingen in het subsidiebeleid die invloed hebben op schelpentoepassingen
5. nader onderzoek naar de ouderdom van gewonnen schelpen
6. onderzoek naar de natuurlijke aanwas in het verleden
7. onderzoek naar de gevolgen van het niet winnen in het oostelijk deel van de Waddenzee
8. nader onderzoek naar de gevolgen van schelpenwinning aan de geulranden
9. nader onderzoek naar de ecologische waarde van schelpenbanken en de effecten van schelpenwinning daarop
10. onderzoek naar het feit of toepassing van schelpen voldoet aan de sulfaatnorm als gesteld in het Bouwstoffenbesluit.

Op basis van deze bronnen is voor het VSw een aantal onderzoeksvragen gedefinieerd. Deze worden hieronder weergegeven, geordend in vier categorieën (overeenkomstig de hoofdstukindeling zoals die in dit rapport wordt gebruikt, zie Leeswijzer: paragraaf 1.5). De vragen 7 en 11 zijn niet afkomstig uit de LBS.

Markbehoefte en -ontwikkelingen:

1. Wat is de marktbehoefte aan schelpen per schelpensoort (kokkels, *Spisula*'s, overige soorten) per toepassingsmogelijkheid in de komende jaren? Hierbij wordt extra ingezoomd op de vraag wat de toepassingsmogelijkheden zijn van partijen schelpen met relatief hoge percentages *Spisula* en/of overige schelpen.
2. Wat zijn de mogelijkheden voor de toepassing van alternatieve materialen per toepassingsmogelijkheid? Tevens wordt in dit kader gezien in hoeverre toepassing van schelpen voldoet aan de sulfaatnorm als gesteld in het bouwstoffen besluit.
3. Wat is de milieubelasting van deze alternatieve materialen in vergelijking met de toepassing van schelpen?

Het voorkomen en de eigenschappen van schelpenconcentraties:

4. Wat is de jaarlijkse aanwas van kokkels, *Spisula*'s en overige schelpen in de Waddenzee, de buitendelta's en de kustzone tot 3 mijl uit de eilanden?
5. Is er sprake van een, geologisch gezien, temporeel continue vorming van schelpenbanken? Hierbij wordt extra ingezoomd op de ouderdom van gewonnen schelpen.
6. Wat zijn de in de praktijk aanwezige percentages kokkels, *Spisula*'s en overige schelpen in de gewonnen hoeveelheden schelpen?
7. In hoeverre komen er winbare schelpenvoorraden voor in de Noordzee kustzone?

Schelpenbanken als ecotopen:

8. In hoeverre komen er in de Waddengebied schelpenbanken die zich kunnen ontwikkelen tot ecotopen waarop zich specifieke flora en fauna bevindt? Hierbij wordt ook globaal bekeken in hoeverre het afsluiten van de oostelijke Waddenzee voor schelpenwinning van invloed kan zijn op de ontwikkeling van soorten op schelpenbanken.

De effecten van schelpenwinning:

9. Wat is het effect van schelpenwinning op de kusterosie op de waddeneilanden?
10. Wat is de invloed van winning op de stabiliteit van geulranden en platen?
11. Wat is het effect van schelpenwinning op het zwevende stofgehalte in het water?

1.3 Onderzoeksaanpak

Het VSw is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland, het Hoofdkantoor van de Rijkswaterstaat en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Noord in de vorm van een aantal deelonderzoeken (zie bijlage 1.1). De meeste deelonderzoeken hebben geresulteerd in een apart gepubliceerd eindrapport (zie Hoofdstuk 2 voor

verdere toelichting). Het voorliggende rapport integreert de resultaten van alle deelonderzoeken en tracht de elf onderzoeksvragen (paragraaf 1.2) te beantwoorden.

De projectuitvoering is gecoördineerd door Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland. Het uitvoeringstraject is begeleid door een begeleidingsgroep die op regelmatige basis bijeenkwam. In de begeleidingsgroep hadden de volgende partijen zitting: het Hoofdkantoor van de Rijkswaterstaat, de Rijkswaterstaat directies Noord Nederland, Noordzee, Zeeland en Noord-Holland, het RIKZ en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde, de Stuurgroep Waddenprovincies, het Overiegorgaan Waddeneilanden (agendalid), Van der Endt-Louwerse BV, de Vereniging van Nederlandse Schelpenvissers, de Waddenvereniging, LNV-Directie Noord en Alterra (zie bijlage 1.2).

1.4 Afbakening

1.4.1 Beperkte diepgang

Het VSw is uitgevoerd in een beperkt tijdsbestek (anderhalf jaar). Aan de andere kant was, uitgaande van de in de LBS geconstateerde kennisleemten, een forse onderzoeksinspanning vereist. Eén en ander heeft consequenties met betrekking tot de uitputtendheid waarmee de onderzoeksvragen beantwoord worden. Deze beperking sluit aan bij de opmerking op blz. 28 van de LBS: "In de komende drie jaar ['99-'01] zal zoveel mogelijk het voornoemde onderzoek [VSw] worden uitgevoerd".

1.4.2 Gebiedsafbakening

Het beleid dat in de LBS wordt beschreven heeft betrekking op de gehele Nederlandse Waddenzee (tot aan de westelijke grens van het z.g. Verdragsgebied 1960 met betrekking tot de Eems-Dollard), de zeegaten tussen de waddeneilanden, de Noordzee kustzone boven de waddeneilanden (tot 3 mijl uit de kust), de Zeeuwse Voordelta, de Westerschelde en de Noordzee (het gedeelte tussen de kust/eilanden tot een afstand van 50 km zeewaarts).

Voor het VSw geldt in beginsel dezelfde gebiedsafbakening. Echter, tijdens de MER-procedure, bij het opstellen van de LBS, tijdens de inspraak en tijdens de voorbereiding van de uitvoering van het VSw is gebleken dat de meeste kennisleemten zich met name voordoen in de Waddenzee, de buitendelta's en op de Noordzeekustzone van de waddeneilanden. Daarom, én gezien de beperkte beschikbare tijd en middelen (zie paragraaf 1.4.1), hebben de onderzoeksvragen en -resultaten van het VSw in eerste instantie betrekking op de Waddenzee, de buitendelta's en Noordzeekustzone van de waddeneilanden. De grens van het onderzoeksgebied ten Noorzezijde van de waddeneilanden valt samen met de 3 mijlszone. Waar noodzakelijk en mogelijk is het onderzoek echter uitgebreid tot de beheersgebieden van de RWS directies Noordzee en Zeeland. Dit wordt, waar relevant, in de tekst aangegeven.

1.5 Leeswijzer

In dit rapport worden de onderzoeksresultaten gepresenteerd t.a.v. de elf onderzoeksvragen (paragraaf 1.2). Daarbij wordt uitgegaan van de diverse deelrapporten die in het kader van het VSw zijn opgeleverd (bijlage 1.1).

Het rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 geeft van alle deelonderzoeken zeer kort de doelstelling en onderzoeksmethode weer. Hoofdstuk 3 richt zich op de marktprognose aan schelpen tot 2015. Hoofdstuk 4 behandelt het voorkomen van schelpen, Hoofdstuk 5 de betekenis van schelpenbanken als vestigingsplaats voor soorten (flora en fauna). Hoofdstuk 6 gaat in op de effecten van de activiteit schelpenwinning op de morfologie en het zwevende stof gehalte in het water.

De hoofdstukken 3 t/m 6 worden ieder besloten met een aantal conclusies t.a.v. de relevante onderzoeksvragen. Deze conclusies komen ook terug in het hoofdstuk 'Conclusies' aan het begin van het rapport.

Een aantal belangrijke begrippen die in het rapport wordt gebruikt, worden gedefinieerd in een begrippenlijst die achter in het rapport is toegevoegd.

2 Deelonderzoeken

Dit hoofdstuk bevat een korte weergave van de doelstellingen en gebruikte onderzoeksopzet en -methoden van de verschillende deelonderzoeken welke in het kader van het VSw zijn uitgevoerd (zie bijlage 1.1 voor een compleet overzicht van de verschenen rapporten). Het is in dit hoofdstuk niet de bedoeling volledig en uitputtend te zijn; de beschrijvingen van onderzoeksdoelen en -aanpakken van de verschillende deelonderzoeken zijn slechts bedoeld om het lezen van het onderhavige rapport te vergemakkelijken. In de betreffende deelrapporten is één en ander verder uitgewerkt. Zoals reeds in de inleiding weergegeven zijn de gegevens, analyses en conclusies in het voorliggende eindrapport gebaseerd op de deelrapporten, tenzij anders vermeldt.

De deelonderzoeken zijn hieronder genummerd en weergegeven per hoofdstuk van het voorliggende eindrapport. In de tekst van dit eindrapport wordt steeds naar de hier gebruikte nummering gerefereerd. Bij ieder rapport wordt het instituut weergegeven dat het betreffende deelrapport heeft gepubliceerd.

2.1 Hoofdstuk 3: Marktbehoefte en -ontwikkelingen

Het hoofdstuk 3 'Marktbehoefte en -ontwikkelingen' is hoofdzakelijk gebaseerd op de door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde uitgevoerde studie naar de ontwikkelingen op de schelpenmarkt in de periode tot 2015 (deelonderzoek 1).

2.1.1 Deelonderzoek 1: Marktonderzoek schelpen (Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde)

Doelstelling van het deelonderzoek

Het marktonderzoek richt zich op de onderzoeksvragen 1 t/m 3 (paragraaf 1.2) m.u.v. de vraag t.a.v. de sulfaatnorm.

Onderzoeksopzet en -methode

Het DWW-deelrapport bestaat uit drie onderdelen. Allereerst het hoofdstuk 'Schelpenmarkt'. Hierin worden op basis van bureau-onderzoek en interviews met scheiproducenten, handelaren, afnemers en beleidspartijen marktprognoses opgesteld voor de periode 2000-'15: de branche prognose.

Ten tweede het hoofdstuk 'Milieueffecten' waarin de milieu-effecten van het toepassen van schelpen worden vergeleken met het toepassen van alternatieve materialen⁷. Deze vergelijking is uitgevoerd op basis van uit de literatuur bekende LCA⁸-gegevens.

⁷ Het doel van de milieuvergelijking is nadrukkelijk niet om de resultaten rechtstreeks te vertalen naar te nemen beleidsmaatregelen. Ook is het niet de bedoeling om de resultaten expliciet naar

Ten derde het hoofdstuk 'Prognoses'. In dit hoofdstuk is een drietal extra prognoses van de landelijke schelpenvraag voor de komende 15 jaar opgesteld naast de branche prognose uit hoofdstuk 1. Om te komen tot deze prognoses is om te beginnen een workshop georganiseerd waarin de resultaten van de voorafgaande deelonderzoeken zijn beoordeeld en waar nodig aangevuld door beleidsmakers en vertegenwoordigers van betrokken branches. Vervolgens is, uitgaande van de huidige marktsituatie, binnen de randvoorwaarden uit de milieu-effectenstudie (hoofdstuk 2) en gebruik makend van de workshopresultaten en CPB-cijfers een inschatting gemaakt van de schelpenmarkt gedurende de komende 15 jaar

2.2 Hoofdstuk 4: Het voorkomen en de eigenschappen van schelpenconcentraties

Hoofdstuk 4 is hoofdzakelijk gebaseerd op de hieronder (paragraaf 2.2.1 t/m 2.2.9) besproken deelrapporten. Daarnaast is ook het rapport *Marktonderzoek schelpen* (zie paragraaf 2.1.1) gebruikt.

2.2.1 Deelonderzoek 2: Literatuur- en bronnenstudie "Vervolgonderzoek Schelpenwinning" (Geo Plus)

Doelstelling van het deelonderzoek

De literatuur- en bronnenstudie richt zich specifiek op het waddengebied (PKB en kustzone). Bij de studie staan de vragen naar de schelpenaanwas, het ontstaan van schelpenconcentraties en de effecten van schelpenwinning centraal.

Onderzoeksopzet en -methode:

Zoals de titel ervan al zegt, is het deelonderzoek uitgevoerd op basis van literatuur- en bronnenstudie.

2.2.2 Deelonderzoek 3: Vervolgonderzoek Schelpenwinning Waddenzee - Kansrijke gebieden voor schelpen-accumulaties en koppeling met grootschalige fysische kenmerken (Geo Plus)

Doelstelling van het deelonderzoek

Dit deelonderzoek heeft als doelstelling het vaststellen van kansrijke gebieden in de Waddenzee voor het ontstaan en voorkomen van schelpenbanken.

Onderzoeksopzet en -methode

Binnen dit deelonderzoek zijn locaties waar schelpen voorkomen in de Waddenzee gecorreleerd met de ter plaatse heersende fysische condities. Vervolgens is gekeken of, op basis van deze fysische condities, van te voren

de markt te communiceren of in te brengen in de diverse Nationale Pakketten Duurzaam Bouwen. Het hoofdstuk 'Milieueffecten' is onderdeel van het deelonderzoek 'Schelpenmarkt' als geheel en dient als zodanig te worden beschouwd.

* Levenscyclusanalyse.

gebieden zijn aan te wijzen die kansrijk zijn voor het ontstaan van schelpenbanken.

2.2.3 Deelonderzoek 4: Veldinventarisatie Schelpenvoorkomens in de Waddenzee (RIKZ)

Doelstelling van het deelonderzoek

Dit deelonderzoek richt zich op het vaststellen van de locaties en eigenschappen van schelpenbanken cq. -concentraties in de Waddenzee.

Onderzoeksopzet en -methode

Binnen dit deelonderzoek zijn twee veldcampagnes uitgevoerd in de Waddenzee en de Noordzee kustzone.

Bij de eerste campagne stonden de schelpenbanken aan het bodemoppervlak centraal. Hierbij zijn met behulp van een side-scan sonar in een aantal gebieden in de westelijke en oostelijke Waddenzee als wel de Noordzee kustzone bodemopnames gemaakt (bijlage 2.1). Op basis van deze opnames zijn schelpenbanken gelokaliseerd. Vervolgens zijn de opnames gecontroleerd door met een Van Veenhapper oppervlakkige bodemonsters te nemen.

Bij de tweede campagne stonden de begraven schelpenbanken centraal. Dit veldwerk is uitgevoerd in de westelijke Waddenzee (bijlage 2.1). Daarbij zijn allereerst akoestische opnames gemaakt van de sedimentlagen in de bodem met behulp van een zg. X-Star. Met dit apparaat kunnen, afhankelijk van de waterdiepte, tot maximaal 10 m in de bodem sedimentlagen worden gedetecteerd. De verkregen akoestische opnames zijn vervolgens gecontroleerd door met een hydraulische vibrocorer in totaal 38 boringen uit de voeren (van maximaal 6 m diepte).

2.2.4 Deelonderzoek 5: Schelpen in de kustzone boven de Waddeneilanden (RIVO)

Doelstelling van het deelonderzoek:

Dit onderzoek heeft als doelstelling het vaststellen in hoeverre er in de Noordzee kustzone van de waddeneilanden dode (cq. lege) schelpen voorkomen.

Onderzoeksopzet en -methode

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de reguliere jaarlijkse inventarisatie naar de (levende) schelpenpopulatie in de Nederlandse kustzone. De monsters zijn verzameld middels een speciaal voor het bemonsteren van schelpdieren ontworpen sleepkor. Dit is een soort kooi die aan de onderzijde is voorzien van een schaar van 10 cm breed. De kor bemonstert de bovenste 7 cm van het sediment. De zeewaartse grens van bemonstering is de 12-mijls grens. Bij dit onderzoek is de kuststrook vanaf Zuid-Texel tot Oost-Schiermonnikoog bemonsterd.

2.2.5 Deelonderzoek 6: Jaarlijkse schelpkalkproductie door *Spisula subtruncata* (RIVO)

Doelstelling van het deelonderzoek:

Dit deelonderzoek heeft tot doel een schatting te maken van de schelpkalkproductie van de soort *Spisula subtruncata* in de kustzone boven de waddeneilanden, op basis van de in dit gebied regulier jaarlijks uitgevoerde schelpeninventarisatie.

Onderzoeksopzet en -methode

De kalkproductie is bepaald op basis van de jaarlijks door het RIVO verzamelde inventarisatie cijfers van de jaren 1995-1999. De bemonstering van de kustzone is uitgevoerd via dezelfde methode als beschreven onder deelonderzoek 5. Uitgaande van de inventarisatie cijfers is de jaarlijkse schelpkalkproductie in m³ berekend in de 3-mijlszone boven de waddeneilanden.

2.2.6 Deelonderzoek 7: Vervolgonderzoek Schelpenwinning Waddenzee - de ouderdom van winbare schelpen (TNO-NITG)

Doelstelling van het deelonderzoek:

De doelstelling van dit deelonderzoek is het vaststellen van de ouderdom van schelpen op verschillende winlocaties in de Waddenzee.

Onderzoeksopzet en -methode

Bij dit deelonderzoek zijn schelpenmonsters verzameld op een aantal winschepen in de Waddenzee en de buitendelta. In bijlage 2.2 worden de locaties weergegeven van de in totaal 8 schelpenmonsters.

De datering is uitgevoerd met de Koolstof-14 methode (C14-methode). In totaal zijn 32 kokkels en 17 *Spisula* gedateerd. Van ieder monster is het gedeelte relatief verse schelpen (bepaald op basis van visuele kenmerken) niet meegenomen in de datering.

2.2.7 Deelonderzoek 8: Proefwinningen in de Noordzee kustzone

Van dit deelonderzoek is geen aparte deelrapportage verschenen. De resultaten ervan worden in het voorliggende eindrapport-VSw gepresenteerd.

Doelstelling van het deelonderzoek:

De doelstelling van dit deelonderzoek is het verkrijgen van inzicht in de vraag in hoeverre er in de Noordzee-kustzone van de Waddeneilanden winbare hoeveelheden schelpen voorkomen.

Onderzoeksopzet en -methode

Het onderzoek is uitgevoerd in de vorm van proefwinningen in een proefgebied ten noorden van het Friesche Zeegat. Daarbij is op 28 locaties gedurende een korte periode (variërend van 5 tot 35 minuten) een winning

uitgevoerd. Voorts is vijfmaal over een korte afstand varend gewonnen (gesleept). De proefwinningen zijn uitgevoerd met het schip van Visserijbedrijf de Rousant B.V. in opdracht van RWS-Noord Nederland. Tijdens de proefwinningen was steeds een medewerker van RWS-DNN aanwezig⁹.

2.2.8 Deelonderzoek 9: Schelpenmonsters Waddenzee

Van dit deelonderzoek is geen aparte deelrapportage verschenen. De resultaten ervan worden in het voorliggende eindrapport-VSw gepresenteerd.

Doelstelling van het deelonderzoek

De doelstelling van dit deelonderzoek was het vaststellen van de gewichtpercentages per schelpensoort in monsters die aan boord van winschepen zijn genomen.

Onderzoeksopzet en -methode

In de periode '70-'00 zijn door de heer D.T. Reitsma in totaal 80 schelpenmonsters verzameld afkomstig van schelpenwinschepen in de Waddenzee. Van deze monsters zijn door dhr. Reitsma in eigen beheer de gewichtpercentages per schelpensoort bepaald. In bijlage 2.3 en 2.4 worden de resultaten van de bemonsteringen weergegeven.

Methode van bemonstering: op de winschepen is steeds een random-monster genomen met behulp van een emmer. Uit deze emmer is door dhr. Reitsma steeds random een deelmonster genomen van 1,6 - 2 kg. Deze deelmonsters zijn geanalyseerd op schelpensamenstelling.

2.2.9 Deelonderzoek 10: Vervolgonderzoek Schelpenwinning - Beantwoording van de vragen uit cluster 2 en 3; hydrodynamische en morfologische aspecten van schelpenwinning in de Waddenzee (Geo Plus)

Doelstelling van het deelonderzoek

Dit deelonderzoek heeft als doelstelling het beantwoorden van de onderzoeksvragen uit de onderzoeksclusters 2 en 3 (zie Projectplan Vervolgonderzoek Schelpenwinning).

Onderzoeksopzet en -methode

Op basis van de deelonderzoeken 2, 3, 4, 6, 7 en 12 zijn de onderzoeksvragen beantwoord.

⁹ De exacte proefwinresultaten zijn opvraagbaar bij RWS-DNN.

2.3 Hoofdstuk 5: Schelpenbanken als ecotopen

2.3.1 Deelonderzoek 11: Schelpenbanken als ecotoop (Alterra)

Doelstelling van het deelonderzoek:

Doel van dit deelonderzoek is het vaststellen in hoeverre er soorten (flora en fauna) voorkomen op schelpenbanken in de Waddenzee.

Onderzoeksopzet en -methode

Er is op zes verschillende locaties op aan het bodemoppervlak liggende schelpenbanken veldwerk uitgevoerd. De onderzochte schelpenbanken tijdens deelonderzoek 4 zijn gevonden met sonar opnames. Bij het ecologische veldwerk zijn door duikers video opnames gemaakt van de bodem en is een aantal ecologische monsters genomen. Op basis van de aldus verkregen informatie is een eerste (kwalitatieve) beeld ontstaan van de soorten die op schelpenbanken leven.

2.4 Hoofdstuk 6: De effecten van Schelpenwinning

Hoofdstuk zes is voornamelijk gebaseerd op de onderstaande twee deelonderzoeken (paragraaf 2.4.1 en 2.4.2) en de deelonderzoeken 2 en 10.

2.4.1 Deelonderzoek 12: Effecten van schelpenwinning op de kusten van de Waddeneilanden (WL - Delft Hydraulics)

Doelstelling van het deelonderzoek:

Dit deelrapport heeft tot doel te bepalen welke invloed de winning van schelpen (in de Waddenzee en in de Noordzee kustzone) in morfologische zin heeft op de kusten van de Waddeneilanden. Er wordt daarbij een methode gepresenteerd waarbij deze effecten in meters kustachteruitgang van ieder mogelijk winningsscenario kunnen worden bepaald (zie bijlage A van deelrapport 12).

Onderzoeksopzet en -methode

Dit deelonderzoek betreft een bureaustudie.

2.4.2 Deelonderzoek 13: Lodingen rond winputten

Het rapport van dit deelonderzoek is ten tijde van het verschijnen van het eindrapport VS_w nog niet afgerond. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de onderzochte winputten medio december 2000 nog niet zijn opgevuld met sediment. Ook begin 2001 zullen beide putten daarom worden ingemeten via lodingen. Het rapport van dit deelonderzoek wordt daarom pas in 2001 gepubliceerd. In het onderhavige eindrapport VS_w worden derhalve de voorlopige resultaten besproken.

Doelstelling van het deelonderzoek

De doelstelling van dit deelonderzoek is het bepalen van het morfologische gedrag van schelpenwinputten in de Waddenzee. In bijlage 2.5 worden de locaties van beide winputten weergegeven.

Onderzoeksopzet en -methode

Het onderzoek is gericht op twee schelpenwinputten in de westelijke Waddenzee. Eén put waar schone schelpen zijn gewonnen, één put met kleischelpen. Het morfologische gedrag van beide putten is met behulp van diepte lodingen gevolgd.

3 Marktbehoefte en -ontwikkelingen

3.1 Inleiding

Leeswijzer

Dit hoofdstuk richt zich op de onderzoeksvragen 1 t/3 (paragraaf 1.2). Dit hoofdstuk is gebaseerd op deelrapport 1. Dit deelrapport, evenals dit hoofdstuk, bekijkt de gehele Nederlandse schelpenmarkt. In paragraaf 3.2 wordt een aantal prognoses gepresenteerd t.a.v. de in de komende jaren af te zetten hoeveelheden schelpen. Paragraaf 3.3 vergelijkt de milieueffecten van het gebruik van schelpen met het gebruik van alternatieve materialen. Het hoofdstuk wordt besloten met paragraaf 3.4 waarin conclusies worden getrokken.

3.2 Schelpenmarkt

3.2.1 Toepassingen van schelpen

Schelpen worden momenteel voor diverse doelen toegepast. De belangrijkste daarvan zijn:

1. Drainage
2. Verharding paden e.d.
3. Gritfabricage en mengvoeders
4. Isolatie in kruipruimtes
5. Schelpkalkproductie.

In de komende jaren wordt een uitbreiding van de toepassingsgebieden voorzien met helofytenfilters. Hiernaast bestaat er een reeks toepassingen waarmee naar verhouding geringe hoeveelheden schelpen zijn gemoeid en die in het kader van deelonderzoek 1 daarom als 'overig' zijn aangemerkt. Hiertoe behoort ondermeer het gebruik van schelpen als licht funderingsmateriaal, in oeververdedigingen, in diverse bouwstoffen (plaatmateriaal, schelpbakstenen) en bij tuinaanleg.

3.2.2 Aanbod van schelpen

Het aanbod van schelpen in Nederland is afkomstig van winning, uit kokerijen¹⁰ en uit import. In onderstaande tabel 3.1 worden voor de jaren '96

¹⁰ Momenteel wordt, buiten het VSsw, door DWW onderzoek gedaan naar de omvang van het potentiële schelpenaanbod afkomstig uit de kokkel- en *Spisula*kokerijen (rapport DWW *Marktstudie schelpdiervisserij*, in prep.). De voorlopige resultaten geven aan dat de jaarlijkse hoeveelheid (lege) schelpen uit de kokkelkokerij varieert van 0 tot 90.000 m³ en uit de *Spisula* kokerij ca 40.000 m³ bedraagt. Van de kokkelschelpen wordt ca. 25-40% op zee gekookt en gestort, de rest wordt op land verwerkt. Voor de *Spisula* zijn (nog) geen zee- land verhoudingen bekend.

Bij bovenstaande gegevens dient ten eerste te worden opgemerkt dat het voorlopige onderzoeksgegevens betreft. Ten tweede is momenteel onduidelijk in hoeverre de schelpen die via de kokerijen *in principe* beschikbaar zijn voor schelpenwinning dat ook daadwerkelijk zullen

t/m '99 de gewonnen hoeveelheden schelpen gegeven. Voorts worden verhoudingsgetallen gegeven voor klei- schone schelpen en schelpensoorten (kokkels en *Spisula*).

Locatie	1996	1997	1998	1999	Klei ^a	Schoon ^a	Kokkels	Spisula
Waddenzee	93,7	64,9	108,0	104,2	35%	65%	75% ^b	4% ^b
Idem, zeegaten	55,0	71,0	52,0	102,8			72% ^c	6% ^c
Westerschelde	21,0	28,3	16,6	3,3	15%	85%	27-40%	3%
Overig Noordzee ^d	-	-	-	47,5			65%	10%
Oosterschelde	0,75	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Voordelta ^e	22,5	48,4	55,3	31,0	0%	100%	25-73(?) %	5(?) - 50%
Totaal uit winning	193,0	212,6	231,9	288,8				
Uit kokerijen ^f	15,0	15,0	15,0	15,0	0%	100%	100%	0%
Import ^g	10,0	10,0	10,0	10,0	0%	100%		
Totaal aanbod	218,0	237,6	256,9	313,8				

Tabel 3.1: Ontwikkeling van het aanbod v.a. 1996 (hoeveelheden * 1.000 m³)

^a) De verhoudingsgetallen klei/schoon zijn gebaseerd op onderzoek van schelpenmengsels (LBS, NITG, monsters verzameld door dhr. D. Reitsma (deelonderzoek 9) en Naturalis¹¹). De verdeling klei/schoon is een gemiddelde op basis van het aanbod van schelpen in de afgelopen jaren. De aangegeven fracties zijn betrekkelijk.

^b) Deze verhoudingsgetallen kokkels/spisula komen vrijwel overeen met de gegevens zoals verzameld door dhr. D. Reitsma (te weten: kokkels 75%, spisula 5 %).

^c) Deze verhoudingsgetallen kokkels/spisula zijn gebaseerd op de gegevens zoals verzameld door dhr. D. Reitsma (deelonderzoek 9) op winningslocaties op de buitendelta's van de zeegaten van de Waddeneilanden.

^d) Het betreft hier een winning van 47.550 m³ uit 1999 in het Noordzee gebied voor de Zeeuwse kust (Schouwenbank).

^e) Voor een discussie over de hoge en lage schattingen voor resp. de kokkel- en *Spisula*gehalten in de Voordelta: zie deelonderzoek 1 en onderliggende rapportages (opvraagbaar bij DWV).

^f) Dit betreft een ruwe schatting (zie ook tekst). De totale hoeveelheid schelpen uit kokerijen is waarschijnlijk significant groter dan 15.000 m³. Deze hoeveelheid wordt echter door de handelaren in schelpen als bouw materiaal niet volledig als (potentieel) aanbod op de schelpenmarkt beschouwd, aangezien het verwerken van schelpen uit kokerijen tot stankoverlast kan leiden.

^g) De import betreft voornamelijk oesterschelpen ten behoeve van de grit- en mengvoederindustrie (geschatte hoeveelheden).

3.2.3 Schelpenvraag per toepassingsgebied

In tabel 3.2 worden vier prognoses t.a.v. de vraag naar schelpen per toepassingsgebied in 2015 gegeven. De prognose van de branche is vastgesteld op basis van de informatie ingewonnen in interviews waarin is gevraagd een schatting van de schelpenvraag te geven voor 2010. Vervolgens is voor elke toepassing berekend welke groeivoet (jaarlijkse percentuele

zijn. Bovendien is grote twijfel, met name bij de branche, over de bruikbaarheid van schelpen uit kokerijen. Dit vanwege de vleesresten die de schelpen bevatten.

¹¹ Het betreft determinaties die door het museum Naturalis in het kader van deelonderzoek 1 zijn uitgevoerd. Het gaat om de analyse van dertig monsters, verdeeld over drie partijen schelpen afkomstig van de Westerschelde, de Voordelta (Steenbank) en de Noordzee (Schouwenbank). De betreffende rapportage is bij de Dienst Weg- en Waterbouwkunde opvraagbaar.

mutatie) zou resulteren in de voorziene marktvolumina in 2010. Met behulp van deze groeivoet is vervolgens een extrapolatie van de brancheprognose naar 2015 gemaakt.

Voor wat betreft de meeste toepassingen geeft de branche een tamelijk conservatieve inschatting van de toekomst van de schelpenmarkt. Dit is grotendeels terug te voeren op de notie dat het aanbod door de geldende contingentering gelimiteerd is. Met het oog op mogelijke veranderende contingenten en in verband met de mogelijke toepassing van schelpen uit gebieden waar geen contingenten van toepassing zijn, is de aanname van het effect van een gelimiteerd aanbod in drie marktscenario's, die in het kader van het marktonderzoek (deelonderzoek 1) ontwikkeld zijn, losgelaten.

Bij deze marktscenario's is uitgegaan van de scenario's voor economische groei in de langetermijnverkenning van het CPB, met de volgende karakteristieken. Het minimum scenario wordt gekenmerkt door een lage economische groei als gevolg van een verdeeld Europa (scenario DE, 'Divided Europe'). Een maximale economische groei wordt voorspeld in samenhang met een zeer transparante markt in combinatie met een hevige internationale concurrentie (scenario GC, 'Global Competition'). Het middenscenario is 'European coördination' (EC) genoemd.

DWW heeft binnen deelonderzoek 1, analoog aan een methode die recent is gehanteerd voor grind en cement¹² drie scenario's voor de schelpenmarkt ontwikkeld, waarbij de CPB-scenario's als uitgangspunt zijn gehanteerd. Voor die toepassingen waarbij schelpen als bouw materiaal worden gebruikt, worden de jaarlijkse percentuele mutaties voor bouwinvesteringen als groeivoet voor de betreffende toepassingen gebruikt. Voor wat betreft drainage wordt onder meer uitgegaan van prognoses van investeringen in de tuinbouw. Voor wat betreft de schelpengritfabricage, waar niet alleen de vraag naar grit in het algemeen, maar ook de concurrentie met het alternatief kalkgrit een rol speelt, is een negatieve verwachting van de branche overgenomen.

¹² Rapport 'Herziening van de modellen voor de behoefte aan grind en cement'; EIB in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde, DWW-rapport W-dww-99-016 / publicatiereeks grondstoffen 1999/04.

Schelpen-toepassing	vraag '99	prognose branche ^A 2010	prognose branche ^B 2015	prognose scenario DE ^C 2015	prognose scenario EC ^C 2015	prognose scenario GC ^C 2015
Drainage	65-70	65-70	68	66	87	87
Verharding ¹³	57-65	57-65	61	68	75	80
Grit & Mengvoeder	50	40	36	36	36	36
Isolatie	40	50	55	47	55	62
Schelpkalk	8	10-30	34	9	11	31
Helofytenfilter	0	4	4	4	4	5
Overige	71-84	71-84	78	91	106	121
TOTAAL	304 (gem)	291-317	332	322	375	421

Tabel 3.2: schelpenvraag in 1999 en vier prognoses over schelpenvraag (hoeveelheden * 1.000 m³)

^A) Prognose branche voor 2010 op basis van gehouden interviews met minimale en maximale waarden.

^B) Prognose branche: geëxtrapoleerd vanaf 2010 per toepassing op basis van gemiddelde waarden.

^C) Het betreft hier drie CPB-scenario's die op een aantal punten door DWV zijn aangepast. Voor overige toelichting: zie tekst.

Op basis van de in tabel 3.2 gepresenteerde cijfers kan het volgende worden geconcludeerd. De drie CPB-scenario's voorzien een groei van de vraag tot volumina van respectievelijk 322.000, 375.000 en 421.000 m³ in 2015. De door de schelpenbranche verwachte ontwikkeling op de schelpenmarkt vertaalt zich in een gevraagd schelpenvolume in 2015 van ca. 332.000 m³. In deze verwachting is sterk uitgegaan van een door het beleid gelimiteerd aanbod, hetgeen bij de drie CPB-scenario's is losgelaten. Uit het feit dat de prognose behorend bij het (minimum) DE scenario dicht ligt bij de brancheprognose blijkt dat de effecten van gelimiteerd aanbod ongeveer gelijk zijn aan die van een zich matig ontwikkelende economie en dito vraag naar schelpen.

Vergelijking huidige prognose – prognose uit 1995

Reeds eerder (in 1995) is een onderzoek verricht naar de ontwikkeling van de marktbehoefte aan schelpen¹⁴. Deze studie voorspelt een totaalvraag die in de periode van 1995 tot 2005-2010 op zou lopen tot 347.000 - 414.000 m³ schelpen. Deze vraag ligt substantieel hoger dan de actuele branche-prognose voor 2010 (zie tabel 3.2). Naar aanleiding van de reacties op de LBS is de raming uit 1995 echter al eerder naar beneden bijgesteld. De grootste verschillen tussen de huidige prognose en die uit 1995 wordt veroorzaakt door een lagere inschatting van de vraag t.b.v. helofyterfilters (resp. 4.000 en 12.000-19.000 m³) en isolatie (resp. 50.000 en 75.000-100.000 m³).

¹³ Het Bouwstoffenbesluit stelt eisen aan het zoutgehalte van materialen en dus ook van schelpen. Met name kleischelpen, die niet gespoeld worden, bevatten een zeker zoutgehalte, waardoor strikte toepassing van het Bouwstoffenbesluit zou kunnen leiden tot het stellen van aanvullende eisen aan bijvoorbeeld de aanleg van schelpenpaden (bijvoorbeeld bodembescherming door middel van folie).

¹⁴ Marktbehoefte van schelpen – huidige situatie en prognoses voor de komende 10-15 jaar (P.F.H. Bont en A.C.F. van Eijl; Publicatierijks Grondstoffen 1996/06, Rijkswaterstaat DWV, rapportnr. W-DWV-96-064).

3.2.4 Schelpenvraag m.b.t. schelpensoorten

Schelpenvraag uitgesplitst naar schelpensoort

Door de geïnterviewde marktpartijen wordt aangegeven dat voor de meest belangrijke toepassingen van schelpen (drainage, verharding paden, gritfabricage/mengvoeders en isolatie in kruipruimtes) een voorkeur bestaat voor het gebruik van kokkelrijke mengsels (mengsels met ca. 75% kokkels). Wanneer wordt uitgegaan van de brancheprognose voor 2010 (tabel 3.2) zou dit betekenen dat 94% van de vraag naar schelpen (alle toepassingen met uitzondering van schelpkalk) zou moeten bestaan uit kokkelrijke mengsels. Voor wat betreft andere schelpensoorten in schelpenmengsels voor deze toepassingen bestaat er een voorkeur voor de categorie 'overige schelpen' boven *Spisula*. *Spisula*schelpen zijn relatief zacht maar leveren bij het breken scherpe fragmenten op. Dit maakt deze schelpen volgens sommige van de geïnterviewde marktpartijen ongeschikt voor de meer intensieve verwerkingsprocessen, zoals het verwerken van schelpen in drainages, of een wijze van gebruik waarbij de *Spisula*fragmenten als zodanig problematisch zijn, zoals op schelpenpaden of in (kippen)grit.

Schelpkalk is de enige toepassing waarvoor geen uitgesproken voorkeur voor kokkels bestaat. Voor helofytenfilters en overige toepassingen is de voorkeur onduidelijk.

Confrontatie vraag en aanbod m.b.t. schelpensoort

Wanneer men t.a.v. het gebruik van de verschillende schelpensoorten niet uitgaat van de wens van de branche (zoals hierboven is gedaan) maar van de daadwerkelijk in de praktijk toegepaste mengsels, ontstaat een gewijzigd beeld (zie tabel 3.3). In de door de branche geprognostiseerde vraag naar schelpen (zie tabel 3.2) voor 2010, moet in elk geval voor ca. 40% (aandeel verharding en drainage) voorzien worden met kokkelrijke schelpenmengsels. Voor ca. 29% (grit en isolatie) zou onderzocht kunnen worden of hierin kan worden voorzien met mengsels met relatief weinig kokkels (25-50%-kokkels, aangevuld met *Spisula* en/of (bij voorkeur) overige schelpen). In 6% van de vraag, namelijk die vanuit de schelpkalkbranderij, kan eventueel volledig worden voorzien met andere schelpen dan kokkels, al dan niet direct afkomstig van kokerijen. Voor 25% van de toepassingen, namelijk de overige toepassingen en helofytenfilters, zijn de toepassingsmogelijkheden voor andere schelpen dan kokkels formeel onbekend. Vanuit de praktijk blijkt overigens wel een voorkeur voor kokkels.

	Kokkelrijke mengsels noodzakelijk (~75% kokkels)	Kokkelrijke mengsels ge- wenst, kokkel- arme mengsels (≤50% kokkels) misschien mogelijk.	Geen specifieke eisen voor mengsel	Onbekend
Drainage	65.000 - 70.000			
Verharding paden	57.000 - 65.000			
Gritfabricage en mengvoeders		40.000 ^A		
Isolatie in kruipruimtes		50.000 ^A		
Schelpkalk			10.000 - 30.000 ^B	
Helofytenfilters				4.000
Overige toepassingen				71.000 - 84.000
Totaal	122.000 - 135.000 ^B	90.000 ^C	10.000 - 30.000	75.000 - 88.000 ^F

Tabel 3.3. Prognose op basis van in de praktijk toegepaste schelpenmengsels uitgaande van de brancheprognose voor 2010 (tabel 3.2).

Ter relativering van de gegevens in deze tabel dient het volgende te worden overwogen: Door de geïnterviewde marktpartijen (deelonderzoek 1) wordt aangegeven dat voor de meest belangrijke toepassingen van schelpen (drainage, verharding paden, gritfabricage/mengvoeders en isolatie in kruipruimtes) een voorkeur bestaat voor het gebruik van kokkelrijke mengsels (mengsels met ca. 75% kokkels). Wanneer wordt uitgegaan van de brancheprognose voor 2010 (tabel 3.2) zou dit betekenen dat 94% van de vraag naar schelpen (alle toepassingen met uitzondering van schelpkalk) zou moeten bestaan uit kokkelrijke mengsels.

^A) Liever aangevuld met 'overige schelpen' dan met *Spisula*. Dhr. Van der Endt (Van der Endt-Louwerse) is van mening dat *Spisula*'s überhaupt ongeschikt zijn voor gritfabricage (pers. comm.).

^B) Dit betreft een minimum schatting, omdat de markt in de praktijk voor meer toepassingen om kokkelrijke mengsels kan vragen.

^C) Dit is een maximum schatting omdat de markt in de praktijk toch om kokkelrijke mengsels kan vragen.

^D) In de praktijk worden de gangbare kokkelrijke mengsels gebruikt. De betrokken branche geeft echter aan dat een hoog kokkelgehalte geen voorwaarde is voor het maken van schelpkalk. Beschouwd binnen de gevraagde onderverdeling naar percentages kokkels, *Spisula*, en overige schelpen betekent dit dat er partijen met 100% *Spisula* en/of overige schelpen kunnen worden gebruikt. Voor de overige schelpen geldt dan wel dat het om schelpen met een voldoende kalkgehalte moet gaan. De productie van schelpkalk is overigens momenteel (tijdelijk) gestaakt i.v.m. verplaatsing van de bedrijfsactiviteiten.

^E) Uitsplitsing naar soort vergt een scherper beeld en nader onderzoek.

3.3 Milieueffecten

3.3.1 Inleiding

Schelpen kunnen in beginsel op diverse toepassingsgebieden worden vervangen door alternatieve materialen. Een belangrijke factor bij de afweging van het al dan niet toepassen van alternatieven zijn de milieueffecten. Als onderdeel van de prognose rond de marktbehoefte van schelpen is daarom via

een beperkte levenscyclusanalyse (LCA)¹⁵ een vergelijkende ketenanalyse uitgevoerd op deze milieueffecten. Daarbij zijn de milieueffecten beoordeeld t.a.v. de volgende fasen:

- Winning en productie
- Transport¹⁶ en uitvoering
- Gebruik (onderhoud en uitloging)
- Afdanking (sloop, hergebruik en afvalverwerking)

De beschouwde toepassingen zijn:

- Verharding van paden
- Gritfabricage en mengvoeders
- Gebluste kalk en metselmortels
- Vochtwering onder vloeren
- Thermische isolatie onder vloeren
- Drainage
- Helofytenfilters

3.3.2 Resultaten milieubeoordeling

De in deelonderzoek 1 uitgevoerde vergelijkende studie naar de milieueffecten van het toepassen van schelpen t.o.v. alternatieve materialen, leidt tot de volgende conclusies:

- Voor de toepassingsgebieden gritfabricage en mengvoeders, gebluste kalk en metselmortels, vochtwering, thermische isolatie, drainage en helofytenfilters scoren schelpen gelijkwaardig of gunstiger dan de beschouwde alternatieven.
- Voor die toepassingsgebieden waar het volume van het materiaal van belang is en niet de massa, scoren schelpen vanwege de lage soortelijke massa gunstig. Dit betreft dan met name de toepassingsgebieden vochtwering onder vloeren, drainage en helofytenfilters.
- Voor de toepassing verharding paden scoren schelpen bij toepassing op een 'gemiddelde' Nederlandse locatie vergelijkbaar met tegels en asfalt en relatief minder gunstig dan de alternatieven kalksteenslag, silex en mijnsteen. Indien schelpen worden toegepast in kustgebieden zijn ze qua milieueffecten vergelijkbaar met deze alternatieven.
- In algemene zin kan ook worden gesteld dat transportafstand en –middel voor de meeste in deze studie beschouwde toepassingsgebieden dominant zijn met betrekking tot milieueffecten. Aangezien de vergelijking is gebaseerd op gemiddelde nationale transportafstanden, betekent dit dat, afhankelijk van de toepassingslocatie, de afweging anders kan uitpakken. Zo zullen bijvoorbeeld schelpen beter scoren naarmate de locaties dichter bij een aanvoerhaven liggen, en in Zuid Limburg zullen silex en mijnsteen relatief beter scoren. Samengevat betekent dit dat de resultaten van de analyse niet zonder meer geldig zijn in concrete projectsituaties.
- Bepaalde producten op basis van schelpen bezitten specifieke eigenschappen, waardoor ze moeilijk met een enkel ander materiaal zijn te vergelijken. Het gaat hierbij vooral om schelpkalk, wat toegepast in metselmortels specifieke eigenschappen heeft die niet vergelijkbaar zijn met normale metselmortel. Ook de combinatie van vochtwering en thermische isolatie onder begane grond vloeren is voorbehouden aan schelpen (deze

¹⁵ Hierbij wordt aangetekend dat de uitloging gedurende de gebruiksfase is beoordeeld op basis van het Bouwstoffenbesluit en dat de afval- en hergebruiksfase niet in de beoordeling is meegenomen. De ketenanalyse is derhalve niet te typeren als een openbare vergelijkende studie zoals beschreven in ISO 14.040 en 14.041.

¹⁶ Bij de LCA is gebruik gemaakt van een gemiddelde transportafstand, waarbij is uitgegaan van een transport naar Utrecht.

combinatie is binnen het onderhavige onderzoek niet integraal beschouwd). Tenslotte wordt voor de toepassingen voedergrit en helofytenfilters de kwaliteit van schelpen hoger ingeschat.

- Secundaire materialen en bijprodukten scoren in de regel relatief gunstig. Dit is mede het gevolg van de wijze waarop in de LCA-methodiek omgaat met dergelijke materialen. Niet alle opwerkings- en winningsprocessen worden hierdoor meegenomen.
- Binnen het kader van deze studie kan geconstateerd worden dat er vanuit de milieuoptiek geen reden is om in de toekomst een ongunstig beleidsklimaat voor schelpen te scheppen cq. te verwachten.

Bij bovenstaande conclusies dient het volgende in overweging te worden genomen. Allereerst zullen, behalve de milieueffecten ook de *kosten* die het toepassen van schelpen of alternatieve materialen met zich mee brengen in de praktijk een afwegingsfactor zijn. In de hier gepresenteerde vergelijkingen tussen schelpen en alternatieve materialen is dit aspect niet meegenomen. Ten tweede geldt ten aanzien van het toepassing van schelpen dat het hier gaat om een vernieuwbare grondstof. Vanuit het staande beleid wordt dit gezien als een belangrijk pluspunt voor schelpen.

Sulfaatnorm Bouwstoffenbesluit i.r.t. toepassing van schelpen

De vraag in hoeverre de toepassing van schelpen voldoet aan de sulfaatnorm als gesteld in het Bouwstoffenbesluit is niet expliciet aan de orde geweest binnen het VSw. De Vereniging Nederlandse Schelpenwinners (VNS) laat echter n.a.v. eigen onderzoek weten¹⁷ dat het sulfaatgehalte van schelpen op ongeveer 70% ligt van de grenswaarde van categorie 1 van het Bouwstoffenbesluit.

3.4 Conclusies

Ten aanzien van de onderzoeksvragen 1 t/m 3 zoals geformuleerd in paragraaf 1.2 kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken.

1. Er zijn vier prognoses opgesteld t.a.v. de landelijke schelpenvraag in het jaar 2015. Afhankelijk van de gebruikte aannames over het toekomstige schelpenwinbeleid (m.n. quoterings) en de algemene economische ontwikkeling in Nederland, varieert in deze prognoses de totale schelpenvraag in 2015 als volgt: 322.000 tot 421.000 m³. Een berekening op basis van een CPB-scenario t.a.v. de gemiddelde economische groei levert een prognose van 375.000 m³ op.
2. Er lijken mogelijkheden te bestaan voor het intensiever toepassen van schelpenmengsels met relatief weinig kokkels. Voor gritfabricage en isolatie zijn in het verleden schelpenmengsels met relatief weinig kokkels toegepast. Hieruit kan de voorzichtige conclusie getrokken worden dat er voor deze toepassingen ook in de toekomst schelpenmengsels met relatief veel *Spisula* dan wel – bij voorkeur – ‘overige’ schelpen kunnen worden gebruikt. Hier staat echter tegenover dat de betreffende marktpartijen het accent van de winningsactiviteiten hebben verlegd naar de Waddenzee en Noordzee, waar relatief kokkelrijke mengsels worden gewonnen (resp. 75 en 65%). Deze verschuiving is ten koste gegaan van de winning in de Westerschelde.

¹⁷ Brief Vereniging van Nederlandse Schelpenvissers (VNS) aan RWS-Directie Noord Nederland, 16 november 1999, kenmerk 0980.99. De brief is opvraagbaar bij RWS-DNN.

-
3. Voor verschillende toepassingen van schelpen bestaan in beginsel alternatieve materialen. Wanneer de milieueffecten van het toepassen van schelpen met alternatieven worden vergeleken, scoren schelpen op bijna alle toepassingsgebieden neutraal of beter. Voor een aantal toepassingen waarvoor transport (-afstand en/of -middel¹⁸) de belangrijkste bepalende factor is in de milieuvergelijking geldt dat schelpen voornamelijk goed scoren bij toepassing in de kustgebieden. Als voorbeeld kan hier dienen de toepassing van kleischelpen voor verharding van fietspaden op de waddeneilanden.
 4. Het sulfaatgehalte van de schelpen ligt op ongeveer 70% van de grenswaarde van categorie 1 van het Bouwstoffenbesluit.

¹⁸ Zoals bijvoorbeeld binnenschip of vrachtwagen

4 Het vóórkomen en de eigenschappen van schelpenconcentraties

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op de onderzoeksvragen 4 t/m 7 (paragraaf 1.2). Daarnaast wordt in dit hoofdstuk aandacht besteedt aan de processen die verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van schelpenbanken cq. -concentraties en aan de omvang van de totale en winbare schelpenvoorraden in de Waddenzee.

Leeswijzer:

Het hoofdstuk kent de volgende opbouw. Paragraaf 4.2 richt zich op de Waddenzee (PKB-gebied). Paragraaf 4.3 richt zich op de Noordzee kustzone van de waddeneilanden, Zeeland en de overige Noordzee. Het hoofdstuk wordt besloten met een paragraaf 'conclusies'.

In dit hoofdstuk wordt zowel gesproken over schelpenbanken cq. -concentraties *aan* het bodemoppervlak als wel *in* de bodem (zg. 'begraven schelpenbanken'). In de tekst zal dit verschil waar nodig worden aangegeven (zie voor definities de begrippenlijst achterin het rapport).

4.2 Schelpen in de Waddenzee (PKB-gebied)

Deze paragraaf richt zich op het voorkomen van schelpen in de Waddenzee. Daarbij komen de volgende onderwerpen aan de orde (in respectievelijk paragraaf 4.2.1 t/m 4.2.8): het schelpentransport, de schelpenbalans, de biologische produktie van schelpen, de locaties en afmetingen van schelpenconcentraties, de ouderdom van schelpen, de soortensamenstelling en de totale (winbare) voorraad schelpen¹⁹.

4.2.1 De principes van schelpentransport en -accumulatie in de Waddenzee

Schelpen kunnen, net als het overige sediment, op *directe* wijze worden gemobiliseerd door de kracht van het bewegende water; dit kan ook *indirect* door het bewegende sediment c.q. de dynamiek van de bodem. De parameter *bodemschuifspanning* is maatgevend voor de vraag of sediment (zoals schelpen) door stromend water al dan niet wordt getransporteerd (deelonderzoek 3). De bodemschuifspanning is een maat voor de kracht die stromend water op de bodem uitoefent. Wanneer deze kracht een bepaalde waarde overschrijdt, zal erosie van het bodemsediment optreden. Wordt deze kritische waarde *onderschreden*, dan kan sedimentatie plaatsvinden. Bodemschuifspanning wordt zowel veroorzaakt door laterale stroming als door orbitale stroming (golven).

¹⁹ De totale voorraad aanwezige schelpen wordt berekend voor de Waddenzee *inclusief* de kustzone. Alle overige onderdelen van paragraaf 4.2 gaan alleen over de Waddenzee (PKB-gebied).

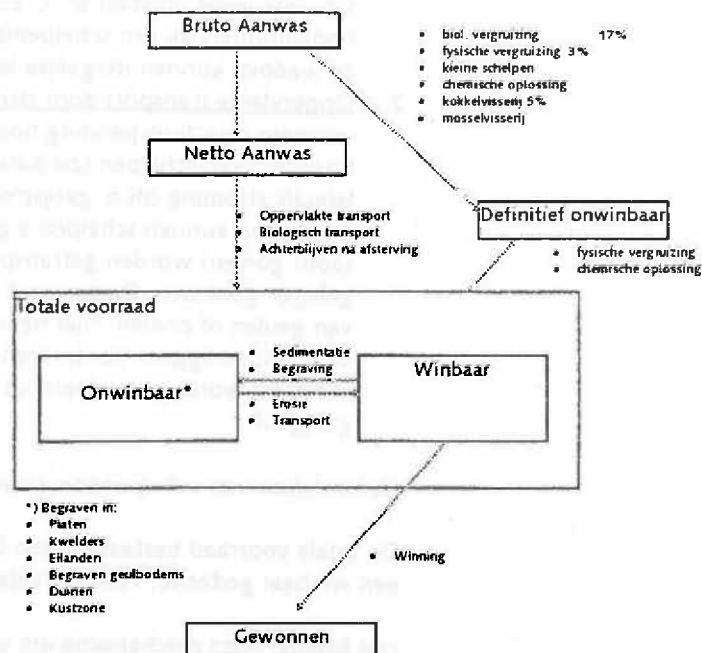
Als we kijken naar de ruimtelijke verdeling van de bodemschuifspanning in de Waddenzee ontstaat globaal het volgende beeld. De bodemschuifspanning t.g.v. laterale stroming is het hoogst in de zeegaten en neemt af naar de vlakke gebieden (platen en brede geulen). De bodemschuifspanning t.g.v. golven is het hoogst in de Noordzee kustzone en op de hogere platen en neemt sterk af met de diepte. De gecombineerde (totale) bodemschuifspanning is derhalve hoog langs de kustzone, op de platen in de Waddenzee en in de zeegaten en laag in de geulen van de Waddenzee (bijlage 4.1).

In deelonderzoek 3 is de relatie bekeken tussen het voorkomen van schelpenconcentraties en de grootte van de totale bodemschuifspanning in de Waddenzee. Hieruit blijkt dat de meest schelprijke gebieden slechts dáár voor te komen waar de schuifspanning tussen minimaal ca. 2 en maximaal ca. 5 à 6 Pascal ligt (bijlage 4.1)²⁰. Dit betekent dus dat schelpen in het schuifspanningsbereik van 2- 5 à 6 Pascal kunnen accumuleren. Wanneer de schuifspanning lager is dan ca. 2 Pa komen schelpen, evenals veel ander grof sediment niet in beweging. Ligt de schuifspanning boven de 5-6 Pa dan kan grootschalig schelpentransport plaatsvinden. Deze situatie komt in de Waddenzee alleen voor rond de zeegaten en op de ondiepe wadplaten (bijlage 4.1). In de meeste geulen in de Waddenzee is de bodemschuifspanning over het algemeen te laag voor grootschalig schelpentransport.

4.2.2 Het schelpenbalans model

In figuur 4.1 wordt schematisch de weg weergegeven die schelpen in de Waddenzee afleggen nadat ze zijn afgestorven. In deze paragraaf wordt dit schelpenbalansmodel besproken.

²⁰ Een complicatie bij dit onderzoek wordt gevormd door het feit dat er geen gedetailleerde dataset bestaat van schelpenvoorkomens in de Waddenzee. De enige gegevens hieromtrent zijn de winningsgegevens zelf. Bij het onderzoek is aangenomen dat winningsgegevens een maat zijn voor het voorkomen van schelpen. De (ruimtelijke) nauwkeurigheid van deze gegevens is echter vrij gering. Ook de tijdschaal waarop de gegevens zijn geanalyseerd is een complicerende factor. Dit alles heeft als consequentie dat analyseresultaten met enige voorzichtigheid dienen te worden benaderd.



Figuur 4.1 : Schematische weergave transportprocessen van schelpen: het schelpenbalansmodel voor de Waddenzee. Daarbij wordt opgemerkt dat met de termen 'bruto' en 'netto aanwas' wordt bedoeld de jaarlijkse aanwas; de term 'totale voorraad' betreft een meerjarige som van jaarlijkse netto aanwascijfers.

Aanwas en verlies

De bron van schelpen is de biologische produktie, in de figuur weergegeven als bruto aanwas (zie paragraaf 4.2.3). Deze produktie vindt in de Waddenzee grotendeels²¹ plaats op de litorale deel (droogvallend gebied). Een deel van de bruto aanwas gaat definitief verloren voor de schelpenwinning. Voor de Waddenzee zijn de belangrijkste oorzaken van dit verlies²²: kokkelvisserij²³ (ca. 5%), fysieke vergruizing door golven en stroming (ca. 3%) en biologische vergruizing a.g.v. vraat door vogels (ca. 17%). Het totaal verlies van de bruto aanwas komt daarmee op 25%. Het overschietende deel vormt de netto aanwas.

Schelpentransport

Vanuit de netto aanwas vindt vervolgens voorraadvorming plaats. De transportprocessen die hiervoor verantwoordelijk zijn, verlopen in grote lijnen langs twee wegen²⁴ (deelonderzoek 10):

1. Biologisch transport. Het omwoelen van de bovenste laag van het sediment op de hogere wadplaten door de wadpier (*Arenicola marina*) heeft tot gevolg dat grovere deeltjes in het sediment, zoals schelpen, naar beneden worden verplaatst tot de maximale diepte waar de wadpier leeft.

²¹ ca. 90% van de schelpgroei vindt plaats in het litorale gedeelte van de Waddenzee (Deelonderzoek 2)

²² Deelonderzoek 2.

²³ Momenteel wordt, buiten het VSw, door DWW onderzoek gedaan naar de omvang van het potentiële schelpenaanbod afkomstig uit de kokkel- en *Spisulakokerij* in de Waddenzee en waddenkustzone (rapport DWW *Marktstudie schelpdiervisserij*, in prep.). Deze studie concludeert dat de verliespost door kokkelvisserij ca. 7% bedraagt (voorlopige resultaten).

²⁴ Een gedeelte van de netto aanwas wordt niet getransporteerd en blijft achter op de piek waar de schelp heeft geleefd.

Op deze wijze ontstaat er op een diepte van ca. 20-30 cm onder het bodemoppervlak een schelpenlaagje. Vanwege de grote verspreiding van de wadpieren kunnen dergelijke laagjes wijd verspreid ontstaan.

2. Oppervlakte transport door stromend water. Stromend water kan, wanneer de schuifspanning hoog genoeg is, verantwoordelijk zijn voor transport van schelpen (zie paragraaf 4.2.1). Daarbij zijn zowel golven als laterale stroming (m.n. getijstroming) van belang. Aan het oppervlak van wadplaten kunnen schelpen a.g.v. van de hoge bodemschuifspanning (door golven) worden getransporteerd naar de dichtstbijzijnde lager gelegen gebieden. Dit zijn vaak de randen van de plaat op de overgang van geulen of prielen. Hier neemt de bodemschuifspanning af en blijven de schelpen liggen. Verder transport vindt pas plaats wanneer het sediment wordt geërodeerd als gevolg van het migreren van een grotere getijgeul.

Het ontstaan van schelpenconcentraties

De totale voorraad bestaat uit een (al dan niet tijdelijk) onwinbaar gedeelte en een winbaar gedeelte. Tussen beide gedeeltes vindt uitwisseling plaats.

Het belangrijkste mechanisme om van de onwinbare voorraad in de winbare te geraken (de zg. *nalevering*) is de laterale verplaatsing van de geulen (migratie) en bijbehorende erosie van de platen. De schelpen die zijn verzameld op de plaatranden (zie boven) en worden aangesneden door een migrerende geul, vallen, als gevolg van de zwaartekracht, naar de bodem van de geul. Als de stroming in de geul sterk genoeg is kunnen de schelpen tijdens het vallen over een korte afstand van enkele meters met de stroom worden meegevoerd. De afstand waarover een schelp aldus wordt vervoerd wordt sterk bepaald door de valsnelheid van de schelp. Een grote valsnelheid betekent dat de schelp snel door de waterkolom naar de bodem valt. De transportafstand wordt daardoor beperkt. Nadat een schelp op de geulbodem is neergeslagen vindt vrijwel geen verder transport meer plaats als gevolg van de te lage schuifspanning in de geulen van de Waddenzee (zie paragraaf 4.2.1).

Schelpen die op de boven beschreven manier door de waterkolom naar de geulbodem vallen, vormen nog niet per definitie een geconcentreerde schelpenaccumulatie. Een dergelijke schelpenconcentratie ontstaat pas wanneer de stroomsnelheid in de geul voldoende hoog is om het zand op de geulbodem te eroderen (uit te spoelen) terwijl de schelpen blijven liggen²⁵. Een dergelijke situatie komt met name voor in buitenbochten van geulen en daar waar twee geulen bijeenstromen. Hier worden dan ook de meeste schelpenconcentraties door de winnaars aangetroffen (zie paragraaf 4.2.4).

Een aldus ontstane schelpenconcentratie kan overigens a.g.v. geul- en plaatmigratie weer worden bedekt door sediment. Indien een geul vervolgens nogmaals over de, inmiddels begraven schelpenconcentratie heen migreert kunnen de schelpen weer bereikbaar worden voor de winnaars. Overigens is het zo dat ook een deel van de begraven schelpenbanken voor de winnaars bereikbaar zijn, mits dikte van de totale bodemlaag (dus bedekkend sediment *inclusief* bedekte schelpenlaag) niet dikker is dan maximaal ca. 4 m (pers. comm. winnaars).

²⁵ Schelpen zijn grof sediment. Er is over het algemeen een grotere stroomsnelheid nodig om schelpen te transporteren dan om zand te transporteren. Zand komt dus eerder in beweging.

Ais gevolg van de grote bodemschuifspanning rond de zeegaten zal schelpentransport plaatsvinden tussen de Waddenzee en de buitendelta's cq. de kustzone (hierbij gaat het zowel om transport van Waddenzee naar kustzone als vice versa). De hoge stroomsnelheden (bodemschuifspanning) in het gebied rond de zeegaten veroorzaakt dit transport (paragraaf 4.2.1). Over de omvang (de hoeveelheid aldus getransporteerde schelpen) en de tijdschaal van dit proces is weinig bekend.

4.2.3 Biologische productie van schelpen (aanwas)

Er is in de afgelopen jaren op beperkte schaal onderzoek gedaan naar de schelpenproductie in de Waddenzee. In de deelrapporten 2 en 10 wordt een overzicht gegeven van de verschillende aanwascijfers en hun bronnen. Na een analyse van de wijze waarop de verschillende cijfers zijn vastgesteld, concludeert deelrapport 10²⁶ dat de jaarlijkse *bruto* kokkelaanwas (dus zonder aftrek van de verliesposten van in totaal 25%, paragraaf 4.2.2) in de Waddenzee (*exclusief* de kustzone en buitendelta's) ca. 208.000 ± 64.000 m³ bedraagt (schelpen groter dan 1,5 cm).

In de Waddenzee worden naast kokkels ook andere (overige) schelpen geproduceerd. Over de omvang van deze aanwas is slechts weinig bekend²⁷. Deelonderzoek 10 concludeert dat er slechts voor nonnetjes een betrouwbaar *bruto* aanwascijfer is te geven: ca. 40.000 ± 11.000 m³. Nonnetjes vormen hoogstwaarschijnlijk een belangrijk gedeelte van het contingent 'overige schelpen'.

Verdeling oostelijke-westelijke Waddenzee

De bovenstaande aanwascijfers voor kokkels zijn berekend aan de hand van het voor kokkelgroei geschikte gedeelte van het plaatoppervlak van de Waddenzee (zie deelonderzoek 2 en 10). Dat betekent dat we de cijfers in principe ook kunnen splitsen in een cijfer voor de westelijke Waddenzee en een voor het oostelijk gedeelte, naar verhouding van het respectievelijke plaatareaal²⁸. Daarbij moet echter wel in het oog worden gehouden dat de foutenmarge in de getallen toeneemt wanneer de ruimtelijke schaal afneemt.

Van het totale plaatareaal in de Waddenzee bevindt zich ca. 60% in de oostelijke Waddenzee. De overige 40% ligt in de westelijke Waddenzee. Dat betekent dus, conform de bovenstaande redenering, dat we de *bruto* aanwascijfers zoals hierboven gegeven via een 4:6 verhouding kunnen verdelen over respectievelijk de westelijke en oostelijke Waddenzee.

²⁶ Bij deze berekeningen is uitgegaan van de gegevens van Beukema en Cadée (1997).

²⁷ Op basis van de percentages overige schelpen in de gewonnen partijen schelpen kan een grove schatting worden gemaakt van de aanwas van overige schelpen. Zoals in paragraaf 4.2.7 weergegeven is de verdeling kokkels - overige schelpen gelijk aan ca. 75-25 %. Deze redenering volgend zou de *bruto* aanwas van kokkels inclusief overige schelpen ca. 277.000 m³ bedragen.

²⁸ De gebruikte grens tussen oost en west is het wantij van Terschelling, overeenkomstig de grens die in de LBS wordt gehanteerd.

4.2.4 Locaties van schelpenconcentraties

Schelpenconcentraties in de Waddenzee komen zowel *op* als *in* de bodem voor. In deelonderzoek 4 is een veldinventarisatie uitgevoerd waarbij oppervlakkige en begraven schelpenconcentraties zijn gelokaliseerd.

Schelpenconcentraties aan het bodemoppervlak

Uit de resultaten van het sonaronderzoek (deelonderzoek 4) blijkt dat de schelpenconcentraties²⁹ aan het bodemoppervlak in de Westmeep, de Spruit en de Zuid-Oost Lauwers voorkomen aan de geulranden, in de *buitenbocht* van de geul. In de Westmeep is tevens een schelpenbank gevonden op de plek waar de Noord- en Zuidmeep samenstromen in de Westmeep. Deze bevindingen komen overeen met de procesbeschrijving in paragraaf 4.2.2.

In hetzelfde veldonderzoek is ook een aantal schelpenbanken aangetroffen in de *binnenbocht* van geulen: in de Vliesloot en de Oosterom.

Begraven schelpenconcentraties

Uit de resultaten van het veldonderzoek naar begraven schelpenconcentraties in de West- en Noordmeep³⁰ (deelonderzoek 4) blijkt dat de schelpenconcentratie in de bodem over het algemeen laag is (0-10 volume %). Gemiddeld bestaat 2% van het materiaal in de boorkernen uit schelpen. De hogere schelpenconcentraties komen voor in dunne laagjes in de bodem:

- < 1 volume % concentratie: gemiddelde laagdikte van 173 cm
- 1-10 volume % concentratie: gemiddelde laagdikte van 102 cm
- 10-30 volume % concentratie: gemiddelde laagdikte van 41 cm
- Er is één schelpenlaag aangetroffen van met een schelpenconcentratie van meer dan 30 volume %. Deze laag was 20 cm dik.

Uit de totale voorraad (zie paragraaf 4.2.8) is op theoretische gronden een gemiddelde schelpenconcentratie afgeleid van ca. 1 % in de gehele Waddenzee en ca. 2,3 % voor het gebied waar het veldonderzoek plaatsvond (deelonderzoek 10). Deze waarden komen redelijk overeen met de in het veldonderzoek gevonden gemiddelde schelpenconcentratie van ca. 2 % (zie hierboven).

4.2.5 Afmetingen schelpenconcentraties

Zoals aangegeven in de lijst met begrippen en definitie (achterin dit rapport), wordt een concentratie van ten minste ca. 5-10 volume % schelpen als winbaar aangemerkt (pers. comm. winners). Tijdens het sonar onderzoek (deelonderzoek 4) zijn onbedekte schelpenconcentraties aan het bodemoppervlak aangetroffen en ingedeeld in de categorieën < 10 volume % en > 10 volume %. De omvang van de aaneengesloten gebieden met een schelpenconcentratie van meer van 10% variëren van ca. 7 tot 86 ha.

In het kader van het VSw kon de oppervlakte van de via boringen gevonden schelpenlagen in de bodem niet gekwantificeerd worden.

²⁹ Het gaat hier om schelpenconcentraties van 15-37 volume %.

³⁰ Het betreft hier onderzoek in de bodem tot maximaal 6 meter onder het bodemoppervlak. Voor gedetailleerde gegevens: zie deelonderzoek 4.

4.2.6 Ouderdom van schelpen

Binnen deelonderzoek 7 ('De ouderdom van winbare schelpen') zijn op vier locaties in de Westelijk Waddenzee³¹ en één locatie op de buitendelta³² ouderdommen van schelpen bepaald. In totaal zijn 49 schelpen gedateerd, waarvan 17 *Spisula* en 32 kokkels. De ouderdommen bestaan een zeer brede range: van 268 cal BP³³ tot ca. 7000 BP³⁴ (Zie tabellen 4.1 en 4.2 en bijlage 2.2). Zoals in Hoofdstuk 2 is aangegeven zijn de schelpen in de monsters geselecteerd op visuele kenmerken. De categorie die op basis hiervan als 'recent' is gekenmerkt is niet betrokken bij de C14-datering. Het is mogelijk dat deze categorie (een deel van) de 'time-gap' tussen heden en 268 cal BP opvult. De gewichtspercentages van de categorie 'recent' zijn voor de verschillende monsterlocaties voor respectievelijk kokkels en *Spisula* 0-22 en 2-33%³⁵.

	% vers	Ouderdom in cal BP (jr)					Gemiddelde
Monsterlocatie		van min. naar max.					ouderdom
Marsdiep 1	3	2275	2954	3245	4631	5309	3683
Marsdiep 2	4	1627	2287	2340	2675	6778	3141
Marsdiep 3	4	1475	4050	4520	5914	7003	4592
Gronden Stortemelk	21	3204	4410	5110	5594		4580
Vlietstroom	18	3262	4239	6031	6156		4922
Noordmeep	22	496	4441	4523			3153
Noordoostmeep 1	0	2344	2738	6408			3830
Noordoostmeep 2	0	1173	6273	28098			3723

Tabel 4.1: Gecalibreerde ouderdommen in werkelijke jaren vóór heden van de gedateerde kokkels

*) Bij de bepaling van dit gemiddelde is de extreem hoge datering van 28098 op deze locatie niet meegenomen

Monsterlocatie	% vers	Ouderdom in cal BP (jr)				Gemiddelde ouderdom
		van min. naar max.				
Marsdiep 1	27	277	277	407	2566	882
Marsdiep 2	33	268	288	398	473	357
Marsdiep 3	20	1812	2313	2927	3263	2579
Gronden Stortemelk	16	1622	2700			2161
Noordoostmeep 1	2	478	2884			1681
Noordoostmeep 2	3	29898				

Tabel 4.2: Gecalibreerde ouderdommen in werkelijke jaren vóór heden van de gedateerde *Spisula*

³¹ Marsdiep, Vliestroom, Noordoostmeep en Noordmeep.

³² Buitendelta van het Zeegat van Terschelling (Gronden van de Stortemelk).

³³ Met de C14-dateringsmethode wordt de ouderdom in zg. ¹⁴C-jaren bepaald. Echter, omdat in het verleden het gehalte aan ¹⁴C in de atmosfeer niet constant is geweest kan een ouderdom in ¹⁴C-jaren niet zonder meer omgezet worden in echte (zonne-)jaren. Door het dateren van bomen, waarvan de echte ouderdom bekend is uit de jaarringen, is een omrekencurve geconstrueerd waarmee de ouderdom in echte jaren berekend kan worden uit die in ¹⁴C-jaren. De in dit rapport gebruikte ouderdommen worden in echte (zonne-)jaren weergegeven, met de eenheid cal BP (BP: Before Present). 'Present' is bij conventie vastgesteld op het jaar 1950 AD.

³⁴ Er zijn twee schelpen van ca. 30.000 jaar gedateerd. Aangezien de ¹⁴C-methode niet geschikt is voor de betrouwbare datering van dergelijke hoge ouderdommen, worden beide schelpen hier verder buiten beschouwing gelaten.

³⁵ In hoeverre deze percentages representatief zijn voor de rest van de Waddenzee is op basis van het beperkte aantal monsters dat in dit kader is verzameld niet vast te stellen.

De hoogste gevonden ouderdom (met uitzondering van twee extreem hoge ouderdommen van ca. 30.000 BP in de Noordoost Meep³⁶) is 7003 cal BP. De gevonden range aan ouderdommen beslaat dus een groot deel van het Holoceen.

Bij de kokkeldateringen is de ouderdomsvariatie het grootst: van 500 tot 7000 cal BP. De variatie bij de *Spisula*-dateringen is geringer: ze vallen allemaal in de range van 300 cal BP tot 3300 cal BP, waarbij het grootste deel van de gedateerde schelpen relatief jong blijkt te zijn.

De monsters uit het Marsdiep laten de grootste spreiding in ouderdommen zien. De kokkels vallen in de range van 1500 cal BP tot 7000 cal BP, de *Spisula*'s in de range 300 cal BP tot 3300 cal BP. Hierbij moet opgemerkt worden dat van deze locatie het grootste aantal ouderdommen is bepaald. De monsters uit de Noordoostmeep vertonen een afwijkend beeld. Hier worden schelpen met ouderdommen uit de laatste ijstijd aangetroffen, terwijl "verse" kokkels ontbreken. Daarnaast worden zowel relatief oude als verse *Spisula*'s gevonden, hetgeen gezien de afstand tot het zeegat niet te verwachten valt.

Van de monsters uit het Zeegat van het Vlie en het achterliggende bekken blijkt de locatie Noordmeep, zowel minimaal, gemiddeld als maximaal, de jongste kokkeldateringen op te leveren. Het aantal gegevens is echter niet voldoende om tot een significante trend in de verdeling van de ouderdommen over de locaties te kunnen concluderen.

De gevonden ouderdommen kunnen niet alleen verklaard worden uit de ontwikkeling van de huidige, relatief jonge zeegaten Marsdiep en Zeegat van het Vlie. De gedateerde schelpen moeten ook afkomstig zijn uit afzettingen van oudere zeegaten in of nabij de Waddenzee, uit afzettingen welke geërodeerd worden op de onderwateroever van de Waddeneilanden en de aangrenzende kust en uit de erosie van oude wadafzettingen in de Noordzee. Kennelijk zorgt de morfologische dynamiek voor een goede menging van de (jonge en oude) schelpen.

4.2.7 Soortensamenstelling van gewonnen schelpenpartijen

Op basis van de gegevens verzameld door dhr. D.T. Reitsma (deelonderzoek 9) en gegevens verzameld in het kader van het ouderdomsonderzoek (deelonderzoek 7) zijn gemiddelden berekend t.a.v. de soortensamenstelling van gewonnen partijen schelpen in het PKB-gebied (zie onderstaande tabel 4.3³⁷). Uit tabel 4.3 blijkt dat ca. ¾ deel van de gewonnen schelpen uit kokkels bestaat³⁸. Het percentage *Spisula* is minder dan 5%.

³⁶ Het betrouwbaar dateren van ouderdommen van ca. 30.000 jaar en ouder is niet goed mogelijk met de C-14 methode.

³⁷ Zie ook: bijlage 2.4.

³⁸ Deze verhouding is in overeenstemming met door het RIKZ bepaalde relatieve soortensamenstelling in de Waddenzee en de zeegaten: 74% kokkels en 5% *Spisula* (Essink, K., J. Eppinga en P. Iydeman, *Samenstelling schelpen*. Werkdocument RIKZ/OS-96.628x, 1996). Deze RIKZ-analyse is uitgevoerd op basis van vijf monsters uit het zeegat van het Vlie en de nabijgelegen geulen in de Waddenzee.

Soort	Schone schelpen gemiddeld %	Kleischelpen gemiddeld %
Kokkels	75	73
<i>Spisula</i>	4	3
Overig	21	24

Tabel 4.3 Soortensamenstelling (in gewichtpercentages) van gewonnen partijen schelpen in het PKB-gebied. Schone schelpen: N = 37; kleischelpen: N = 26.

4.2.8 Omvang totale schelpenvoorraad in de Waddenzee, nalevering en winbare voorraad

In deelonderzoek 10 wordt een (zeer grove) schatting gedaan van de omvang van de totale schelpkalkvoorraad (dus kokkels, *Spisula* en overige schelpen) in de Waddenzee inclusief de Noordzee kustzone boven de waddeneilanden tot NAP -20 m³⁹. Deze zeer grove schatting bedraagt $1,0 \pm 0,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ schelpkalk⁴⁰. Hiervan bevindt zich ca. 75 % in de oostelijke Waddenzee en ca. 25% in de Westelijke Waddenzee (grens: wantij van Terschelling).

In deelonderzoek 10 is een schatting gemaakt van de hoeveelheid schelpen die uit de totale voorraad per jaar, als gevolg van morfologische dynamiek (geul- en plaatmigratie), vrij komen (de nalevering). Ook hier geldt dat het om een zeer grove schatting gaat. Dit getal geldt voor de Waddenzee inclusief de Noordzee kustzone vanaf een diepte van NAP -5 m. Voor de Noordzee kustzone geldt bij de berekening bovendien een maximale diepte van NAP -20 m. Deze zeer grove schatting van de jaarlijkse nalevering bedraagt jaarlijks ca. $1,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Er kan op enig moment gespreid in de tijd via morfologische dynamiek in de Waddenzee (geul- en plaatmigratie) maximaal ca. $3,5 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ schelpen vrijkomen (zeer grove schatting). Deze schelpen zijn niet per definitie winbaar omdat ze niet per definitie in winbare concentraties voorkomen.

Schelpenwinners kunnen met een zuigbuis tot maximaal ca. 4 meter in de bodem winnen (paragraaf 4.2.2). Dat betekent dat naast de hierboven berekende nalevering (de vrijkomende schelpen) ook schelpen in een zone van maximaal 4 meter bodemdiepte in de bodem voor winners bereikbaar zijn. In deze zone bevindt zich ca. $70 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ schelpen⁴¹ (dit getal geldt voor de Waddenzee inclusief de Noordzee kustzone vanaf een diepte van NAP -5 m. Voor de Noordzee kustzone geldt bij de berekening bovendien een maximale diepte van NAP -20 m. Het getal betreft een zeer grove schatting). Ook deze schelpen zijn niet per definitie winbaar omdat ze niet per definitie in winbare concentraties voorkomen.

Op basis van de bovenstaande cijfers voor de maximale totale nalevering ($35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) en de voor winners bereikbare schelpen in de bodem ($70 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) bedraagt de theoretisch maximaal winbare schelpenvoorraad in de Waddenzee inclusief de Noordzeekustzone ca. $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ⁴².

³⁹ Teneinde deze schatting te kunnen maken is noodzakelijkerwijs een aantal aannames gedaan (zie deelonderzoek 10). Deze aannames dienen bij de waardering van de voorraadcijfers in ogenschouw te worden genomen.

⁴⁰ In dit cijfer is de geschatte totale hoeveelheid gewonnen schelpen in de afgelopen eeuwen (naar schatting ca. $24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, deelonderzoek 10) reeds verwerkt.

⁴¹ Deelonderzoek 10.

⁴² Dit getal geldt voor de Waddenzee inclusief de Noordzee kustzone vanaf een diepte van NAP -5 m. Voor de Noordzee kustzone geldt bij de berekening bovendien een maximale diepte

4.3 Schelpen in de kustzone⁴³ van de Waddenzee, Zeeland en Noordzee

Deze paragraaf richt zich op het voorkomen van schelpen in de Noordzee kustzone van de waddeneilanden. Daarnaast wordt de soortensamenstelling van gewonnen partijen schelpen in Zeeland en de overige Noordzee gegeven. De paragraaf kent de volgende opbouw: paragraaf 4.3.1 schelpentransport en -accumulatie, paragraaf 4.3.2 biologische produktie, paragraaf 4.3.3 soortensamenstelling.

4.3.1 Schelpentransport en -accumulatie in de kustzone van de Waddenzee

Schelpentransport

De schelpentransport en -accumulatieprocessen in de Noordzeekustzone zijn wezenlijk anders dan die in de Waddenzee (paragraaf 4.2). In de kustzone is, uitgezonderd in de buitendelta's, geen sprake van het voorkomen van lateraal migrerende geulen en erosie van schelphoudende platen. Daarnaast zijn de golfenergie en de bodemschuifspanning t.g.v. golven aanmerkelijk hoger dan in de Waddenzee.

Er worden voornamelijk twee transportrichtingen gevonden: kustwaarts en zeewaarts. De aanwezigheid van kustlangs transport van schelpen is niet bekend (deelonderzoek 10). Kustwaarts transport vindt voornamelijk plaats in de brandingszone, waar schelpen onder invloed van de golven op het strand worden geworpen. Zeewaarts transport vindt plaats door de retourstroom aan de bodem. Deze retourstroom ontstaat wanneer, onder bepaalde condities zoals stormen, het water tegen de kust wordt opgezet. De retourstroom voert het teveel aan water aan de kust weer af richting zee en neemt tevens schelpen mee naar dieper water. Ook kunnen muiën (lokale, haaks op de kust staande afvoergeulen) zorgen voor extra afvoer van water en sediment (waaronder schelpen).

Schelpenaccumulatie

De schelpen die zeewaarts worden getransporteerd kunnen op de diepere delen van de kust, waar ze ongrijpbaar zijn voor de golven en stroming, accumuleren. De aldus afgezette schelpen zullen over een groot gebied verspreid zijn, en niet geconcentreerd in banken.

Het ontbreken van geconcentreerde schelpenaccumulaties in de kustzone wordt bevestigd door de deelonderzoeken 4, 5 en 8 waarin onderzoek is verricht naar de vraag in hoeverre er in deze zone daadwerkelijk winbare schelpenconcentraties voorkomen⁴⁴. Binnen deze deelonderzoeken is vrijwel geen winbare schelpenconcentratie aangetroffen (zie bijlage 4.2 van dit rapport; de figuren 1 t/m 5 in deelonderzoek 5; paragraaf 4.3.1 hierboven). Behalve het ontbreken van bruikbare schelpendichtheden komen relatief grote hoeveelheden levende schelpen in de kustzone voor, met name *Spisula*. In deelonderzoek 5 wordt gesteld dat er vrijwel geen locaties zijn gevonden waar

van NAP -20 m. Het getal betreft een zeer grove schatting). Deze schelpen zijn niet per definitie winbaar omdat ze niet per definitie in winbare concentraties voorkomen.

⁴³ Met 'kustzone' wordt hier het gebied bedoeld dat wordt begrensd door het PKB-gebied, de eilandkusten en de 3-mijlszone waar schelpenwinning is toegestaan (zie LBS).

⁴⁴ Ook de winners zelf (pers. comm.) geven aan dat vrijwel geen winbare concentraties zijn gevonden in de kustzone.

zich geen levend materiaal bevond. Partijen schelpen met levend materiaal zijn slecht bruikbaar als gevolg van stankoverlast bij opslag en verwerking.

Schelpenaccumulaties in de buitendelta's van de Waddenzee

In tegenstelling tot de daadwerkelijke kustzone van de waddeneilanden geven de winningsgegevens van de afgelopen jaren aan dat een aantal buitendelta's wel interessante gebieden vormen voor schelpenwinning. Met name op de buitendelta van het Zeegat van Terschelling en het Marsdiep worden al vele jaren achtereenvolgende grote hoeveelheden schelpen gewonnen. De proefwinningen (deelonderzoek 8) die zijn uitgevoerd op de buitendelta van het Friesche Zeegat (bijlage 4.2) leveren echter geen winbare locaties op.

Schelpen kunnen, wanneer de bodemschuifspanning hoog genoeg is, worden getransporteerd via getijdegeulen op de buitendelta's en kunnen in deze geulen uiteindelijk in winbare concentraties voorkomen. Op basis hiervan mag theoretisch verwacht worden dat oude getijdegeulen op de buitendelta's relatief kansrijke gebieden zijn voor het voorkomen van winbare schelpenconcentraties.

4.3.2 Biologische produktie (bruto aanwas) en verlies

De *Spisula* aanwas varieert zeer sterk van jaar tot jaar. In deelonderzoek 6 is onderzocht wat de schelpkalkproductie van *Spisula subtruncata* is in de Noordzee kustzone van de waddeneilanden (3-mijlszone) in de periode '96-'99.

Geconcludeerd wordt dat in drie van de vier onderzochte jaren de schelpkalkproductie ca. 200.000 m³ bedraagt⁴⁵. Alleen in '96-'97 is de produktie veel kleiner als gevolg van grote sterfte in het voorjaar van '96 door vorst. Gemiddeld over de vier onderzochte jaren bedraagt de jaarlijkse *bruto* aanwas 150.000 m³. Bij het overgrote deel van deze produktie gaat het om exemplaren die groter zijn van 1,5 cm.

Ongeveer de helft van de gemiddelde jaarlijkse produktie gaat verloren als gevolg van vergruizing door zee-eenden⁴⁶. De *netto* aanwas in de 3-mijlszone boven de waddeneilanden bedraagt dus maximaal ca. 75.000 m³ *Spisula* per jaar. De (extra) verliezen door fysische vergruizing en *Spisulavisserij* zijn niet goed bekend.

4.3.3 Soortensamenstelling van gewonnen schelpenpartijen

Kustzone Waddenzee:

Op basis van de gegevens verzameld door dhr. D.T. Reitsma (deelonderzoek 9) zijn gemiddelden berekend t.a.v. de soortensamenstelling van gewonnen partijen schelpen op de buitendelta's van de Waddenzee (zie onderstaande tabel 4.4⁴⁷). Deze verhoudingsgetallen zijn betrekkelijk, daar het aantal monsters beperkt is.

⁴⁵ De aanwas van *Spisula* varieert sterk van jaar tot jaar. Daarom is het van belang de betrekkelijkheid te beseffen van het in deelonderzoek 6 bepaalde aanwascijfer. Dat is immers gebaseerd op slechts 3 tot 4 jaar.

⁴⁶ Deelonderzoek 6.

⁴⁷ Zie ook: Bijlage 2.4.

Soort	Schone schelpen gemiddeld %
Kokkels	72
Spisula	6
Overig	22

Tabel 4.4: Soortensamenstelling gewonnen partijen schelpen in de buitendelta's van de waddeneilanden (in gewichtspercentages; N = 14). Er zijn geen kleischelpen aangetroffen.

De soortensamenstelling verschilt slechts in zeer beperkte mate van die gevonden voor het PKB-gebied (zie paragraaf 4.2.7)

Westerschelde, Voordelta en Noordzee:

In de onderstaande tabel worden de soortensamenstellingen van partijen gewonnen schelpen in de Westerschelde, Voordelta en overige Noordzee gegeven.

	W' schelde*	Voordelta*	Noordzee**
Kokkels	27-40	25-73	65
Spisula	3	5-50	10
Overige	rest	rest	25

Tabel 4.5: Soortensamenstelling gewonnen partijen schelpen (%) op basis van deelonderzoek 1.

*) Deze getallen zijn betrekkelijk, als gevolg van de relatief beperkte hoeveelheid monsters

**) Deze verhoudingsgetallen zijn betrekkelijk. Ze zijn gebaseerd op een winning van 47.550 m³ uit 1999 in het Noordzee gebied voor de Zeeuwse kust (Schouwenbank).

4.4 Conclusies

Ten aanzien van de onderzoeksvragen zoals geformuleerd in de inleiding van dit hoofdstuk kunnen de volgende conclusies worden getrokken. Het VSW leidt ook tot een aantal conclusies t.a.v. het transport van schelpen en de totale winbare schelpenvoorraad in de Waddenzee. Ook deze conclusies worden hieronder weergegeven.

1. Jaarlijkse netto aanwas van kokkels en *Spisula* bedraagt bij benadering:
 - Jaarlijkse netto kokkelaanwas in het PKB-gebied van de Waddenzee (schelpen groter dan 1,5 cm): 156.000 ± 48.000 m³.
 - Jaarlijkse netto *Spisula* produktie in de kustzone boven de waddeneilanden (3-mijlszone) varieert zeer sterk per jaar. Voor de jaren '96-'99 is een gemiddelde netto aanwas gevonden van ca. 75.000 m³/jaar. Dit getal is exclusief de verliezen a.g.v. de *Spisulavisserij* en de waarschijnlijk aanzienlijke effecten van fysische vergruizing.
2. Het verschil tussen de bruto- en nettocijfers wordt bepaald door het verlies. De belangrijkste verliesposten voor de Waddenzee (PKB-gebied) zijn: fysische en biologische vergruizing en kokkelvisserij (totaal verlies: 25%). In de kustzone van de waddeneilanden is de belangrijkste verliespost biologische vergruizing (vraat door vogels). Deze verliespost bedraagt ca. 50%. De omvang van de fysische vergruizing is niet bekend.

3. De theoretisch maximaal winbare schelpenvoorraad in de Waddenzee inclusief de Noordzeekustzone bedraagt op basis van een zeer grove schatting⁴⁸ ca. $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ⁴⁹ schelpen.
4. Schelpen in de Waddenzee groeien voor het overgrote deel op de droogvallende wadplaten. Na afsterven blijft een deel van de schelpen achter op de platen. Het grootste gedeelte wordt echter onder invloed van waterbeweging (met name golven) vervoerd naar de plaatranden waar de schelpen accumuleren. Wanneer de plaatrand door een migrerende geul wordt aangesneden, vallen de schelpen door de waterkolom naar de bodem van de geul. De stroomsnelheid en bodemschuifspanning in de geulen van de Waddenzee zijn over het algemeen te laag om schelpen daadwerkelijk te transporteren (dit geldt niet voor de diepe geulen rond de zeegaten). De schelpen die aldus op de geulbodem neerkomen vormen over het algemeen geen geconcentreerde accumulatie. Een dergelijke schelpenconcentratie ontstaat pas wanneer de stroomsnelheid in de geul voldoende hoog is om het zand op de geulbodem te eroderen (uit te spoelen) terwijl de schelpen blijven liggen. Een dergelijke situatie komt met name voor in buitenbochten van geulen en daar waar twee geulen bijeenstromen. Hier worden dan ook de meeste schelpenconcentraties door de winners aangetroffen. Een aldus ontstane schelpenconcentratie kan overigens a.g.v. geul- en plaatmigratie weer worden bedekt door sediment. Indien een geul vervolgens nogmaals over de, inmiddels begraven schelpenconcentratie heen migreert kunnen de schelpen weer bereikbaar worden voor de winners. Overigens is het zo dat ook een deel van de begraven schelpenbanken voor de winners bereikbaar zijn, mits de totale dikte van bedekkende sedimentlaag en bedekte schelpenlaag niet dikker is dan ca. 4 m.
5. Er vindt als gevolg van stroming schelpenuitwisseling plaats tussen de kustzone, de buitendelta's en de Waddenzee. Over de omvang van dit proces is echter weinig bekend.
6. In de kustzone vindt kustwaarts transport plaats door golven in de brandingszone. Zeewaarts transport vindt plaats door de retourstroom aan de zeebodem en in muiën.
7. De ouderdom van de gewonnen schelpen in de Waddenzee en de buitendelta's beslaat een zeer brede range:
 - kokkels: 500-7000 cal BP
 - *Spisula*: 300-3300 cal BP

Naast deze oude schelpen zijn ook relatief verse schelpen aangetroffen in de gewonnen hoeveelheden. De percentages 'relatief vers' is, uitgedrukt in gewichtsperscentage, voor respectievelijk kokkels en *Spisula* 0-22 en 2-33%. Er lijkt dan ook sprake te zijn van een in de tijd min of meer continue vorming van schelpen en een goede mening door het systeem.

⁴⁸ In dit cijfer is de geschatte totale hoeveelheid gewonnen schelpen in de afgelopen eeuwen (naar schatting ca. $24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, deelonderzoek 10) reeds verwerkt.

⁴⁹ Dit getal geldt voor de Waddenzee inclusief de Noordzee kustzone vanaf een diepte van NAP -5 m. Voor de Noordzee kustzone geldt bij de berekening bovendien een maximale diepte van NAP -20 m. In het getal is meegenomen dat schelpenwinners met een zuigbuis tot maximaal 4 m onder het bodemoppervlak schelpen kunnen winnen. Het totale getal betreft een theoretisch getal omdat deze schelpen niet per definitie winbaar zijn, daar ze niet per definitie in winbare concentraties voorkomen.

8. De soortensamenstelling van gewonnen partijen schelpen worden weergegeven in onderstaande tabel.

	kokkels	Spisula	overige
Waddenzee (PKB)	75	4	21
Buitendelta's Waddenzee*	72	6	22
Westerschelde*	27-40	3	rest
Voordelta*	25-73	5-50	rest
Noordzee**	65	10	25

Tabel: Soortensamenstelling gewonnen partijen schelpen (%)

*) Deze getallen zijn betrekkelijk, als gevolg van de relatief beperkte hoeveelheid monsters

**) Deze verhoudingsgetallen zijn betrekkelijk. Ze zijn gebaseerd op een winning van 47.550 m³ uit 1999 in het Noordzee gebied voor de Zeeuwse kust (Schouwenbank).

9. Dit onderzoek heeft niet aangetoond dat de Noordzee kustzone van de waddeneilanden winbare schelpenhoeveelheden bevat. De buitendelta's zijn mogelijk meer kansrijk gezien de lange winningshistorie op de buitendelta van het Zeegat van Terschelling.

5 Schelpenbanken als ecotopen

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk richt zich op de vraag in hoeverre er in de Waddenzee (PKB-gebied) schelpenbanken voorkomen die zich (kunnen) ontwikkelen tot ecotopen waarop zich een specifieke flora en fauna bevindt (onderzoeksvraag 8, paragraaf 1.2). Daarbij is de achterliggende vraag in hoeverre het afsluiten van de oostelijke Waddenzee voor schelpenwinning sinds 1999 van invloed zou kunnen zijn op de ontwikkeling van dit ecotoop in de toekomst. Dit aspect wordt globaal behandeld.

Wanneer in dit hoofdstuk wordt gesproken over 'schelpenbanken' heeft dit uitsluitend betrekking op *niet begraven* schelpenbanken cq. -concentraties⁶⁰. De in het kader van dit onderzoek onderzochte schelpenbanken zijn gelokaliseerd met behulp van het sonaronderzoek (deelonderzoek 4).

De resultaten zoals gepresenteerd in dit onderzoek zijn gebaseerd op deelonderzoek 11 ('Schelpenbanken als ecotoop'). Zie bijlage 5.1 voor locaties. Deelonderzoek 11 is relatief beperkt van opzet geweest. De representativiteit van de onderzoeksresultaten moeten dan ook in het licht van deze beperktheid worden gezien.

Leeswijzer

In paragraaf 5.2 wordt een aantal algemene karakteristieken van de onderzochte schelpenbanken gegeven welke waarschijnlijk mede bepalend zijn voor de vraag in hoeverre zich soorten kunnen vestigen op een bank. In paragraaf 5.3 wordt ingegaan op de gevonden soorten. Het hoofdstuk wordt besloten met een paragraaf 'discussie' (5.4) en een paragraaf 'conclusies' (5.5).

5.2 Fysische karakteristieken van schelpenbanken

De fysische karakteristieken van de schelpenbanken zijn mede bepalend voor de vraag in hoeverre er zich op een bank soorten kunnen vestigen. Tabel 5.1 geeft een overzicht van de karakteristieken iedere locatie (de locaties worden weergegeven in bijlage 5.1; de in tabel 5.1 weergegevens locatie nummers verwijzen naar de nummers zoals gebruikt in bijlage 5.1).

⁶⁰ Volgens dhr. J. Smit (Smit-Zoutkamp, pers. comm.) winnen de schelpenwinners overigens voornamelijk *begraven* schelpenconcentraties.

Karakteristieken	Diepte t.o.v. LW (m)	Bodem karakteristiek	Schelpen-bedecking (%)	Dominante schelpen soorten	Overige info
Locatie en nr.					
Lauwers zuid (1)	3-8	kleiig	0-50	kokkel strandgaper	
Lauwers noord (2)	1-6	homogene bodem	20-80	strandgaper	
Terschelling Oosterom (3)	11	grofzandig	25-50	kokkel mossel	hoge stroom-snelheid zandduinen (40 cm hoog)
Oosterom (4)	3-8,5	homogene bodem	25-65 op ondiep water 75-80 op diep water	kokkel	relatief rijk bodemleven (zeeanemonen en vissen)
Vlieland (5)	2-6	niet homogene bodem met klei	60-95 op ondiep water 20-70 op diep water	kokkel strandgaper	kleirand
Westmeep (6)	5	zandig	5-10	zwaard-scheden	

Tabel 5.1: Globale karakteristieken van onderzochte locaties

Effecten garnalenvisserij

Opvallend zijn recent gebroken mosselschelpen, gekenmerkt door een scherpe kartelrand terwijl het wel oude verweerde schelpen betrof. Deze schelpen bevonden zich in niet bewegend sediment en zaten redelijk vast in de ondergrond. Zeer waarschijnlijk zijn de breuken veroorzaakt door garnalenvissers die de geulen met grote regelmaat bevissen. Bij laagwater zijn langs de rand van de geulen op droogvallend wad sporen van de netten waargenomen op het zandige wad.

5.3 Soorten op schelpenbanken

In de bijlagen van deelonderzoek 11 is per locatie samengevat welke soorten er zijn aangetroffen. De belangrijkste resultaten worden hieronder besproken.

Drie op schelpen groeiende soortengroepen domineren sterk: hydroiden, zeepokken en mosdiertjes. In al deze gevallen gaat het om organismen die erg goed zijn aangepast aan verstoring. Zeepokken staan bekend als de eerste macroscopische organismen die zich vestigen op een nieuw substraat en vervolgens snel uitgroeien. Hydropoliepen en mosdiertjes vestigen zich ook snel, maar indien een deel van een kolonie sterft, bijvoorbeeld omdat een schelp voor een deel in het sediment verdwijnt, kan het resterende deel van de kolonie verder uitgroeien over het resterende deel van de schelp.

Het opportunistische karakter van deze soorten blijkt ook uit het substraatgebruik: vrijwel al het aanwezige materiaal kan worden benut als vestigingsplaats. Welke schelpen daadwerkelijk worden gebruikt hangt vooral af van de beschikbaarheid. Er zijn geen opvallende verschillen in

substraatgebruik tussen organismen. In het algemeen wordt de sterkste begroeiing aangetroffen op de grootste schelpen zoals Strandgapers (*Mya arenaria*) of fragmenten daarvan. Dit houdt waarschijnlijk verband met het relatief stabiele karakter van deze fragmenten.

Vrij algemeen zijn ook zeeanemonen. Zowel de Slibanemoon (*Sagartia troglodytes*) als de Wedueroos (*Sagartiogeton undatus*) zijn vastgehecht aan schelpen die zich ongeveer 5 cm onder het bodemoppervlak bevonden. De Zeeanjerier (*Metridium senile*) daarentegen is op schelpen aan het bodemoppervlak gevonden.

Enkele malen zijn levende mosselen aangetroffen. Vermoedelijk zijn dit exemplaren die van (litorale) mosselbanken zijn losgeraakt en in de schelpenbank zijn gespoeld.

In het westelijk deel van de Waddenzee zijn meer op schelpen groeiende soorten gevonden dan in het oostelijk deel (14 vs 10), maar dat hangt waarschijnlijk samen met het twee maal zo grote aantal onderzochte locaties (4) in het eerstgenoemde gebied. Het aantal soorten per locatie bedraagt maximaal 10, zowel in de oostelijke als de westelijke Waddenzee.

5.4 Discussie

Fysische karakteristieken

Fysische karakteristieken van schelpenbanken zijn mede bepalend voor het vestigen van soorten op schelpenbanken. Uit deelonderzoek 11 komt naar voren dat de volgende factoren beperkend zijn voor het vestigen van soorten:

- Te hoge troebelheid van het water
- Te lage stroomsnelheid zodat de schelpenbank niet wordt vrijgehouden van sediment
- Te hoge stroomsnelheid waarbij mobilisatie van de schelpen optreedt alsmede grootschalig sedimenttransport over de bank (waaronder het voorkomen van zandgolven)
- Voortdurende accumulatie van schelpen en/of sediment, waardoor soorten worden begraven

Effecten garnalenvisserij

Naast fysische karakteristieken zijn in deelonderzoek 11 ook aanwijzingen gevonden dat het regelmatig voorkomen van garnalenvisserij de vestigingskansen van soorten sterk beperkt. Het is daarom niet waarschijnlijk dat zich op schelpenbanken duurzaam structuurvormende soorten zullen vestigen wanneer deze banken regelmatig worden bevestigd door garnalenvissers⁵¹.

⁵¹ Garnalenvissers zullen overigens de hun bekende schelpenbanken mijden ter voorkoming van schade aan het vistuig.

5.5 Conclusies

Op basis van het hier gepresenteerde onderzoek kunnen de onderstaande kwalitatieve conclusies worden getrokken. Daarbij moet wel worden aangetekend dat het gaat om een in omvang relatief beperkt onderzoek. De onderstaande conclusies moeten dan ook worden gezien in het kader van deze beperktheid.

1. Op zes onderzochte schelpenbanken in de oostelijke (2) en de westelijke (4) Waddenzee is in relatief beperkte mate flora en fauna aangetroffen. De belangrijkste aangetroffen soorten zijn hydroiden, zeepokken en mosdiertjes, allen opportunistische soorten die zich vaak als één van de eerste soorten vestigen op nieuw substraat.
2. T.a.v. de vraag wat de ecologische waarde is van schelpenbanken is nader, kwantitatief onderzoek nodig. Dit onderzoek kan in eerste instantie beperkt blijven tot het bemonsteren en analyseren van monsters genomen met een bodemhapper. De plaatsen van bemonstering kunnen worden bepaald met behulp van Sonar. Het is wel noodzakelijk het onderzoeksgebied te vrijwaren van garnalenvisserij om uitspraken te kunnen doen over ontwikkelingsmogelijkheden van hard substraat ecotopen. Als na verloop van enkele jaren blijkt dat zich een specifieke hard substraat fauna ontwikkelt kan gedetailleerder onderzoek met behulp van duikers en video uitgevoerd worden.

6 De effecten van schelpenwinning

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat specifiek in op de effecten van de activiteit schelpenwinning en behandelt de onderzoeksvragen 9 t/m 11 (paragraaf 1.2).

Leeswijzer:

De onderzoeksvragen worden in de paragrafen 6.2 t/m 6.4 successievelijk behandeld. De onderzoeksresultaten die in dit hoofdstuk worden gepresenteerd zijn gebaseerd op deelonderzoeken 2, 12 en 13.

6.2 Effecten op de eilandkusten

In deze paragraaf wordt het effect geanalyseerd van een in ruimte en tijd *gespreide* winning (6.2.2). In 6.2.3 staan de effecten van *geconcentreerde* winning centraal. Echter, voordat wordt ingegaan op de effecten van schelpenwinning op de kusten van de waddeneilanden, wordt in paragraaf 6.2.1 kort uiteengezet via welke (theoretische) principes het waddensysteem (Waddenzee plus kustzone) reageert op morfologische ingrepen zoals het winnen van schelpen.

6.2.1 De werking van het natuurlijke zanddelend systeem

De Waddenzee kan ingedeeld worden in een aantal 'zanddelende systemen'. Een zanddelend systeem bestaat uit het zeegat, de buitendelta, de aangrenzende eilandkusten (tot ca. NAP -20 m: de actieve diepte) en het bijbehorende kombergingsgebied. Deze verschillende morfologische eenheden zijn binnen een zanddelend systeem aan elkaar gekoppeld. Wanneer sediment (zoals schelpen) wordt onttrokken aan één van de onderdelen van het zanddelende systeem ontstaat ter plaatse een zandtekort dat resulteert in een zandvraag. Deze zandvraag wordt binnen het zanddelend systeem opgevangen door een interne herverdeling van zand. Binnen een zanddelend systeem fungeren de kustzones van de waddeneilanden als uiteindelijk bron van sediment⁵². Wanneer er dus op een bepaalde piek binnen het systeem een zandtekort (zandvraag) ontstaat, zal dat uiteindelijk ten koste gaan van de kust. Het is wel van belang te beseffen dat hiermee, afhankelijk van de omvang van het zandtekort, een grote tijdschaal gepaard gaat (jaren tot decennia).

Ten aanzien van schelpenwinning betekent dit dat winning binnen een zanddelend systeem ongeacht de locatie uiteindelijk altijd effect zal hebben op de eilandkusten. In deze paragraaf (6.2) is van dit principe uitgegaan. Daarbij wordt het algemeen gebruikte verhoudingsgetal 1:2 gehanteerd tussen

⁵² Er kan, op grote tijdschaal, ook zanduitwisseling plaatsvinden met de dieper gelegen kust.

respectievelijk zand en schelpen. Met andere woorden: de winning van 1 m³ schelpen staat gelijk aan de winning van 0,5 m³ zand⁵³.

6.2.2 Effecten bij gespreide winning

Bij de analyse van de globale effecten van gespreide schelpenwinning op de kustzone (additioneel t.o.v. de autonome kustdynamiek) wordt uitgegaan van de huidige quoterings, te weten 120.000 m³ winning in de kustzone en buitendelta's en 90.000 m³ winning in de westelijke Waddenzee (PKB-gebied).

Additionele effecten van winning in kustzone en buitendelta's

Gespreide winning in de kustzone en buitendelta's (van in totaal 120.000 m³ schelpen) leidt tot een gemiddeld sedimentverlies aan de kust (verlies aan profielinhoud) van circa 750 m³/km/jaar⁵⁴. Met een actieve diepte van 20 m, impliceert dit verlies in profielinhoud, een additionele, gemiddelde toename aan erosie van circa 0,04 m/jaar⁵⁵. Deze erosie is in deze berekening verondersteld *gelijkelijk verdeeld* te zijn over de vijf eilandkusten.

Additionele effecten van winning in de westelijke Waddenzee

Het verlies tengevolge van de winning in de Westelijke Waddenzee gaat ten koste van de kusten van Texel, Vlieland en Terschelling, zijnde circa 53 km. Voor deze eilandkusten geldt derhalve een sedimentverlies in de getijdebekkens van 850 m³/km/jr (tengevolge van schelpenwinning van 90.000 m³/jr). Dit komt overeen met een structurele erosie van 0,04 m/jaar voor de drie westelijke eilanden (berekening zoals hierboven beschreven).

Totaal effect bij gespreide winning

Bovenstaande resultaten worden in tabel 6.1 samengevat.

Effect op de kust van	Sedimentverlies in m ³ /jaar	Kustlijn-achteruitgang in m/jaar
Texel	32.000	0,08
Vlieland	24.000	0,08
Terschelling	28.800	0,08
Ameland	12.750	0,04
Schiermonnikoog	7.500	0,04
TOTAAL	105.050	

Tabel 6.1 Extra sedimentverlies in m³/jaar en kustachteruitgang in m/jaar als gevolg van gespreide winning van schelpen bij de huidige quoterings (winning van 90.000 m³/jaar in de westelijke Waddenzee en 120.000 m³/jaar op de buitendelta's en de eilandkusten). Berekening op basis van de volgende kustlengten: Texel (20 km), Vlieland (15 km), Terschelling (18 km), Ameland (17 km) en Schiermonnikoog (10 km).

⁵³ Hier is uitgegaan van een 1:2 relatie tussen respectievelijk zand en schelpen. In deelonderzoek 12 wordt echter uitgegaan van een 1:1 verhouding daar de doelstelling van dit deelrapport was het bepalen van een 'worst case' scenario.

⁵⁴ 120.000 m³/jr over 80 km, zijnde de som van de kustlengten van Texel (20 km), Vlieland (15 km), Terschelling (18 km), Ameland (17 km) en Schiermonnikoog (10 km) levert 1500 m³/km/jr. Uitgaande van de verhouding 1:2 (zand : schelpen) leidt dit tot een zandverlies van 750 m³/km/jr.

⁵⁵ Het verlies aan profielinhoud (750 m³/km/jaar oftewel 0,75 m³/m/jaar) gedeeld door de actieve diepte (20 m) geeft een kustachteruitgang van 0,75/20 = 0,04 m/jaar.

Hoewel de kennis over de natuurlijke processen van de Waddenzee relatief groot is, zijn er toch vele aspecten die leiden tot onzekerheden bij het maken van genoemde schattingen. De kwantificeringen moeten derhalve worden beschouwd als 'orde van grootte' schattingen. Bovendien moet worden beseft dat met het optreden van de berekende effecten een relatief grote tijdschaal is gemoeid (zie paragraaf 6.2.1).

Daarnaast wordt aangetekend dat in het kader van het huidige kustbeleid kusterosie die kusten waar een Basiskustlijn (BKL) is vastgesteld middels zandsuppleties wordt gecompenseerd.

6.2.3 Effecten bij geconcentreerde winning

Schelpenwinning vindt in de praktijk over het algemeen in ruimtelijke zin geconcentreerd plaats, zowel in de Waddenzee als in de kustzone en op de buitendelta's. Om de effecten van geconcentreerde winning te kunnen kwantificeren is binnen het deelonderzoek 12 een methode ontwikkeld waarbij de effecten van alle mogelijke winningsscenario's kunnen worden geanalyseerd (zie Bijlage A van deelonderzoek 12).

Ter *illustratie*: wanneer op basis van deze methode de jaarlijkse kusteffecten worden ingeschat van een scenario waarbij 90.000 m³ wordt gewonnen in het Zeegat van Terschelling en 120.000 m³ op de buitendelta van dit zeegat, leidt dat tot de volgende resultaten: tabel 6.2.

Texel (m/jr)	Vlieland (m/jr)	Terschelling (m/jr)	Ameland (m/jr)	Schier- monnikoog (m/jr)
0	0,2	0,15	0	0

Tabel 6.2: Berekende kustachteruitgang (m/jaar) bij geconcentreerde winning rond het Zeegat van Terschelling (120.000 m³ op de buitendelta en 90.000 m³ in het kombergingsgebied). Berekening volgens bijlage A van deelonderzoek 12, uitgaande van een zand-schelpen relatie van 1.2.

Ook bij deze resultaten geldt dat, hoewel de kennis over de natuurlijke processen van de Waddenzee relatief groot is, er toch vele aspecten zijn die leiden tot onzekerheden bij het maken van genoemde schattingen. De kwantificeringen moeten derhalve worden beschouwd als grote orde schattingen van de effecten.

Winning t.o.v. het dwarsprofiel van de kust

De effecten van geconcentreerde schelpenwinning in de kustzone van de waddeneilanden zullen in tijd en ruimte respectievelijk sneller en omvangrijker zijn wanneer de afstand tot de kust kleiner wordt.

6.2.4 Effecten t.o.v. de autonome kustdynamiek

Globale effecten bij gespreide winning

De kusten van de waddeneilanden zijn onder invloed van natuurlijke en menselijke invloeden zeer dynamisch. In verschillende onderzoeken zijn

getallen gegeven voor deze dynamiek, hier voor het gemak 'autonome dynamiek' genoemd (deelonderzoek 12). Op basis van deze gegevens wordt het gemiddelde zandverlies aan de kust geschat op ca. $2,8 \pm 0,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ (de werkelijke verliezen zijn minder als gevolg van de uitgevoerde suppleties). De huidige schelpenwinning bedraagt jaarlijks $0,21 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Dit leidt tot een zandvraag van $0,11 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ zijnde ca. 4% van het gemiddelde jaarlijkse autonome zandverlies van de eilandkusten.

Als we kijken naar de berekende kustachteruitgang in meters per jaar als gevolg van schelpenwinning en we trekken een vergelijking met de autonome ontwikkeling, ontstaat het volgende beeld. Berekeningen van de gemiddelde waarden voor de gecombineerde natuurlijke en antropogene kustlijnfluctuaties, in termen van de (gemiddelde) afwijking, leveren waarden van ettelijke meters per jaar (dr. A.P. Oost, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, pers. comm., Hoofdstuk 5, deelonderzoek 12). We kunnen derhalve concluderen dat de berekende globale, additionele erosie (0,08 m/jaar voor de Westelijke eilanden, 0,04 m/jaar voor de Oostelijke eilanden, zie tabel 6.1) gering is ten opzichte van de fluctuaties.

Effecten bij geconcentreerde winning

Een vergelijking van de effecten van geconcentreerde winning met de autonome kustontwikkeling valt minder gunstig uit, afhankelijk van het winningsscenario.

6.3 De effecten op geul- en plaatstabiliteit en opvulling van schelpenwinkuilen

6.3.1 Bodem- en geulstabiliteit en plaatvallen

Erosie van de geulbodem

Het verwijderen van sediment (zoals schelpen) kan leiden tot instabiliteit van de bodem en van geul- en plaatranden. In geval van schelpenwinning kan bodeminstabiliteit worden veroorzaakt doordat schelpen onder bepaalde omstandigheden een beschermende laag vormen op de bodem van een geul (schelpen als zg. channel lags)⁵⁶. Schelpen behoren tot het grovere sediment dat pas bij hoge stroomsnelheden in beweging komt (een dergelijke situatie komt voornamelijk voor in de grote getijdegeulen rond de zeegaten, zie Hoofdstuk 4). Wanneer nu de schelpenlaag wordt verwijderd, wordt het onderliggende sediment direct blootgesteld aan de bodemschuifspanning veroorzaakt door het stromende water. Ligt de schuifspanning boven de kritische waarde voor het betreffende sediment, dan ontstaat erosie van de bodem en kan worden gesproken van bodeminstabiliteit.

Plaatvallen

Wanneer geul- en plaatranden instabiel worden kunnen plotselinge afglijdingen ontstaan (zg. plaatvallen). De interne wrijvingskrachten van het sedimentlichaam zijn dan niet meer voldoende om weerstand te bieden aan de krachten die zich ontwikkelen door het gewicht van het bovenliggende materiaal plus het poriënwater. Afhankelijk van de lokale kenmerken (zoals

⁵⁶ Dit is uiteraard alleen het geval wanneer het gaat om schelpenbanken die aan het bodemoppervlak van de geul liggen (dus niet begraven zijn onder sediment).

sedimentsamenstelling) kunnen plaatvalen optreden wanneer de geul- of plaatrand een hellingshoek heeft van ca. 18-21 graden. Een plaatval kan door zowel natuurlijke als menselijke factoren worden veroorzaakt.

Het verwijderen van een schelpenbank aan de rand van een plaat kan in theorie leiden tot een verstelling of ondergraving van de plaatrand, waarna de rand instabiel kan worden. In hoeverre dit daadwerkelijk een rol speelt is de vraag. Er is slechts één geval bekend waarbij de relatie schelpenwinning-plaatval niet geheel is uit te sluiten: een plaatval in de winter van '60-'61 op de rand van de Middelpaats in de Westerschelde, nabij Terneuzen (deelonderzoek 2).

6.3.2 Schelpenwinputten

Schelpenwinputten zijn over het algemeen beperkt van omvang. In deelonderzoek 2 wordt een maximale diepte van 3 tot 4 m genoemd t.o.v. de omliggende bodem.

Deelonderzoek 13

In deelonderzoek 13 wordt onderzoek gedaan naar de opvulsnelheid van twee winputten in de Waddenzee (zie bijlage 2.5 voor locaties). Bij het verschijnen van het onderhavige eindrapport VSw zijn de beide winputten echter nog niet geheel opgevuld met sediment. Het loden van de putten zal dan ook in januari 2001 worden voortgezet. Pas wanneer deze metingen zijn beëindigd wordt het rapport van deelonderzoek 13 gepubliceerd. Hieronder worden dan ook slechts de tussenresultaten gepresenteerd.

Resultaten diepte lodingen rond twee winputten in de Meep

In figuur 6.1 wordt het volumeverloop van beide schelpenwinputten weergegeven. Het gaat hier om een schone schelpenput (waar ca. 150 m³ schelpen is gewonnen) en een kleischelpenput (waar ca. 200 m³ schelpen is gewonnen)³⁷. Wat bij beide putten opvalt is de tamelijk langzaam en gestaag verlopende opvulling door sediment. Wanneer de tot nu toe waargenomen opvulling wordt geëxtrapoleerd, leidt dat tot een totale opvulperiode van ca. 4-5 maanden.

Een verklaring voor de gemeten opvulsnelheid is niet te geven op basis van de voorlopige analyse resultaten. Elementen die in principe de opvulling van een put kunnen bepalen zijn ondermeer:

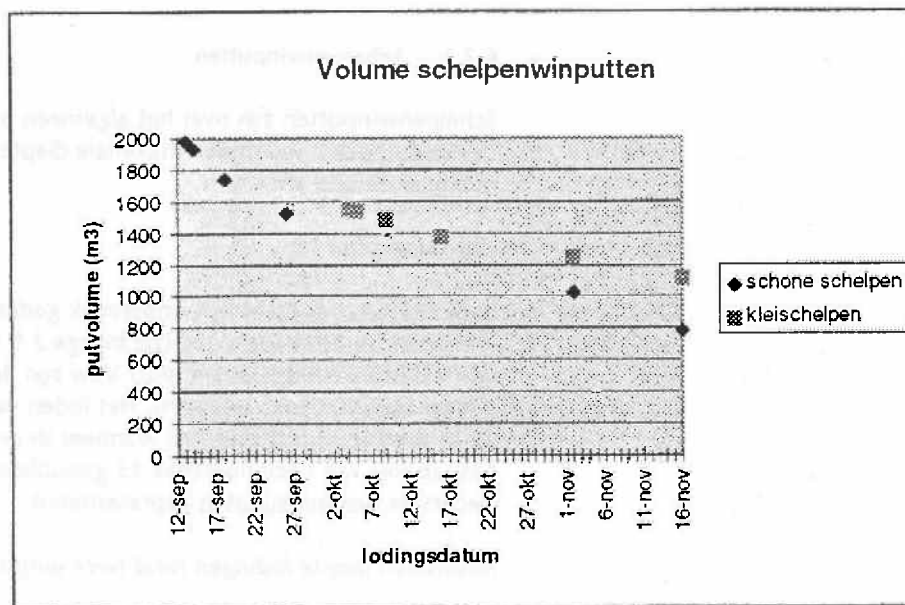
- het voorkomen van stormen. Onder stormcondities treedt in sommige gevallen extra sedimenttransport op, waardoor meer sediment beschikbaar komt voor de opvulling.
- de morfodynamische situatie van de geul waarin de put zich bevindt. Wanneer de geul reeds, onafhankelijk van de winput, een zandtekort heeft

³⁷ De volumes van beide putten zijn uiteraard groter dan het volume schelpen dat eruit afkomstig is. Dit als gevolg van het feit dat tijdens de winning ook overig bodemmateriaal wordt opgezogen. Wanneer het initiële volume van beide winputten (dus het volume direct na de winning) wordt vergeleken met het volume gewonnen schelpen blijkt het volgende:

- kleischelpen put: initieel volume is ca. 1560 m³, schelpenvolume is ca. 200 m³ (dus een schelpenpercentage van ca. 13%)
- schone schelpenput: initieel volume is ca. 1980 m³, schelpenvolume is ca. 150 m³ (dus een schelpenpercentage van ca. 7.5%)

Deze schelpenpercentages liggen in dezelfde orde grootte als het door de winners geschatte percentage schelpen dat nodig is om een schelpenbank als winbaar aan te merken (zijnde ten minste 5-10 %, zie paragraaf 4.2.5).

(bijvoorbeeld als gevolg van baggerwerk) zal dat de opvulsnelheid van de put negatief beïnvloeden. Een sedimentoverschot (bijvoorbeeld als gevolg van baggerstorting) heeft het tegenovergestelde effect. In de West- en Noordmeep vindt momenteel geen baggerwerk plaats. Wel wordt er op twee plaatsen in de directe nabijheid van beide winputten baggerspecie gestort (zie bijlage 2.5). In totaal is in het jaar 2000 (periode 25 mei- 4 juli) ca. 70.000 m³ gestort⁵⁸. Daarnaast vindt een belangrijke deel van de schelpenwinning in de Waddenzee plaats in de Meep wat op zich ook een sedimenttekort kan opleveren. In hoeverre uit deze gegevens blijkt dat de Meep een zandoverschot of -tekort heeft of in evenwicht verkeerd, kan op basis van de voorlopige analyse resultaten niet worden vastgesteld.



Figuur 6.1: Volumeverloop van twee schelpenwinputten in de Meep. (Lodingen uitgevoerd in de periode september-december 2000).

6.4 Effecten op het zwevendestofgehalte⁵⁹

Er zijn in de literatuur geen gegevens gevonden over de mate waarin schelpenwinning leidt tot effecten op het zwevendestofgehalte in de waterkolom (deelonderzoek 2). Ook over de laterale verspreiding van het zwevende stof in het water is in het kader van deelonderzoek 2 geen informatie gevonden.

In het algemeen geldt dat bij schelpenwinning ter plaatse tijdens de winning een verhoogde troebelheid van het water zal ontstaan als gevolg van het uitspoelen of retourneren van het zand en voornamelijk van de fijnere sedimentfractie. De mate van troebelheid hangt af van een aantal factoren:

- Winmethode en het materieel:
 - winplaats
 - materieel
 - winsnelheid
 - periode t.o.v. jaar en getij

⁵⁸ Bagger- en stortgegevens van RWS-DNN.

⁵⁹ In deelonderzoek 2 is literatuuronderzoek gedaan naar deze vraag. In de andere onderdelen van het VSw is deze vraag niet aan de orde geweest.

- vorm en diepte van de winput
- grootte van de winput hoeveelheid gewonnen schelpen/zand
- Intensiteit van de winning; capaciteit
- Lokale omstandigheden; samenstelling van het bodemmateriaal (kleischelpen/schone schelpen)

6.5 Conclusies

Effecten op de kusten van de waddeneilanden

1. Wanneer de effecten van de winning van het huidige jaarlijkse quotum voor het waddengebied (te weten 120.000 m³ in de kustzone⁶⁰ en 90.000 m³ in het westelijke PKB gebied) gelijkelijk worden gespreid over de eilandkusten, leidt dit tot een extra profielverlies en kusterosie zoals weergegeven in onderstaande tabel. NB: Deze cijfers geven orde grootte schattingen.

Effect op de kust van	Sedimentverlies in m ³ /jaar	Kustachteruitgang in m/jaar
Texel	32.000	0,08
Vlieland	24.000	0,08
Terschelling	28.800	0,08
Ameland	12.750	0,04
Schiermonnikoog	7.500	0,04
TOTAAL	105.050	

Extra sedimentverlies in m³/jaar en kustachteruitgang in m/jaar als gevolg van gespreide winning van schelpen bij de huidige quotering (winning van 90.000 m³/jaar in de westelijke Waddenzee en 120.000 m³/jaar op de buitendelta's en de eilandkusten). NB: Deze cijfers geven orde grootte schattingen.

- Deze additionele kusteffecten zijn relatief beperkt t.o.v. de autonome kustdynamiek. Daarbij dient te worden aangetekend dat in het kader van het kustbeleid op die plaatsen waar een Basis Kustlijn is vastgesteld, kusterosie via zandsuppleties wordt gecompenseerd.
2. Een in ruimte en tijd geconcentreerde schelpenwinning kan in principe, afhankelijk van het gekozen winningsscenario leiden tot een zich relatief lokaal manifesterende, grotere additionele kustachteruitgang.
 3. Naarmate de schelpenwinning dichterbij de kust plaatsvindt, zullen de effecten zich op een kortere tijdschaal als meer lokaal manifesteren.

Bodem- en geulstabiliteit

Daar waar een schelpenbank aan het bodemoppervlak van een geul ligt kunnen de schelpen een beschermende laag ('channel lag') vormen die het onderliggende sediment voor erosie vrijwaart. Op het moment dat deze laag wordt verwijderd kan de geul iets verder uitdiepen als gevolg van erosie van de nu onbeschermde bodem.

Het verwijderen van een schelpenbank aan de rand van een plaat kan in theorie leiden tot een versteiling of ondergraving van de plaatrand, waarna de rand instabiel wordt en er een plaatval kan optreden. Uit de praktijk is echter

⁶⁰ Zoals in Hoofdstuk 4 is weergegeven, zijn er geen winbare schelpenconcentraties in de Noordzee kustzone buiten de buitendelta's aangetroffen.

slechts één geval bekend waarbij de relatie schelpenwinning-plaatval niet geheel is uit te sluiten (plaatval in de Westerschelde in 1959)⁶¹.

Schelpenwinputten

In het VSW is het opvulverloop van twee schelpenwinputten (resp. kleischelpen (200 m³ schelpen gewonnen) en schone schelpen (150 m³ schelpen gewonnen)) in de Meep ingemeten. De sedimentopvulling verloopt langzaam en gestaag. Naar schatting zijn ca. 4-5 maanden nodig om de putten geheel op te vullen met sediment.

Zwevende stof

Er zijn in de literatuur geen gegevens gevonden over de mate waarin schelpenwinning leidt tot effecten op het zwevendestofgehalte in de waterkolom (deelonderzoek 2). Ook over de laterale verspreiding van het zwevende stof in het water is in het kader van deelonderzoek 2 geen informatie gevonden. Op basis van waarnemingen kan echter worden geconcludeerd dat schelpenwinning ter plaatse tijdens de winning een verhoogde watertroebelheid kan veroorzaken als gevolg van het uitspoelen of retourneren van zand en fijn sediment.

Plaats	Diepte (m)	Proefnummer	Resultaat (g/l)
Meep	0,5	1001	1,2
Meep	1,0	1002	1,5
Meep	1,5	1003	1,8
Meep	2,0	1004	2,1
Meep	2,5	1005	2,4
Meep	3,0	1006	2,7
Meep	3,5	1007	3,0
Meep	4,0	1008	3,3
Meep	4,5	1009	3,6
Meep	5,0	1010	3,9

⁶¹ Plaatvallen kunnen overigens ook door natuurlijke of andere menselijke factoren worden veroorzaakt.

Begrippen en definities

Hieronder wordt een aantal belangrijke begrippen gedefinieerd.

1. Schelpenbank:

Er zijn twee soorten schelpenbanken: banken *aan* het (zee)bodemoppervlak en banken die onder sediment zijn begraven. Ten behoeve van de schelpenwinning zijn beide soorten banken in principe geschikt. Wanneer het gaat om de ecologische betekenis van schelpenbanken, zijn alleen de onbegraven schelpenbanken van belang.

Schelpenbanken t.b.v. winning:

Er geldt een aantal randvoorwaarden met betrekking tot de schelpenconcentratie en de dikte van het bedekkende sedimentpakket die bepalen in hoeverre een schelpenbank geschikt is voor winning. Door de schelpenwinners zijn hiervoor de volgende indicaties gegeven (pers. comm.):

1. de schelpenconcentratie dient tenminste ca. 5-10 volume % te zijn van het aandeel vaste stof dat door de zuigbuis wordt opgezogen.
2. de totale dikte van de bodemlaag (dus het bedekkende sediment *inclusief* de bedekte schelpen) kan maximaal ca. 4 m bedragen.

Wanneer het gaat om schelpenbanken die in principe geschikt zijn voor schelpenwinning zal in dit rapport ook gesproken over (winbare) (schelpen) concentraties.

2. Ecotoop

Een ecotoop is een ruimtelijke eenheid die homogeen is ten aanzien van de abiotische en biotische factoren die direct van invloed zijn op de aard van de levensgemeenschap, en daarmee tot op zekere hoogte homogeen is ten aanzien van de soortensamenstelling van de levensgemeenschap.

3. Schone schelpen

Schelpen in of op een bodem die voornamelijk bestaat uit zand.

4. Kleischelpen

Schelpen die volledig gemengd voorkomen in een bodem die voornamelijk bestaat uit klei. Vereiste kleipercentsages zijn niet op voorhand te geven en mede afhankelijk van de toepassingseisen van de schelpen (pers. comm. schelpenwinners).

Bijlagen

Bijlage 1.1: Literatuur

Overzicht deelrapporten Vervolgonderzoek Schelpenwinning:

Deelonderzoek 1:

Marktonderzoek schelpen. Een verkenning van de schelpenmarkt in de komende 15 jaar. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Publicatiereeks Grondstoffen 2000/05, 29 september 2000.

Deelonderzoek 2:

Literatuur- en bronnenstudie "Vervolgonderzoek Schelpenwinning" - met focus op de hydrodynamische en morfologische aspecten van schelpenwinning in de Waddenzee. S. De Vries, GEO Plus B.V. Projectnummer 24507-00, november 2000.

Deelonderzoek 3:

Vervolgonderzoek Schelpenwinning - Kansrijke gebieden voor schelpen-accumulaties en koppeling met grootschalige fysische kenmerken. S. De Vries, GEO Plus B.V. Projectnummer 24505-00, juni 2000.

Deelonderzoek 4:

Veldinventarisatie Schelpenvoorkomens in de Waddenzee - Vervolgonderzoek Schelpenwinning. F.M. Zant en H.P.J. Mulder, RIKZ-werkdocument, RIKZ/AB-2000.606x.

Deelonderzoek 5:

Schelpen in de kustzone boven de Waddeneilanden. J.A. Craeymeersch, J. Peron, RIVO, rapportnr. C037/00, september 2000.

Deelonderzoek 6:

*Jaarlijkse schelpkalkproductie door *Spisula subtruncata*.* J.A. Craeymeersch, M.F. Leopold, RIVO, rapportnr. C047/00, november 2000.

Deelonderzoek 7:

Vervolgonderzoek Schelpenwinning Waddenzee - De ouderdom van winbare schelpen. A.J.F. van der Spek, NITG-TNO, rapportnr. NITG 00-198-B, augustus 2000.

Deelonderzoek 10:

Vervolgonderzoek Schelpenwinning - Beantwoording van de vragen uit de clusters 2 en 3; hydrodynamische en morfologische aspecten van schelpenwinning in de Waddenzee. S. De Vries, GEO Plus B.V. Projectnummer 24508-00, december 2000.

Deelonderzoek 11:

Schelpenbanken als ecotoop: flora en fauna op schelpenbanken in de Waddenzee. N. Dankers, G. van Moorsel, rapport Alterra 202, 2000.

Deelonderzoek 12:

De effecten van schelpenwinning op de kusten van de Waddeneilanden. M.J.F. Stive, J. Bosboom, WL-Delft Hydraulics, november 1999.

Overige rapporten gebruikt bij het Vervolgonderzoek Schelpenwinning

Geologisch onderzoek t.b.v. project 'Vervolgonderzoek schelpenwinning'. C. Laban et al, NITG-TNO, rapportnr. NITG-00-202 C, augustus 2000.

Herziening van de modellen voor de behoefte aan grind en cement. EIB in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde, DWW-rapport W-DWW-99-016 / publicatiereeks grondstoffen 1999/04.

Landelijke beleidsnota schelpenwinning, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Hoofdkantoor van de Waterstaat, december 1998.

Marktbehoefte van schelpen - huidige situatie en prognoses voor de komende 10-15 jaar. P.F.H. de Bont, A.C.F. van Eijl, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Publicatiereeks Grondstoffen 1996/06, rapportnr. W-DWW-96-064.

Marktstudie schelpdiervisserij - Onderzoek naar potentieel aanbod schelpen van schelpdierkokerijen. M. Beerepoot, R.W. Lanting, Rijkswaterstaat DWW (in prep).

MER Schelpenwinning - ter ondersteuning van landelijk beleid. A. Cramer et al, RIKZ, 6 juli 1998.

Projectplan Vervolgonderzoek Schepenwinning. T.T. Reijngoud, K. Essink, J. de Vlas, RWS-DNN, juli 1999.

Samenstelling schelpen. Essink, K., J. Eppinga en P. Tydeman, Werkdocument RIKZ/OS-96.628x, 1996.

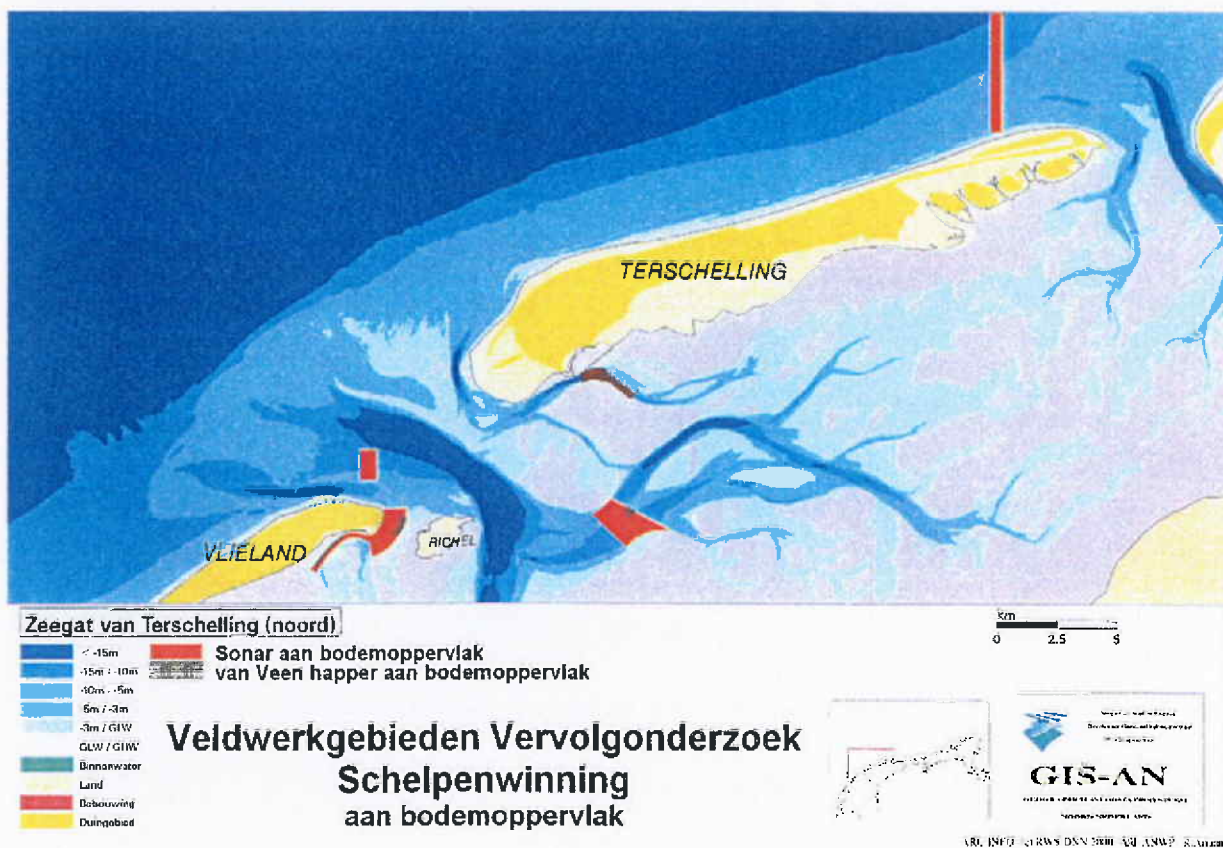
Bijlage 1.2: Begeleidingsgroep Vervoergonderzoek Schelpenwinning

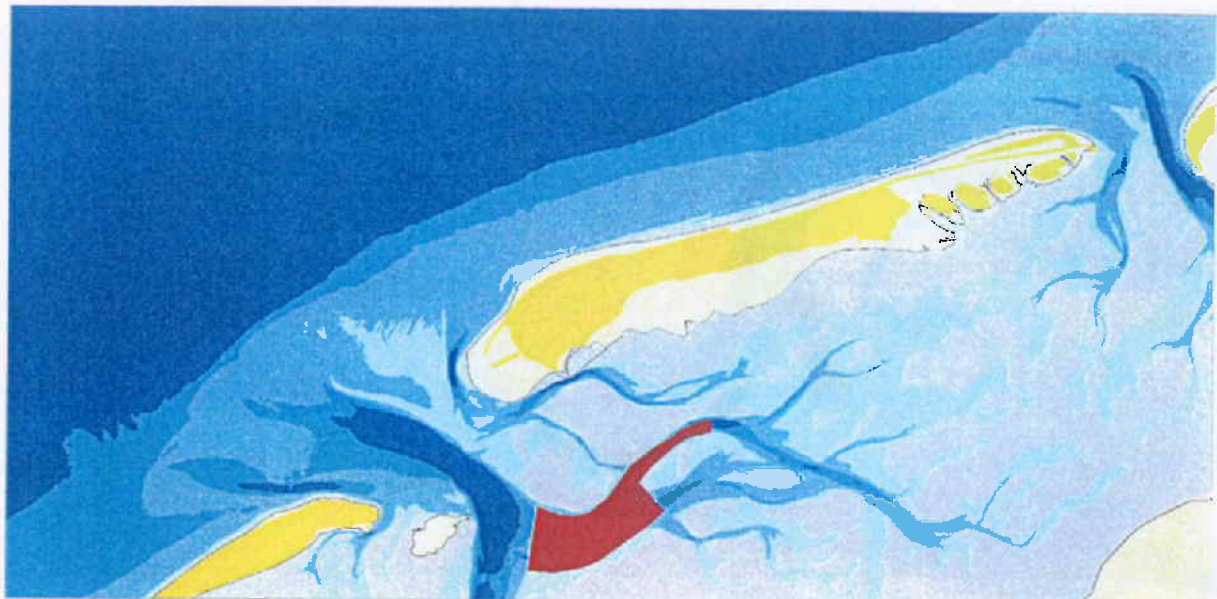
dhr. C. Van Berkel, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij directie Noord
mw. T. Brouwer, Stuurgroep Waddenprovincies
dhr. N. Dankers, Alterra
dhr. J. van der Endt, Van der Endt-Louwerse B.V.
dhr. P.J. Kroes, Hoofdkantoor van de Rijkswaterstaat
dhr. M.J. Van der Meulen, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat
mw. L. Meijer, Waddenvereniging
dhr. H.P.J. Mulder, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
dhr. C. Van Putten, Vereniging Nederlandse Schelpenvissers
dhr. T.T. Reijngoud, Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland
dhr. A. Stolk, Rijkswaterstaat Directie Noordzee
dhr. C. Storm, Rijkswaterstaat Directie Zeeland
dhr. Y.J. Zijlstra, Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland

agendaleden:

dhr. J.R.P. Nijland, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat
dhr. H.D. Rakhorst, Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland
dhr. J.J.W. le Roux, Overlegorgaan Waddeneilanden
dhr. R. Van Zetten, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Bijlage 2.1: Kaarten van gebieden die in het kader van deelonderzoek 4 zijn onderzocht op schelpenvoorkomens.





Zeegat van Terschelling (noord)

- 0 - 15m
 - 15m - 10m
 - 10m - 5m
 - 5m - 0m
 - 0m / GIW
 - GIW / GIW
 - Grondwater
 - Land
 - Beboewing
 - Duingebied
- X-star + boringen (subbottom)**

0 2.5 5

Veldwerkgebieden Vervolgonderzoek Schelpenwinning subbottom

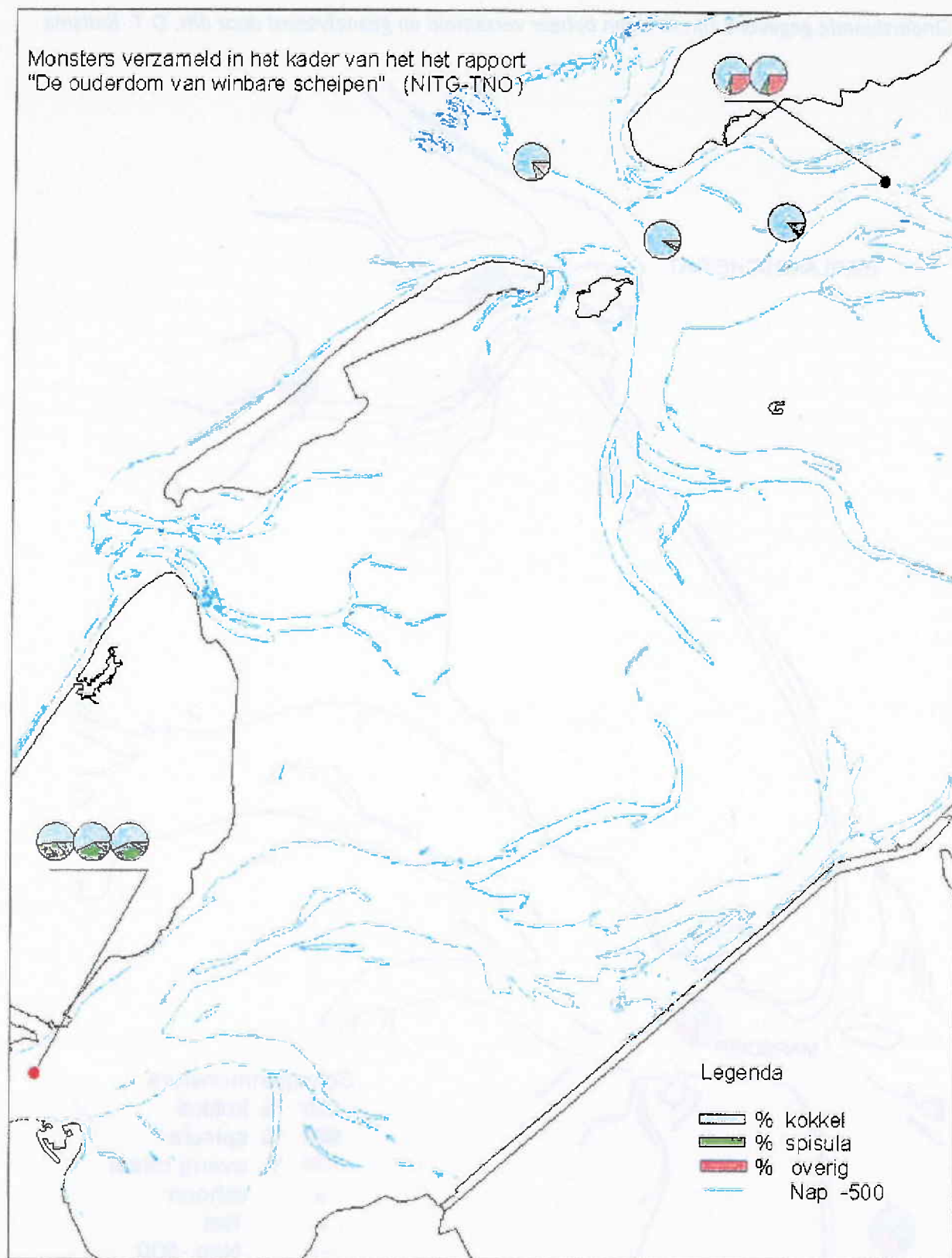


NOG 10001-01-0000-0000-0000-0000-0000-0000



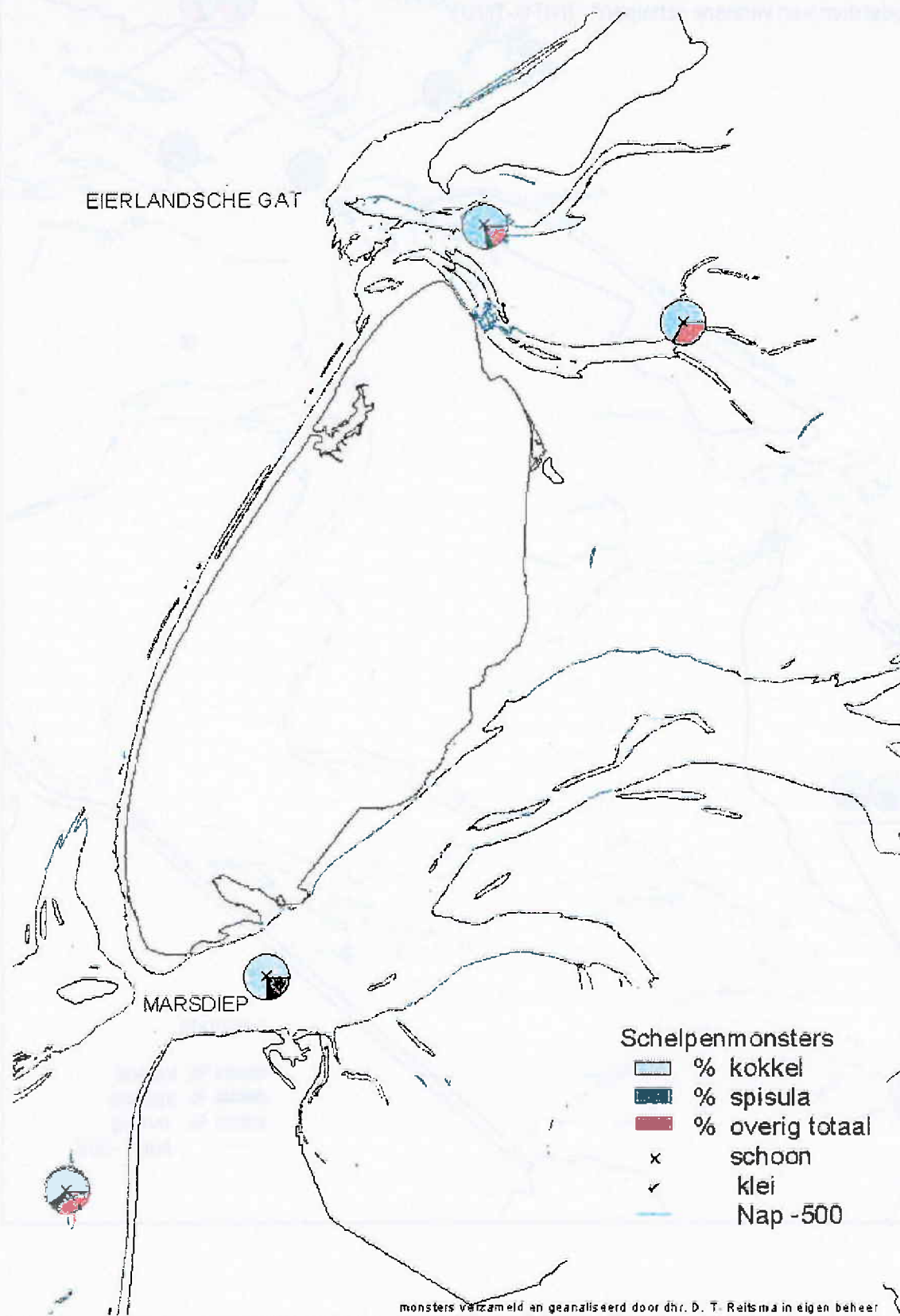
Bijlage 2.2: Monsterlocaties Deelonderzoek 7

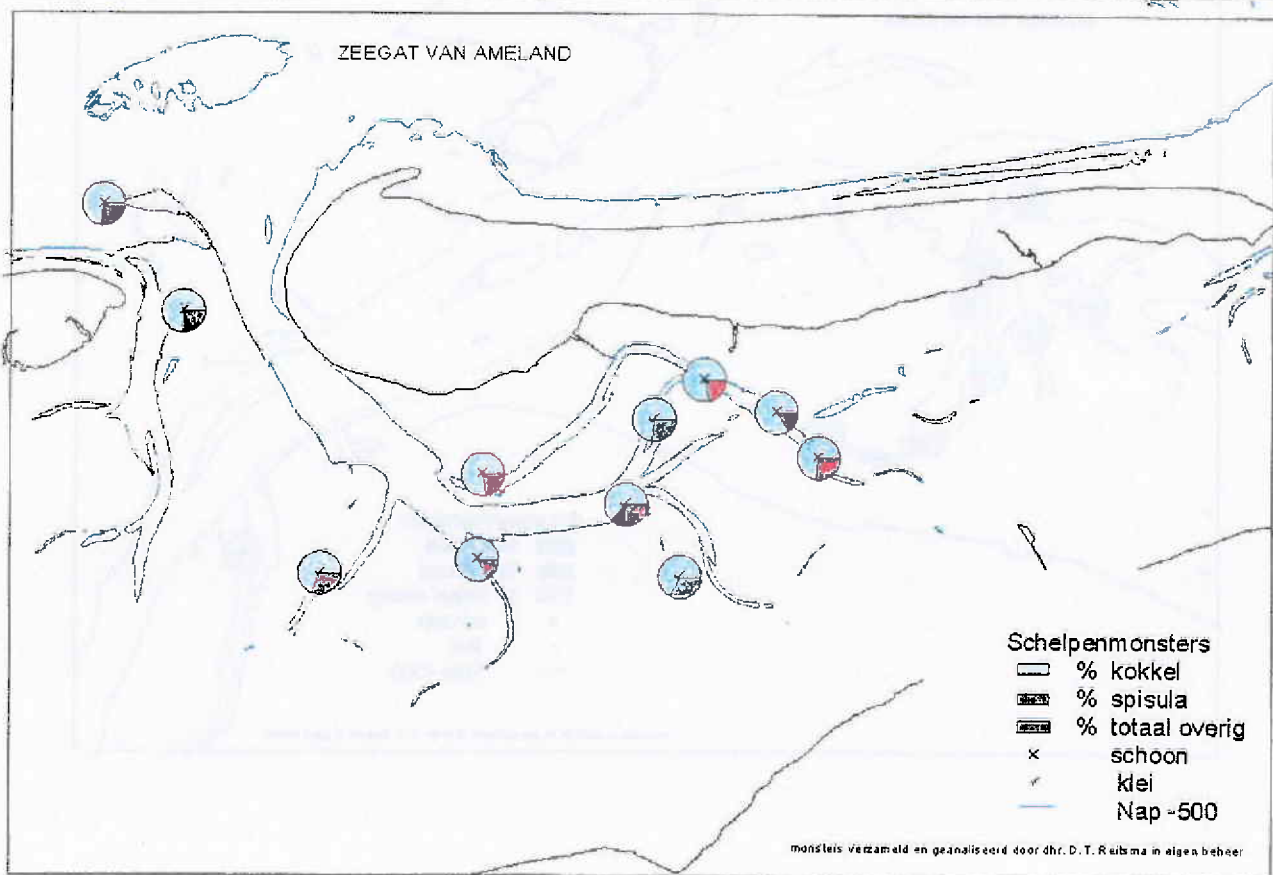
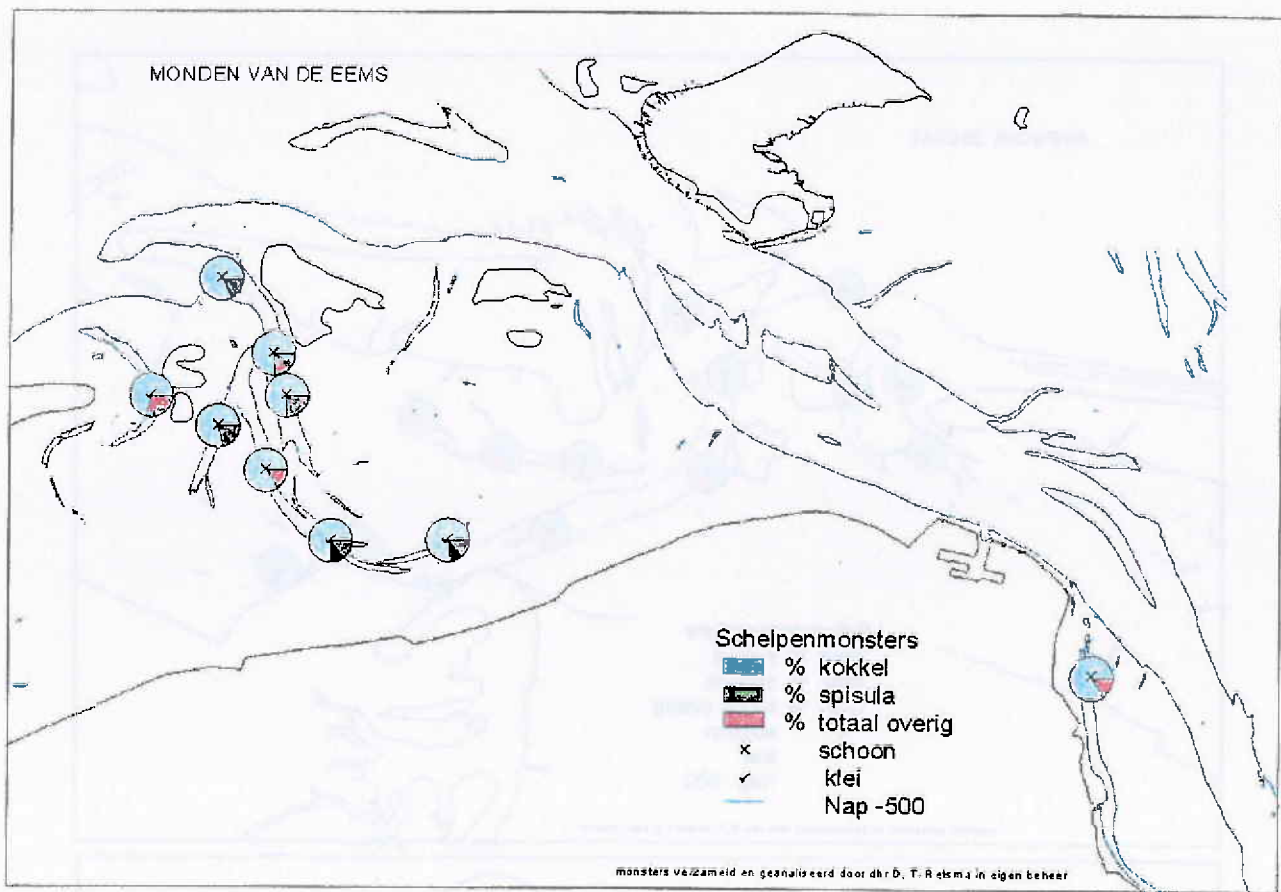
Monsters verzameld in het kader van het rapport
"De ouderdom van winbare scheipen" (NITG-TNO)

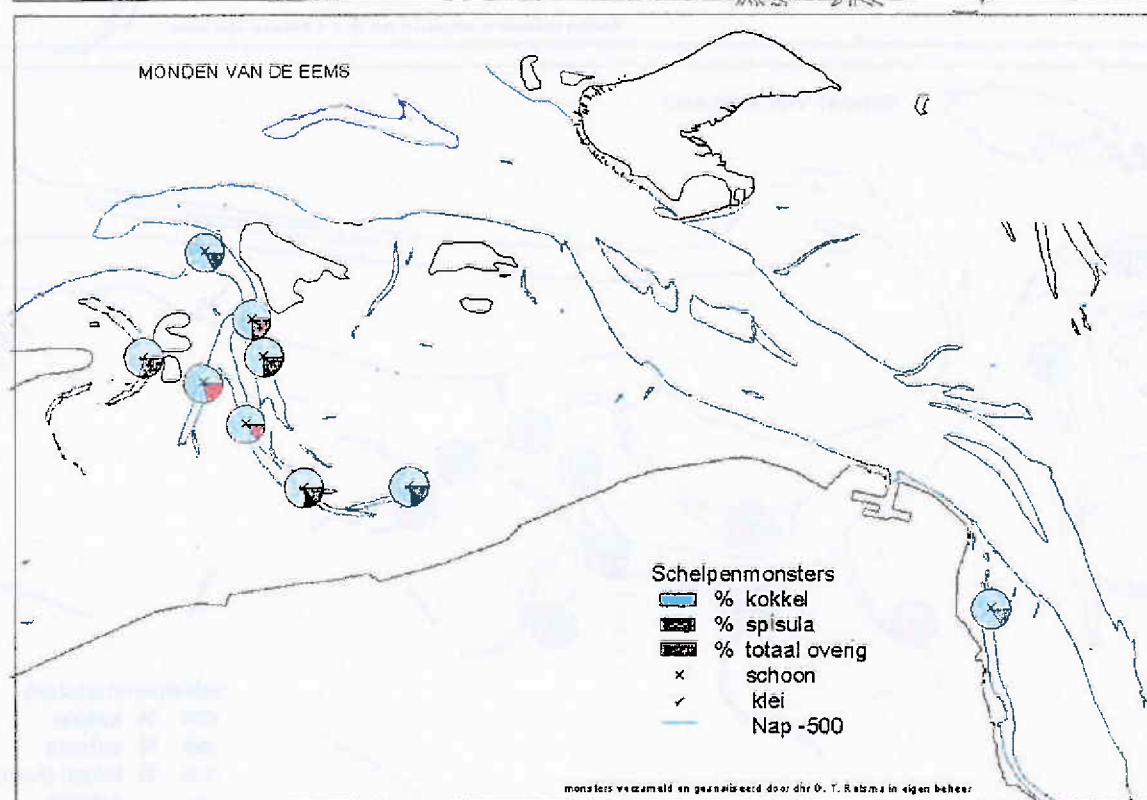
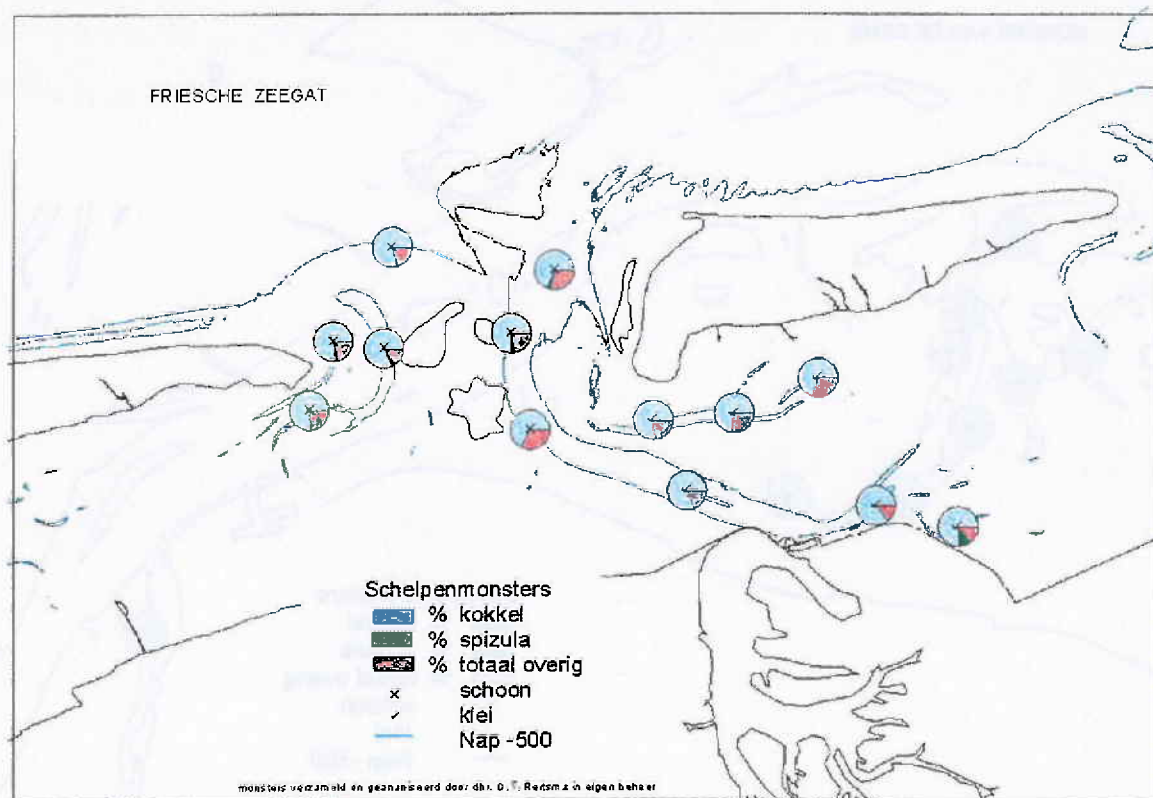


Bijlage 2.3: Locaties Deelonderzoek 9

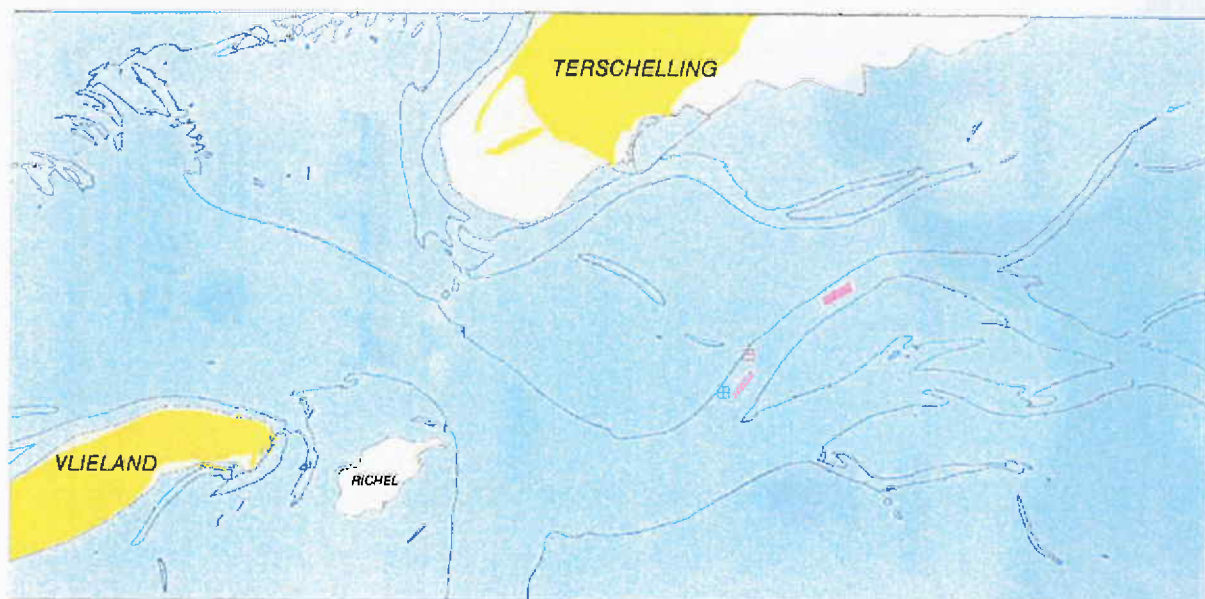
Onderstaande gegevens zijn in eigen beheer verzameld en geanalyseerd door dhr. D.T. Reitsma







Bijlage 2.5: Locaties schelpenwinputten deelonderzoek 13



Zeegat van Terschelling (klein)

- Zoet water
- Brakwater
- Zout
- Recreatie
- Dungebied
- Sloten locaties hager
- Schone eilanden
- Kleinere eilanden

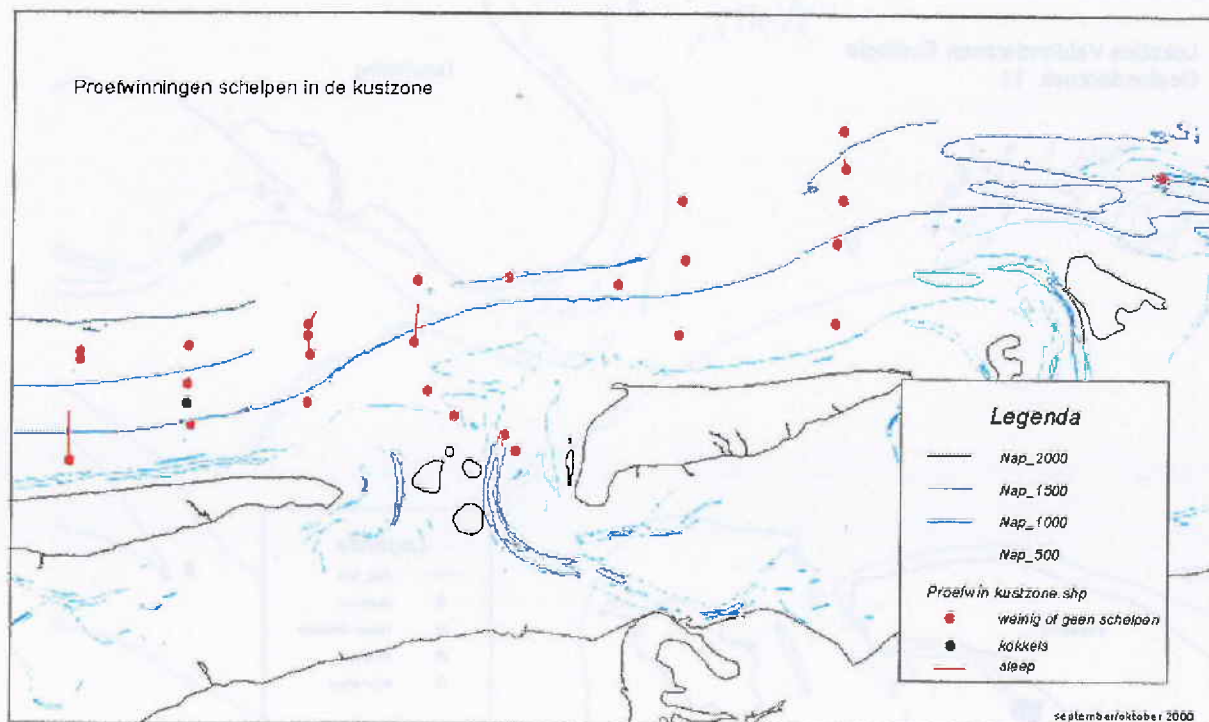
locaties schelpenwinputten deelonderzoek 13



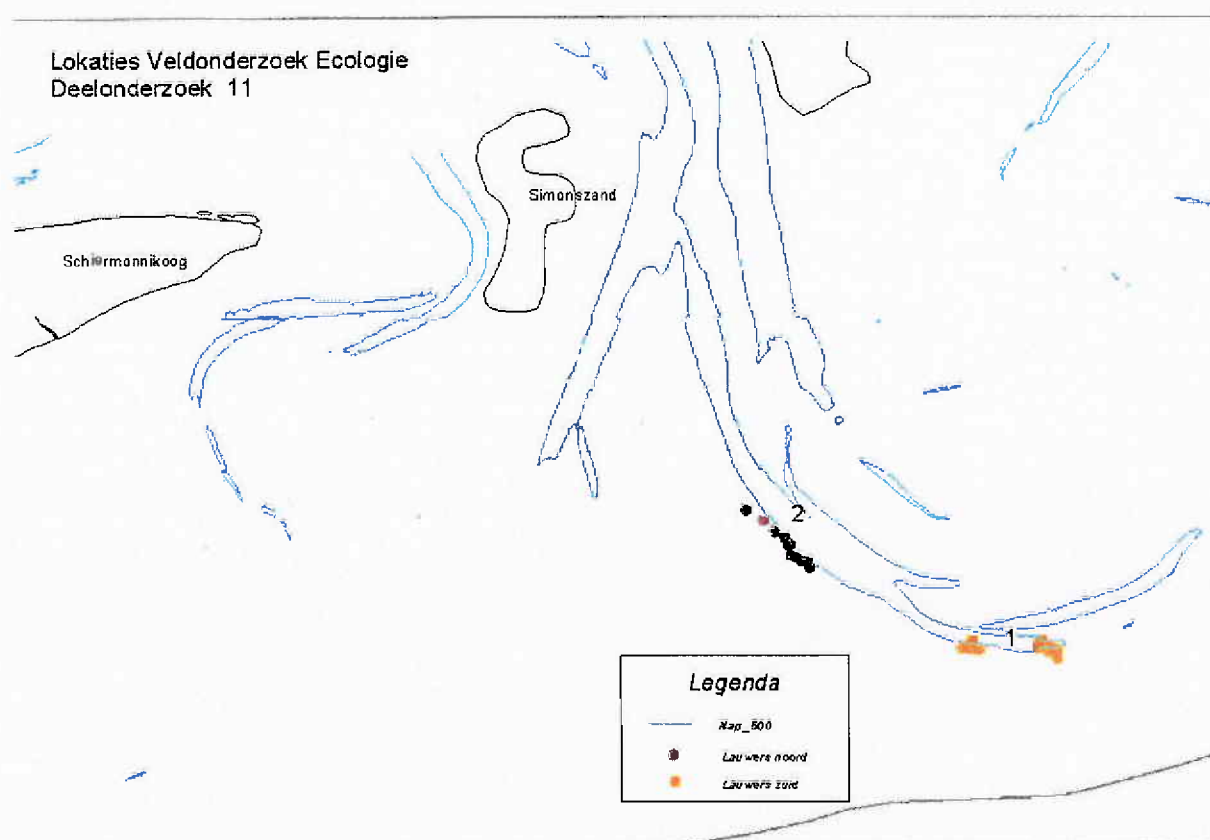
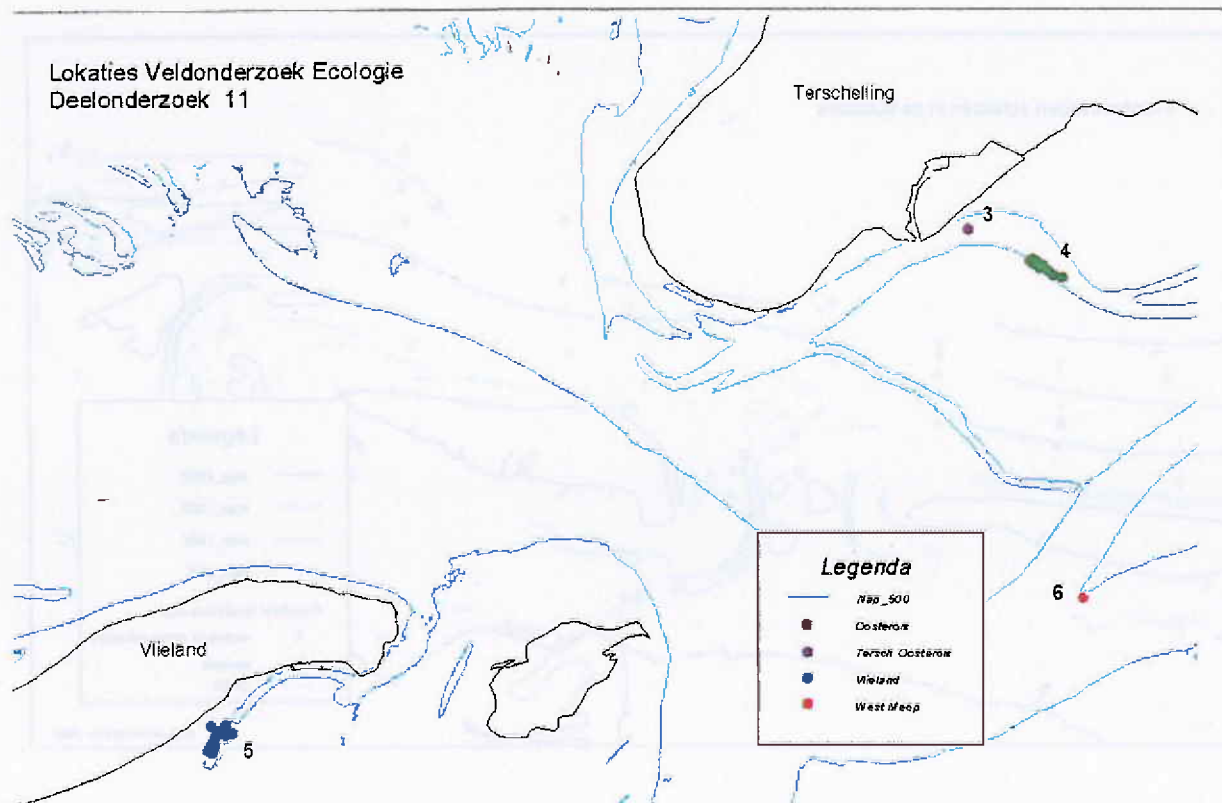
ARC/INFO 10 RWS DYN 2001 ALE AMWP & MOW

[illegible]

Bijlage 4.2: locaties en resultaten van proefwinningen rond het Friesche Zeegat (deelonderzoek 8)



Bijlage 5.1: Onderzoekslocaties Deelonderzoek 11



U kunt extra exemplaren van dit rapport bestellen bij dhr T. Reijngoud,
Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland.
t.reijngoud@dnn.rws.minvenw.nl