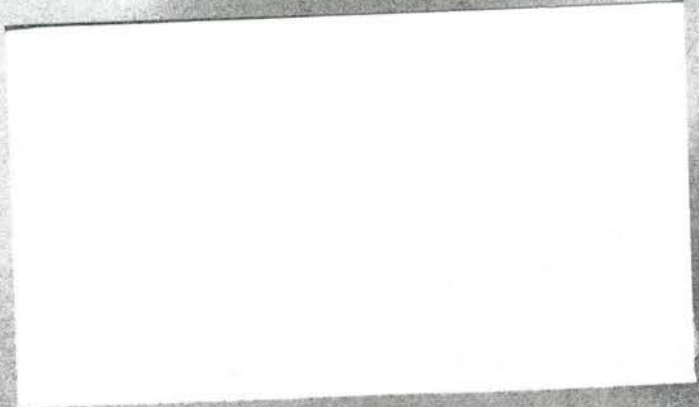


DI 63096



Kustgenese

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK
IJMUIDEN

erstaat

tijdewateren

49

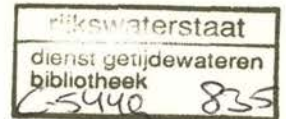


Kustgenese

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK
TJMUUDEN

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK

Haringkade 1 - Postbus 68 - 1970 AB IJmuiden - Tel.: +31 2550 64646



Afdeling: Milieu Onderzoek

Rapport: MO/91 - 208

Schelpdieren in het Hollandse kustgebied:
herkomst, aanspoelgedrag en transport-
mechanismen.
(Voorstudie naar herkomst en betekenis
voor zandtransport).

R.H. de Bruyne & L. van der Valk*

Auteur(s):

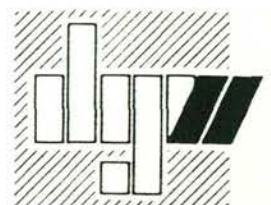
Project: 256
Projectleider: Dr. S.J. de Groot
Datum van verschijnen: november 1991

* Rijks Geologische Dienst
District West, Postbus 157 , 2000 AD Haarlem.



rivo-dlo

RGD



dienst getijdewateren

INHOUD

Samenvatting.....	2
Ten geleide	2
1. Inleiding.....	3
1.1. Algemeen	3
1.2. Kader, doel, werkopdracht.....	3
2. Materiaal en methode	4
3. Resultaten	4
3.1. De aangetroffen soorten (raaien 4,9,12).....	4
3.2. Aanvulling en vergelijking.....	6
4. Zandsuppleties.....	7
5. De strandwacht Katwijk-Noordwijk.....	8
5.1. Algemeen	8
5.2. Door de strandwacht aangetroffen soorten	8
5.3. Vergelijking met hapmonstergegevens.....	8
5.4. Windklimaat in de strandwachtperiode.....	10
6. Analyse en beschouwingen	16
6.1. De recente molluskenfauna van het Hollandse kustgebied.....	16
6.2. Soortenlijst	16
6.3. Dichtheden.....	17
6.4. Ruimtelijke analyse Hollandse molluskenfauna.....	17
6.4.1. Verspreiding	17
6.4.2. Analyse ruimtelijke verspreiding	19
6.5. Verandering in de huidige molluskenfauna.....	21
6.5.1. Algemeen.....	21
6.5.2. Beschouwing bij veranderingen in het kustgebied.....	21
7. Aanspoelgedrag van mollusken	24
7.1. Bewerking strandwacht-gegevens.....	24
7.2. Monospecifiek aanspoelgedrag (invasies).....	27
7.3. Clustering aanspoelgedrag.....	28
8. Transportmechanismen.....	31
8.1. Transportrichtingen.....	31
8.1.1. Transport van de kust af.....	34
8.1.2. Transport naar de kust toe.....	37
8.2. Schelp -en soortenarmoede in het noordelijk deel van N.Holland.....	37
8.2.1. Schelparmoede	38
8.2.1. Soortenarmoede	38
8.3. Zeewaartse begrenzing van het kustafwaarts transport.....	38
8.4. Losraken uit het substraat.....	39
9. Tracercapaciteit van Hollandse mollusken	39
9.1. Definitie 'tracer'.....	39
9.2. Verschillende tracertechnieken/mechanismen	39
9.2.1. Traceren naar diepte ('biologische tracers').....	41
9.2.2. Traceren naar geografisch zwaartepunt.....	41
10. Conclusies	42
Dankwoord.....	44
Suggesties voor verder onderzoek.....	44
Literatuur	45
Bijlagen.....	48

SAMENVATTING

Dit is het tweede deel van een onderzoek naar het transport van mollusken in het Hollandse kustgebied, aan de hand van bodemonsters uit de ondiepere kustzones (tot een diepte van iets meer dan - 20 meter NAP (fig. 2) en aanspoelingen van mollusken op het strand. Uit dit onderzoek blijkt onder meer, dat het molluskenonderzoek zoals nu uitgevoerd een nieuwe en goed bruikbare mogelijkheid biedt bij het verwerven van verder inzicht in transportprocessen die ten grondslag liggen aan de onderwatermorfologie in de ondiepe kustzone.

Het onderzochte gebied is op basis van molluskenvoorkomens ingedeeld in een aantal dieptezones. De 'actieve zone' (de brekerbankenzone) bevat vermoedelijk zeer weinig mollusken in situ. Hierop volgen van ondiep naar diep: **zone A**, een ondiepe kustzone beginnend op een waterdiepte van 5-7 meter en lopende tot de grens met zone B (om en nabij de 16 meter). **Zone B** is de diepere kustzone, gelegen tussen 15-16 meter en de grens met zone C (beneden de 20 meter dieptelijn). **Zone C** tenslotte, is de open zee-zone. Tevens bleek een globale geografische indeling mogelijk in een noordelijk, midden en zuidelijk gebied.

Op het moment van monsterring (eind 1989) was zone A voornamelijk bewoond door 'selective deposit feeders', terwijl in zone B voornamelijk 'suspension feeders' voorkwamen. Uit de onderzochte windgegevens blijkt dat er sinds 1982 in zone A een verschuiving heeft plaatsgevonden van 'suspensionfeeders' (filtreerders) naar 'selective deposit feeders' (pipetteerders). Deze verschuiving lijkt gecorreleerd te zijn aan de geconstateerde toename van de frequenties van sterke winden. Hierdoor is de turbulentie in het ondiepe kustgebied van de Noordzee toegenomen, zodat grotere hoeveelheden kleideeltjes langer in suspensie blijven.

Mede met behulp van de Strandwachtgegevens is duidelijk geworden dat aanspoelgedrag specifiek is voor (groepjes van) soorten. De transportprocessen waaraan mollusken (schelpen) onderhevig kunnen zijn, geven aan dat vanuit elke onderscheiden zone schelpmateriaal naar de kust kan worden gevoerd (echter veel meer vanuit de zones A en B dan vanuit C). Transport naar beneden toe wordt aan de onderzijde beperkt tot ca. -16/17 m. Deze transportmechanismen worden nader toegelicht met een geologische modellering (zie fig. 22 voor het stormmechanisme).

De gevonden ruimtelijke zonering evenwijdig en dwars op de kust, wijst op de mogelijkheid voor het gebruik van mollusken en schelpen als 'tracer' voor zandtransport. 'Tracers' op hun beurt kunnen weer nadere indicatie geven omtrent herkomstgebieden en diepten van suppletiezanden.

TEN GELEIDE

De hoofdstukken 1 & 2 geven globaal aan wat de inleiding, hoofddoelstelling, werkopdracht en de gebruikte werkwijze van dit tweede deel van het onderzoek waren. Deze hoofdstukken sluiten onmiddellijk aan op het eerste deel van het onderzoek (De Bruyne, 1990). De hoofdstukken 3-5 kunnen worden gezien als een uitbreiding en verdieping van dit eerste deel. Hoofdstukken 6 en 7 geven de analyse van de tot nu toe vergaarde informatie. Hoofdstuk 8 gaat in op het belang van van mollusken als indikator voor materiaaltransport en de onderwatermorfologie in het ondiepe kustgebied. Hoofdstuk 9 vat onze meningen omtrent de eventuele tracercapaciteit van bepaalde molluskensorten samen. Dit rapport wordt afgesloten met een hoofdstuk conclusies en enkele aanbevelingen.

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

Dit rapport is het tweede deel van een onderzoek naar het voorkomen van mollusken (schelpdieren) langs de Hollandse kust en het aanspoelen daarvan op het strand (zie De Bruyne, 1990). Evenals in deel I het geval was, hebben gegevens afkomstig van in september 1990 voor de Hollandse kust genomen hapmonsters gediend als basis voor indeling van de monsters waarin de mollusken in bepaalde dieptezones voorkwamen. Gekeken is in hoeverre de aanvullende gegevens afkomstig van de raaien 4, 9 en 12 (resp. nabij Katwijk, Castricum en Petten), overeenkomen met of afwijken van die zoals aangetroffen bij de raaien 2, 6 en 14 (Scheveningen, Zandvoort, Callantsoog) (fig 1). Verder is gekeken naar gegevens afkomstig van zandsuppleties en is geprobeerd een vergelijking te maken tussen de in de Noordzee ter hoogte van Katwijk aangetroffen schelpensoorten (raai 4) en de aanspoelgegevens van de 'strandwacht Katwijk-Noordwijk' (zie 5.1), over de periode november 1977 en november 1987. Hierbij is ook gekeken naar condities waaronder de betreffende aanspoelingen op het betreffende strandgedeelte plaatsvonden (met name windkracht en -richting). Als volgend punt van onderzoek is gekeken naar geografische zwaartepunten in het voorkomen van molluskensoorten langs de gesloten Hollandse kust. Tenslotte is gepoogd met behulp van de onderzoeksresultaten uitspraken te doen over de mechanismen die bij transport van molluskensoorten in het kustgebied een rol spelen en de eventuele 'tracerkwaliteiten' van bepaalde soorten voor het herleiden van transportbanen.

1.2. Kader, doel, werkopdracht

Kader:

Dit onderzoek valt binnen het kader van het door de Rijkswaterstaat (Dienst Getijde Wateren) gedragen project KUSTGENESE; werkgroep 1. Dit is een samenwerkingsproject met onder meer het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek in IJmuiden, en de Rijks Geologische Dienst in Haarlem. Projectleider binnen RWS/DGW is ir. E. Bouwmeester. De begeleiding van het in dit verslag behandelde onderzoek was in handen van dr. S.J. de Groot (RIVO) & dr. R.T.E Schüttenhelm (RGD).

Doel :

Dit onderzoek heeft als doel het verkrijgen van inzicht in het transport van mollusken in het Hollandse kustgebied: de 'schone' Hollandse kust. Op de gevolgde wijze wordt een bijdrage geleverd aan ideeën over patronen en condities van materiaal- en zandtransport op dit kustgedeelte.

Werkopdracht:

De concrete werkopdracht voor dit vervolgonderzoek bestond uit:

- het verstevigen/controleren van de in het eerste rapport geformuleerde concept van zone-indelingen. Daartoe was een betere dekking met gegevens absoluut noodzakelijk en zijn de monsters van raaien 4,9 en 12 uitgewerkt.
- vergelijking eerste en tweede dataset
- correleren van de hapmonstergegevens uit het kustgebied nabij Katwijk met de beschikbare aanspoelgegevens van de strandwacht Katwijk-Noordwijk
- uitspraken doen over de molluskenfauna en de eventuele veranderingen daarin in het onderzochte gebied, en de mogelijke transport-mechanismen die in het kustgebied een rol spelen.
- het aanwijzen van soorten en soortengroepen die mogelijkheden bieden voor gebruik als 'biologische tracer' voor het achterhalen van transportprocessen.

Op deze wijze uitgevoerd draagt het onderzoek bij aan een beter inzicht in transport van schelpdieren in het nabije kustgebied. Het belang van het gebruik van mollusken als indicator voor globaal materiaaltransport en de onderwatermorfologie in het ondiepe kustgebied, wordt

besproken in hoofdstuk 8 van dit rapport. In hoeverre transport van schelpdieren uit het kustgebied naar het strand gelijk gesteld kan worden aan transport van zand, valt niet binnen het kader van dit onderzoek.

2. MATERIAAL EN METHODE

Voor uitleg over opzet, monsternamen, verwerking en de gevolgde vergelijkingsmethode kan worden verwezen naar De Bruyne, 1990. Toegevoegd zijn gegevens van levend en zeer vers aangespoelde mollusken op het strand tussen Katwijk en Noordwijk in de periode 1978-1987 en gegevens over de condities (golf- en windcondities) waaronder deze plaatsvonden (gegevens 'Strandwacht' Gmelig Meyling in prep.). Tenslotte is nog gekeken in hoeverre gegevens van bij de recente zandopspuitingen verzamelde molluskensoorten overeenkomen met de gehanteerde zone-indeling, omdat dit een aanvulling betekent op het algemene beeld van de Hollandse kust.

Het bij het verwerken en uitzoeken van de hapmonsters geselecteerde representatieve mollusken-materiaal (alcohol en droog materiaal) wordt bewaard in de collecties van het Instituut voor Taxonomische Zoölogie (Zoölogisch Museum) in Amsterdam.

3. RESULTATEN

3.1. De aangetroffen soorten (raaien 4,9,12)

Van de volgende molluskensoorten werden in de monsters één of meer levende exemplaren, verse schelpen* of oude exemplaren /fragmenten aangetroffen (bijlage 3):

(De betekenis van de afkortingen is als volgt: L: levend, V: vers, O : oud. De toevoeging = Z/L betekend dat het gaat om zoetwater-of landmollusken. De laatsten zijn vermoedelijk alle fossiel.)

<i>Abra alba</i> (L,V,O)	<i>Mactra corallina</i> (L, V, O)
<i>Abra prismatica</i> (V,O)	<i>Mya arenaria</i> (V)
<i>Acteon tornatilis</i> (O)	<i>Mysella bidentata</i> (L, V, O)
<i>Aequipecten opercularis</i> (V,O)	<i>Mysia undata</i> (O)
<i>Angulus fabulus</i> (L,V,O)	<i>Mytilus edulis</i> (V, O)
<i>Angulus pygmaeus</i> (V,O)	<i>Nassarius reticulatus</i> (O)
<i>Angulus tenuis</i> (L,V,O)	<i>Nucula nitidosa</i> (O)
<i>Barnea candida</i> (O)	<i>Onoba aculeus</i> (O)
<i>Bithynia spec.</i> (Z/L)	<i>Ostrea edulis</i> (O)
<i>Cerastoderma edule</i> (V, O)	<i>Peringia ulvae</i> (O)
<i>Cerastoderma glaucum</i> (O)	<i>Petricola pholadiformis</i> (V,O)
<i>Chamelea striatula</i> (L,V,O)	<i>Phaxas pellucidus</i> (V, O)
<i>Chrysallida sarsi</i> (V,O)	<i>Rissoa membranacea</i> (O)
<i>Donax vittatus</i> (L, V, O)	<i>Spisula elliptica</i> (L,V,O)
<i>Ensis arcuatus</i> (L, V, O)	<i>Spisula solida</i> (L, V,O)
<i>Ensis ensis/phaxoides</i> (V, O)	<i>Spisula subtruncata</i> (L, V, O)
<i>Ensis directus</i> (L,V, O)	<i>Striarca lactea</i> (O)
<i>Goodallia triangularis</i> (O)	<i>Tellinomya ferruginosa</i> (L, V, O)
<i>Hydrobia neglecta</i> (O)	<i>Thracia papyracea</i> (V, O)
<i>Hydrobia ventrosa</i> (O)	<i>Tornus subcarinatus</i> (O)
<i>Littorina spec.</i> (O)	<i>Turboella inconspicua</i> (V,O)
<i>Lunatia catena</i> (O)	<i>Turneria jeffreysi</i> (V,O)
<i>Lunatia poliana</i> (L,V,O)	<i>Venerupis senegalensis</i> (O)
<i>Macoma balthica</i> (L, V, O)	<i>Zirfaea crispata</i> (V, O)

* Alle levend en vers in de monsters aangetroffen soorten vallen in de door Spink (1973) genoemde *Spisula subtruncata* mollusken-associatie (zie voor verdere informatie over mollusken-associaties: De Bruyne, 1990).

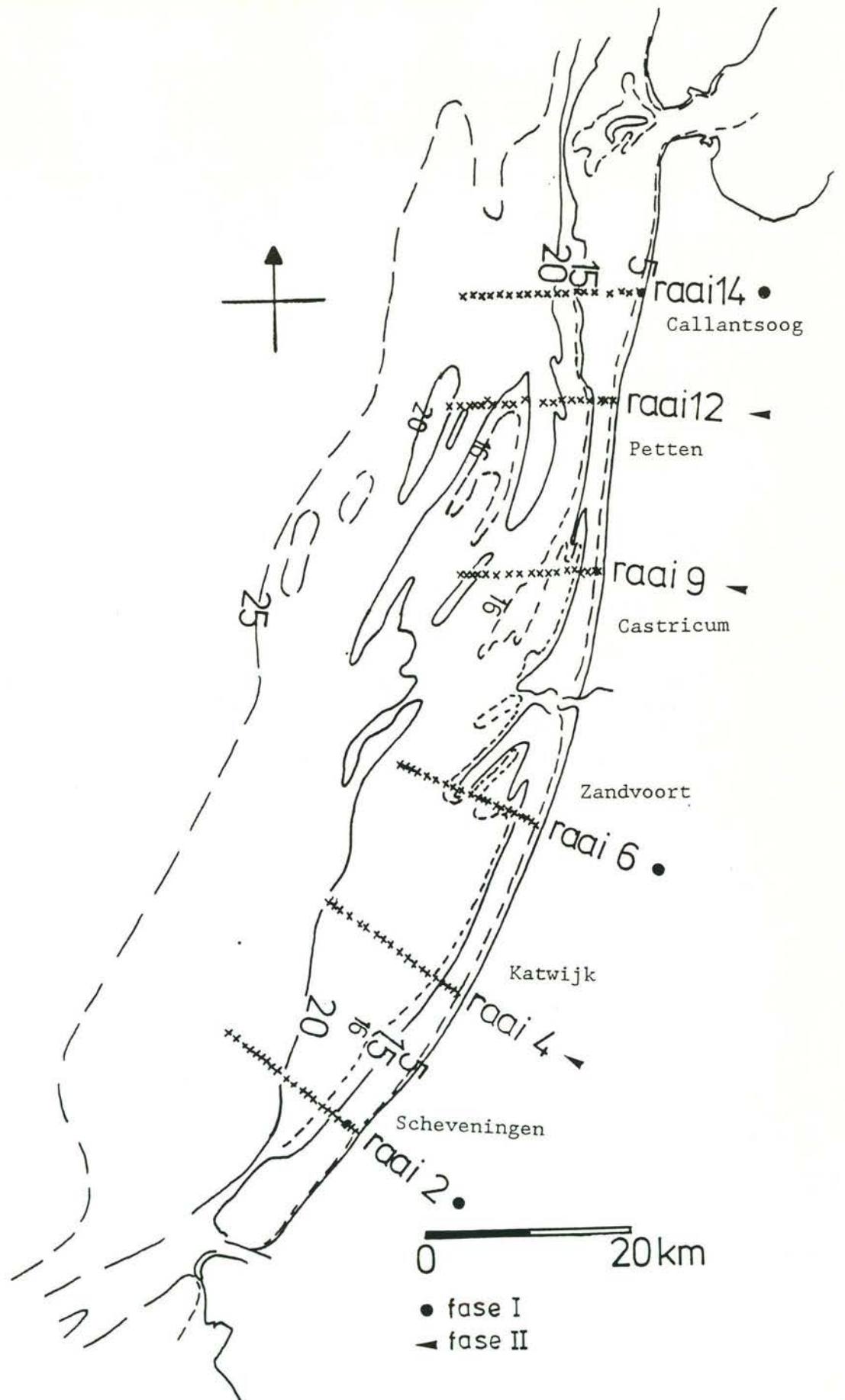


fig. 1

Het Hollandse kustgebied ingedeeld in drie dieptezones: A = 4.6-16 meter, B = 16-20 meter, C = 20-26 meter. Aangegeven is de ligging van de raaien met de hapmonsters en de (globale) begrenzing tussen de zones.

Gewijzigd en aangevuld naar De Bruyne (1990). Aangevulde dieptelijnen naar gegevens J.S.L.J. van Alphen (RWS, Directie Noordzee).

3.2. Aanvulling en vergelijking

Wanneer de verspreiding over het kustprofiel van de in de monsters van de raaien 4, 9, 12 (onderzoeksfase I) aangetroffen soorten wordt vergeleken met die uit de raaien 2, 6, en 14 (onderzoeksfase II), dan valt op dat de molluskensoorten die getalsmatig het meest frequent in de monsters voorkomen, en waarop de in onderzoeksrapport I (De Bruyne, 1990) geformuleerde dieptezoning is gebaseerd, blijken elkaar qua verspreidingspatroon grotendeels aan te vullen (bijlage 1 & 2). Met deze constatering heeft de zone-indeling (fig. 2) aan waarschijnlijkheid gewonnen.

De in beide onderzoeksfasen aangetroffen verschillen kunnen, met uitzondering van twee nieuw in de categorie levend aangetroffen soorten, als van ondergeschikt belang worden beschouwd.

De twee betreffende soorten zijn: *Donax vittatus* en *Spisula solida*. Beide soorten waren op grond van aanspoelgegevens tijdens onderzoeksfase I reeds tot de kustfauna gerekend.

Nieuw aangetroffen soorten:

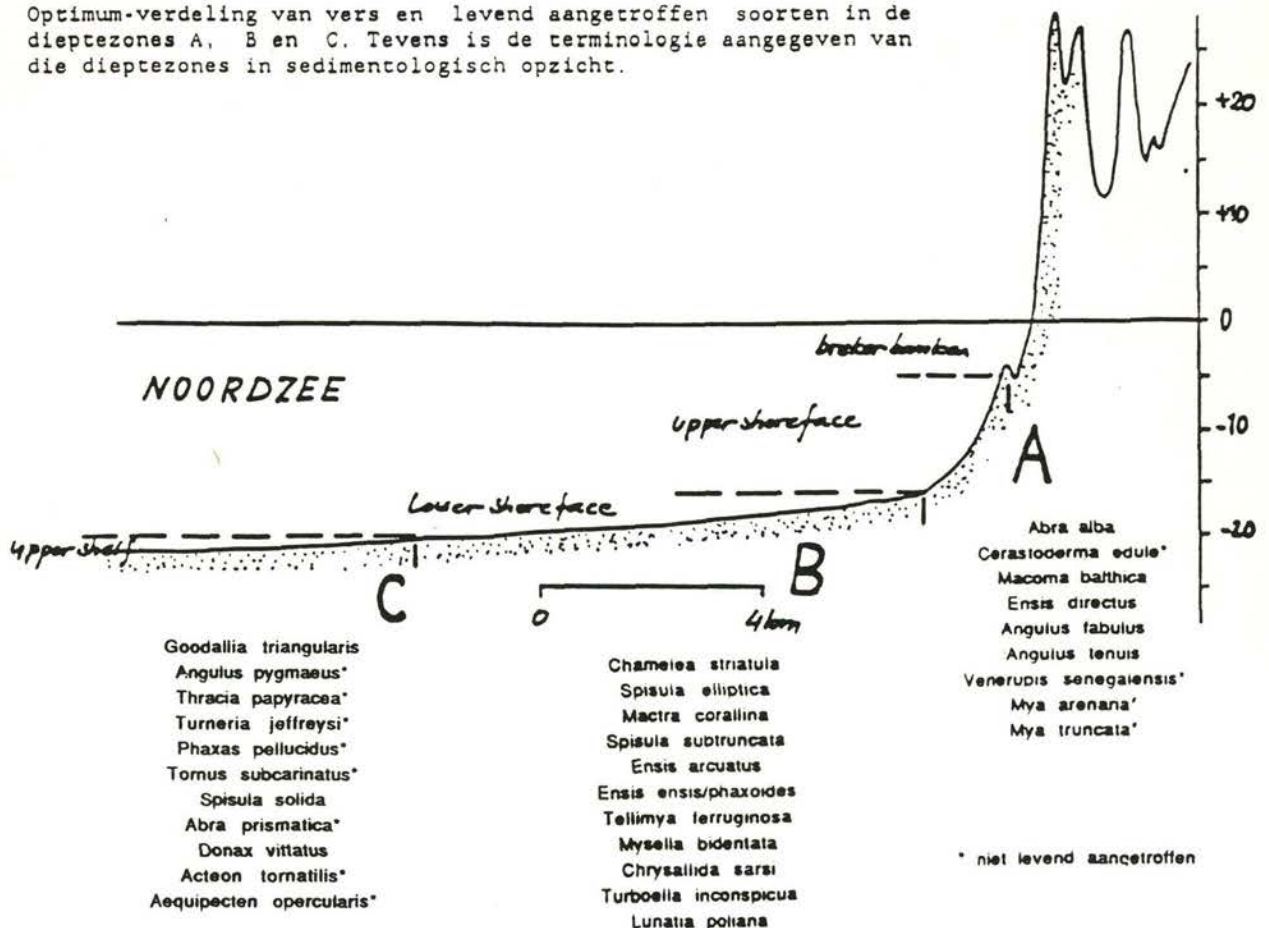
In de categorie levend zijn de soorten *Donax vittatus* en *Spisula solida* erbij gekomen. In de categorie vers is de soort *Zirfaea crispata* erbij gekomen. In het oude materiaal de soorten *Retusa obtusa*, *Acmaea virginea*, en *Ensis directus*.

Soorten die de vorige keer wel, maar nu niet zijn aangetroffen:

In het levende materiaal is alleen *Goodallia triangularis* niet aangetroffen. In het verse materiaal zijn afwezig: *Acteon tornatilis*, *Tornus subcarinatus* en *Goodallia triangularis*. In de categorie oud: *Angulus donacinus*, *Bithynia* spec., *Bittium reticulatum*, *Crepidula fornicata*, *Dosinia* spec., *Laevicardium crassum*, *Mysia undata*, *Pisidium* spec., *Succinea* spec., *Theodoxus fluviatilis* (het deze keer vrijwel ontbreken van zoetwatersoorten, hangt uiteraard nauw samen met de locaties van de drie raaien uit onderzoeksfase II).

fig. 2

Optimum-verdeling van vers en levend aangetroffen soorten in de dieptezones A, B en C. Tevens is de terminologie aangegeven van die dieptezones in sedimentologisch opzicht.



4. ZANDSUPPLETIES

In toenemende mate worden op de Nederlandse kust gedurende de laatste jaren 'zachte' maatregelen toegepast om kustterugschrijding (tijdelijk) te stoppen of tenminste te vertragen (Van Alphen et al., 1990). Zulke maatregelen bestaan vooral uit het uitvoeren van zandsuppleties. De bestaande praktijk gaat uit van winning van zand met een in het bestek bepaalde gemiddelde korrelgrootte, op geschikte lokaties nabij het te suppleren kustvak. Die lokaties liggen uiteraard zo dicht mogelijk bij dit te suppleren kustvak vanwege het kostenaspect. In de huidige praktijk worden alleen lokaties toegestaan op diepten van meer dan 20 m (fig 1).

Aangezien de zonegrens tussen de in dit rapport onderscheiden dieptezones B en C is gesteld op 20 m, is het interessant om faunagegevens, afkomstig uit waarnemingen op de fauna's zoals die van diverse suppleties bekend zijn, te vergelijken met de fauna's ter weerszijden van de 20 meter dieptelijn. Systematisch onderzoek hiernaar is echter nog niet gedaan. Ter illustratie volgt hieronder een selectief overzicht van recente opspuitingen.

datum	locatie	opgegeven diepte	kenmerkende (levende) soorten	zone
03-1991	Scheveningen	21-23 m.	<i>Spisula elliptica</i> <i>Lunatia poliana</i> <i>Eem-fossielen</i>	<i>Chamelea striatula</i> <i>Mysia undata</i> C
1991	Bloemendaal	xx	<i>Spisula subtruncata</i> <i>Chamelea striatula</i> <i>Angulus fabulus</i>	<i>Mactra corallina</i> <i>Lunatia poliana</i> B
1991	Bergen-Egmond		<i>Spisula elliptica</i> <i>Angulus tenuis</i> <i>Chamelea striatula</i>	<i>Spisula solida</i> <i>Lunatia poliana</i> <i>Donax vittatus</i> BC
div. jrn.	Callantsoog		vnl. oud, dood materiaal met veel veen <i>Hydrobia neglecta</i> <i>Littorina tenebrosa</i>	<i>Hydrobia ventrosa</i> <i>Cerastoderma glaucum</i> ?

Uit bovenstaande tabel blijkt, dat niet alle fauna's uit suppletiezanden de eigenlijk 'vereiste' fauna uit zone C (dieper dan 20 m) vertonen. Hiermee staat uiteraard nog niet vast dat het suppletiezand met een van de gebruikelijke zone C fauna afwijkende fauna van dieptes geringer dan 20 m afkomstig is geweest, maar met die mogelijkheid moet wel rekening gehouden worden. Regelmatig monsteren van mollusken (zowel levend, vers, als dood materiaal) bij suppleties zou belangrijke indicaties kunnen geven omtrent het herkomstgebied, en nog belangrijker, de diepteligging van het opgespoten zand. De samenstelling van sommige wat beter onderzochte suppletiezand-fauna's geeft aan dat de bestaande praktijk wellicht de lokaties te dicht bij de 20 m dieptelijn kiest, ofwel in een gebied, waarvan de grootste dieptes van 20 m zich nog maar over een klein oppervlak uitstrekken (zie fig 1). Met name voor de midden-Hollandse kust zou zich dit voor kunnen doen op de lower shoreface (16-20 m.). In het geval van de suppletie bij Bloemendaal is vermoedelijk sprake van overdimensionering van de IJ-geul: er is niet alleen zand uit de geul opgezogen, maar vermoedelijk ook veel van de zijkanten (mond. med. R.T.E. Schüttenhelm).

Concreet is bij suppleties het volgende van belang:

1. Als brongebieden lijken die gebieden uitgezocht te moeten worden waarvan de gemiddelde diepte duidelijk groter is dan 20 m.
2. Monitoring van de mollusken-fauna's in het opgespoten zand kan waardevolle informatie opleveren over het herkomstgebied van het zand en over de diepte waarop het gewonnen is.

5. DE STRANDWACHT KATWIJK-NOORDWIJK

5.1. Algemeen

In November 1978 ging op het strandgedeelte tussen Noordwijk en Katwijk de 'Strandwacht Katwijk-Noordwijk' van start. In de daaropvolgende tien jaar (t/m November 1987) is door een twintigtal biologen en andere waarnemers het aanspoelsel op het betreffende strandgedeelte wekelijks onderzocht, waarbij aantallen en voorkomens van alle aangetroffen dier- en plantengroepen groter dan 0.5 cm op formulieren werden aangetekend. Op deze wijze ontstond een uitgebreide databank met aanspoelgegevens. In de periode daarna zijn deze aanspoelgegevens door A.W. Gmelig Meyling ingevoerd in een computerbestand, waarna ze met behulp van onder meer windgegevens statistisch werden uitgewerkt. Wanneer in dit rapport wordt gesproken van de gegevens van de strandwacht, wordt steeds het gedeelte van het strandwachtonderzoek met betrekking tot de mollusken en de daarover door Gmelig Meyling uitgevoerde analyses bedoeld (Gmelig Meyling 1989, 1991 a-e).

5.2. Door de strandwacht aangetroffen soorten

Tijdens de periode dat de strandwacht actief was, werden van de onderstaande 25 mollusken-soorten levende en/of zeer verse exemplaren 'los' op het strand aangespoeld aangetroffen.

Soorten die vastgehecht aan drijvende of zwevende voorwerpen het strandtraject bereikten bleken niet van belang voor dit onderzoek, evenals soorten uit de getijdenzone. Het min of meer regelmatige aanspoelen van de meeste van deze soorten (zie onderstaande lijst) doet vermoeden dat ze levend in het kustgebied vóór het betreffende strandtraject voorkomen.

Abra alba
Angulus fabulus
Angulus tenuis
Barnea candida
Cerastoderma edule
Chamelea striatula
Donax vittatus
Ensis arcuatus
Ensis directus

Ensis ensis/phaxoides
Ensis minor
Ensis siliqua
Lunatia poliana
Macoma balthica
Mactra corallina
Mya arenaria
Mya truncata
Mysella bidentata

Petricola pholadiformis
Phaxas pellucidus
Spisula subtruncata
Spisula solida
Tellimya ferruginosa
Venerupis senegalensis
Zirfaea crispata

5.3. Vergelijking met hapmonstergegevens

Een vergelijking van deze lijst met de mollusken die levend in raai 4 van dit onderzoek zijn aangetroffen vertoont duidelijke overeenkomsten. De meeste soorten die op het strandwachtraject aanspoelen zijn ook in de hapmonsters vertegenwoordigd. Twee soorten (*Cerastoderma edule* en *Venerupis senegalensis*) spoelden alleen in de eerste jaren van de strandwacht regelmatig aan, waarna ze later geheel uit het kustgebied verdwenen. Deze waren dus ook niet bij het monstereven te verwachten (zie verder 6.4). Verder afwezig in de hapmonsters waren: *Barnea candida*, *Zirfaea crispata*, *Petricola pholadiformis*, *Mya arenaria*, *Mya truncata*, *Ensis arcuatus*, *Ensis ensis/phaxoides* en *Ensis minor*. Dit zijn alle soorten die gewoonlijk te diep ingegraven of ingeboord leven om bij het monstereven te worden bereikt. De overige soorten zijn slechts één of enkele malen van het strandwachtraject gemeld: *Ensis siliqua*, *Phaxas pellucidus*, *Donax vittatus* en *Spisula solida*. Het betreft hier soorten waarvan inmiddels is vast komen te staan dat ze in de omgeving van Katwijk zeer ver van de kust leven en slechts bij hoge uitzondering op het strand terecht komen. (Vergelijk fig. 1 waaruit blijkt dat voor Katwijk zone C, de 20 meter dieptelijn, pas op zeer grote afstand van de kust begint).

Slechts één soort, *Spisula elliptica*, werd wel in diverse monsters van raai 4 gevonden, maar ontbreekt in de bovenstaande strandwacht lijst. In rapport 1 (De Bruyne, 1990) werd al gewezen op het feit dat deze soort op diverse plaatsen in het onderzochte kustgebied in zone

B (15-20 m.) leeft, maar vrijwel nooit levend of zelfs maar vers op het strand aanspoelt. Het feit dat de soort zelfs in tien jaar tijds bij wekelijkse strandmonsteringen door geoefende waarnemers niet blijkt te zijn gevonden, versterkt dit 'raadselbeeld' nog meer.

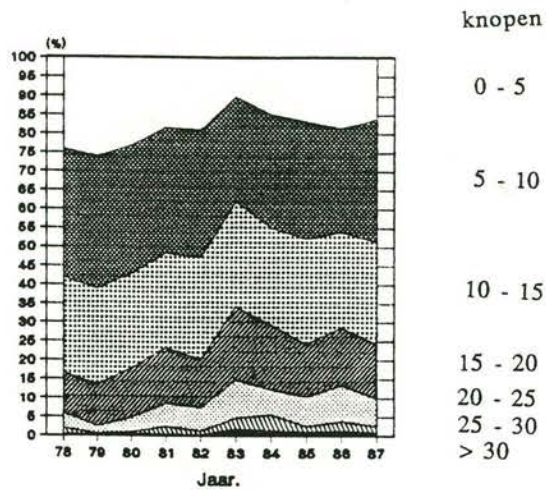


fig. 3

Wind per jaar: frequenties ongeacht de windrichting.
 Gegevens 1978-1987 Valkenburg/Rotterdam. Naar Gmelig Meyling, 1991e

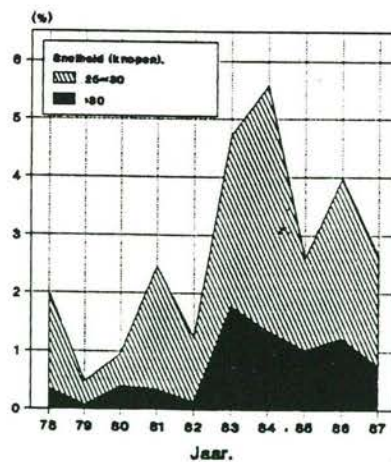


fig. 4

Wind per jaar: frequenties hoge windsnelheden.
 Gegevens 1978-1987 Valkenburg/Rotterdam. Naar Gmelig Meyling, 1991e

Wanneer het op bovenstaande wijze geschetste beeld van de molluskenfauna van het kustgebied bij Katwijk wordt vergeleken met het totale zone-beeld van het overige Hollandse kustgebied,

blijkt dit grotendeels overeen te komen. Om deze reden kon het betreffende kustgedeelte veilig worden gebruikt als basis voor het ontwikkelen van theorieën en modellen met betrekking tot aanspoelgedrag van mollusken en de mechanismen die daarbij een rol spelen.

5.4. Windklimaat in de strandwachtperiode

Om een indruk te krijgen van de invloed van de wind op het aanspoelproces van mollusken uit de verschillende dieptezones naar het strand, is het gebruik van een zo betrouwbaar mogelijke dataset met windgegevens over een langere periode noodzakelijk. Bij de door Gmelig Meyling uitgevoerde analyse van de wind in de strandwachtperiode is gebruik gemaakt van de windgegevens van station 210 (Valkenburg), met uitzondering van de periode 1 okt 1981 t/m 30 dec 1983, waarvoor gegevens van station 344 (nabij Rotterdam) zijn gebruikt. Deze twee datasets worden als één weergegeven in de figuren 2 en 3. In deze grafieken loopt het waarnemingsjaar van 1 november tot aan november van het volgende jaar. Naast het feit dat deze windgegevens van groot belang zijn gebleken bij de patroonherkenning in het aanspoelgedrag van mollusken (hoofdstuk 7), vormen ze tevens een algemeen beeld van het windklimaat in de periode 1978-1987.

Uit figuur 3 kan worden opgemaakt dat er vanaf 1982 een merkbare verandering in het windklimaat is opgetreden. Met name de frequentie van de hogere windsnelheden neemt vanaf deze periode toe. In figuur 5 zijn de frequenties van de twee perioden (periode 1 t/m 1978-1982, periode 2: 1983 t/m 1987) gescheiden weergegeven. Hieruit blijkt dat de frequenties vanaf windkracht 4 zijn toegenomen. De relatieve toename is het hoogst bij de hoge windkrachten (zie fig. 6). Globaal gesproken zien we dus in de tweede periode een heftiger windklimaat.

In figuur 8, de grafische weergave van fig. 7, zien we de absolute frequentieverschillen tussen periode 1 en 2 uitgesplitst voor de windrichtingen en -krachten, waarbij de laatste op de x-as is geplaatst. De positieve frequenties geven een toename weer en de negatieve een afname. Fig 9. is eveneens een grafische afbeelding van fig 7, maar nu met de windrichtingen op de x-as. Uit het laatste figuur blijkt duidelijk de afname van de frequenties van de windkrachten 1 t/m 4 en zuidwestenwinden 1 t/m 5.

Hoozemans (1990), heeft de periode behandeld die voornamelijk vóór de Strandwachtperiode ligt, met een overlap van slechts twee jaar (fig 10). Zeer interessant zijn zijn conclusies, waaruit blijkt dat in de periode 1960-1980 een krimp van de wind plaatsvond, gepaard gaande aan een toenemende windsnelheid en aan een verminderd percentage wind in zijn sector west (dat omvat N 195° E. tot N 15° E). De hier gepresenteerde gegevens suggereren een voortgezette tendens in diezelfde richting. Wel is het zo dat de aard van de waarnemingen van Hoozemans iets anders is (waarnemingen zeestations) dan de hier door Gmelig Meyling gebruikte waarnemingen (landstations). Dit laatste verklaart een gering verschil in energiespectrum (iets lagere waarden op de landstations).

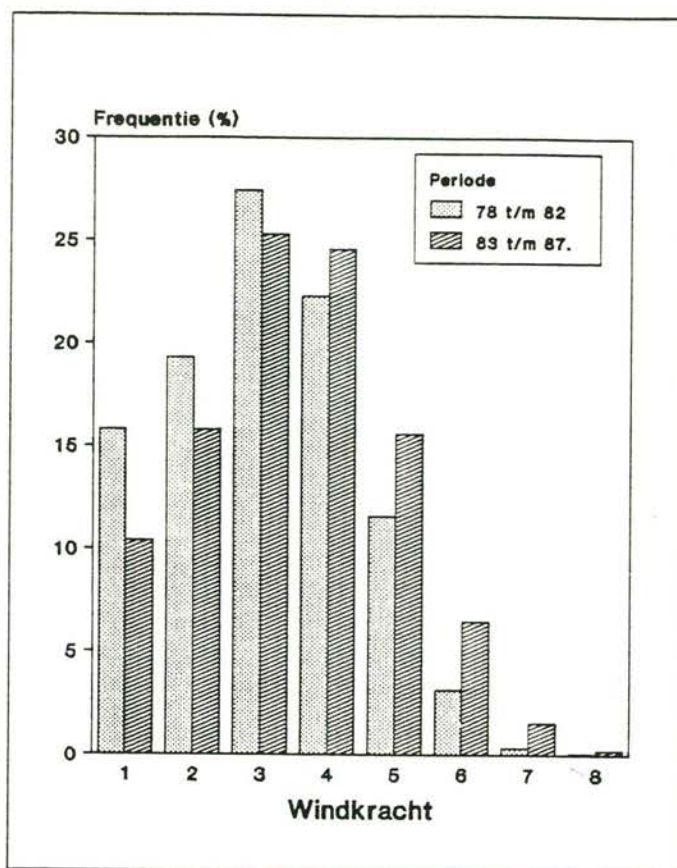


fig. 5

Frequentieverdeling windkrachten 1978-1987 Valkenburg/Rotterdam, uitgesplit in perioden 1978-1982 en 1983-1987. Naar Gmelig Meyling, 1991e

		windkracht							
		1	2	3	4	5	6	7	8
windrichting	NW	-.03	-.39	-.10	.17	1.30	11.67		-1.00
	NO	-.49	.10	.02	.64	1.71	1.42		
	O	-.59	-.34	.02	.48	.32	9.00		
	ZO	-.37	.12	.42	.64	1.10	-1.00		
	Z	-.42	.01	.05	.18	.80	1.91		
	ZW	-.47	-.24	-.27	-.21	-.06	.67	5.08	9.00
	W	-.62	-.40	-.32	-.03	.24	1.11	1.74	2.50
	NW	-.58	-.30	-.15	-.06	.57	.75	15.00	

fig. 6

Tabel van het relatief frequentieverschil tussen 1978-1982 en 1983-1987 van windkrachten per windrichting (8 sectoren), gebaseerd op de gegevens van de weerstations Valkenburg en Rotterdam. Positieve waarden betekenen een toename; negatieve waarden een afname. Naar Gmelig Meyling, 1991e

		windkracht							
		1	2	3	4	5	6	7	8
windrichting	NW	-0.13	-0.98	-0.32	0.36	0.73	0.35	0.04	-0.01
	NO	-0.75	0.19	0.06	1.06	0.70	0.17	0.00	0.00
	O	-0.91	-0.87	0.05	0.97	0.18	0.09	0.00	0.00
	ZO	-0.55	0.27	1.01	0.69	0.23	-0.01	0.01	0.00
	Z	-0.93	0.05	0.21	0.55	1.01	0.42	0.11	0.00
	ZW	-0.59	-0.48	-1.06	-1.05	-0.27	0.94	0.61	0.09
	W	-0.85	-1.02	-1.58	-0.16	0.76	1.08	0.33	0.10
	NW	-0.69	-0.60	-0.46	-0.16	0.67	0.30	0.15	0.00

fig. 7

Tabel van het absoluut frequentieverschil tussen 1978-1982 en 1983-1987 van windkrachten per windrichting (8 sectoren), gebaseerd op de gegevens van de weerstations Valkenburg en Rotterdam. Positieve waarden betekenen een toename; negatieve waarden een afname. Naar Gmelig Meyling, 1991e

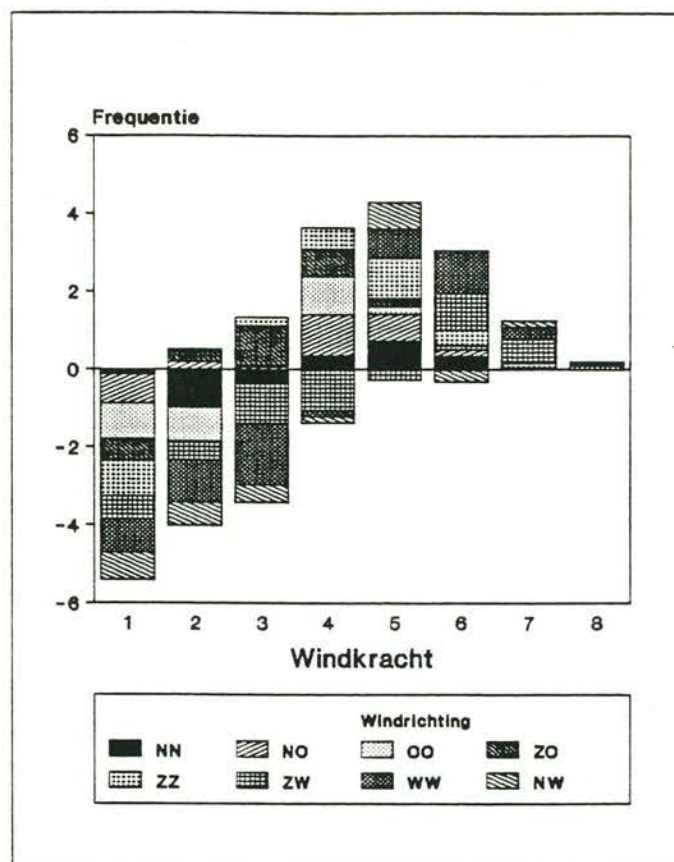


fig. 8

Absoluut frequentieverschil tussen 1978-1982 en 1983-1987 met de windkracht als abscis. Positieve waarden betekenen een toename; negatieve waarden een afname. Zie ook fig 7.
 Naar Gmelig Meyling 1991e

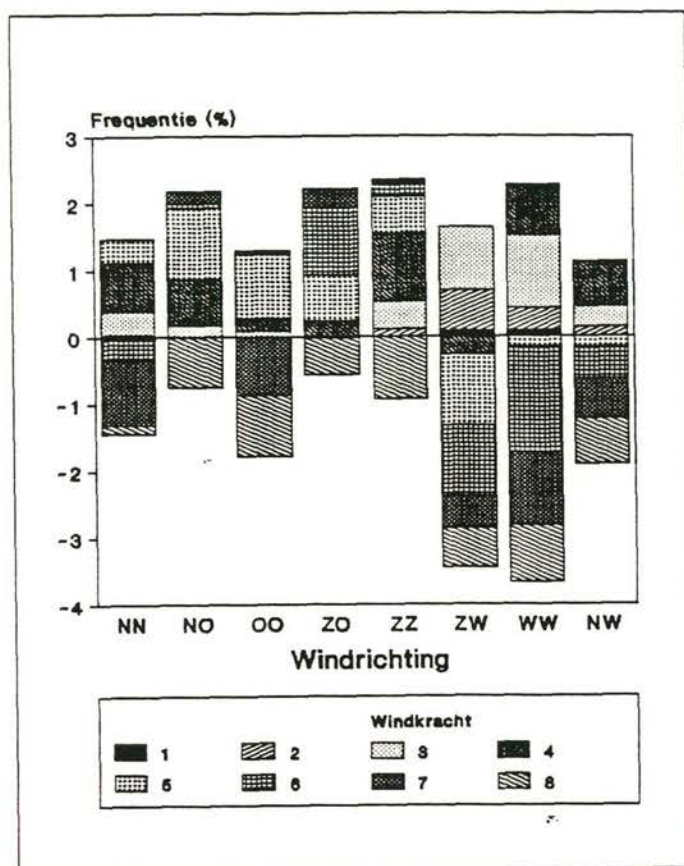
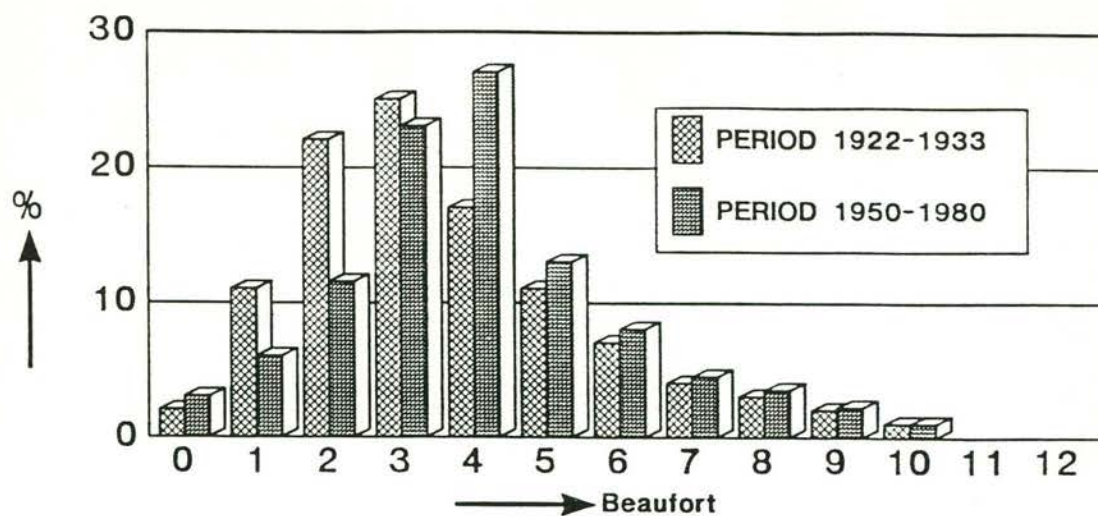


fig. 9

Absoluut frequentieverschil tussen 1978-1982 en 1983-1987 met de windrichting als abscis. Positieve waarden betekenen een toename; negatieve waarden een afname. Zie ook fig 7.
 Naar Gmelig Meyling 1991e



Source : Dutch light vessels
 Wind field: 0 - 360 degrees

fig. 10

Frequentiedistributie van windkracht over de perioden 1922-1933 en 1950-1980 in de zuidelijke Noordzee. Naar Hoozemans, 1990.

6. ANALYSE EN BESCHOUWINGEN

6.1. De recente molluskenfauna van het Hollandse kustgebied

Met het Hollandse kustgebied wordt in dit rapport een evenwijdig aan de kust verlopende strook bedoeld, met waterdiepten vanaf 5-7 meter tot 20 meter. Uitgesloten zijn dus de littorale zone en de zogenaamde 'bankenzone', evenals het gebied dieper dan 20 meter.

Uit deze en andere monsteringen in het kustgebied (met name Groenewold & Van Scheppingen, 1988, 1989, 1990, 1991), gekoppeld aan het aanspoelgedrag van de verschillende molluskensoorten (zie hoofdstuk 7), kan een vrij nauwkeurige fauna-analyse worden gemaakt met betrekking tot de recent in het gebied voorkomende molluskensoorten. Hieruit blijkt dat het Noord-en Zuidhollandse kustgebied 'bewoond' wordt door een beperkt aantal, voornamelijk tweekleppige molluskensoorten.

De betreffende soorten zijn op grond van dieptevoorkomen in te delen in twee zone's (zone A & B genoemd), waarbij de scheiding ongeveer ligt op 15 -16 meter. Uit fig. 1 blijkt dat zone A een smalle strook langs de gehele kust inneemt, met uitzondering van de beide uiteinden van het studiegebied en ter weerszijden van IJmuiden. Het hoogteverschil tussen de oostelijke en westelijke begrenzing van deze zone bedraagt 10-11 meter, waarbij de kusthelling in verhouding tot zone B veel steiler verloopt en vrij vlak is, zonder gesuperponeerd reliëf. Zone B loopt van 15-16 m. tot aan de 20 m. dieptelijn. Het hoogteverschil bedraagt hier slechts 4-5 meter, maar het oppervlak dat de zone inneemt is veel groter, terwijl er in het algemeen sprake is van een flauwere kusthelling en een meer golvend bodemoppervlak.

Zone A lijkt (tegenwoordig) voornamelijk door de 'selective deposit feeders' (pipetteerders) bewoond te worden, in zone B leven voornamelijk 'suspension-feeders' (filtreerders) en roofslakken. De verspreiding van de tijdens dit onderzoek aangetroffen soorten over het kustprofiel is weergegeven op bijlage 1.

6.2. Soortenlijst

Volledigheidshalve volgt hier een lijst met soorten die, als uitkomst van dit onderzoek, tot de huidige recente (= niet fossiele) molluskenfauna van de Hollandse kust gebied tot de 20 meter dieptelijn kunnen worden gerekend. Hierbij ingesloten zijn ook soorten die tegenwoordig niet (meer) in het kustgebied leven, maar dit recentelijk (in de afgelopen tien jaar) nog wel deden. Daarnaast zijn ook soorten opgenomen die niet levend tijdens monsteringen werden aangetroffen, maar vanwege het regelmatige levend en/of zeer verse aanspoelen op het strand wel als deel van de Hollandse kustzone mogen worden gezien.

Abra alba
Abra prismatica
Angulus fabulus
Angulus pygmaeus
Angulus tenuis
Barnea candida
Cerastoderma edule
Chamelea striatula
Chrysallida sarsi
Donax vittatus
Ensis arcuatus
Ensis ensis/phaxoides

Ensis minor
Ensis directus
Goodallia triangularis
Lunatia catena
Lunatia poliana
Macoma balthica
Macra corallina
Mya arenaria
Mya truncata
Mysella bidentata
Petricola pholadiformis
Phaxas pellucidus

Spisula elliptica
Spisula solida
Spisula subtruncata
Tellimya ferruginosa
Thracia papyracea
Turboella inconspicua
Turneria jeffreysi
Venerupis senegalensis
Zirfaea crispata

6.3. Dichtheden

Bij dit onderzoek werd voornamelijk gekeken naar het voorkomen en de verspreiding, zowel dieptegebonden als geografisch, van de soorten over het kustprofiel. Met de gevolgde methoden kan op dit moment weinig worden geconcludeerd met betrekking tot dichtheden en frequenties van voorkomen van de aangetroffen soorten. Het volgende is dan ook uitsluitend gebaseerd op een globale interpretatie van de bij dit onderzoek gebruikte tel- en analyselijsten.

In de onderzoeksperiode was de overheersende soort in het onderzochte gebied zonder twijfel *Spisula subtruncata*, met op enkele plaatsen dichtheden van meer dan 10 000 (vooral juveniele) individuen per vierkante meter. Minder individuenrijk, maar ook zeer frequent aanwezig waren verder *Angulus fabulus*, *Macoma balthica*, *Mysella bidentata*, *Tellimya ferruginosa*, *Abra alba* en *Lunatia poliana*. Van alle genoemde soorten is bekend dat ze plaatselijk grote dichtheden per m² kunnen bereiken. De overige soorten werden steeds met één of enkele individuen tegelijk in de monsters aangetroffen.

6.4. Ruimtelijke analyse Hollandse molluskenfauna

In hoofdstuk 6 van rapport 1 (Van der Valk & de Bruyne, 1990), is voor het kustgebied een geografische indeling ontworpen die gebaseerd was op het verspreidingspatroon van de molluskensoorten in de categorieën levend /vers /oud. Hierbij is gebleken dat het kustgebied ruwweg in drie delen kon worden onderverdeeld: een noordelijk deel, een middendeel en een zuidelijk deel. Om te komen tot een beter gefundeerde indeling van het Hollandse kustgebied (onderbouwd door meer gegevens), zijn in fase II nog eens drie raaien uitgezocht en op vrijwel identieke wijze ruimtelijk geanalyseerd. Bij het samenvoegend in kaart brengen van de verspreidingsgegevens van de volledige dataset (alle zes onderzochte raaien: bijlage 1) is in incidentele gevallen een meer nauwkeurige weergave van de aan- of afwezigheid gevolgd. Dit heeft ons inziens niet geleid tot veranderingen met betrekking tot de verspreidingspatronen en zwaartepunten in het voorkomen.

Voor de gevolgde werkwijze en vergelijkingsmethode kan worden verwezen naar rapport 1. Hoewel ook nu het levende en verse materiaal verreweg als het belangrijkste is gezien, werd in minder belangrijke mate ook gebruik gemaakt van het oude schelpmateriaal dat in de monsters werd aangetroffen. Met deze indeling kwam een nieuwe onderverdeling in noord /midden /zuid tot stand. Het noordelijk deel bestaat uit de raaien 14 en 12 (resp. Callantsoog en Petten), het middengedeelte uit raaien 9,6,4, (Castricum, Zandvoort en Katwijk) en het zuidelijk deel uit raai 2 (Scheveningen).

6.4.1. Verspreiding

In de volgende lijst is de waargenomen ruimtelijke verspreiding opgesomd. Per soort wordt per categorie (levend, vers, oud) aangegeven in welke dieptezone het zwaartepunt ligt en of er een geografisch zwaartepunt in het voorkomen van de soort valt aan te wijzen.

Abra alba

levend: zwaartepunt ligt in zone A. Overduidelijk het meest voorkomend in noordelijke helft van het kustgebied. (Daarnaast geïsoleerd bij Katwijk.)
Vers materiaal: zone A, grootste concentraties in het middengebied. (Opvallend genoeg ontbrekend in raai 2: invloed van zand-suppleties ?)
oud materiaal: alomvertegenwoordigd (= omnipresent.)

Abra prismatica

levend: niet aangetroffen
vers: BC, geen duidelijke geografische verspreiding
oud: zie vers. (in zuiden dichter onder de kust).

Angulus fabulus

levend: BC. midden en noord (uitgezonderd raai 4 = A & 14 = ABC)
vers: ABC midden & noord
oud: omnipresent.

Angulus tenuis

levend: B. middengebied

vers: B: omnipresent

(raai 12 AB)

oud: omnipr. (behalve raai 12 : nauwelijks in A)

Cerastoderma edule

levend: niet.

vers: A. omnip.

oud: ABC, omnip.

Chamelea striatula

levend: B: midden

vers: B. omnipresent, in raai 4 ook zone A

oud: ABC midden en zuid, Noord, BC

Donax vittatus
levend: noord BC, (behalve raai 14)
vers: BC (noord, 14 A)
oud: omnipresent

Ensis arcuatus
levend: B zuid.
vers: B idem.
oud: B idem.

Ensis directus
levend: A. mid. en noord
vers: A. omnipresent
oud: (in '89 nog nauwelijks aanwezig.)

Ensis ensis/ phaxoides
levend: B, zuid
vers: BC zuid en midden
oud: ABC zuid en midden, (behalve 14 = BC)

Goodallia triangularis
levend: C noord
vers: niet aangetroffen
oud: noord C.

Macoma balthica
levend: A. omnipresent
vers: A. midden en zuid
oud: A. omnipresent

Mactra corallina
levend: B. midden
vers: B. noord, A zuid
oud: B. omnipresent

Mysella bidentata
levend: B. omnipresent
vers: ABC. midden
oud: ABC. midden

Tellimya ferruginosa
levend: BC. zuid en Noord
vers: BC. idem
oud: ABC. midden

Mytilus edulis
levend: niet aangetroffen
vers: B. zuid
oud: AB. midden en zuid

Petricola pholadiformis
levend: C. zuid
vers: ABC. noord
oud: A. noord

Phaxas pellucidus
levend: niet aangetroffen
vers: C. zuid
oud: BC. midden en zuid

Spisula elliptica
levend: B. omnipresent (iets meer in noord)
vers: idem
oud: ABC. omnipresent

Spisula solida
levend: noord. B
vers: BC zuid
oud: ABC zuid

Spisula subtruncata
levend: ABC. mid & noord
vers: idem
oud: ABC. omnipresent

Chrysallida sarsi
levend: niet aangetroffen
vers: BC zuid
oud: BC omnipresent

Turboella inconspicua
levend: C. zuid
vers: BC. midden en zuid
oud: BC. zuid en Noord

Lunatia poliana
levend: BC. zuid en noord
vers: BC. zuid en midden
oud: ABC. omnipresent

Lunatia catena
levend: niet aangetroffen
vers: B. midden
oud: C. zuid

Tornus subcarinatus
vers: C noord
oud: BC zuid

Crepidula fornicata
vers: C zuid (1 ex)
oud: niet

Acteon tornatilis
vers: B. midden
oud: BC. midden & noord

Angulus pygmaeus
vers: BC. zuid
oud: idem

Aequipecten opercularis
vers: B. midden
oud: C. noord

Ensis minor
vers: A. zuid
oud: niet aangetroffen

Laevicardium crassum
vers: A. zuid.
oud: C. noord

Mya arenaria
vers: AB. zuid
oud: niet aangetroffen

Thracia papyracea
vers: B. midden
oud: BC. noord

Turneria jeffreysi
vers: B. zuid
oud: BC. noord

Zirfaea crispata
vers: B. noord
oud: B. omnipresent

Hydrobia ulvae
oud: ABC noord

Hydrobia ventrosa
oud: B. midden

Hydrobia neglecta
oud: B. zuid

Onoba aculeus
oud: B. noord

Littorina spec.
oud: AB. noord & zuid

Philine aperta
oud: B. midden

Acmaea virginea
oud: B. noord
Retusa obtusa
oud: C. noord

Rissoa membranacea
oud: ABC noord

Nassarius reticulatus
oud: A midden en noord

Cerastoderma glaucum
oud: B. zuid

Scrobicularia plana
oud: B zuid

Barnea candida
oud: A zuid, BC midden & noord.

Nucula nitidosa
oud: A. zuid

<i>Striarca lactea</i> <u>oud</u> : A noord	<i>Dosinia spec.</i> <u>oud</u> : C zuid	<i>Pisidium spec.</i> <u>oud</u> (L&Z): BC zuid
<i>Ostrea edulis</i> <u>oud</u> : B. zuid	<i>Mysia undata</i> <u>oud</u> : C zuid	<i>Succinea spec.</i> <u>oud</u> (L&Z): B zuid
<i>Angulus donacinus</i> <u>oud</u> : B midden	<i>Venerupis senegalensis</i> <u>oud</u> : A midden	<i>Theodoxus fluviatilis</i> <u>oud</u> (L&Z): A zuid

6.4.2. Analyse ruimtelijke verspreiding

Opvallend is het feit dat er naast min of meer alomtegenwoordige soorten in het huidige kustgebied soorten kunnen worden aangewezen waarvan de categorie levend materiaal een min of meer plaatsgebonden verspreidingspatroon vertoont. Hierbij springen een aantal soorten sterk in het oog. Opvallend in het noordelijke deel van de kust is het voorkomen van de soort *Donax vittatus*, die levend zelfs uitsluitend in het noorden werd aangetroffen. In tegenstelling tot wat op grond van literatuurgegevens kon worden opgemaakt, blijkt *Donax vittatus* bovendien niet in het ondiepe kustgebied (zone A) te leven.

Een andere soort met een, op het moment van monstering, duidelijk noordelijk verspreidingspatroon is *Abra alba*, waarbij uit bijlage 1 het 'terugtrekken uit het kustgebied in noordelijke richting' kan worden geconstateerd (alleen in de omgeving van Katwijk lijkt als het ware nog een mogelijk slibgebonden restpopulatie' aanwezig).

Goodallia triangularis schijnt eveneens een noordelijke verspreiding te hebben, hetgeen vermoedelijk te maken heeft met wat grovere zanden in de omgeving van Petten /Callantsoog, op diepten van meer dan 20 m.

Ook het zwaartepunt van *Spisula solida* en in mindere mate *Spisula elliptica* lijkt meer noordelijk te liggen, waarbij het in het zuiden liggen van het zwaartepunt van het verse materiaal van *S. solida* mogelijk ook op 'terugtrekking in noordelijke richting' wijst.

Verder valt vooral de noordelijke verspreiding van *Thracia papyracea* en (in mindere mate) van *Tornus subcarinatus* op.

Als 'Zuidelijke soorten' zijn te bestempelen: *Phaxas pellucidus*, *Chrysallida sarsi*, *Turboella inconspicua*, *Turneria jeffreysi*, *Angulus pygmaeus* en, in veel mindere mate, *Abra prismatica*, *Ensis minor* en *Ensis ensis* /*phaxoides*.

Soorten met het zwaartepunt meer in het middengebied zijn: *Spisula subtruncata* en *Angulus fabulus* (beide vertonen een zwak noordelijke trend), *Chamelea striatula*, *Mysella bidentata* en *Angulus tenuis*. Uit diverse gegevens (onder andere Creutzberg et al., 1984: fig 11) blijkt dat er ter hoogte van Katwijk een duidelijk slibrijker gebied dicht langs de kust aanwezig is. Populaties van *Venerupis senegalensis*, *Mya arenaria*, *Mya truncata* en de boven vermelde 'restpopulatie' van *Abra alba* zijn hier vermoedelijk aan gebonden (het laatste is gebaseerd op het feit dat vóór 1982 in het kustvak Wassenaar-Zandvoort relatief vaker schelpen van deze soorten aanspoelden dan in andere delen van de Hollandse kust). Voor een verklaring van het verdwijnen van sommige soorten ná 1982: zie 6.5.2.

Soorten waarbij geen 'zwakke of sterke geografische voorkeur' viel te ontdekken zijn: *Macoma balthica*, *Mactra corallina*, *Lunatia poliana* en *Tellimya ferruginosa*.

Vergelijken we deze gegevens met de verspreidingskaartjes in Eisma (1966), dan valt op dat deze verspreiding hiermee in het algemeen goed overeenkomt. Voor zover kon worden nagegaan zijn de gegevens bovendien min of meer in overeenstemming met die in Groenewold en Van Scheppingen (1988, 1989, 1990, 1991) en Nihoul & Gullentops (1977).

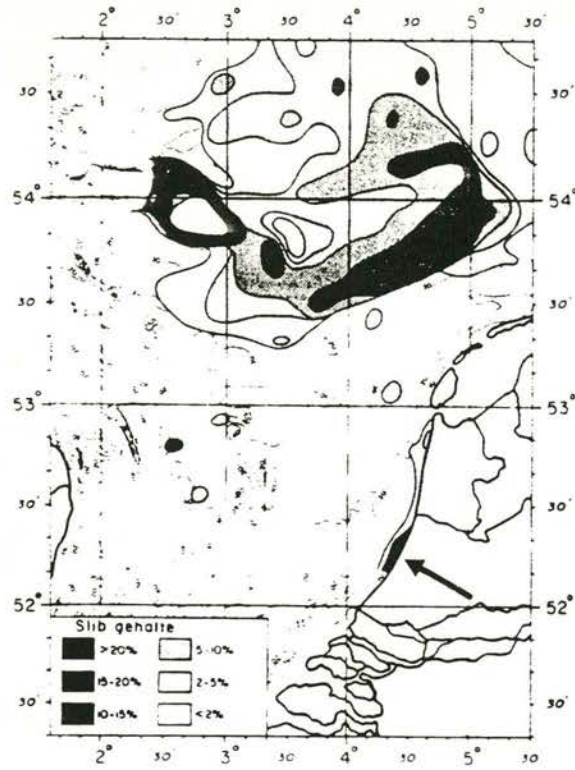


fig. 11

Slibgehalte, deeltjes kleiner dan 50 μ , % van het bodemsediment in de zuidelijk Noordzee. Naar Creutzberg et al, 1984; Creutzberg, 1985.

6.5. Verandering in de huidige molluskenfauna

6.5.1. Algemeen

Uit de monsteringen in het Hollandse kustgebied, gekoppeld aan gepubliceerde en ongepubliceerde aanspoelgegevens, komt zeer duidelijk naar voren dat zich de afgelopen dertig jaar aanzienlijke veranderingen in de faunasamenstelling hebben voorgedaan (zie Eisma, 1966; Oosterbaan, 1988; Van Ommering 1988; Groenewold & van Scheppingen 1988, 1989, 1990, 1991; De Bruyne, 1990).

Geconcludeerd kan worden dat de volgende soorten sterk in aantal zijn afgenomen of zelfs geheel verdwenen:

<i>Abra prismatica</i>	<i>Ensis phaxoides</i>
<i>Abra alba</i>	<i>Ensis siliqua</i>
<i>Acanthocardia echinata</i>	<i>Mya arenaria</i>
<i>Buccinum undatum</i>	<i>Mya truncata</i>
<i>Cerastoderma edule</i>	<i>Laevicardium crassum</i>
<i>Chamelea striatula</i>	<i>Lunatia catena</i>
<i>Crepidula fornicata</i>	<i>Venerupis senegalensis</i>
<i>Donax vittatus</i>	<i>Zirfaea crispata</i>
<i>Ensis minor</i>	

De volgende soorten zijn duidelijk in aantal toegenomen:

Macoma balthica
Angulus fabulus
Lunatia poliana
Spisula subtruncata

Eén soort, *Ensis directus*, is nieuw in het kustgebied verschenen. Op het moment van monstering was de uitbreiding in zuidwaartse richting nog in volle gang. Uit bijlage 1 blijkt duidelijk dat de soort in 1989 het zuidelijk deel van het Hollandse kustgebied nog niet volledig 'veroverd' had.

Hoewel er naar de oorzaken van de verdwijning of achteruitgang van de genoemde soorten nooit onderzoek is gedaan, is wel duidelijk dat het hier gaat om een complex van factoren, grotendeels afhankelijk van de eisen die elke afzonderlijke soort aan zijn leefmilieu stelt. In het onderstaande wordt getracht heel summier een aantal punten aan te geven die mogelijk van invloed zijn.

6.5.2. Beschouwing bij veranderingen in het kustgebied

De sterke achteruitgang van *Abra alba* lijkt ongeveer parallel te lopen met de opkomst van *Macoma balthica* en *Angulus fabulus*. Genoemde soorten hebben een identieke wijze van voedsel vergaren ('selective deposit feeders'), waarbij de beide eerstgenoemde bovendien in hetzelfde gebied voorkomen (Zone A 5-15 m). Verondersteld zou kunnen worden dat *Macoma balthica* en *Angulus fabulus* tegenwoordig profiteren van de toegenome eutrofiëring van het zeewater, zoals o.m. waargenomen door Beukema & Cadée (1987), mogelijk gepaard gaande aan een lichte verbetering van de waterkwaliteit. Beide soorten zijn bovendien goede gravers die zich goed kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden. De afname van *Abra alba* zou misschien ook te maken kunnen hebben met een eventuele verbetering van de waterkwaliteit. De grote dichtheden van de soort in de jaren '60 zouden dan te maken gehad hebben met het wegvallen van veel voedselconcurrenten als gevolg van een tijdelijk toegenomen vervuiling (*Abra alba* is als enige soort zeer goed tegen vervuiling bestand). Een andere goede mogelijkheid is de duidelijke toename van de frequentie van hoge windsnelheden (harde wind), zoals aangetoond door Gmelig Meyling (1991d,e zie: 5.2). *Abra alba* is, in tegenstelling tot beide andere soorten, minder goed bestand tegen de aan harde wind en storm gepaard gaande sterk wisselende energetische omstandigheden. Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat *Abra alba* in tegenstelling tot *Macoma balthica* zeer slecht bestand is tegen lage temperaturen. Dit geldt ook voor *Angulus fabulus*, hetgeen mogelijk een verklaring vormt voor het feit dat deze soort iets verder uit de kust leeft.

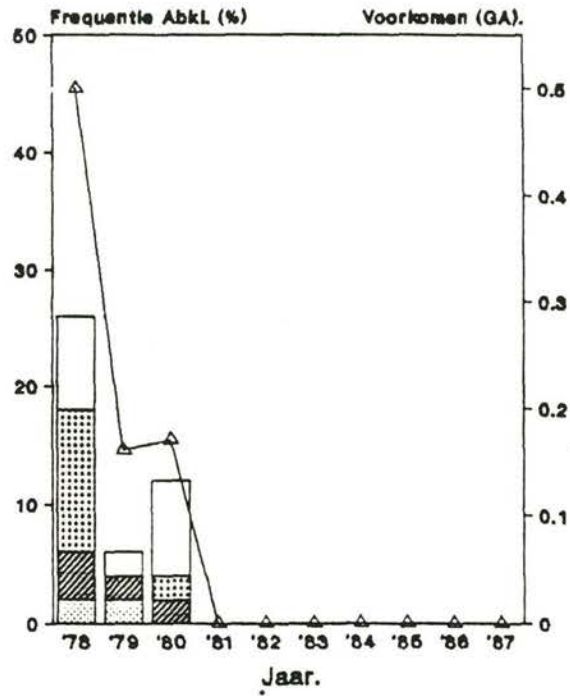


fig. 12

Frequentie abundantieclassen van *Cerastoderma edule* (levend) in de periode 1978-1987 van de strandwacht Katwijk- Noordwijk. Naar Gmelig Meyling, 1991b

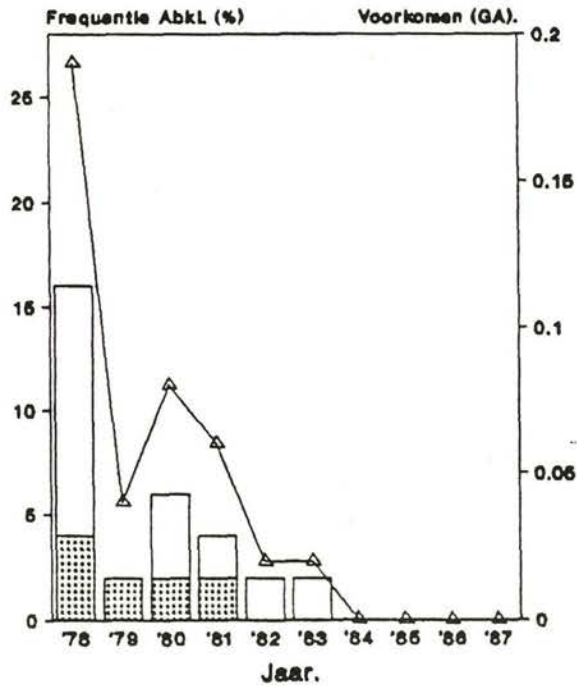


fig. 13

Frequentie abundantieclassen van *Venerupis senegalensis* (levend) in de periode 1978-1987 van de strandwacht Katwijk- Noordwijk. Naar Gmelig Meyling, 1991b

Het verdwijnen van *Cerastoderma edule* uit het Hollandse kustgebied is opvallend. Uit de aanspoelgegevens van de Strandwacht Katwijk-Noordwijk valt op te maken dat de plotselinge daling is ingezet in 1981 (fig 12). Als verklaring zou kunnen worden gedacht aan de in de laatste decennia sterk toegenomen kokkelvisserij en de daarmee gepaard gaande achteruitgang van de kokkelstand in het Waddengebied en mogelijk de Zeeuwse stromen. Een afname in aanvoer van kokkellarven uit deze gebieden als gevolg daarvan is goed denkbaar. Dat dit ook de verklaring zou zijn voor het verdwijnen van de kokkel langs de Hollandse kust lijkt echter niet waarschijnlijk, aangezien voor de ontwikkeling van larven tot volwassen kokkels het 'settlementsucces' veel eerder maatgevend zal zijn. Evenmin waarschijnlijk lijkt de invloed van de garnalen- en ondiepe kustvisserij, ofschoon beide visserij activiteiten de laatste jaren zijn toegenomen. De invloed van de garnalenvisserij op de zeebodem in de ondiepe kustzone (minder dan 20 meter) is vanwege de constructie van de sleepnetten te verwaarlozen. De kleine kustvisserij (boomkorvissers met een motorvermogen van minder dan 300 PK en met een beperkte boomlengte van 4 meter) zal eveneens van weinig invloed zijn, omdat het aantal schepen in deze categorie beperkt is (60-70 schepen in heel Nederland) en er slechts seizoensmatig en zeer verspreid wordt gevist (het aantal visdagen is beperkt). Hierdoor blijft het overgrote deel van de kustzone onbevist (mond. med. W. van der Hak, RIVO).

Voor een verklaring van de verdwijning van de kokkel zou beter gedacht kunnen worden aan de geconstateerde toename van de frequenties van sterke winden. De turbulentie neemt hierdoor toe, met als gevolg beïnvloeding van het settlementgedrag en, door het langer in suspensie blijven van grotere hoeveelheden kleideeltjes, een minder gunstig voedingsklimaat.

De toename van *Lunatia poliana* in het kustgebied hangt vrijwel zeker samen met de toename van de drie belangrijkste prooi-tweekeppigen: *Spisula subtruncata*, *Angulus fabulus* en *Macoma balthica*. Het vermoeden van Oosterbaan (1988) dat de soort zich uit het kustgebied heeft teruggetrokken wordt duidelijk door de monstergegevens tegengesproken. Bovendien spoelden er in de periode na na de winterstormen van 1990 plotseling regelmatig levende dieren in allerlei grootteklassen aan op het strand tussen Zandvoort en IJmuiden (eigen waarnemingen 1990-1991).

Zeer opvallend is de sterke toename van *Spisula subtruncata*. Groenewold & Van Scheppingen (1989) troffen plaatselijk dichtheden aan van meer dan 5000-6000 ex. per vierkante meter. Ook tijdens dit onderzoek werden op meerdere plaatsen dergelijke aantallen aangetroffen. Mogelijk heeft ook hier de eutrofiëring van het zeewater enige invloed gehad, waarbij het verdwijnen van *Cerastoderma edule*, die ongeveer dezelfde voedingswijze heeft (suspension feeder) ook enige invloed zou kunnen hebben. De toename in het voorkomen past echter goed binnen de natuurlijke fluktuaties in het verspreidingspatroon van *S. subtruncata*: de soort staat bekend als een echte 'Fleckensiedler' (Ziegelmeier, 1964): een soort die zich op plaatsen met toegenomen voedselaanbod in korte tijd tot enorme dichtheden kan ontwikkelen. De dieren produceren zeer veel eieren (tot 750 000 per individu) en groeien uitermate snel. Het feit dat de soort de grootste dichtheden in iets dieper water bereikt, (Zone B: 15-20 m) zou te maken kunnen hebben met de geringe koudebestendigheid van de dieren en mogelijk met het feit dat de soort in de hoog-energetische ondiepere zone (A: 5-7 tot 15-16 m) te snel wordt losgewoeld (in tegenstelling tot de typische zone A soorten graaft *S. subtruncata* zich slechts enkele centimeters in de zeebodem in.).

Ook afgenomen zijn *Venerupis senegalensis* (fig. 13), *Mya arenaria*, *Mya truncata* en *Donax vittatus*. (De eerste drie soorten werden niet of nauwelijks tijdens dit onderzoek aangetroffen.) Uit de gegevens van de strandwacht Katwijk-Noordwijk (Gmelig Meyling, 1991b) komt de afname van *V. senegalensis* en *M. arenaria* echter zeer duidelijk naar voren. Beide soorten zijn sinds 1982-83 niet of nauwelijks meer levend aangespoeld gevonden. Voor alle vier genoemde soorten moet waarschijnlijk worden gedacht aan een zeer plaatselijk en vermoedelijk tijdelijk verspreidingspatroon. Wat betreft *Donax vittatus* is dit zeer duidelijk: de soort komt tegenwoordig blijkbaar voornamelijk in het noordelijk deel van het kustgebied voor (zie 6.4.1.). In de literatuur wordt bovendien melding gemaakt van het feit dat op plaatsen waar het ene jaar flinke populaties aanwezig zijn, deze een volgend jaar vrijwel geheel verdwenen kunnen zijn (Beukema, 1979).

7. AANSPOELGEDRAG VAN MOLLUSKEN

7.1. Bewerking strandwacht-gegevens

Speciaal voor dit onderzoek is een gedeelte van de dataset van de Strandwacht Katwijk-Noordwijk door Gmelig Meyling geanalyseerd, met behulp van Principal Component Analyses (PCA: gebruikt programma CANOCO). In deze analyse, waarbij 261 van de 495 waarnemingen zijn betrokken (periode november 1978-november 1982), werden de volgende soorten meegenomen.

Abra alba
Angulus fabulus
Angulus tenuis
Cerastoderma edule
Chamelea striatula

Donax vittatus
Ensis arcuatus
Mactra corallina
Macoma balthica
Mya arenaria

Mya truncata
Petricola pholadiformis
Spisula subtruncata
Venerupis senegalensis

Uit deze (numerieke) analyse kon worden geconcludeerd dat het aanspoelgedrag kan worden beschreven aan de hand van twee hoofdcomponenten (factor 1 & 2). Opvallend is dat factor 1 uitsluitend positief is; soorten spoelen vaker gemeenschappelijk aan dan willekeurig. De levende mollusken vertonen daarbij de grootste concentratie ten opzichte van de aanspoelende doubletten en enkele kleppen. Blijkbaar is er één overheersende factor die bepalend is voor dit gezamenlijke aanspoelgedrag. Vooralsnog is deze factor ongrijpbaar, maar vermoedelijk speelt het losraken uit het substraat hierbij een zeer grote rol.

De x-as in figuur 14 zou als volgt kunnen worden afgelezen: hoe verder langs de as in positieve richting een soort ligt, hoe makkelijker deze in zijn categorie 'verplaatsbaar' is.

De onderscheiden categoriën leven /dubbelkleppig (inclusief levend) en (oude) losse kleppen, vertonen elk een typisch verspreidingsbeeld door de figuur heen. Daarbij onderscheiden de eerste twee categoriën zich zeer duidelijk van de derde. Duidelijk naar voren komt de 'algemeenheid' van de losse kleppen van *Spisula subtruncata* (aan de rechterzijde) en de zeldzaamheid van levende exemplaren van een 'moeilijk uit het substraat loskomende soort' als *Petricola pholadiformis* (aan de linkerzijde).

Wat er verder uitspringt is de situering van levende *Mactra corallina* aan de uiterste rechterkant van de puntenwolk die de levende mollusken weergeeft. Dit betekent vermoedelijk dat levende *Mactra* het gemakkelijkst van alle soorten loskomt uit het substraat, omdat deze diametraal tegenover de 'substraatvasthouders' staat opgesteld in de puntenwolk. De puntenwolk van de doubletten (incl. levend) levert geen duidelijk verklaarbaar beeld. In de puntenwolk van de enkele kleppen tenslotte, menen we vanaf de scheidslijn gerekend een toename van het voorkomen op het strand te zien. In de puntenwolk van de categorie levend vormen de hoofdcomponenten die het aanspoelen bepalen ten opzichte van elkaar zeer constante verhoudingen.

De strenge scheiding tussen de categorieën levend, doubletten (incl. levend) en losse kleppen, geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen.

De interactie hoofdcomponent 1 en 2, weergegeven door de scheidingslijn, geeft ons inziens aan dat vooral het hydraulisch gedrag per categorie verschillend is. Met hydraulisch gedrag wordt hier bedoeld het totaal van gedragingen van molluskenmateriaal onder invloed van waterbewegingen in de ondiepe Noordzee.

In een volgende bewerking heeft Gmelig Meyling geprobeerd relaties te vinden in het voorkomen van soorten op het strand, windrichting (oostelijke en westelijke richtingen) en duur van de wind uit één richting (fig 15). Uit deze figuur blijkt dat de invloed van westenwinden het grootst is. Hoewel het aanspoelgedrag van levende mollusken uit figuur 14 als tamelijk uniform naar voren komt, blijkt uit de Canonical Correspondence Analyses (CCA) dat dit zeker niet het geval is als de gekozen windparameters bij de figuur worden betrokken. Westelijke winden 7 t/m 3 dagen voor de waarneming (WWP3), hebben de grootste spreiding tot gevolg, hetgeen met name naar voren komt bij de categorie levend materiaal. Winden uit deze richting en deze periode bevorderen het aanspoelen van levende exemplaren en het merendeel der doubletten.

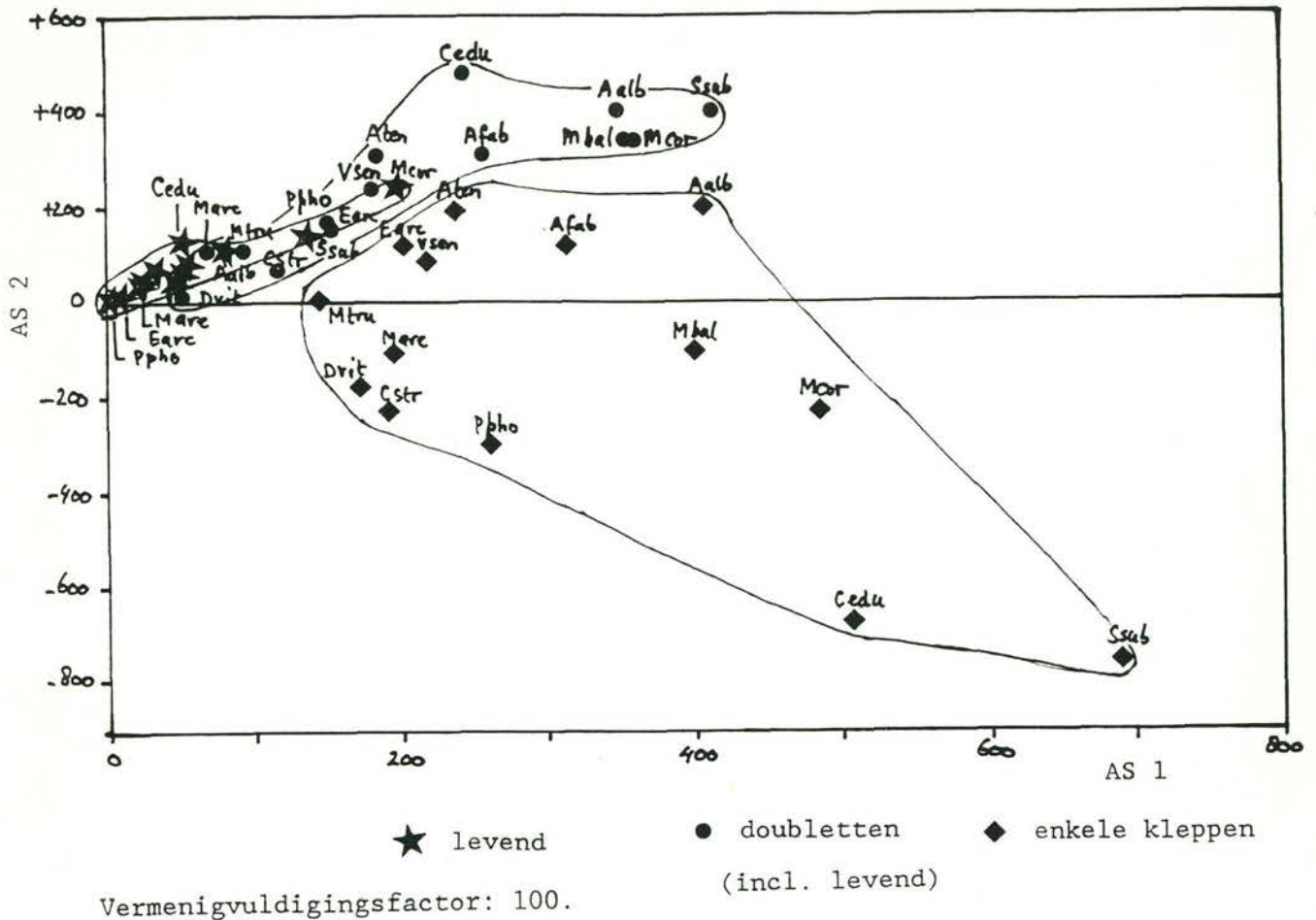


fig. 14

Hoofdc componenten (Principal Component Analysis = PCA) Tweeklep-
pigen (14 soorten) van aanspoelgegevens (aantal waarnemingsweken
n = 261) van de Strandwacht Katwijk- Noordwijk. Naar Gmelig
Meyling, 1989.

Gebruikte afkortingen

- Aalb = *Abra alba*
- Aten = *Angulus tenuis*
- Afab = *Angulus fabulus*
- Mbal = *Macoma balthica*
- Cedu = *Cerastoderma edule*
- Vsen = *Venerupis senegalensis*
- Mare = *Mya arenaria*
- Ppho = *Petricola pholadiformis*
- Mcor = *Mactra corallina*
- Ssub = *Spisula subtruncata*
- Mtru = *Mya truncata*
- Dvit = *Donax vittatus*
- Cstr = *Chamelea striatula*
- Earc = *Ensis arcuatus*

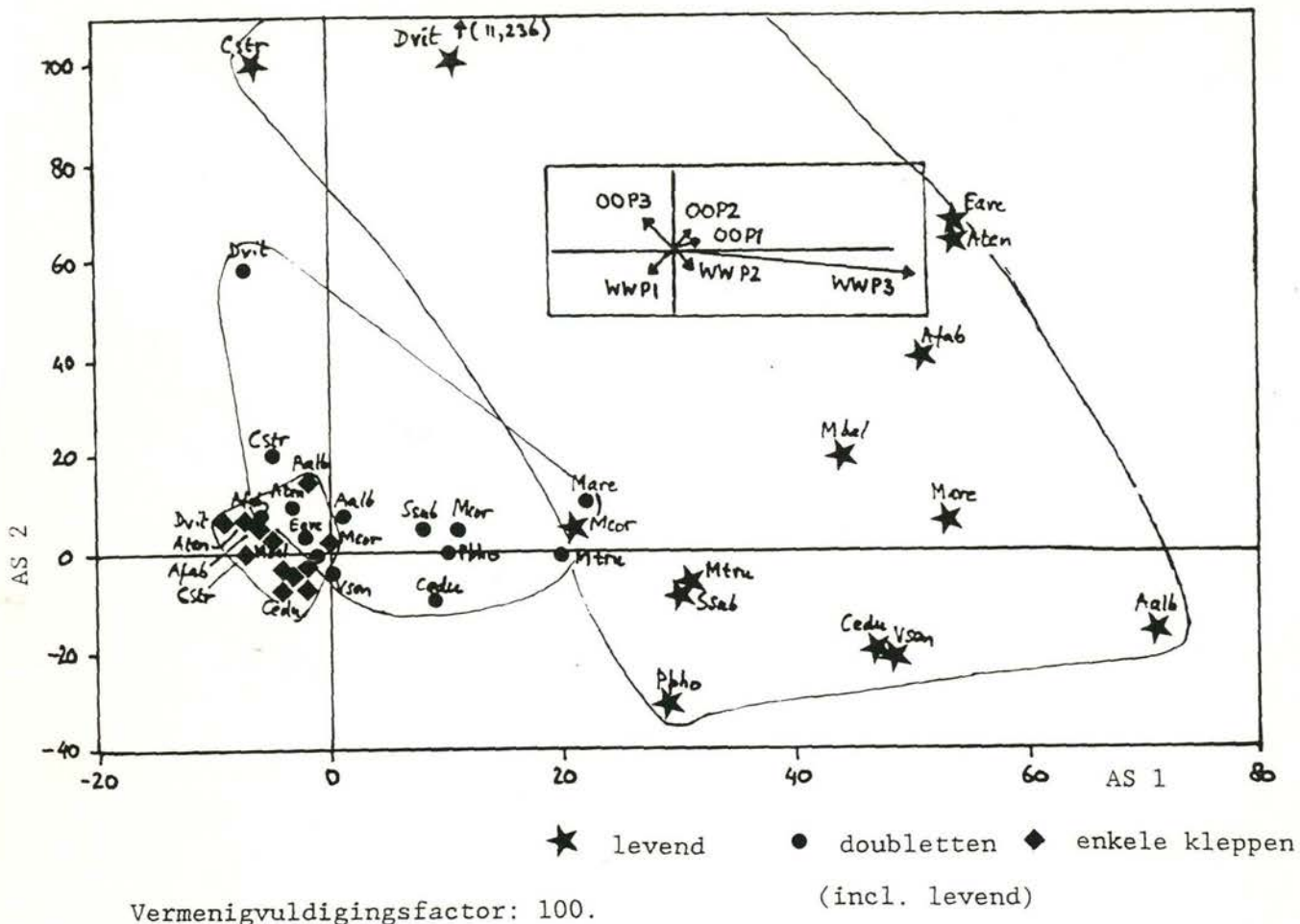


fig. 15

Conical Correspondence Analysis (CCA) Tweekleppigen (14 soorten) van aanspoelgegevens (aantal waarnemingsweken $n = 261$) van de Strandwacht Katwijk- Noordwijk. Naar Gmelig Meyling, 1989.

OO: oostenwind

WW: westenwind

Periode waarin de wind heerst

P1: een halve dag tot tijdens de waarneming

P2: twee dagen voor tot een halve dag voor de waarneming

P3: zeven dagen voor tot twee dagen voor de waarneming

Gebruikte afkortingen

Aalb = *Abra alba*

Aten = *Angulus tenuis*

Afab = *Angulus fabulus*

Mbal = *Macoma balthica*

Cedu = *Cerastoderma edule*

Vsen = *Venerupis senegalensis*

Mare = *Mya arenaria*

Ppho = *Petricola pholadiformis*

Mcor = *Macra corallina*

Ssub = *Spisula subtruncata*

Mtru = *Mya truncata*

Dvit = *Donax vittatus*

Cstr = *Chamelea striatula*

Earc = *Ensis arcuatus*

Het aanspoelen van enkele kleppen wordt negatief beïnvloed naarmate westenwinden krachtiger zijn. Wel moet hierbij worden opgemerkt dat door de onderlinge correlatie van de windparameters de spreiding van de enkele kleppen minder tot zijn recht komt dan in fig 14 naar voren komt.

Een verklaring voor het feit dat de positieve invloed van oostenwinden op het aanspoelen van mollusken niet uit de figuren naar voren komt, is als volgt geformuleerd:

Harde winden veroorzaken relatief sterke turbulenties van het zeewater, waardoor de schelpdieren uit de bodem worden losgewoeld. Er is vervolgens enige tijd nodig om ze te laten aanspoelen. Daar zijn waarschijnlijk toch oostenwinden voor nodig, om een landwaarts gerichte onderstroom te veroorzaken waarmee de mollusken op het strand aanspoelen. Aangezien in grote lijnen geldt dat naarmate westenwinden harder zijn geweest er minder snel oostenwinden op volgen, is dit tegenstrijdig. Mede daarom is waarschijnlijk de invloed van oostenwinden zo onduidelijk. De invloed van oostenwinden komt wél duidelijk naar voren uit de positie van de levende exemplaren van *Chamelea striatula* en *Donax vittatus* in fig. 15. Ook hier komt uit het vrijwel losliggen van de puntenwolken naar voren dat de wind op de drie categorieën een verschillend effect heeft. Ondanks het hierboven aangehaalde 'wegdruk-effect van oostenwinden', is het opvallend dat de figuur in sterk afnemende mate het effect van de wind laat zien van levend materiaal, naar doubletten (incl. levend), naar oude losse kleppen. Dit is af te leiden uit het in grootte afnemen van de puntenwolken. Dit geeft aan dat variaties in windrichting en sterkte 'monospecifiek aanspoelgedrag' (invasies) tot gevolg kunnen hebben.

7.2. Monospecifiek aanspoelgedrag (invasies)

Niet alleen uit de door Gmelig Meyling bewerkte gegevensset van de strandwacht Katwijk-Noordwijk, komt voor sommige molluskensoorten een zeker 'monospecifiek aanspoelgedrag' naar voren, maar ook de andere gebruikte strandwaarnemingen geven dit aan. Met de genoemde term wordt het plotselinge aanspoelen bedoeld van (meestal grote aantallen) levende exemplaren of verse doubletten van één bepaalde soort. Dit wordt ook wel een 'invasie' genoemd. Het gaat daarbij om die aanspoelingen die als 'abnormaal' kunnen worden bestempeld, dus niet alleen het aanspoelen van grote aantallen levende of zeer verse dieren van een soort die gewoonlijk alleen in kleine aantallen aanspoelt, maar ook om kleinere aantallen van soorten die vrijwel nooit (levend of zeer vers) aanspoelen.

In het navolgende wordt ter illustratie van een tweetal soorten het specifieke 'invasiegedrag' besproken, waarbij is getracht een verklaring voor de plotselinge aanspoelingen te vinden.

Abra alba

Invasies, waarbij meer dan 1000 levende exemplaren of verse doubletten van *Abra alba* aanspoelen vonden in het verleden vrijwel altijd plaats in de maanden september-februari (Oosterbaan, 1989). Dit kan als volgt worden verklaard: de soort leeft in het ondiepe kustgedeelte (zone A: tussen 0 en 15-16 meter) en is duidelijk minder goed bestand tegen kou. Uit de literatuur blijkt dat met name plotselinge temperatuursverlaging een belangrijke invloed op de dieren heeft (Arntz et al, 1976). Bij lage temperaturen van het zeewater neemt de spieractiviteit sterk af, waarbij zeer waarschijnlijk niet alleen de kracht in de voet waarmee de dieren zich ingraven verminderd, maar ook de antagonistische werking van de sluitspiers. De dieren komen dan veel losser in het zand te zitten en kunnen gemakkelijk losspoelen. Het aanspoelen van *Abra alba* op het strand lijkt dan ook een afspiegeling te zijn van de processen die zich in zone A afspelen.

Macra corallina

Eisma (1966) trof deze soort niet of nauwelijks in zijn hapmonsters aan. Ook in latere jaren werd de soort steeds in uiterst beperkte aantallen in bodemmonsters aangetroffen. Dit is opmerkelijk, gezien de enorme hoeveelheden die met name tijdens voor- en najaarsstormen op de Hollandse kust kunnen aanspoelen. De door Eisma geopperde verklaring dat de soort vooral in de zeer ondiepe kustzone (surfzone) zou leven, kan met het nu uitgevoerde onderzoek niet worden bevestigd. Uit onze gegevens kan worden afgeleid dat de soort niet ondieper leeft dan dan 15 m. Echter, zoals ook bij de meeste andere monsteringen in het kustgebied het geval is, werd ook nu niet gehapt in het gebied van de brekerbanken (globaal

tussen 0 en 7 m). Hoewel *Mactra* op diverse plaatsen in Europa tot vlak beneden de laagwaterlijn is aangetroffen (Dörjes & Reineck, 1977), is het niet waarschijnlijk dat in de bankzone voor de Hollandse kust grote populaties van de soort zouden voorkomen. Recent box-core onderzoek bij Egmond (Van der Valk, 1991) geeft aan dat in de bankzone van het betreffende gebied zelfs helemaal geen molluskensoorten voorkomen. Dit heeft naar alle waarschijnlijkheid te maken met de uiterst instabiele bodem.

Eisma (1966) voert als mogelijke tweede verklaring voor het ontbreken van de soort in hapmonsters aan dat er in de periode van onderzoek sprake zou kunnen zijn van een tijdelijke terugval in aantallen. Hij baseert dit op een terugval in massastrandings sinds 1961. Aangezien dit beeld al geruime tijd achterhaald is, de soort spoelt sinds eind zestiger jaren weer regelmatig in grote aantallen aan terwijl de soort nog steeds niet of nauwelijks in bodemmonsters wordt aangetroffen, moet voor de massastrandings aan een andere verklaring worden gedacht.

De volgende theorieën zijn daarbij denkbaar:

- 1 de soort vertoont een zeer plaatselijke verspreiding, waardoor populaties bij monsteringen worden 'gemist'. Gezien de geringe aantallen exemplaren die op plaatsen waar de soort wél levend voorkwam werden gevonden, lijkt dit niet waarschijnlijk.
- 2 de soort leeft relatief 'solitair' (de dichtheden per m² zijn zeer laag), en wordt dus ook 'gemist'. Een reële mogelijkheid, gezien de beperkte in de monsters aangetroffen aantallen
- 3 de soort leeft voornamelijk diep (dieper dan 20 m.). Als hoofdreden onwaarschijnlijk: de overige, tijdens massa-strandings aanspoelende soorten wijzen niet op een diepe herkomst. (Dit betekend overigens niet dat in de diepere delen geen populaties kunnen voorkomen).
- 4 strandings hebben vooral te maken met 'stress' van het organisme, onder invloed van stormcondities of andere extreme weersomstandigheden. Een reële mogelijkheid (zie hoofdstuk 8).

Als verklaring voor het monospecifieke strandingsgedrag van *Mactra corallina* lijkt een combinatie van het tweede en vierde punt het meest waarschijnlijk. Dit is als volgt voor te stellen: in het ondiepe kustgebied (zones A & B) komen populaties verspreid levende *Mactra's* voor. Onder extreme omstandigheden raken deze op de één of andere wijze los uit het substraat en worden vervolgens in grote aantallen op het strand gedeponeerd (voor nadere uitleg over stormmechanismen en de wijze waarop de dieren uit het substraat losraken zie hoofdstuk 8).

7.3. Clustering aanspoelgedrag

Op grond van de zone-indeling, de ecologie en de aanspoelgegevens van het gehele onderzochte kustgebied (zie: De Bruyne, 1990, bijlagen 4 & 6) zijn de volgende groepjes soorten geformeerd. Van de soorten binnen deze groepjes wordt verwacht dat ze ongeveer hetzelfde aanspoelgedrag vertonen.

A1	B1
<i>Abra alba</i>	<i>Donax vittatus</i>
<i>Angulus tenuis</i>	<i>Chamelea striatula</i>
<i>Angulus fabulus</i>	
<i>Macoma balthica</i>	B2
	<i>Ensis arcuatus</i>
A2	B3
<i>Cerastoderma edule</i>	<i>Mactra corallina</i>
<i>Venerupis senegalensis</i>	<i>Spisula subtruncata</i>
A3	<i>Mya truncata</i>
<i>Mya arenaria</i>	
A4	
<i>Petricola pholadiformis</i>	

Met behulp van ORLOCI een polythetisch-hiërargisch agglomeratief classificatie programma zijn de veertien soorten opnieuw in groepen ingedeeld. De mate van overeenkomstig

aanspoelgedrag binnen een groep soorten wordt uitgedrukt in de procentuele inwendige spreiding. Hoe lager deze spreiding is, des te hoger is de overeenkomst in aanspoelgedrag. Fig 16 geeft de classificatie voor doubletten (incl. levend) weer met behulp van een dendrogram, figuur 17 doet hetzelfde met het levende materiaal. We stellen nu dat binnen een groep overeenkomstig aanspoelgedrag optreedt, wanneer de inwendige spreiding lager is dan 50%.

Een vergelijking van de hierboven weergegeven groepjes met de ORLOCI dendrogrammen (fig. 16 & 17) geven met name bij fig. 17 (levende exemplaren) een goede overeenkomst te zien. Hierbij is een grens gelegd bij het percentage inwendige spreiding van 50%.

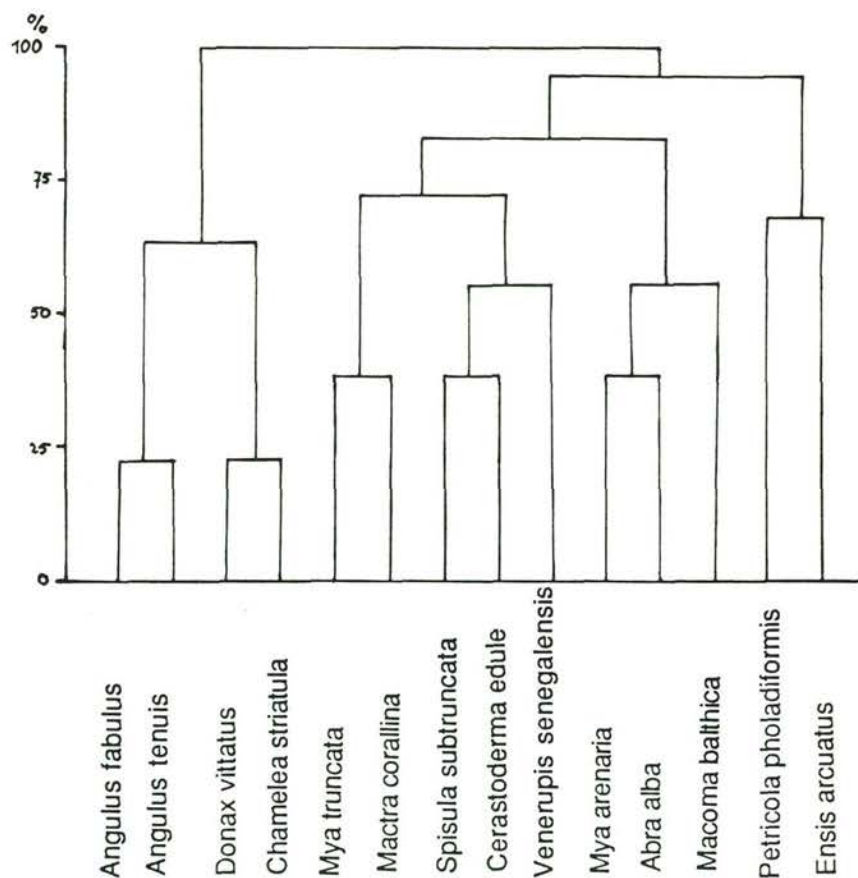


fig. 16

Dendrogram (ORLOCI) met percentage inwendige spreiding van 14 soorten Tweekleppigen: doubletten (incl. levende exemplaren). Aantal waarnemingsweken $n = 398$. Gegevens Strandwacht Katwijk-Noordwijk. Naar Gmelig Meyling, 1989.

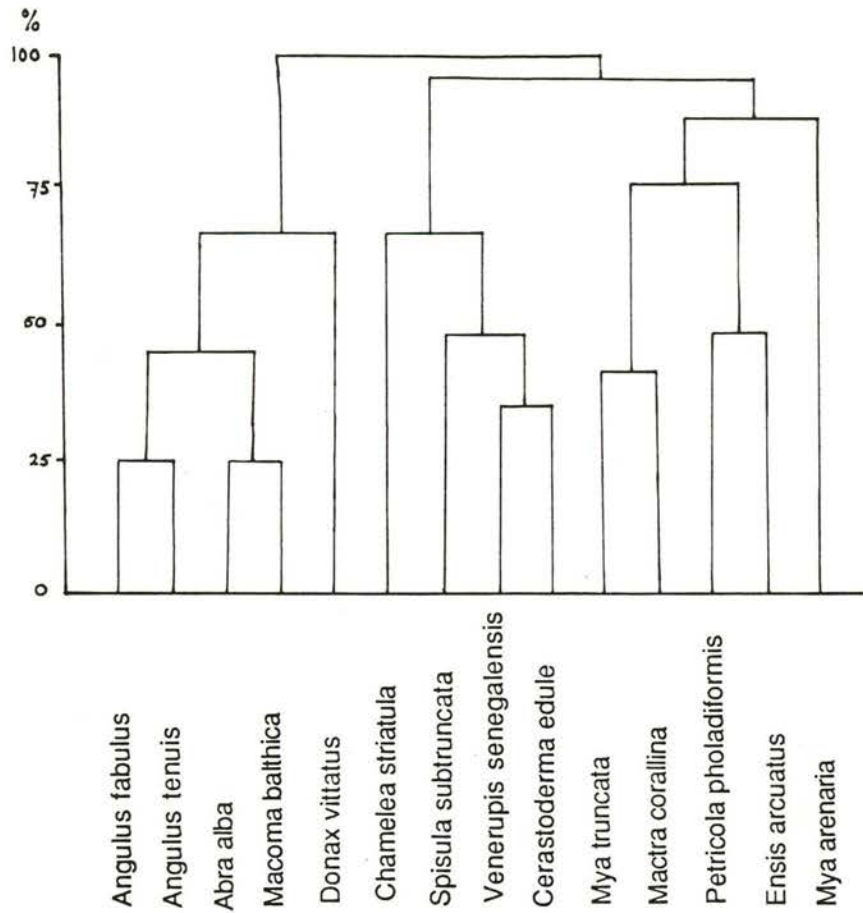


fig. 17

Dendrogram (ORLOGI) met percentage inwendige spreiding van 14 soorten Tweekleppigen: levende exemplaren. Aantal waarnemingsweken $n = 398$. Gegevens Strandwacht Katwijk- Noordwijk. Naar Gmelig Meyling, 1989.

8. TRANSPORTMECHANISMEN

De verspreiding van mollusken op de Hollandse kust valt uiteen in twee delen: die van de levende en verse mollusken en die van de subfossiele en/of duidelijk geremanieerde mollusken. Er zijn in enkele gevallen discrepanties tussen verspreidingsgebieden van beide categorieën (bijlage 1 & fig 15). Hieruit kan afgeleid worden dat er blijkbaar mechanismen bestaan die de schelp na het afsterven van het dier opnemen en verplaatsen. Ook doet bijlage 1 vermoeden dat dit proces voor veel molluskensoorten (of liever: schelpvormen) een eigen karakter heeft. Aangezien elke soort zijn eigen schelpvorm heeft, zal ook elk type onderhevig zijn aan een eigen verplaatsingspatroon. Uit strandwaarnemingen is bekend dat de verdeling van schelpen van bepaalde soorten over het natte en droge strand niet toevallig is (Van der Baan, 1979-80; Van Schoor, 1989), net zo min als de verspreiding van bepaalde molluskenschalen in de brekerbankzone (Van der Valk, 1991). Wanneer deze trend wordt doorgetrokken naar dieper water, dan kan de verspreiding van de twee hierboven genoemde categorieën en de verschillen ertussen tevens op deze wijze geïnterpreteerd worden.

Als voorbeeld wordt hier de verspreiding van schelpdieren en schelpen in de categorieën levend, vers en oud van een viertal typische zone A soorten weergegeven (fig 18). Uit deze figuur blijkt dat de verspreidingspatronen van levend, vers en oud materiaal elkaar goed dekken (met uitzondering van het ontbreken van levende exemplaren van *Cerastoderma edule*; zie 6.4.1.). Opvallend is dat de verspreiding van levend materiaal nagenoeg gelijk is aan die van vers materiaal en dat het oude materiaal over het gehele profiel verspreid is. Nu is dat voor soorten die al duizenden jaren langs de Nederlandse kust voorkomen niet verbazingwekkend, maar voor een recent geïntroduceerde soort als *Ensis directus* is het op zijn minst opmerkelijk dat de verspreidingsgebieden van levend en vers materiaal elkaar zo goed dekken. Dit duidt op de volgende mechanismen:

1. Vers schelpmateriaal van de betrokken soorten uit fig.18 wordt niet tot beneden de ondergrens van de dieptezone A getransporteerd. Oud materiaal wordt wel beneden de 16 m dieptelijns aangetroffen, hetgeen echter ook uit een eerdere fase van de kustontwikkeling kan stammen en daar niet naartoe getransporteerd hoeft te zijn.
2. Elke categorie materiaal wordt naar boven in het kustprofiel opgevoerd: er spoelt immers ook materiaal aan op het strand (zie hoofdstuk 7).

8.1. Transportrichtingen

In zijn algemeenheid kan op grond van het voorgaande worden gesteld dat er twee richtingen zijn waarin materiaal over een kustprofiel wordt getransporteerd: in bovenwaartse richting; uiteindelijk uitkomend op het strand, en in benedenwaartse richting. Langtransport wordt hier niet behandeld, voornamelijk omdat de dichtheid van onze gegevens geen uitspraken toelaat over transport in de langsrichting. Het ziet er echter niet naar uit dat deze wijze van transport een grote rol speelt: er zouden dan immers aanwijzingen moeten zijn dat bijvoorbeeld soorten uit het middengebied worden getransporteerd in noordelijke richting. Dergelijke aanwijzingen werden niet gevonden (zie 8.2). Aan de basis van transportmechanismen liggen uiteraard transportprocessen. De identificatie van die processen is een moeizame zaak. Er bestaan vrijwel geen geïntegreerde datasets van enige omvang die inzicht zouden kunnen geven in de hoedanigheden van die processen. Daarnaast is nog nauwelijks iets bekend over de wijze waarop de fysisch te meten processen van golfinvloed en getijdeneffect direct hun weerslag vinden in de sedimenterschikking en -verplaatsing. Dit betekent dat gegevens hieromtrent op andere wijze verzameld moeten worden. Hiervoor is een methode gekozen met een omtrekkende beweging via de fossiele Subboreale en Subatlantische kustsequentie zoals die in west Nederland aanwezig is. Deze sequentie is over de periode 6000 BP tot 2000 BP gedetailleerd bekend (Beets et al, 1991; Roep et al, 1991, Van der Valk, in prep.). Deze sequentie levert een sleutel op met betrekking tot de aard van de sedimenten, sedimentaire structuren en molluskeninhoud zoals die over een recent kustprofiel verspreid zouden zijn als dat profiel door middel van box-cores bemonsterd zou zijn geweest. Op deze wijze worden de fossiele afzettingen gebruikt als model voor het huidige kustmechanisme.

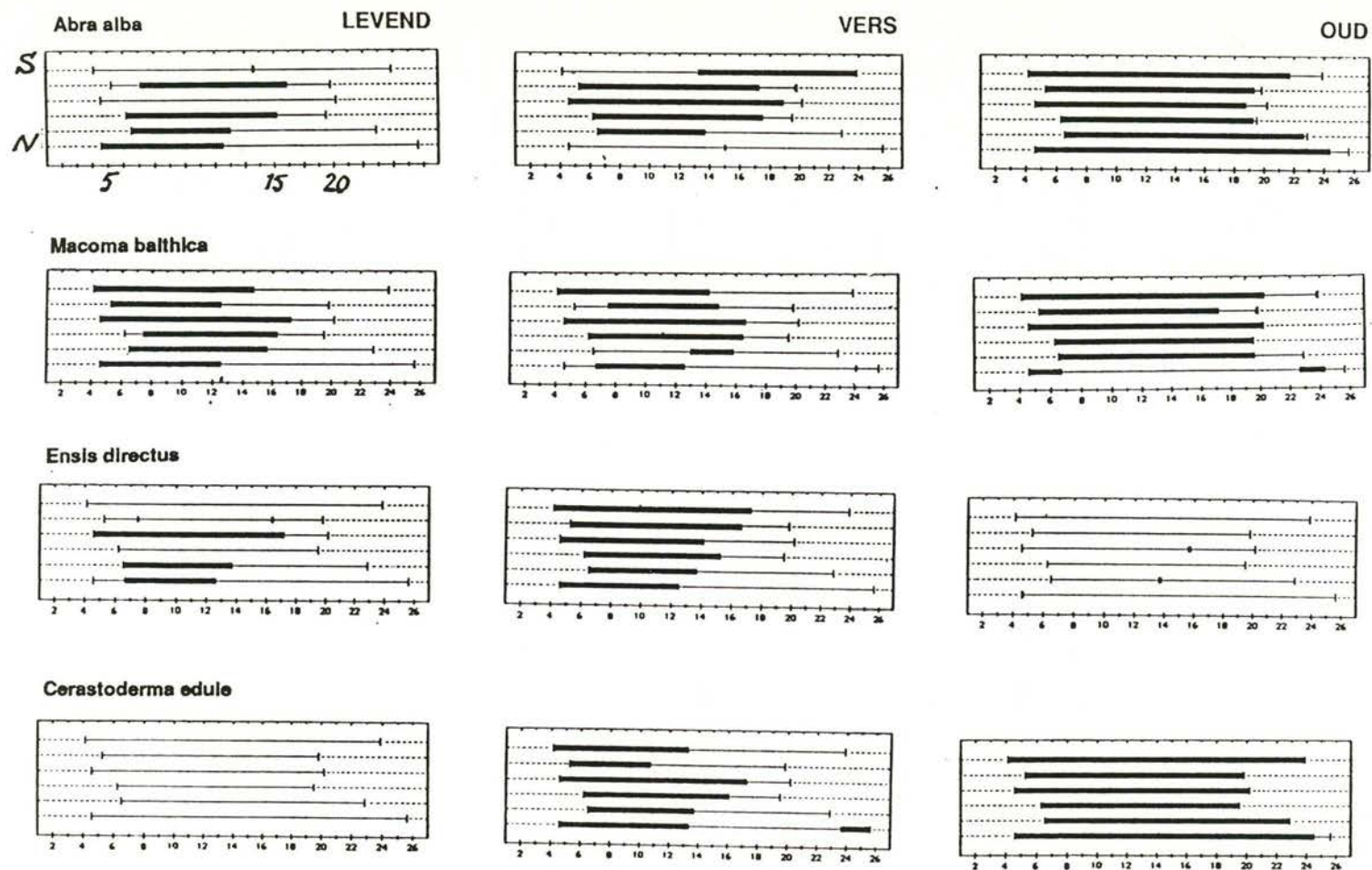


fig. 18

De verspreiding van levend, vers en oud schelpmateriaal van een viertal geselecteerde soorten, die kenmerkend zijn voor dieptezone A langs de Hollandse kust. Ordinaat: S: voor Scheveningen; N: voor Callantsoog. Abscis: diepte in meters. Uitsnede uit bijlage 1 bij dit rapport.

Als we er vanuit gaan dat de kustmechanismen die ten grondslag liggen aan de afzettingen van voor 2000 BP ongeveer overeenkomen met de huidige mechanismen op de kust (waarvan de verspreiding van mollusken materiaal slechts één aspect is), dan kan vanuit de fossiele afzettingen globaal de geologische sequentie van de huidige Hollandse kust geschetst worden (fig. 19). Hieruit valt af te leiden dat een aantal effecten door elkaar spelen bij de totstandkoming van de opeenvolging van soorten afzettingen van ondiep naar diep.

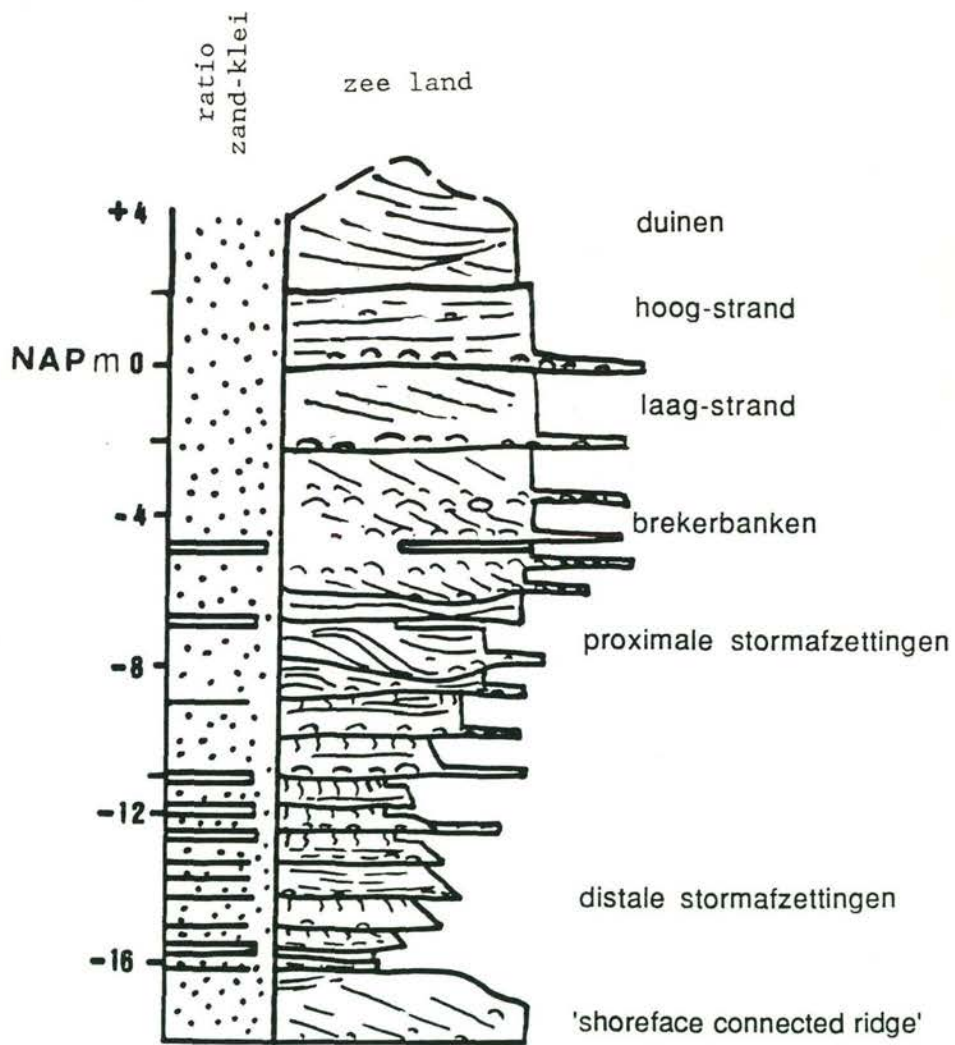


fig. 19

De gegeneraliseerde Subatlantische strandwal sequentie van Westelijk Nederland (Van der Valk, in prep.).

8.1.1. Transport van de kust af

In grote lijnen zullen er twee manieren zijn die materiaal van de kust afvoeren.

- Het verdwijnt door zeegaten het binnenland in (Zeeland-Waddengebied effect). Dit effect speelt in het studiegebied slechts lokaal een rol. Alleen bij raai 14 lijkt er wel sprake te zijn van invloed van het eerstgenoemde mechanisme: het aanzuigende effect van het Marsdiep (zie 8.2).
- Op de 'schone Hollandse kust' moet een ander mechanisme van transport van materiaal van de kust af gelden.

Om te weten in hoeverre de verspreiding van molluskenschelpen na het afsterven van de dieren plaatsvindt vanuit de ondiepe kustzone ($A = 5-15$ m) naar een diepere zone op het kustprofiel, is het noodzakelijk om mechanismen te achterhalen die dat proces zouden kunnen veroorzaken. Tot op heden zijn dergelijke mechanismen met een 'semi-permeabele' ondergrens voor de Hollandse kust onvoldoende aangetoond. Hieronder wordt nader ingegaan op de veronderstelde mechanismen. Omdat de kusthelling vanaf de laagwaterlijn kan worden verdeeld in twee zeer duidelijk te onderscheiden delen, volgt hier een behandeling per deel. Het onderscheid is gelegd aan de onderzijde van de brekerbanken. Die grens is hier gesteld omdat ervan uitgegaan wordt dat de zone van de brekerbanken zeer intensief en frequent door de golven worden omgewerkt. In de zone beneden de brekerbanken is deze omwerking ook nog zeer actief en effectief, maar toch in zodanig verminderde mate, dat in situ biologisch leven mogelijk wordt. Om de schelpenlagen te karakteriseren wordt de terminologie van Kidwell (1991) gebruikt (fig 20).

- In de brekerbankenzone

Door Short (1991) is in de bankenzone (MHW tot -7 m.), het voorkomen van 'rip-currents' langs de nederlandse kust waargenomen, gekarteerd en geanalyseerd. In fig. 21 wordt dit transportmechanisme schematisch weergegeven. In deze figuur is golfwerking vanuit het noordwesten de drijvende kracht. Deze golven breken op de tot maximaal -7m diepte gelegen banken. Toevoer van water naar het strand zorgt voor een 'set-up'. Deze set-up moet uiteraard gecompenseerd worden door retourstromen. Deze retourstromen worden rip-currents genoemd. Dit rip-mechanisme zou wel eens het meest aangewezen mechanisme kunnen zijn dat voor afvoer van molluskenschelpen uit de ondiepe kustzone naar dieper water in aanmerking komt. Het is goed voorstelbaar dat onder stormcondities de muien haaks op de kust tussen de brekerbanken voor versterkt transport van tegen de kust opgezet water zorgdragen. Met de zo ontstane retourstroom kunnen ook grote hoeveelheden schelpmateriaal zeewaarts worden getransporteerd. Het is niet aannemelijk dat beneden de -7 m deze retourstromen ophouden, maar wel is aannemelijk dat ze aanzienlijk minder beperkt zijn en dus meer uitwaaiëren (fig. 21). Overigens wordt in deze zone door het hoog-energetische karakter vrijwel geen schelpmateriaal geproduceerd (Van der Valk, 1991: fig. 6). Schelpconcentraties in deze zone zijn altijd eerder 'lag concentrations' dan een ander soort concentratie (fig. 20).

- Onder de brekerbankenzone

Voor het gebied onder de brekerbankenzone is een geologisch model ontworpen, dat op transport onder stormcondities betrekking heeft. De reden voor het stormkarakter ervan is tweeledig. Ten eerste mag verwacht worden dat transport van materiaal vooral onder de heersende stormwinden (noordwest tot zuidwest) plaats vindt. Ten tweede blijkt uit de subfossiele kustafzettingen dat de gepreserveerde afzettingen veelal de karakteristieken dragen van stormafzettingen (vergelijk Kumar & Sanders, 1976; Aigner, 1985). Ondiepe stormafzettingen onder de zone met de brekerbanken (fig. 22: stormmodel van de Hollandse kust) bestaan uit gegradeerde zandafzettingen met schelpenlagen aan de basis met een 'hiatal concentration' (fig. 20) en soms bedekt met dunne, later doorwerkte kleilaagjes. Vaak zijn de individuele pakketjes stormafzettingen later weer geërodeerd door een volgende storm. Dieper gelegen stormafzettingen bestaan eveneens uit gegradeerde zanden, ook weer met schelpaagjes aan de basis met een 'hiatal to composite' karakter (fig. 20). Hier zijn de pakketjes stormafzettingen veelal compleet bewaard gebleven, tot en met de post-storm kleiafzetting en de daarop in de tijd volgende bioturbatie. Nog dieper worden de individuele pakketjes die per storm zijn afgezet steeds dunner en is de opvolgende bioturbate fase nog maar door een dun zandpakketje gescheiden van de schelpenlaag met een 'event' karakter,

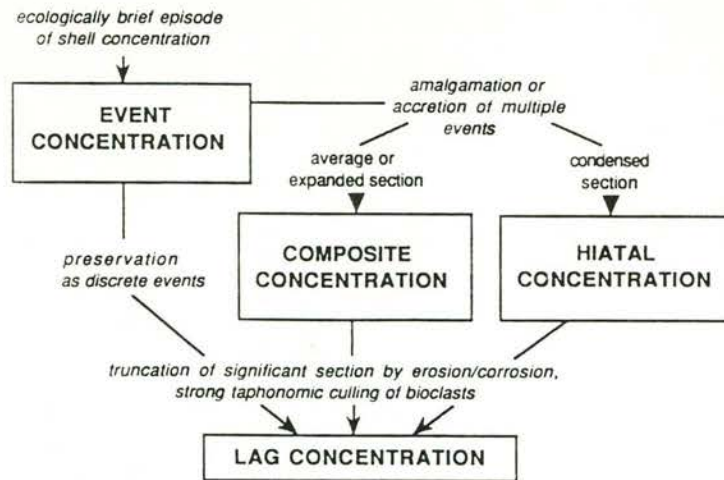


fig. 20

Algemeen en kwalitatief getypeerde schelpenconcentraties, gebaseerd op geïnterpreteerde data. Vereenvoudigd naar Kidwell, 1991.

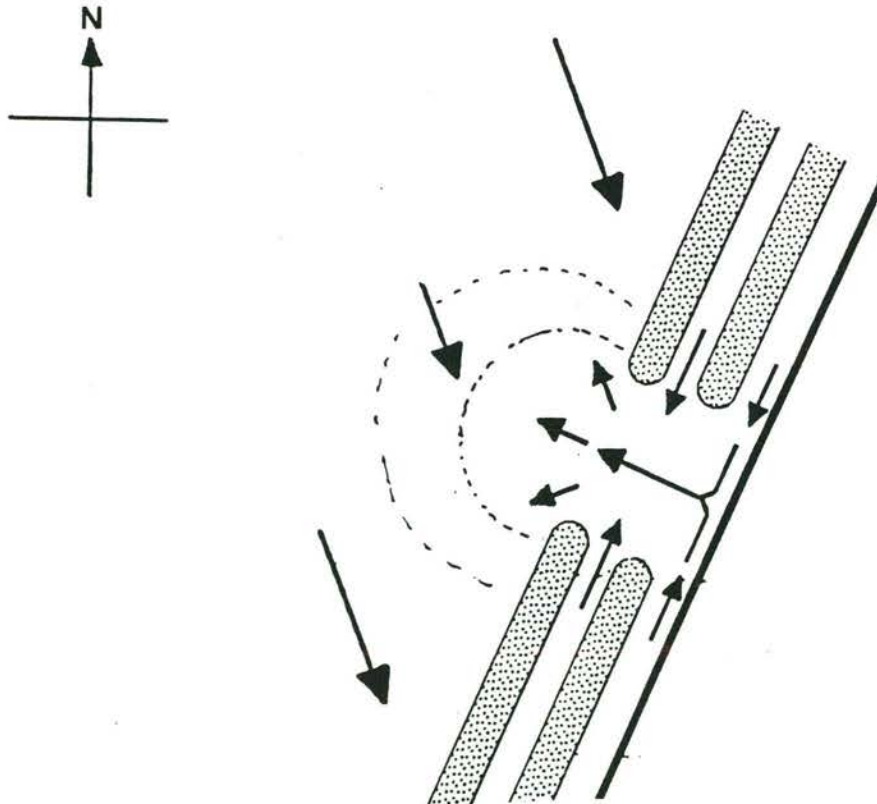


fig. 21

'Rip-current' mechanisme werkzaam bij (in deze figuur) noordwesten winden

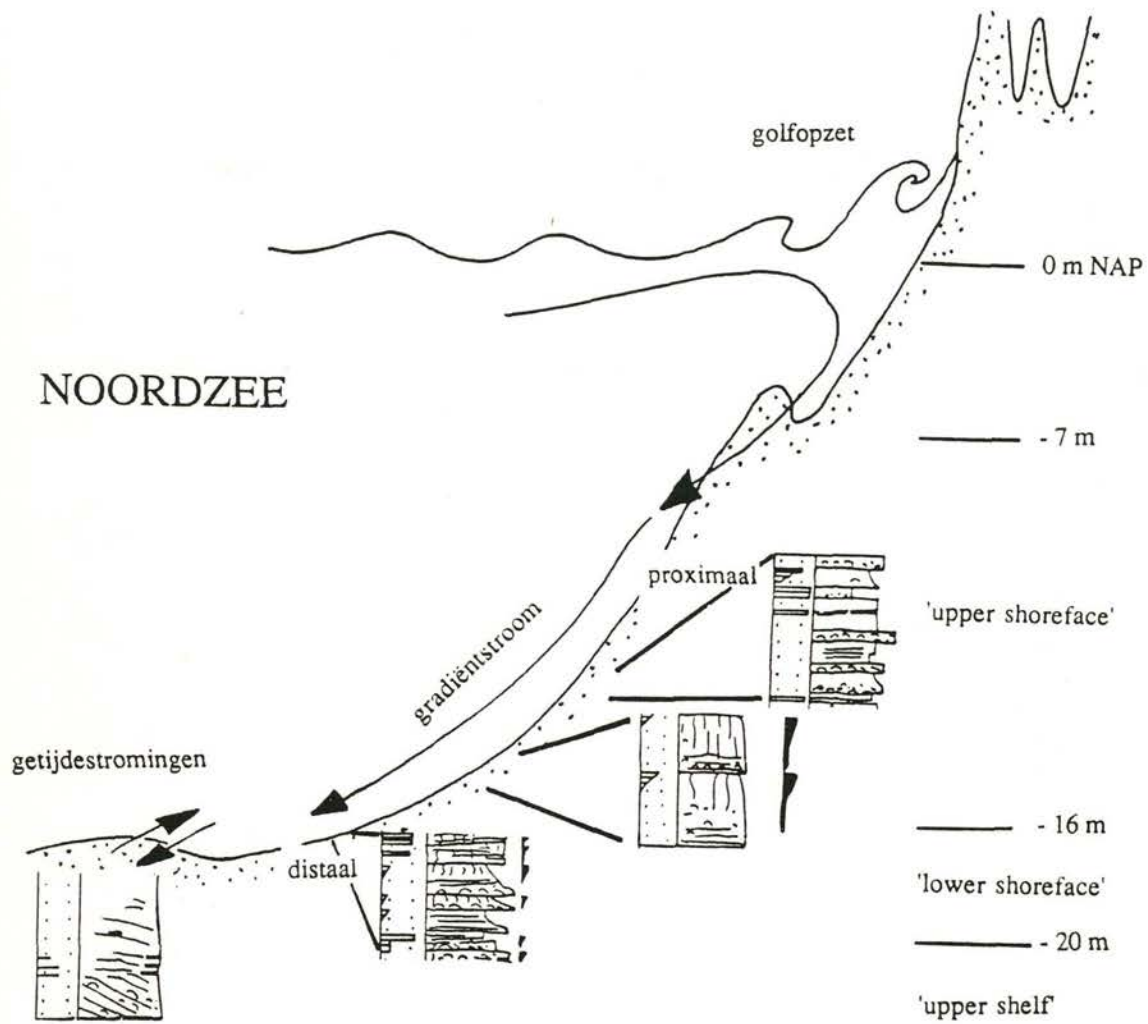


fig. 22

Geologisch model van stormafzettingen langs de Hollandse kust.
 Naar Van der Valk, in prep.

fig. 20, die aan het begin van de storm ontstaan is. Hieronder volgt tenslotte de niet meer (of niet meer merkbaar) door storm beïnvloede sedimenten van de 'shoreface connected ridges'. Hier gaan waarschijnlijk de post-storm processen de sedimenten zodanig beïnvloeden, dat de effecten van een storm op deze diepte later geheel teniet worden gedaan. Waarschijnlijk gebeurt dit onder condities van nondepositie (misschien zelfs erosie?), bioturbatie en getijdenwerking.

Uit deze beschrijving komen twee voor de hand liggende zaken naar voren met betrekking tot het recente kustgebied, die echter uit fossiele kustsequenties niet goed bekend waren. Ten eerste blijkt uit de afname van het aantal dikke stormzandlagen dieper in de sectie dat elke storm in dieper water, zoals verwacht mag worden, minder effect heeft. Ten tweede blijkt uit de aard van de schelpenlagen in de subfossiele afzettingen van West-Nederland dat de graad van omwerking bovenin het kustprofiel veel hoger is dan onderaan het kustprofiel. Dit is heel begrijpelijk uit het oogpunt van de stormgegevens over een langere periode. Niet iedere storm is even sterk en reikt bijgevolg niet even diep, maar wel duidelijk hiermee is dat de bovenzijde van de 'upper shoreface' (het gedeelte van zone A tussen 8 en 12 m) vaker onderhevig zal zijn aan hevige golfwerking dan de onderzijde van deze upper shoreface (tegen de 16-17 m dieptelijn: de grens met zone B). Dit blijkt uit de hoeveelheid bioturbatie die dieper in het profiel over het algemeen groter is dan boven in het profiel, en uit de hoeveelheid schelpen per halve meter doorboord sediment. Deze hoeveelheid is boven in het profiel groter dan beneden in het profiel en suggereert een toenemende concentratie en omwerking van schelpmateriaal tussen 8 en 12 meter.

(Deze vergelijking tussen fossiele afzettingen en het beeld van de huidige situatie berust slechts op bepaalde onderdelen van de werkelijke situatie. Bovendien is enige voorzichtigheid geboden bij het toepassen van het model dat uit de Holocene kustontwikkeling gedestilleerd is, omdat dit model uit een uitbouwende kustsequentie afkomstig is, terwijl de tegenwoordige Hollandse kust in grote lijnen erosief of semistabiel is.)

8.1.2. Transport naar de kust toe

Als belangrijkste mechanisme voor kustwaarts gericht transport geldt de orbitaalbeweging aan de bodem opgewekt door de algemene golfwerking. Het spreekt voor zich dat hoge golven hun bijbehorende orbitaalbeweging tot op de bodem in dieper water kunnen doen gevoelen. Het algemene idee is dat materiaal wordt losgewoeld uit de bovenste bodemlaag, hetgeen zowel voor levende mollusken als voor oud (schelp-) materiaal geldt. Wat er vervolgens nodig is, is een mechanisme dat het losgewoelde materiaal oppakt en naar de kust toe vervoert: hiervoor komt vooral de oscillerende beweging van de golven over de bodem in aanmerking, waarbij de transportcapaciteit richting kust iets sterker blijkt te zijn dan de transportcapaciteit zeewaarts.

Het gecalibreerde grootschalige transportpatroon (Roelvink & Stive, 1990) geeft aan dat transport onder de -8 dieptelijn een combinatie is van langs- en dwarstransport. Hierbij is de netto transportrichting naar het noordoosten. Boven de -8 dieptelijn neemt het dwarstransport een veel groter aandeel in, waardoor de richting veel meer oost- tot zuidoostwaarts komt te liggen (zie fig 2 in Roelvink en Stive, 1990). Als geheel zal dit mechanisme goed in staat zijn om schelpmateriaal van onder op het kustprofiel naar boven te transporteren. Uit de Subboreale en Subatlantische kustafzettingen is gebleken dat de grootste volumina schelpmateriaal in de bovenste 8 tot 10 meter van de kustsequentie aanwezig zijn (Van der Valk, in prep.). Dit kan als maat worden gezien voor de effectiviteit van het kustwaarts gericht transport. Rustig weer condities zijn in figuur 19 vertegenwoordigd in de bioturbate niveau's tussen de verschillende stormafzettingen in en de vorm van kleilaagjes.

8.2. Schelp -en soortenarmoede in het noordelijk deel van N.Holland

De al vaker gesignaleerde schelp-, en soortenarmoede op het Noordhollandse strand op het gedeelte ten noorden van Bergen, kan met behulp van de in 8.1.genoemde mechanismen gemakkelijk worden verklaard.

8.2.1. Schelparmoede

Niet alleen gedurende een belangrijk deel van het Holoceen, maar ook in de huidige tijd, treedt het noordelijke deel van Noord-Holland de kustlijn terug, terwijl gelijktijdig materiaal (zand, klei en ook schelpen) werd en wordt afgevoerd. Dit gebeurt op twee manieren:

- a) in een niet bedijkte situatie door geulen, met waddengebieden en door overwash-activiteit.
- b) in een bedijkte situatie door geulen die in verbinding staan met een waddegebied (zie Schoorl, 1973).

Daarnaast wijkt de bodemsamenstelling van de ondergrond ten noorden van Bergen duidelijk af van die ten zuiden van Bergen. Ten noorden liggen geen sterk schelphoudende Oude Duin- en Strandzanden beneden NAP die door de terugschrijdende kust kunnen worden geërodeerd. Met als logisch gevolg dat er hier geen recycling van oud schelpmateriaal plaatsvindt. De schelphoudendheid van de Afzettingen van Calais, die hier wél worden aangesneden, is over het algemeen veel geringer (zie 9.2.2). Bovendien is de soortensamenstelling hiervan geheel anders. Mogelijk wijst de (geringere) aanwezigheid van oude, schijnbaar Holocene soorten die niet uit de Afzettingen van Calais stammen op noordwaarts gericht netto longshore-transport van subfossiel materiaal.

8.2.1. Soortenarmoede

Niet alleen is er op het genoemde noordelijke strandgedeelte sprake van een geringere hoeveelheid netto schelpmateriaal ten opzichte van het ten zuiden gelegen deel, maar ook de soortensamenstelling is anders (minder talrijk). Uit waarnemingen op het betreffende strandgedeelte blijkt bijvoorbeeld dat hier relatief weinig recente molluskensoorten aanspoelen. Zo zijn hier in verhouding opvallend weinig exemplaren aan te treffen van veelgezochte soorten zoals het wenteltrapje *Epitonium clathrus*, het trapgeveltje *Oenopota turricula* en de spoelhoren *Acteon tonailis*. Echter ook 'gewone' soorten als *Mya truncata*, *Ensis arcuatus*, *Ensis ensis/ phaxoides*, en vooral *Spisula solida* en *Spisula elliptica* zijn hier sterk ondervertegenwoordigd, of spoelen (in het geval van de laatste soort) helemaal niet aan. Deze recente soortenarmoede lijkt er op te wijzen dat de aanvoer van materiaal vanuit de diepere kustzone (B ca. 15-20 m.) minder sterk is dan in het kustgedeelte zuid van Bergen. Dit zou mogelijk te wijten kunnen zijn aan de afwijkende topografie van de Noordzeebodem ter plaatse (zie fig 1. het verloop van de 20-m dieptelijn), maar ook is het voorstelbaar dat het 'aanzuigend effect' van de vloedwerking in het Marsdiep reeds hier zijn invloed doet gelden.

8.3. Zeewaartse begrenzing van het kustafwaarts transport.

Voor een aantal soorten is er een verspreiding aanwezig van beide categoriën materiaal die heel goed aangeeft tot welke diepte vers molluskenmateriaal van deze soorten zeewaarts wordt verplaatst. De ondergrens van het zeewaarts transport lijkt heel duidelijk te liggen aan de (diepte-) basis van zone A. (rond 15-17 m.). Heel sterk gaat dit op voor *Macoma balthica*, *Ensis directus* en (verse *Cerastoderma edule*). In mindere mate ook voor *Abra alba*. Heel sterk is de casus van *Ensis directus*: deze soort is immers pas enige jaren in het kustgebied aanwezig (verse lege schelpen en fragmenten werden vanuit de zone waarin de soort optimaal voorkomt (zone A) niet of nauwelijks voorbij de zone-grens 16 m. aangetroffen). Met *Ensis directus* is dus een duidelijke toetsing mogelijk van het concept kustafwaarts transport. Met de verspreiding naar beneden toe over het kustprofiel van zone A soorten wordt een zeer belangrijk fenomeen aangegeven, namelijk het feit dat door het gemiddelde stormklimaat op de West-Nederlandse kust materiaal niet dieper dan 15 tot 17 m van de kust af wordt afgebracht. Dit cijfer komt goed overeen met de cijfers die uit de bestudering van de subfossiele strandwal-afzettingen naar voren komen (Roep et al., 1991; Van der Valk, in prep.). Deze constatering mag een zeer belangrijke genoemd worden.

8.4. Losraken uit het substraat

Tijdens langere perioden van storm raakt de bovenlaag van de Noordzeebodem onder invloed van de oscillerende werking van de golven (fig. 23). Dit kan, afhankelijk van de hoogte van de stormgolven en de diepte van de zee ter plekke, tot op relatief grote waterdiepten gebeuren. Een deel van het bodemmateriaal gaat daarbij in suspensie. Mollusken en andere ter plaatse levende bodemdieren, krijgen daardoor zowel te maken met een verlaging van de zeebodem, als met een 'wolk' gesuspendeerd materiaal boven die bodem. Het effect van de verlaging van de zeebodem is dat de daarin levende bodemfauna loskomt uit het substraat. Tijdens perioden met harde wind (harder dan windkracht 6), en bijgevolg beïnvloeding van de bodem, geven de ervaringen van vissers aan dat in waterdiepten van 15 - 45 m. (en uiteraard vaker in diepten van minder dan 15 m.) de zeebodem 'hard' wordt (mond. med.W. van der Hak, RIVO). Dit zou het gevolg kunnen zijn van het in suspensie geraakt zijn van het vóór de storm gebioturbeerde, losse zeebodemmateriaal, zodat de onderliggende niet gebioturbeerde en daardoor hardere zandlagen aan de bodemoppervlakte komen te liggen. De bij dit proces losgewoelde organismen zullen zich opnieuw moeten ingraven in de 'nieuw ontstane' ondergrond. Wanneer ze hiertoe niet in staat zijn, worden ze met de op dat moment geldende golf- en stroomcondities van de bewuste plaats weggevoerd (al dan niet richting strand).

Dit betekent dat er onder de geschetste omstandigheden twee 'losraak-mechanismen' gelden:

- een (passief) mechanisch proces. Onder invloed van de oscillerende golfwerking en de daaraan gepaard gaande bodemoppervlak verlaging raakt het dier los uit de bodem,
- een (actief) proces door chemische prikkeling. Het dier zal zich, indien het daartoe in staat is, vanwege zuurstoftekort onder invloed van de suspensiewolk uitgraven (zie: 7.2).

Zowel de significante gemiddelde golfhoogte als de invloed van de temperatuur op het losraken uit het substraat van weekdieren moet nog worden onderzocht (bij voorkeur aan de hand van de strandwachtgegevens).

9. TRACERCAPACITEIT VAN HOLLANDSE MOLLUSKEN

9.1. Definitie 'tracer'

Een 'biologische tracer' is een (rest van) een organisme waarvan het gebied van oorsprong goed bekend is, zodat wanneer het betreffende voorwerp of organisme op een andere plaats dan de oorspronkelijke wordt aangetroffen, dit iets kan zeggen over transport.

Levende of zeer verse mollusken hebben dus tracercapaciteit wanneer ze gevonden worden op een andere plaats dan waar ze leven. Om te weten of een molluskensoort tracercapaciteit heeft, dient een bijzonder goede inventarisatie van het leefgebied plaats te vinden.

Ook lege schelpen kunnen tracercapaciteit hebben, wanneer ze op plaatsen gevonden worden waar ze niet van oorsprong te verwachten zijn. In dit geval kunnen we echter niet meer spreken van 'biologische tracers'. Onderzoek aan dood materiaal is veel lastiger, aangezien hierbij nog veel meer zaken een rol spelen. Zo is bijvoorbeeld de inschatting van de frequentie van remaniëring van oud schelpmateriaal een hachelijke zaak. Toch kunnen bepaalde soorten die meer specifiek zijn voor bepaalde lithologische eenheden, belangrijke informatie opleveren over transport. Hoe dichter de betreffende laag in het geologische verleden geplaatst wordt, des te waardevoller is de verkregen informatie, als gevolg van het geringere aantal remaniëringfasen.

Bij het onderzoek tot nu toe is voornamelijk gebruik gemaakt van het recente levende en verse materiaal ('biologische tracers').

9.2. Verschillende tracertechnieken/mechanismen

De mogelijke transportmechanismen in aanmerking genomen (zie bijlage 1 & hoofdstuk 8) kunnen we voor de Nederlandse kust een tweetal tracereffecten onderscheiden: traceren naar diepte en naar geografisch zwaartepunt.

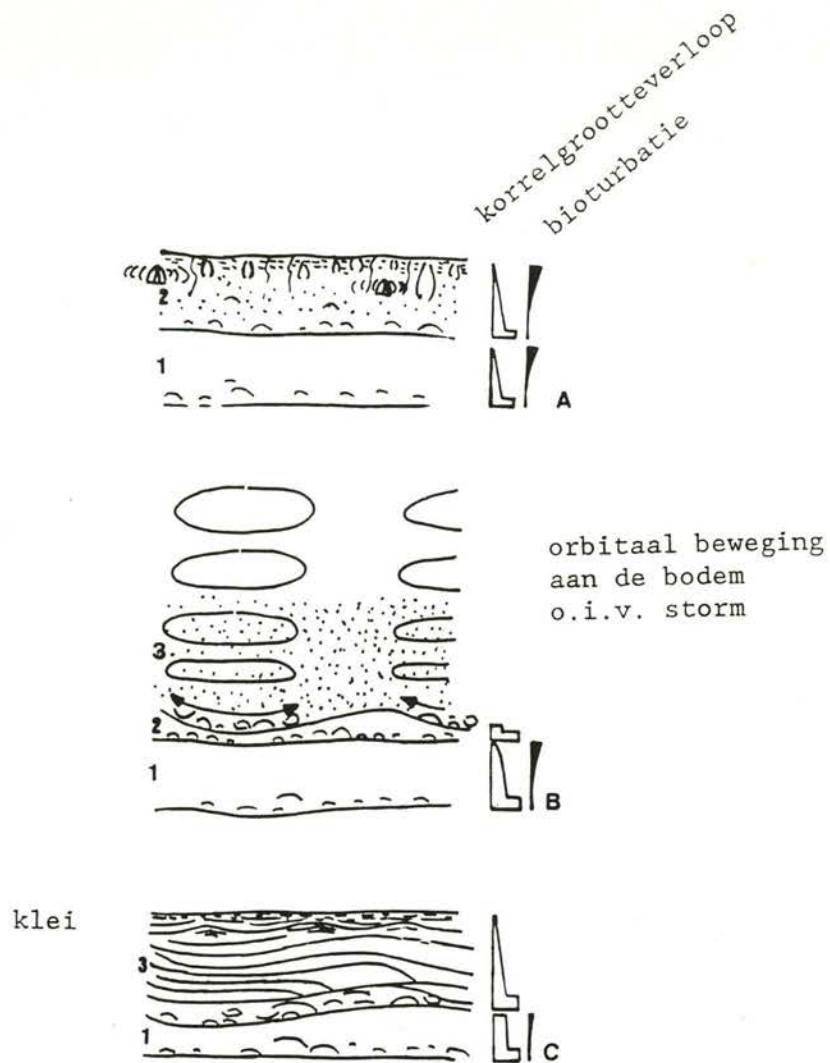


fig. 23

Het losraken van mollusken uit het substraat onder stormcondities: een mogelijk mechanisme.

A: Twee eerdere stormafzettingen ('events'): beide 'fining up' en aan de top gebioturbeerd;

B: Tijdens een storm wordt bodemmateriaal fijner dan 200 μ m in suspensie gebracht door de oscillerende beweging van het zeewater onder invloed van de stormgolven. Mollusken worden uit hun levenspositie gespoeld en deels naar andere plaatsen getransporteerd. Een event-concentration (fig. 20) vormt zich, een oudere event-concentration (2) in zich opnemend;

C: Na de storm zakt het gesuspenseerde materiaal snel uit onder aflopende energetische condities, zodat een zgn. stormsequentie gevormd wordt (een grof concentraat, golvende gelaagdheid, overgaand in parallelle laminatie, iets kleinribbelgelaagdheid en tenslotte wat kleiafzetting). Fase met de 'harde' grond. Het zeegebied kan opnieuw gekoloniseerd worden. Geen van de organismen, die de zeebodem bevolkten, heeft op deze plek de storm overleefd.

9.2.1. Traceren naar diepte ('biologische tracers')

(van C naar B naar A, van diep naar ondiep)

Soorten die niet of nauwelijks bekend zijn uit de ondiepere kustzones A & B, maar voornamelijk leven beneden de 20 m dieptelijn (zone C) geven, wanneer ze levend of zeer vers op het strand aangespoeld worden aangetroffen, een duidelijk indicatie voor het tot op grote diepte omwoelen van de zeebodem: de diepte van de stormgolfbasis. Gebleken de hele lage frequentie waarmee deze soorten op het strand van de Hollandse kust aanspoelen, komen de omstandigheden waarbij de stormgolfbasis zo diep komt te liggen dat molluskensoorten los kunnen spoelen en vervolgens naar de kust gevoerd kunnen worden, slechts in uiterst zeldzame gevallen voor. Als voorbeeld moge hier gelden het aanspoelen van grote aantallen levende exemplaren van de 'noorse hartschelp' *Laevicardium crassum* na de stormramp van 1953. In de jaren daarvoor spoelden vrijwel nooit levende of zeer verse exemplaren van deze soort aan. Kortom, als soorten uit het gebied beneden de 20 m lijn aanspoelen, zijn ze zeer goed bruikbaar als tracer. Voor de periode van monsterring (1989) kunnen op deze wijze de volgende soorten als tracer gelden:

Spisula elliptica, *Abra prismatica*, *Spisula solida*, *Goodallia triangularis*, *Angulus pygmaeus*, *Phaxas pellucidus*, *Thracia papyracea*, *Tornus subcarinatus*, *Striarca lactea*, *Acteon tornatilis*.

Soorten die alleen bekend zijn uit de kustzone A, en niet uit de diepere zones, geven, wanneer ze levend of zeer vers op het strand aanspoelen een indicatie voor een relatief ondiepe basis van de stormgolven. Goede tracers in dit verband zijn (voor de Hollandse kust) *Macoma balthica*, *Abra alba*, *Cerastoderma edule*, *Venerupis senegalensis* en *Ensis directus*. Deze soorten, behalve *Cerastoderma edule* hebben het voordeel dat het algemene soorten zijn. De soort *Mya arenaria* leeft vermoedelijk ook in de ondiepe zone, maar komt vanwege zijn diep in de bodem ingegraven leefwijze alleen bij heviger stormen los uit het substraat.

9.2.2. Traceren naar geografisch zwaartepunt

Wat betreft 'biologische tracers' kan de soort *Donax vittatus* op dit moment (de laatste paar jaar) worden gezien als een tracer voor het noordelijke deel van het studiegebied. *Goodallia triangularis* heeft eveneens een noordelijke verspreiding, evenals *Thracia papyracea* en *Tornus subcarinatus* waardoor deze ook als tracers gebruikt kunnen worden.

Wat betreft 'niet-biologische tracers' (al dan niet fossiel, dood schelpmateriaal), kunnen de volgende opmerkingen gemaakt worden. Naast de verse en levende mollusken zijn in het monstermateriaal ook soorten aangetroffen die niet meer levend in het gesloten deel van de Hollandse kust voorkomen. Het betreft hier 'wadsoorten' en 'fluviaatiele soorten'.

Op geografisch zwaartepunt kunnen worden onderscheiden: (In het zuiden, onder meer afkomstig uit Atlantische fluviaatiele en estuariene afzettingen: Afzettingen van Calais en Gorkum):

Cerastoderma glaucum

Pisidium spec.

Scrobicularia plana

Succinea spec.

Hydrobia ulvae

Theodoxus fluviatilis

Hydrobia neglecta

(In het middengebied, afkomstig uit zwak brakke lagunaire afzettingen van de de Laag van Velzen)

Hydrobia neglecta,

Hydrobia ventrosa

Littorina tenebrosa

(In het noordelijke gebied -ten noorden van Bergen- mariene afzettingen: Afzettingen van Calais).

Hydrobia ulvae

Rissoa membranacea

Littorina spec.

Scrobicularia plana

Retusa obtusa

Al dit 'fossiele materiaal' bezit dus een zekere tracercapaciteit.

10. CONCLUSIES

Algemeen

- 1 Het is mogelijk gebleken met behulp van molluskenonderzoek een beter inzicht te verwerven in transportprocessen die ten grondslag liggen aan de onderwatermorphologie in de ondiepe kustzone. Met name de ondergens van het kustafwaarts transport van (schelp-) materiaal kan nu beter worden gedefiniëerd.

Zonering

- 1 Hoewel niet tijdens dit onderzoek bemonsterd, lijkt het op grond van box-core onderzoek bij Egmond niet aannemelijk dat in het gebied tussen de laagwaterlijn en 5-7 meter diepte (de 'aktieve zone', of brekerbankenzone) op grond van molluskenvoorkomens een aparte zone kan worden onderscheiden. Genoemd onderzoek bij Egmond toonde zelfs helemaal geen molluskensoorten in de bankenzone aan, hetgeen te maken heeft met de uiterst instabiele bodem en de sterke temperatuurswisselingen tijdens de wintermaanden.
- 2 De gegevens van de eerste en tweede dataset vullen elkaar aan. In het onderzochte kustgebied zijn op grond van molluskenvoorkomen drie zone's te onderscheiden: zone A met waterdiepten tussen 5-7 en 15-16 meter, zone B met diepten tussen 15-16 en 20 meter en zone C: het gebied beneden de 20 meter dieptelijn.

Geografische verschillen

- 1 Met de in deze tweede fase van het onderzoek gebruikte geografische analyse kwam met betrekking tot de verspreiding van de molluskenfauna, een verbeterde onderverdeling in noord /midden /zuid tot stand. Het noordelijk deel bestaat uit de raaien 14 en 12 (resp. Callantsoog en Petten), het middengedeelte uit raaien 9,6,4, (Castricum, Zandvoort en Katwijk) en het zuidelijk deel uit raai 2 (Scheveningen). Deze gebieden zijn met enige voorzichtigheid op basis van voorkomens van molluskensoorten van elkaar te onderscheiden.
- 2 Het is niet uitgesloten dat het ter hoogte van Katwijk in zone A regelmatige aanspoelen van soorten als *Venerupis senegalensis*, *Mya arenaria*, *Mya truncata* te maken heeft met een hogere slibrijkdom ter plaatse.

Veranderingen in faunasamenstelling

- 1 Uit de onderzochte windgegevens blijkt dat er sinds 1982 sprake is van een toegenomen algemene windsterkte. Bovendien blijkt het aandeel westenwinden aan het afnemen t.o.v. andere windrichtingen. De plotseling veranderingen lijken zich te reflecteren in de aanspoelgegevens van enkele molluskensoorten.
- 2 Rond 1982 lijkt er in zone A een verschuiving te zijn opgetreden van 'suspensionfeeders' (filtreerders) naar 'selective deposit feeders' (pipetteerders). Dit zou mogelijk te maken kunnen hebben met de geconstateerde toename van de frequenties van sterke winden. De verklaring zou als volgt kunnen luiden: bij gemiddeld sterkere wind neemt de turbulentie in het ondiepe kustgebied van de Noordzee toe, waardoor grotere hoeveelheden kleideeltjes langer in suspensie blijven. Hierdoor zouden de leefomstandigheden van de filterfeeders als *Cerastoderma edule* en *Venerupis senegalensis* (en mogelijk *Mya arenaria*) nadelig beïnvloed kunnen zijn.
- 3 Tijdens langere perioden van storm ondervindt de bovenlaag van de Noordzeebodem invloed van de oscillerende werking van de golven. Hierdoor gaat het fijnere bodemmateriaal in suspensie. Dit heeft als gevolg dat in de bodem levende mollusken zowel te maken kunnen krijgen met een bodemverlaging /verplaatsing als met een wolk gesuspendeerd materiaal. Het eerste zorgt voor het passief uit de bodem geraken van de dieren, het tweede voor 'stress' door onder meer zuurstoftekort, waardoor de dieren zich vermoedelijk actief uitgraven of zich in ieder geval daar niet meer ingraven. Afhankelijk van de op dat moment geldende golf- en stroomcondities kunnen de dieren daarop van de bewuste plaats worden weggevoerd.

Zandsuppleties

- 1 Het vergelijken van uit suppletiezand afkomstig molluskenmateriaal vormt een goede aanwijzing (controle ?) voor de (diepte-) zone waaruit het betreffende materiaal is aangevoerd. Het is niet uitgesloten dat de in de praktijk gekozen lokaties 'te dicht' bij de grens tussen zone B en C liggen of op diepe plaatsen die in feite toch binnen zone B liggen (voorbeeld: IJ-Geul). Het verdient aanbeveling te kiezen voor lokaties waarvan de gemiddelde diepte duidelijk meer is dan 20 meter en duidelijk buiten de doorgaande - 20 m contourlijn onderaan zone B liggen.

Transport (condities) en aanspoelgedrag

- 1 Aan het kustafwaarts dwarstransport van (vers) schelpmateriaal op het kustprofiel lijkt een ondergrens te zitten: de onderzijde van zone A (-16/17 m). Dit gaat niet op bij het kustopwaarts transport: uit alle dieptezones komt uiteindelijk materiaal op het strand terecht, waarbij echter uit de zones A en B veel meer en veel vaker materiaal aanspoelt dan uit zone C.
- 2 Er bestaat geen noordwaarts gericht kusttransport van schelpmateriaal van enige betekenis, tenminste niet langs de Noord-Hollandse kust.
- 3 Er zijn groepen molluskensoorten aan te wijzen die een min of meer overeenkomstig aanspoelgedrag vertonen. Dit is globaal gecorreleerd aan de diepten waarop de betreffende (groepen) soorten leven.
- 4 Er bestaan grote verschillen tussen de onderlinge molluskensoorten wat betreft de mate van 'vasthoudendheid' aan het substraat. Soorten als *Mya arenaria* en *Petricola pholadiformis* spoelen veel minder gemakkelijk los dan een soort als *Mactra corallina*. Daarnaast is het opvallend dat het aanspoelen van molluskensoorten zowel 'mono specifiek' gebeurt (invasies van één soort) als met meerdere soorten tegelijk.
- 5 Uit de door Gmelig Meyling uitgevoerde analyses van de aanspoelgegevens van de strandwacht gekoppeld aan windgegevens, komt onder meer naar voren dat er tussen het losraken van mollusken uit het substraat en het aanspoelen op het strand vermoedelijk enige tijd (tot enkele dagen) verloopt. Het daadwerkelijke aanspoelen gebeurt min of meer soortspecifiek, waarbij zeer speciale windcondities nodig zijn.
- 6 Uit de vergelijking tussen de aanspoelgegevens van de strandwacht met de hapmonstergegevens komt naar voren dat hetgeen er op het strand aanspoelt, een redelijke afspiegeling is van de processen die zich in het ondiepe kustgebied van de Noordzee voordoen. Monitoring van aanspoelgegevens uitgevoerd zoals op de wijze van de strandwacht, blijkt dus een goed bruikbare methode voor het volgen van dergelijke processen in het leefklimaat van mollusken en andere dier- en plantengroepen. Het is niet mogelijk soorten als tracers te gebruiken wanneer via monitoring de eventuele veranderingen in de kustfauna niet worden bijgehouden.

DANKWOORD

Onze speciale dank gaat uit naar A.W. Gmelig Meyling voor de ter beschikking stelling van de gegevens van de strandwacht en het vele analytische werk, ook speciaal voor dit rapport *. Verdere dank gaat uit naar de heren H.E. Coomans en R.G. Moolenbeek (afdeling Malacologie van het Instituut voor Taxonomische Zoölogie in Amsterdam) voor het verlenen van een werkplek en gebruik van computer en naar de medewerkers van de Rijks Geologische Dienst in Haarlem, in het bijzonder H. Nederlof, J.S.L.J. van Alphen (RWS, Directie Noordzee) wordt bedankt voor het ter beschikking stellen van aanvullende dieptegegevens. Tenslotte willen we de heren S.J. de Groot (RIVO), R.T.E. Schüttenhelm en C. Laban (beiden RGD) bedanken voor de ondersteuning en begeleiding van dit onderzoek.

* De eventuele gebruiker van de gegevens en figuren van de hand van Gmelig Meyling in dit rapport wordt verzocht contact met hem op te nemen.

SUGGESTIES VOOR VERDER ONDERZOEK

Nadere statistische uitwerking van de strandwachtgegevens en uitbreiding met temperatuurgegevens, en golfgegevens zal naar verwachting leiden tot beter inzicht in de vraag of aanspoelgedrag van bepaalde soorten of soortengroepen meer door windrichtingen en -kracht bepaald wordt of meer door temperatuurgevoeligheid of een combinatie van deze factoren.

Voor een beter begrip van de transportmechanismen in het gehele Nederlandse kustgebied en het gericht zoeken naar soorten met een sterke 'tracercapaciteit', lijkt het van groot belang het onderzoeksgebied uit te breiden in noordoostelijke (Waddenkust) en zuidelijke richting (Zeeuwse kust). In het bijzonder tussen de eilanden in het Waddengebied onderling lijken aantoonbare verschillen in schelpfauna's te bestaan (gebaseerd op gegevens in Groenewold & Van Scheppingen, 1990 en op aanspoelgegevens in De Boer & de Bruyne, 1991). Dit duidt sterk op het hier aanwezige grotere potentiëel aan als 'tracer' te gebruiken molluskensoorten. Daarbij lijkt in zowel het kustgebied van de Waddeneilanden als langs de Zeeuwse kust naast de categorieën levend en vers materiaal, ook een grotere rol als tracer weggelegd voor de categorie 'oud schelpmateriaal' (m.n. fossiele soorten) dan in het gesloten deel van de Hollandse kust.

LITERATUUR

- Aigner, T. 1985. Storm depositional systems. Lecture notes in Earth Sciences vol. 3: 1-174. Berlin.
- Alphen, J.S.L.J., van, C.J. Louisse, F.P. Hallie, J.S. Ribberink & J.A. Roelvink, 1990. Offshore sand extractions and nearshore profile nourishment. The Dutch coast: paper 12. Proc. 22nd ICCE, Delft, The Netherlands.
- Arntz, W., Brunswig, D. & Sarnthein, M. 1976: Zonierung von Mollusken und Schill im Rinnensystem der Kieler Bucht (Westliche Ostsee).- Senckenb. marit. 8: 189-269.
- Baan, S.M. van der, 1978. Schelpen op het strand. II Aanspoelselijnen. -Het Zeepaard 38: 5-10.
- Beets, D.J., L. van der Valk & M.J.F. Stive, 1991 (in druk). Holocene evolution of the coast of Holland. Marine Geology.
- Beukema J.J., J. Dörjes & K. Essink, 1988: Latitudinal Differences in Survival During a Severe Winter in Macrozoobenthic Species Sensitive to Low Temperatures.- Senckenberg. marit. 20 (1/2): 19-30.
- Beukema, J.J. & G.C. Cadée, 1987: Zoöbenthos responses to eutrophication of the Dutch Wadden Sea.- Ophelia 26: 55-64.
- Beukema, J.J. 1979: Biomass and species richness of the Macrobenthic Animals living on a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea: effects of a severe winter. - Neth. Journal of Sea Research 13: 203-223.
- Beukema, J.J., 1984: Zoöbenthos survival during severe winters on high and low tidal flats in the Dutch Wadden sea .- In : Gray, J.S. & Christiansen, M.E. : Marine biology of polar regions and Effects of stress on marine organisms 351-361 Chichester (John Wiley).
- Boer, T.W. de & R.H. de Bruyne, 1983: De Amerikaanse zwaardschede *Ensis directus* (Conrad, 1843) in Nederland.- Basteria 47: 154
- Boer, T.W. de & R.H. de Bruyne, 1991. Schelpen van de Friese Waddeneilanden. Leeuwarden.
- Bruyne, R.H. de 1990. Op het strand aangespoelde schelpdieren: een voorstudie naar herkomst en mogelijke betekenis voor zandtransport. Rapp. RIVO - IJmuiden MO 90-203, 38 pp. appendices.
- Dörjes, J. & H. Reineck, 1977: Fauna und Fazies einer Sandplate (Mellum Bank, Nordsee).- Senckenberg. Marit. 9 (1/2): 19-45.
- Eisma, D., 1966: The distribution of benthic molluscs off the main Dutch coast.- Neth. Journal. of Sea research. 3 : 107-163.
- Gmelig Meyling, A.W. 1989. Een proefanalyse van strandwachtgegevens met behulp van classificatie, principal components analyse en canonical correspondence analyse, waarbij zes windparameters zijn gekozen als verklarende factoren. Ongepubl studentenscriptie.
- Gmelig Meyling, A.W. 1991a Statistische beschrijving van het voorkomen op het strand van alle aangespoelde ongewervelde organismen groter dan 0.5 cm, waargenomen in de periode november 1977 tot november 1987 bij het monitoringsproject 'Strandwacht Katwijk-Noordwijk'. (Typescript).
- Gmelig Meyling, A.W. 1991b Een grafische presentatie van seizoenspatronen en jaarfluctuaties en toetsing van trends van algemeen waargenomen weekdiersoorten in de periode november 1977 tot november 1987, bij het monitoringsproject 'Strandwacht Katwijk-Noordwijk'. (Typescript).
- Gmelig Meyling, A.W. 1991c. Een statistische vergelijking van aanspoelpatronen van algemeen waargenomen weekdiersoorten onderling in de periode november 1977 tot november 1987 bij het monitoringsproject 'Strandwacht Katwijk-Noordwijk'. (Typescript).
- Gmelig Meyling, A.W. 1991d. Een beschrijving van de invloed van de wind, met behulp van enkelvoudige correlatie-coëfficiënten op het aanspoelen van algemeen waargenomen weekdier-soorten in de periode november 1977 tot november 1987, bij het monitoringsproject 'Strandwacht Katwijk-Noordwijk'. (Typescript).

- Gmelig Meyling, A.W. 1991e. Een analyse van het zuidhollands windklimaat in de periode november 1977 tot nov 1987 ten behoeve van het monitoringsproject 'Strandwacht Katwijk-Noordwijk' en KUSTGENESE (Typescript).
- Groenewold, A. & Y.C.M. van Scheppingen, 1988. De ruimtelijke verspreiding van het Benthos in de zuidelijke Noordzee.- MILZON-Benthos rapport nr. 88-02 (14-88). Rijkswaterstaat .
- Groenewold, A. & Y.C.M. van Scheppingen, 1989. De ruimtelijke verspreiding van het Benthos in de zuidelijke Noordzee, voorjaar 1988.- MILZON-Benthos rapport nr. 89-05 (MILZON 89-010). Rijkswaterstaat.
- Groenewold, A. & Y.C.M. van Scheppingen, 1990. De ruimtelijke verspreiding van het Benthos in de zuidelijke Noordzee, 1989.- MILZON-Benthos rapport nr. 90-001 (MILZON 90-001). Rijks-waterstaat.
- Groenewold, A. & Y.C.M. van Scheppingen, 1990. De ruimtelijke verspreiding van het Benthos in de zuidelijke Noordzee. De Nederlandse kustzone overzicht 1988-1989.- MILZON-Benthos rapport nr. 90-003 (MILZON 90-003). Rijkswaterstaat.
- Hoozemans, F.M.J., 1990. Long term changes in wind and wave climate of the North Sea. In: The Dutch coast; report of a session on the 22nd international conference on coastal engineering 3.1-3-7.
- Kidwell, S.M., 1991. The stratigraphy of shell concentrations. In: Taphonomy-releasing information from the fossil record (Eds. D.E.G. Briggs & P. A. Allison) New York.
- Kumar, N. & J.E. Sanders, 1976. Characteristics of shoreface storm deposits: Modern and ancient examples. *J.Sed.Petr.* 46, 145-162.
- Møhlenberg, F., & T. Kiørboe, 1981: Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material.- *Ophelia* 20: 79-90.
- Nihoul J.C.J. & F. Gullentops, 1977. Sedimentologie. Nationaal onderzoeks en ontwikkelings-program leefmilieu water. Projekt Zee. Eindverslag. Boekdeel 4. Brussel : 46-73.
- Ommering, G. Van, 1988: Het strand van vroeger. Een studie naar veranderingen in de flora en fauna langs de rand van de Noordzee van Texel tot Schouwen. Bureau Duin en Kust, in opdracht Min. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, intern rapport 76 p.
- Oosterbaan, A.A., 1988: Veranderingen in de Hollandse kustfauna.- *Wetensch. med. KNNV.* 193. 1-60.
- Raven, H., 1978a: Een fauna 20 km westelijk van Scheveningen.- *Het Zeepaard* 38 (3) : 62-71.
- Raven, H., 1978b: Over opgespoten en aangespoelde dieren.- *Corresp. Blad. Ned. Malacol. Ver.* 238: 324-331.
- Raven, H., 1978c: Meer over de tapijtschelp te Scheveningen.- *Het Zeepaard* 38 (5/6) 115-116.
- Roep, Th. B., L. van der Valk en D.J. Beets, 1991. Strandwallen en zeegaten langs de Hollandse kust. Grondboor en Hamer, in druk.
- Roelvink, J.A. & M.J.F. Stive, 1990. Sand transport on the shoreface of the Holland coast. The Dutch coast: paper 12. Proc. 22nd ICCE, Delft, The Netherlands.
- Schoor, M.J. van, 1988. Onderzoek van aangespoelde schelpen en sedimentaire structuren op het strand. Hillegom, 26 pp., appendices (unpubl.).
- Schoorl, H. 1973. zeshonderd jaar water en land. Groningen 534 pp
- Short, A.D., 1990. Beach morphodynamic systems of the central Netherlands coast, Den Helder to Hoek van Holland. Rapport Geopro 1991.01., Geografisch Instituut Rijksuniversiteit Utrecht, 106 pp.
- Spaink, G., 1973: De Fauna van *Angulus pygmaeus* en de Fauna van *Spisula subtruncata* in de Zuidelijke Noordzeekom.- Intern rapport 578, afd. macropaleontologie Kaenozoicum, Rijks Geologische Dienst, Haarlem (unpublished).
- Urk, R.M. van, 1968: Verse *Spisula elliptica* (Brown) aan onze kust.- *Corresp. blad. Ned. Malac. Ver.* 125: 1339-1340.
- Urk, R.M. van, 1981: Aantekeningen over de bij de zandopspuiting te Scheveningen in 1975 aangevoerde mollusken I. - *Meded. WTKG.* 18 (4): 135-156.
- Urk, R.M. van, 1982: Aantekeningen over de bij de zandopspuiting te Scheveningen in 1975 aangevoerde mollusken II. - *Meded. WTKG.* 19 (1): 3-31.

- Valk, L. van der, & R.H. de Bruyne, 1990. Ruimtelijke analyse. In: R.H. de Bruyne. Op het strand aangespoelde schelpdieren: een voorstudie naar herkomst en mogelijke betekenis voor zandtransport. Rapp. RIVO - IJmuiden MO 90-203, 38 pp. appendices.
- Valk, L. van der, 1991. Molluscan shell distribution and sediments of the fossil and modern upper shoreface of the coast of Holland (Holocene, W. Netherlands). Contr. Tert. Quatern. Geol. 28 (1): 13-28.
- Valk, L. van der, in prep. Mid- and Late-Holocene coastal evolution in the beach barrier area of the Western Netherlands. Thesis VU Amsterdam.
- Ziegelmeier, E., 1964. Einwirkungen des kalten Winters 1962/1963 auf das Makrobenthos im Ostteil der Deutschen Bucht. Helgol. Wiss. Meeresunters. 10: 276-282.

BIJLAGEN

Bijlage 1:

verdeling naar diepte (zonering) / verdeling over het kustprofiel van tijdens onderzoeksfase I en II in de hapmonsters aangetroffen molluskensoorten, ingedeeld in drie categoriën: levend, vers en oud (verkleurd en/of fossiel) materiaal.

Bijlage 2:

Aanwezigheid (+) of afwezigheid (-) van molluskensoorten in de zes onderzochte raaien in het Hollandse kustgebied (onderzoeksfase I en II samengevoegd).

Bijlage 3:

de tijdens onderzoeksfase II aangetroffen soorten per monster, soort en categorie