

## 5.4 Het ecosysteem van de Waddenzee

### 5.4.1 Inleiding

In een ecosysteem kunnen drie verschillende voedselniveau's worden onderscheiden: primaire producenten, secundaire producenten en consumenten. Tot de laatste groep behoren ook detrivoren en reducenten.

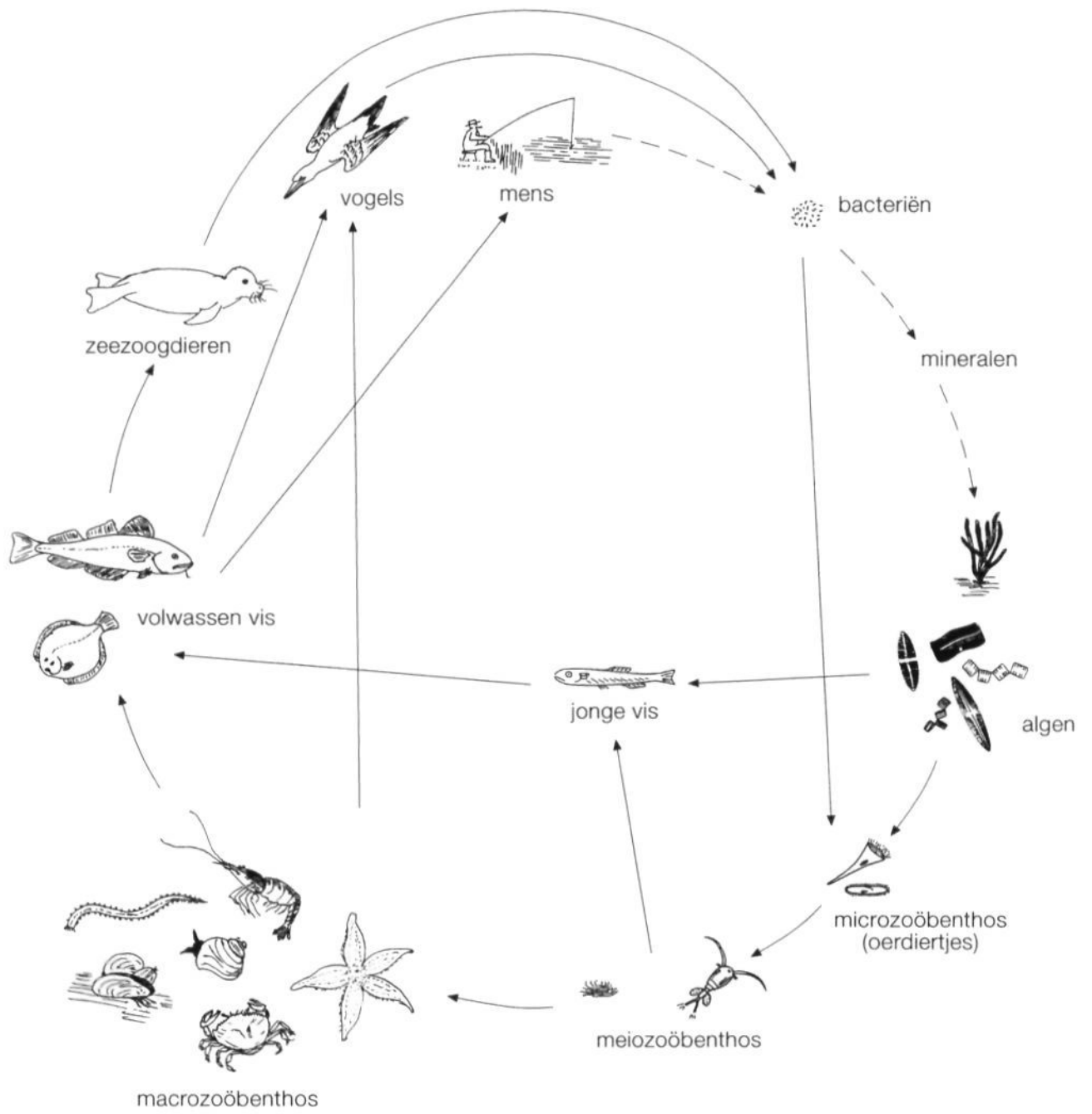
Primaire producenten zijn de basis van de voedselketen. Zij zetten met zonlicht als energiebron water, koolstofdioxide en anorganische nutriënten om tot organisch materiaal; waarbij zuurstof vrijkomt. De hoeveelheid zo vastgelegde koolstof wordt de primaire productie genoemd. Primaire producenten zijn groene planten; in de Waddenzee behoren daartoe vrijzwevende algen, bodemalgen, macro-algen, zeegrassen en kweldervegetatie.

Secundaire producenten leven van de primaire producenten; het zijn dus herbivore of plantenetende dieren. Deze groep omvat in de wadden zoö- of dierlijk plankton, bodemdieren, en sommige soorten vissen en vogels.

De consumenten vormen de top van de voedselketen. Tot deze groep carnivoren (vleeseters) en omnivoren (dieren die plantaardig en dierlijk voedsel consumeren) behoren in het te bestuderen gebied onder andere grote vissen, vogels en zoogdieren. Afgestorven plantaardig en dierlijk materiaal wordt opgeruimd door detrivoren (afvaleters) en door reducenten (bacteriën), die het materiaal omzetten in kooldioxide, water en anorganische nutriënten.

In figuur 5.4.1 staat het ecosysteem schematisch weergegeven.

De leefwijze van planten en dieren speelt echter een grotere rol bij het bepalen van de invloed die menselijk ingrijpen op het voortbestaan van een soort heeft dan het niveau in de voedselketen waar de soort toe behoort. Daarom is de beschrijving van het ecosysteem in deze paragraaf ingedeeld naar de leefwijze van de flora en fauna in het waddengebied.



Figuur 5.4.1 Het ecosysteem

#### 5.4.2 Vegetatie

In de Waddenzee komen vier groepen planten voor: fytoplankton en microfytobenthos, macro-algen, zeegras en kweldervegetatie. Tegenwoordig vormen zij het eerste niveau van de voedselketen, dat van de primaire producenten.

##### *Fytoplankton en microfytobenthos*

Kortlevende eencellige algen zijn de belangrijkste primaire producenten in de Waddenzee; ze leveren meer dan 90% van de totale primaire productie. Vrij in het water zwevende algen worden fytoplankton genoemd.

Zij worden met name in de geulen en het sublitoraal, maar bij hoog water ook in het water boven de getijdeplaten aangetroffen. Algen die in of op het sediment leven, behoren tot het microfytobenthos. Dat bevindt zich voornamelijk op en in de bovenste laag van de wadplaten en in de bodem van het ondiepe sublitoraal [Cadée & Hegeman, 1974b].

Opgewerveld microfytobenthos wordt tot het fytoplankton gerekend. De hoeveelheid in het water gesuspendeerde algen wordt bepaald door de turbulentie en is dus afhankelijk van wind en stroming [Cadée & Hegeman, 1974b; De Jonge, 1992]. De concentratie van het microfytobenthos in de bovenste halve centimeter van de wadplaten is veel groter dan de totale biomassa in het water [De Jonge, 1992].

In de Waddenzee is de soortensamenstelling van het fytoplankton vrij uniform; vooral door de continue toevoer van fytoplankton uit de Noordzee is de fluctuatie in de tijd groter dan de ruimtelijke fluctuatie [Cadée & Hegeman, 1974a]. De soortenrijkdom van het fytoplankton in het gebied is vrij hoog.

De soortensamenstelling van het microfytobenthos vertoont een grote variatie in ruimte en tijd. De soortenrijkdom ervan is groter dan die van het fytoplankton [Cadée & Hegeman, 1974b, 1977; Wolff, 1979; Colijn, 1983].

De populatiedynamica van planktonische en bentische algen wordt bepaald door een groot aantal factoren zoals groei en sterfte, de beschikbaarheid van voedingsstoffen en licht (als functie van de diepte en de troebelheid van het water), de mate van begrazing door dieren (zoöplankton en zoöbenthos), de ondergraving in het sediment en uitspoeling. De biomassa en de primaire productie van het fytoplankton en het microfytobenthos worden met name bepaald door de toevoer van de nutriënten fosfor en stikstof; bij diatomeeën (kiezelwieren) zijn ook de toevoer van silicaat, de hoeveelheid invallend licht, de temperatuur en de lengte van de dag belangrijk.

De primaire productie vertoont een opvallende jaarcyclus. In de winter is de productie zeer laag; hoewel de nutriëntenconcentraties in deze periode hoog zijn, is de temperatuur te laag voor groei. In het voorjaar nemen productie en biomassa toe als gevolg van het stijgen van de temperatuur en de hoeveelheid invallend licht. De plotselinge groei die dan ontstaat, wordt wel bloei genoemd. Als de aanwezige nutriënten zijn uitgeput, volgt een daling van de primaire productie en de biomassa, die mede wordt veroorzaakt doordat het zoöplankton en het macrobenthos de algen begrazen. Gedurende de zomerperiode wordt afgestorven organisch materiaal in het water door bacteriën gemineraliseerd, waardoor de hoeveelheid voedingsstoffen toeneemt en in het najaar vaak een nieuwe bloei ontstaat [Cadée & Hegeman, 1974a, b].

### *Macroalgen*

Macroalgen (wieren) zijn meercellige primaire producenten met een bentische levenswijze; dat wil zeggen dat ze zich aan vast substraat (stenen, schelpen en dergelijke) hechten. In sommige gevallen kunnen ze ook los drijvend in het water worden aangetroffen.

*Macroalgen dienen hoofdzakelijk als voedsel voor herbivoren en omnivoren zoals ganzen, alikruiken, gewone garnalen en juveniele strandkrabben [Wolff et al., 1967; Warwick et al., 1982; Watson & Norton, 1985]. In het warme zomerseizoen (mei - september) is het sediment onder dichte wiermatten tot het oppervlak anaëroob. Dat heeft negatieve gevolgen voor de bentische fauna, en het kan de vestiging van larven van nonnetjes, strandgapers en verschillende soorten zagers negatief beïnvloeden [Perkins & Abbott, 1972; Reise, 1983; Olafsson, 1988]. Daar staat tegenover dat de op het sediment verblijvende fauna onder de matten kan schuilen tegen de hoge temperaturen [Thrush, 1986].*

In de Waddenzee komen vrij weinig macroalgen voor. Ten eerste hebben ze een stabiel substraat nodig om zich op te vestigen, zoals stenen, dijken, schelpen; ook andere biota zoals kokers van zandkokerwormen, zeegrasbladeren en rhizomen (wortelstokken) vormen goede vestigingsplaatsen, met name voor zeesla en epifytische roodalgen. De beschikbaarheid van deze substraten bepaalt de dichtheid waarmee macroalgen voorkomen. Omdat ze in het waddengebied grotendeels ontbreken, zijn er niet veel geschikte vestigingsplaatsen. Zand- en wadplaten zijn meestal dan ook vrij van duidelijk waarneembare algengroei [Nienhuis, 1969 en 1970; Van den Hoek et al., 1979; Reise, 1983]. Het verdwijnen van veel natuurlijke mosselbanken heeft gezorgd voor een sterke achteruitgang van met name rood- en bruinalgen [Reise, 1994].

Verder kunnen macroalgen zich alleen daar vestigen waar de stroomsnelheid laag is. In de geulen is dat dus haast onmogelijk, en dat wordt versterkt doordat het sediment er aan sterke erosie onderhevig is en een stabiel substraat dus ontbreekt.

Tenslotte is de troebelheid van het water in de Waddenzee te hoog voor veel soorten macroalgen. De toename van de troebelheid heeft bijvoorbeeld veroorzaakt dat roodalgen, die aan het begin van deze eeuw nog tot een diepte van 6 m in het sublitoraal voorkwamen, nu alleen nog in de ondiepe getijdezone worden gevonden. Sinds de jaren '70 zijn de meest dominante soorten in de Nederlandse Waddenzee de groenwieren darmwier en zeesla [Van den Hoek et al., 1979; Reise et al., 1994].



Eutrofiëring heeft echter tot een toename van de dichtheid geleid; plaatselijk vormen darmwier en zeesla zelfs wiermatten. Gedetailleerde geografische informatie over de verspreiding van macroalgen is niet voorhanden [RWS, 1992].

### *Zeegras*

In de Waddenzee worden twee soorten zeegras aangetroffen: het eenjarige klein zeegras en het meerjarige gewoon zeegras. Het klein zeegras komt alleen voor in het litoraal (het getijdegebied) en overwintert vegetatief als rhizoom (wortelstok); gewoon zeegras komt zowel in het sublitoraal als het litoraal voor, en kan vegetatief en als volgroeide plant overwinteren [Polderman & Den Hartog, 1975; Gagnon et al., 1980; Reise et al., 1994]. Buiten de kwelders is zeegras de enige vertegenwoordiger van de hogere planten in de Waddenzee. Zeegrasvelden vormen een biotoop dat een specifieke levensgemeenschap herbergt, met soorten die daar exclusief of in grotere aantallen dan elders voorkomen. Karakteristieke algensoorten voor zeegrasvelden zijn onder andere kalkroodwier, het bruinwier *Myrionema magnusii* en acht verschillende soorten diatomeeën; kenmerkende diersoorten zijn het vliezig drijfhoortje (een slakje), de in de Waddenzee tegenwoordig zeldzame zeestekelbaars en twee van de vier soorten zeenaalden [De Jonge et al., 1997].

Tot de jaren '30 was het gewoon zeegras zeer algemeen in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee. Het werd in deze periode ook voor commerciële doeleinden geoogst [Polderman & Den Hartog, 1975; Van den Hoek et al., 1979; De Jong et al., 1993]. In het oostelijk deel van de Waddenzee is het waarschijnlijk nooit een algemene soort geweest [Van den Hoek et al., 1979]. In de jaren '30 verdween het sublitorale gewoon zeegras bijna geheel uit de Waddenzee ten gevolge van een epidemie, veroorzaakt door de protozoa *Labyrinthula macrocystis* [Polderman & Den Hartog, 1975; Short et al., 1988]. De populatie heeft zich nooit hersteld van deze epidemie, in tegenstelling tot die in veel andere gebieden in Europa.

De slechte milieu-omstandigheden (de verhoogde troebelheid, de verminderde hoeveelheid binnenvallend licht, en de verhoogde stroomsnelheden) hebben waarschijnlijk bijgedragen aan het uitblijven van herstel en de verdere achteruitgang in de afgelopen decennia [Short et al., 1988; Giesen et al., 1990; De Jonge & De Jong, 1992]. Het klein zeegras, dat niet door de epidemie werd aangetast, is qua verspreiding nooit algemeen geweest in de Waddenzee, maar vertoont sinds 1965 ook een sterke achteruitgang [Polderman & Den Hartog, 1975].

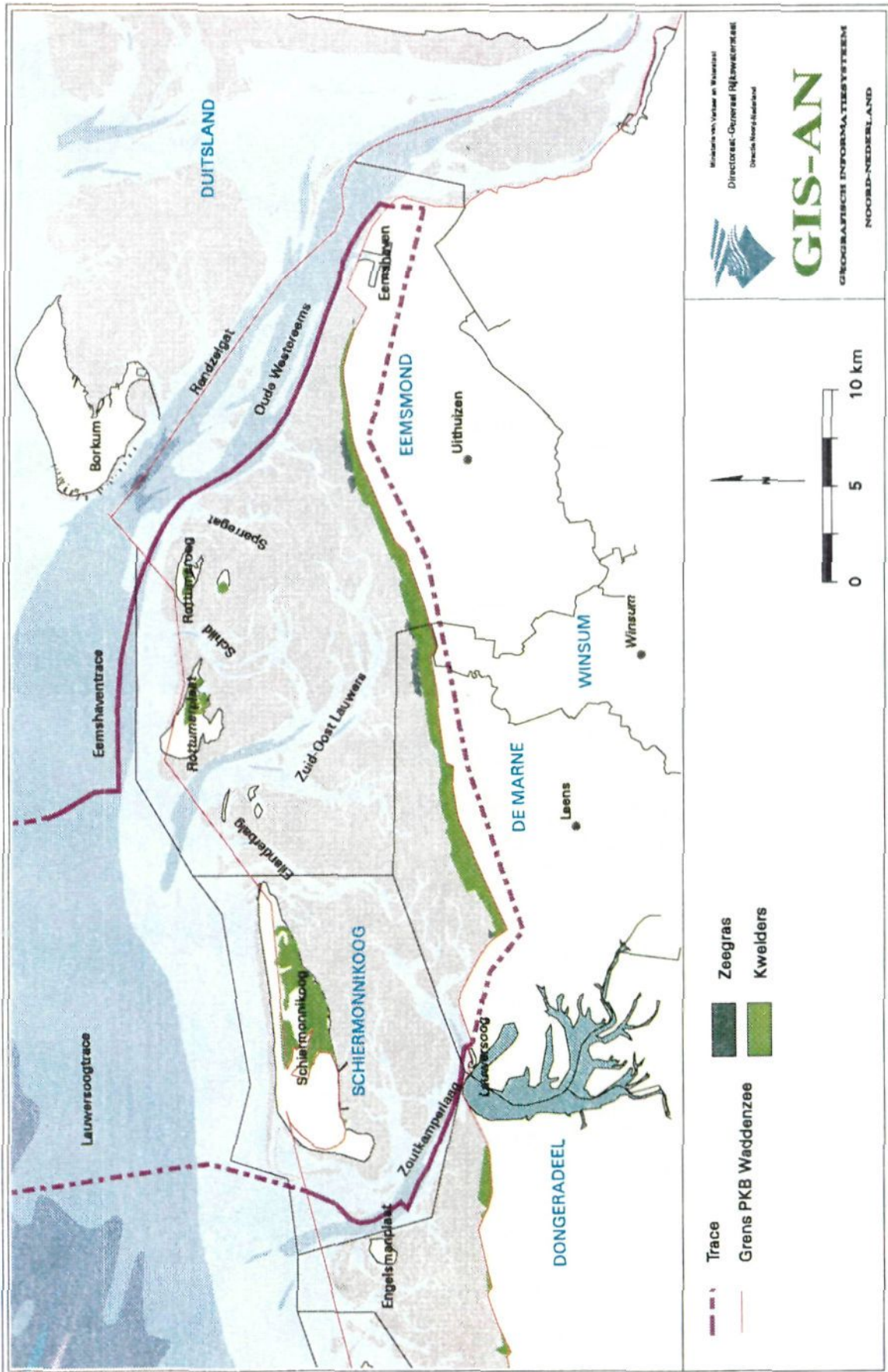
Sinds 1993 zijn enkele gebieden in de Waddenzee waar tegenwoordig nog gewoon zeegras voorkomt, gesloten voor de mossel- en kokkelvisserij. In het "Beheersplan Kustvisserij / Schelpdiervisserij", in 1994 ingediend door de visserijsector, wordt een aantal maatregelen aangekondigd om ook de zeegrasvelden buiten de gesloten gebieden bescherming te bieden. Op sommige locaties zal het zeegras weer tot ontwikkeling komen, maar de kans op volledig herstel is gering [Rijkswaterstaat, 1992 en 1997a].

In figuur 5.4.2 zijn de huidige locaties van zeegrasvelden aangegeven. De laatste jaren is een geringe toename waargenomen van zowel klein als gewoon zeegras. Voor de kwelders tussen de dijk van Eemshaven en de dijk van het Lauwersmeer zijn langs de hele kust verspreide groeiplaatsen van beide soorten aangetroffen; nergens komt zeegras op minder dan 1 km van de voorgestelde tracés voor [De Jonge, mondelinge mededelingen, 1997].

#### *De kweldervegetatie*

In de overgangszone tussen zee en land, rond en boven de waterlijn, bevinden zich op een groot aantal plaatsen in het waddengebied kwelders [Rijkswaterstaat, 1989]. Kwelders omvatten veel verschillende biotopen en een rijke vegetatie [Anon., 1991]. Ze ontstaan door een interactie tussen het getij en verschillende plantensoorten: het getij voert sediment en andere gesuspendeerde materialen aan, en de planten reduceren de stroomsnelheid (door het verhogen van de weerstand), waardoor een verhoogde sedimentatie en een verminderde erosie wordt veroorzaakt [Joenje & De Wolff, 1983]. Het totale kwelderareaal in de Waddenzee bedraagt 61 km<sup>2</sup>. In figuur 5.4.2 zijn de kwelders in het te bestuderen gebied aangegeven; ze bevinden zich nergens op minder dan 1 km van de voorgestelde tracés.

Doordat kwelders verschillende vegetatiezones omvatten, met een daaraan aangepaste fauna van meer dan 250 soorten ongewervelde dieren en insecten, is de ecologische waarde van deze gebieden hoog. Bovendien worden de kwelders door grote aantallen vogels als rust-, foerageer- en broedgebied gebruikt.



Figuur 5.4.2 Locaties zeegras en kwelders

Kweldervorming begint in de Waddenzee op de wadplaten, als de condities gunstig zijn voor de vestiging van halofyten (zoutminnende) landplanten. De overstromingsduur en -frequentie en het zoutgehalte van de bodem zijn de belangrijkste factoren voor de vestiging en de groei van deze planten; zij veroorzaken een kenmerkende verspreiding van de vegetatie, in vier verschillende zones [Dijkema, 1983a]:

- pionierzones (met inbegrip van landaanwinningswerken) beginnen 40 cm onder de hoogwaterlijn; zeekraal en Engels slijkgras zijn er dominant;
- lage kwelders beginnen 5 cm onder de hoogwaterlijn, met gewoon kweldergras, gewone zoutmelde, strandkweek, zeeaster en zeealsem als dominante soorten;
- hoge kwelders beginnen 35 cm boven de hoogwaterlijn, waar ze alleen nog bij springtij worden overstroomd; de vegetatie bestaat voornamelijk uit rood zwenkgras, Engels gras, zilte rus en riet; en
- hoogste kwelders beginnen onder de hoogwaterlijn van springtij en zijn voornamelijk begroeid met ruw beemdgras en Engels raai gras.

#### *De invloed van antropogene factoren op de flora*

De belangrijkste antropogene factor die de grootte en de samenstelling van de populaties algen, wieren en zeegras in de Noordzee en de Waddenzee beïnvloedt, is eutrofiëring. Daarnaast wordt de groei in belangrijke mate beïnvloed door het zwevend-stofgehalte. Als de troebelheid toeneemt en de hoeveelheid licht in het water dus afneemt, daalt de primaire productie. Activiteiten zoals baggeren, die het zwevend-stofgehalte verhogen, kunnen een belangrijke invloed hebben op de primaire productie indien ze plaatsvinden in een periode van algenbloei. Vervuiling vormt momenteel nog geen directe bedreiging voor de kwaliteit en de kwantiteit van de kweldervegetatie, hoewel de kwelders wel mogelijke bezinkgebieden zijn voor contaminanten. De mate waarin de menselijke activiteiten de kweldervegetatie beïnvloeden, is afhankelijk van de hoogte waarop de kwelders liggen, de drooglegging, de beweiding en de toevoer van nutriënten.

Eutrofiëring (met name door stikstofverbindingen) kan een verschuiving van het biologisch evenwicht in het voordeel van enkele soorten veroorzaken, met een verarming in soortenrijkdom als gevolg. In de Groningse kwelders is met name de hoeveelheid strandkweek in de periode 1960 - 1990 waarschijnlijk hierdoor sterk toegenomen.

Een daling van de bodem als gevolg van gaswinning heeft ook negatieve gevolgen voor de kweldervegetatie, doordat dan het waterniveau en de overstromingsduur veranderen [Graßl, 1991]. Met name de kwelders op Schiermonnikoog en Rottumerplaat zijn zeer gevoelig voor afslag [Dijkema, 1993].

Begrazing van kwelders door koeien en schapen kan, als de graasintensiteit laag is, positieve gevolgen hebben op de soortenrijkdom. In de praktijk is de begrazingsdruk meestal echter te hoog [Andresen et al., 1990].



### 5.4.3 Zoöplankton en zoöbenthos

Het zoöplankton bestaat uit kleine diertjes die vrij in het water zweven en niet in staat zijn zich onafhankelijk van stromingen en andere waterbewegingen voort te bewegen. Door de geringe diepte van de Waddenzee en door de sterke stromingen is de concentratie zoöplankton op een bepaalde plaats op alle diepten gelijk; van plaats tot plaats komen wel verschillen in abundantie voor [Fransz, 1981a].

Het zoöbenthos omvat een groep ongewervelde diertjes die in of op de bodem leven [Dankers & Wolff, 1981]. Een aantal soorten brengt zijn larvale stadium door als zoöplankton [Dankers et al., 1981].

#### *Het zoöplankton*

Zoöplankton wordt verdeeld in micro-, meso- en macrozoöplankton. Microzoöplankton ( $< 200 \mu\text{m}$ ) omvat vooral ciliaten en flagellaten. Mesozoöplankton ( $> 200 \mu\text{m} - 2 \text{ mm}$ ) bestaat hoofdzakelijk uit copepoden (roeipootkreeftjes) en larven van bentische organismen en vissen. Macrozoöplankton ( $> 2 \text{ mm}$ ) bestaat uit grotere dieren, met name kwallen. Het zoöplankton in de Waddenzee omvat zeer veel soorten. Slechts circa 30% daarvan behoort de gehele levenscyclus tot het zoöplankton; de overige 70% bestaat uit organismen die maar een deel van hun levenscyclus als zoöplankton doorbrengen, en omvat voornamelijk larven van bentische organismen en vissen [Dankers et al., 1981; Fransz, 1981a].

Het meeste onderzoek naar zoöplankton is uitgevoerd in het westelijk deel van de Waddenzee en het Eems-Dollardestuarium. Er zijn weinig tot geen gegevens over het oostelijk deel van de Waddenzee. De soortensamenstelling van het zoöplankton in de Waddenzee is echter vrij uniform, en bovendien vrijwel identiek aan die van het zuidelijk deel van de Noordzee omdat bij ieder opkomend tij zoöplankton daarvandaan met het water in de Waddenzee komt. Dit zoöplankton bestaat voor het grootste deel uit copepoden en polychaetelarven [Dankers et al., 1981]. In estuariene gebieden is de soortensamenstelling armer door de meer extreme omstandigheden die daar heersen [De Jong et al., 1993]. Het te bestuderen gebied als geheel staat echter voornamelijk onder invloed van de Noordzee.

Zoöplankton vertoont evenals fytoplankton een seizoenscyclus met maximale dichtheden in de zomermaanden. De dichtheden "volgen" de dichtheden van het fytoplankton met een vertraging [De Jong et al., 1993].

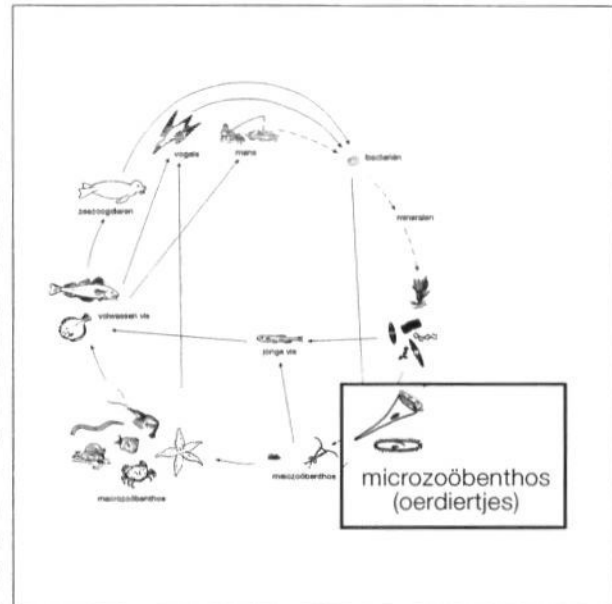
#### *Het zoöbenthos*

Het zoöbenthos wordt meestal verdeeld in micro-, meio- en macrozoöbenthos; deze verdeling is gebaseerd op grootte en heeft geen ecologische grondslag. Macrozoöbenthos kan met behulp van een zeef met mazen van 1 mm uit een sedimentmonster worden gezeefd; microzoöbenthos ( $< 0,05 \text{ mm}$ ) en meiozoöbenthos (0,05 - mm) gaan door de zeef.

In de gehele Waddenzee komen tenminste 1.250 zoëbenthossoorten voor. Ongeveer 400 soorten kunnen tot het macrozoëbenthos worden gerekend, de overige tot het micro- en meiozoëbenthos; het aantal micro- en meiozoëbenthossoorten wordt door sommigen zelfs op 1.100 - 1.200 geschat [Reise, 1981b]. Het meeste onderzoek naar zoëbenthos is in verband met de eenvoudige wijze van bemonsteren uitgevoerd aan het macrozoëbenthos, en daarom is over deze groep het meest bekend.

### *Micro- en meiozoëbenthos*

De diertjes van het micro- en meiozoëbenthos zijn zo klein dat ze zich zonder graven door het sediment kunnen bewegen, omdat ze in de interstitiële ruimtes passen; sommige soorten graven niettemin in los zand en zacht slib. De levenscyclus van dergelijke diertjes is holobentisch (zij hebben dus geen pelagisch levensstadium) en hun vruchtbaarheid is over het algemeen laag. De abundantie van micro- en meiozoëbenthos hangt onder andere af van de grootte en de vorm van de interstitiële ruimtes (in fijn zand zijn deze (te) klein en is de abundantie dus meestal laag) en de hoeveelheid detritus (die verhoogt de bacteriële activiteit, waardoor de zuurstofconcentratie in het sediment daalt, hetgeen de verticale migratie van veel soorten micro- en meiozoëbenthos bemoeilijkt) [Reise, 1981b].



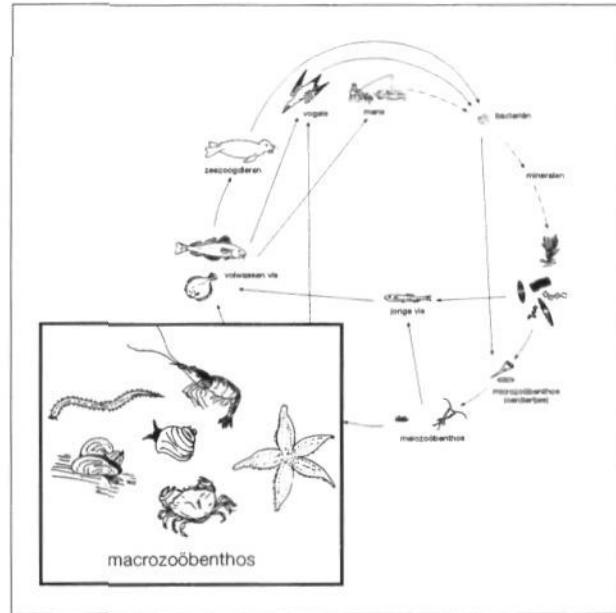
Tot het microzoëbenthos behoren onder andere de ciliate protozoa (oerdiertjes). Omtrent de aantallen, distributie en ecologie daarvan is echter bijzonder weinig bekend [Wolff & Dankers, 1981]. Meiozoëbenthos bestaat uit verschillende taxa, zoals nematoda, harpacticoïde copepoda, oligocheata, turbellaria en ostracoda; daarvan zijn de nematoda (rondwormen) voor wat aantallen, biomassa en diversiteit betreft het belangrijkste. Dicht bij de kust, waar de saliniteit lager is dan in open zee, nemen de aantallen nematoden en harpacticoïden af [Rijkswaterstaat, 1985].

In de winter zijn de populatiedichtheden van micro- en meiozoëbenthos zeer klein. Als in het voorjaar de temperatuur oploopt, neemt de hoeveelheid voedsel toe en groeien de populaties van het zoëbenthos. In de herfst, als de temperatuur weer daalt, nemen ook de dichtheden van het zoëbenthos af.

Micro- en meiozoëbentische diertjes herstellen zich na een verstoring van de bodem in het algemeen snel. Intergetijdengebieden worden vanuit nabije onverstoorde gebieden opnieuw gekoloniseerd, hetgeen vrijwel uitsluitend gebeurt door passieve erosie en watertransport [Billheimer & Coull, 1988]. Nematodesoorten vestigen zich het snelst; foraminiferen herstellen zich zeer langzaam [Sherman & Coull, 1980].

## Macrozoöbenthos

In de Nederlandse Waddenzee zijn op droogvallende wadplaten circa 40 soorten macrozoöbenthos te vinden [Beukema, 1976]; in het (ondiepe) sublitoraal van de westelijke Waddenzee zijn dat er circa 80 [Dekker, 1989]. Het verschil wordt toegeschreven aan het feit dat in getijdegebieden grotere verschillen in omstandigheden optreden. In het algemeen is de soortenrijkdom in diepe sublitorale sedimenten (meer dan 8 m beneden GLW) geringer dan op ondiepe plaatsen [Beukema, 1977; Van Arkel & Mulder, 1979; Dekker, 1989]. Ongeveer 90% van de totale biomassa van het macrozoöbenthos wordt gevormd door slechts zes soorten, zowel in het litoraal [Beukema, 1976] als in het sublitoraal [Dekker, 1989]. De belangrijkste zijn de tweekleppige schelpdieren mossel, strandgaper, kokkel en nonnetje (65%) en de borstelwormen wadpier en veelkleurige zeeduizendpoot (31%).



Omdat in de Waddenzee weinig gewervelde herbivoren leven, vormt het macrozoöbenthos bijna de enige schakel tussen de primaire producenten en de carnivoren. Derhalve is de rol van het macrozoöbenthos in de Waddenzee groter dan in de meeste andere ecosystemen. Vele soorten vogels en vissen zijn voor hun voedselvoorziening geheel afhankelijk van het macrozoöbenthos [Dankers & Wolff, 1981]. Oude mossel- en kokkelbanken vormen waardevolle ecosystemen.

De soortenrijkdom en de abundantie van het macrozoöbenthos zijn sterk gerelateerd aan een aantal abiotische factoren: de hoogte ten opzichte van de hoogwaterstand, de samenstelling van het sediment, de overstromingsduur, de waterbewegingen (bijvoorbeeld stroomsnelheid en golven) en de temperatuur. Daarnaast spelen ook biotische factoren een rol [Wolff, 1973]. De grootste populatiedichtheden worden aangetroffen in gebieden die gedurende 25 - 60% van de tijd ondergelopen zijn. [Beukema, 1976 en 1981a].

De samenstelling van het sediment bepaalt in belangrijke mate welke soorten op een bepaalde plaats voorkomen [Dankers & Beukema, 1981a]. De hydrografisch-geomorfologische kenmerken van een gebied bepalen de samenstelling van het sediment in dat gebied en zijn dus een goede indicatie voor de soortensamenstelling van het lokale macrozoöbenthos. Een duidelijk voorbeeld zijn de diepe geulen: de stroomsnelheid van het water is er meestal hoog (en het sediment bestaat dus uit grofkorrelig materiaal), de bodem is er instabiel (door sediment-verplaatsingen als gevolg van stroming) en er bezinkt weinig organisch materiaal. Zowel voor de fauna die op de bodem leeft als voor de fauna in de bodem zijn dit zeer ongunstige omstandigheden. Zij kunnen zich er moeilijk vestigen en handhaven, en dus zijn in diepe geulen de hoeveelheden macrofauna klein en is de biomassa gering.



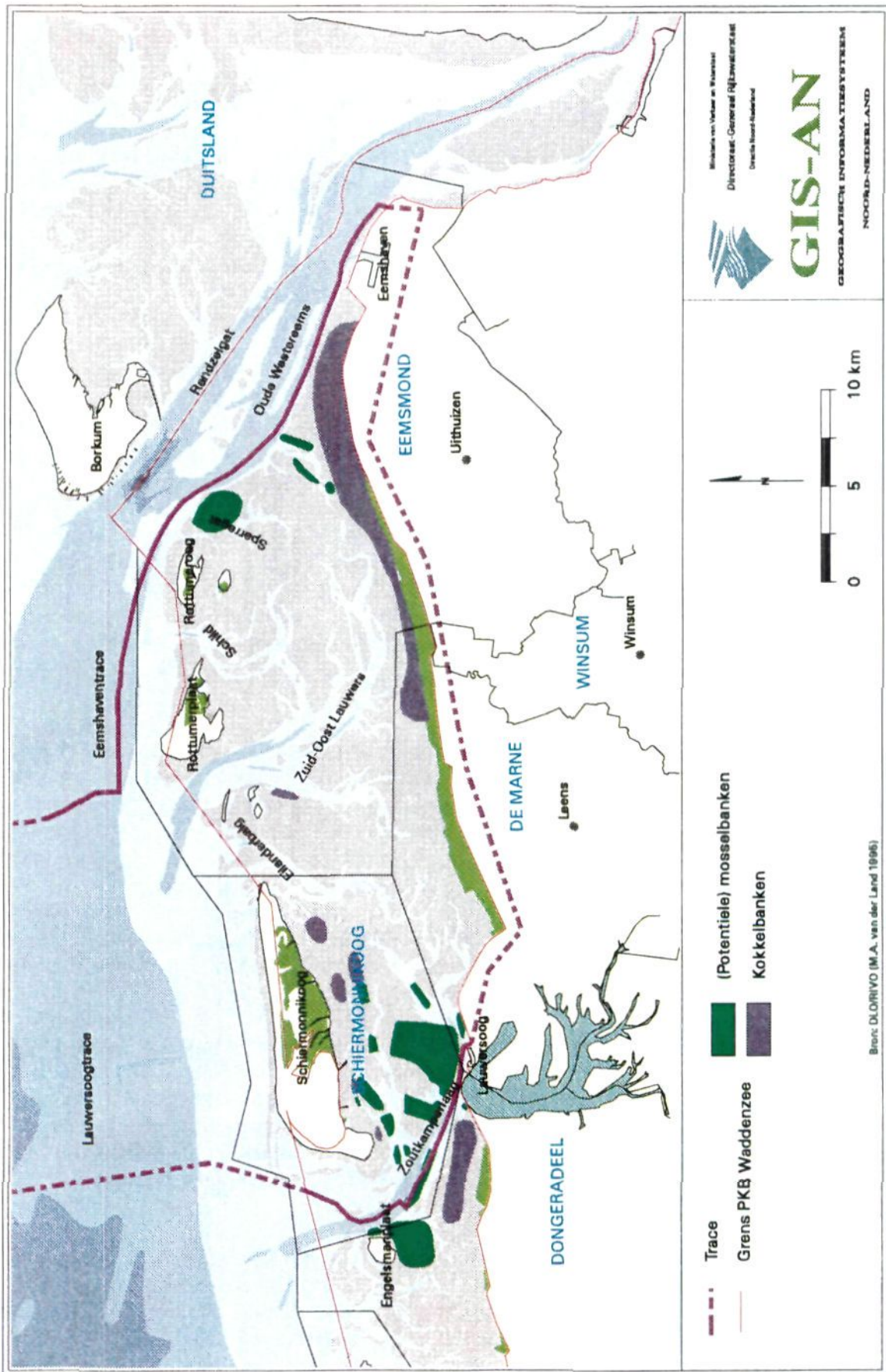
De biomassa op de wadplaten vertoont een sterke seizoensfluctuatie, met kleine hoeveelheden aan het einde van de winter en grote aan het einde van de zomer [Beukema, 1974]. Koude winters verhogen de sterfte, maar bij mossels en kokkels is de broedval in het daaropvolgende seizoen meestal hoog [Verwey, 1981; Beukema, 1982 en 1992a; Beukema & Essink, 1986; Zwarts, 1991]. Over seizoensfluctuaties in het sublitoraal zijn geen gegevens beschikbaar; men vermoedt echter dat deze minder uitgesproken zijn dan op de wadplaten omdat de omstandigheden in het sublitoraal minder sterk wisselen.

Het aandeel van de mossel in de totale biomassa van het macrozoöbenthos in de Waddenzee is groot. Op wadplaten bestaat zo'n 23% van de biomassa uit mosselen [Beukema, 1976]; in het sublitoraal is dat zelfs circa 66% [Dekker, 1989]. Mosselen leven niet regelmatig verspreid maar in banken. De ligging van deze banken verschilt sterk, zowel als functie van natuurlijke omstandigheden (zoals bodemgesteldheid, stormen en ijsvorming) als van antropogene invloeden (mossel- en mosselzaadvijverij). Zelfs bij een gedeeltelijke beschadiging kan de gehele bank verdwijnen. Of zich een *nieuwe bank vestigt, is sterk afhankelijk van de broedval: als deze hoog is, kan binnen een jaar een nieuwe bank ontstaan, maar bij een lage broedval kan het jaren duren of zelfs achterwege blijven*. Door de mosselzaadvijverij en als gevolg van een aantal stormachtige winters zijn de mosselbanken in het oostelijk deel van de Waddenzee bijna geheel verdwenen [Oost, 1993]. De huidige ligging van mosselbanken en de plaatsen waar zich in het recente verleden mosselbanken bevonden, zijn weergegeven in figuur 5.4.3.

Mosselbanken hebben een belangrijke ecologische functie. De mosselen in de Waddenzee filteren in drie tot zeven dagen een hoeveelheid water die overeenkomt met het gehele volume van het gebied [Dankers & Koelemij, 1989]. Vanwege de grote biomassa vormen mosselen een belangrijke voedselbron voor predatoren als vogels en zeesterren. Mosselbanken fungeren als bezinkvelden voor slib en andere fijne organische deeltjes, ze versnellen de recycling van nutriënten en ze vormen een zeer specifiek biotoop voor een aantal soorten planten en dieren [Asmus, 1987; Dame & Dankers, 1988; Dankers et al., 1989]. Veranderingen in de distributie en bedekkingsgraad van mosselbanken hebben dan ook grote invloeden op het ecosysteem als geheel [Dankers & Koelemij, 1989].

Kokkels hebben een aandeel van gemiddeld ongeveer 16% in de totale biomassa van de macrofauna op de wadplaten in de Waddenzee [Beukema, 1976]; in het sublitoraal is dat aandeel slechts 3% [Dekker, 1989]. Ook kokkels komen voornamelijk voor in banken. Hier worden grote dichtheden bereikt: meestal honderden, soms meer dan 1.000 exemplaren per vierkante meter. Buiten de banken varieert de dichtheid tussen 0 en 50 per m<sup>2</sup>. De meeste banken zijn te vinden op droogvallende getijdeplaten [RIN, 1987; Van der Land, 1995].

Kokkels vormen een belangrijke voedselbron voor een aantal diersoorten. Afhankelijk van hun grootte worden kokkels gegeten door gewone garnalen, strandkrabben, grote en kleine bentische vissen, en vogels. Dode kokkels vormen een voedselbron voor wormen en kreeftachtigen. Tenslotte dienen de schelpen van de kokkels, met name als ze oud en minder mobiel zijn, als substraat voor zeepokken, mosselzaad en macroalgen als zeesla en darmwier. Oude kokkelbanken hebben dan ook een rommelig uiterlijk. Door overbevissing en verstoringen zijn zulke banken echter zeldzaam geworden [Van der Land, 1995]. De kokkelbanken in het te bestuderen gebied zijn in figuur 5.4.3 aangegeven.



Figuur 5.4.3 Locaties mossel- en kokkelbanken

In de meeste onderzoeken naar het macrozoöbenthos wordt de gewone garnaal niet opgenomen, omdat het een mobiele soort is die moeilijk kwantitatief te bemonsteren is. De Waddenzee is echter als kraamkamer en opgroeigebied zeer belangrijk voor de gewone garnaal, en bij hoog water vormt deze soort een substantieel deel van de biomassa op de wadplaten [Temming & Temming, 1992].

*Jonge, op de bodem levende garnalen zijn van april tot oktober in zeer grote aantallen in ondiep water aanwezig [Kuipers & Dapper, 1981]. Als de diertjes circa 25 mm lang zijn, migreren ze naar het diepere sublitoraal [Beukema, 1992c]. Ze vormen daar een belangrijke voedselbron voor vele vissoorten [Kühl & Kuipers, 1978]. Volwassen (> 50 mm) wijfjesgarnalen met eieren trekken vanaf oktober door de geulen en de delta's naar open zee. De grootste aantallen garnalen worden tijdens deze migratie gevangen door garnalenvissers [Boddeke et al., 1986].*

#### *De invloed van antropogene factoren op het zoöplankton en het zoöbenthos*

De activiteiten van de mens beïnvloeden het zoöplankton en het zoöbenthos op verschillende manieren. Ten eerste verhogen de activiteiten van de mens het zwevend-stofgehalte van het water. Verder spelen vooral vervuiling en visserij een belangrijke rol. De gevolgen voor het zoöplankton en zoöbenthos kunnen indirect de kinderkamerfunctie van de Waddenzee beïnvloeden.

Een hoog zwevend-stofgehalte kan de kieuwen van zoöplankton en vislarven verstoppen. De gevolgen kunnen sterfte of een sterke afname van de groei zijn [Sherk et al., 1974]. Een verhoogd zwevend-stofgehalte kan het ecosysteem ook indirect beïnvloeden: net als door eutrofiëring kunnen de soortensamenstelling en de primaire productie van het fytoplankton (de belangrijkste voedselbron van het zoöplankton) er door veranderen, waardoor ook de soortensamenstelling of de groei van het zoöplankton verandert; op zijn beurt heeft dat weer gevolgen voor de soortensamenstelling van jonge vis en vislarven.

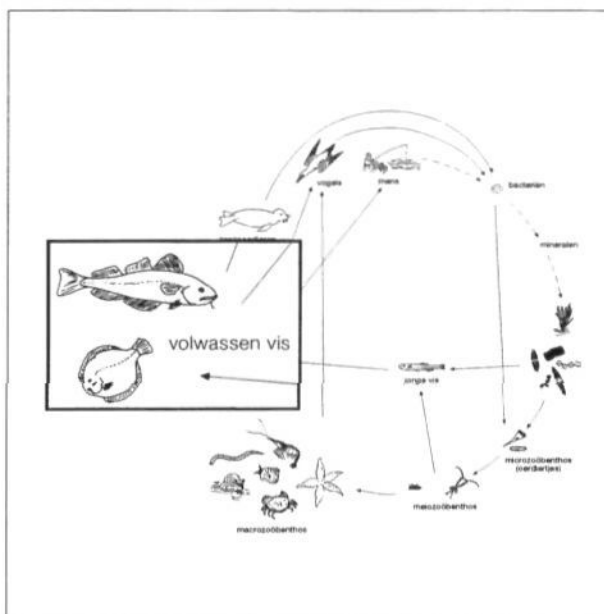
Over de invloed van vervuiling op het zoöplankton is weinig informatie beschikbaar. Wel is bekend dat TBT (tributyltin, een aangroeiwerend middel in verf voor schepen) al vanaf concentraties van 1 ng/l negatieve gevolgen heeft voor de groei en de ontwikkeling van het zoöplankton [Watermann, 1991]. De wulk is als gevolg van de aanwezigheid van TBT in het water vrijwel uit de wadden verdwenen, omdat deze schelpdieren al bij lagere concentraties dan 1 ng/l worden gesteriliseerd [Harding et al., 1992]. De huidige concentraties in enkele havens in de Waddenzee variëren van 0,1 tot 160 ng/l [Ritsema & Laane, 1991]. De concentraties in open water zijn niet bekend, maar bij routinemetingen van Rijkswaterstaat in de westelijke Waddenzee werd nooit meer dan 1 ng/l gemeten [De Jong et al., 1993].

De huidige visserij in de Waddenzee concentreert zich met name op mosselen, kokkels en garnalen [De Jong et al., 1993], hoewel in het verleden ook een redelijke hoeveelheid vis werd gevangen. Bij de garnalen- en mosselzaadvangst sterven veel vissen in de bijvangst, met name als bij mosselzaadschaarste op grote schaal wordt gevestigd [Van der Veer & Bergman, 1987]. Omdat de dichtheid van de bentische fauna en de geschiktheid van het gebied als kinderkamer voor vissoorten uit de Noordzee sterk gecorreleerd zijn [Bergman et al., 1988], kan een afname van de biomassa van het zoöbenthos als gevolg van de machinale kokkelvisserij de kinderkamerfunctie van de Waddenzee aantasten.



#### 5.4.4 Vissen

In de Nederlandse Waddenzee leven circa 100 vissoorten. Daarvan worden er 22 tot de algemene soorten gerekend, 26 tot de minder algemene, 16 tot schaarse, 12 tot de zeldzame en ongeveer 20 tot de zeer zeldzame soorten [Witte & Zijlstra, 1978]. Slechts enkele soorten zijn het gehele jaar door in de Waddenzee aanwezig; de populaties van de meeste soorten vertonen een sterke seizoensfluctuatie onder invloed van migratieprocessen [Zijlstra, 1978]. De meeste gegevens over de visstand betreffen het westelijk deel van de Waddenzee; het is mogelijk dat het oostelijk deel van de Waddenzee voor wat de soortensamenstelling betreft daarvan verschilt, omdat de geulen er minder diep zijn en een minder groot deel van het totale oppervlak beslaan [Witte & Zijlstra, 1978].



Bepaalde vissoorten, zoals bot, wijting, zeedonderpad en haring, vormen een belangrijke voedselbron voor zeezoogdieren (vooral voor zeehonden). Ook verschillende vogelsoorten voeden zich voor een belangrijk deel met vissen.

De vissoorten in de wadden kunnen worden ingedeeld aan de hand van de functie en het belang van het gebied voor de soort: sommige vissoorten hebben een voorkeur voor de Waddenzee of zijn ervan afhankelijk, andere niet [Zijlstra, 1978]. Residente soorten verblijven gedurende hun gehele levenscyclus in het gebied; dat zijn bijvoorbeeld de puitaal, de zeedonderpad, de slakdolf, de brakwatergrondel en de botervis.

Bijna-residente soorten verlaten het gebied alleen om kuit te schieten in de Noordzee (bijvoorbeeld bot, vijfdradige meun en dikkopje); om kuit te schieten in zoet water (zoals fint en zeeforel); om de lage temperaturen in de winter te ontlopen (onder andere geep, grote en kleine zeenaald, en koornaarvis); of om de hoge temperaturen in de zomer te ontlopen (bijvoorbeeld de snotolf). Het grootste deel van het jaar verblijven deze soorten wel in de Waddenzee. Sommige soorten gebruiken het gebied als kinderkamer, maar de volwassen dieren en de eieren leven erbuiten; dat zijn onder andere de schol, de tong, de haring en de sprot. Tenslotte zijn er vissoorten die als jong of volwassen dier de Waddenzee bezoeken, maar er niet kuitschieten. Deze worden wel ingedeeld in zomersoorten, die in de Noordzee kuitschieten (zoals zeebaars, diklipharder en dunlipharder), en wintersoorten, die kuitschieten in zoet water (bijvoorbeeld driedoornige stekelbaars en spiering).

Mariene en anadrome vissoorten zijn niet afhankelijk van de Waddenzee, en hebben er geen voorkeur voor. Mariene vissen leven in de Noordzee; van sommige bezoeken de jonge dieren de Waddenzee (bijvoorbeeld paling, kabeljauw, wijting, steenbolk, pollak en koolvis), van andere juist de volwassen exemplaren (bijvoorbeeld de ruwe haai, de stekelrog, de schelvis, de dwergbolk en de schar). Anadrome soorten trekken door de Waddenzee, op weg naar zoet water om kuit te schieten: onder andere de rivierprik, de zeeprik en de elft.

#### *De functies van de Waddenzee voor vissen*

De Waddenzee is een aantrekkelijk gebied voor vele vissoorten. Ten eerste komen er *zeer weinig grote roofdieren (met name grote vissen) voor, waardoor het visbroed een* grotere kans heeft te om overleven. Hieraan ontleent het gebied zijn kinderkamerfunctie. Verder vormen de wadden een ondiep, beschut marien/estuariën gebied, waardoor de watertemperatuur er in de zomer hoger (maar in de winter lager) is dan in de Noordzee. Tenslotte is het gebied rijk aan voedsel; met name de getijdeplaten en het ondiepe sublitoraal bevatten veel meer voedsel (vooral zoöbenthos) dan de Noordzee.

Door de verschillen in de temperatuur van het water hebben de seizoenen de grootste invloed op de populatiegrootten; dat uit zich onder andere in het voorkomen van zomer- en wintersoorten. In het najaar (september - oktober) is de biomassa het grootst, omdat dan een aantal wintervissen het gebied al binnentrekt, terwijl de zomervissen het gebied nog niet hebben verlaten [Rijkswaterstaat, 1985].

De Waddenzee heeft voor vele vissoorten een belangrijke kinderkamerfunctie. Dat wil zeggen dat het grootste deel van de populatie van een soort in een vroeg stadium van de levenscyclus afhankelijk is van het gebied, en dat de jonge dieren er in grote aantallen opgroeien. De Waddenzee heeft deze functie voor ongeveer 45% van de vissoorten die er voorkomen [Zijlstra, 1988]. Soorten als schol en tong, die de Waddenzee alleen als kinderkamer gebruiken, leggen hun (planktonische) eieren in de Noordzee. De eieren en de larven worden dan door de reststroom in de Noordzee naar de Waddenzee gevoerd. Waarschijnlijk wordt het transport van schollarven voornamelijk bepaald door de hydrografische kenmerken van de zeegaten en de achterliggende kombergingsgebieden [Bergman et al., 1989] en is de vestiging van de larven afhankelijk van het voedselaanbod op de wadplaten [Creutzberg et al., 1978]. De kennis van pelagische vissoorten die de Waddenzee als kinderkamer gebruiken (waarvan de haring de belangrijkste soort is), is beperkt. Het meeste onderzoek betrof namelijk demersale vissen, zoals de commercieel belangrijke schol en tong. Met name de schol is goed onderzocht [Kuipers, 1978; Zijlstra et al., 1982; Van der Veer, 1986; Hovenkamp, 1991]. Het is een van de meest talrijke soorten in de Waddenzee; circa 80% van het huidige aantal schollen in de Noordzee is afkomstig uit de Waddenzee [Van de Veer & Bergman, 1987].

Voor de periode 1971 - 1975 zijn de populatiedichtheden van verschillende vissoorten in de Waddenzee bepaald [Dankers en De Veen, 1978]; recente gegevens zijn hierover echter niet beschikbaar. In de periode waarop de cijfers betrekking hebben, waren jonge schol, jonge schor, grondel en puitaal in aantallen de belangrijkste soorten.

### *De invloed van antropogene factoren op de visstand*

Een hoog zwevend-stofgehalte kan de soortensamenstelling van fytoplankton, en dus van zoöplankton en zoëbenthos beïnvloeden; indirect heeft de verhoging van het ZSG dan ook gevolgen voor de groei van vislarven en jonge vissen. Troebel water heeft ook directe gevolgen voor vissen. Bij bepaalde concentraties kan het zwevend stof de kieuwen van vissen beschadigen, en zo leiden tot een slechte conditie of zelfs sterfte. Vissen mijden daarom de directe omgeving van bijvoorbeeld baggeractiviteiten, wellicht is daarom op dergelijke plaatsen nooit sterfte van betekenis waargenomen. Een ZSG-verhoging kan ook het foerageersucces verminderen van vissen die op het zicht jagen, zoals scharren [Baveco, 1988]. Een tijdelijke verhoging lijkt geen lange-termijngevolgen te hebben als de omgeving voor wat betreft de waterdiepte, de samenstelling van het sediment en dergelijke niet structureel verandert.

Als de eieren van vissen door een verhoogd ZSG geheel of gedeeltelijk (voor meer dan 50%) met sediment worden bedekt, kan dat leiden tot een sterk verhoogde sterfte en een vertraagde embryonale ontwikkeling. De oorzaak is mogelijk een verstoring van de gasuitwisseling. In een met zuurstof verzadigde omgeving heeft een ZSG van 1000 mg/l geen invloed op de ontwikkeling van eieren; larven zijn gevoeliger; concentraties van meer dan 100 mg/l veroorzaken al een verhoogde mortaliteit [Baveco, 1988].

De achteruitgang van een aantal vissoorten (onder andere de koornaarvis, de brakwatergrondel en de rode poot) wordt mogelijk veroorzaakt door de toegenomen vervuiling in de Waddenzee [Tiews, 1990]. Vervuiling veroorzaakt bij vissen een fysieke stress die het immuunsysteem aantast, waardoor ze vatbaarder zijn voor infecties en andere ziekten [Anders & Möller, 1991; Vethaak, 1992].

Een bekend voorbeeld van een vervuilende stof is TBT (tributyltin, een anti-aangroeimiddel voor schepen). Bij concentraties van 1 - 10 ng/l daalt de reproductie en bij concentraties van 1 - 100 ng/l neemt men gedragsveranderingen waar. Uit recent onderzoek is gebleken dat de concentraties van TBT in de hoofdscheepvaartroutes hoger zijn dan oorspronkelijk werd aangenomen [Ten Hallers-Tjabbes & Fischer, 1994].

De soortensamenstelling van de vissen in de Waddenzee wordt voor een deel bepaald door visserij-activiteiten op de Noordzee en de Waddenzee [Bergman, 1989]. De visserij in de Waddenzee concentreert zich tegenwoordig op mosselen, kokkels en garnalen [De Jong et al., 1993], maar in het verleden werd een redelijke hoeveelheid vis gevangen. In 1973 werd in de Waddenzee nog ongeveer 500 ton vis gevangen, met paling en smelt als belangrijkste soorten [Postuma & Rauck, 1978]. Tegenwoordig wordt vrijwel niet meer op paling gevist, en zijn de vangsten verwaarloosbaar [Grobbe, mondelinge mededeling].

Bij de garnalenvisserij, met name in de diepe geulen, bestaat de bijvangst voor een belangrijk deel uit vissen, hetgeen een grote sterfte veroorzaakt. Ook de mosselzaadvangst resulteert in een hogere mortaliteit onder vissen, vooral als het mosselzaad schaars is en er dus op grotere schaal gevist wordt [Van der Veer & Bergman, 1987]. Verder bestaat er een sterke correlatie tussen de dichtheid van de bentische fauna en de geschiktheid van de Waddenzee als kinderkamer voor Noordzeevissen (bijvoorbeeld platvissen) [Bergman et al., 1988]; de afname van de biomassa van het zoëbenthos ten gevolge van de machinale kokkelvisserij kan deze functie dus aantasten [RIN, 1987].

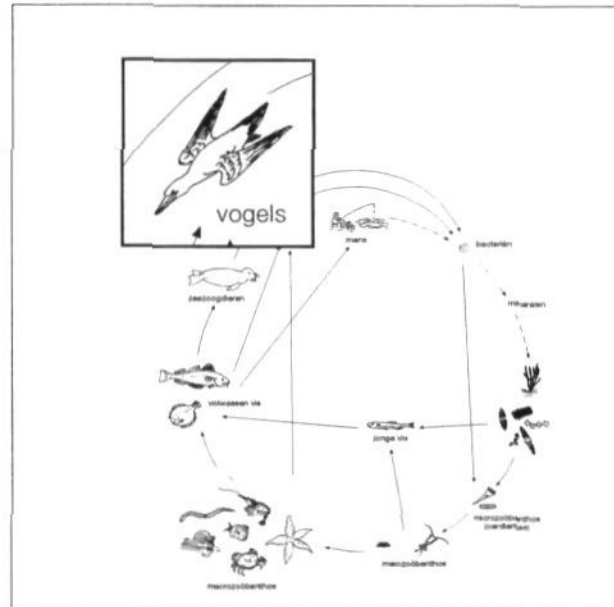
Vissen zijn gevoelig voor verstoring door geluid. Geluiden van schepen, netten en industriële geluiden worden als verstorend ervaren, en vissen mijden de directe omgeving daarvan [Konaganya, 1980; Schwarz & Greer, 1984; Myrberg, 1990].

#### 5.4.5 Vogels

Het waddengebied is zeer belangrijk voor een groot aantal broedende, trekkende en overwinterende vogels. Meer dan 50 verschillende soorten, in het totaal zo'n 6 - 12 miljoen vogels, maken tenminste een deel van het jaar gebruik van het internationale waddengebied [Wolff & Binsbergen, 1985; Smit, 1983 en 1987; Spaans, 1987; Anon., 1991; De Jong et al, 1993; Dijksen, 1993].

De gehele Nederlandse Waddenzee is onder de Ramsar Conventie aangewezen als 'Wetland of International Importance'. Een gebied kan worden aangewezen als 'Wetland of International Importance' als meer

dan 1% van een bepaalde geobiologische populatie van een vogelsoort het gebied gebruikt tijdens de gehele of een deel van de levenscyclus. In het te bestuderen gebied bevinden zich een aantal deelgebieden die op zichzelf al aan dit criterium voldoen, namelijk Schiermonnikoog, Rottumeroog en Rottumerplaat, de kwelderwerken langs de kust van Friesland en Groningen, het Lauwersmeer en het Eems-Dollardestuarium [SOVON, 1987; Spaans, 1987; Ronde, 1988; Wolff, 1989; Van den Brink et al., 1992]. Voor een aantal broedende, migrerende en overwinterende vogelsoorten zijn deze deelgebieden dus extra belangrijk.



Van de vogels in het te bestuderen gebied zijn de volgende soorten opgenomen op de Rode Lijst van bedreigde of gevaar lopende soorten: eidereend, kluut, grote stern, noordse stern, visdief, dwergstern, zwarte stern, tureluur, lepelaar, blauwe kiekendief, strandplevier, en bontbekplevier. De zogenaamde Blauwe Lijst vermeldt vogelsoorten waarvoor Nederland van bijzondere betekenis is, omdat een groot deel van de Noordwest-Europese populatie een deel van het jaar in Nederland verblijft. Dat zijn: brandgans, rotgans, rosse grutto, grauwe gans, smient, scholekster, lepelaar, kluut en zwarte stern.

#### ***De functies van het waddengebied voor vogels***

De Waddenzee is een gebied met een grote veelzijdigheid aan landschappen; daardoor kan het gebied zowel als broedgebied, als rust- en foerageergebied en als doortrek- en overwinteringsgebied dienen. In tabel 5.4.5.a is samengevat in welke maximale aantallen de belangrijkste vogelsoorten in het gebied verblijven, en in welk jaargetijde dat is [Meltofte, 1994].



### *De Waddenzee als broedgebied*

De Waddenzee is door de relatieve rust en de grote voedselrijkdom een belangrijk broedgebied voor meer dan 30 vogelsoorten [Van den Brink, 1990; Anon., 1991; De Jong et al., 1993]. Het voortplantingssucces van vogels wordt bepaald door de overlevingskans van de ouders en het broedsucces; deze factoren zijn op hun beurt afhankelijk van het voedselaanbod, de mate waarin broedgebieden worden verstoord, de predatiedruk, de klimatologische omstandigheden en de vervuiling.

Het gebied is met name belangrijk voor een aantal bedreigde en gevaar lopende soorten, waaronder de bontbekplevier, de strandplevier, de grote stern, de noordse stern, de dwergstern, de lepelaar, de kluut en de tureluur. Van enkele soorten, zoals de lepelaar en de kluut, broedt een zeer groot deel (respectievelijk 55 en 27%) van de Noordwest-Europese populatie in het waddengebied. Deze soorten zijn door de kleine aantallen waarin ze voorkomen, de specifieke eisen die ze stellen aan het biotoop en het feit dat ze slechts in een beperkt aantal gebieden voorkomen zeer gevoelig voor verstoring [Van den Brink, 1990; Brilhuis et al., 1990; Dankers et al., 1990].

De belangrijkste broedgebieden zijn de kwelders; dat geldt zowel voor de kwelderwerken bij het vasteland als voor de eilandkwelders. Maar ook de duinen en de stranden van de eilanden zijn belangrijk als broedgebied. De meeste buitendijkse broedgebieden fungeren tevens als hoogwatervluchtplaats voor vogels die bij laag water in de Waddenzee foerageren. De belangrijkste buitendijkse hoogwatervluchtplaatsen zijn aangegeven in figuur 5.4.5. De belangrijkste broedvogels op de stranden en in de duinen zijn tureluurs, plevieren, meeuwen en stern. Bergeenden, zilvermeeuwen en dwergsterns hebben een duidelijke voorkeur voor de eilanden als broedgebied.

Een aantal vogelsoorten broedt in kolonies, waardoor ze extra gevoelig zijn voor verstoring. Tijdens de broedperiode en de periode waarin de kuikens worden grootgebracht, van half april tot eind juli, zijn de vogels het meest verstoringsgevoelig. Het voedselaanbod wordt niet alleen bepaald door de hoeveelheid voedsel die aanwezig is, maar ook door de bereikbaarheid van het voedsel; vogels met kleine snavels kunnen diep ingegraven prooidieren bijvoorbeeld niet bemachtigen. Verder spelen klimatologische omstandigheden en de menselijke activiteiten in het gebied (onder andere de mossel- en kokkelvisserij) een belangrijke rol [Ten Brink & Colijn, 1990; De Jong et al., 1993].

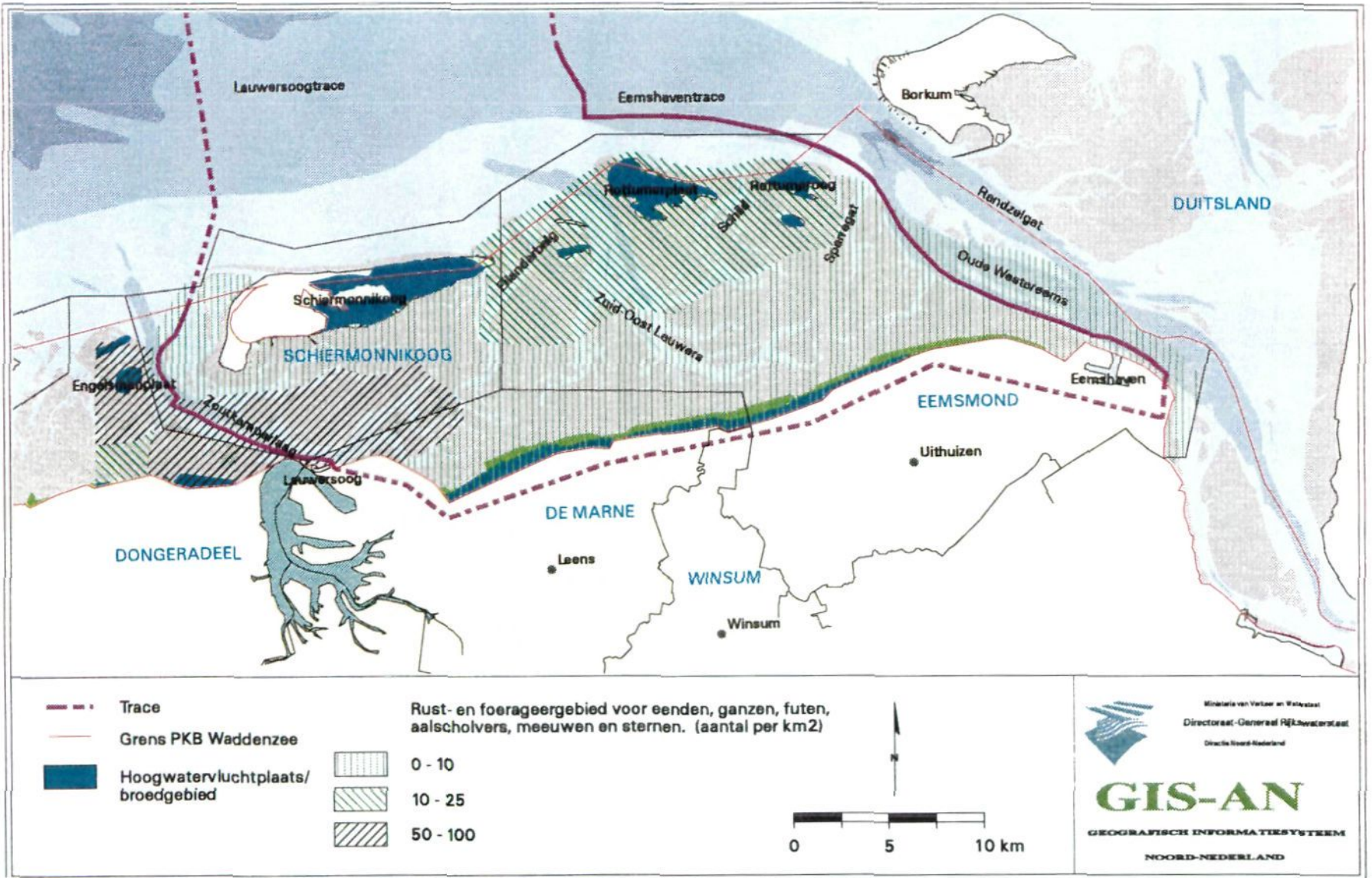
	vogelsoort	maximum aantal	periode
gemiddelde dichtheid in het te bestuderen gebied 10 - 50 per km <sup>2</sup>	brandgans	43.000	winter
	rotgans	50.000	voorjaar
	bergeend	30.000	winter
	eidereend	25.000	voorjaar
	wilde eend	24.000	winter
	goudplevier	10.000	najaar
	zilverplevier	18.000	voorjaar
	rosse grutto	37.000	voorjaar
	kokmeeuw	20.000	zomer/najaar
	stormmeeuw	10.000	najaar
gemiddelde dichtheid in het te bestuderen gebied 50 - 100 per km <sup>2</sup>	smient	70.000	najaar
	wulp	60.000	najaar
	kanoetstrandloper	50.000	najaar
	zilvermeeuw	33.000	najaar
gemiddelde dichtheid in het te bestuderen gebied 100 per km <sup>2</sup>	scholekster	100.000	najaar/winter
	bonte strandloper	70.000	voorjaar

Tabel 5.4.5.a Maximale aantallen van de belangrijkste vogelsoorten in het oostelijk deel van de Waddenzee, en de jaargetijden waarop de cijfers betrekking hebben

#### *De Waddenzee als rust- en foerageergebied*

De grote biomassa van de macrobentische fauna op de wadplaten en in de kwelders maken het waddengebied tot een rijk foerageergebied voor vele vogelsoorten, zoals steltlopers, meeuwen, ganzen en eenden. In figuur 5.4.5 zijn de rust- en foerageergebieden in het te bestuderen gebied en de aantallen vogels per vierkante kilometer weergegeven voor diverse watervogels, waaronder ganzen, eenden, aalscholvers, futen, meeuwen en sterns.





Figuur 5.4.5 Locaties hoogwatervluchtplaatsen / broedgebieden en rust- en foerageergebieden voor vogels

Steltlopers, vooral scholeksters, bonte strandlopers, kanoetstrandlopers, rosse grutto's, zilverplevieren en wulpen foerageren in grote aantallen op droogvallende platen. Wulpen, eenden en ganzen zoeken hun voedsel vooral op graslanden, met uitzondering van eidereenden en andere duikeenden die met name foerageren op mossel- en kokkelbanken die droogvallen of permanent onder water staan. Sterns jagen op vis en kreeftachtigen. Meeuwen verzamelen hun voedsel in de geulen, op wadplaten, bouwland en grasland en in steeds mindere mate op vuilstortplaatsen [Meltofte et al., 1994].

Op de wadplaten in het te bestuderen gebied komen steltlopers bij laag water plaatselijk voor in dichtheden van 500 - 1.000 per vierkante kilometer. In de jaren 1980 - 1991 zijn in de Deense, Duitse en Nederlandse Waddenzee vele simultaantellingen uitgevoerd [Meltofte et al., 1994]. De belangrijkste resultaten daarvan voor de gebieden rond het Eemshaventracé en het Lauwersoogtracé zijn vermeld in tabel 5.4.5.a; de aantallen in de tabel zijn de maxima die in één telgebied, op één teldag in één van de jaren zijn bepaald.

Eenden, ganzen, futen, aalscholvers, meeuwen en sterns kunnen op het water overtijen, en zijn daarom niet op hoogwatervluchtplaatsen aangewezen. Het gedrag van sommige van deze soorten vertoont bovendien een ingewikkeld ritme, waarin niet alleen het getij maar ook de afwisseling van dag en nacht een rol speelt. Als vogels op een hoogwatervluchtplaats worden verstoord, verliezen ze veel energie. Met name in de ruiperiode (in de herfst en daarvoor) is dat ongunstig omdat het vliegvermogen dan minder is en het en ruien toch al veel energie kost; ook in de broedperiode (in het voorjaar en de zomer), als de jongen gevoed moeten worden, is verstoring nadelig voor overtijende vogels [Rijkswaterstaat, 1989; Dankers et al., 1990; De Jong et al., 1993].

#### *De Waddenzee als migratie- en overwinteringsgebied*

Voor trekkende en overwinterende vogels is de beschikbaarheid van voldoende voedsel van levensbelang. In een overwinteringsgebied moeten vogels voldoende voedsel kunnen vinden om te overleven, en tijdens de voor- en najaarstrek moeten ze op pleisterplaatsen vetreserves opbouwen om de trek naar noordelijke broedgebieden of zuidelijke overwinteringsgebieden aan te kunnen. Door zijn voedselrijkdom is het waddegebied het belangrijkste migratie- en overwinteringsgebied van West-Europa. De meeste vogels die er verblijven zijn carnivoor en voeden zich met het macrozoöbenthos en met vissen [Smit & Wolff, 1983; Smit, 1983 en 1987; Wolff & Binsbergen, 1985; Spaans, 1987; Anon., 1991; Dijksen, 1993; De Jong et al., 1993]. De migratieroutes van een vogelsoort liggen min of meer vast, en de pleisterplaatsen langs de routes worden elk jaar in dezelfde periode bezocht.

soort	aantallen		percentage v.d. NW-Europese populatie in NL (1994). <sup>2)</sup>
	WZ (1989) <sup>1)</sup>	NL (1994) <sup>2)</sup>	
brandgans	50.000	64.800	56%
rotgans	56.000	68.100	44%
wintertaling	45.000	42.000	11%
eidereend	125.000	135.000	18%
bergeend	58.000	42.529	15%
smient	163.000	224.469	49%
pijlstaart	9.000	10.681	12%
wilde eend	28.000	338.661	7%
middelste zaagbek	18.000	12.000	15%
grote zaagbek	12.000	15.221	8%
zilvermeeuw	78.000		
scholekster	242.000	280.000	40%

Tabel 5.4.5.b Maximale aantallen overwinterende vogels in de wadden (WZ) en Nederland (NL); percentages van de Noordwest-Europese populatie in Nederland in 1994 [1: Rijkswaterstaat, 1989; 2: Osieck & Hustings, 1994]

De gevoeligste periode valt niet voor alle soorten migrerende en overwinterende vogels op hetzelfde moment. Een groot aantal van de steltlopers die in het najaar als trekvogel in het wadengebied verblijven, ruit er ook. Hoewel de slagpenrui meestal in de nazomer en de herfst valt, zijn er tussen de soorten verschillen in de maximale aantallen ruiende vogels en de periode waarin ze ruien. De najaarstrek vindt plaats van juli tot en met oktober, maar in september zijn de aantallen het grootst; tijdens de voorjaarstrek is de verblijftijd korter en zijn de aantallen van de meeste soorten kleiner [Meltofte et al., 1994].

De vogels die gedurende de winter in het wadengebied verblijven (de zogenaamde overwinteraars) arriveren in het najaar en hun populaties zijn van december tot februari het grootst. In tabel 5.4.5.b zijn de maximale aantallen in de Waddenzee en in Nederland voor de belangrijkste vogelsoorten opgesomd. Daaruit blijkt dat het wadengebied een zeer belangrijk overwinteringsgebied is voor met name brandganzen, rotganzen, smienten en scholeksters; daarvan verblijft respectievelijk 56, 44, 49 en 40% van de gehele Noordwest-Europese populatie tijdens de winter in de wadden.

#### ***De invloed van antropogene factoren op de vogelstand***

Het verstoren van vogels kan drie soorten gevolgen hebben. Een direct gevolg is dat de dieren vluchten voor de verstoringsbron; een indirect gevolg is dat ze in gebieden waar menselijke activiteiten plaatsvinden in kleinere dichtheden voorkomen dan elders; en een gevolg op lange termijn is de vogels een regelmatig verstoord gebied geheel verlaten en er ook na het staken van de activiteiten niet terugkeren [De Jong et al., 1983].



De mate waarin vogels worden verstoord, is afhankelijk van een aantal factoren, waaronder de verstoringgevoeligheid van de soort. Grote vogelsoorten (aalscholver, lepelaar, wilde eend) blijken schuwer te zijn dan kleine soorten (strandlopers); en onder de steltlopers is de scholekster toleranter dan de rosse grutto, die weer toleranter is dan de wulp [Smit & Visser, 1993; Spaans et al., 1996]. Rotganzen zijn nog gevoeliger voor verstoring dan wulpen. Het weer, de grootte van de groep waarin de dieren leven en de mate waarin een bepaald gebied wordt verstoord, beïnvloeden de verstoringgevoeligheid van vogels eveneens. Bij slecht weer zijn ze eerder verstoord, en in grote groepen ook. In gebieden met weinig verstoring zijn vogels eerder verstoord dan vogels in meer verstoorde (agrarische) gebieden [Smit & Visser, 1993; Spaans et al., 1996]. Ook de tijd van het jaar blijkt van invloed: in de zomer zijn veel soorten minder schuw dan in de winter.

De belangrijkste verstoringbron op hoogwatervluchtplaatsen is van natuurlijke aard: roofvogels [Spaans et al., 1996]. De toegenomen recreatiedruk in de Waddenzee, met name de aanwezigheid van kleine vliegtuigen, wordt echter beschouwd als het belangrijkste verstoringprobleem [Smit & Visser, 1993]. Vogels worden door mensen op de wadplaten ernstiger gestoord dan door voorbijvarende schepen [Spaans et al., 1996].

In het algemeen kan verstoring zowel door visuele bronnen als door geluid worden veroorzaakt. Voor "normale" verstoringbronnen, zoals wandelaars en professionele en recreatieve scheepvaart, wordt voor vogels een afstand van 500 m beschouwd als veilig [Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1993]. Dat houdt voornamelijk verband met de mogelijkheid van visuele verstoring. Geluidverstoring treedt op als het geluid van menselijk handelen de achtergrondwaarde (in de Waddenzee 35 - 45 dB(A)) duidelijk overschrijdt.

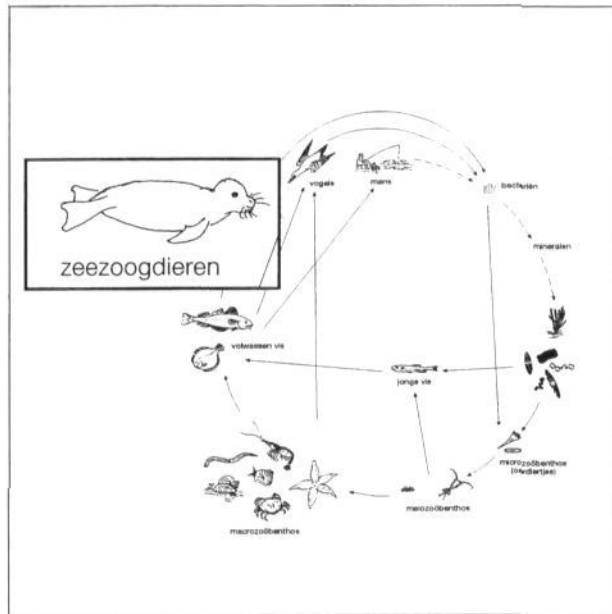
De vangst van vissen en schelpdieren in de Waddenzee heeft een grote invloed op vogelsoorten die van deze prooien afhankelijk zijn [Ten Brink & Colijn, 1990]. De overbevissing van kokkels en mosselen in recente jaren heeft tot een verhoogde sterfte van eidereenden en scholeksters geleid, waardoor de populaties daarvan sterk in omvang afnamen [Anon., 1991; Van de Kuip, 1991; Beukema, 1992b; De Jong et al., 1993].

De toegenomen troebelheid, die mede wordt veroorzaakt door de boomkor- en schelpdiervisserij, verkleint de kans op succes van op het zicht jagende vogels, zoals de aalscholver en verscheidene soorten sterns en meeuwen [Ten Brink & Colijn, 1990; De Jong et al., 1993]. Dit kan de verklaring zijn voor het geringe broedsucces van de grote stern in de Waddenzee. Omdat de oudervogels grotere afstanden moeten vliegen om voedsel te vergaren, kost het foerageren zelf teveel energie. Dat gaat ten koste van de hoeveelheid voedsel die voor de kuikens verzameld kan worden, waardoor de kuikens verhongeren [Stienen & Brenninkmeijer, 1992].

De meest direct waarneembare voorbeelden van de invloed van menselijke activiteiten op het ecosysteem zijn vogels die het slachtoffer zijn geworden van de vervuiling: aangespoelde dode, met olie bedekte of in plastic of nylondraad verstrikte dieren. Jaarlijks worden op de Nederlandse Noordzee- en Waddenzeestranden 30.000 dode vogels gevonden, waarvan ruim tweederde met olie is besmeurd [De Jong et al., 1993]. Het gebruik van pesticiden leidde in het verleden tot een sterk verminderd broedsucces, onder andere bij sterns [Anon., 1991; De Jong et al., 1993].

#### 5.4.6 Zeezoogdieren

In het waddengebied en de kustzone komt een viertal soorten zeezoogdieren voor: de gewone zeehond, de grijze zeehond, de bruinvis en de tuimelaar. Dit zijn beschermde soorten in het kader van de NB-wet. In het te bestuderen gebied komt normaal alleen de gewone zeehond voor; de grijze zeehond wordt in kleine aantallen in het westelijk deel van de Waddenzee aangetroffen, rond de zandplaat de Richel tussen Vlieland en Terschelling. Bruinvissen worden zo nu en dan in de kustzone ten noorden van de waddeneilanden gesignaleerd, tuimelaars slechts zeer zelden. Derhalve wordt in het onderstaande voornamelijk de gewone zeehond besproken.



De gewone zeehond is een typische bewoner van kustgebieden. Aan het begin van deze eeuw was de soort zeer talrijk. In 1992 bedroeg het aantal dieren (circa 1.500) nog geen tiende van de aantallen aan het begin van deze eeuw. Door de jacht nam het aantal dieren sterk af; toen de jacht was gestopt, veroorzaakten PCB's weinig geboortes en een hoge jeugdsterfelijkheid, waardoor in 1974 nog slechts circa 300 individuen over waren [Reijnders, 1976, 1978, 1980 en 1992a; Fransz & Reijnders, 1978]. Sindsdien is een langzaam herstel ingetreden, dat voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door immigratie uit de Duitse en Deense Waddenzee. Ook opvangcentra voor zieke zeehonden hebben hieraan bijgedragen [Rijkswaterstaat, 1989].

In 1987 werd het aantal zeehonden in de internationale Waddenzee op 9.000 exemplaren geschat, waarvan zo'n 1.050 in het Nederlandse deel. In 1987 - 1988 werden de dieren getroffen door een epidemische virusinfectie, waarbij 60% van de totale populatie stierf. De populatie heeft zich in de afgelopen jaren echter goed hersteld. In 1993 werd het aantal dieren in de gehele Waddenzee geschat op 8.200 waarvan 1.100 in het Nederlandse deel. In 1994 was het aantal zeehonden weer op het niveau van voor de virusinfectie, met 1.230 dieren in de Nederlandse Waddenzee. In de jaren na de epidemie zijn af en toe nog dieren aan het virus gestorven en worden incidenteel nog besmette dieren aangetroffen [Brosseur & Reijnders, 1994]. De populatie neemt inmiddels in de Nederlandse Waddenzee verder toe, in 1995 waren er 1.350 dieren, in 1996 1.590 en in 1997 werden 2020 zeehonden geteld [Köhler, 1997; P.J.H. Reijnders, mondelinge mededeling, 1997]. De toename van de populatie in de laatste jaren is toe te schrijven aan vermindering van PCB's in het waddennmilieu en gesloten 'zeehondengebieden' en mogelijk ook aan natuurlijke selectie tijdens het virusepidemie waardoor vooral de zwakkere dieren stierven.



Gewone zeehonden gebruiken de Waddenzee als verblijfsgebied, als foerageergebied en als voortplantingsgebied. De functie van een bepaald gebied wordt bepaald door het getij, dat de dagcyclus van de zeehond vastlegt, en door de tijd van het jaar, die bepaalt in welke fase van de levenscyclus de dieren zijn.

#### *De dagcyclus van de gewone zeehond*

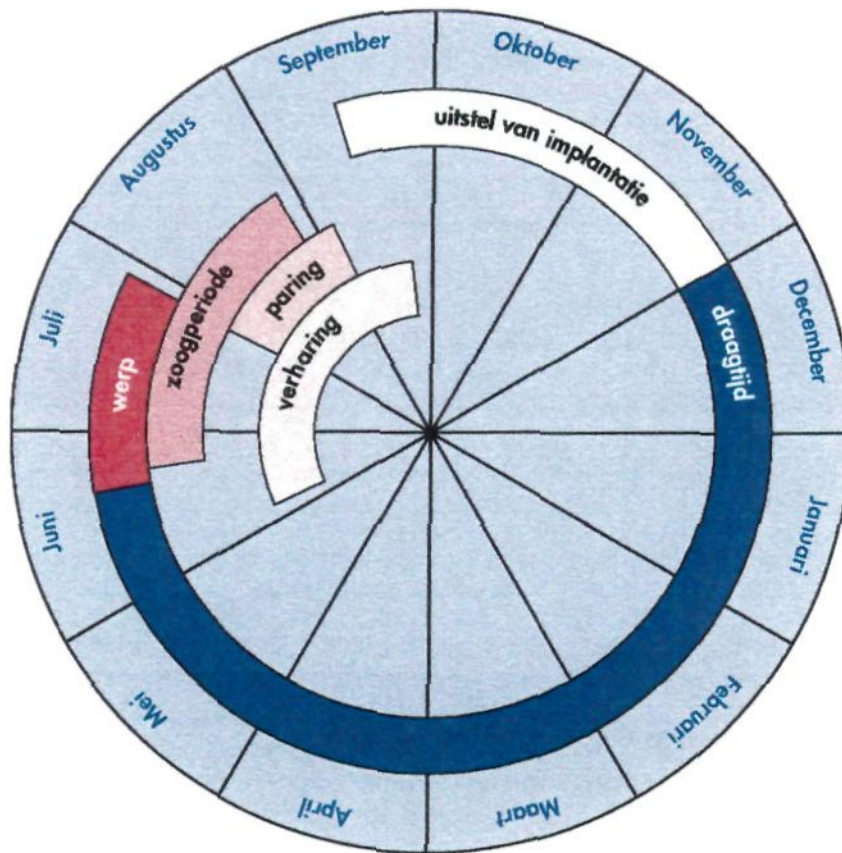
Bij laag water liggen gewone zeehonden meestal op zandbanken en wadplaten; dit wordt *haul out*-gedrag genoemd. De belangrijkste criteria voor de keuze van de ligplaatsen zijn de afwezigheid van verstoring door mensen en de toegang tot dieper water [Reijnders, 1992a]. Daarnaast spelen abiotische factoren een rol, zoals de droogvaltijd, de bodemsoort, de helling en de beschutting tegen bijvoorbeeld wind. Ligplaatsen worden het gehele jaar gebruikt voor rust en comforthandelingen: het drogen van de vacht, zonnen, krabben, rusten, slapen en sociale interacties [Brasseur & Reijnders, 1994].

Over de verspreiding van zeehonden bij hoog water is weinig bekend. Waarschijnlijk wordt de hoogwaterperiode met name gebruikt om te foerageren. De grootte van het foerageergebied is in sterke mate afhankelijk van factoren als de beschikbaarheid van voedsel. Aan de Engelse kust reiken foerageergebieden tot 60 km rond het voortplantingsgebied [Wood et al., 1993; Thompson et al., 1993]. In het ondiepe, voedselrijke water van de Waddenzee kunnen zeehonden waarschijnlijk relatief gemakkelijk hun dagelijkse voedselbehoefte dekken, waardoor ze het gehele jaar dichterbij de buurt van de ligplaatsen kunnen blijven [Ries, 1993]. Het grootste deel van het foerageren vindt plaats in de geulen, maar bij hoog water wordt ook boven de wadplaten gefoerageerd. Men neemt aan dat de zeehonden in een straal van enkele kilometers rond de ligplaatsen zwemmen en duiken. Het foerageergedrag is opportunistisch; vooral ruim beschikbare vissen als bot, schol, haring en wijting worden gegeten.

#### *De levenscyclus van de gewone zeehond*

In de jaarlijkse levenscyclus van de gewone zeehond zijn drie perioden in het bijzonder van belang: de periode voor en tijdens de geboorte van de pups (half juni - juli), de periode waarin de pups worden gezoogd (half juni - augustus) en de ruiperiode (juni - half september). In deze perioden zijn de ligplaatsen voor de dieren nog veel belangrijker dan in de rest van het jaar, en kan verstoring zeer negatieve gevolgen hebben. De jaarlijkse cyclus is weergegeven in figuur 5.4.6.a.

In het voorjaar neemt het aantal zeehonden op de ligplaatsen toe. Drachtige wijfjes zoeken in het algemeen de minst verstoorde gebieden op [Thiel et al., 1992]. Nog niet volwassen dieren en minder dominante individuen komen in het voortplantingsseizoen waarschijnlijk meer voor op "suboptimale platen", waar meer verstoring plaatsvindt [Reijnders, mondelinge mededelingen, 1997]. De pups worden in de periode half juni - juli geboren, met een geboortepiek in de tweede helft van juni [Reijnders, 1992a]. Rust is essentieel in de periode voor en tijdens de geboorte. Zeehonden kunnen de geboorte uitstellen tot een geschikt moment (het begin van een laagwaterperiode). De pasgeboren jongen kunnen bij het volgende hoogwater reeds zwemmen. Naarmate het moment van de geboorte van de jongen nadert, nemen de negatieve effecten van verstoring van de drachtige wijfjes toe.



Figuur 5.4.6.a De levenscyclus van de gewone zeehond [Brasseur & Reijnders, 1994]

De jongen worden gedurende drie tot zes weken gezoogd, voor zover bekend alleen op de platen bij laag water. De melk bevat een zeer hoog percentage vet (circa 43%) en de jongen nemen in de zoogperiode ongeveer 20 kg in gewicht toe. In deze periode zijn zeehonden zeer verstoringgevoelig. In de eerste plaats hebben de pups rustperiodes nodig die voldoende lang zijn; bij verstoring vluchten de zeehonden het water in, waardoor de pups te zeer vermoeid raken. Verder kunnen ze zoogbeurten missen, met het risico dat ze te weinig vetreserves opbouwen om de periode na het zogen te overleven. Na de zoogperiode moet een pup namelijk interen op de opgebouwde vetreserves en in korte tijd leren zelfstandig te jagen.

Verstoring tijdens de zoogperiode heeft nog andere nadelen voor de zeehondenpups. Het kan gebeuren dat een pup zijn moeder niet kan volgen en haar kwijtraakt. Een pup die zijn moeder kwijt is, laat vaak een klaaglijk geluid horen en wordt daarom een "huiler" genoemd. Zo'n huiler heeft een zeer geringe kans om te overleven. Verder kan de navelstreek van een zeehond bij het vluchten voor een verstoring worden beschadigd door schuifelen over zand en schelpen. Met name pups zijn hier erg gevoelig voor. Dit kan leiden tot infecties rond de navelstreek, die jaren kunnen aanhouden, als het jonge dier de infectie al overleeft [Drescher, 1978; Stede, 1991].

In augustus, tijdens de verharingsperiode, zijn de grootste aantallen individuen op de wadplaten aanwezig. Na de rui nemen deze aantallen in het najaar af. In de winter wordt slechts de helft van de maximale aantallen in de Waddenzee waargenomen. De dieren hebben dan een voorkeur voor de wadplaten dicht bij de Noordzee, mogelijk als gevolg van de migratie van prooidieren naar warmer en dieper water [Brasseur & Reijnders, 1994].

#### *Verspreiding en populatiegrootte van de gewone zeehond*

De belangrijkste ligplaatsen van de gewone zeehonden in de Waddenzee zijn weergegeven in figuur 5.4.6.b. In het oostelijk deel van de Waddenzee zijn de ligplaatsen het talrijkst; daar wordt ook circa 80% van de jongen geboren [Van der Molen, 1993]. Buiten de aangegeven belangrijke ligplaatsen komen ook op andere wadplaten zeehonden voor, maar onregelmatig en in wisselende en meestal geringe aantallen. Deze ligplaatsen zijn niet in figuur 5.4.6.b opgenomen. Deze verspreid voorkomende zeehonden betreft meest jonge dieren.

Gewone zeehonden zijn zeer honkvast, en trouw aan lig- en voortplantingsplaatsen. Jonge dieren kunnen zich echter over grotere afstanden verplaatsen. Dit gedrag ligt ten grondslag aan de netto immigratie vanuit Duitse en Deense Waddenzee naar het Nederlandse deel. Uit merkonderzoek in Denemarken is gebleken dat 70% van de pups en 90% van de volwassen dieren in het geboortegebied blijft [Härkönen, 1987].

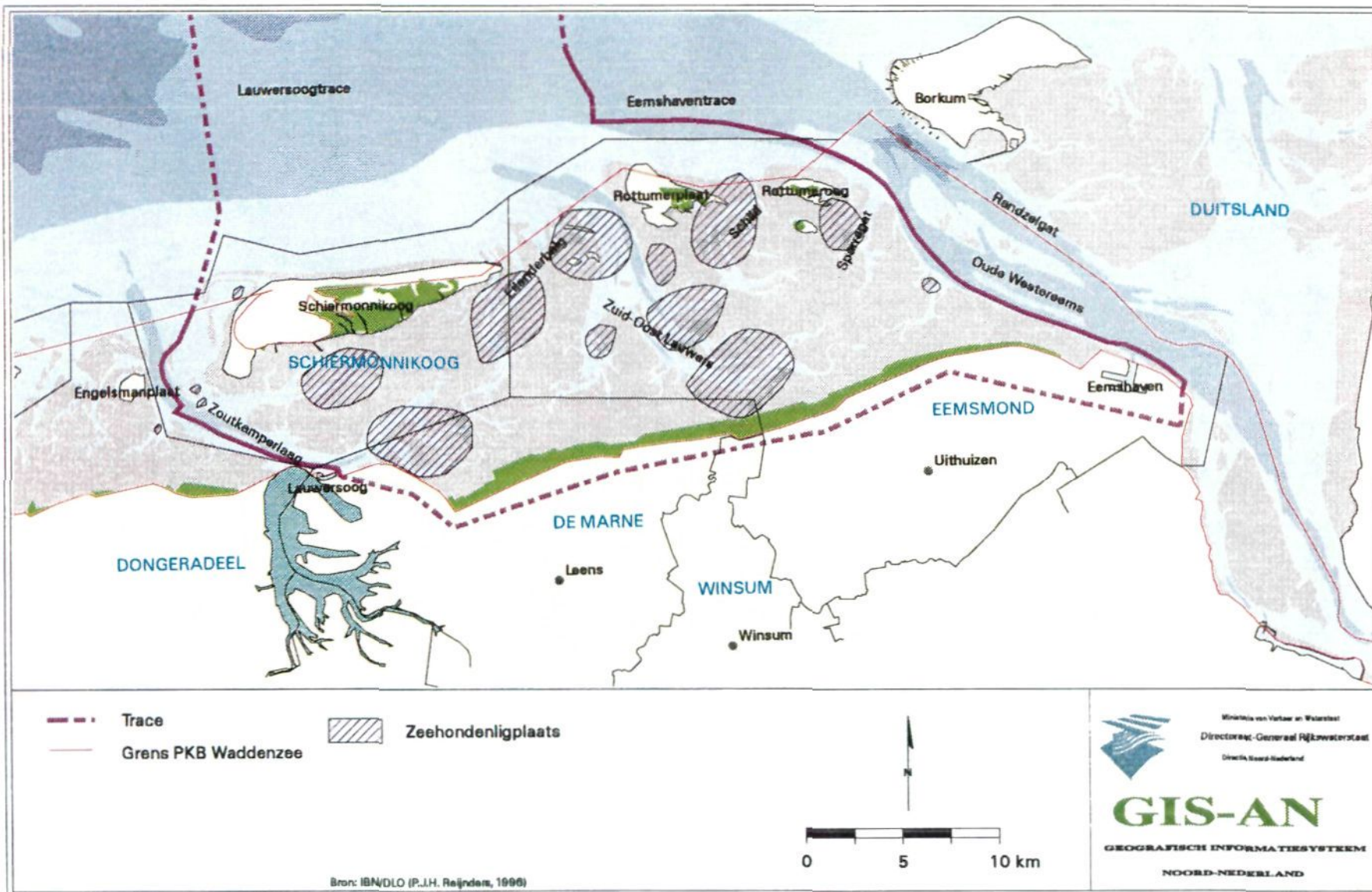
De huidige verspreiding van de gewone zeehond is een weerspiegeling van de verstoring, maar ook van de bescherming door de mens [Thiel et al., 1992]. De verstoringen in het verleden uiteten zich nog steeds in het gedrag van de zeehonden [Sips, 1988]. In de Waddenzee vertonen ze geen *haul out*-gedrag op de stranden, en ze gaan alleen op zandbanken en wadplaten liggen. Het ligpatroon is ook aangepast aan de verstoringdruk: de dieren liggen in een lint langs de waterlijn en volgen deze bij afgaand en opkomend water, zodat ze zo snel mogelijk het water in kunnen vluchten [Reijnders, 1982; Brasseur & Reijnders, 1994].

De meeste pups worden momenteel geboren in gesloten gebieden. Deze gebieden bieden bescherming in de voortplantingstijd, omdat ze niet toegankelijk zijn voor recreatie; ook voor een deel van de beroepsvaart is het verboden terrein (vissersschepen mogen er in sommige gevallen doorheen varen). De grenzen van deze gesloten gebieden worden jaarlijks op basis van waarnemingen bepaald.



Figuur 5.4.6.b Zeehondenligplaatsen

H5 - 46



### *De invloed van antropogene factoren op de zeehondenstand*

De belangrijkste oorzaken van het gebrekkige herstel van de populatie na het beëindigen van de jacht zijn verstoring en vervuiling [Reijnders, 1992b]. Opvangcentra voor zeehonden hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan zowel het instandhouden als het herstel van de populatie in het Nederlandse deel van de Waddenzee [Rijkswaterstaat, 1989]. Migratie uit het Duitse en Deense deel van de Waddenzee heeft hierbij ook een rol gespeeld.

Over de verstoring van zeehonden die zich onder water bevinden, is vrijwel niets bekend. De belangrijkste oorzaken van verstoring op de ligplaatsen zijn visuele objecten en geluid. De verstoringafstand wordt in belangrijke mate bepaald door de grootte van de verstoringbron en het geluid dat deze maakt. De afstand waarop zeehonden een potentiële verstoringbron waarnemen en erop reageren, is echter ook afhankelijk van andere factoren zoals de tijd van het jaar, de weersomstandigheden, de snelheid van de verstoringbron en de verblijfstijd van de verstoringbron binnen het gebied en binnen de verstoringafstand [Brasseur & Reijnders, 1994].

In de "Aanwijzing Staatsnatuurmonument Waddenzee II" [Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1993] staat dat als veilige afstand om verstoring te voorkomen 1.500 m moet worden gehanteerd. Brasseur en Reijnders [1994] hebben de invloed van diverse verstoringbronnen op het gedrag van zeehonden onderzocht. Zij adviseren de afstand waarbij zeehonden een eerste reactie vertonen op een verstoringbron als een veilige afstand te hanteren. Uit hun onderzoek volgt dat voor de grootste en luidruchtigste verstoringbronnen in het onderzoek, drie motorkruisers met een motorvermogen van 100 tot 150 pk en een snelheid van 15 km/uur, de afstand waarbij een eerste reactie werd waargenomen gemiddeld 942 m bedraagt met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 750 m - 1.200 m. De onderzoekers concluderen hieruit dat 1.200 m als veilige afstand aangemerkt kan worden. Zij geven aan dat extrapolatie van deze gegevens naar andere, niet onderzochte verstoringbronnen met enige voorzichtigheid geoorloofd is. Verwacht wordt dat de verstoringafstand bij grotere, meer luidruchtige bronnen groter zal worden.

Hoewel de hele Waddenzee voor wat zeehonden betreft als verstoord gebied moet worden beschouwd, is het mogelijk onderscheid te maken tussen de verschillende deelgebieden op basis van de verstoringdruk. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen gebieden met een grote, reeds bestaande verstoring en gebieden met veel minder verstoring. De scheepvaart op de routes naar Lauwersoog of Delfzijl en de Eemshaven veroorzaakt veel verstoring, terwijl elders minder scheepvaart is, zoals in de Lauwers. Een andere oorzaak van verschillen in de verstoringdruk is de zonering van de recreatie, de beroepsvaart en andere verstorende activiteiten. In de meest kwetsbare periode (het voortplantingsseizoen) zijn bepaalde gebieden gesloten; niet toegankelijk voor het publiek. Men moet zich echter realiseren dat deze gebieden voor de beroepsvaart niet geheel gesloten zijn, en dat één van de wadlooproutes naar Rottumeroog deels in gesloten gebied ligt. De verstorende gevolgen van wadlopen kunnen zeer beperkt worden gehouden als de wadlopers op voldoende afstand van de zeehonden blijven.

Vervuiling heeft negatieve gevolgen voor zeehonden. Moeilijk afbreekbare contaminanten zoals zware metalen, pesticiden (zoals DDT) en andere organochloorverbindingen (waaronder PCB's) accumuleren in de voedselketen. In predatoren bovenaan de voedselketen kunnen deze stoffen in grote concentraties worden aangetroffen.

Organochloorverbindingen verstoren het hormoonevenwicht van zeehonden. Er bestaat een verband tussen de aanwezigheid van PCB's in het voedsel en een afname van het reproductiesucces van zeehonden [Reijnders, 1986; Boon et al., 1987].

#### 5.4.7 De invloed van het seizoen op de kwetsbaarheid van flora en fauna

Menselijk handelen kan een nadelige invloed hebben op organismen of populaties van organismen in de Waddenzee. De mate waarin organismen schade ondervinden als gevolg van bepaalde handelingen is afhankelijk van de aard van de handelingen en mogelijk ook van de tijd van het jaar. In tabel 5.4.7 zijn de perioden vermeld dat vissen, vogels en zeehonden kwetsbaar zijn.

Groene planten hebben licht nodig voor fotosynthese. Menselijk handelen waardoor de troebelheid van het water toeneemt en de mate waarin licht erin doordringt dus afneemt, *remmen de groei van groene planten. Dit is alleen merkbaar in de vegetatieperiode, die afhankelijk van de plantesoort tussen het voorjaar en het najaar plaatsheeft.*

Voor het zoöplankton en het zoëbenthos zijn geen perioden aan te geven wanneer zij meer of minder kwetsbaar zijn. In het koude jaargetijde zijn de ongewervelde dieren weinig actief, en voor de herbivore soorten is dan weinig voedsel beschikbaar. De populatiedichtheden zijn in de winter over het algemeen klein, maar schade aan de kleinere populatie van dat moment heeft wellicht wel gevolgen voor de ontwikkeling van de populatie na de koude periode.

*Vissen zijn in de paaitijd relatief kwetsbaar. Een verhoogde sedimentatie kan de eieren bedekken, waardoor het voortplantingssucces afneemt; een verhoogd ZSG kan bovendien nadelig zijn voor vislarven.*

De kwetsbare periode van vogels wordt bepaald door het deel van de jaarcyclus dat ze in de Waddenzee doorbrengen. Vogels die in het gebied broeden, zijn in de broedperiode gevoelig voor verstoring op het nest en tijdens het foerageren; dat laatste kan ertoe leiden dat de jongen ondervoed raken. Vogelsoorten die op vis jagen (zoals sterns) ondervinden de gevolgen van een verhoogd zwevend-stofgehalte ook vooral tijdens de periode dat zij hun jongen voeren, omdat een verminderde doorzichtdiepte leidt tot een kleinere kans op succes en dus ook tot ondervoede jongen. Ruiende vogels verblijven op open water of in specifieke concentratiegebieden, en zijn in de ruiperiode gevoelig voor verstoring omdat het ruien zelf al veel energie kost. Vogels die op hoogwatervluchtplaatsen verblijven en overwinterende vogelsoorten zijn extra gevoelig in perioden waarin hun voedsel schaars is, en in tijden dat er sterke voedselconcurrentie is.



Zeehonden zijn kwetsbaar in de periode dat de jongen worden geboren en gezoogd; verstoring kan dan leiden tot sterfte onder de pups. In de nazomer, als de volwassen dieren nog niet volledig zijn verhaard, kunnen verstoringen waardoor de dieren langdurig in het water verblijven nadelig zijn.

	maand	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V I S S E N	botervis	X										X	X
	grondels						X	X	X				
	dikkopje						X	X	X				
	snotolf		X	X									
	zeedonderpad	X								X	X	X	X
	koornaarvis				X	X	X	X					
	geep					X	X	X	X	X			
	zeestekelbaars					X	X						
V O G E L S	broedvogels				X	X	X	X					
	pleisterende en overwinterende vogels	X	X	X					X	X	X	X	X
	ruiende vogels						X	X	X	X	X		
	zee-eenden in het kustgebied	X	X	X						X	X	X	X
Z E E H O N D E N	gewone zeehond, wifjes met jongen						X	X	X	X			
	verharende zeehonden						X	X	X	X	X		

Tabel 5.4.7 Perioden (X) waarin vissen, vogels en zeehonden kwetsbaar zijn



## 5.5 Het ecosysteem van de Noordzeekustzone

De voedselketen in de kustzone is vergelijkbaar met die in de Waddenzee. De groep primaire producenten bestaat in de kustzone echter alleen uit fytoplankton, omdat op de bodem onvoldoende licht doordringt om groei van bodemalgen mogelijk te maken. De secundaire producenten omvatten zoöplankton, voornamelijk roeipootkreeftjes, vislarven en vissen en bodemdieren. De groep consumenten wordt gevormd door bodemdieren, grotere vissen, zeevogels en zoogdieren zoals zeehonden en soms bruinvissen.

### 5.5.1 Het fyto- en zoöplankton

#### *Het fytoplankton*

Het fytoplankton is de enige groep primaire producenten van betekenis in open zee en vormt de basis van de voedselketen in de Noordzee. Doordat het fytoplankton zich niet onafhankelijk van de stroming kan verplaatsen, is de soortensamenstelling in de kustwateren van de zuidelijke Noordzee net als in Waddenzee vrijwel uniform. Een indeling van het fytoplankton in zones valt vrijwel samen met de indeling van de watermassa's [Bergman et al., 1991]. De variatie in de tijd is wel groot en hangt nauw samen met variaties in temperatuur, zonlicht en nutriëntentoevoer. In de kustzone is de invloed van de seizoenen op het fytoplankton vrijwel gelijk aan die in de Waddenzee.

De belangrijkste antropogene invloed op het fytoplankton in de Noordzee is de eutrofiëring. Door de extra toevoer van stikstof en fosfaat in de laatste 30 jaar is de groei van het fytoplankton toegenomen en is de soortensamenstelling veranderd [Cadeé & Hegeman, 1986; Cadeé, 1992]. Lokaal wordt de groei van het fytoplankton ook beïnvloed door sterke verhogingen van het zwevend-stofgehalte (bijvoorbeeld door baggeren).

#### *Het zoöplankton*

Bacteriovoor microzoöplankton is het gehele jaar aanwezig in de ondiepe kustwateren [Joiris et al., 1982]. Bacteriën komen in het kustwater in grotere dichtheden voor dan verder uit de kust [Vosjan et al., 1992].

Copepoden (roeipootkreeftjes) vormen het grootste deel van de biomassa van het mesozoöplankton. Vier soorten vormen circa 80% van de totale biomassa van het zoöplankton in de zuidelijke Noordzee [Nihool en Phol, 1977]; de soortensamenstelling kan in de loop van het jaar echter sterk variëren. De dichtheid op open zee is veel groter dan in de kustzone, hoewel de primaire productie in deze gebieden vergelijkbaar is [Van Leeuwen et al., 1994]. Dit wordt ten dele toegeschreven aan de grote productie door *Phaeocystis* in het ondiepe kustwater, een algensoort die door de meeste zoöplanktonsoorten nauwelijks wordt begraasd [Joiris et al., 1982].

Het macrozoöplankton bestaat voornamelijk uit kwallen, hoewel sommige grotere kreeftachtigen en vislarven ook daartoe behoren. De meest algemene kwallen in de kustwateren van het zuidelijk deel van de Noordzee zijn de ribkwal en de schijfkwal. In mei groeit de populatie daarvan in de kustgebieden vaak explosief; daarna neemt de dichtheid weer snel af. Predatie door ribkwallen kan soms zeer ingrijpend zijn voor de dichtheden van het mesozoöplankton. Kwallen voeden zich voornamelijk met copepoden en zeepoklarven maar prederen ook op vislarven die naar het ondiepe waddengebied migreren, zoals schol, bot, tong en haring [Van der Veer, 1986].

### 5.5.2 Het zoöbenthos

#### *Micro- en meiozoöbenthos*

Het microzoöbenthos bestaat uit bacteriën, protozoën en schimmels die leven van detritus en van andere micro-organismen. Microzoöbenthos wordt zelf gegeten door meio- en macrozoöbenthische diersoorten. De literatuur bevat weinig informatie over het microzoöbenthos [Van Leeuwen et al., 1994].

Het meiozoöbenthos bestaat uit nematoden (tenminste 85%), kleine crustaceeën en protozoa [Huys et al., 1992]. Het meiozoöbenthos in het Horsborngat, tussen Rottumeroog en Borkum, bestaat hoofdzakelijk uit nematoden, met copepoden als de tweede belangrijke groep [Rijkswaterstaat, 1985]. De meiofauna in het gebied van de Terschellingbank tot de Deense westkust behoort min of meer tot dezelfde gemeenschap en omvat zowel zeer kleine, in de interstitiële ruimte van het sediment levende organismen als grotere gravende soorten [Huys et al., 1990]. Het is niet mogelijk er een indicatorsoort aan te wijzen.

De dichtheid van de meiofauna in het noordoostelijk deel van de kustzone bij de waddeneilanden is groter dan die in het zuidwestelijk deel. De grootste dichtheden komen voor tot 5 km uit de kust; verder weg nemen de aantallen nematoden af. Alleen bij Schiermonnikoog zijn de dichtheden tot 15 km uit de kust groot. Copepoden en Gastrotricha zijn net buiten de kustzone (5 tot 25 km) talrijker, behalve bij Rottummeroog, waar ze ook vlak onder de kust in grote aantallen kunnen voorkomen [Van Scheppingen & Groenewold, 1990].

Het meiozoöbenthos vormt een belangrijke voedselbron voor het macrozoöbenthos, vislarven en juveniele vis (vooral platvis). Hoewel de totale biomassa van het meiozoöbenthos in vergelijking met die van het macrobenthos laag is, is de metabolische activiteit van de meiofauna 1 tot 5 maal zo hoog [Gerlach, 1971]. Zeitschel & Davies [1978] schrijven 30 tot 45% van het zuurstofverbruik in het sediment toe aan de meio- en microfauna. De dichtheden zijn zeer stabiel door de regelmatige aanwas van individuen.

#### *Het macrozoöbenthos*

De verspreiding van de macrofauna wordt in de hele Noordzee in de eerste plaats bepaald door de temperatuur. Naast de temperatuur spelen ook factoren als bodemsamenstelling, diepte en voedselaanbod een belangrijke rol.

Het macrozoöbenthos vormt een belangrijke voedselbron voor kustvogels en een aantal commercieel belangrijke rondvissoorten, zoals wijting, kabeljauw en schelvis. De schelpdieren in de kustzone vormen zelfs het belangrijkste voedsel van overwinterende eenden. Daarbij is met name *spisula* van belang voor zwarte zee-eenden en eidereenden, waarvan er 's winters meer dan 100.000 respectievelijk meer dan 80.000 in de Nederlandse kustzone verblijven [Baptist en Wolf, 1993].

De kustzone ten noorden van de Waddenzee is voor de meeste macrozoöbenthossoorten in de Waddenzee een belangrijke bron van larven. Dit herkolonisatiemechanisme is zeer belangrijk, vooral na koude winters, als voor lage temperaturen gevoelige dieren massaal sterven [Bergman & Leopold, 1992]. Het omgekeerde transport, van de Waddenzee naar de kustzone, kan ook plaatsvinden. De populatie nonnetjes in de kustzone is geheel ontstaan door de vestiging van larven uit de Waddenzee [Beukema & De Vlas, 1989].

Verder fungeert de kustzone voor een aantal soorten (bijvoorbeeld schol) als kinderkamer.

#### *In het sediment levend macrozoöbenthos*

In het sediment leven vooral schelpdieren, wormen, stekelhuidigen en kreeftachtigen [Heip et al., 1990]. Het noordoostelijk kustgebied van de Waddenzee, bij Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog, is qua biomassa en aantallen individuen rijker dan het zuidwestelijk deel, en dat geldt met name voor de zone tot 5 km uit de kust. Alle groepen behalve de Crustacea zijn hier sterker vertegenwoordigd. De Hollandse kustzone tot bij Vlieland omvat ook minder soorten macrozoöbenthos: 10 - 20, tegen 20 tot 30 soorten in de kustzone bij de oostelijke waddeneilanden [ICONA, 1992].

In het algemeen zijn in de kustzone de borstelwormen het meest talrijk. Verder worden in dit gebied de tweekleppigen nonnetje, halfgeknotte strandschelp (*spisula*), platschelp en zaagje en de kreeftachtige *Urothoe* in grote dichtheden aangetroffen. Stekelhuidigen zijn direct onder de kust niet of nauwelijks aanwezig [Van Scheppingen & Groenewold, 1990]. De verspreiding en de dichtheid van de zeeklit kan van jaar tot jaar sterk verschillen en is afhankelijk van de broedval en de wintertemperatuur [Anon., 1990]. Dichtbij de kust zijn de tweekleppige schelpdieren in grotere aantal aanwezig dan verder in zee. Zij, en met name *spisula*, zijn hier voor wat de biomassa betreft de belangrijkste groep. *Spisula* prefereert zand met lage slibgehaltenes, zowel grof als fijn [Offringa, 1991].

In het te bestuderen gebied zijn zowel de biomassa als de soortenrijkdom in de monding van de Eems lager dan in de meer westelijke gebieden. In het buitengebied van het Eems-Dollardestuarium zijn borstelwormen en nonnetjes zeer algemeen [Rijkswaterstaat, 1985], maar de totale hoeveelheid schelpdieren ten noorden van Rottumerplaat en Rottumeroog is klein. *Spisula*banken, nonnetjes, kokkels en zaagjes komen in wisselende dichtheden voor in de kustzone van Schiermonnikoog tot ongeveer IJmuiden; *spisula* is met name van Terschelling tot Schiermonnikoog de dominante soort [Leopold, 1996].

Bij schelpdieren kunnen grote fluctuaties optreden in de populatiegrootte, vooral bij soorten met een relatief lang larvaal stadium zoals *spisula*. Wanneer ze worden verwijderd, treedt het herstel van de populatie pas na enige tijd in. Herkolonisatie vindt plaats door passief transport van planktonische larven uit nabije gebieden [Van Leeuwen et al., 1994]. In de winter van 1990 - 1991 veranderden tijdens een onderzoek naar de *spisula*populatie in de kustzone van onder andere Schiermonnikoog de dichtheid en de biomassa aanzienlijk onder invloed van predatie door vogels, vissen en zeesterren, maar ook als gevolg van stormen [Offringa, 1991]. In het najaar van 1993 is door overbevissing een belangrijk deel van de *spisula*banken verdwenen. Fluctuaties in de *spisula*populatie leiden tot fluctuaties in de populaties zee-eenden in de kustzone. Voor een aantal schelpdieren in de Waddenzee, zoals kokkels, is de kustzone een belangrijke bron van planktonische larven, die bijdraagt aan het herstel van door stormen en overbevissing gedecimeerde populaties op de wadplaten [Beukema & De Vlas, 1989].

#### *Op het sediment levend macrozoöbenthos*

De fauna die op het sediment in de Noordzee leeft, bestaat uit stekelhuidigen, kreeftachtigen, zeeanemonen, koralen en sponzen; er zijn dus zowel mobiele als sessiele soorten. De biomassa is het hoogst rond de Doggersbank, op het Friese Front en in de Nederlandse kustzone. In het kustgebied heeft de zeester het grootste aandeel in de biomassa. Verder komen de slangster en de garnaal algemeen voor [Duineveld et al., 1990; 1991]. De populatiedichtheid van de garnaal neemt snel af met een toenemende diepte. Bij de kust kan de dichtheid van jaar tot jaar sterk wisselen, met name onder invloed van grote fluctuaties in de aantallen predatoren zoals wijting en kabeljauw [Boddeke, 1989].

De garnaal is een succesvolle soort, dankzij een grote tolerantie voor een lage en fluctuerende saliniteit en een gevarieerd dieet. Zijn voedsel bestaat vooral uit kleine kreeftachtigen en wormen; zelf vormt de garnaal een belangrijke voedselbron voor vissen zoals wijting, jonge kabeljauw en schar [Stam, 1988]. Garnaallarven zijn vrijzwemmende diertjes; het worden pas bodembewoners wanneer zij ongeveer 5 tot 7 mm lang zijn [Boddeke, 1989]. Het ondiepe kustwater fungeert als kinderkamer voor jonge garnalen, die zich pas in juni - juli blijvend vestigen [Driessen, 1982]. Volwassen wijfjes migreren in het voorjaar naar het ondiepe kustwater en de Waddenzee; in herfst en winter vindt een omgekeerde migratie plaats, naar dieper water [Anon., 1990].

Ook andere soorten macrozoöbenthos op het sediment kunnen seizoensmigratie vertonen. Een voorbeeld daarvan zijn de zwemkrabben in het Eems-Dollardestuarium, die verder uit de kust overwinteren [Rijkswaterstaat, 1985].



### *De invloed van antropogene factoren op het zoöbenthos*

Boomkorvisserij veroorzaakt een fysieke verstoring van de bodem, waardoor bentische fauna wordt verwijderd en beschadigd. De diepte van de verstoorde laag is afhankelijk van het soort vistuig (licht of zwaar) en van de aard van het sediment, die beïnvloedt hoe diep het vistuig in de bodem doordringt. Het verdwijnen van een aantal macrobenthossoorten in het Nederlandse deel van de Waddenzee is gerelateerd aan de intensieve boomkorvisserij. Directe gevolgen van de pelagische visserij zijn niet aangetoond [Bergman et al., 1991].

Ten gevolge van de eutrofiëring heeft in de Nederlandse kustzone gedurende de laatste decennia een verschuiving in de dichtheid en de soorten samenstelling van de macrofauna plaatsgevonden. Met name polychaeten, maar ook schelpdieren zijn in aantal toegenomen [Bergman et al., 1991].

Van de spisulapopulatie zijn door overbevissing in de winter van 1992 - 1993 slechts voor Ameland en Schiermonikoog enkele kleine banken overgebleven. Dat heeft geleid tot een sterke afname van de aantallen in het gebied overwinterende zwarte zee-eenden. In februari 1995 werd een gering herstel van de spisulapopulatie in de kustzone waargenomen [Leopold, 1996].

#### 5.5.3 Vissen

In de Noordzee wordt de verspreiding van vissoorten voornamelijk bepaald door factoren als saliniteit, temperatuur, sedimentsamenstelling, waterdiepte en de beschikbaarheid van voedsel. De grote ruimtelijke variatie in deze factoren heeft geleid tot het ontstaan van een zeer gevarieerde visfauna: er zijn meer dan 200 soorten waargenomen [Bergman et al., 1991]. De meeste vissen die in grote aantallen voorkomen, worden ook commercieel bevestigd; daarover is dan ook de meeste informatie beschikbaar.

Men kan de Noordzee verdelen in drie zones, met verschillend samengestelde gemeenschappen vissen: de rand van het Continentaal Plat (diepte meer dan 200 m), het centrum van de Noordzee (diepte 40 - 200 m) en het zuidoosten (diepte minder dan 40 m). Het Nederlandse deel bevindt zich in de laatste zone. De biomassa van platvis en haring is daar in de zomer groter dan in de andere twee zones; de biomassa van kabeljauwachtigen is er gemiddeld en die van roggen is er kleiner dan in de andere twee zones [Daan et al., 1990].

In het zuidoostelijk deel van de Noordzee waren in de periode 1982-1985 de volgende tien vissoorten op het gebied van biomassa het belangrijkste (in het totaal 92%): schar (22%), wijting (22%), grauwe poot (13%), horsmakreel (10%), schol (6%), kabeljauw (5%), schelvis (5%), haring (4%), makreel (3%) en ruwe haai (2%). De seizoensmigraties van verschillende soorten, zoals de toestroom van makreel en horsmakreel in de zomer, veroorzaken seizoensgebonden schommelingen in de biomassa. De biomassa kan ook van jaar tot jaar sterk verschillen [Daan et al., 1990].

### *Verspreiding en migratie van vissen*

De verspreiding van de meeste vissoorten is sterk afhankelijk van de leeftijd van de dieren. Jonge vissen leven veelal in het relatief ondiepe water in het centrum en het zuidoosten van de Noordzee, oudere dieren in dieper water. De jongste leeftijdsgroepen (0, I en II) van sommige soorten leven hoofdzakelijk in specifieke opgroeigebieden. Schol, tong, griet, tarbot, haring, sommige roggesoorten en in mindere mate kabeljauw en schar gebruiken de kustzone, met inbegrip van estuariene gebieden zoals de Waddenzee, het Deltagebied en het Eems-Dollardgebied, als opgroeigebied ("kinderkamer").

Haring, schol en kabeljauw schieten kuit in veraf gelegen gebieden; de reststroom in de Noordzee vervoert de larven naar de kustgebieden. Andere soorten, zoals tong, paaïen in de kustzone en de Waddenzee zelf. Volwassen tongen trekken daarvoor in april - juni vanuit de Noordzee naar de ondiepe gebieden [De Veen, 1967]. In het pelagische levensstadium (ongeveer een maand nadat de eieren zijn uitgekomen) worden de larven over slechts kleine afstanden vervoerd; daarna vestigen jonge tongen zich in de ondiepe kustzone en de Waddenzee. Er zijn geen vissen die uitsluitend in de Nederlandse kustwateren paaïen. De aanvang en de duur van de paaiperiode verschillen per soort; de paaitijd kan enkele maanden duren, zoals bij wijting, schar en sprout, of juist veel korter, zoals bij sommige platvissen als tarbot, griet en tong [Daan et al., 1990].

Vissen die de Waddenzee als kinderkamer gebruiken, overwinteren in het warme kustwater. In zeer warme perioden vluchten ze naar de koudere (en daardoor zuurstofrijkere) kustzone. Schollen van de leeftijdsgroepen 0, I en II trekken in de herfst en de winter van de Waddenzee naar de kustzone. Een deel van groepen I en II trekt in het voorjaar niet terug naar de Waddenzee, maar blijft het hele jaar in de kustzone [De Veen et al., 1979]. Met name in de nazomer en de herfst worden de grootste hoeveelheden jonge schol langs de Nederlandse kust aangetroffen [Van Noort et al., 1979]. In herfst en de winter trekken ook tongen van de Waddenzee naar de kustzone ten noorden van de waddeneilanden. Volwassen kabeljauw en wijting hebben een voorkeur voor koud, diep water. Alleen de jonge dieren (groepen 0, I en II) verblijven het hele jaar in het kustwateren van de internationale Waddenzee [Bergman & Leopold, 1992].

Het verspreidingspatroon van sommige soorten is afgestemd op dat van hun voedingsbron. Kabeljauw, wijting, vijfdradige meun en slakdolf eten voornamelijk garnalen, en zijn daarom talrijk in het oostelijk deel van de Waddenzee en de kustzone voor de oostelijke waddeneilanden [Bergman & Leopold, 1992; Hovenkamp & Van der Veer, 1993]. Tabel 5.5.3 geeft een overzicht van de migraties van een aantal vissoorten.

soort	leeftijdsgroep	aankomst	vertrek
schol	0	eind februari - april	oktober *
	I	december - maart	idem
	II	zomer	idem
tong	0	april/mei	oktober *
	I en II	april/mei	idem
bot	0	april/mei	oktober **
	volwassen	maart/april	idem
schar	0	juli	herfst *
	volwassen	voorjaar	zomer *
makreel		zomer	oktober *
wijting	0	zomer en herfst	winter **
	I en II	voorjaar en zomer	idem
kabeljauw	0	juli - december	zomer
	I en II	herfst en winter	idem
haring	0	februari/maart	oktober/november *
	I	april	juni *

\* Overwinteringsgebied ver uit de kust

\*\* Overwinteringsgebied in de kustzone

Tabel 5.5.3 Overzicht van de migratiebewegingen van enkele vissoorten in de ondiepe kustwateren bij de waddeneilanden [Van Leeuwen et al., 1994]

#### *De invloed van antropogene factoren op de visstand*

De Noordzeevisserij heeft van alle menselijke invloeden de grootste invloed op de aanwezige visfauna van de Noordzee. De gevolgen van de boomkorvisserij voor de visstand zijn duidelijk waarneembaar: door de toegenomen intensiteit waarmee werd gevist, steeg de opbrengst in de jaren '60 en '70, maar hoewel de intensiteit in de jaren '80 gelijk bleef of zelfs nog meer toenam, daalde de opbrengst. Veel commerciële vissoorten zijn overbevist [NSTF, 1993]. Het instellen van vangstquota voor sommige commercieel belangrijke soorten als haring en schol en het sluiten van delen van de Noordzee voor bepaalde vormen van visserij zullen ongetwijfeld de negatieve invloed op de visstand in de Noordzee beperken [Ten Brink & Colijn, 1990]. De populaties van enkele niet commercieel beviste soorten, zoals de grote pieterman en sommige rogge- en haiesoorten, zijn ook sterk in omvang afgenomen, waarschijnlijk eveneens als gevolg van de visserij. Deze dieren worden niet met opzet gevangen, maar raken vaak gewond of worden gedood door het materieel dat bij het vissen wordt gebruikt (boomkorren). Ook maken ze in grote aantallen deel uit van de bijvangst (vaak een veel groter deel van het totale gewicht van de vangst dan de "verkoopbare" vis) en hebben daardoor ook als ze weer overboord zijn gezet een heel kleine kans te overleven [ICES, 1991; BEON, 1992]. Het is echter niet uit te sluiten dat de achteruitgang van deze soorten ook andere oorzaken heeft, zoals klimaatveranderingen en strenge winters [NSTF, 1993].

Voor de invloed van vervuiling, het zwevend-stofgehalte en de invloed van geluid wordt verwezen naar paragraaf 5.4.4.

#### 5.5.4 Vogels

De Noordzee en met name de Noordzeekustzone van het waddengebied zijn van groot belang voor veel vogels, vooral in de winter en in de trektijd. Naast een aantal "echte" zeevogels, die het grootste deel van het jaar op zee verblijven, zijn er ook vogels die slechts gedurende een bepaalde tijd gebruik maken van de Noordzee, bijvoorbeeld om er te foerageren of te overwinteren.

*Zeevogels hebben in het algemeen een lange levensduur en worden pas op hogere leeftijd volwassen: ze broeden pas wanneer ze 4 - 12 jaar oud zijn. Hun overlevingsgraad is hoog maar hun reproductiesnelheid laag, en daardoor zijn ze tamelijk kwetsbaar [Davidson & Rothweil, 1993].*

De zeevogels vormen een groep toppredatoren die, doordat ze aan de top van de voedselketen staan, een goede indicatie geven van de toestand van de lagere trofische niveaus en daarmee van het gehele milieu.

De nu volgende beschrijving van de bestaande toestand in de kustzone van het waddengebied is met name gebaseerd op de resultaten van een in de periode 1989 - 1992 uitgevoerd "monitoring"-programma van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (voorheen de Dienst Getijdewateren) van Rijkswaterstaat, en van de Nederlandse Zeevogelwerkgroep [Camphuysen en Leopold, 1994]. Daaruit bleek ook de populatiedichtheid van alle vogels samen in de Noordzeekustzone tot 40 km, zoals in tabel 5.5.4 vermeld. In het broedseizoen 7 per km<sup>2</sup>, in de nazomer, herfst 9 km<sup>2</sup> en in de winter 21 vogels per km<sup>2</sup> [Baptist & Wolf, 1993].

soort	kustzone		
	april-juli	augustus-november	december-maart
n. stormvogel	2.000	2.000	1.500
jan van gent	500	5.000	1.000
alkachtigen	3.000	3.000	14.000
drieteenmeeuw	2.000	8.000	14.000
g. mantelmeeuw	200	6.000	6.000
k. mantelmeeuw	19.000	17.000	2.500
dwergmeeuw	9.000	3.000	3.000
duikers	100	150	2.300
z. zee-eend	17.000	30.000	110.000
eidereend	17.000	8.000	80.000
grote stern	4.500	2.500	60
visdief/ n. stern	4.000	9.000	-
stormmeeuw	4.000	8.000	22.000
zilvermeeuw	19.000	22.000	40.000
kokmeeuw	1.000	5.000	7.000
<b>totaal</b>	<b>102.000</b>	<b>129.000</b>	<b>303.000</b>

Tabel 5.5.4 Aantallen vogels in een ongeveer 40 km brede kustzone, berekend op basis van waarnemingen uit de periode 1989 - 1992 [Baptist & Wolf, 1993]



### *Broedvogels*

Kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen zijn de meest algemeen voorkomende Nederlandse broedvogels in de Noordzeekustzone, gevolgd door de kokmeeuw, de stormmeeuw en de sternachtigen. De meeste soorten broeden in de kustzone van West-Nederland (in de duinen) of in het waddengebied.

Kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen blijven voor het foerageren bij voorkeur dicht onder de kust, waardoor de populatiedichtheden van deze soorten bij de eilanden groot zijn en in de buitenzone klein [Dijksen, 1993].

Sommige andere broedvogels op de waddeneilanden gebruiken in de broedperiode zowel de Noordzeekustzone als de Waddenzee om te foerageren. Sternes foerageren tot voorbij de zeegaten. De normale actieradius van grote sternes bedraagt in het waddengebied 15 - 40 km [Veen, 1977]; van foeragerende visdieven is dat 5 of hooguit 13 km [Stienen & Brenninkmeijer, 1992]. Na het uitvliegen van de kuikens neemt de actieradius toe, en in de loop van augustus en september trekken de vogels weg.

De dwergsternes die broeden op Rottumeroog en Rottumerplaat foerageren vlak onder de kust; hun broedseizoen duurt normaal gesproken van half april tot september [Keijl & Koopman, 1991].

### *Trekvogels*

In het voor- en najaar trekken honderdduizenden vogels door het te bestuderen gebied, op weg naar hun broed- of overwinteringsgebieden. De kustzone is, samen met het waddengebied, voor een aantal soorten die er korter of langer blijven om te foerageren van groot belang. De meeste vogels passeren het gebied echter alleen maar. Trekkende vogels gebruiken de kustlijn om zich te oriënteren.

Onvolwassen en mannelijke zwarte zee-eenden migreren vanaf juni naar de ruigronden in het oosten van de Noordzee [Carter et al., 1993]. Ook de trek van zee-eenden naar hun oostelijke en noordelijke broedgebieden komt pas laat in het voorjaar op gang, en daarvoor bevinden zich grote aantallen van deze vogels in het gebied. Grote aantallen zee-eenden trekken vanaf dat moment door de Noordzeekustzone van het waddengebied, onder andere op weg naar locaties langs de Hollandse kust en het Deltagebied.

Buiten de broedtijd verspreiden jan-van-genten zich over zee; vooral de oudere vogels overwinteren in de Noordzee. In de gehele Noordzee bevinden zich dan 70.000 - 106.000 van deze vogels [Camphuysen, 1993]. In de kustzone lijken jan-van-genten een voorkeur te hebben voor de zeegaten, met name in de herfst. Boven scholen vis kunnen zich grote aantallen verzamelen.

De grootste aantallen aalscholvers worden in de nazomer en in de herfst in het waddengebied aangetroffen. Duizenden aalscholvers ruien er en leggen reserves aan voor de migratie. Zij gebruiken de wadden en de Noordzeekustzone om te foerageren. Het aantal rustende aalscholvers op Rottumerplaat en Rottumeroog is de laatste jaren toegenomen [Keijl & Koopman, 1991]. In de kustzone komen ze vooral voor van mei tot oktober; ze hebben dan een voorkeur voor de zeegaten. De populatiedichtheden in het te bestuderen gebied zijn het grootst in het Borndiep, het Westgat en op de Ballonplaat. Aalscholvers gaan niet ver de zee op; men ziet ze niet in de buitenzone.

Duikers trekken vooral tussen begin april en eind mei, doorgaans met een piek in de laatste twee weken van april. De grootste aantallen worden geteld voor de Hollandse kust. Duikers zijn zeer verstoringgevoelig en vliegen reeds op grote afstand op voor *naderende schepen*. *De dichtheden zijn dan ook het kleinst bij de scheepvaartroutes*. De voorjaarsstrek van de dwergmeeuw vertoont een piek van half april tot eind mei. De laatste jaren nemen de aantallen trekkende vogels toe; waarschijnlijk duidt dit op een toename van de aantallen overwinterende dwergmeeuwen.

#### *Overwinterende vogels*

In de winter wordt de kustzone gebruikt door vogels die elders broeden, maar in de Noordzeekustzone van het waddengebied overwinteren. Begin jaren '90 pleisterden er ruim 100.000 zee-eenden. Deze groep is het belangrijkste voor wat betreft de aantallen, maar het is ook de kwetsbaarste groep. Roodkeelduikers en stormmeeuwen overwinteren er in veel kleinere aantallen, maar de populatie is internationaal wel belangrijk. Andere wintervogels in de kustzone zijn futen, noordse stormvogels, alkachtigen, kokmeeuwen, stormmeeuwen, grote mantelmeeuwen en drieteenmeeuwen [Van Leeuwen et al., 1994]. *De kokmeeuw en de stormmeeuw* broeden wel in de regio, maar zijn met name in de koude helft van het jaar op zee te vinden. Zij worden nauwelijks in de buitenzone waargenomen.

De westpalearctische populatie van de zwarte zee-eend wordt geschat op 800.000 tot 1,6 miljoen vogels [Laurson, 1989]. Ruim 10% hiervan overwinterde tot voor kort in Nederlandse wateren. Geen van de andere soorten is met zoveel individuen vertegenwoordigd. De zwarte en grote zee-eenden verspreiden zich op dezelfde manier over het te bestuderen gebied; groepen zwarte zee-eenden omvatten 1 - 10% grote zee-eenden. In sommige jaren kunnen de populaties zee-eenden tot in mei of juni groot blijven.

Het Noordzeekustgebied van Terschelling tot het Borkumer Rif vormt in feite een geheel, en in het hele gebied overwinteren zee-eenden. Met name in de jaren 1991 - 1993 waren de aantallen overwinterende zwarte zee-eenden zeer groot. Bij Terschelling en Schiermonnikoog werden concentraties van respectievelijk 125.000 en 100.000 vogels waargenomen [Leopold, 1993]. In de winter van 1993 - 1994 werd echter minder dan de helft van de aantallen van de voorgaande jaren geteld. Buiten de broedtijd leven zee-eenden van kleine schelpdieren (met een grootte van maximaal 4 cm). Begin jaren '90 is met name de spisula als voedselbron belangrijk geworden [Leopold, 1996]. Afhankelijk van de voedselsituatie verplaatsen de groepen zee-eenden zich tussen de diverse locaties van schelpenbanken in de Nederlandse kustzone. *De rijkste schelpenbanken* liggen in de regel voor de eilanden, niet voor de zeegaten.

Vanaf november komen met name uit de Oostzee ruim 100.000 eidereenden naar het waddengebied. Deze overwinterden voorheen hoofdzakelijk in de westelijke Waddenzee; vóór 1990 werden niet meer dan enkele duizenden individuen in de kustzone waargenomen. Door de geringe hoeveelheid voedsel die in 1992 en 1993 in de Waddenzee beschikbaar was, verbleven grote aantallen eidereenden in de kustzone. Na het verdwijnen van de spisulabanken in januari 1994 namen ook deze aantallen af. In de Waddenzee is echter nog geen herstel waargenomen [Leopold, 1996].

Alkachtigen zijn niet gebonden aan de kust. De verspreiding in het winterseizoen verandert elk jaar met de omstandigheden (de beschikbaarheid van voedsel en het weer). Het zijn onder water jagende vogels, die tot de bodem kunnen duiken (tot meer dan 100 m diep). Ze foerageren vooral op in scholen levende pelagische vis, zoals sprot, haring, verschillende soorten zandspiering en kabeljauwachtigen [Camphuysen & Leopold, 1992]. In de kustzone van het waddengebied komen ze in de herfst en winter vooral voor in de buitenzone.

#### *De invloed van antropogene factoren op de vogelstand*

Zeevogels worden bedreigd door vervuiling met olie; een groeiend gebrek aan geschikte broedgebieden in Nederland (met name voor sterns); de veranderende beschikbaarheid van voedsel; veranderingen in het klimaat; en de toenemende verstoringsdruk.

Veel soorten zeevogels, met name niet-duikende soorten zoals meeuwen en stormvogels, profiteren het gehele jaar van het overboord zetten van visafval en bijvangst door vissersboten. Mogelijk verklaart dit ten dele het succes van deze soorten in deze eeuw. Deze bron van voedsel heeft ook de verspreiding van zeevogels beïnvloed: veel vogels blijken op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat van schip naar schip te vliegen [Baptist & Wolf, 1993]. De kustzone van het waddengebied is door de visserij als alternatief foerageergebied naast de Waddenzee mogelijk belangrijker geworden.

Door de visserij is geleidelijk ook het aanbod van prooidieren veranderd. Duikende viseters zoals de zeekoet hebben in eerste instantie geprofiteerd van de verjonging van de visstand [Baptist & Wolf, 1993]. Toen later ook de kleinere vissen intensief bevestig werden, had dit negatieve gevolgen voor het broedsucces en het overleven van de alkachtigen. In de winter van 1993 - 1994 zijn zeer veel zeekoeten op de Noordzee gestorven; tienduizenden dode vogels spoelden aan, met name op de Engelse kusten, en er dreven er tienduizenden op zee. Deze grote sterfte hield mogelijk verband met de beschikbaarheid van voedsel en de weersomstandigheden [C.J. Smit, mondelinge mededeling, 1997; Leopold, 1996; Leopold et al., 1995].

Kokkelvissers hebben voor de winter van 1993 - 1994 het grootste deel van de spisulabanken in de kustzone bij de waddeneilanden weggevisst, nadat de kokkelvoorraad in de Waddenzee mede door een aantal jaren met een geringe broedval was verkleind. Dit verklaart de plotselinge afname van de aantallen zwarte zee-eenden die die winter in het gebied verbleven. De eidereenden die sinds de sterke bevissing van de kokkelbanken ook aangewezen waren op de kustzone, hebben dezelfde gevolgen ondervonden [Beukema, 1993; Smit, 1994].

Zee-eenden zijn door hun populatiegrootte en kwetsbaarheid de belangrijkste vogels in het te bestuderen gebied. Ze zijn zeer gevoelig voor verstoring en vluchten voor ieder naderend schip. Vooral in de ruitijd, vanaf half juli tot augustus, zijn de dieren zeer verstoringgevoelig en dus extra kwetsbaar [Carter et al., 1993]. De hoge kwetsbaarheid hangt voor een belangrijk deel samen met het voedselgedrag. Zee-eenden verblijven in groepen in een bepaald gebied vanwege de grote populatiedichtheden macrobenthos (schelpenbanken). Deze bevinden zich in een bepaald jaar op een vaste plaats, en verstoring betekent dat ze tijdelijk in minder goede gebieden moeten foerageren of zelfs helemaal geen voedsel hebben.

#### 5.5.5 Zeezoogdieren

In de kustzone komen de vier soorten zeezoogdieren voor die ook in de Waddenzee worden aangetroffen: de gewone zeehond, de grijze zeehond, de bruinvis en de tuimelaar. Daarnaast worden buiten de kustzone op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat regelmatig witsnuitdolfijnen gezien; af en toe worden zeldzame gasten gesignaleerd.

##### *De gewone zeehond*

Gewone zeehonden uit de Waddenzee komen met name in de koude helft van het jaar ook voor in de Noordzee, zoals blijkt uit waarnemingen vanaf schepen [Van Leeuwen et al., 1994]. Het merendeel wordt in de kustzone van het waddengebied waargenomen tussen de dieptelijnen van 10 en 20 m [Leopold et al., 1993]. In het najaar en in de winter hebben gewone zeehonden in de Waddenzee een voorkeur voor ligplaatsen op wadplaten dichtbij de Noordzee. Dat heeft mogelijk te maken met de migratie van prooidieren naar het warmere en diepere water van de Noordzeekustzone [Brasseur & Reijnders, 1994]. Wellicht zijn de zeehonden op de ligplaatsen dichtbij de Noordzeekustzone van het waddengebied het hele jaar sterker van deze kustzone afhankelijk dan de dieren die zich dieper in de Waddenzee bevinden.

In de kustzone leggen de dieren lange afstanden af. Vooral jonge en subadulte zeehonden ondernemen in relatief korte tijd lange tochten; een aantal dieren werd tot 150 km van de merkplaats aangetroffen [Ries, 1993]. Dit gedrag heeft in belangrijke mate bijgedragen aan het in stand houden van de populatie gewone zeehonden in de Nederlandse Waddenzee [De Jong et al., 1993; Ries, 1993; Van Leeuwen et al., 1994].

##### *De overige zeezoogdieren*

Omtrent het gedrag van de grijze zeehonden in het waddengebied is weinig bekend. Uit onderzoek dat elders is verricht, is bekend dat ze zich gemiddeld over grotere afstanden verplaatsen dan gewone zeehonden, waarbij ze in korte tijd honderden kilometers kunnen afleggen. In het algemeen gebruiken de dieren voor het foerageren een groot gebied in de kustwateren rond de voortplantingsplaatsen [Reijnders, 1992b].



De bruinvis is de meest algemene walvisachtige op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat. Begin deze eeuw kwam de soort nog zeer algemeen voor, met name in het kustgebied, en ze strandden regelmatig [Verwey & Wolff, 1981b]. Het aantal bruinvissen op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat nam vanaf de jaren 1940 snel af; vanaf de jaren '60 nam ook het aantal strandingen sterk af. In de periode 1972 - 1985 was de bruinvis een zeer zeldzame gast geworden langs de Nederlandse kust [Camphuysen, 1994]. Sinds het midden van de jaren '80 worden vooral in de winter (van december tot april) weer vaker bruinvissen gezien. Mogelijkerwijs komen de bruinvissen die op de offshore gebieden van de Noordzee overwinteren, foerageren aan de Nederlandse kust en met name in het kustgebied boven de waddeneilanden. Betrouwbare schattingen van de aantallen bruinvissen zijn niet te geven omdat alleen bij een zeer kalme zee, en dus bij zeer goed weer, kan worden geteld.

Voor de gehele zuidelijke Noordzee wordt het aantal dieren grofweg geschat op 20.000 - en de Nederlandse winterpopulatie op circa 750 individuen [Camphuysen & Leopold, 1993]. Het aantal waarnemingen in de winter 1993 - 1994 was in vergelijking met voorgaande jaren sterk verhoogd.

Tot de tweede helft van de jaren '60 was de tuimelaar een algemene soort in de Nederlandse kustwateren. Sindsdien is de soort sterk in aantal afgenomen [Verwey & Wolff, 1981a; Bakker & Smeenk, 1987]. Vanaf 1986 is het aantal waarnemingen langs de kust weer enigszins toegenomen. Dit hangt echter vooral samen met het feit dat de soort intensiever werd gevolgd. In de periode 1990 - 1993 zijn ver uit de kust regelmatig tuimelaars waargenomen, voornamelijk in het zuiden van de Noordzee. Het is niet bekend of dit trekkende dieren of vaste bewoners zijn [Hollander & Van der Reest, 1994].

Op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat is de witsnuitdolfijn de dolfijnsoort die ver uit de kust het meest wordt waargenomen. Deze komt met name voor in het centrum en het noorden van de Noordzee [Bergman et al., 1991]. De witsnuitdolfijn is naast de bruinvis de enige walvisachtige die in het te bestuderen gebied in noemenswaardige aantallen kan voorkomen, bijvoorbeeld om te foerageren. Hij blijft in de regel echter verder uit de kust [Smeenk & Addink, 1990]. Toen de Noordzeekustzone van het waddengebied werd onderzocht, zijn geen witsnuitdolfijnen waargenomen.

#### *De invloed van antropogene factoren op zeezoogdieren*

De belangrijkste verstoringsbron voor zeezoogdieren is geluid, dat in water verder draagt dan in lucht. Met name walvisachtigen zijn zeer gevoelig voor geluidsoverlast [Ten Hallers-Tjabbes, 1988; Anon., 1990; Van Leeuwen et al., 1994], en in de regel mijden walvisachtigen gebieden met geluidsoverlast. Sterke geluidsbronnen kunnen de onderlinge communicatie negatief beïnvloeden en de band tussen wijfjes en hun jongen verstoren. Omdat de dieren geluidsbronnen uit de weg gaan, speelt dit waarschijnlijk geen grote rol, maar de extra bewegingen die daarmee gepaard gaan en de stress die de dieren ervan hebben, leiden wel tot een slechtere conditie. Over de precieze invloed van geluidsoverlast op de populaties zeezoogdieren is nog maar zeer weinig bekend.

Zoogdiersoorten die dicht bij de kust leven, zoals bruinvissen, worden meer aan vervuiling en verstoring blootgesteld dan meer pelagische soorten, zoals de witsnuitdolfijnen [Ten Hallers-Tjabbes, 1988; Smeenk, 1988]. Door hun verschillende gedragspatronen verschillen de soorten ook in hun gevoeligheid voor verstoring. Bruinvissen vluchten in de regel voor naderende schepen, terwijl witsnuitdolfijnen soms juist door schepen worden aangetrokken [Van Leeuwen et al., 1994].

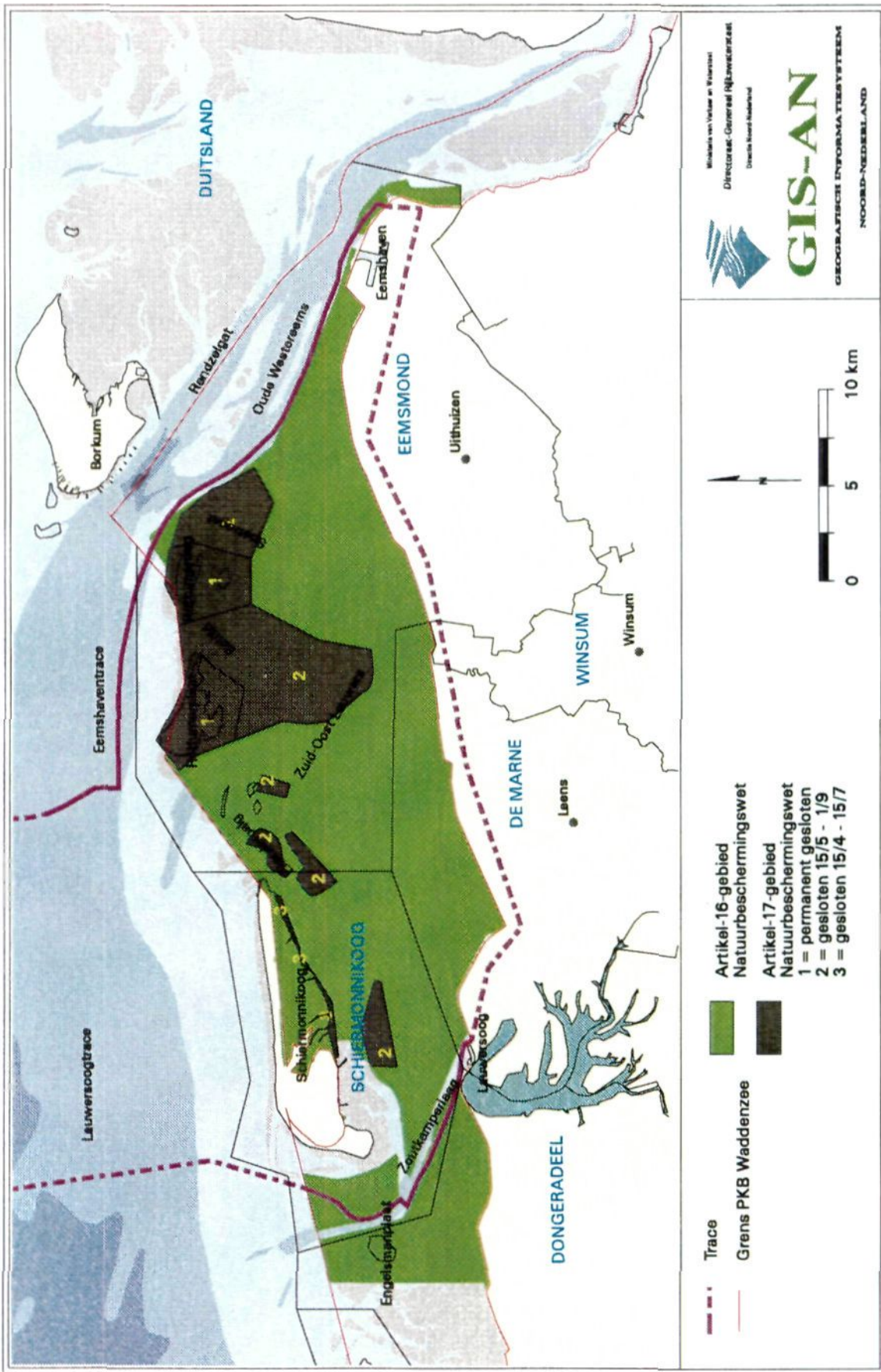
## 5.6 Het maatschappelijk belang van de wadden en de Noordzeekustzone

### 5.6.1 De Waddenzee

#### *Natuurgebied*

De Waddenzee is onderdeel van de ecologische hoofdstructuur zoals aangegeven in het SGR. Nagenoeg de gehele Waddenzee is aangewezen als (staats-) natuurmonument. Met uitzondering van de doorgaande hoofdvaarroutes valt zij onder de regels van de NB-wet. Krachtens deze wet zijn gebieden ingesteld die ten behoeve van zeehonden en vogels gedurende het gehele jaar of een deel daarvan (afhankelijk van de functie van het gebied) zijn gesloten. Het toepassingsgebied van de wet en de *gesloten gebieden zijn aangegeven in figuur 5.6.1.a. Het maatschappelijk belang is, naast de natuurwaarde, als zodanig met name ook gelegen in de aanwezigheid van natuurschoon; het gebied kan worden gekenmerkt als een gebied met een rustieke sfeer en een ongeschonden karakter. Het open, weidse karakter vormt een belangrijk onderdeel van de esthetische kwaliteit en daarmee ook van de belevingswaarde van het landschap. Essentieel is dat de invloed van de menselijke activiteiten op het landschap in het niet zinkt bij het stempel dat de natuurlijke elementen op de Waddenzee drukken.*

Het Lauwersoogtracé voor de kabel doorkruist tot de aanlanding in het havengebied van Lauwersoog geen gesloten gebieden of beschermde natuurmonumenten. Voor het grootste deel ligt het echter buiten de betonde vaargeulen en dus in het staatsnatuurmonument. Ook het Eemshaventracé doorsnijdt geen gesloten gebieden of beschermde natuurmonumenten, maar dit tracé kruist ten oosten van Rottumeroog over circa 2 km het staatsnatuurmonument, dat op de dieptelijn van 6 m grenst aan het gebied dat valt onder het Eems-Dollardverdrag. Alleen het Callantsoogtracé mijdt het Staatsnatuurmonument Waddenzee geheel.



Figuur 5.6.1.a Artikel 16- en artikel 17-gebieden Natuurbeschermingswet