

**Waterkwaliteitsmodellen
voor de Noordzee**

Waterkwaliteitsmodellen voor de Noordzee

Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren
Postbus 20907, 2500 EX 's-Gravenhage

's-Gravenhage, december 1989

INHOUD

1.	Inleiding	5
2.	Waterbeweging	9
3.	Transport	15
4.	Microverontreinigingen	19
5.	Eutrofiëring	25
6.	Calamiteiten	31
7.	Hoe verder?	35



1.0
*De Noordzee is voor veel landen
een belangrijk gebied.*



1.1
*De Noordzee wordt al tientallen
jaren gebruikt als stortplaats voor
allerlei soorten afval.*

1 INLEIDING

De Noordzee moet schoner worden. Daarover is iedereen het eens. Zijne Koninklijke Hoogheid Prins Charles zei op de 2e Noordzee Ministers Conferentie in Londen (1987): "It makes no sense to test it to destruction. While we wait for the doctor's diagnosis, the patient may die". Ook Hare Majesteit Koningin Beatrix benadrukte in haar kerstrede van 1988 dat we het milieu niet langer aan haar lot kunnen overlaten. Er moet dus snel iets gebeuren. Maar dat gaat niet vanzelf. Om nog even bij de patiënt te blijven, deze moet een streng en kostbaar dieet volgen; hij mag alleen nog maar schoon water drinken. Dat betekent dat sommige bedrijven in de Noordzee-landen bijvoorbeeld andere productieprocessen moeten toepassen, of ze mogen hun afval niet meer in zulke grote hoeveelheden lozen als voorheen en ook huishoudelijk- en landbouwafval moeten zorgvuldig behandeld worden. Dat alles kost veel geld. Daarom is het belangrijk om van te voren na te gaan of voorgestelde maatregelen werkelijk helpen. De Dienst Getijdewateren van Rijkswaterstaat heeft hiervoor de beschikking over de nieuwste computermodellen op het gebied van verspreiding en voorkomen van verontreinigende stoffen in het Noordzee-water. Over die modellen gaat deze nota.

vuilnisvat

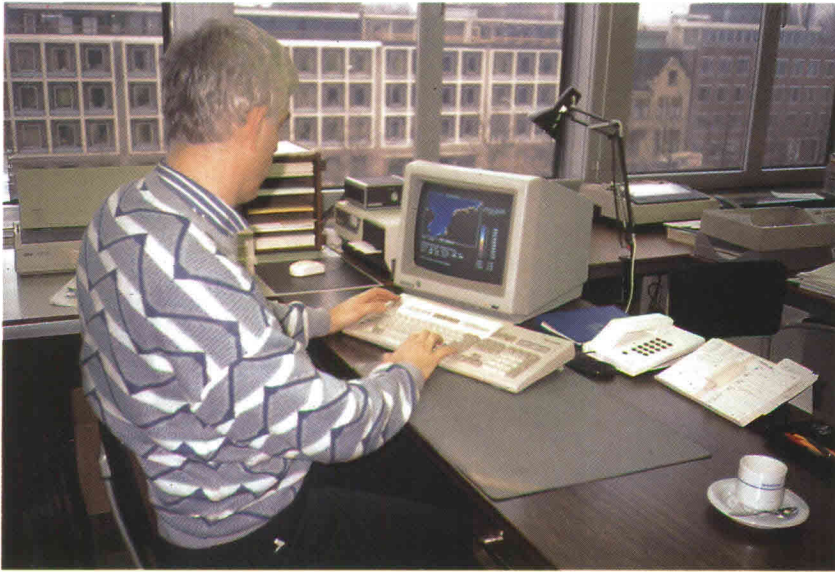
De Noordzee is, zowel voor Nederland als voor de andere omliggende landen een belangrijk gebied. Niet alleen vanuit economisch oogpunt (denk aan visserij, scheepvaart, olie- en gaswinning) maar ook vanwege ecologische-, sociale-, culturele- en wetenschappelijke aspecten.

Maar door alle omringende landen wordt de Noordzee al tientallen jaren gebruikt als vuilnisvat voor de meest uiteenlopende verontreinigende stoffen. Deze stoffen worden aangevoerd via rivieren, de atmosfeer, schepen en boorplatforms.

De gehalten aan voedingsstoffen zijn inmiddels zo hoog opgelopen, dat nogal eens ongewenst grote hoeveelheden algen (soms zelfs giftig) tot ontwikkeling komen. Ook is de concentratie giftige stoffen (zoals zware metalen en allerlei organische microverontreinigingen) in water en bodem voor enkele diersoorten reeds bijna fataal geworden (zeehond, tuimelaar). Verschillende plant- en diersoorten bevatten inmiddels zoveel verontreinigingen, dat ze ongeschikt zijn voor consumptie of zich nauwelijks meer kunnen voortplanten.

actie

In het Noordzeebeleid en -beheer, waarbij voortdurend allerlei tegenstrijdige belangen tegen elkaar afgewogen moeten worden, krijgt de verbetering van de waterkwaliteit tegenwoordig veel aandacht. Recentelijk werden internationale afspraken over het terugdringen van verontreinigingen gemaakt in 1987, te weten het Rijn Actie Programma door de Rijnoverstaten en het Noordzee Actie Programma op de 2e Noordzee Ministers Conferentie in Londen. Deze principe afspraken worden per land vertaald in maatregelen die meestal neerkomen op vermindering van lozingen van afvalstoffen door de industrie, de landbouw en huishoudens. Maatregelen om de lozing van afvalstoffen te verminderen of te voorkomen, kosten echter veel geld. Productieprocessen moeten worden aangepast, zuiveringsinstallaties moeten worden gebouwd of sommige stoffen moeten (tijdelijk) in depots worden opgeslagen. Bovendien neemt de uitvoering van deze maatregelen veel tijd in beslag en is het resultaat ervan in vele gevallen ook niet direct zichtbaar.



1.2
*Computermodellen zijn
behulpzaam bij de voorbereiding
van maatregelen om de vervuiling
van de Noordzee een halt toe te
roepen.*

gereedschap

Het is daarom heel belangrijk dat het effect van voorgestelde maatregelen van te voren zo goed mogelijk geschat kan worden. Hiervoor is een aantal waterkwaliteitsmodellen beschikbaar, waarmee nagegaan kan worden wat de gevolgen zijn voor de concentratie van diverse stoffen op de Noordzee als de toevoer van die stoffen verminderd wordt. In deze waterkwaliteitsmodellen is de beschikbare kennis over de meest relevante fysische-, chemische en biologische processen in de Noordzee verwerkt. De modellen worden enerzijds gevoed met de resultaten van modellen die de waterbeweging en het transport van stoffen beschrijven en leveren anderzijds de informatie aan ecologische modellen, waarin de biologische processen van de Noordzee worden beschreven.

Voor de ontwikkeling van de waterkwaliteitsmodellen is onder andere gebruik gemaakt van veldkennis die de afgelopen tientallen jaren met name in estuaria (Waddenzee, Deltawateren) is opgedaan en de modellen die voor die gebieden zijn ontwikkeld. Bijzonder belangrijk is ook het veldonderzoek dat in de Noordzee zelf is en wordt uitgevoerd en het experimenteel onderzoek in laboratoria en schaalmodellen. Meetgegevens zijn nu eenmaal onmisbaar voor het verkrijgen van invoergegevens, de beschrijving van processen en de afregeling van computermodellen.

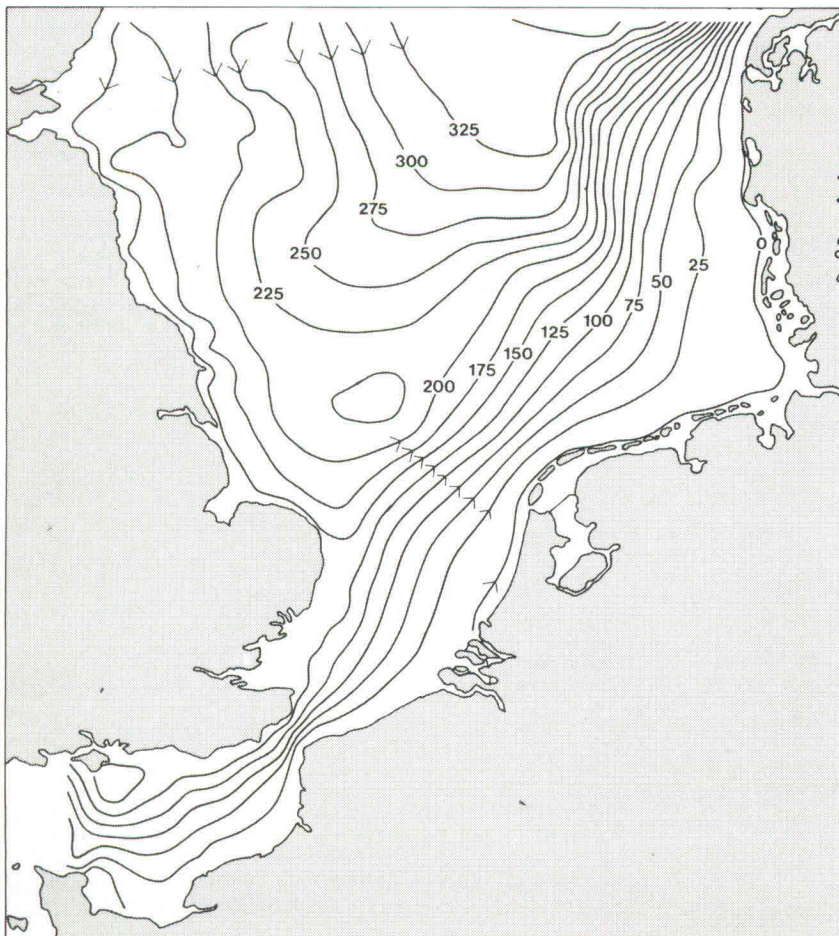
samenwerking

Veel kennis is het resultaat van nationale en internationale samenwerking in verschillende onderzoeksprogramma's. Enkele belangrijke nationale samenwerkingsverbanden die de komende jaren tot nog meer kennis moeten leiden, zijn BEON (ecologisch onderzoek) en de Raad van Overleg voor de Noordzee (fysisch-oceanografisch onderzoek). Daarnaast staat ook bij een aantal internationale onderzoeksprojecten de Noordzee centraal. Ook hierbij is de Dienst Getijdewateren actief betrokken. Voor de in deze nota beschreven modelontwikkeling is de intensieve samenwerking van de Dienst Getijdewateren met het Waterloopkundig Laboratorium in Delft van grote betekenis. Zo wordt op dit ogenblik door beide instituten met de directie Noordzee van de Rijkswaterstaat samengewerkt in het MANS-project (beleidsanalyse Noordzee).

de nota

In deze nota wordt aangegeven wat de mogelijkheden zijn van de waterkwaliteitsmodellen van de Noordzee en welke verbeteringen de komende jaren aangebracht zullen worden. Er wordt aandacht besteed aan zowel giftige stoffen (zware metalen en organische microverontreinigingen) als aan voedingsstoffen zoals fosfor- en stikstofverbindingen. Niet alleen de continue toevoer van verontreinigingen via rivieren en de atmosfeer komt aan bod, maar ook de incidentele belasting van de Noordzee met gevaarlijke stoffen bij calamiteiten.

Vele van de besproken modellen zijn op personal computers (PC's) operationeel. Sommige toeleverende, meer gedetailleerde of nog in ontwikkeling zijnde modellen zijn voorlopig uitsluitend beschikbaar op grotere computersystemen.



2.0
Het berekende gemiddelde
stromingspatroon op de Noordzee
(bij zuidwesten wind, kracht 3
Beaufort).

2 WATERBEWEGING

De verspreiding van stoffen over de Noordzee wordt in belangrijke mate beïnvloed door de waterbeweging. Stoffen kunnen door stromend water over grote afstanden worden meegevoerd. Dit geldt zowel voor stoffen die in het water opgelost zijn als voor stoffen die vastzitten aan allerlei in het water zwevende deeltjes, zoals slib.

Behalve de waterbeweging is er nog een aantal processen die grote invloed hebben op de verspreiding van stoffen in water. Gedacht kan daarbij worden aan: menging van opgeloste stoffen; de mate van hechting van stoffen aan zwevend materiaal zoals slib, kalk of organische stof; bezinking van zwevende stof of juist opwerveling vanaf de bodem; het optreden van chemische reacties en de opname en uitscheiding van stoffen door organismen.

Omdat de waterbeweging zo belangrijk is voor de verspreiding van stoffen en daardoor ook voor het gebruik van waterkwaliteitsmodellen, wordt eerst iets dieper ingegaan op die waterbeweging en op de modellen waarmee de waterbeweging voor diverse omstandigheden berekend kan worden. De overige processen die bij het transport van verontreinigende stoffen van belang zijn, komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

getij en wind

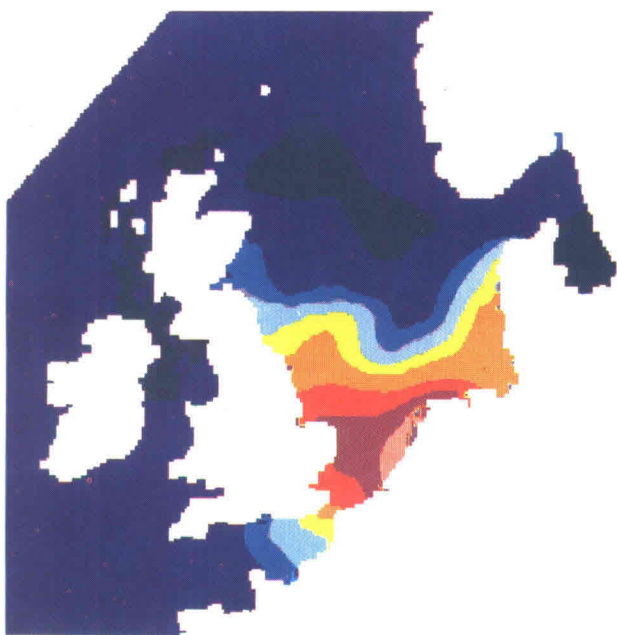
Om te beginnen veroorzaakt de aantrekkingskracht van vooral zon en maan het getij. Hierdoor treedt voor de Nederlandse kust tweemaal per dag een eb- en een vloedstroom op, die doorgaans een tegengestelde richting hebben. Doordat de stroomsnelheden bij eb en vloed (maximaal 1 meter per seconde) niet even groot zijn, is voor de kust een zogenaamde reststroming aanwezig. Deze bedraagt gemiddeld 5 centimeter per seconde en is noordoostwaarts gericht, dat is ongeveer evenwijdig aan de kustlijn.

Een tweede belangrijke oorzaak voor het ontstaan van stroming is wind. Zowel de windrichting als de windsterkte kan sterk variëren en dus ook de stroming die door die wind veroorzaakt wordt. Op en rond de Noordzee overheersen westelijke winden, maar ook andere situaties komen vaak voor. Uit een analyse van gegevens over meer dan dertig jaar is gebleken, dat voor berekeningen van de gemiddelde waterbeweging over lange perioden, uitgegaan kan worden van een zuidwesten wind met een kracht van 3 Beaufort.

Behalve getij en wind zijn voor de waterbeweging op de Noordzee ook nog de luchtdruk, de wrijving die het stromende water vooral in ondiepe gebieden aan de bodem ondervindt en de draaiing van de aarde van belang.

stromingspatronen

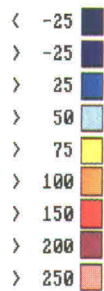
De invloed van de genoemde factoren resulteert in een gemiddeld stromingspatroon op de Noordzee dat beheerst wordt door twee grote watermassa's. Aan de ene kant komt Noord-Atlantisch zeewater langs de Schotse kust de Noordzee binnen. Dit water beweegt tegen de wijzers van de klok in en steekt ter hoogte van de 54-ste Noordelijke breedtegraad (dit is ter hoogte van de Waddeneilanden) de Noordzee over naar het Europese vasteland. Via de Duitse en Deense kustwateren verlaat het uiteindelijk de Noordzee via de diepe trog langs de Noorse kust. Aan de andere kant wordt vanuit het zuiden een grote hoeveelheid water via Het



00:50:00

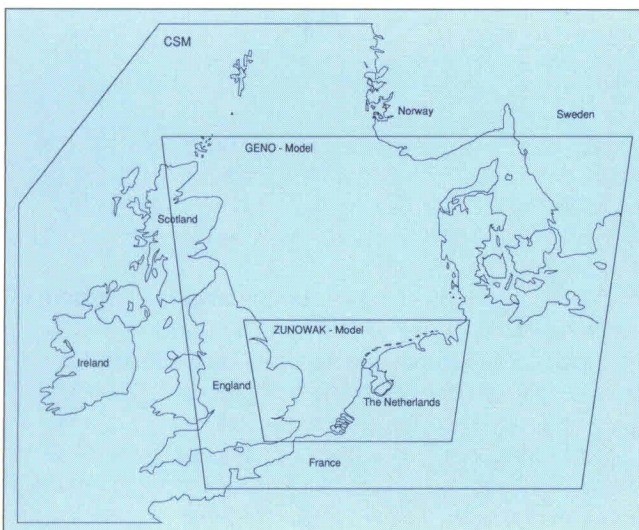


1 feb
1953



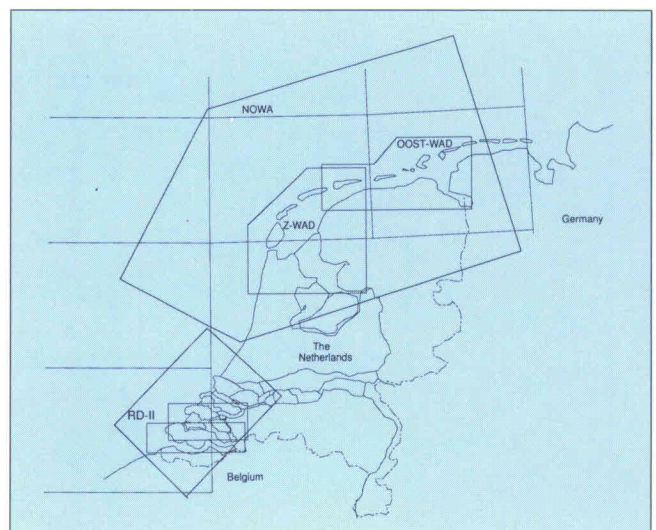
2.1

De waterstandsverhoging (cm) tijdens de stormramp van 1953, zoals nagebootst met een computermodel (CSM)



2.2a

Overzicht van waterbewegingsmodellen die de gehele Noordzee, of een groot deel daarvan, beslaan.



2.2b

Overzicht van waterbewegingsmodellen voor de kustzone.

Kanaal aangevoerd. Dit volgt na het doorstromen van de Zuidelijke Noordzee ongeveer vanaf Texel dezelfde route als de Noord-Atlantische watermassa. De invloed van de wind op dit stromingspatroon is overigens erg groot. Zo treedt bij aanhoudende noordelijke winden een sterk afwijkend stromingspatroon op. In dat geval kunnen bijvoorbeeld de stroomrichting in Het Kanaal en die langs de Nederlandse kust helemaal omslaan naar het zuiden.

waterbewegingsmodellen

In de jaren 70 werd door de Rand Corporation in de Verenigde Staten een computerprogramma ontwikkeld, WAQUA, waarmee voor verschillende gebieden de waterbeweging kan worden berekend. Bij die berekeningen wordt, behalve met de bodemligging van het gebied, ook rekening gehouden met alle hiervoor genoemde factoren die de waterbeweging beïnvloeden. De belangrijkste uitkomsten van dit programma zijn het verloop in de tijd van waterhoogte en stroomsnelheid voor een groot aantal plaatsen in het gewenste gebied.

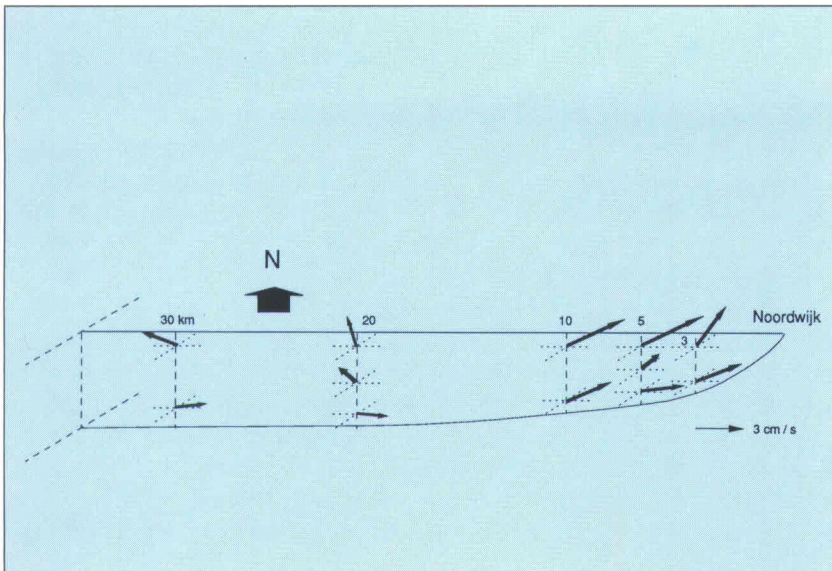
Zo is bijvoorbeeld voor het continentale plat een Continental Shelf Model (CSM) ontwikkeld, waarmee in samenwerking met het KNMI achtmaal per dag waterstandsvoorspellingen kunnen worden gemaakt. Het is een onmisbaar hulpmiddel voor de Stormvloed Waarschuwingsdienst.

Dit Continental Shelf Model heeft ook de randvoorwaarden geleverd voor waterbewegingsmodellen van de gehele Noordzee (het GENO-model) en van de zuidelijke Noordzee (het ZUNOWAK-model). De waterkwaliteitsmodellen die in deze nota behandeld worden zijn, wat de waterbeweging betreft, gebaseerd op deze twee modellen. In de modellen zijn de Noordzee en Zuidelijke Noordzee verdeeld in ongeveer tienduizend vierkante vakken (rekenelementen) van 8 km (GENO) respectievelijk ruim 3 km (ZUNOWAK) groot. Ook voor diverse estuaria (zoals Westerschelde, Oosterschelde, Waddenzee en Eems-Dollard) en aangrenzende delen van de kuststrook zijn soortgelijke waterbewegingsmodellen beschikbaar. Door de ingewikkelde stromingspatronen in de genoemde gebieden is de vakgrootte in die modellen nog ongeveer een factor 10 kleiner dan in de Noordzee-modellen.

naar drie dimensies

Tot nu toe is alleen nog maar gesproken over de horizontale waterbeweging. Daarbij is aangenomen dat de stroming (zowel de grootte als de richting) over de gehele waterdiepte hetzelfde is. Dat blijkt in werkelijkheid niet het geval te zijn. De stroomsnelheden aan de oppervlakte en aan de bodem kunnen sterk van elkaar verschillen.

Ten eerste is er het al genoemde effect van de bodemwrijving. Hierdoor is de stroomsnelheid aan de bodem in het algemeen lager dan aan het wateroppervlak. Maar ook de stroomrichting kan voor de Nederlandse kust op uiteenlopende dieptes sterk verschillen, zo bleek uit veldonderzoek door de Dienst Getijdewateren. Tegenover een Noordoostwaarts gerichte gemiddelde reststroming van 7-11 cm/s aan het wateroppervlak staat bijna voortdurend een kustwaarts gerichte reststroming van 2-3 cm/s aan de bodem. De voornaamste oorzaak voor dit driedimensionale stroombeeld is de uitstroming van relatief licht rivierwater vanuit de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet in relatief zwaar zeewater. Als gevolg van dit verschijnsel zal de verspreiding van drijvende stoffen (zoals bijvoorbeeld olie) en die van vlak boven de bodem zwevende stoffen (zoals slib met daaraan gehechte verontreinigingen) niet volgens het zelfde patroon verlopen.



2.3

Het stroombeeld voor de Nederlandse kust is driedimensionaal, zoals blijkt uit metingen. De richting van de reststroom nabij de bodem verschilt sterk van die nabij het oppervlak.

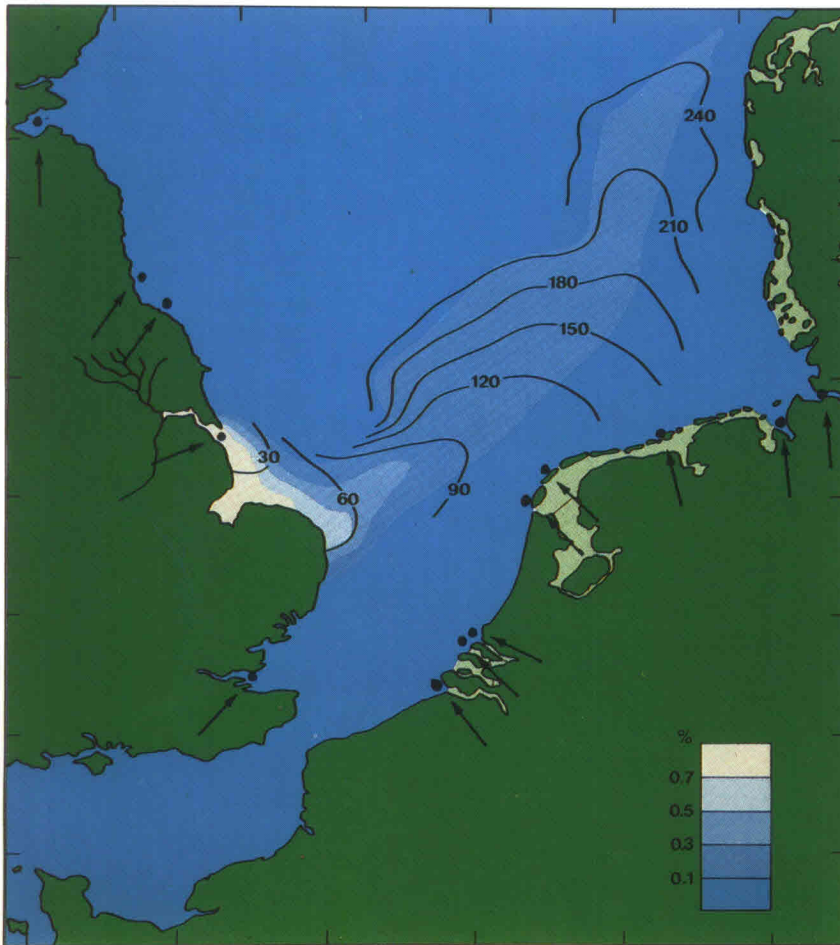


2.4

Het driedimensionale waterbewegingsmodel TRISULA is in staat ruimtelijke stromingspatronen na te bootsen. Dit voorbeeld laat een berekend stroombeeld nabij de bodem in de kustzone bij de monding van de Nieuwe Waterweg zien.

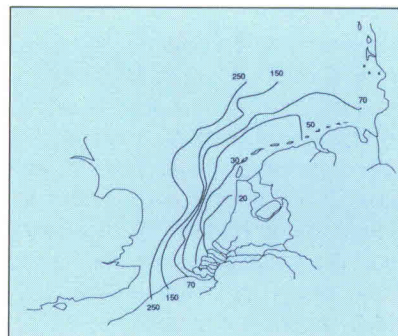
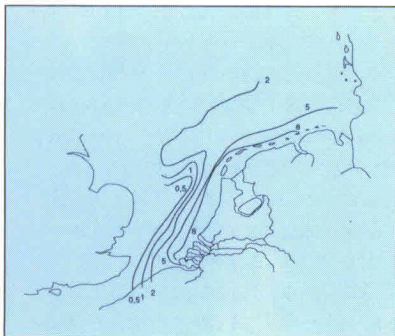
Behalve door verschillen in zoutgehalte kunnen ook door verschillen in temperatuur opmerkelijke variaties optreden in verticale richting. Door sterke zonne-instraling kunnen vooral 's-zomers bij weinig wind in bepaalde gebieden de eigenschappen tussen de onderste en bovenste waterlaag sterk van elkaar afwijken. De bovenlaag wordt warmer en daardoor relatief lichter. Door grote temperatuurverschillen (dus dichtheidsverschillen) tussen de diverse waterlagen ontstaat een watermassa met een duidelijke driedimensionale structuur. De uitwisseling tussen de lagen wordt steeds moeilijker, waardoor bijvoorbeeld zuurstof uit de lucht de onderlaag niet meer kan bereiken. Dit verschijnsel, stratificatie genoemd, kan vooral bij de bodem tot belangrijke zuurstoftekorten leiden met alle gevolgen van dien voor op de bodem levende planten en dieren. Vooral gebieden in de Duitse Bocht en in de Centrale Noordzee zijn tijdens (perioden in) de zomer gestratificeerd.

Voor het uitvoeren van driedimensionale berekeningen is het computerprogramma TRISULA beschikbaar. Op basis van dit rekenprogramma wordt gewerkt aan driedimensionale waterbewegingsmodellen van de meest interessante gebieden in de Noordzee en de Nederlandse kustzone in het bijzonder. Daarnaast zijn ook modellen beschikbaar die voor één bepaalde plaats inzicht in de verticale structuur geven (zogenaamde kolommodellen).



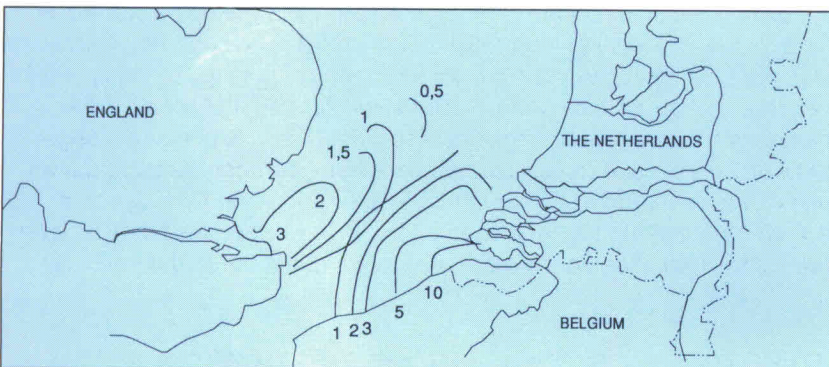
3.0

Met de Transport Atlas Noordzee kan de verspreiding van opgeloste stoffen vanuit twaalf belangrijke rivieren over de Noordzee berekend worden. Als voorbeeld is op zee het percentage en de leeftijd van rivierwater afkomstig van de Humber aangegeven.



3.1a

Rijnwater verspreidt zich hoofdzakelijk langs de kust; het meeste transport gaat in noord-oostelijke richting. In dit voorbeeld zijn de hoeveelheid Rijnwater (%) en de tijd (dagen) die met de verplaatsing van dit water in de Noordzee gemoeid is, afgeleid uit kleurstofexperimenten.



3.1b

Ook het water uit de Theems en de Schelde mengt met het Noordzee-water. De percentages rivierwater in juni 1985. Opnieuw een illustratie van de resultaten van veldmetingen.

3 TRANSPORT

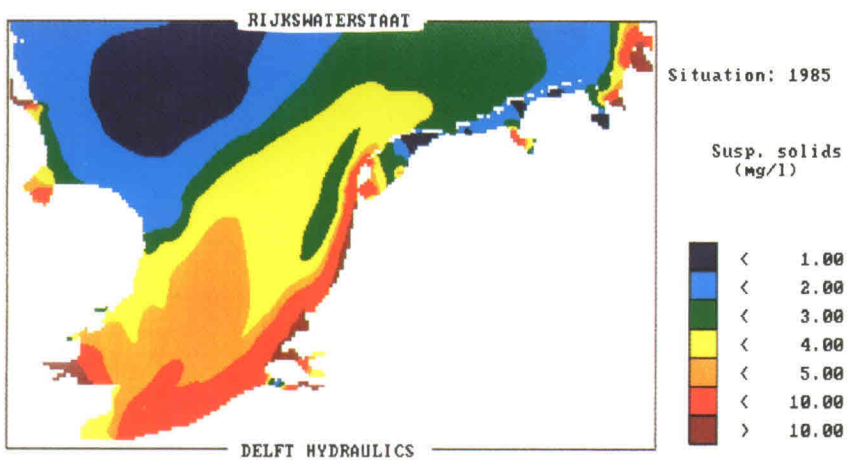
In 1987 verscheen de Transport Atlas Noordzee, die bij de voorbereiding van de Tweede Noordzee Ministers Conferentie een belangrijke rol heeft gespeeld. Met de Transport Atlas Noordzee is het mogelijk voor de lange termijn de verspreiding van opgeloste stoffen vanuit twaalf belangrijke rivieren over de Noordzee te bepalen. Dit geldt ook voor de instroming vanuit het Kanaal en de Noord Atlantische Oceaan.

In de modellen waarop deze atlas is gebaseerd, is speciaal aandacht besteed aan de globale verspreiding van zoet water vanuit diverse rivieren over de Noordzee. Bij deze aanpak wordt alleen rekening gehouden met de waterbeweging en met de menging van in het water opgeloste stoffen. Maar er is meer. Zoals we in het vorige hoofdstuk al zagen, speelt een reeks van processen, naast fysische ook chemische en biologische, een rol bij het transport van stoffen in water. Het algemene waterkwaliteits-computerprogramma DELWAQ kan een aantal van deze processen in transportberekeningen "verdisconteren", als de waterbeweging bekend is. In dit hoofdstuk en het vervolg van deze nota zal iets verder worden ingegaan op enkele van deze processen waarvan de menging van opgeloste stoffen, het transport, het bezinken en opwervelen van slib, de hechting van verontreinigende stoffen aan slib en de opname van stoffen in organismen de belangrijkste zijn.

menging

Door menging worden verschillen in concentraties tussen twee lokaties kleiner. Menging wordt veroorzaakt doordat stoffen met de waterstroom worden meegevoerd en doordat plaatselijk uitwisseling plaats vindt als gevolg van kleinschalige waterbewegingen zoals turbulentie. Juist door die kleinschaligheid is het vaak niet mogelijk om in modellen de menging door het gebruik van formules precies na te bootsen. De hier gebruikte waterbewegingsmodellen rekenen immers met vakken van enkele kilometers groot. Daarom wordt de menging in waterkwaliteitsmodellen in belangrijke mate met behulp van een zogenaamde diffusiecoëfficiënt weergegeven. Een goed voorbeeld van menging is die tussen zoete en zoute watermassa's zoals die bij de uitstroming van rivieren in de Noordzee plaatsvindt. Door deze menging is het zoutgehalte op de Noordzee niet overal even hoog en komen vooral in delen van de kustzone grote verschillen voor. Die situatie kan worden nagebootst door een koppeling van het waterbewegingsmodel GENO (of ZUNOWAK) met het programma DELWAQ. In dit gekoppelde model is een diffusiecoëfficiënt opgenomen, die per gebied zodanig ingesteld kan worden, dat de resultaten van het model zoveel mogelijk overeenkomen met de situatie zoals die op de Noordzee wordt gemeten. Met het aldus afgeregelde model (Transport Atlas) kan vervolgens nagegaan worden hoe rivierwater zich op lange termijn in de Noordzee verspreidt. En natuurlijk niet alleen zomaar rivierwater, maar ook een groot aantal daarin opgeloste stoffen. Deze methode kan toegepast worden voor alle stoffen die zich hetzelfde gedragen als zout, dat wil zeggen: stoffen waarvan de concentratie alleen door verdunning verandert. We noemen dat conservatieve stoffen. Stoffen die bijvoorbeeld bezinken, verdampen of een chemische reactie aangaan, horen daar dus niet bij.

Om modelresultaten te kunnen controleren en eventueel, door aanpassing van procesformuleringen, bij te stellen, wordt doorgaans gebruik gemaakt van routinematige waterkwaliteitsmetingen op vastgestelde meetlokaties. Door een verbetering van detectietechnieken (vloeistof-chromatografie) is het tegenwoordig ook mogelijk om de verspreiding van na-



3.2

De hoeveelheid zwevende stof speelt een belangrijke rol bij de verspreiding van microverontreinigingen over de Noordzee. Dit berekend zwevend stof patroon geeft aan dat de hoogste concentraties in de kustgebieden voorkomen.



3.3

Veldonderzoek is onmisbaar bij het vertalen van natuurlijke processen in computermodellen. Voor een goede modellering van het slijbtransport is nog veel onderzoek nodig.

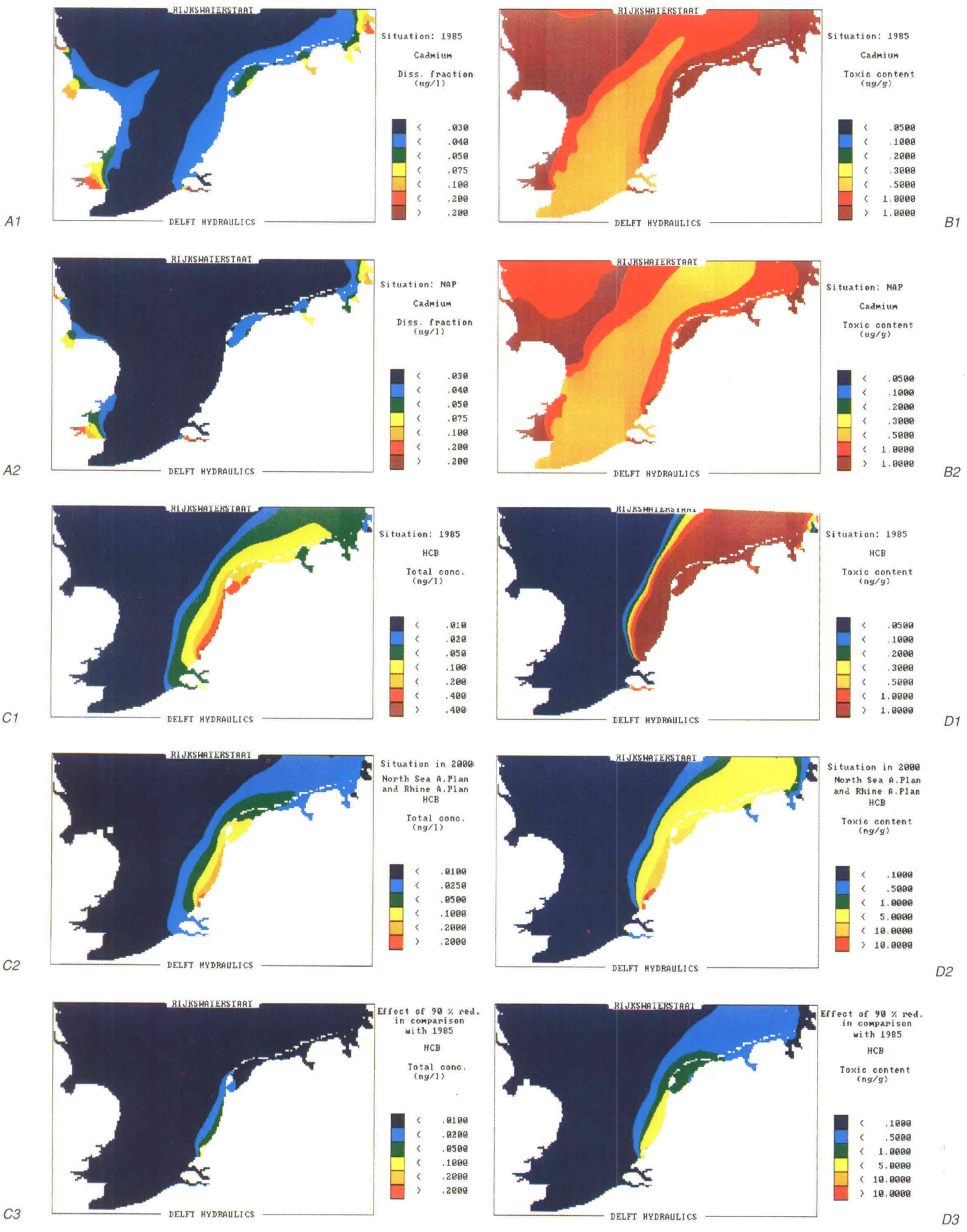
tuurlijke kleurstoffen in het water over grote afstanden te volgen. Deze laatste methode biedt in het bijzonder de mogelijkheid om op de Noordzee de hoeveelheid water afkomstig van verschillende rivieren te bepalen en ook de tijd die dit rivierwater nodig heeft gehad om een bepaalde plaats te bereiken.

slibtransport

Een deel van de verontreinigende stoffen hecht zich aan slibdeeltjes en wordt daardoor op een andere manier verspreid dan in het water opgeloste stoffen. Slibdeeltjes kunnen immers bezinken of opwervelen waarbij niet alleen de grootte en de chemische samenstelling van de deeltjes zelf maar ook wind, stroming en golven een belangrijke rol spelen. Plaatselijk kunnen door het samenklitten van deeltjes slibvlokken of zelfs slibdekens gevormd worden. Om de verspreiding van deze verontreinigende stoffen te kunnen bepalen is het nodig om te weten welk deel ervan zich aan slib hecht (het zogenaamde particulaire deel) en welk deel in water opgelost blijft en hoe veranderlijk deze verdeling is. Hoewel al veel kennis over deze ingewikkelde processen verzameld is, worden de belangrijkste transportprocessen van slib nog op een sterk vereenvoudigende manier in waterkwaliteitsmodellen weergegeven.

Onderzoek in het veld en in schaalmodellen is volop gaande om de slibtransporten beter te kunnen beschrijven. De grote variaties in stroming en concentratie die in werkelijkheid over de waterdiepte voorkomen, spelen daarbij een grote rol. Andere belangrijke aspecten bij het onderzoek zijn de plaats en de kenmerken van gebieden waar veel slib bezinkt, omdat daar verontreinigingen zich in de bodem en organismen kunnen ophopen. Slibonderzoek is zeker ook van belang voor de ontwikkeling van ecologische modellen, omdat slib tevens van invloed is op de hoeveelheid licht die in diverse waterlagen doordringt en daarmee op de groei van plantaardige organismen in deze waterlagen.

Bij het controleren of afregelen van bestaande en nog te ontwikkelen slibtransportmodellen kunnen satelliet opnamen (remote sensing) een nuttig hulpmiddel zijn .



4.0

Waterkwaliteitsmodellen berekenen de afname van verontreinigingen die in het water opgelost of aan slib gebonden zijn, als de lozing van verontreinigende stoffen verminderd wordt. Voorbeelden voor Cadmium en HCB (bestrijdingsmiddel).

A = opgelost cadmium

B = cadmiumgehalte van slib

C = totale HCB-concentratie

D = HCB-gehalte van slib

1 = situatie in 1985

2 = lozingsvermindering van 50%

3 = lozingsvermindering van 90%

HCB: alleen toevoer via Nederlandse rivieren

4 MICROVERONTREINIGINGEN

Vele giftige stoffen worden via het water (rivieren), de lucht en door lozingen vanaf schepen naar de Noordzee gevoerd. Sommige van deze stoffen komen ook van nature in kleine hoeveelheden in de Noordzee voor. Dit zijn de zware metalen zoals cadmium, chroom, koper, lood, nikkel, zink en kwik, ook wel de anorganische microverontreinigingen genoemd. Andere giftige stoffen komen niet van nature in de Noordzee voor. Deze stoffen zijn over het algemeen erg schadelijk vanwege hun giftigheid gepaard aan slechte afbreekbaarheid en doordat ze zich gemakkelijk in het lichaamsvet van allerlei organismen ophopen. Het gaat hier om de zogenaamde organische microverontreinigingen, zoals bijvoorbeeld polychloorbifenylen (PCB's, o.a. toegepast in transformatoren en condensatoren), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's, deze komen vrij bij verbrandingsprocessen), landbouwbestrijdingsmiddelen en organotinverbindingen (toegepast in aangroeiwerende scheepsverven). Al deze stoffen zijn afkomstig van de industrie, de agrarische sector, huishoudens en het wegverkeer.

modelresultaten

Met de beschikbare waterkwaliteitsmodellen kan voorspeld worden wat de globale gevolgen voor de waterkwaliteit van de Noordzee zullen zijn, als de continue lozingen van giftige stoffen beperkt worden. Zo kan bijvoorbeeld nagegaan worden wat het effect zal zijn van het uitvoeren van internationale actieprogramma's zoals voor de Rijn en de Noordzee.

Aangegeven kan worden voor welke stoffen de geplande maatregelen eventueel onvoldoende zijn om de gewenste waterkwaliteit te bereiken. De modellen berekenen voor bepaalde gebieden de gehalten aan microverontreinigingen (opgelost en aan slib gebonden), de hoeveelheid zwevende stof en de bijbehorende slibkwaliteit en berekenen ook welk deel van de verontreinigingen uit het water in de bodem wordt opgenomen.

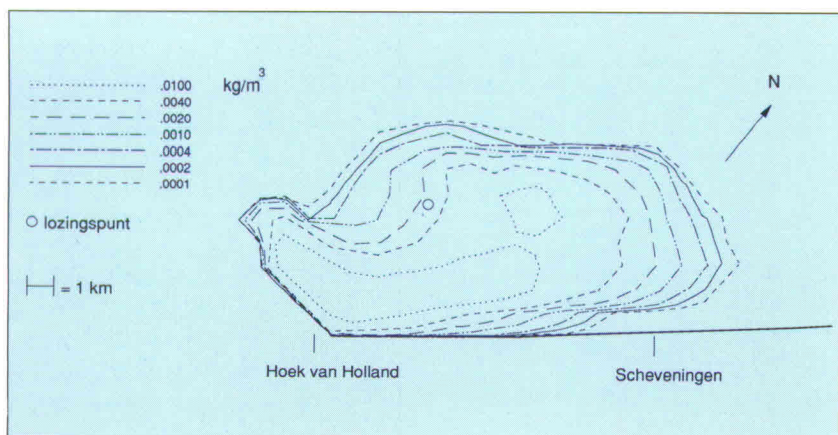
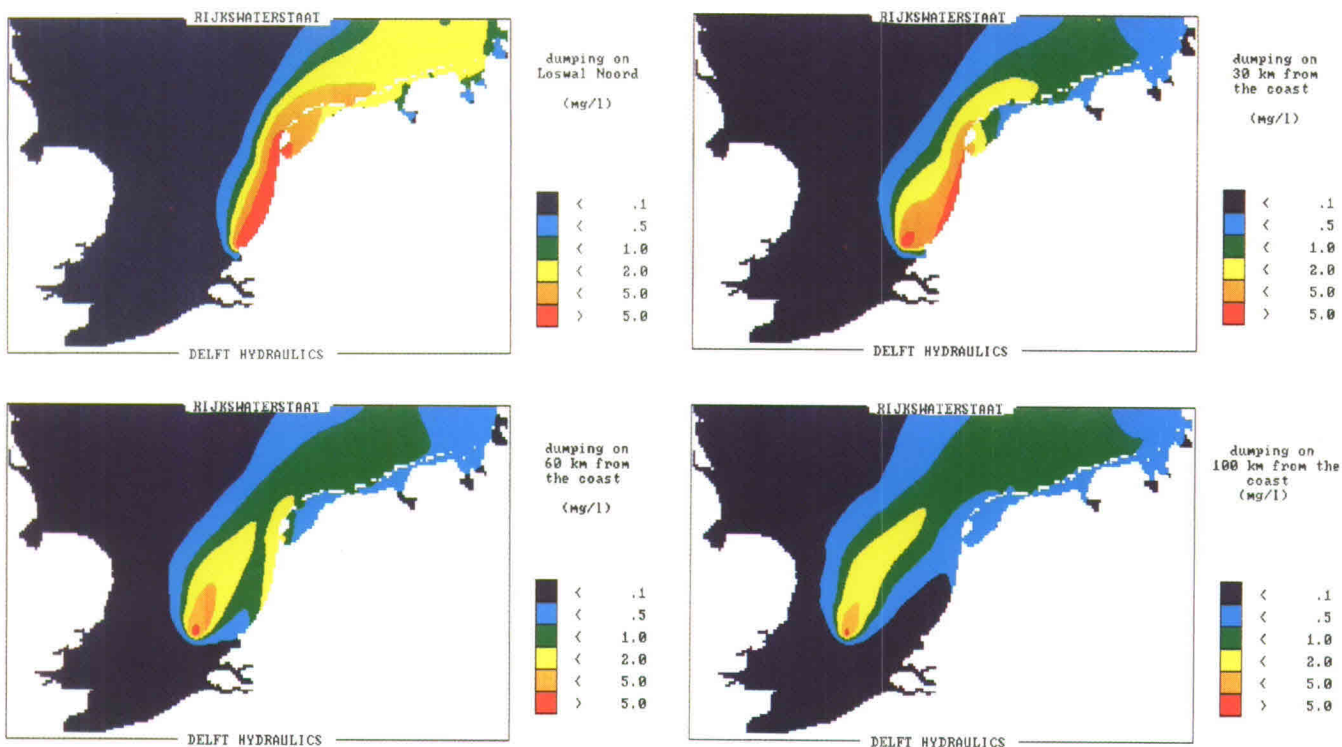
De berekeningsresultaten gelden voor de gemiddelde verspreiding van stoffen over een lange periode, zeg maanden of jaren. Aan de modellering van de variatie in concentraties binnen zo'n periode wordt gewerkt. De verspreiding van stoffen in een zeer korte periode van een uur of hooguit enkele dagen wordt nagebootst in modellen die gebruikt worden om bij de bestrijding van calamiteiten de juiste maatregelen te kunnen treffen. Die modellen worden in een volgend hoofdstuk behandeld.

water en slib

Gegevens over de hoeveelheid opgeloste microverontreinigingen en de hoeveelheid die aan slib gebonden is, zijn ontleend aan resultaten van laboratoriumexperimenten en veldmetingen. Bij de verwerking en interpretatie van deze resultaten is gebruik gemaakt van het chemisch model CHARON.

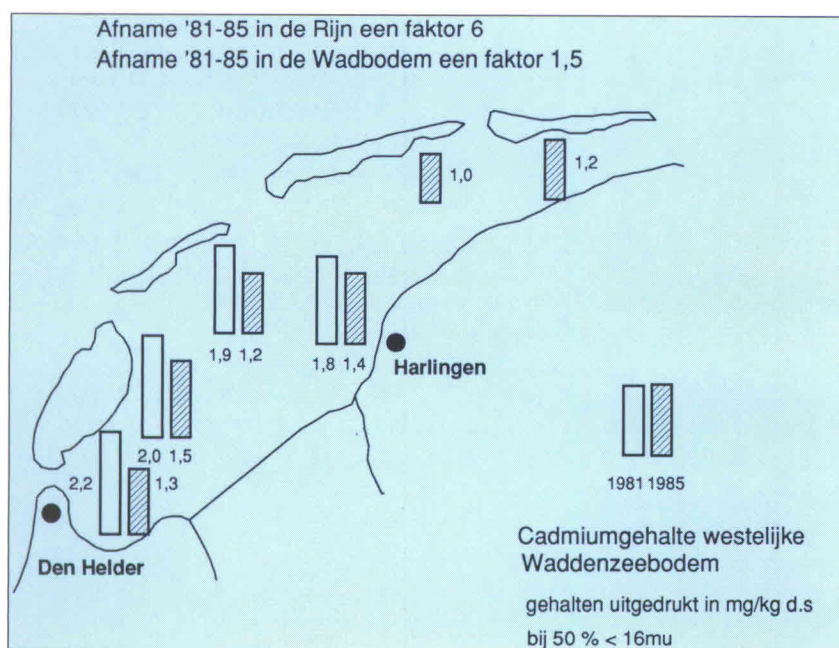
Voor de verbetering van de waterkwaliteitsmodellen is het vooral noodzakelijk de kennis over het bindingsproces van microverontreinigingen aan slib te vergroten. Dit proces wordt onder andere beïnvloed door factoren als zoutgehalte, zuurgraad en eigenschappen van het slib zelf (zoals bijvoorbeeld het percentage organisch materiaal).

Maar ook het slibtransport zelf is nog op sterk vereenvoudigende wijze in de waterkwaliteitsmodellen opgenomen. De modellering van het slibtransport is meer gebaseerd op de resultaten van metingen dan op algemeen toepasbare wetenschappelijke formuleringen. Het gaat daarbij om zaken



4.2

Op Loswal Noord wordt baggerspecie uit havens en vaargeulen (Europoort) gestort. Modelresultaten geven aan dat het slib nabij de bodem gedeeltelijk in de richting van de Nieuwe Waterweg retourneert. Een berekend concentratiepatroon, 1 week na een dumping.



4.3

In de bodem van de Waddenzee zijn grote hoeveelheden zware metalen (b.v. cadmium) opgeslagen. Deze hoeveelheden nemen langzaam af, zoals veldmetingen in de bovenste bodemlaag aantonen. Een eerste resultaat van de vermindering van de toevoer van verontreinigingen.

4.1

De grootschalige verspreiding van vervuilingen over de Noordzee is ook afhankelijk van de plaats waar verontreinigd havenslib wordt gedumpt. Een illustratie van een analyse met computermodellen voor de extra toegevoegde hoeveelheid zwevende stof, de drager voor vele verontreinigingen.

als: de ligging van gebieden waar slib bezinkt (sedimentatiegebieden) of juist vrijkomt (erosiegebieden), de snelheid waarmee sedimentatie en erosie plaatsvinden en het effect van drie-dimensionale stromingen op het slibtransport.

Aan een beter onderbouwde transportmodellering van giftige stoffen wordt volop gewerkt. Alle hiervoor genoemde processen (slibtransport, binding aan slib, uitwisseling tussen water en bodem) komen daarbij aan bod. Zo is voor de berekening van transporten vanaf Loswal Noord, een dumpingslocatie voor baggerspecie, een kleinschalig drie-dimensionaal model in ontwikkeling. Maar de modellen kunnen niet voor iedere stof apart afgeregeld worden, daarvoor zijn er te veel stoffen. Vooral het aantal organische microverontreinigingen is erg groot. Veel praktischer is het om deze stoffen in te delen in een beperkt aantal groepen van stoffen met dezelfde fysische/chemische eigenschappen en de modellen af te regelen voor deze groepen van stoffen. Hierdoor kunnen uiteindelijk de effecten van giftige stoffen op ecosystemen beter bepaald worden, met name in gebieden waar deze stoffen in grote hoeveelheden in de bodem worden opgeslagen, zoals de Waddenzee.

In aansluiting op de waterkwaliteitsmodellen kan de totale hoeveelheid verontreinigingen berekend worden die in de bodem wordt opgeslagen of eruit vrij komt en ook hoeveel tijd daarvoor nodig is. Hiervoor wordt een zogenaamd kolommodel gebruikt. In zo'n model wordt rekening gehouden met de dikte en de samenstelling van de bodem, met de processen die in de bodem plaats vinden en met de uitwisseling tussen water en bodem. Tal van metingen in water en sediment zijn nodig om dit model goed af te kunnen regelen en verantwoord te gebruiken.

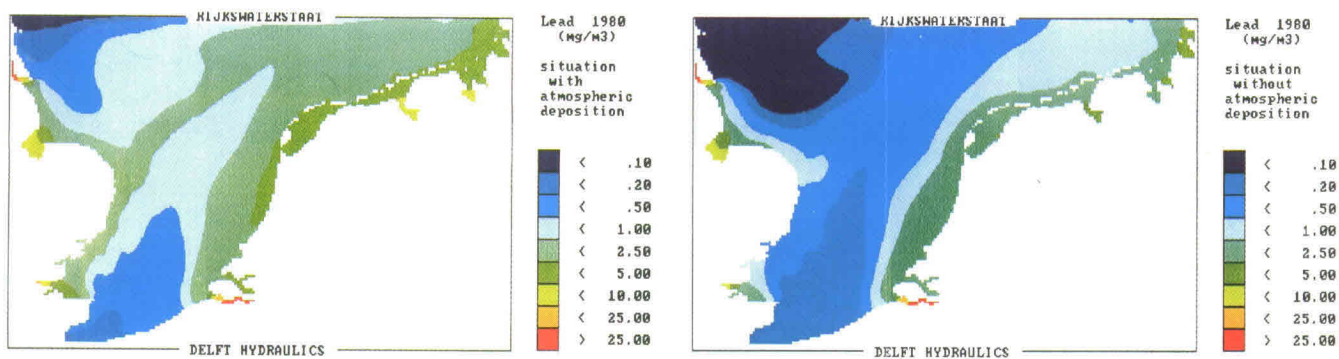
de grenzen van de Noordzee

De verspreiding van stoffen op de Noordzee is sterk afhankelijk van de toevoer van stoffen via de aangrenzende estuaria en rivieren en de lucht. Er wordt bij de waterkwaliteitsmodellering dan ook rekening gehouden met de invloed van processen in die estuaria en rivieren en met de verspreiding van giftige stoffen in de atmosfeer.

Voor de Nederlandse binnenwateren zijn door de Dienst Binnenwateren/RIZA en het Waterloopkundig Laboratorium stoftransportmodellen ontwikkeld die ook worden gebruikt om de toevoer van stoffen naar de Noordzee te bepalen. In de Noordzee-waterkwaliteitsmodellen zelf wordt onder andere ook rekening gehouden met bagger- en dumpingsactiviteiten. Deze laatste modellen kunnen nog verfijnd worden als goede invoergegevens beschikbaar zijn. Vooral goede meetgegevens van buitenlandse rivieren, lozingen en dumpingen zijn onvoldoende aanwezig. Momenteel wordt voornamelijk gebruik gemaakt van het meest recente North Sea Quality Status Report, maar dit bevat ook niet meer dan een samenvatting van alle beschikbare gegevens. De detaillering van die gegevens (plaats en tijd) en de manier waarop ze bepaald worden (eensluidendheid) moeten nog verbeterd worden.

De toevoer van stoffen via de lucht bestaat uit een nat deel (neerslag) en een droog deel (stofdeeltjes). We spreken van natte- en droge atmosferische depositie. Voor de waterkwaliteit is bij de zware metalen met name de atmosferische depositie van lood en zink van belang.

Met de huidige waterkwaliteitsmodellen kan voor alle landen rondom de Noordzee al een eerste schatting worden gemaakt wat de gevolgen zijn van een afname van de luchtverontreiniging voor de waterkwaliteit van de Noordzee. Hiervoor is de kennis over de globale verspreiding van micro-



4.4

Ook via de atmosfeer komen verontreinigingen, zoals hier lood (Pb), in de Noordzee terecht. Modelresultaten tonen aan dat de bijdrage via de lucht in bepaalde regio's belangrijk is. Links: huidige situatie. Rechts: situatie zonder toevoer van lood via de lucht.



4.5

Vanuit een vliegtuig worden metingen verricht om de concentraties en de verspreiding van zware metalen in de atmosfeer boven zee te bepalen.

verontreinigingen via de lucht in de modellen opgenomen. Daarbij is onder andere gebruik gemaakt van de resultaten van geavanceerde atmosferische modellen van instituten zoals het RIVM. Een nadeel van deze modellen is wel, dat ze louter konden worden afgeregeld op meetgegevens die op het land zijn ingewonnen. Boven zee ontbraken dergelijke gegevens namelijk. Daarom worden vanuit een vliegtuig metingen verricht van concentraties en verspreiding van zware metalen in de atmosfeer boven zee. Ook het verband van deze gegevens met de weersomstandigheden wordt onderzocht. Deze metingen zijn onderdeel van een onderzoek naar de atmosferische depositie op zee, dat in opdracht van de Dienst Getijdewateren wordt uitgevoerd door de Universiteit van Antwerpen. De resultaten van het onderzoek worden gebruikt voor de verbetering van de waterkwaliteitsmodellen en geven inzicht in het belang van de atmosfeer als bron van verontreiniging van de Noordzee. De eerste onderzoeksresultaten doen vermoeden dat de hoeveelheid atmosferische depositie van zware metalen in het verleden is overschat.



5.0

Soms treden door grote algenbloei ongewenste verschijnselen op in de kustzone van de Noordzee.

Voedselverrijking (eutrofiëring) is waarschijnlijk de oorzaak van deze algenbloei.

5 EUTROFIERING

te veel voedsel

Voedselverrijking (eutrofiëring genoemd) is waarschijnlijk de oorzaak van een aantal ongewenste verschijnselen die vooral in de kustgebieden van de Noordzee optreden. Voorbeelden zijn: het steeds vaker voorkomen van giftige of verstikkende algen die mosselpercelen en andere aquacultures bedreigen, algen die hinderlijk veel schuim op het strand veroorzaken, en zuurstofloosheid (o.a. in de Duitse Bocht) die het bodemleven in gevaar brengt. Deze zuurstofloosheid treedt vooral op in de onderste waterlaag van gestratificeerde gebieden en is het gevolg van bacteriële afbraak van grote hoeveelheden bezinkend dood organisch materiaal (algen). Voedselverrijking heeft niet alleen negatieve gevolgen. Algen (plantaardig plankton, oftewel: fytoplankton) zijn de belangrijkste leveranciers van organisch materiaal (primaire productie) en staan zodoende aan de basis van de voedselkringloop in de zee. Door voedselverrijking zijn de hoeveelheid en de productie van fytoplankton toegenomen en daardoor bijvoorbeeld ook de hoeveelheid bodemdieren. Omdat echter niet alle soorten algen evenveel profiteren van de toename van het voedsel, is de soortensamenstelling wel iets veranderd. Algensoorten, waarvan sommige overlast kunnen veroorzaken, hebben de overhand gekregen. Met name kiezelwieren komen tegenwoordig relatief minder voor. Dit komt omdat deze algensoort voor de groei mede afhankelijk is van silicium, dat bijna uitsluitend van natuurlijke oorsprong is.

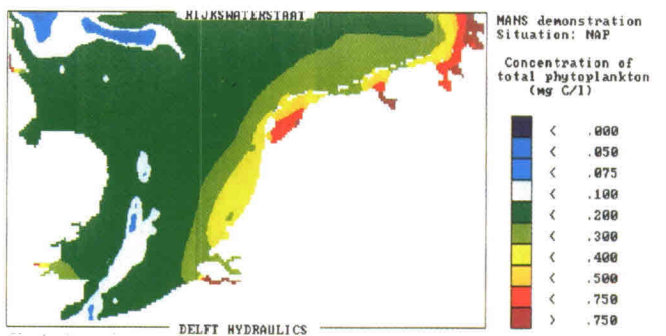
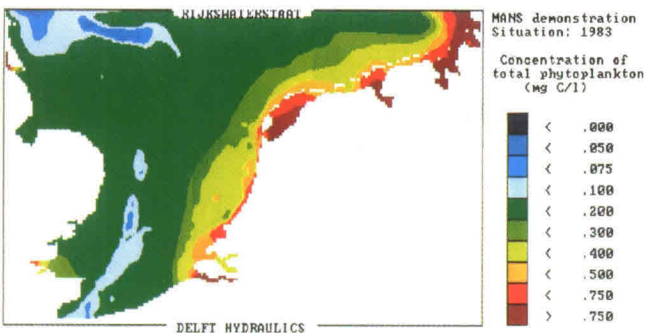
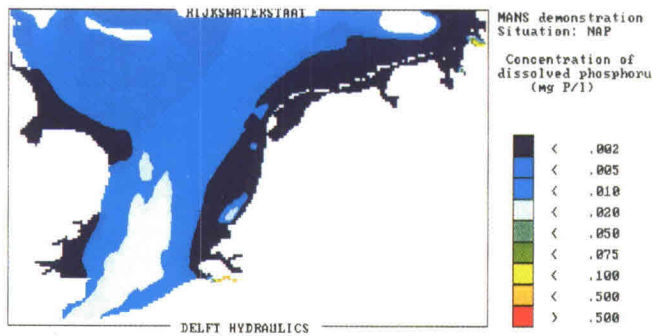
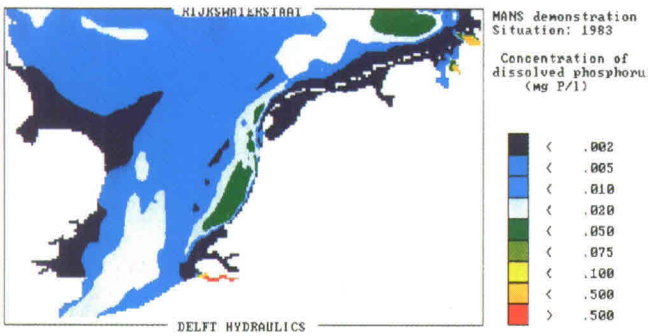
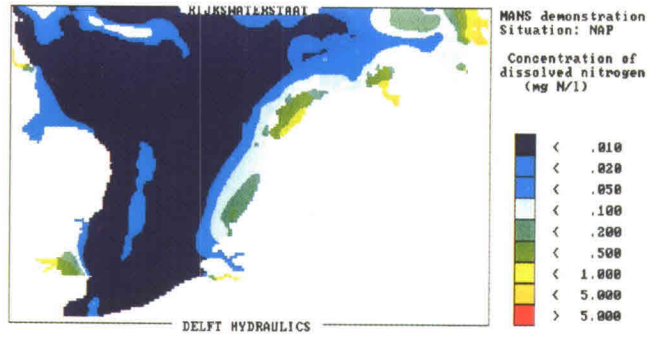
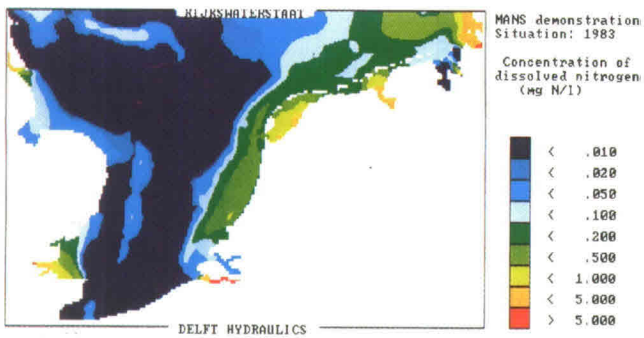
oorzaken

De eutrofiëring van de Noordzee is veroorzaakt door een flinke stijging van de toevoer van voedingsstoffen in de afgelopen tientallen jaren. Het gaat vooral om een toename van fosfaten en nitraten die afkomstig zijn uit mestoverschotten, wasmiddelen, kunstmestfabrieken en overige huishoudelijke en industriële activiteiten. Juist die fosfaten en nitraten zijn (naast silicium) de belangrijkste voedingszouten (nutriënten) die nodig zijn voor de groei van algen. Deze groei wordt behalve door de genoemde voedingsstoffen ook bepaald door temperatuur en licht.

Veel kennis over de eutrofiëring van de Noordzee wordt verkregen uit veldonderzoek door de Dienst Getijdewateren. Bij dat onderzoek worden ondermeer metingen verricht op een traject van bijna 400 kilometer lengte dat loopt van Terschelling naar het centrale deel van de Noordzee. De resultaten van dat onderzoek worden onder andere gebruikt bij de ontwikkeling van modellen waarmee berekend kan worden welke gevolgen een verandering in de toevoer van voedingsstoffen heeft voor de ontwikkeling van diverse algensoorten en het optreden van zuurstofloosheid.

het moet minder

Beperking van de toevoer van voedingsstoffen naar de Noordzee is nodig om de eutrofiëringsproblemen in de kuststrook te verkleinen. De resultaten van onderzoek met de eutrofiëringsmodellen EQUIPMONS en DYNAMO wijzen er op, dat een grotere beperking van de toevoer van fosfaten nodig is, dan de halvering die wordt voorgesteld in het Noordzee Actieplan. Verder zal het terugdringen van stikstoflozingen in de pas moeten blijven lopen met de beperking van fosfaten. Dat is nodig om te voorkomen, dat sommige ongewenste (giftige) algensoorten de overhand



5.1

Met het model EQUIPMONS kunnen de concentraties voedingsstoffen en het vóórkomen van algen in een bepaalde periode van het jaar berekend worden, als de toevoer van voedingsstoffen via de rivieren en de aangrenzende zeeën bekend is. Als voorbeeld worden de opgeloste hoeveelheid fosfor en stikstof en de hoeveelheid fytoplankton aan het eind van mei getoond.

Links: huidige situatie. Rechts: bij halvering van de toevoer van voedingsstoffen.

krijgen. Een probleem bij dit alles is dat reeds veel nutriënten (afkomstig uit de agrarische sector) in de bodem zijn opgeslagen. Nog jaren zullen deze stoffen via het grondwater in zee terecht komen, ook al worden alle lozingen onmiddellijk gestopt.

een eenvoudige benadering

EQUIPMONS geeft een eerste globale indruk van het effect van dergelijke maatregelen. Met dit model kan op relatief eenvoudige wijze het verloop (over een jaar) van de concentratieverdeling van een aantal stoffen en organismen over de zuidelijke Noordzee worden bepaald. Per periode (bijvoorbeeld enkele weken) worden berekend: de gehalten van de diverse voedingsstoffen (ammonium plus nitraat, orthofosfaat en silicaat) in het water en in organisch materiaal, de hoeveelheid fytoplankton (diatomeeën en overige algen) en detritus (dood organisch materiaal). Ook wordt berekend op welke plaatsen welke factor (nitraten, fosfaten, licht) beperkend is voor de groei van algen. Dit is van belang om prioriteiten te kunnen stellen bij het nemen van maatregelen.

EQUIPMONS maakt gebruik van de (jaargemiddelde) waterbeweging die met het model ZUNOWAK is berekend en houdt rekening met de invloed van temperatuur, lichtintensiteit en daglengte. De temperatuur is van belang voor de ademhaling en het afsterven van algen, de afbraak van detritus tot mineralen (opgeloste voedingsstoffen) en de primaire productie van algen. Voor de primaire productie zijn ook de hoeveelheid voedingsstoffen, de lichtintensiteit en het onderwaterlichtklimaat van belang. Bij de bepaling van het onderwaterlichtklimaat wordt onder andere rekening gehouden met de hoeveelheid anorganische- en organische zwevende stof (slib, algen en detritus).

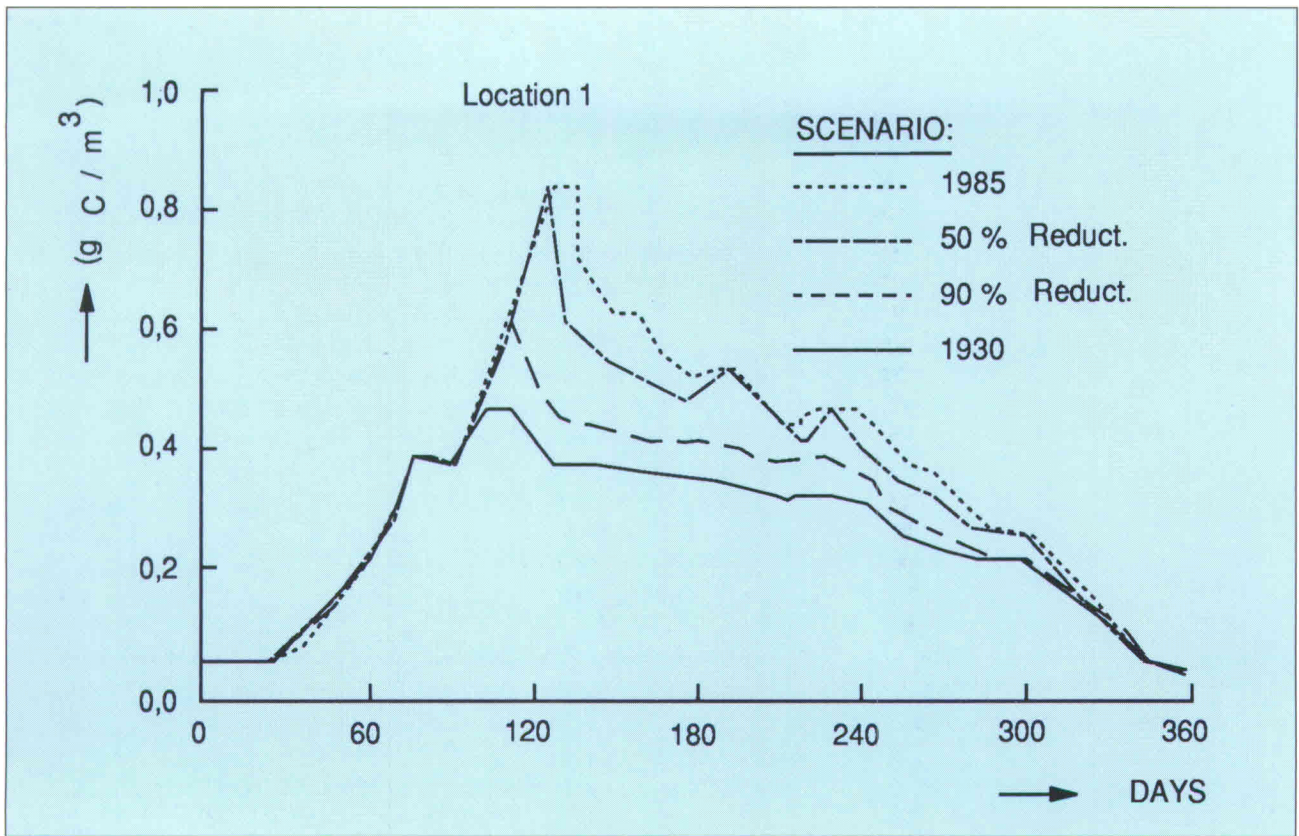
Een aantal processen is niet in het model opgenomen, zoals de uitwisseling met lucht en bodem, de omzetting van opgelost stikstof in gasvormig stikstof (denitrificatie) en consumptie van fytoplankton door dierlijk plankton (zoöplankton) of andere organismen.

de factor tijd

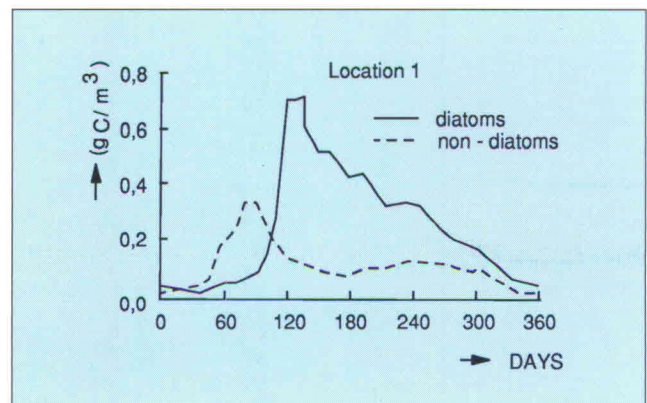
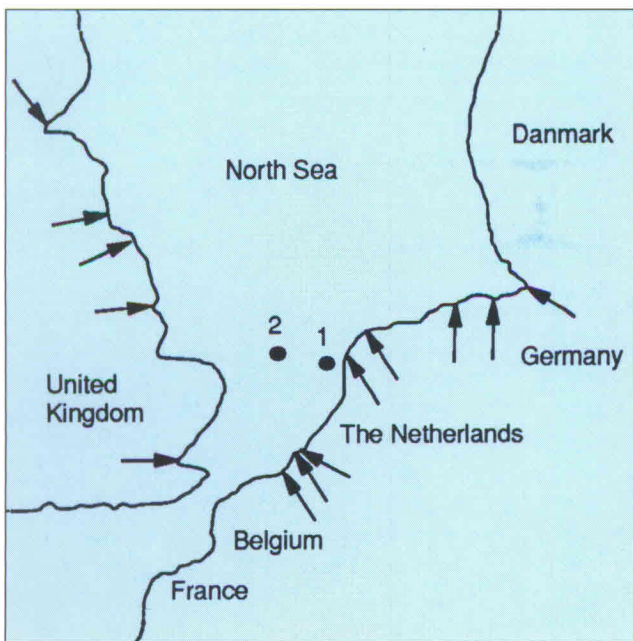
Veel meer dan in het model EQUIPMONS wordt in het eutrofiëringsmodel DYNAMO rekening gehouden met verschillende tijdsafhankelijke processen en aspecten en met de uitwisseling met de bodem. In het model is ook denitrificatie opgenomen en verder wordt stikstof (opgelost) onderscheiden in nitraat en ammonium. Een belangrijk verschil met EQUIPMONS is verder, dat in DYNAMO rekening wordt gehouden met variaties in de toevoer van voedingsstoffen. Zo kan bijvoorbeeld de invloed van grote schommelingen in nutriëntengehaltes (zoals onlangs in het Kanaal zijn waargenomen) op concentratiepatronen in de Noordzee door het model worden doorgerekend.

Doordat DYNAMO de gehele Noordzee beslaat (1400 vierkante rekenelementen met een grootte van 16 km.), tijdsafhankelijk is en een aantal chemische- en biologische processen beschrijft, kunnen berekeningen slechts worden uitgevoerd op krachtige computers.

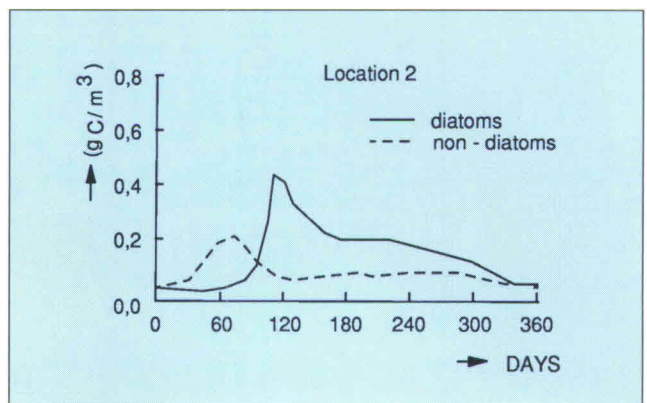
Aan een verdere verfijning van DYNAMO wordt momenteel gewerkt. De vakgrootte in kustgebieden wordt aangepast en ook zal in de toekomst rekening worden gehouden met wisselende stromingsomstandigheden en gelaagdheid (stratificatie) van het water.



A



B1



B2

5.2

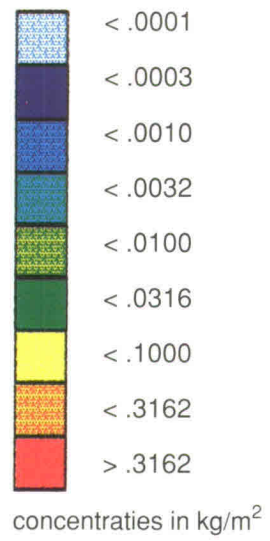
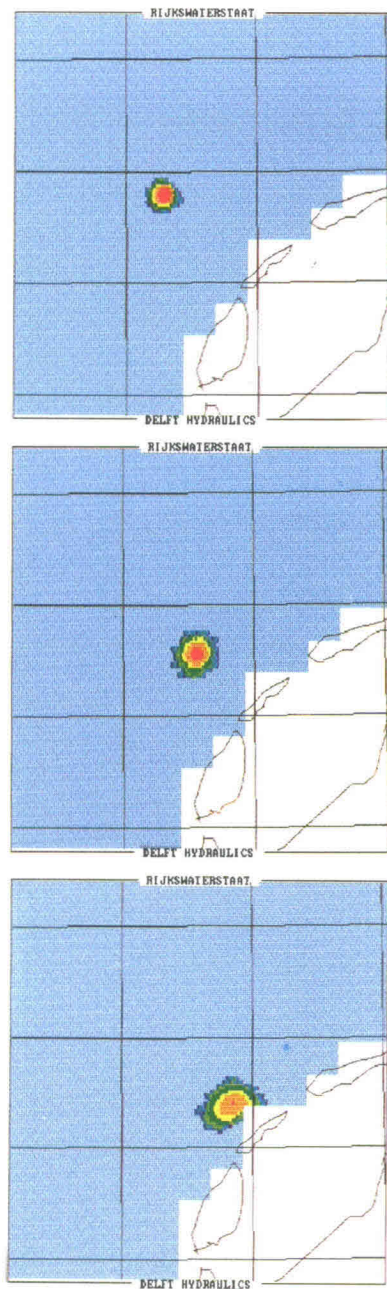
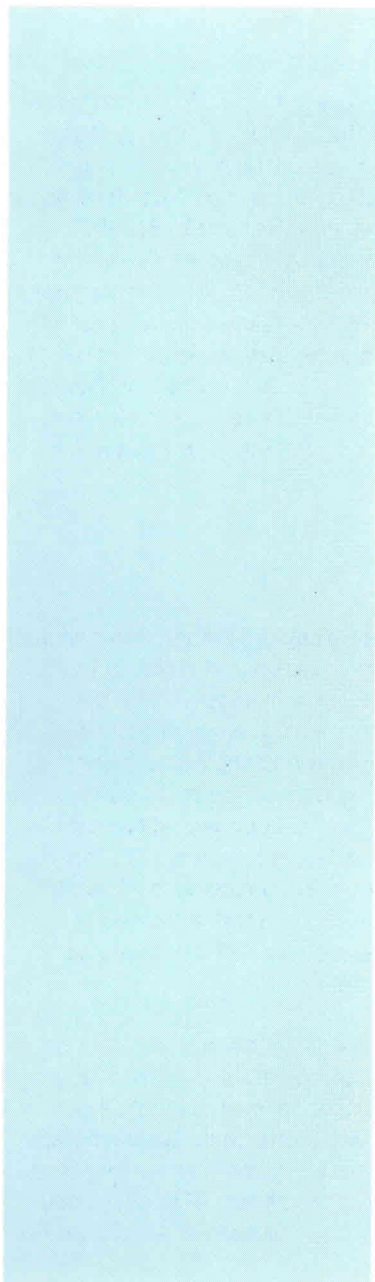
Het model DYNAMO berekent de variatie in de hoeveelheid (A) en de samenstelling (B) van algen gedurende een geheel jaar. Voorbeelden voor de Nederlandse kustzone bij diverse situaties van toevoer van voedingsstoffen. Een sterke vermindering van de toevoer is nodig om pieken in algengroei duidelijk te kunnen verkleinen (A).

belangrijke details

Plaatselijk kan de situatie meer gedetailleerd bestudeerd worden met een kolommodel, zoals het in ontwikkeling zijnde model ECOLUMN. Dit model maakt gebruik van de resultaten van DYNAMO. In het kolommodel is de kennis verwerkt die in zoete wateren en in estuaria is opgedaan met bijvoorbeeld de modellen GREWAQ en BLOOM. Het kan meerdere algensoorten onderscheiden en beschrijft tevens de belangrijke zuurstofhuishouding in water en bodem. ECOLUMN onderscheidt, afhankelijk van de stratificatie, diverse watersegmenten en één of meerdere bodemsegmenten.

De formulering van diverse (bodem)processen zal nog verfijnd worden. Het gaat dan vooral om de invloed van bodemdieren zoals filtrerende schelpdieren, bacteriën en eencellige dieren en de relatie tussen algen en het grazende zoöplankton. Hiermee komen we al in het grensgebied met ecologische modellen.

Bij de ontwikkeling van een dergelijk kolommodel en de beschrijving van de genoemde processen is uitgebreid veldonderzoek op de Noordzee vanzelfsprekend noodzakelijk.



6.0
Met het model MARS kan binnen enkele minuten berekend worden hoe een olievlek zich onder bepaalde omstandigheden (hier bij NW-wind) zal verplaatsen.



6.1
Calamiteiten kunnen ernstige gevolgen hebben voor de waterkwaliteit en het ecosysteem van de Noordzee.

6 CALAMITEITEN

Incidentele lozingen van verontreinigende stoffen als gevolg van ongevallen kunnen ernstige gevolgen hebben voor het Noordzee-milieu. Gedacht kan worden aan scheepsrampen, ongevallen op olieplatforms en calamiteiten bij industrieën die gelegen zijn aan rivieren die naar de Noordzee afstromen (bijvoorbeeld november 1986 bij de firma Sandoz in Bazel).

Om negatieve gevolgen van dergelijke gebeurtenissen te voorkomen of te beperken, moeten zeer snel doeltreffende maatregelen getroffen kunnen worden. Dat kan alleen als informatie beschikbaar is over de verspreiding van de vrijkomende stoffen gedurende de eerste uren en dagen na het ongeval. Vooral drijvende stoffen (olie), opgeloste stoffen en bezinkende stoffen zijn hierbij van belang. Stoffen die verdampen tasten in het algemeen het watersysteem niet rechtstreeks aan en blijven hier verder buiten beschouwing.

snel en nauwkeurig

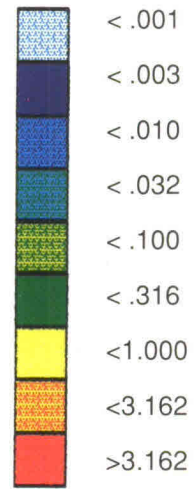
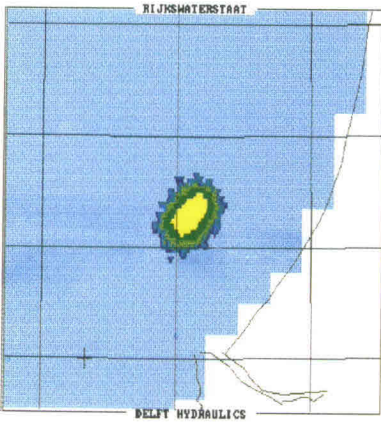
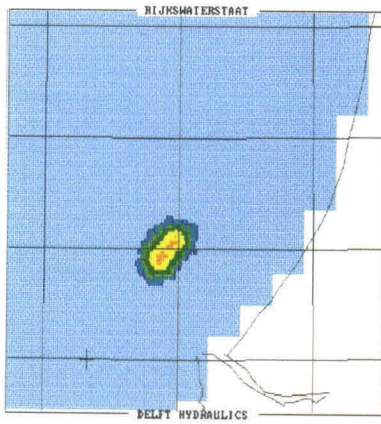
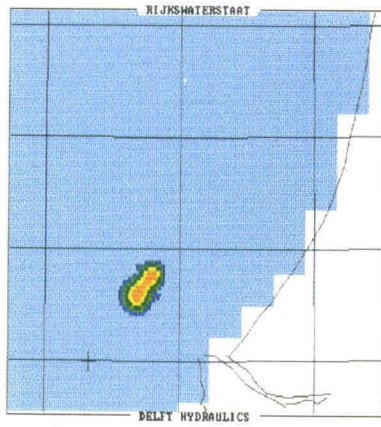
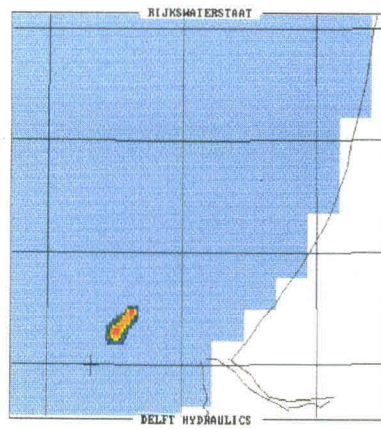
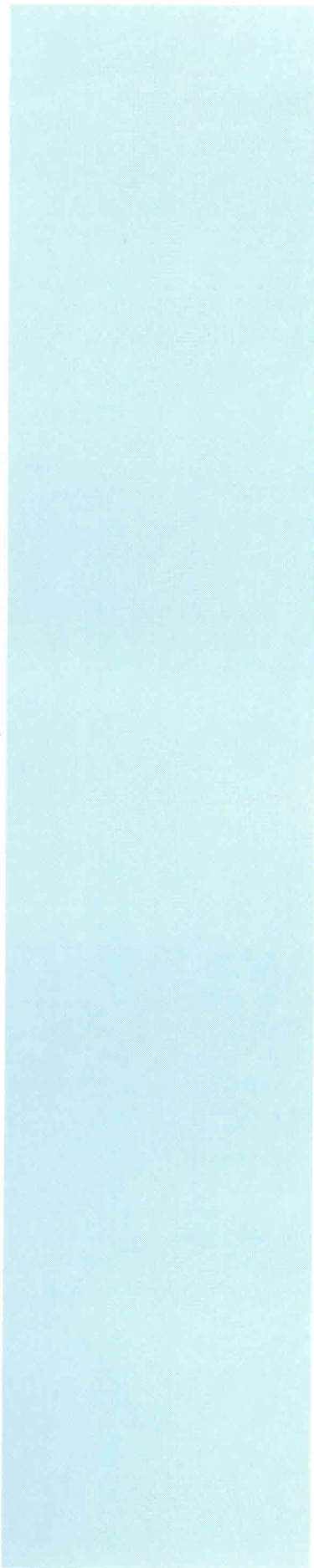
Met het calamiteitenmodel MARS (MARine Spills) kan binnen een half uur worden berekend hoe het concentratiepatroon van een stof zich zal ontwikkelen gedurende de eerste twee etmalen na een ongeval. Daarbij moet men denken aan een olielozing, een lekkend gifschip of gezonken containers. Als de belangrijkste gegevens over de lozing en de eigenschappen van de vrijkomende stoffen zijn ingevoerd, kan met tijdsintervallen van een half uur worden berekend wat de concentraties van drijvende olielagen en opgeloste stoffen in het getroffen gebied zullen zijn. De eerste resultaten zijn al binnen enkele minuten beschikbaar. Het model wordt opgenomen in het omvangrijke beslissingsondersteunende systeem SEABEL, dat gebruikt wordt om bij rampen op de Noordzee snel tot de meest doeltreffende maatregelen te kunnen komen.

Bij de bepaling van de verspreiding van opgeloste stoffen wordt voor de berekening van de waterbeweging gebruik gemaakt van de resultaten van het model GENO, die voor een aantal karakteristieke windsituaties beschikbaar zijn. Gebaseerd op actuele windgegevens en de weersvoorspelling voor de volgende twee etmalen wordt het te verwachten verloop van de stroming berekend. Voor drijvende stoffen wordt ook rekening gehouden met een extra driftstroming die onder invloed van de wind aan het wateroppervlak optreedt.

Omdat bij calamiteiten plaatselijk grote verschillen in concentratie kunnen ontstaan, worden hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van de berekeningsmethode in de modellen. In MARS wordt daarom gebruik gemaakt van de zogenaamde deeltjes-methode, waarmee ook de invloed van kleinschalige verschijnselen in rekening wordt gebracht. De formulering van de verspreidingsmechanismen is bij deze methode gebaseerd op de resultaten van kleurstofexperimenten op zee.

De beschrijving van de uitbreiding van olievlekken is ontleend aan het olieverspreidingsmodel TRANSSPILL, dat al enkele jaren door de Rijkswaterstaat gebruikt wordt bij rampen op de Noordzee.

Aan de verdere uitbreiding van het model MARS wordt momenteel gewerkt. Het gaat ondermeer om een zodanige aanpassing van de modelopzet, dat het model meer algemeen toepasbaar wordt, zodat bijvoorbeeld voor deelgebieden van de Noordzee (inclusief estuaria) meer gedetailleerde stromingsgegevens gebruikt kunnen worden.



concentraties in µg/l

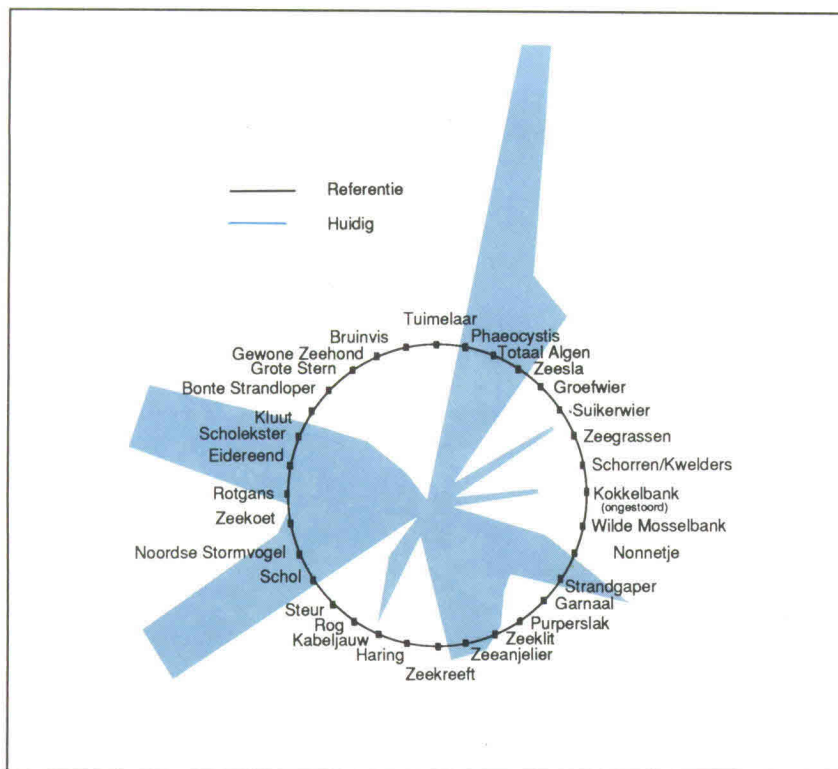
6.2

De windrichting en -snelheid hebben een grote invloed op de verspreiding van opgeloste stoffen na een calamiteit. Het model MARS houdt hier rekening mee. Een voorbeeld voor een 6 uur durende lozing bij een harde ZW-wind.

de derde dimensie

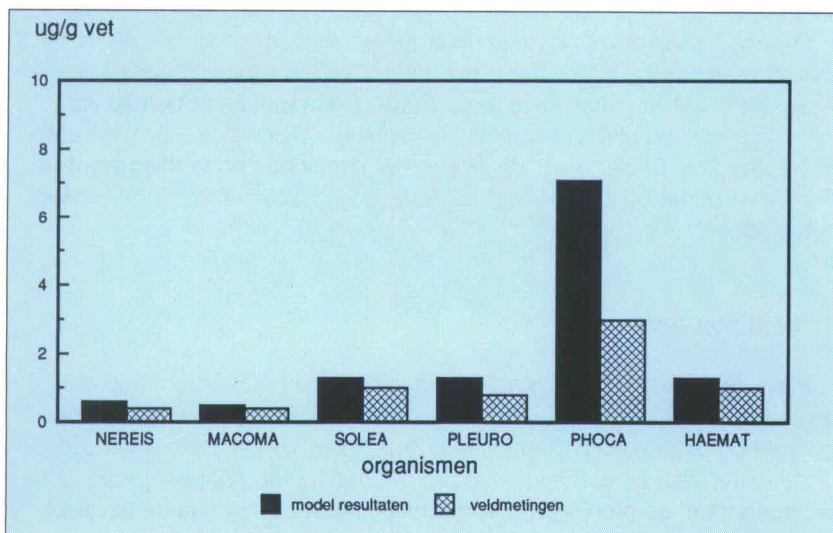
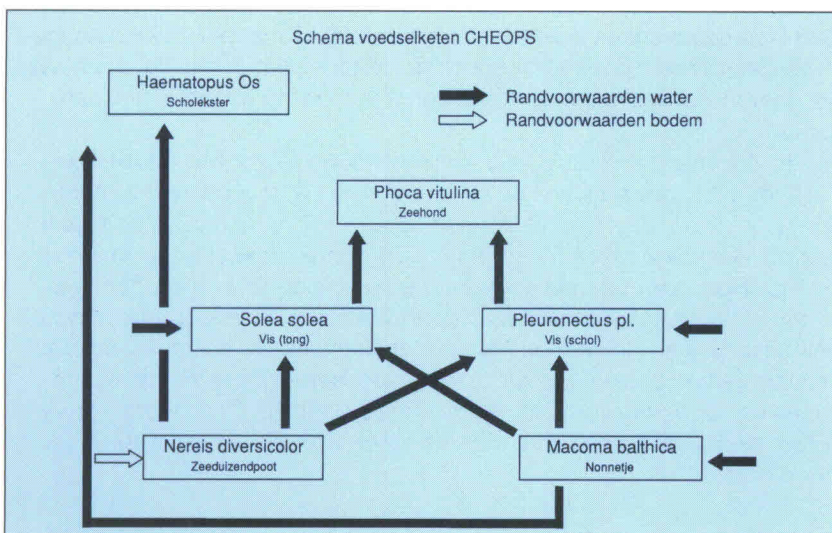
Om verschillende redenen is er behoefte aan goed afgeregelde driedimensionale waterbewegingsmodellen. Ten eerste is het transport van zinkende stoffen en van stoffen die zich hechten aan zwevend materiaal van belang, vooral met het oog op de opname van deze stoffen in de zeebodem. Een tweede belangrijk aspect is speciaal de verspreiding van verontreinigingen in de kustzone als gevolg van rampen in dit gebied of in (het estuarium van) de Rijn, de Schelde of de Eems. Door de uitstroming van zoet rivierwater en de menging daarvan met het zwaardere zeewater ontstaat in de kustzone een ingewikkeld stromingspatroon. Om het transport van diverse stoffen (drijvend, opgelost en aan slib gebonden) daar voldoende nauwkeurig te kunnen berekenen is in principe een driedimensionaal model noodzakelijk. Vooruitlopend op het beschikbaar komen van zo'n model zal in MARS voorlopig een sterk vereenvoudigende benadering worden toegepast.

In aanvulling op een model als MARS zijn voor meer gedetailleerde berekeningen en voor de bepaling van de verspreiding van verontreinigingen op langere termijn dan enkele dagen, op grotere computersystemen modellen beschikbaar.



7.0

De "amoebe": het vóórkomen van een dertigtal voor de Noordzee en aangrenzende estuaria karakteristieke plant- en diersoorten in 1988 wijkt sterk af van het vóórkomen in 1930. Veel meer algen, veel minder tuimelaars.



7.1

Ecologische modellen zullen meer inzicht geven in de effecten van maatregelen om de verontreiniging van de Noordzee terug te dringen. Dit voorbeeld van het model CHEOPS betreft de verspreiding van een PCB in een voedselketen bestaande uit: sediment/suspensie etende fauna - vissen (schol en tong) - scholekster - zeehond.

7 HOE VERDER?

Waterkwaliteitsmodellering is geen doel op zichzelf. Natuurlijk is het van belang om na te kunnen gaan in hoeverre de Noordzee verontreinigd is, maar waar het uiteindelijk om gaat is welke gevolgen deze verontreiniging heeft voor de gezondheid en ontwikkeling van planten en dieren. De uitkomsten van waterkwaliteitsmodellen zullen dan ook steeds vaker gebruikt worden als invoer voor een aantal zogenaamde ecologische modellen. Hiermee zal het mogelijk zijn de opname van verontreinigingen in organismen na te bootsen en het effect daarvan op het functioneren van deze organismen aan te geven. Daarbij speelt de beschrijving van voedselkringlopen, vanaf algen via zoöplankton, bacteriën en bodemdieren tot vissen, vogels en zoogdieren een belangrijke rol. Zover is het echter nog niet. De eerste voorzichtige schreden voor de Noordzee worden momenteel gezet.

de Amoebe maakt effecten zichtbaar

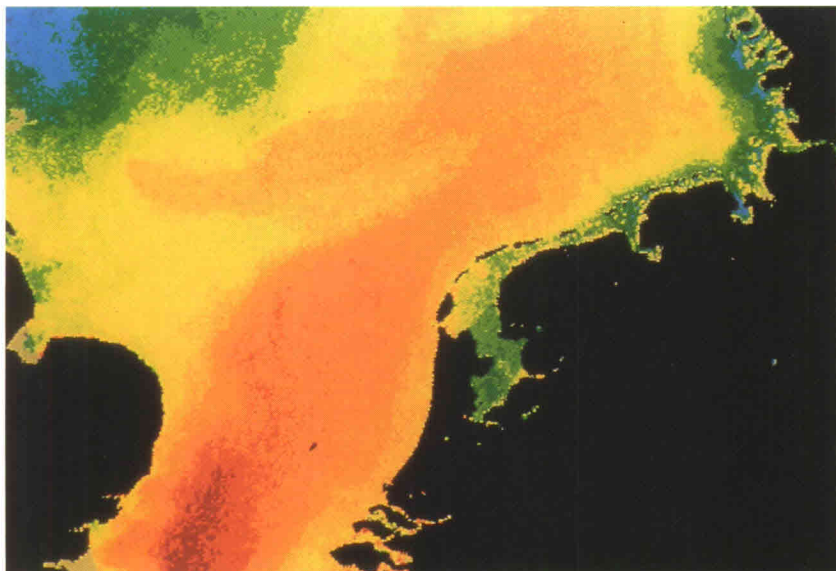
Het effect van de verontreiniging van de Noordzee op planten en dieren kan wel al zichtbaar worden gemaakt in een zogenaamde "Amoebe". Deze "Amoebe" kan beschouwd worden als een soort thermometer, die aangeeft hoe het met het ecosysteem van de Noordzee gesteld is. Bij het opstellen van de recent verschenen Derde Nota Waterhuishouding is het voorkomen van circa dertig karakteristieke plant- en diersoorten in 1988 weergegeven in vergelijking met de situatie omstreeks 1930. Aangenomen wordt dat in die laatst genoemde periode planten en dieren nauwelijks door menselijke ingrepen (waaronder verontreinigingen) beïnvloed werden.

Als de situatie in 1930 nu als een cirkel wordt weergegeven (waarbij de afstand tot het middelpunt van de cirkel een maat is voor de aantallen per soort), levert de vergelijking tussen 1988 en 1930 een amoebe-achtige figuur op. Sommige soorten kwamen in 1988 namelijk veel meer voor dan in 1930 (algen bijvoorbeeld wel vijf maal zoveel) en andere soorten veel minder of helemaal niet meer (zoals de tuimelaar). Zo ontstaat een figuur met "uitstulpingen" (algen) en "deuken" (tuimelaar). De oorzaken van deze uitstulpingen en deuken zijn grofweg de voedselverrijking van de Noordzee en de hoge gehalten aan microverontreinigingen. Deze laatste groep stoffen heeft vooral negatieve effecten op de voortplanting van zeezoogdieren.

Het beleid is er op gericht de "Amoebe" als het ware uit te deuken en de uitstulpingen af te vlakken, zodat in de toekomst de cirkelvorm weer benaderd wordt. Hiervoor zullen maatschappelijke activiteiten aangepast moeten worden en zijn gerichte maatregelen nodig. Het effect van deze maatregelen kan op objectieve wijze worden voorspeld met behulp van een goede set waterkwaliteitsmodellen gekoppeld aan een "amoebe-achtige" benadering. Deze moet nog wel verder uitgewerkt en verfijnd worden, door onder andere gebruik te maken van de in ontwikkeling zijnde ecologische modellen.

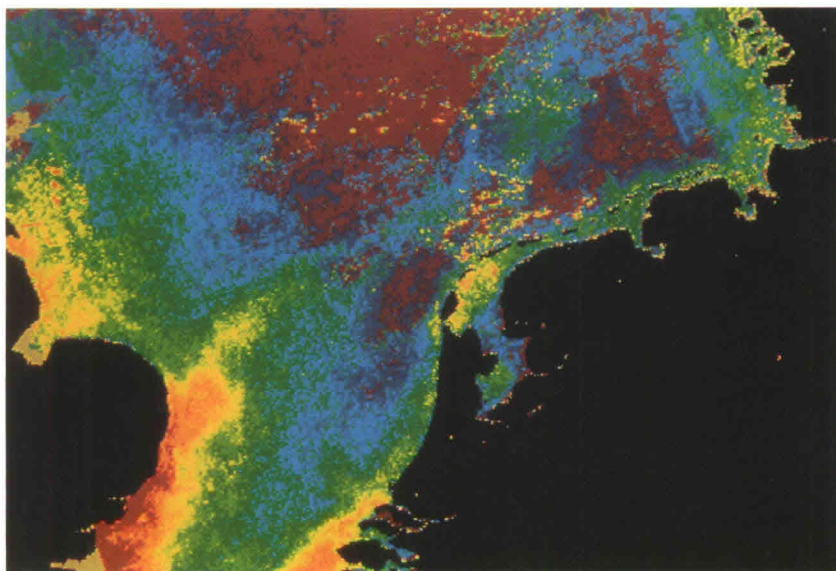
het moet nog beter

De reeds beschikbare waterkwaliteitsmodellen zullen daarvoor nog op een aantal belangrijke punten worden verbeterd of uitgebreid. In de voorgaande hoofdstukken werden in dit verband al genoemd: drie-dimensionale stroombeelden en concentratiepatronen van stoffen, bepaling van slibtransporten, de binding van verontreinigingen aan slib en de uitwisse-



Oppervlakte Temperatuur

9 10 11 12 13 14 15 °C



Zwevende Stof Concentratie

0 2 8 18 33 53 84 mg/l



7.2

Remote Sensing (bijvoorbeeld met behulp van satellieten) is van groot belang voor het verkrijgen van gegevens over stroming, temperatuur, zwevende stof en chlorophyl. Hier wordt de verdeling van temperatuur en zwevende stof op 1 november 1984 getoond.



7.3

Biologische monitoring met mosselen. Indicatoren voor de verontreiniging van het ecosysteem.

ling tussen water en bodem of water en lucht. Ook zal extra aandacht besteed worden aan variaties in stoftransporten en concentratiepatronen. Al deze verbeteringen zijn eveneens van belang voor calamiteitenmodellen, maar zullen ook het gebruik van waterkwaliteitsmodellen voor het routinematig maken van voorspellingen steeds meer binnen bereik brengen.

Zowel de verbetering van de waterkwaliteitsmodellen zelf, als de aansluiting van deze modellen met ecosysteemmodellen is niet mogelijk zonder de extra kennis die verzameld zal moeten worden door uitvoering van samenhangende onderzoeksprogramma's. In deze thans in uitvoering zijnde programma's nemen zowel laboratorium- en modelonderzoek als veldmetingen een belangrijke plaats in. Bovendien is een kenmerk van dit onderzoek dat vanuit verschillende disciplines (fysica, chemie, biologie) nauw wordt samen gewerkt. Voorts worden de programma's waar mogelijk toegespitst op het ontwerpen en analyseren van mogelijke oplossingen voor de milieuproblemen van de Noordzee. Van groot belang voor het onderzoek zijn nieuwe technieken zoals Remote Sensing, waarmee met behulp van radar en satellieten gegevens over bijvoorbeeld stroming, temperatuur, zwevende stof en chlorophyl kunnen worden verkregen.

monitoring

Waterkwaliteitsmodellen kunnen niet gebruikt worden zonder betrouwbare invoergegevens. Bovendien is het noodzakelijk de uitkomsten van de modellen steeds aan de werkelijkheid te toetsen. Ook hiervoor is het opzetten van onderling afgestemde, doeltreffende monitoringsprogramma's op de Noordzee van groot belang. Dat de hiermee verzamelde veldgegevens in toegankelijke, goed gestructureerde gegevensbestanden beschikbaar dienen te zijn, spreekt voor zich.

internationale samenwerking

We hebben haast. De "amoebe" geeft in grote lijnen aan hoe slecht het in sommige opzichten met de Noordzee gesteld is. In die situatie moet verbetering komen. Terugkeer naar de toestand in 1930 is daarbij niet nodig en ook veel te duur. Maar hoe ver kunnen en moeten we dan wel gaan? Een gezonde en duurzaam functionerende Noordzee, daar gaat het om en die doelstelling is nog haalbaar, zij het tegen hoge kosten. Om snel de juiste maatregelen te kunnen treffen moet onze kennis over de Noordzee op korte termijn vergroot worden. Dat kan als niet alleen nationaal maar ook internationaal samengewerkt wordt. Dit is mogelijk als de maatschappij zich voldoende bewust is en blijft van de ernst van de Noordzee problematiek, want slechts een op deze overtuiging gebaseerde politiek kan de internationale samenwerking tot stand brengen die nodig is om het tij ten goede te keren.

COLOFON

Auteurs:

A. v.d. Giessen

R.C. Boeije

Vormgeving:

Visuele vormgeving DGW 's-Gravenhage

Fotografie:

Dienst Getijdewateren

Directie Noordzee

K.N.M.I

Geosens b.v., Rotterdam

Illustraties:

Visuele vormgeving DGW 's-Gravenhage

Waterloopkundig Laboratorium Delft

Nadere inlichtingen:

Dienst Getijdewateren

Afdeling AOC

A. v.d. Giessen

Koningskade 4

Postbus 20907

2500 EX 's-Gravenhage

Telefoon 3745745

© Copyright 1989 RWS Dienst Getijdewateren

