

HET BEHEER VAN DE MARIENE RIJKDOMMEN DOOR MATHEMATISCHE MODELLEN

Dr. ir. G. PICHOT
Hoofd BMM, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie

MANAGEMENT OF MARINE RESOURCES BY MATHEMATICAL MODELS

The Management Unit of the North Sea Mathematical Models (MUMM) uses an array of mathematical models capable of simulating, in the North Sea and more particularly in the Belgian continental shelf area, the currents, the dispersion of pollutants in the water column, at the sea surface and in the atmosphere, and the seasonal fluctuations of the marine ecosystem.

These models are interconnected and user-friendly. They operate

in real time, and in the predictive mode. Substantial efforts are made to validate their results.

The models can be applied to describing numerous, highly complex marine processes. They yield a true 'added value' in the decisionmaking mechanisms aiming at an optimal management of our coastal resources.

INLEIDING

De Beheerseheid van het mathematisch model van de Noordzee en van het Schelde-estuarium (kort, 'BMM') die onlangs - reeds! - haar tiende verjaardag vierde, is gehecht aan het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie van het Ministerie van Volksgezondheid en Staat onder toezicht van de Staatssecretaris voor Leefmilieu.

Haar opdrachten van openbare dienst zijn:

- (i) Het verwezenlijken van impactstudies aangaande het zeemilieu door mathematische modelisatietechnieken en met het oog op hulp bij beslissingen.
- (ii) Het verzamelen van mariene waarnemingen nodig voor de validatie van de resultaten bekomen door de mathematische modellen en voor de konstante aanrijking van een gegevensbank betreffende het zeemilieu; daarvoor, het coördineren van de oceanografische campagnes uitgevoerd met het onderzoeksvaartuig, de BELGICA
- (iii) Het vervullen van de Belgische verplichtingen in het kader van verschillende internationale verdragen en organisaties met betrekking tot de bescherming van de zeeën.

Naast deze opdrachten van openbare dienst, voert de BMM verscheidene konsultatiewerken uit voor rekening van derden en waarvan de inkomsten momenteel de salarissen van meer dan de helft van haar personeel dekken. 'Klanten' zoals het Ministerie van Openbare Werken, de Vlaamse Waterzuiveringsmaatschappij, de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Spleijstoffen, de Commissie van de Europese Gemeenschappen, het Wetenschappelijk Komitee van de NAVO, de Noorse instelling Det Norske Veritas, B.A.S.F. N.V., Prayon Rupel N.V., enz... vonden het interessant om op haar deskundig onderzoek beroep te doen.

Vermits de aspecten, specifiek voor de bescherming van het leefmilieu, zopas het voorwerp uitmaakten van een lang debat

(1), lijkt het hier verkieslijker om dieper in te gaan op de mathematische modellen zelf en op hun toepassingen.

1. EEN STEL MODELLEN

De BMM beschikt inderdaad over een stel modellen.

Figuur 1 geeft de lijst van deze modellen, de produkten die ze leveren en de problemen

te gegeven wordt door het model OTHERS. Het gedeelte van die olie of van die 'andere' stof, dat ontsnapt in de atmosfeer, wordt gevolgd door het model ATMOS. Uiteindelijk worden de seizoenale schommeling van de nutriënten, het fytoplankton, het zoöplankton, de detritus organische stof en de mariene bacteriën, evenals hun wisselwerkingen met de sedimenten, voorgesteld door het model ECOL.

Fig. 1: Mathematische modellen Noordzee.

	Hydrodynamiek	Dispersie	Ekologie
MODELLEN			
PRODUKTEN	<ul style="list-style-type: none"> - deiningsspektrum - ogenblikkelijke snelheden en elevaties - gemiddelde debieten - wrijving op de zeebodem 	<ul style="list-style-type: none"> - concentraties van de stoffen in de waterkolom, aan de oppervlakte en in de atmosfeer 	<ul style="list-style-type: none"> - biomassa's
TOEPASSINGEN	<ul style="list-style-type: none"> - atlas van de hydrografische gegevens, alarm in geval van overstromingen, minimale waterhoogtes op de navigatie-assen - toegang tot de havens en ploforms, werkomstandigheden van de duikers en robots - effecten van de zandontginningen, bestemming van de boggermoeder - dimensionnering van de pijpleidingen, opdelving van mijnen. 	<ul style="list-style-type: none"> - bewuste of accidentele stortingen - dispersie van de afvoersloten van de kust - sedimentatie en hersuspensie - anti-verontreinigingsbestrijding - bestemming van de opgeloste olie en van de dispersanten - verspreiding van de vislarven 	<ul style="list-style-type: none"> - eutrofiëring - verzandingsgebieden - interferentie met de pollutencyclus - toxicologische effecten

waarvoor ze gebruikt of kunnen gebruikt worden.

Het veld van de ogenblikkelijke snelheden en elevaties wordt gegeven door het model HARMO, voor windstille toestanden en door het model STORM, wanneer men wil rekening houden met de meteorologische forcing.

Anderzijds, geeft het model RESID het gemiddeld transport over lange termijn en op grote afstand.

De dispersie van een stof (van een pollutant, ...) in de waterkolom wordt gesimuleerd door het model DISPER. De bestemming van een olielaag wordt gegeven door het model SLICK terwijl de evolutie van een lozing van een andere gevaarlijke stof, die drijft op en verdampert aan de zee-oppervlak-

Deze verschillende modellen hebben drie belangrijke karakteristieken:

- (i) Vooreerst zijn ze onderling verbonden. In de meeste gevallen, is het van weinig belang om slechts één van deze modellen te doen werken, zonder terzelfdertijd verschillende 'stroomopwaartse' modellen te doen draaien.

Nemen we aldus bijvoorbeeld het geval waar men een olielaag wil bestrijden door het verspreiden van chemische dispersanten en waar men bezorgd is over het toxisch effect van deze dispersanten op het marien ecosysteem. Daarvoor (zie fig 1), moet men STORM laten draaien om de reële stromingen te bekomen die SLICK in werking stellen. Het mengsel gedispergeerde olie/dispersanten dat de zee-oppervlakte ver-

laat en binnentreedt in de waterkolom, vertegenwoordigt een verliesfactor voor SLICK maar ook een beginfactor voor DISPER, dat de bestemming van dit mengsel in water simuleert.

Bovendien kan men, na het gebruik van RESID dat de ruimtelijke zones bepaalt die als homogeen kunnen beschouwd worden en waarin de ekologische processen kunnen opgenomen worden onder de vereenvoudigde vorm van een systeem van niet-lineaire differentiaal vergelijkingen van de eerste orde, ECOL doen draaien.

De iuxtapositie van de pollutiekonzentraties bekomen met DISPER en de biomassakonzentraties bekomen met ECOL en hun interpretatie rekening houdend met ekotoxicologische criteria, laten toe een antwoord te geven op het gestelde probleem.

(ii) Vervolgens zijn deze modellen operationeel en werken ze in reële tijd en op voorspellende wijze. Dat betekent onder meer dat ze permanent in een zekere toestand gehouden worden door de meteorologische voorspellingen vertrekt door het Europees Centrum van Reading (GB)

(iii) Uiteindelijk zijn ze users-friendly, dit wil zeggen dat ze door tussenkomst van een reeks menu's en door ja/nee-antwoorden op eenvoudige vragen, kunnen gebruikt worden door vakbekwame deskundigen die echter niet noodzakelijk op de hoogte moeten zijn van de volledige techniek van de mathematische modelisatie.

Bovendien worden de resultaten in een gemakkelijk te interpreteren vorm weergegeven en in geval van nood, kunnen ze via de telefax naar een beslissingscentrum gestuurd worden.

2. TOEPASSINGEN

Deze modellen kunnen van toepassing zijn voor zeer verschillende gevallen waarvan een niet-volledige lijst wordt gegeven in fig. 1

Wij zullen ons hier beperken tot drie bijzonder significante voorbeelden.

Het eerste betreft de voorspelling van de waterhoogtes te Oostende in geval van stormen (2). Fig. 2. geeft de uit het leven gegrepen toestand weer tussen 2 en 4 januari 1976 gedurende de storm die de overstromingen van Ruisbroek veroorzaakten. In deze figuur, geeft het gearceerd gedeelte de surelevatie weer te wijten aan de meteorologische forcing. De peilen 5.38 en 5.63 m zijn de twee alarmpeilen, gedefinieerd door Openbare Werken terwijl de kruisjes de waarnemingen zijn, uitgevoerd door de Dienst der Kust. Men merkt op dat het model, dat gebruik maakt van de weersvoorspellingen, het kritisch tijk korrekert weergeeft. Dit model is momenteel ter beschikking gesteld van Openbare Werken teneinde het vervolledigen van de middelen die ze bezitten inzake de voorspelling van overstromingen.

Fig. 2: Waterhoogtes te Oostende tijdens de storm van 2-4 januari 1976, zoals voorspeld door STORM en vergeleken met de waarnemingen.

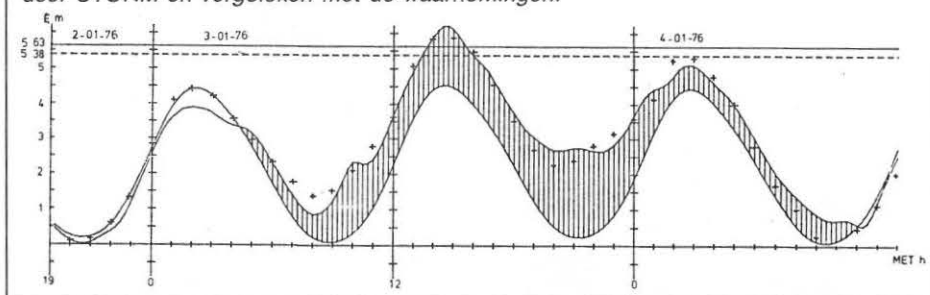
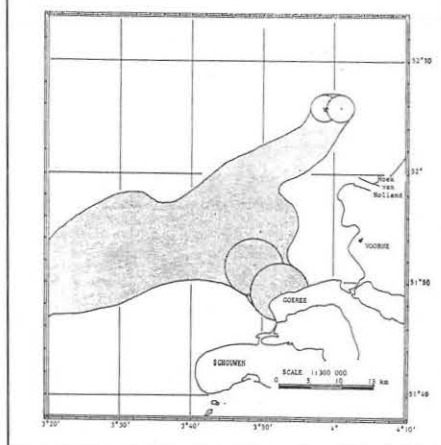


Fig. 3: Gebied getroffen door de koolwaterstoffenverontreiniging veroorzaakt door het ongeval van de 'Katina' (7 juni 1982), zoals voorspeld door SLICK.



Het tweede heeft als voorwerp de voorspelling van het gedrag van een olielaag op zee. Figuur 3 geeft het gebied weer dat getroffen werd door de verontreiniging afkomstig van het ongeval dat de 'Katina' tanker getroffen heeft op 7 juni 1982 ter hoogte van de Hoek van Holland en waarbij 1100 m³ zware stookolie in zee terecht zijn gekomen (3). De verplaatsing en de uitgestrektheid van deze laag kwamen goed overeen met de waarnemingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat gedurende de zes dagen die op het ongeval volgden.

Op de zevende dag traden afwijkingen op tussen de waarnemingen en de resultaten van het model, want de Nederlanders kondigden aan dat de vlek zich in de onmiddellijke buurt van de Hoek van Holland bevond, het model van de BMM daarentegen duidde aan dat Goeree bedreigd werd.

De balansen van met stookolie besmeurd zand hebben a posteriori aangetoond dat de verontreiniging voornamelijk de stranden van Goeree had bereikt en dat het dus het model was dat gelijk had.

De interpretatie van deze feiten is dat op een zeker ogenblik de laag onder de oppervlakte verdwenen is, dat ze ontsnapt is aan de visuele waarneming maar dat ze korrekert in rekening bleef gebracht door het model.

Het derde voorbeeld behandelt de verdeling van de faecale bacteriën in zee. Figuur 4 geeft een beeld van de gezondheidstoestand vóór (a) en na (b) de uitbouw van de nieuwe voorhavens van Zeebrugge (4). Men kan opmerken dat deze uitbouw in dit geval een positieve impact heeft, die te verklaren is door het feit dat, in de nieuwe vorm, het water van het kanaal van Schipdonk uitmondt binnen de nieuwe voorhavens, die op deze wijze de rol van bezinkingsstation speelt.

3. Validatie

Een van de vragen waarover de BMM zich momenteel bezorgd maakt, betreft de validatie van de antwoorden bekomen met de mathematische modellen, vermits de voorbeelden gegeven in het voorgaande hoofdstuk - zelfs indien ze een goed verband aantonen tussen de modelresultaten en de waarnemingen - niet als voldoende beschouwd worden om een reële 'quality control' van onze modellen te verzekeren.

Met de nadruk op het feit dat het hier een veel complexere vraag betreft dan de kalibratie van de modellen waarbij men een aantal parameters aangepast met het doel

Fig. 4: Gemiddelde verspreiding van de fecale bacteriën voor (a) en na (b) de uitbouw van de nieuwe voorhavens van Zeebrugge (concentratie in aantal kiemen (dl)).

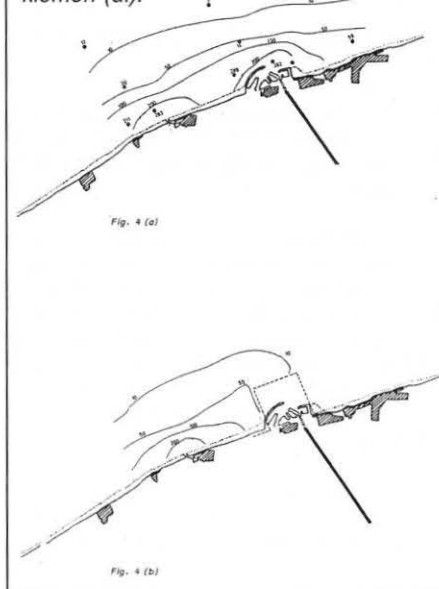
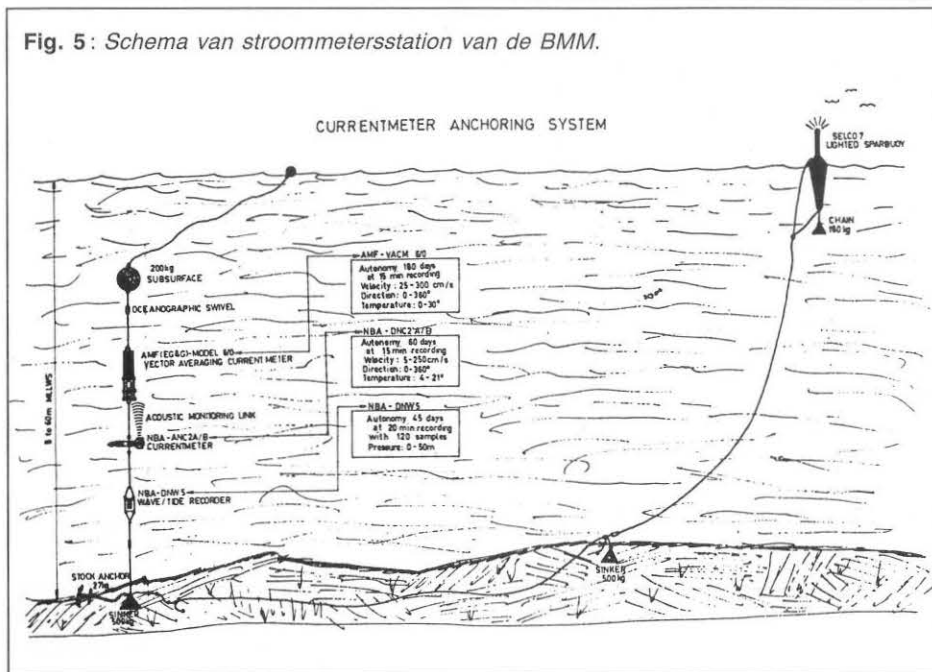


Fig. 5: Schema van stroommetersstation van de BMM.



BESLUITEN

De BMM beschikt over een stel mathematische modellen die - voor de Noordzee en meer in het bijzonder voor het Belgisch continentaal plat - een beschrijving geven van de stromingen, de dispersie van de pollutanten in de waterkolom, aan de zee-oppervlakte en in de atmosfeer, evenals van de seizoenale evolutie van het marien ecosysteem.

Deze modellen zijn onderling verbonden en users-friendly; ze werken in reële tijd en op voorspellende wijze. Voor de validatie van de bekomen resultaten werd een grote inspanning geleverd.

Ze worden en kunnen toegepast worden op de beschrijving van een groot aantal mariene processen van complexe aard en dragen bij tot een reële 'bijkomende waarde' in de mechanismen van beslissingsname met betrekking tot het optimaal beheer van onze kustrijdommen.

REFERENTIES

- (1) Staatssekretariaat voor Leefmilieu, 1986. Onze Noordzee, kostbaar internationaal erfgoed, Colloquium, Oostende, 22 november 1986, 213 blz.
- (2) ADAM Y. et A. STERLING, 1984. La prévision des marées-tempête le long de la côte belge, Annales des Travaux Publics de Belgique, 2, 105-115.
- (3) MUMM, 1983. incorporation of computer predictions of slick behaviour at sea in oil spill control procedures, CCE 6621/82/11, final report, 106 p.
- (4) BMM, 1982. Studie van de ekologische effecten van de voorhaven van Zeebrugge, M.O.W. 23.01.79, eindverslag, 208 blz.
- (5) ADAM Y., A. POLLENTIER en Y. SPITZ, 1986. Harmonische analyse van meetreeksen van horizontaal en vertikaal getij. Analyse van de onzekerheden op de harmonische constanten, werkgroep M.O.W. Getij en Golven, Techn. rap., 20 blz.
- (6) JAMART B.M. and J. OZER, 1986. Numerical boundaries layers and spurious residual flows, J. Geophys. Res., 91, C9, 10621-10631.

het model aan te passen opdat een reeks waarnemingen korrekt worden weergegeven.

Het betreft eerder de evaluatie van de betrouwbaarheid van de resultaten, rekening houdend met onze nog onvolmaakte kennis van de mariene processen, de nodige vereenvoudiging om ze in vergelijkingen om te zetten, de fouten binnengeslopen door de gebruikte numerieke schema's en de onnauwkeurigheden die de grensvoorwaarden beïnvloeden. Met andere woorden, de becijfering van de probabieliteit opdat de resultaten van het model korrekt zouden zijn op een dergelijk nauwkeurighedsniveau.

Om dit te doen is er natuurlijk de direkte methode bestaande uit de vergelijking tussen de modelresultaten en de waarnemingen, die op zichzelf fouten bevatten. Er bestaan ook andere, meer theoretische methoden, die bijvoorbeeld als voorwerp hebben:

- het laten draaien van de BMM modellen en de modellen bestaande in het buitenland, om identieke fenomenen te simuleren; en vervolgens de resultaten bekomen met deze twee types van modellen te vergelijken ('modellen-modellen' vergelijking).
- of het laten draaien van de BMM modellen voor sterk vereenvoudigde problemen (onder meer, voor wat de geometrie betreft) waarvoor analytische oplossingen bestaan; en vervolgens deze analytische oplossingen vergelijken met de numerieke oplossingen bekomen met de modellen ('analytische-numerieke' vergelijking).

Op dit domein werden door de BMM twee belangrijke vooruitgangen geboekt, welke de moeite waard zijn om te vermelden.

- (i) De eerste betreft de verwerking van de

stroomsnelheidsgegevens, verzameld door de BMM met behulp van automatische stations die voor lange periodes verankerd zijn op het Belgische kontinentaal plat, en meer bepaald, in de buurt van het lichtschip, de Westhinder (fig. 5). De BMM heeft niet enkel klassieke analyseprogramma's van de harmonische componenten van deze stroomsnelheidsreeksen ontwikkeld, maar ook, en vooral geperfectioneerde programma's die de fout bepalen op elk van de componenten (5)

De stromingen, bekomen door het model HARMO worden als zijnde 'van goede kwaliteit' beschouwd want komponent per komponent ligt de getijde-ellips berekend voor een gegeven punt, opgesloten in de foutenellips van het getij op hetzelfde punt waargenomen.

- (ii) De tweede levert het bewijs dat de tot nu toe gebruikte numerieke methode voor het voorstellen van de fiktieve Corioliskracht in veel op internationaal vlak erkende modellen, een onjuiste cirkulatie kan induceren zonder enige fysische betekenis (6).

Eens dat deze modellen gevalideerd zijn, moet men uiteindelijk aantonen dat ze een 'bijkomende waarde' geven aan de processen van beslissingsname. In dat opzicht werd een interessante test uitgevoerd voor het geval van de bestrijding van oliecontaminatie (3). De reacties van twee ploegen van mensen die een beslissing moesten nemen, - waarvan de ene het voordeel had te beschikken over een voorspelling van het gedrag van de olielaag gegeven door SLICK - werden geanalyseerd. Er kon aangetoond worden dat de ploeg, bijgestaan door de informatie van SLICK, veel geschiktere en veel snellere beslissingen namen, onder meer voor de identifikatie van de bedreigde gebieden en de keuze van de bestrijdingsmiddelen.

TIJDSCHRIFT OVER ENERGIE
4° JAARGANG
NUMMER 1



INHOUD
Spouwmuurisolatie in geëxpandeerd polystyreen - De windparken in Californië - Gebruik van een huiscomputer voor schoolverwarming - G-rechthoek: eenvoudig thermisch model voor een gebouw

ABONNEMENTEN
Per jaargang: 900 BFR.
Per los nummer: 200 BFR.

STORTEN OP:
Bankrekening 411-8026561-07
Op naam van: VZW WEL
Lode van Sullstraat 67
2600 Berchem