De toepassing van waterkwaliteitsmodellen voor het beleid en beheer van het Grevelingenmeer

Voordracht uit de 36e vakantiecursus in drinkwatervoorziening en afvalwaterbehandeling 'Systeembenadering en modellering in de waterhuishouding', gehouden op 5 en 6 januari 1984 aan de TH Delft.



IR. J. P. G. VAN DE KAMER
Deltadienst
hoofdafdeling milieu en inrichting



ING. J. H. M. VAN DER MEULEN
Deltadienst
hoofdafdeling milieu en inrichting

1. Inleiding

Ter begeleiding van transformaties van ecosystemen in het Deltagebied verricht de Hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst (DDMI) toegepast waterkwaliteits- en ecologisch onderzoek. Op basis van verworven kennis worden adviezen verstrekt. De transformaties hebben betrekking op de overgang van getijdewateren naar een systeem met gereduceerd getij en naar stagnante zoete, zoute en brakke systemen als gevolg van de uitvoering van de Deltawerken. Met de verandering van het ecosysteem en de infrastructuur door aanleg van dammen, wegen en sluizen, wijzigen zich ook de functies die het bekken in principe kan vervullen. Nieuwe maatschappelijke wenselijke mogelijkheden dienen zich aan, oude functies zijn soms niet (goed) meer mogelijk. Zo kan de natuurwaarde achteruitgaan of andere accenten krijgen, de visserijfunctie verdwijnen (mossel- en oestercultures) of veranderen (van zout naar zoet), de mogelijkheid tot recreatie toenemen, de zoetwatervoorziening voor de landbouw verbeteren, etc.

Deze veranderingen in de functies, de mogelijke conflicten die er tussen de diverse functies kunnen optreden (bijv. recreatie of scheepvaart versus natuur) en de vele alternatieven met betrekking tot de ecologische ontwikkelingen vragen om een duidelijk beleid voor de bekkens. Het beleid is te omschrijven als het stellen van doelstellingen en prioriteiten voor de bekkens, het maken van keuzes ten aanzien van de gewenste ontwikkeling en de zorg dat het beleid wordt uitgevoerd. Voorbeelden van beleidsvragen zijn de vraag naar de wijze van afsluiting van de Oosterschelde en de keuze van zout of zoet Grevelingenmeer.

De uitvoering van het eenmaal gekozen beleid kan geschieden door middel van het beheer (vergunningen met betrekking tot lozingen, doorspoelbeheer, beheer stormvloedkering etc.), inrichtingsplannen (lokaties recreatiefaciliteiten, bescherming natuurgebieden, reservering voor visserij) en uitvoering van werken (dammen, sluizen etc.).

Het spreekt voor zich dat voor de beantwoording van beleids- en beheersvragen onderzoek nodig is. Dit onderzoek is te omschrijven als het verwerven van kennis, om op grond daarvan verwachtingen te geven over de effecten van bepaalde transformaties, ingrepen en beheersmaatregelen. Modelontwikkeling vormt een integraal deel van dit onderzoek.

In het navolgende zal bij wijze van illustratie [zie ook Stortelder, 1983] nader worden ingegaan op een tweetal modeltoepassingen voor het Grevelingenmeer ter beantwoording van de volgende beleids- en beheersvragen:

– Welk beheer dient gevoerd te worden om het zoutgehalte van het Grevelingenmeer op peil te houden zonder gevaar voor stratificatie en zuurstofloosheid, en rekening houdend met de visintrek? (par. 3).

– Wat is de te verwachten waterkwaliteit met betrekking tot eutrofiëringsaspecten bij een eventuele keuze voor een zoet Grevelingenmeer (par. 4).

Tenslotte zal in par. 5 een korte discussie worden gewijd aan de toepasbaarheid van de modellen.

2. Iets over het huidige Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer is een zout meer. Het is ontstaan na afsluiting van het Grevelingenestuarium met de Grevelingendam (1964) en de Brouwersdam (1971). Zie afb. 1.

De morfologie van het meer herinnert aan zijn verleden. De twee voormalige getijdegeulen zijn nog aanwezig: de noordgeul en de zuidgeul. Beide lopen ze van oost naar west. Vooral de zuidgeul kent vele putten die gescheiden zijn door zadels.

Ongeveer 65% van het meer is minder dan 5 m diep, en ongeveer 46% is minder dan 2,5 m diep. Enige morfometrische parameters zijn vermeld in tabel I.

TABEL I – *Enige morfometrische parameters van het Grevelingenmeer bij het huidige streefpeil van NAP-0,2 m.*

Wateroppervlakte	107 km²
Oppervlakte eilanden en platen	31 km²
Gemiddelde diepte	5,4 m
Maximum diepte	48,0 m
Volume	579.10⁶ m³
Lengte	23 km
Breedte	4-10 km
Peil	NAP - 0,1 tot -0,3 m

3. Stratificatie- en zuurstofmodel Grevelingenmeer

3.1. *De problematiek*

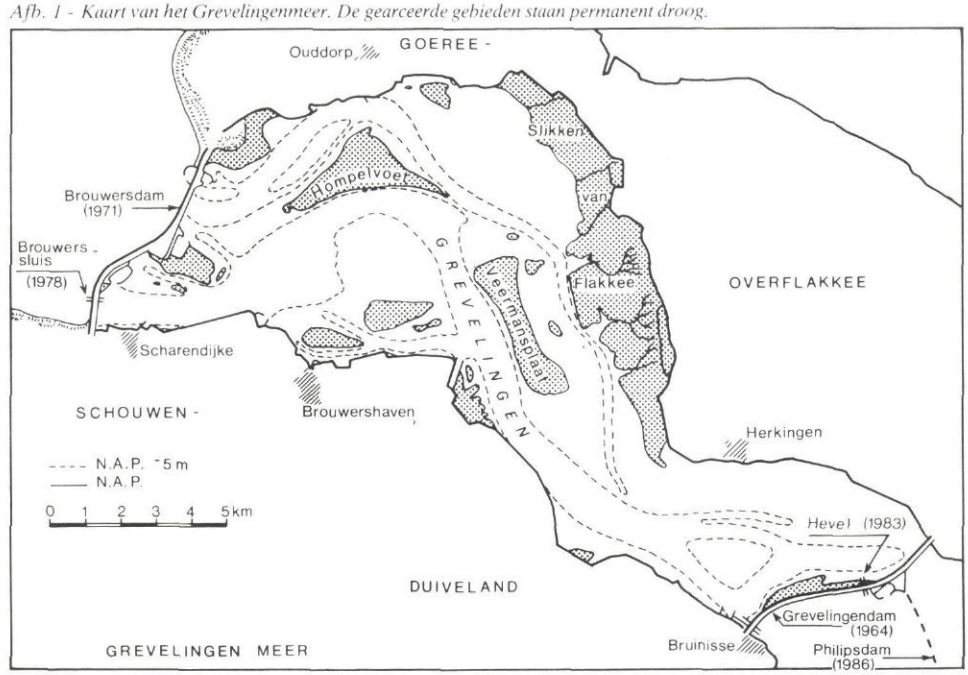
Sinds de afsluiting met de Brouwersdam in 1971 daalde het chloridegehalte in het Grevelingenmeer langzaam maar zeker van 17 gCl⁻/l tot 13 gCl⁻/l in mei 1978.

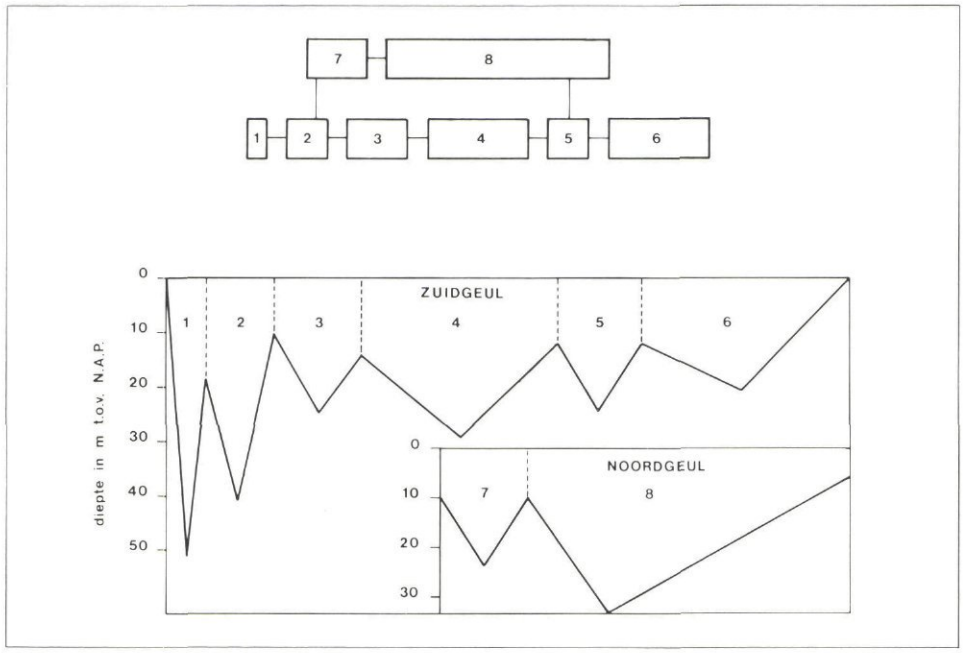
Deze daling werd veroorzaakt door de uitslag van brak polderwater en door neerslag.

Om de aanwezige zoutwaterlevensgemeenschappen van de ondergang te redden werd besloten het meer te verversen met Noordzeewater via een inmiddels gerealiseerde sluis in de Brouwersdam. Door tijdens hoogwater in te laten en tijdens laagwater te spuien bleek het in principe mogelijk in het meer een zoutgehalte van 16 gCl⁻/l te garanderen [De Vos e.a., 1980].

De verversing introduceert een nieuw probleem. Tijdens het inlaten duikt het zwaardere Noordzeewater naar beneden en vormt een vrij stabiele onderlaag. Er ontstaat dus een gelaagdheid ofwel een stratificatie van het meer. De uitwisseling van watermassa's tussen boven- en onderlaag wordt nagenoeg onmogelijk en daarmee bijvoor-

Afb. 1 - Kaart van het Grevelingenmeer. De gearceerde gebieden staan permanent droog.



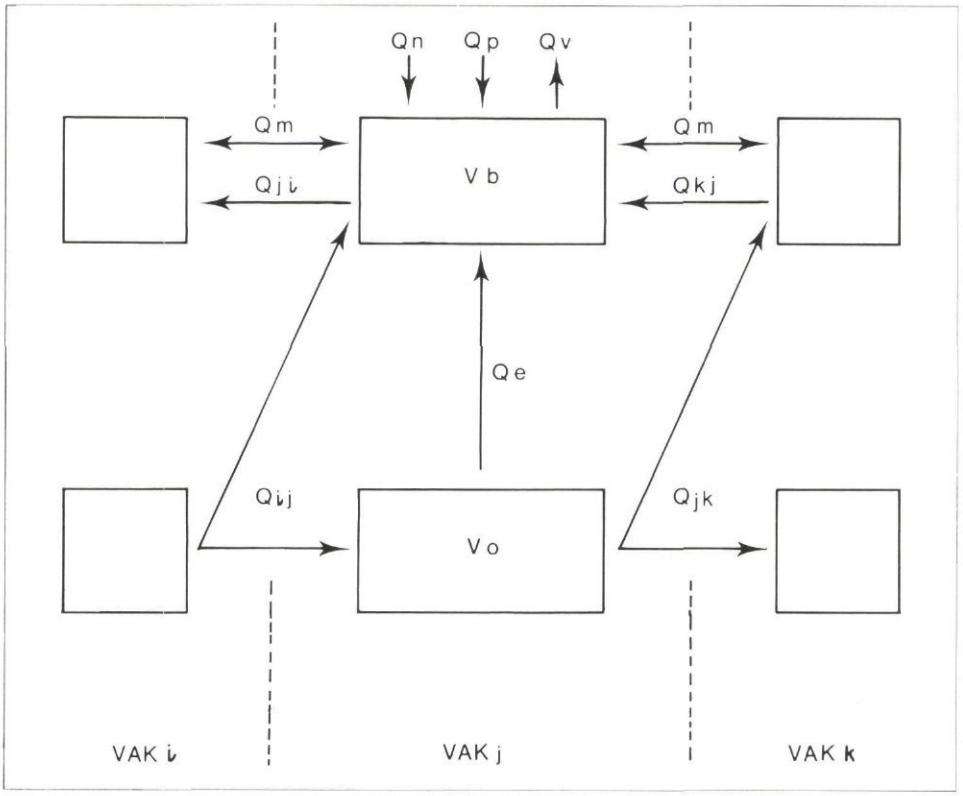


Afb. 2 - Geschematiseerde vakkenindeling en lengteprofiel van het Grevelingenmeer.

beeld ook het transport van zuurstof. Dit kan met name in de zomer tot zuurstofarmoede of zelfs zuurstofloosheid in de onderlaag leiden. Immers juist daar en dan wordt zuurstof gebruikt, onder andere voor de afbraak van gesedimenteerde algen.

In de zomer van 1979 werden de gevolgen van de stratificatie voor de zuurstofhuishouding manifest: 10% van de Grevelingenbodem werd geheel zuurstofloos, organismen stierven door zuurstofgebrek. Het in dat jaar gevoerde beheer – verversen gedurende het gehele jaar – bleek na een analyse [Bannink e.a., 1979] voor verbetering vatbaar. De sluis zou slechts in de winter gebruikt moeten worden om, na tijdige sluiting in het voorjaar, de menging door wind een kans te geven het meer vóór de opwarming van het water in de bovenlaag te doen destratificeren. Zodoende zou de omvang van de stratificatie beperkt blijven tot die van de plaatselijke thermische stratificatie, welke sinds de afsluiting in 1971 optrad.
Sinds 1980 wordt het Grevelingenmeer inderdaad alléén 's winters ververst.
De effecten zijn zoals voorzien in de beleidsanalyse.
De beleidsanalyse deed de behoefte voelen aan een simulatiemodel. Enerzijds om de aanwezige kennis van processen, die een rol spelen bij stratificatie en de zuurstofhuishouding beter te kunnen benutten, anderzijds om het voorgestane beleid te onderbouwen en/of eventueel te verbeteren. Bijvoorbeeld zou op grond van modelresultaten een scenario kunnen worden ontwikkeld dat gunstiger is voor de visserij. Sluiting in de lente verhindert namelijk de import van vislarven uit de Noordzee.

Afb. 3 - Schematisatie van de waterbalans voor vak j. Vak i ligt ten westen van vak j. Voor verklaring van de symbolen, zie tekst.

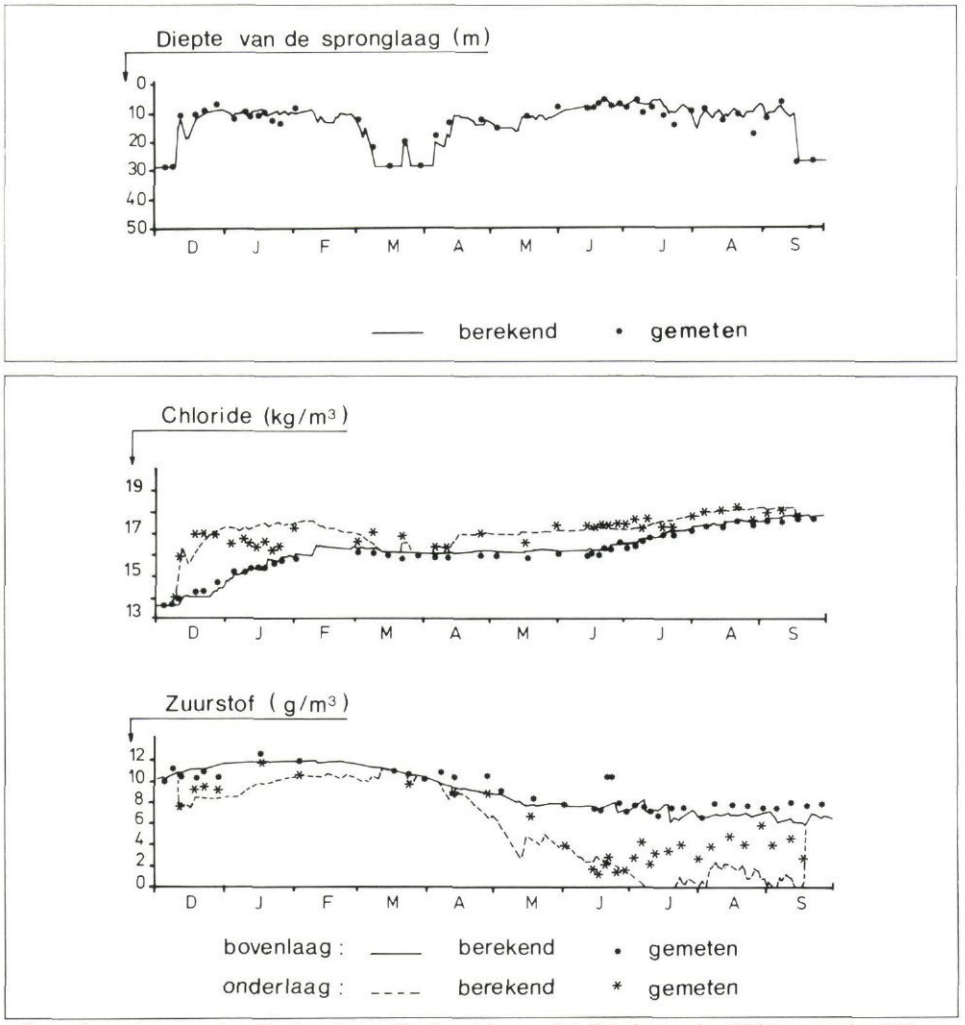


3.2. *Het model*

Het model berekent de diepte van de spronglaag (grenslaag tussen boven- en onderlaag) en het chloride- en zuurstofgehalte in boven- en onderlaag. Elk van beide lagen afzonderlijk wordt ideaal gemengd verondersteld. De diepte van de spronglaag is indicatief voor de omvang van de stratificatie en het gebied dat zuurstofloos kan worden.

Aanvankelijk werd voor het gehele Grevelingenmeer één onderlaag en één bovenlaag onderscheiden. Deze schematisatie leverde geen goede resultaten op vanwege het grillige bodemprofiel van het meer: verschillende diepe putten worden gescheiden door zadels. Nu is het meer verdeeld in 8 vakken (zie afb. 2), elk met ten hoogste twee ideaal gemengde lagen. De berekeningen die door het model worden uitgevoerd komen neer op een soort veredeld boekhouden. Ze zijn gebaseerd op een water-, een chloride-, een warmte- en een zuurstofbalans, welke per laag zijn opgesteld. De posten van iedere balans corresponderen met fysische en biologische processen.

Voor vak j zijn de verschillende posten van de waterbalans in afb. 3 weergegeven.
De in deze afb. gebruikte symbolen hebben de volgende betekenis:
Vb : volume bovenlaag van vak j;
Vo : volume onderlaag van vak j;
Qn : debiet t.g.v. neerslag;
Qp : debiet t.g.v. polderlozingen;
Qv : debiet t.g.v. verdamping;
Qm : debiet t.g.v. menging van de bovenlagen door wind;
Qji : debiet van de bovenlaag van vak j naar de bovenlaag van vak i;



Afb. 4 - De resultaten van de calibratie vanhet stratificatiemodel voor vak 4. Periode december 1978 t/m september 1979.

Qkj : debiet van de bovenlaag van vak k naar de bovenlaag van vak j;
Qij : debiet van de onderlaag van vak i naar de boven- of onderlaag van vak j, voor $j = 1$: het debiet door de Brouwerssluis;
Qjk : debiet van de onderlaag van vak j naar de boven- of onderlaag van vak k;
Qe : debiet t.g.v. entrainment.
De keuze tussen boven- of onderlaag bij Qij en Qjk wordt bepaald op grond van de dichtheid van het instromende water en die van het water in boven- en onderlaag van het ontvangende vak. Het entrainmentdebiet is het watervolume dat per tijdseenheid wordt afgeschraapt van de onderlaag door windgeïnduceerde stroming in de bovenlaag.

Een totaal zoet meer zal dus vak voor vak een zoute onderlaag krijgen als de sluis open staat: eerst zal in vak 1 de spronglaag oplopen tot de hoogte van het zadel tussen vak 1 en 2 bereikt is, dan volgt vak 2 tot dezelfde hoogte, vervolgens stijgen de onderlagen in vak 1 en 2 samen tot de hoogte van het zadel tussen vak 2 en 3, enz. (zie afb. 2).
De posten van de chloridebalans per laag en per tijdstap bestaan uit de relevante debieten vermenigvuldigd met de corresponderende chlorideconcentraties. De dichtheid van de laag wordt berekend op basis van de chlorideconcentratie en de temperatuur.
Voor de zuurstofbalans spelen behalve de reeds genoemde processen ook andere fysische en biologische processen een rol.
In elke bovenlaag zijn het reaeratieproces en het fotosyntheseproces van primaire producenten van belang. Deze processen zijn gemodelleerd met behulp van formules die respectievelijk op literatuurgegevens en metingen berusten. Voorts wordt in elke laag zuurstof gebruikt, onder andere bij de afbraak van dood organisch materiaal en ten gevolge van de respiratie van levende organismen. Dit zuurstofverbruik is gemodelleerd door twee relaties. Zowel voor de bodem als voor de waterfase wordt een op metingen gebaseerd verband tussen zuurstofverbruik en de temperatuur gebruikt.

Per vak zijn uit de balansen differentiaalvergelijkingen af te leiden voor de toestandsvariabelen van het systeem. Zo is uit de waterbalans voor de onderlaag op eenvoudige wijze een vergelijking voor de diepte van de spronglaag (z) te destilleren. Bij gebruik van de symbolen uit afb. 3, en aangenomen dat Qij naar de onderlaag gaat, geldt:

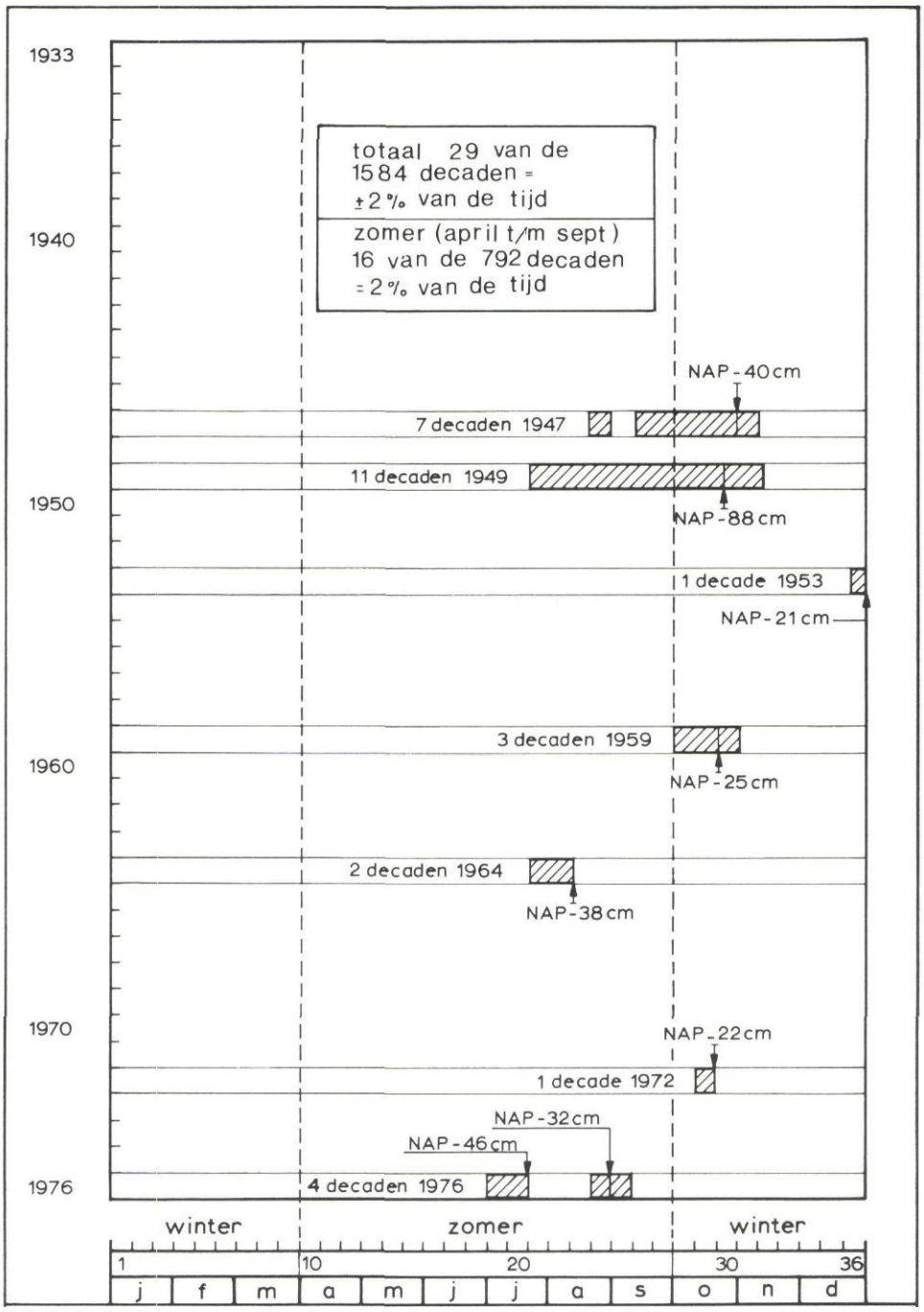
$$\frac{dz}{dt} = (Qe + Qjk - Qij)/A(z)$$

Hierin is A(z) de oppervlakte van de spronglaag op diepte z. De totale set differentiaalvergelijkingen wordt numeriek geïntegreerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van een variabele stapgrootte. Tijdens dit berekeningsproces worden steeds beslissingen genomen. Afhankelijk van de actuele positie van de spronglaag ten opzichte van een zadelhoogte in een vak zal bijvoorbeeld water uit de onderlaag naar een volgend vak stromen of niet.

3.3. *Resultaten en discussie*

Voor de ijking van het model is gekozen voor de periode december 1978 t/m september 1979. Van die tijd bestond er namelijk een uitgebreide set verticaalmetingen, omdat toen de verversing van het meer juist was opgestart. Vergelijking van de modelresultaten en de metingen leidde onder andere tot enkele wijzigingen met betrekking tot de zuurstofhuishouding en tot het toevoegen van een proces dat water uit de bovenlaag mengt bij het water dat vanaf de sluis of vanaf een drempel omlaagstroomt naar de onderlaag.
De resultaten van de calibratieprocedure zijn voor vak 4 getoond in afb. 4. Blijkbaar worden de positie van de spronglaag en de chloridegehalten van boven- en onderlaag redelijk berekend. Voor zuurstof is de overeenkomst met de meetgegevens minder goed. Dit wordt veroorzaakt door het gebrek aan kennis en het minder deterministische karakter van de relevante biologische processen.
Hoewel er feitelijk nog geen gevoeligheidsanalyse heeft plaatsgevonden is al wel duidelijk dat de onzekerheid van de modelresultaten vooral wordt bepaald door die van de (vele) invoergegevens. Met name de onzekerheden in de gegevens die gerelateerd zijn aan het weer zullen bij voorspellingen van invloed zijn. De benodigde invoer bestaat, behalve uit de beginstand, uit tijdreeksen betreffende:
– de inlaat via de Brouwerssluis met de bijbehorende chloride- en zuurstofgehalten en temperatuur;
– de temperatuur van de bovenlaag;
– de windsnelheid;
– de debieten ten gevolge van neerslag, verdamping en polderlozingen.

Een echte verificatie van het model moet nog plaatsvinden. Desondanks is het al enkele malen naar tevredenheid toegepast om praktische beheersvragen te beantwoorden. Ook is er kwantitatieve ondersteuning aan te



Afb. 5 - De decaden waarin onvoldoende water voor peilbeheersing van een zoet Grevelingenmeer beschikbaar is.

ontlenen voor de hoofdlijnen van het huidige beleid.
Een gedetailleerde beschrijving van het model is in voorbereiding [Bannink e.a., in voorbereiding].

4. Modeltoepassingen ten behoeve van de keuze zoet of zout Grevelingenmeer

4.1. *De problematiek*

Na het gereedkomen van de Deltawerken ontstaat de mogelijkheid om het huidige zoute Grevelingenmeer te verzoeten door zoet water vanuit het Volkerakmeer in te laten via de hevel in de Grevelingendam (zie afb. 1). Bij de vraag naar een zoet Grevelingenmeer zijn de wensen met betrekking tot de landbouwwatervoorziening overheersend, waarbij met name de beschikbaarheid van zoet water voor Schouwen en een gedeelte van Goeree primair is.
Uiteraard zijn er ten aanzien van het water verschillende belangen te onderscheiden, waarbij het erom gaat bij het te voeren beleid en beheer alle belangen tezamen optimaal te dienen. De belangenafweging ten aanzien van het Grevelingenmeer vindt plaats op grond van een zogenaamde beleidsanalyse. In deze beleidsanalyse worden voor verschillende belangen afzonderlijk de waarderingen voor een zout of een zoet Grevelingenmeer aangegeven. De beleidsanalyse baseert zich hierbij op enerzijds de kwaliteit van een zout of een zoet Grevelingenmeer en anderzijds op de eisen die aan een zout of zoet Grevelingenmeer gesteld moeten worden om aan de belangen van natuur, visserij, recreatie en landbouwwatervoorziening tegemoet te kunnen komen. Door een confrontatie van de kwaliteit met de eisen, en eventuele kosten, kunnen de consequenties van de keuze Grevelingenmeer zoet of zout zichtbaar gemaakt worden en kan een verantwoorde keuze gemaakt worden. De prognose met betrekking tot de kwaliteit van een zout of een zoet Grevelingenmeer is opgesteld door de Werkgroep Uitgangssituaties terwijl de eisen die gesteld moeten worden aan de diverse belangen van een zout of zoet Grevelingenmeer zijn geformuleerd door de Werkgroepen Ecologie, Visserij, Recreatie en Landbouw [RWS, 1982].
Voor een overzicht van de gevolgde werkwijze en de belangrijkste conclusies van eerdergenoemde Werkgroepen wordt verwezen naar v. d. Meulen e.a. [1984].
De beleidsanalytische nota is in 1983 verschenen [RWS, 1983] en verkeert momenteel in het stadium van het bestuurlijk overleg, waarna de Minister van Verkeer en Waterstaat een keuze zal maken, naar verwachting in 1984.
In het kader van dit artikel, waarin het gaat om modeltoepassingen, zal alleen nader worden ingegaan op de prognose van de kwaliteit van een zoet Grevelingenmeer met betrekking tot chloride en de eutrofiëringstoestand.

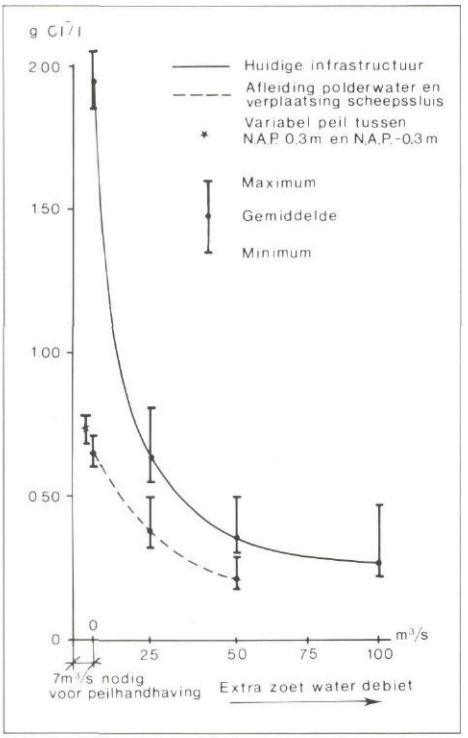
4.2. *Chloride prognose voor een zoet Grevelingenmeer*

Het chloridegehalte van het Grevelingenmeer zal hoofdzakelijk bepaald worden door het lozen van brak polderwater, zoutindringing door de dammen en de scheepvaartsluis, neerslag en verdamping en de beschikbaarheid van zoet water.
Indien voldoende zoet water beschikbaar is kan de zoutlast op het meer als het ware uitgespoeld worden. De beschikbaarheid van zoet water wordt echter beperkt door een randvoorwaarde, die bepaalt, dat van de totale beschikbare hoeveelheid zoet water op het Hollandsch Diep altijd getracht moet worden een minimum afvoer van 625 m^3/s door de Nieuwe Waterweg te handhaven teneinde ernstige verzilting van Midden-Holland te voorkomen. De dan nog resterende hoeveelheid zoet water is in principe beschikbaar voor onder andere doorspoeling van het Grevelingenmeer.
In de planvorming die voortvloeit uit de nieuwe wet Waterhuishouding zal in de toekomst nog een genuanceerde afweging betreffende dit aspect moeten plaatsvinden.

Gezien de infrastructurele werken (onder andere aanlegsteigers, toegangen tot jachthavens en dergelijke) is het streven gericht op het handhaven van het peil op NAP-0,2 m. Uit berekeningen die werden uitgevoerd met een hydrologische tijdreeks voor de jaren 1933-1976 bleek de beschikbaarheid van zoet water in ca. 2% van de tijd onvoldoende om het streefpeil te handhaven [RWS, 1981]. In extreme situaties, zoals bijv. in 1949, zou het peil gedaald zijn tot NAP-0,88 m (afb. 5). Gemiddeld genomen is er ca. 7 m^3/s nodig om het peil te handhaven.
Wanneer men een extra zoetwaterdebiet van 50 m^3/s wil realiseren, om de chloridebelasting op het Grevelingenmeer als het ware uit te spoelen, dan blijkt dat hiervoor in ca. 3% van de tijd onvoldoende water beschikbaar is. Bij een extra zoetwaterdebiet van 100 m^3/s is in ca. 9% van de tijd onvoldoende water beschikbaar.
Gegeven de randvoorwaarde van de beschikbaarheid van zoet water, alsmede de lozingssituatie met betrekking tot chloride, is het betrekkelijk eenvoudig een chloridegehalteprognose te maken bij diverse doorspoelscenario's. Aangenomen wordt hierbij dat het Grevelingenmeer geschematiseerd kan worden als een 'ideale menger'. Uit afb. 6 blijkt dat zonder extra doorspoeling een brak meer zal ontstaan met een chloridegehalte van ca. 2 g Cl^-/l. Met een extra doorspoeling van 50 m^3/s wordt een aanzienlijke verlaging van het chloridegehalte verkregen (tot gemiddeld ca. 0,4 g Cl^-/l), terwijl met een doorspoeling van 100 m^3/s nog een relatief geringe extra verlaging wordt bereikt (tot gemiddeld ca. 0,3 g Cl^-/l). Door het brakke polderwater af te leiden en de scheepvaartsluis in de Grevelingendam te verplaatsen zou nog een verdere verlaging van het chloridegehalte bewerkstelligd kunnen worden (afb. 6).
Voor de functie landbouwwatervoorziening is een chloridegehalte van 0,3-0,5 g Cl^-/l gewenst [RWS, 1982].
Zoals uit de chlorideprognoses blijkt is een extra doorspoeling van minimaal 50 m^3/s gewenst, teneinde aan dit criterium te kunnen voldoen. Daar dit zoet water voor doorspoeling afkomstig is uit de Rijn en Maas, die beide substantiële hoeveelheden nutriënten en toxische stoffen bevatten, is de eis voor een relatief laag chloridegehalte strijdig met betrekking tot de toxische aspecten en de eutrofiëring. De filosoifie met betrekking tot deze aspecten is het zoveel mogelijk reduceren van de nutriënten en toxische stoffen belasting.

4.3. *Prognose met betrekking tot de eutrofiëringstoestand*

Eutrofiëring is in Nederland één van de meest serieuze waterkwaliteitsproblemen van het zoete oppervlaktewater waardoor in hoge mate de kwaliteit van het ecosysteem en de daaraan toe te kennen functies bepaald wordt. Verwachtingen met betrekking tot de eutrofiëringstoestand voor een zoet Grevelingenmeer zijn om deze reden dan ook belangrijk voor de beleidsanalyse Grevelingen zoet-zout.
Voor de studie Grevelingen zoet-zout zijn een drietal voorspellingsmethodieken gebruikt nl. een structuurmodel (BLOOM-CHARON) en twee empirische methoden, te weten de Vollenweider en de CUWVO-methode. Deze voorspellingsmethodieken zullen allereerst in het kort worden besproken.



Afb. 6 - Prognose van chloridegehalten van een zoet Grevelingenmeer.

Het structuurmodel BLOOM-CHARON

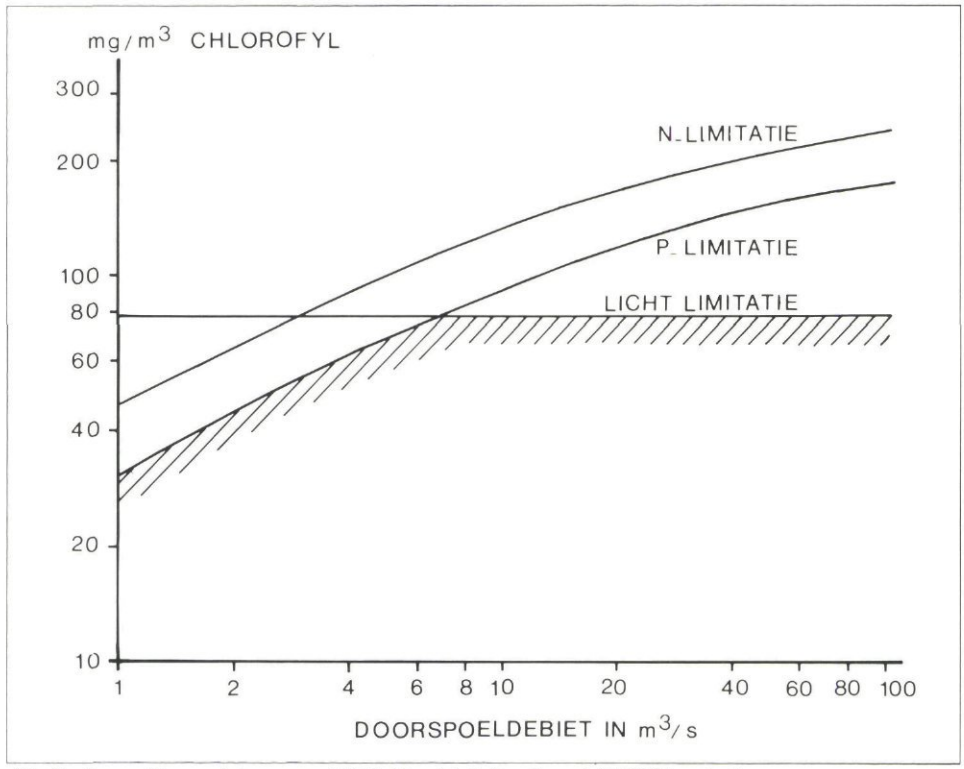
Dit model omvat het fytoplanktonmodel BLOOM II en het chemisch model CHARON.
Het fytoplankton model BLOOM II is gebaseerd op nutriëntenbalansen en de detritus- en fytoplanktonbalans. Het model maakt gebruik van een optimalisatietechniek, lineaire programmering, om het potentiële fytoplanktonmaximum-in-evenwicht te berekenen in overeenstemming met de heersende abiotische omstandigheden.
Het fytoplanktonmaximum kan worden beperkt door de beschikbaarheid van fosfaat-, stikstof-, siliciumverbindingen en licht.
Afhankelijk van de omstandigheden kiest het model uit tien in het model opgenomen fytoplanktonsoorten die combinatie, die het meest efficiënt van de beschikbare nutriënten en licht gebruikmaakt. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van dit model wordt verwezen naar Los [1980, 1982].
Voor dit model zijn een zeer groot aantal invoergegevens nodig. Als procesparameters moet onder andere ingevoerd worden de sterftesnelheid, mineralisatiesnelheden, en per algensoort onder andere de specifieke extinctiecoëfficiënt, koolstof-chlorofyl ratio, respiratiesnelheid en produktie-licht responscurve. Voorts dienen een aantal bekkenkarakteristieken zoals temperatuurverloop, totale nutriëntengehalten, achtergrondsextinctie, mengdiepte, verblijftijd en instraling te worden ingevoerd. Het model levert onder meer de chlorofylconcentraties en de samenstelling van de algenbiomassa.
Het model CHARON berekent de chemische samenstelling van een aquatisch systeem als resultaat van de externe belasting, de uitwisseling met lucht en bodem, interne processen en de afvoer [De Rooij, 1980, 1982a]. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen snelle en langzame processen. Voor de snelle processen wordt telkens de evenwichtssituatie berekend.
Bij koppeling van beide modellen levert BLOOM II de algenbiomassa's aan het chemisch model CHARON en deze laatste levert dan weer de beschikbare nutriënten voor algengroei.
Het gekoppelde model is gecalibreerd en geverifieerd voor het IJsselmeer [De Rooij e.a., 1982b]. Echter op grond alleen hiervan is het nu nog niet goed mogelijk de voorspellende waarde van het model kwantitatief te bepalen. Weliswaar wordt het model geacht de 'state of the art' te presenteren ten aanzien van de chemische en biologische processen, maar op een aantal essentiële punten is de proceskennis momenteel nog dermate beperkt dat de prognoses met enig voorbehoud behandeld dienen te worden. Dit betreft met name de volgende processen:
– het verticaal bewegingsmechanisme van blauwalgen, dat ze in staat stelt een gunstig lichtklimaat op te zoeken;
– de uitwisseling van nutriënten aan het grensvlak water/bodem;
– de sterfte van fytoplankton. In het model is nu een empirische relatie opgenomen. Sterfte ten gevolge van graas door zoöplankton is in het gekoppelde model niet opgenomen.
Bovendien zal er wel altijd een onzekerheid in model(parameters) en invoer blijven bestaan. Hetgeen van invloed is op de prognose. Het huidige model is onder lichtbeperkte omstandigheden bijvoorbeeld erg gevoelig voor de invoergrootheid achtergrondsextinctie.
Om de onzekerheid in de uiteindelijke prognoses voor een zoet Grevelingenmeer enigszins te kwantificeren zijn naast het model BLOOM-CHARON nog twee andere voorspellingsmethodieken toegepast.

De CUWVO-benadering
Gebaseerd op metingen in een vijftigtal Nederlandse meren is door de werkgroep VI van de CUWVO een aantal relaties vastgesteld om de bovengrenzen van het zomergemiddelde chlorofylgehalte te bepalen in relatie tot het onderwaterlichtklimaat en de gehalten aan totaal fosfaat en totaal stikstof [CUWVO, 1980]. Aangezien de bovengrens hoogstwaarschijnlijk bepaald wordt door meren waarin een mogelijke beperking van de algenbiomassa door bijv. zoöplankton of uitspoeling minimaal is, zijn de berekende verwachtingswaarden voor de bovengrens van het zomergemiddelde chlorofylgehalte in feite pessimistische schattingen. Dit blijkt ook uit het feit dat in 22 van de 50 onderzochte Nederlandse meren de zomergemiddelde chlorofylconcentratie lager is dan verwacht op basis van licht- en nutriëntenbeperking.

De Vollenweider-benadering
Door Vollenweider [Vollenweider, 1976] is een statistische relatie vastgesteld voor de relatie tussen het zomergemiddelde chlorofylgehalte, de fosfaatbelasting en de waterverblijftijd.
Bij deze methode wordt verondersteld dat de meren fosfaatbeperkt zijn, maar in de correlatieberekening zijn waarschijnlijk ook stikstof- en lichtbeperkte meren betrokken. In deze methode is eveneens impliciet de graas door zoöplankton en andere sterfteprocessen van het fytoplankton meegenomen.

In tabel II zijn enkele resultaten van de prognoses met de drie methoden met elkaar vergeleken. Opvallend is de zeer ruime spreiding bij de prognoses volgens de Vollenweider benadering, hetgeen als een karakteristiek nadeel van deze statistische benadering beschouwd kan worden.
De prognoses volgens de CUWVO-benadering en het BLOOM-CHARON model geven helaas geen enkele indicatie van de betrouwbaarheid maar stemmen wel redelijk met elkaar overeen en geven aan dat licht de voornaamste factor is die de biomassa beperkt.

Alleen in het scenario waar geen extra doorspoeling plaatsvindt voorspelt het BLOOM-CHARON model enige fosfaatlimitatie. Ook de voorspellingen volgens de CUWVO-benadering tenderen bij een doorspoeldebiet van ca. 7 m^3/s, hetgeen net voldoende is voor peilbeheersing, naar fosfaatlimitatie (afb. 7). Voorts zijn de modelresultaten voor een zoet Grevelingenmeer in overeenstemming met waarnemingen in vergelijkbare Nederlandse meren, zoals het IJsselmeer en het Brielse Meer [De Rooij e.a., 1982b; Meyer, 1983].
Op grond van het bovenstaande wordt verwacht, dat een zoet Grevelingenmeer dat voldoet aan de criteria voor landbouwwateronttrekking, eutroof zal zijn met een zomergemiddeld chlorofylgehalte van ca. 80 à 100 $\mu g/l$.



Afb. 7 - Voorspelling van het zomergemiddeld chlorofylgehalte volgens de CUWVO-methode.

TABEL II – *Enkele resultaten van de prognoses (zie tekst).*

Extra* doorspoeling in m^3/s	Verblijftijd in maanden	Zomergemiddelde chlorofylconcentratie ($\mu g/l$) Bloom-Charon	CUWVO	Vollenweider
0	36	91	78	15– 60
50	4	95	78	25–100
100	2	87	78	28–100

* Extra ten opzichte van doorspoeling voor peilbeheersing (ca. 7 m^3/s).

5. Discussie
Hoewel het niet de opzet van dit artikel is zwaarwichtige conclusies met betrekking tot de toepassing van waterkwaliteitsmodellen te trekken (zoals bijv. in v. d. Kamer [1982]), is het wellicht toch zinvol naar aanleiding van het bovenstaande enige algemene uitspraken te doen.
Blijkbaar is soms met zeer eenvoudige modellen wel degelijk beleidsrelevante informatie te verkrijgen. Dit geldt met name in de gevallen waarin biologische processen nauwelijks een rol spelen. Spelen deze processen een overwegende rol dan wordt de onzekerheid van de resultaten van het eenvoudige model groot. Zie het Vollenweidermodel. Het is de vraag of deze onzekerheid gereduceerd wordt door het model meer structuur te geven. Bij het model BLOOM/CHARON zal een gevoeligheidsanalyse dit moeten uitwijzen. Overigens is dit model tot veel meer in staat dan hier misschien gesuggereerd is. Zo beperken de uitkomsten zich niet tot een zomergemiddeld chlorofylgehalte maar wordt een jaarverloop gesimuleerd met een tijdstap naar keuze. Ook is het vanwege zijn structuur geschikt als leidraad bij ecologisch onderzoek.

Referenties
Bannink, B. A. en Leentvaar, J. (1979). *Beleidsanalyse van het waterhuishoudkundig beheer van het Grevelingenmeer in 1980.* RWS Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, Middelburg.
Bannink, B. A., Pieters, J. en Kamer, J. P. G. van de (in voorbereiding). *Een mathematisch model van de chloride- en zuurstofhuishouding van het Grevelingenmeer tijdens de uitwisseling met zeewater.* RWS Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, Middelburg.
CUWVO, Werkgroep VI (1980). *Ontwikkeling van grenswaarden voor doorzicht, chlorophyl, fosfaat en stikstof.* RWS Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Lelystad.
Kamer, J. P. G. van de (1982). *Ecologische en waterkwaliteitsmodellen bezien vanuit het onderzoek.* In: Waterkwaliteit en Modellering. Waterloopkundig Laboratorium Delft.
Los, F. J. (1980). *Application of an algal bloom model (BLOOM II) to combat eutrophication.* Hydrobiol. Bull., 14, pp. 116-124.
Los, F. J. (1982). *Mathematical simulation of algae blooms by the model BLOOM II.* Waterloopkundig Laboratorium Delft. R1310-7.
Meijer, M. L. (1983). *Eutrofiëring van de westelijke boezemwateren in zuidelijk Zuid-Holland.* Zuiveringsschap Hollandse eilanden en Waarden, Dordrecht.
Meulen, J. H. M. van der, Leentvaar, J. en Rooij, N. M. de (1984). *Environmental impact statement on the problem of a fresh or salt Lake Grevelingen.* Wat. Sci. Techn. Vol. 16, pp. 107-120.

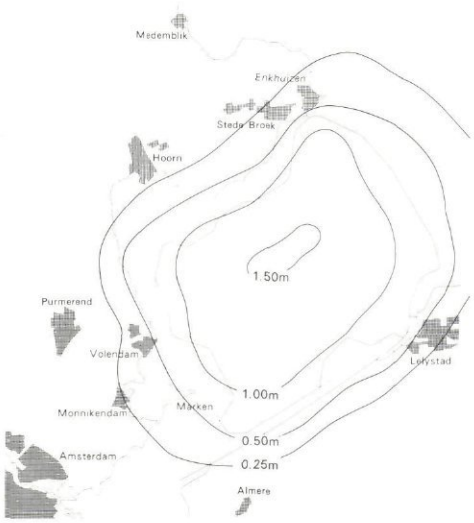
Rooij, N. M. de (1980). *A chemical model to describe nutrient dynamics in lakes.* In: J. Barrica and L. R. Mur (Eds.), Junk Publishers, Den Haag, pp. 139-149.
Rooij, N. M. de (1982a). *Berekeningen toekomstige waterkwaliteit van het zoete Grevelingenmeer, Volkerakmeer en Zoommeer.* Waterloopkundig Laboratorium Delft. R 1644/1645.
Rooij, N. M. de, Smits, J. G. C., Los, F. J., Stans, J. C. Groot, B. de en Klomp, R. (1982b). *Onderzoek naar de invloed van een aantal mogelijke beheersmaatregelen op de eutrofiëring van het IJsselmeer.* Waterloopkundig Laboratorium Delft. R1552.
RWS, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuidwest (1981). *Water- en chloridebalansen voor een zoet Grevelingenmeer ten behoeve van studie Grevelingen zout-zoet.* Nota 21.001.09.
RWS, Directie Zeeland (1982). Nota's van de werkgroepen Uitgangssituaties, Ecologie, Visserij, Recreatie en Landbouw.
RWS, Directie Zeeland (1983). Concept eindnota 'Keuze zout of zoet Grevelingenmeer'.
Stortelder, P. B. M. (1983). *Toepassing van modellen oppervlaktewaterkwaliteit bij beleid, beheer en onderzoek in het Deltagebied.* In: Modellering waterkwaliteit met microcomputers. Stichting postacademiale vorming gezondheidstechniek.
Vollenweider, R. A. (1976). *Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication.* Mem. Inst. Idrobiol., 33, pp. 53-83.
Vos, C. P. de, Vink, J. S. L., Bannink, B. A. en Leentvaar, J. (1980). *Waterquality impacts exchanging water between sea and a closed estuary.* Prog. Wat. Techn., Vol. 13, pp. 271-285.

• • •

Rectificatie

Vertekend beeld van de Markerwaard

In H_2O nr. 25 van 6 december 1984 is in het artikel 'De geohydrologie van de polder Markerwaard' door Hebbink en Schultz in afbeelding 5 (pag. 593) een fout gemaakt. Bij het samenstellen van deze afbeelding zijn de stijghoogtedalingslijnen verschoven ten opzichte van de ondergrond waardoor de lijnen te ver naar het westen zijn komen te liggen.
We drukken de gecorrigeerde afbeelding hierbij af.



Europese Commissie wil controle op cadmiumlozingen in de Rijn

De Europese Commissie heeft de EG-ministerraad voorgesteld om de lozing van cadmium in de Rijn te gaan controleren. Deze stof levert volgens de commissie gevaar op voor zowel mens als dier.
Cadmium wordt geproduceerd in drie Rijnoeverstaten. Het meest in West-Duitsland. Maar ook in Frankrijk en Nederland (in 1980 455 ton). De stof komt vrij bij de produktie van onder meer lood, zink, fosforzuur en batterijen. Ook bedrijven die fosfaatmeststoffen maken, lozen vaak cadmium. West-Duitsland, Frankrijk, Luxemburg, Nederland, Zwitserland en de Europese Gemeenschap als geheel hebben eerder de overeenkomsten van Bonn en Bern tegen chemische verontreiniging gesloten. Daarbij werd een internationale commissie ter bescherming van de Rijn ingesteld, die grenswaarden voorstelt voor de lozing van stoffen. De richtlijn die de Europese Commissie nu voor cadmium voorstelt is comform de aanbevelingen van de Internationale Rijncommissie.
De voorstellen hebben betrekking op de berekening van de grenswaarden in afvalwater, een referentie-analysemethode, het nemen van monsters en de controle van lozingen. In de plannen is ook een mogelijkheid opgenomen om in bepaalde gevallen een vereenvoudigde procedure toe te passen.

IRC verhuisd

Het International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation is verhuisd naar Prinses Margrietplantsoen 20, Postbus 93190, 2509 AD Den Haag, The Netherlands. Telef. 070 - 81 49 11. Telex: 33296 irc nl

Nitraat in water

WHO, IWSA en IAWPRC organiseren van 20-22 november 1985 in Parijs een symposium met het doel de stand van zaken en de laatste wetenschappelijke en technische ontwikkelingen met betrekking tot het voorkomen van, bescherming tegen en verwijdering van nitraat in water in verschillende landen te bespreken.
Er is nu een 'call for papers' opgesteld, waarop tot maart kan worden gereageerd, maar liever eerder.
Het adres luidt:
Mr Guy Martin ou Jean Morvan, Colloque Nitrates, École Nationale Supérieure de Chimie, Avenue du Général-Leclerc, 35000 Rennes-Beaulieu (France), Tél. (99) 36.29.95.

Europese Commissie: vooralsnog geen verbod van zoutinjecties

De Europese Commissie heeft zich nog niet beziggehouden met de voorbereiding van een voorstel aan de ministerraad om het inspuiten van zout in de bodem te verbieden. Dit heeft het 'dagelijks bestuur' van de Gemeenschap meegedeeld in antwoord op vragen van het Belgisch lid van het Europees Parlement, Willy Kuijpers. Aanvullende studies naar de problemen die zich voordoen bij zoutinjecties in de bodem van de Elzas zijn voor zover bekend nog niet voltooid.
Kuijpers had herinnerd aan verzet van de plaatselijke bevolking tegen het in de bodem injecteren van zoutafval van de kalimijnen en geïnformeerd welke rapporten voorhanden zijn over mogelijke schade. (Zoals bekend moeten injecties Nederlandse bezwaren tegen het lozen van het zoutafval in de Rijn ondervangen).
De ministeriële conferentie van Rijnoeverstaten die in november 1981 in Parijs werd gehouden besloot tot de instelling van een internationale wetenschappelijke commissie van onderzoek naar de problemen van zoutinjecties in de bodem. In december 1982 verscheen een eerste rapport waarin twee mogelijke terreinen voor injectie werden genoemd, maar tevens melding werd gemaakt van de noodzaak van verdere studies naar de reële mogelijkheden om zout in de bodem te brengen.

Nieuwe WHO-directeur Europa

Als opvolger van dr Kaprio, die 18 jaar directeur is geweest van WHO Europa te Kopenhagen, is per 1 februari 1985 voor vijf jaar benoemd de Noorse medicus dr Jo Eirik Asvall (53), die eerst de WHO hielp de malaria te bestrijden in Afrika en vervolgens negen jaar in een Noorse kankerkliniek werkte.

S & J 147-1a en 1b, Internationale Regelingen Verontreiniging Zee en Rivieren

Onlangs is verschenen de 3e druk van de delen 1a en 1b van de Internationale Regelingen Verontreiniging Zee en Rivieren, no. 147-1a en 147-1b uit de Editie Schuurman & Jordens Nederlandse Staatswetten.
In deze deeltjes zijn de belangrijkste internationale regelingen op het gebied van de verontreiniging van de zee en riveren in Europa of, precieser uitgedrukt, de oppervlaktewateren in Europa, waar Nederland bij betrokken is en welke reeds hun beslag hebben gekregen door ondertekening c.q.