

---

# Oppervlaktewater in het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium

Joost Delsman en Geert Prinsen<sup>1</sup>

---

## Inleiding

Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, het NHI, is niet alleen een grondwatermodel, maar kent daarnaast een belangrijke oppervlaktewatercomponent. Met de oppervlaktewatercomponent kan de dynamische uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater worden berekend. Het stelt het NHI in staat vragen te beantwoorden rond waterverdeling (oppervlaktewatertekorten), stofstromen (verblijftijden) en ecologie (systeemvreemd water).

Oppervlaktewater wordt in het NHI momenteel gemodelleerd met de modellen MOZART (Model voor de Onverzadigde Zone voor landelijke Analyses en Regionale Toepassingen), voor het regionale oppervlaktewater, en het DistributieModel, afgekort DM, voor het hoofdwatersysteem. De modellen zijn iteratief gekoppeld met MODFLOW–MetaSWAP. De rekentijdstep van MOZART en DM is één decade, in tegenstelling tot de rekentijdstep van MODFLOW–MetaSWAP van één dag. De relatief grote tijdstep komt mede voort uit het modelconcept van DM, dat ervan uitgaat dat water zich in één tijdstep in het gehele hoofdwatersysteem kan verplaatsen.

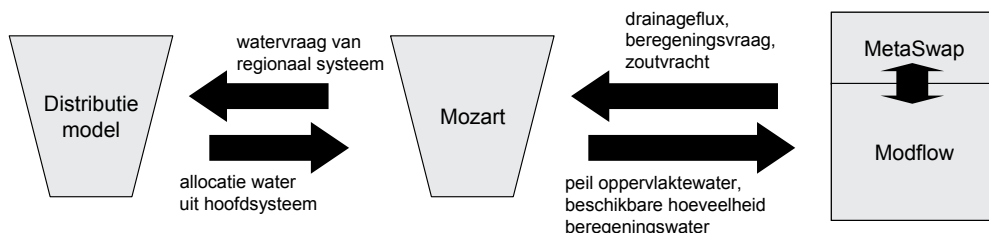
Dit artikel beschrijft de modelconcepten waarmee het gedrag van het oppervlaktewater is beschreven. Daarnaast beschrijft het artikel de totstandkoming van de landsdekende schematisatie van de beide modellen. Het artikel probeert aan te geven welke vragen met het instrumentarium kunnen worden beantwoord, welke informatie met het NHI beschikbaar komt voor gebruikers en wat momenteel de ideeën zijn over toekomstige ontwikkelingen.

## MOZART: modellering van het regionale oppervlaktewater

MOZART heeft een geschiedenis als model voor beschrijving van de onverzadigde zone en de regionale waterverdeling binnen het Droogteinstrumentarium van RWS-RIZA. Van het oorspronkelijke model (Bos et al, 1997) is alleen het regionale waterverdelingsmodel behouden in het NHI. De rol van onverzadigde zone model is overgenomen door MetaSWAP. MOZART is in het NHI gekoppeld aan MODFLOW–MetaSWAP, die het grondwater en de onverzadigde zone simuleren, en met het DM, dat de waterverdeling in het hoofdsysteem berekent (zie figuur 1).

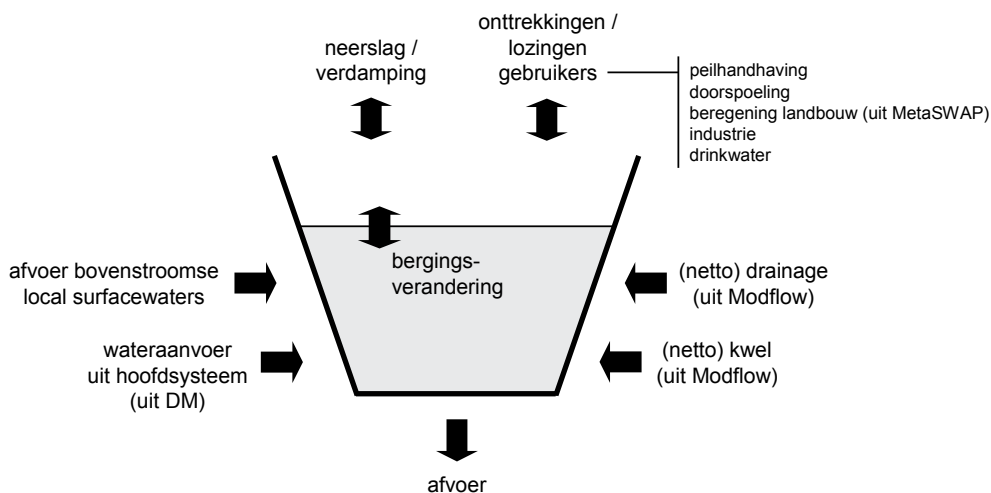
---

<sup>1</sup> Joost Delsman en Geert Prinsen zijn werkzaam bij Deltares



figuur 1: Het NHI, interactie MODFLOW-MetaSWAP / MOZART / DM

De waterverdelingsmodule van MOZART heeft tot doel de verdeling van water in het regionale watersysteem van Nederland te modelleren. MOZART modelleert de afvoer en aanvoer van water en de verdeling van het water over de verschillende gebruikers van het water. Het regionale oppervlaktewater is in MOZART verdeeld in bijna 9000 eenheden die gemiddeld ongeveer 300 ha groot zijn. Deze eenheden worden ‘local surface waters’ genoemd. Meerdere local surface waters vormen samen een ‘district’. In totaal zijn er ongeveer 140 districten. Per local surface water berekent MOZART elke tijdstap een waterbalans. De termen van de waterbalans zijn weergegeven in figuur 2. Naast de waterbalans houdt MOZART ook een chloridebalans bij en een balans van systeemvreemd water.



figuur 2: MOZART, termen van de waterbalans van een ‘local surface water’

MOZART kent twee typen local surface waters: peilbeheerst en vrij afwaterend. Deze worden in de berekening verschillend behandeld.

Peilbeheerste local surface waters worden gekenmerkt door een streefpeil. Wanneer het streefpeil niet kan worden gehandhaafd, kan de waterstand beneden peil zakken. Wateroverschotten kunnen volgens het modelconcept altijd volledig worden geloosd. Daarnaast is wateraanvoer in peilbeheerste local surface waters mogelijk. Met deze wa-

teraanvoer wordt aan watervragen voldaan volgens een prioriteitsstelling. Peilbeheerste local surface waters zijn vooral te vinden in het holocene deel van Nederland.

Vrij afwaterende local surface waters representeren het oppervlaktewater in hellend Nederland. Deze local surface waters worden gekenmerkt door afvoerafhankelijke waterstandsvariatie. Met een toenemende afvoer neemt ook de waterstand toe. Wateraanvoer is niet altijd mogelijk. Vrij afwaterende local surface waters kennen geen streefpeil of peilopzet.

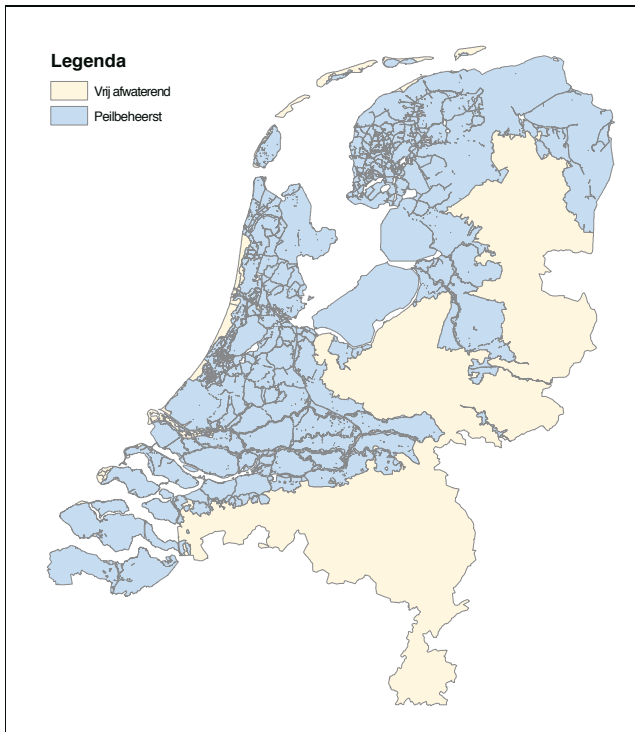
In MOZART wordt het lokaal gevoerde waterbeheer gerepresenteerd door gebruikers. Er worden vijf gebruikers onderscheiden: peilbeheer, doorspoeling, beregening landbouw, industrie en drinkwater. De volgorde waarop deze gebruikers van water worden voorzien, wordt beïnvloed door een op te geven prioriteitsstelling. Heeft volgens de regionale verdringingsreeks bijvoorbeeld peilbeheer voor de stabiliteit van waterkeringen prioriteit boven beregening van landbouwgewassen, dan krijgt de gebruiker peilbeheer in MOZART eerst het beschikbare water. Als er vervolgens te weinig water beschikbaar is, krijgt de gebruiker beregening niet al het gewenste water, alsof er een beregeningsverbod van kracht is. Een eventuele korting op beschikbaar beregeningswater wordt teruggekoppeld aan MetaSWAP, dat hierop de gegeven beregeningsgift aanpast.

De berekende bergingsverandering vertaalt zich in een veranderde oppervlaktewaterstand in het local surface water. Of beter, in het peilgebied binnen het local surface water. Want in tegenstelling tot de voor een local surface water in zijn geheel opgestelde waterbalans, wordt de resulterende waterstandsverandering ruimtelijk fijner verdeeld. In het holocene deel van Nederland worden de waterstandsveranderingen per peilvak opgegeven, in het pleistocene deel van Nederland zijn gebieden onderscheiden waar de waterstand verwacht wordt significant te verschillen; denk hierbij vooral aan stuwen. De veranderde oppervlaktewaterstand wordt teruggekoppeld aan MODFLOW–MetaSWAP en beïnvloedt vervolgens de grootte van de drainage- of infiltratieflux.

Door het opstellen van een waterbalans van het regionale oppervlaktewater berekent MOZART de totale watervraag, of het wateroverschot van het regionale systeem. De koppeling met het DM beantwoordt de vraag of het gevraagde water beschikbaar is in het hoofdsysteem. Als dit het geval is, én wateraanvoer is fysiek mogelijk, kan aan alle watervragen worden voldaan. Zo niet, dan worden de verschillende gebruikers volgens de geldende prioriteitsstelling gekort.

### **Parameterisatie van het regionale oppervlaktewater**

In 2006 is gestart met een herziening van de schematisatie van het regionale oppervlaktewater in het model MOZART. De schematisatie is enkele malen ruimtelijk verfijnd en veranderingen in het lokale waterbeheer zijn in de schematisatie verwerkt. De verschillen tussen de twee typen local surface waters maakten een verschillende opzet van de herziening van de schematisatie noodzakelijk.



**figuur 3:** Indeling van Nederland in peilbeheerste en vrij afwaterende local surface waters

De gegevens die voor peilbeheerste local surface waters in MOZART moeten worden ingevoerd, zijn gebiedsdekkend beschikbaar bij de waterschappen. Het gaat dan om begrenzingen van peilvakken, gehanteerde zomer- en winterstreefpeilen, de afstromingsrichting, en informatie over het gevoerde waterbeheer. Bij dit laatste gaat het om informatie als: wanneer wordt het peil opgezet tot het zomerstreefpeil; vindt er flexibel peilbeheer plaats; wordt het watersysteem doorgespoeld voor een goede waterkwaliteit?

De schematisatie van het regionale oppervlaktewater in peilbeheerst Nederland is in 2006 herzien (HKV, 2006). De benodigde gegevens zijn in een iteratief proces met de betrokken waterschappen verzameld. Naast het vaststellen van een nieuwe schematisatie van het regionale oppervlaktewater was een neven doel van het project de bekendheid met en het vertrouwen in de uitkomsten van het model MOZART bij de waterschappen te versterken. In een vervolgtraject is de schematisatie nader tegen het licht gehouden (HKV, 2007).

Basis voor de indeling in local surface waters was de peilvakkenkaart van de betrokken waterschappen. De peilvakken zijn op basis van gelijke 'hydrologische' kenmerken, waaronder bodemtype, overheersend landgebruik en drooglegging, geaggregeerd tot local surface waters. Het oppervlaktewaterpeil is in MOZART op peilvakkniveau opgelegd. De betrokken waterschappen hebben deze indeling waar nodig aangepast. Het volumeverloop onder streefpeil is gebaseerd op de waterlopen in de Topografische kaart

1:10.000 (Top10vector, Topografische dienst Kadaster). De gegevens over peilopzet, aan-afvoerrichting tussen local surface waters, doorspoelhoeveelheden en de gehanteerde prioriteitsstelling zijn allen geactualiseerd en opgenomen in de schematisatie van het NHI.

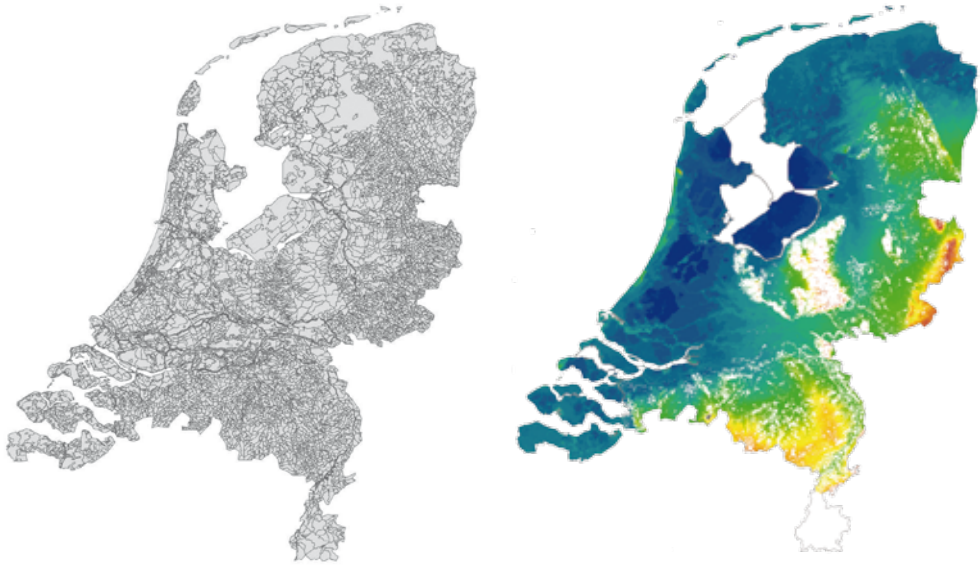
In hellende gebieden varieert de oppervlaktewaterstand meer met de afvoer dan in laag Nederland. Deze gebieden worden in MOZART geschematiseerd als vrij afwaterende local surface waters. Voor de vrij afwaterende local surface waters is het nodig de relatie op te geven tussen de afvoer in een waterloop en de bijbehorende waterstand. Dergelijke gegevens zijn niet algemeen en consistent beschikbaar bij waterschappen. Ook bleek het niet mogelijk om gebiedsdekkende gegevens over de dimensies van waterlopen en stuwen te achterhalen. Er is daarom besloten deze gegevens af te leiden op basis van landsdekkende bestanden.

In de eerste stap is een afstromingspatroon en een afvoerpatroon gecreëerd. Het afstromingspatroon is afgeleid door op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) en de ligging van de waterlopen uit de topografische kaart een hydrologisch correct terreinmodel te maken (Burgerhart en Peereboom, 2003). Het afstromingspatroon is vervolgens bepaald met behulp van een druppelanalyse, waarbij van elke gridcel wordt vastgelegd in welke richting het water afstroomt, uitgaande van de terreinligging. Hierbij is rekening gehouden met kunstmatige aanpassingen aan de natuurlijke afstroming. Door deze kaart te combineren met de specifieke afvoer volgens Van der Gaast e.a. (2006), is een kaart geconstrueerd van de maatgevende afvoer per waterloop. Met deze procedure ontstaat een hiërarchisch patroon van waterlopen. De waterlopen zijn op basis van de maatgevende afvoer ingedeeld in primaire ( $> 100$  l/s), secundaire ( $> 25$  l/s) en tertiaire waterlopen (overig).

In een tweede stap is op basis van deze geconstrueerde maatgevende afvoer een inschatting gemaakt van de geometrische kenmerken van de waterlopen en de aanwezige stuwen. Hierbij is aangenomen dat het landelijke gebied is gedimensioneerd volgens de ontwerpregels uit het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep herziening CTV, 1988). Met behulp van landsdekkend beschikbare gegevens over het landgebruik, de bodemopbouw en de ontwerpregels is de dimensionering gesimuleerd. Vervolgens is op basis van het afvoerpatroon en de ligging van waterlopen en stuwen een indeling gemaakt in local surface waters en 'peilgebieden'.

Tot slot zijn waterstand-afvoer relaties afgeleid voor de local surface waters en de peilgebieden. Deze relaties zijn afgeleid op basis van een stationair hydraulisch model. Invoer hiervoor waren het afstromingspatroon, de geometrische kenmerken van waterlopen en stuwen en de indeling in local surface waters en peilgebieden (Delsman, 2006; Delsman e.a., 2008). Met deze werkwijze is van heel hellend Nederland een consistente indeling in local surface waters beschikbaar gekomen, compleet met consistent afstromingspatroon en afgeleide waterstand-afvoer relaties.

Figuur 4 geeft de indeling van Nederland in ongeveer 9000 local surface waters en de typische oppervlaktewaterpeilen per MODFLOW-MetaSWAP gridcel (diep blauw voor diepe polders). De witte cellen zijn of niet in MODFLOW-MetaSWAP doorgerekend (zoals Zuid-Limburg) of cellen zonder oppervlaktewater.



**figuur 4:** Indeling van Nederland in 9000 local surface waters, en typische oppervlaktewaterpeilen in de Modflow-MetaSwap gridcellen

### **Distributiemodel: modellering van het hoofdsysteem**

Het DM is al vele jaren in gebruik bij de analyses voor de Nota's Waterhuishouding. De eerste versie is eind jaren zeventig ontwikkeld door Rand-Corporation (Wegner, 1981) voor de eerste studie 'Policy Analysis for Water Management of the Netherlands' (PAWN). In dat model waren de schematisatie en beheersregels nog 'hard' geprogrammeerd. In de tweede helft van de jaren tachtig is door WL|Delft Hydraulics en RIZA een flexibeler model gemaakt waarin schematisatie en beheer in de invoer is gespecificeerd (Prinsen e.a., 1989). Dit model is tot en met de Droogtestudie 2003 zonder ingrijpende wijzigingen gebruikt. Na de Droogtestudie 2003 is het model door RIZA aangepast (Terveer, 2005). Bij de oprichting van Deltares is verder beheer en onderhoud van het model overgedragen aan Deltares.

Het DM is een waterbalansmodel. In een netwerk van knopen en takken wordt de waterverdeling bepaald zodanig dat de watervragen zo goed mogelijk worden voorzien conform het in de invoer opgegeven beheer, en binnen de fysische beperkingen zoals capaciteiten en beschikbaar volume. Het DM is een reservoirmodel, waarbij aangenomen wordt dat het water binnen één tijdstap (één decade) het hele netwerk kan doorlopen, en dat het water volledig gestuurd kan worden volgens de opgegeven verdeelregels en prioriteiten. Merk op dat in de realiteit het water van Lobith er orde vijf dagen over doet om de Noordzee te bereiken. Door het uitgangspunt dat water in één tijdstap het hele netwerk kan doorlopen is het dus niet verantwoord om berekeningen met het DM toe te passen met een tijdstap van een dag.

Het DM is een centraal model in de Droogtestudies (Rijkswaterstaat-RIZA, 2003, en Deltares, 2008). De combinatie MOZART-DM is gebruikt om effecten van maatregelen

op landelijke schaal te kunnen berekenen. Nabewerking van resultaten gebeurt met diverse effectmodellen zoals Agricom en Demnat. Deze effectmodellen zullen ook op de NHI-versie van MOZART en DM worden aangesloten.



**figuur 5:** Schematische weergave van het netwerk van knopen en takken van het DM

Het netwerk van het DM is opgebouwd uit takken en knopen (zie figuur 5). Knopen representeren volumes water, maar ook locaties waar waterlopen samen komen, locaties waar aan water gerelateerde activiteiten plaatsvinden (lozing, onttrekking) en randen van het systeem (Noordzee, Waddenzee). In het DM worden de berekeningen per knoop uitgevoerd.

Water stroomt van de ene naar de andere knoop via een tak. De tak representeert een eventueel voor de uitwisseling tussen twee knopen geldende beperking. Voorbeelden zijn de capaciteit van een pomp, een maximaal verval of de eventueel peilafhankelijke capaciteit van een waterloop. Verder kan bij een tak een gewenst debiet worden opgegeven met bijbehorende prioriteit; een typische toepassing is een gewenst koelwaterdebiet langs elektriciteitscentrales.

Voor het aanvoeren van water en het afvoeren van overtollig water kunnen regels worden opgegeven per knoop: de zogenaamde verdeelsleutels. Deze sleutels geven aan via welke routes water aangevoerd, dan wel geloosd moet worden. Er kunnen verschillende typen beslisregels worden gespecificeerd. Bijvoorbeeld vaste of variabele verhouding

in de tijd, afhankelijk van de waterstand in de knoop, of afhankelijk van een debiet of zoutconcentratie op een andere lokatie in het netwerk.

Lozingen op en onttrekkingen aan het DM vinden plaats op de knopen. De districten in MOZART zijn daarom gekoppeld aan de knopen. De districten representeren een verzameling van polders, vrij afwaterende en/of gestuwde gebieden. Districten zijn opgebouwd uit de local surface waters, die weer zijn onderverdeeld in peilgebieden. MOZART berekent de watervragen per district en per prioriteit voor verschillende gebruikers binnen het district. Zo wordt de districtsvraag onderscheiden in watervragen voor peilbeheer, beregening, drink- en industriewatervoorziening en doorspoeling.

Met behulp van uitwisselingsrelaties worden de relaties gelegd tussen de districten in MOZART en de knopen in het netwerk van het DM. Hiermee wordt aangegeven op welke plekken het district water kan inlaten of lozen, en met welke fractie en capaciteit. De voor het district berekende lozing of onttrekking wordt zo met behulp van deze verdeelsleutels verdeeld over één of meerdere knopen van het netwerk van het DM.

### **Parameterisatie van het landelijk oppervlaktewater**

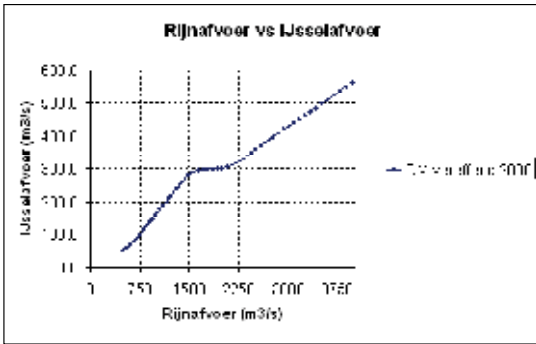
Het waterbeheer in het landelijk oppervlaktewater wordt bij de simulatie in het DM vooral bepaald door de verdeelsleutels: via welke takken en volgens welke regels loost een knoop een overschot of wordt getracht water aan te voeren. Verder is van belang hoe de MOZART districten zijn gekoppeld aan het DM netwerk, inclusief de bijbehorende verdeelsleutels en capaciteiten. Deze gegevens zijn voor de Droogtestudie 2003 bijgewerkt (HKV, 2001-2002).

De modellering van beheer via de verdeelsleutels in het DM wordt aan de hand van een aantal voorbeelden toegelicht. Als eerste voorbeeld de waterverdeling in het bovenrivierengebied. In de praktijk wordt de waterverdeling bepaald door het beheer van de stuw bij Driel en de hydrodynamische wetten. In het DM is dit geïmplementeerd door een debietafhankelijke verdeelsleutel, waarbij de afvoer op een op te geven lokatie gebruikt wordt. Voor het bovenrivierengebied wordt de waterverdeling bij zowel de Pannerdense Kop als de IJsselkop opgegeven als functie van de Rijnafvoer bij Lobith met een tabel. Hierbij is voor de knoop IJsselkop voor verschillende Rijnafvoeren de fractie Nederrijnafvoer en de fractie IJsselafvoer opgegeven. Dit maakt het op eenvoudige wijze mogelijk een ander beheer te simuleren, namelijk door de tabel aan te passen. Uiteraard moeten de fracties wel consistent worden opgegeven, en in dit specifieke geval passen binnen de sturingsmogelijkheden van de stuw bij Driel.

In veel gevallen wordt in het DM gebruik gemaakt van een vaste set verdeelsleutels: de knoop in het DM ter hoogte van Dieren zal altijd 100% van het water lozen op de benedenstroomse tak (IJssel richting de knoop bij Zutphen, waar het Twentekanaal aansluit).

Ook is het mogelijk om verdeelsleutel te laten afhangen van het moment in het jaar. Bijvoorbeeld voor de Linge, nabij de kruising met het Amsterdam-Rijnkanaal, is opgegeven dat in de zomermaanden een groter aandeel van de eventueel benodigde wateraanvoer uit het Amsterdam-Rijnkanaal moet worden gehaald dan in vergelijking met de overige maanden.





**figuur 6:** Voorbeeld van een afvoerafhankelijke verdeling: IJsselafvoer als functie van de afvoer bij Lobith

Een andere optie is de verdeelsleutels afhankelijk van een afvoer. Voor de Friese Boezem zijn de lozingsverdeelsleutels afhankelijk van het te lozen debiet. Voor een afvoer tot 60 m<sup>3</sup>/s wordt 70% via Lauwersmeer en 30% via Harlingen geloosd. Bij een hogere afvoer wordt de verdeling over het Lauwersmeer en Harlingen aangepast, en wordt het extra te lozen debiet via Lemmer op het IJsselmeer geloosd.

Ook sturing op waterkwaliteit is mogelijk. Zo kan voor bijvoorbeeld de boezem van Rijnland bij lage Rijnafvoeren en hoge zoutconcentraties door zoutindringing bij Gouda, de inlaat op de Hollandse IJssel bij Gouda stopgezet worden. Water wordt dan via alternatieve aanvoerroutes, waaronder Leidse Rijn en Oude Rijn, vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal en de Lek, en eventueel ook via de Tolhuissluisroute aangevoerd. In de droge zomer van 2003 is de Tolhuissluisroute in de praktijk gebruikt: water is vanuit het IJmeer via Amsterdam, de Amstel en de Tolhuissluis naar Rijnland aangevoerd. In het DM is voor de knoop Rijnland opgegeven dat in normale omstandigheden 100% via de Hollandse IJssel bij Gouda moet worden ingelaten, maar dat bij overschrijding van een norm van 250 mg/l chloride er overgeschakeld moet worden op de alternatieve aanvoerroutes.

Om in het DM op waterkwaliteit te sturen kan gebruik worden gemaakt van de in het DM berekende zoutconcentraties, maar ook van de optie om op geselecteerde locaties zoutconcentraties afkomstig uit SOBEK berekeningen, bijvoorbeeld het Noordelijk DeltaBekken model, over te nemen.

Meer informatie over DM modelconcepten en parameterisatie is te vinden in het NHI deelrapport 6. (Prinsen, 2008).

## Discussie

Het zal wellicht verbazen dat tot dusver in dit artikel de modelcodes 'SOBEK' of 'DU-FLOW' nauwelijks genoemd zijn. Daarmee kunnen toch gedetailleerdere modellen worden gemaakt om het oppervlaktewater te modelleren? En bij de waterschappen zijn toch al de nodige modellen voorhanden? Inderdaad zijn deze modellen veel gedetailleerder, en rekenen ze de stroming in het oppervlaktewater netjes hydrodynamisch door. Om een aantal redenen zijn deze modellen echter niet gebruikt in het NHI.

Ten eerste is een belangrijk doel voor de oppervlaktewatermodellen in het NHI het simuleren van de waterverdeling in droge perioden, en het bepalen welke gebruikers waar en wanneer gekort worden. Die waterverdelingsfunctionaliteit is gebaseerd op prioriteiten van verschillende watergebruikers, bijvoorbeeld volgens de verdringingsreeks. Hydrodynamische modellen als SOBEK en DUFLOW zijn daar niet in eerste instantie voor ontworpen. Daarnaast lag in deze fase van het NHI de focus met name op het grondwater. Het doel was om tot één algemeen geaccepteerd landelijk grondwatermodel en –schematisatie te komen, waar alle kennisinstituten en landelijke overheden achter staan. Daarom is in deze fase van het NHI voor de schematisatie van het oppervlaktewater gekozen voor de tot op heden gebruikte modellen MOZART en DM. Met de herziening van de schematisatie van MOZART is wel een belangrijke stap gezet naar meer detaillering in de berekening van het regionale oppervlaktewater. Daarnaast is veel informatie over het regionale oppervlaktewater landsdekkend beschikbaar gekomen.

In een volgende fase zal het oppervlaktewater in het NHI in meer detail worden uitgewerkt, zodat ook het oppervlaktewater in vergelijkbare mate van detail zal worden doorerekend als de onverzadigde zone en het grondwater. Aandachtspunten voor het oppervlaktewater zijn de mogelijkheden voor koppeling van de hydrodynamische modellen van verschillende waterbeheerders, onderlinge consistentie van die modellen, rekentijd, en waterverdelingsfunctionaliteit. In pilots met regionale waterbeheerders zal worden onderzocht hoe het beste met deze materie kan worden omgegaan. Het streven is om op termijn het DM te vervangen door SOBEK modellen. Ontwikkelingen in deze richting, zoals het beschikbaar maken van waterverdelings-functionaliteit gekoppeld aan SOBEK modellen, zijn reeds gaande (Prinsen et al., 2007). Momenteel wordt gewerkt aan de koppeling van SOBEK modellen met elkaar en met de WaterVerdelingsComponent via de door Gregersen et al. (2005) beschreven OpenMI opzet.

De MOZART-DM schematisatie is opgebouwd uit data die voor het overgrote deel afkomstig is van de waterbeheerders. Uitdaging in het hele proces van totstandkoming van de schematisatie was een zo goed mogelijk bij de best beschikbare gegevens aansluitende, maar landelijk consistente schematisatie op te leveren. Een goed model staat of valt met de kwaliteit van de invoergegevens. Met de realisatie van de oppervlaktewater-schematisatie van het NHI is een eerste stap gezet in de richting van landelijk beschikbare, consistente gegevens over het oppervlaktewater. Een continu proces waarbij de eigenaren van de data, de waterbeheerders, verantwoordelijk blijven voor de verversing van de gegevens verdient duidelijk de voorkeur. Ook dit aspect zal in de nabije toekomst in het NHI worden opgepakt in samenspraak met de regionale waterbeheerders.

### **Samenvatting en conclusies**

Oppervlaktewater wordt in het NHI gemodelleerd met de modellen MOZART, voor het regionale oppervlaktewater, en het DM voor het hoofdwatersysteem. De focus ligt in deze modellen vooral op waterverdeling: hoe moet het water in droge perioden verdeeld worden over de verschillende gebruiksfuncties? De modellen zijn onderling gekoppeld, de uitwisseling met grondwater verloopt via de modellen MODFLOW/MetaSWAP.

De schematisatie van het regionale oppervlaktewater is voor het NHI herzien. De schematisatie bestaat uit een consistente indeling in local surface waters, peilgebieden

en informatie over streefpeilen, afvoerrelaties en het lokale waterbeheer. De schematisatie en de tussenproducten komen breed beschikbaar in de hydrologische bibliotheek. Gezamenlijke uitwerking met waterbeheerders in de regio moet uitwijzen hoe in de toekomst wordt omgegaan met de modellering van het regionale oppervlaktewater in het NHI. Duidelijk is wel dat uitwisseling van gegevens over het regionale oppervlaktewater een speerpunt is in de verdere ontwikkeling van het NHI.

Waterverdeling in het hoofdwatersysteem wordt gemodelleerd met het DM. De schematisatie heeft sinds de Droogtestudie slechts enkele aanpassingen gekend. De ontwikkelingen om in de toekomst SOBEK modellen van het oppervlaktewatersysteem in NHI te gebruiken, in plaats van het DM, zijn inmiddels gestart.

Wij bedanken de reviewers voor hun waardevolle commentaar.

## Referenties

- Bos, H., R. van Ek, J. Hoogeveen, A. Kors, W. de Lange, H. Vermulst, G. Arnold en T. Kroon (1997)** *Water onder land, tussen regen en plant – Ofwel: landelijke modellen voor verdrogingsbestrijding; RIZA rapport 97.062, Lelystad.*
- Burgerhart, N. en I. Peereboom (2003)** *SOW – GIS methode voor de schematisatie van oppervlaktewater; RIZA werkdocument 2003.168X, Lelystad.*
- Delsman, J.R. (2006)** *Verbeterde schematisering van het oppervlaktewater in MOZART in hellend Nederland; Stromingen, vol 12, pag 5-14.*
- Delsman, J.R., M. Mulder en A. de Wit (2008)** *NHI Deelrapport 4 – Regionaal Oppervlaktewater; Deltares, Utrecht.*
- Deltares (2008)** *Omgaan met droogteschade – Kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade als gevolg van G+ en W+ klimaatscenario's; Deltares rapport T2499, Delft.*
- Gregersen, J.B., P.J.A. Gijsbers en S.J.P. Westen (2007)** *OpenMI: Open modelling interface; Journal of Hydroinformatics, Vol 9, No 3, pag 175-191.*
- HKV (2001-2002)** *Actualisering Distributiemodel; HKV rapporten PR401.10–PR401.50, Lelystad.*
- HKV (2006)** *Herziening schematisatie oppervlaktewater MOZART in peilbeheerst Nederland; HKV rapport PR1091, Lelystad.*
- HKV (2007)** *Beoordeling oppervlaktewaterschematisatie MOZART peilbeheerst Nederland; HKV rapport PR1091.20, Lelystad.*
- Prinsen, G.F., R. Terveer en J. Duker (1989)** *Documentatie Distributiemodel, DBW/RIZA en WL|Delft Hydraulics, 90.021/T504, Lelystad/Delft.*
- Prinsen, G.F., S. Hummel en N. Praagman (2007)** *Waterverdelingsmodule WVC in PAWN; WL|Delft Hydraulics en Sepra, Delft.*
- Prinsen, G.F. (2008)** *NHI Deelrapport 6 – Landelijk Oppervlaktewater; Deltares, Delft.*
- Rijkswaterstaat/RIZA (2003)** *Droogtestudie Nederland – Technisch Spoor: Eindrapport fase 1, Verkenning; 110605/Br3/34/000006/001, Lelystad.*
- Terveer, R. (2005)** *Gebruikershandleiding NwSim; Rijkswaterstaat/RIZA, Lelystad.*

- Van der Gaast, J.W.J., H.Th.L. Massop, H.R.J.Vroon, I.G.Staritsky (2006)** *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken; Alterra rapport 1339, Wageningen.*
- Wegner, L.H. (1981)** *Policy Analysis of Water Management for the Netherlands - Vol. XI - Water Distribution Model; Rand Corporation.*
- Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum (1988)** *Cultuurtechnisch Vademecum; Cultuurtechnische vereniging, Utrecht.*