

Methoden en technieken voor het ontwerp van het watersysteem Leidsche Rijn

F.J. VAN DER LINDEN, IWACO, ADVIESBUREAU VOOR WATER EN MILIEU

E. JANSSEN, INGENIEURSBUREAU GEMEENTE UTRECHT

M. FELLINGER, IWACO, ADVIESBUREAU VOOR WATER EN MILIEU

Water in balans, dat betekent het op elkaar afstemmen van neerslag, oppervlaktewater en grondwater. Van alle componenten moet een dusdanige hoeveelheid voorradig zijn, dat een

nieuwe VINEX-locatie als Leidsche Rijn zichzelf kan bedruipen. Door een betere benutting van gebiedseigen water is wateraanvoer van elders in een normale hydrologische situatie niet

meer nodig. Vooral de kwaliteit van het oppervlaktewater profiteert van de meer gebiedseigen samenstelling, waardoor de mogelijkheden voor een ecologisch waardevolle inrichting worden vergroot.

Dit was kort geformuleerd de uitdaging waarmee we door de Projectgroep Waterhuishouding Leidsche Rijn op pad zijn gestuurd [zie Bijlmakers en Rooijmans, dit nummer]. Door IWACO, Adviesbureau voor water en milieu, en het Ingenieursbureau gemeente Utrecht zijn diverse (deel)studies uitgevoerd ter onderbouwing van de inrichting van het waterhuishoudkundig stelsel, de waterbalans en de oppervlaktewaterkwaliteit van 'Leidsche Rijn'. In dit artikel is een korte beschrijving gegeven van de gebruikte methode en technieken. Dit betreft:



- Oppervlaktewatermodelberekeningen met behulp van het programma DUFLOW voor de dimensionering van het waterhuishoudkundig systeem;
- Grondwatermodelberekeningen met behulp van het programma TRIWACO, voor de berekening van de waterbalans en de hydrologische effecten van de toekomstige stad op de omgeving;
- Berekening van de oppervlaktewaterkwaliteit en rendement van helofytenfilters op basis van de uit het voorgaande berekende waterstromen, gebruikmakend van spreadsheetbenadering en expert judgement.

De technieken die zijn gebruikt zijn zodanig opgezet en op elkaar afgestemd, dat wijzigingen in het ontwerp op snelle en efficiënte wijze konden worden doorgerekend. Dit vereist, naast flexibele rekentechnieken, een grote mate van afstemming tussen betrokken partijen. Kijkend naar het eindresultaat van het

ontwerp van het watersysteem mag worden gesteld dat het proces van het ontwerp van een dussdanig complex systeem naar volle tevredenheid is verlopen.

Water in balans

Het gebied dat is bestemd voor de toekomstige VINEX-locatie bestaat uit twee duidelijk van elkaar verschillende gedeeltes: de hoger gelegen, zandige stroomrug van de Oude Rijn in het centrale gedeelte van het gebied en aan de noord- en zuidzijde de lager gelegen (kwel)poldergebieden. Deze specifieke gebiedskenmerken zijn een belangrijke sturende factor geweest in het ontwerp van het toekomstige watersysteem (zie afb. 1). De hoger gelegen stroomrug is gebruikt om de mogelijkheden voor berging in grondwater af te tasten, door afkoppeling van neerslagwater. Door infiltratiesystemen kan dit neerslagwater in de woonwijk aan het grondwater ten goede komen. In de poldergebieden wordt het neerslagwater direct afgevoerd naar het oppervlak-

tewatersysteem, waardoor het overtollige water weer kan worden ingezet voor verder gebruik binnen 'Leidsche Rijn'. Dit is een andere manier van waterbeheer dan in de huidige situatie wordt toegepast, waarbij in periodes met een wateroverschot wordt uitgemalen op de boezem en in periodes met een watertekort weer wordt ingelaten.

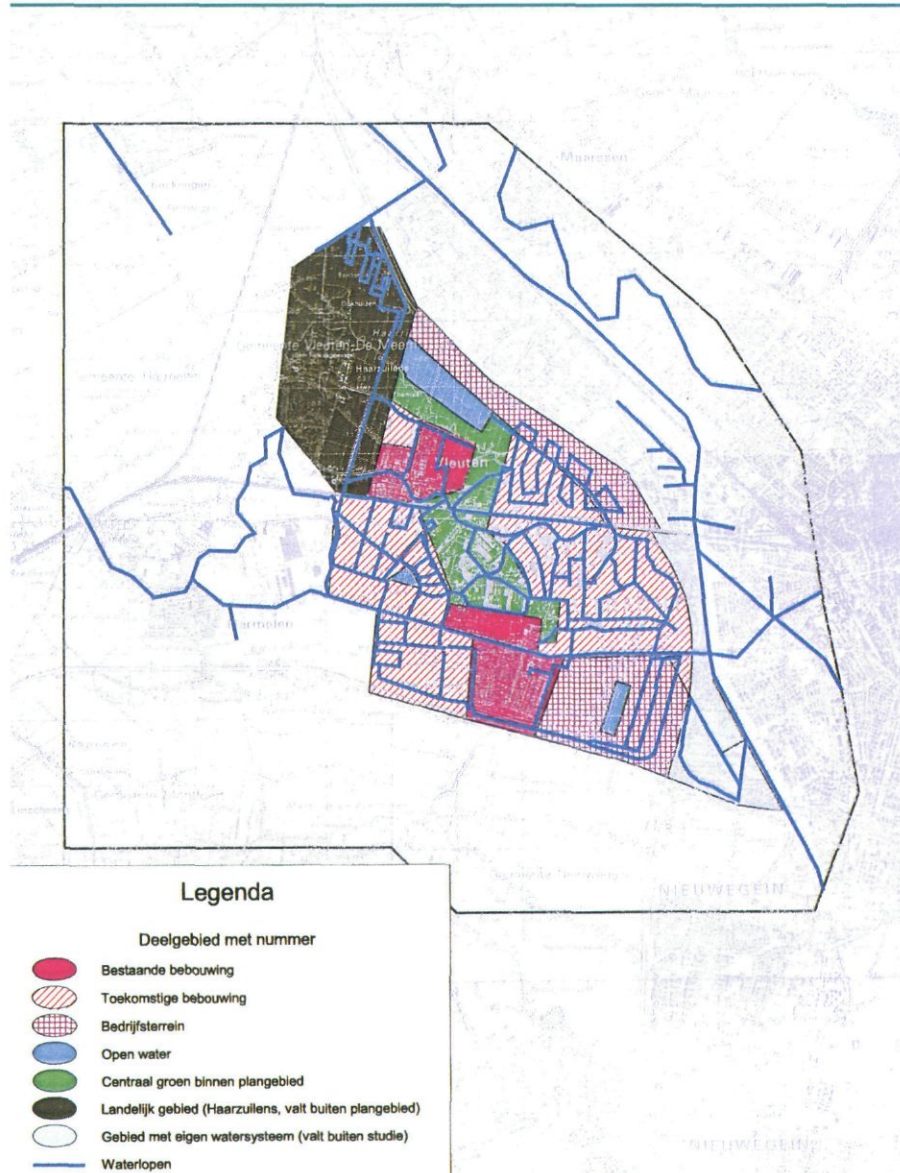
Het stelsel wordt zo ingericht dat natuurlijke peilfluctuaties kunnen worden toegestaan van maximaal 30 cm. In de winter is het oppervlaktewaterpeil hoog, waardoor een maximale hoeveelheid water kan worden gebufferd, in de zomer mag het peil maximaal 30 cm zakken. Door deze manier van peilbeheer ontstaat een buffermogelijkheid voor de zomerperiode voor de totale VINEX-locatie van 600.000 m³. Het peilbeheer is overigens omgekeerd aan het in de huidige periode gangbare peilbeheer.

Berekeningen aan het waterhuishoudkundig stelsel

Door de Projectgroep is een programma van eisen opgesteld waaraan het te ontwerpen watersysteem moest voldoen. Enkele van deze eisen hebben betrekking op de afwatering van het systeem. Zo zijn eisen gesteld aan de maximale toelaatbare peilstijgingen gedurende een toelaatbare tijdsduur en maximaal toelaatbare stroomsnelheden. Ook de maximale verblijftijden en hiermee samenhangend minimaal gewenste stroomsnelheden zijn van belang voor het behalen van de gewenste waterkwaliteit. Gezien de omvang en de complexiteit van het nieuw aan te leggen watersysteem en het feit dat het systeem getoetst moest worden aan de gestelde eisen is gebruik gemaakt van het niet-stationair computerprogramma DUFLOW, versie 2.04.

Het ontwerp van het watersysteem is geschematiseerd tot een netwerk van waterlopen (zie afb. 1). Vervolgens is informatie toegevoegd over profielen, bodemhoogten, weerstanden, peilen, stuwen, pompen en de sturing van dezelfde stuwen en pompen. Aan elk knooppunt is een afstromingsgebied gekoppeld waarbinnen een of enkele gebiedstypen kunnen voorkomen. De afvoer vanuit de verschillende gebiedstypen is voor elk punt afzonderlijk bepaald. Door een optelling te maken per tijdeenheid kan zo voor elk afwateringsgebied een totale afvoer op een watergang bepaald worden. Hierin zijn de afvoer van het rioolstelsel, de wadisystemen en rechtstreekse afvoeren van daken van o.a. bedrijfshallen meegenomen. Voor industriegebieden wordt uitgegaan van een afkoppelingspercentage van 35%. Dit zijn veelal de dakvlakken langs watergangen. Voor woongebieden is in deze studie uitgegaan van 80% afkoppeling. Het hemelwa-

Afb. 1 Overzicht deelgebieden en toekomstig waterstelsel Leidsche Rijn



ter van het verharde oppervlak zal voor een belangrijk deel zichtbaar afstromen naar infiltratievoorzieningen. De overige verharding is aangesloten op een verbeterd gescheiden rioolstelsel. De infiltratievoorziening wordt zodanig gedimensioneerd dat de ingebouwde overstort pas in werking treedt wanneer een peil wordt overschreden, dat naar verwachting eens per twee jaar voorkomt. Het effect dat infiltratievoorzieningen later tot overstorting komen dan riolering is in de verschillende scenario's meegenomen. Hieruit blijkt ook dat de infiltratievoorzieningen een belangrijke rol spelen bij de retentie van hemelwater. Vooral hierdoor is het goed mogelijk om de afvoer vanuit woongebieden en bedrijventerreinen naar de grote waterpartijen via relatief kleine watergangen te laten plaatsvinden.

Uiteindelijk is voor vier scenario's, te weten drie voor extreem natte situaties en een voor een droge situatie, langs iteratieve weg gekomen tot een ontwerp waarbij voldaan werd aan de eisen voor de stroomsnelheid, verblijftijden, afvoerdebieten en de mate en duur van opstuwning.

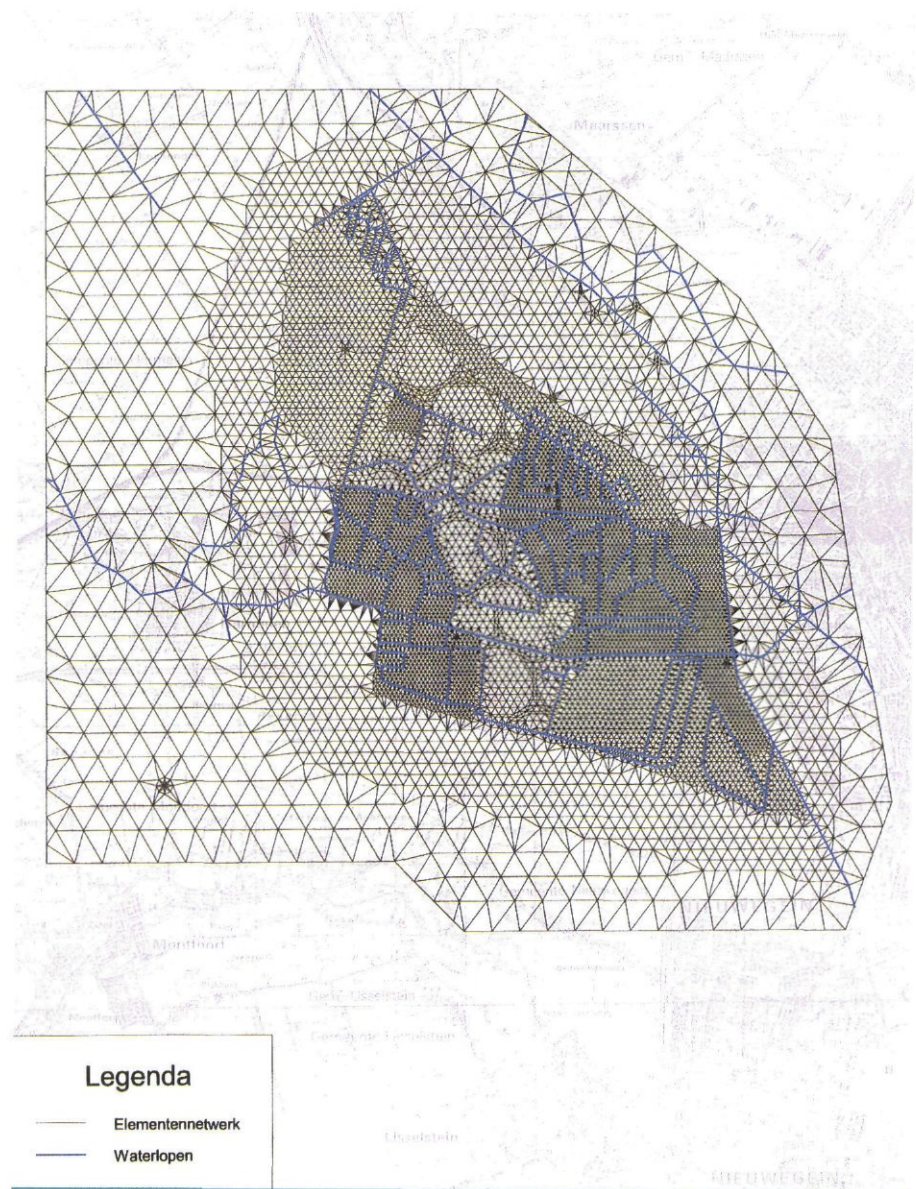
Het ontwerp is regelmatig aangepast aan de tussenresultaten van deze studie maar ook naar aanleiding van uitkomsten van de TRIWACO berekeningen, waarin kwel en wegzijging wordt berekend. Zo is het bij het bepalen van minimale verblijftijden en hiermee samenhangend de pompcapaciteiten voor het rondpompen van belang om de kwel of wegzijging per gebied mee te nemen in de DUFLOW-studie.

Berekening waterbalans en effecten op de omgeving

Een van de belangrijke uitgangspunten bij het ontwerpen van het waterhuishoudkundig systeem was een sluitende waterbalans. Om dit te kunnen bepalen is inzicht nodig in de belangrijkste termen, die de toekomstige waterbalans gaan bepalen. Deze termen zijn:

- de infiltratie van afgekoppeld neerslagwater in de ondergrond van de nieuwe woonwijken in het hoge gedeelte, rekening houdend met de extra infiltratiemogelijkheden als gevolg van afkoppeling;
- de kwel en infiltratie als gevolg van het nieuwe waterstelsel.

De eerste waterbalansterm is berekend uitgaande van gemiddelde klimatologische gegevens. Hieruit is afgeleid hoeveel van de neerslag (en in welke periode) vanuit de woonwijken in het grondwater kan worden geïnfilteerd. Deze ondergrondse buffering heeft als groot voordeel dat er (afhankelijk van de uitvoering van de infiltratievoorziening) nauwelijks sprake is van ruimtebeslag en dat toch aanzienlijke hoeveelheden neerslagwater in de



Afb. 2 Modelnetwerk

natte periode kunnen worden geborgen. Deze hoeveelheid is in de droge periode weer beschikbaar als het grondwater in de lager gelegen waterlopen weer uittreedt.

Hoeveel en waar het grondwater infiltreert en weer opkwelt is berekend met een niet-stationair TRIWACO-model, waarbij maandelijkse veranderingen in de invoerparameters zijn opgenomen. In het grondwatermodel zijn alle toekomstige waterlopen van het nieuw te ontwerpen watersysteem opgenomen. Aangezien het ontwerp een aantal malen is aangepast, is ook het modelnetwerk, waarin de waterlopen zijn opgenomen, enkele malen aangepast. In afbeelding 2 is het uiteindelijke modelnetwerk weergegeven. Het uiteindelijke grondwatermodel is ingezet voor het berekenen van de uiteindelijke waterbalans van 'Leidsche Rijn' en voor het berekenen van de effecten op de grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie, zowel op als buiten de locatie. In totaal zijn 5 varianten

doorgerekend, die van elkaar verschillen in aannames ten aanzien van peil en wijze van aanleg van de verschillende waterelementen. De waterbalans is opgesteld op maandbasis, waarbij rekening is gehouden met 18 deelgebieden. Uit de berekeningen blijkt dat voor alle doorgerekende varianten in een normaal hydrologisch jaar de waterbalans sluitend is. Dit betekent dat in deze situatie de VINEX-locatie totaal zelfvoorzienend is voor wat betreft het oppervlaktewatersysteem. Als dit wordt afgezet tegen de huidige jaarlijkse aanvoerbehoefte in het gebied van circa 5 tot 8 miljoen m³, blijkt dat de manier van waterbeheer veel invloed heeft op de in te laten hoeveelheid gebiedsvreemd water.

De aanleg van de VINEX-locatie heeft aanzienlijke effecten op de grondwaterstand. De effecten zijn per maand uitgerekend, waarbij is gebleken dat de effecten in maart en augustus de extremen zijn. In de afbeeldingen 3 en 4 zijn de effecten van het nieuwe watersysteem

op de grondwaterstand weergegeven voor het laatst doorgerekende scenario (voorkeurs-scenario) voor beide maanden. In de maand maart vindt in het centrale deel van de hogere stroomrug een aanzienlijke verhoging plaats van de grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie, door de infiltratie van neerslagwater in de bodem in dit deel van Leidsche Rijn. In augustus is vooral opvallend de verlaging van de grondwaterstand, die zich uitstrekt tot ver buiten Leidsche Rijn. Deze verlagingen worden bepaald door het lage waterpeil dat wordt gehandhaafd in de lagere delen van Leidsche Rijn, vooral aan de westkant waar watergangen de stroomrug doorsnijden. Een ander deel van de verlaging wordt veroorzaakt doordat de deklaag deels of geheel wordt vergraven, waardoor de oppervlaktewaterpeilen sterker doorwerken naar het watervoerend pakket. Met name in het gebied rondom het landgoed Haarzuilens zijn de verlagingen in de zomerperiode zodanig dat momenteel nog wordt gewerkt aan alternatieven.

De te verwachten waterkwaliteit van het watersysteem

Op basis van de met het grondwatermodel berekende waterbalans (per deelgebied) zijn stofbalansen opgesteld. Dit om inzicht te krijgen in de te verwachten waterkwaliteit, en daarmee in de te verwachten ecologische kwaliteit van het watersysteem. Het onderzoeksgebied is opgedeeld in hydrologisch homogene deelgebieden die onderling met elkaar in verbinding staan via de hoofdwatergangen. De hoofdwaterstroom door het gebied is weergegeven in afbeelding 5. Met circulatie door het systeem kan optimaal gebruik gemaakt worden van de ingebouwde zuiveringsprocessen, zoals het infiltratiefilter.

In het toekomstige waterhuishoudkundige systeem zijn zuiveringsprocessen gepland die leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit. De rendementen van de verschillende zuiveringsstappen zijn in het voorspellingsmodel ingebracht. Er is rekening

gehouden met de volgende zuiveringsvoorzieningen (zie ook afb. 6):

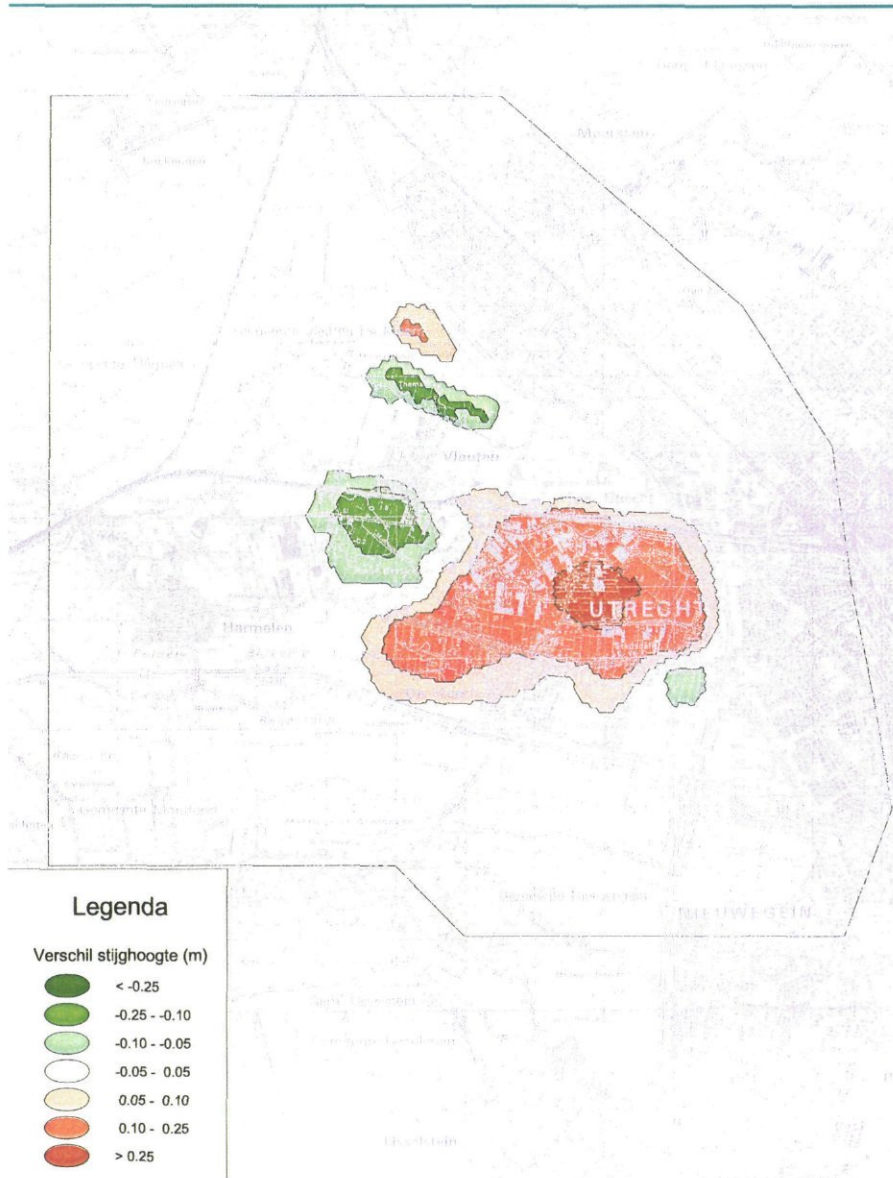
- infiltratiefilters
- moerasbufferstroken
- berm- en bodempassages
- wadi's (infiltratie/retentievoorzieningen)
- opname van voedingsstoffen door planten waarna plantmateriaal geoogst wordt
- bezinking
- nalevering.

De meeste zuiveringsstappen zijn afhankelijk van biologische processen (opname en afbraak van organische stof). Zoals bekend van biologische processen verschilt de mate waarin deze processen optreden sterk per seizoen. Deze variatie over het jaar is dan ook verwerkt in het voorspellingsmodel, zodat uiteindelijk niet alleen inzicht in de ruimtelijke variatie (deelgebieden) maar ook in de temporele variatie is verkregen. Er zijn geen standaard vuistregels voorhanden voor bepaling van de rendementen van bovenstaande zuiveringsstappen. Daarom is eerst een literatuuronderzoek gedaan om zo goed mogelijk deze rendementen te kunnen bepalen en onderbouwen.

Uit het onderzoek blijkt dat de ingebouwde zuiveringsstappen in het ontwerp leiden tot een aanzienlijke verbetering van de waterkwaliteit in vergelijking met een situatie zonder de zuiveringen. In de infiltratiegebieden wordt naar verwachting zelfs een fosfaatgehalte van 0,05 mg P/l gehaald. De belangrijkste vrachten op de stoffenbalans verschillen sterk per deelgebied. In de kwelgevoede gebieden vormt kwelwater de grootste bron aan fosfaat. De belangrijkste stikstofbron in de kwelgebieden is het neerslagwater dat uit- en afspoelt van zowel verhard als onverhard oppervlak. In de gebieden die met name infiltrerend zijn, is aanvoerwater uit het lage gebied een belangrijke bron van zowel fosfaat als stikstof. Wegens infiltratie van neerslagwater naar het grondwater draagt uit- en afspoeling hier nauwelijks bij aan de verrijking van het oppervlaktewater.

De zuiveringsstappen die aangrijpen op de grootste nutriëntenbronnen, zijn het meest essentieel. Voor de kwelgebieden zijn dit de bufferstroken (moerasbufferstroken en berm- en bodempassages). Optimalisering van beheer en onderhoud van deze stroken zal leiden tot een verdere verkleining van de vracht aan voedingsstoffen. Het aanvoerwater vormt het grootste probleem voor de infiltratiegebieden. Vooral interne zuiveringsprocessen zoals het oogsten van waterplanten zullen leiden tot een afname van deze vracht. Alvorens het water opgepompt wordt naar de hoge rug passeert het water het infiltratiefilter. Door een continue circulatiestroom op gang te houden,

Afb. 3 Effecten op grondwaterstand in maart



wordt deze zuiveringstap optimaal benut.

Bij de voorspelde nutriëntengehaltes is het te verwachten dat het doorzicht goed tot zeer goed is, en de kans op blauwwierbloei klein. Een goed doorzicht en een rijke vegetatie maakt de realisering van het ecologisch streefbeeld, een snoek/zeeltgemeenschap, zeer aantrekkelijk.

Conclusies

Een geïntegreerde benadering van het ontwerp van het watersysteem levert een duidelijke meerwaarde op. Vooral de mogelijkheid om interactief en iteratief te werken is door de betrokken partijen als noodzakelijk ervaren om een dusdanig complex watersysteem te kunnen ontwerpen. Het op elkaar afstemmen van de verschillende methoden die in het ontwerp zijn gebruikt, is hierbij een noodzakelijke voorwaarde gebleken, om snel op gewenste veranderingen in het watersysteem in te kunnen spelen en de effecten van deze veranderingen in beeld te kunnen krijgen. Het eindresultaat voor 'Leidsche Rijn' is veelbelovend, met een te verwachten gesloten waterbalans zonder aanvoer van gebiedsvreemd water en mede daardoor een goede oppervlaktewaterkwaliteit en ecologische kwaliteit.

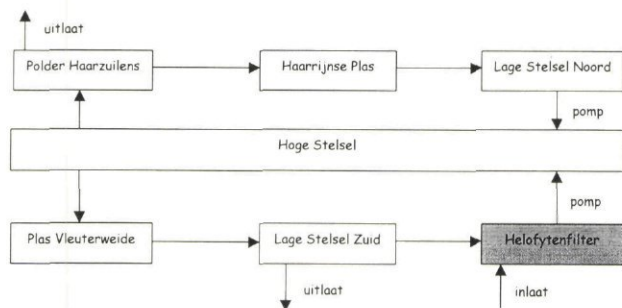
Nawoord

Aan de studie naar het watersysteem is een belangrijke inhoudelijke bijdrage geleverd door Michael de Burger (Ingenieursbureau Utrecht, DUFLOW modellering) en Ewout van den Berg (IWACO, TRIWACO modellering). De auteurs van dit artikel zijn hen erkentelijk voor hun grote inzet bij het uitvoeren van de studie. Het hoofdrapport en de deelrapporten zijn tegen kostprijs verkrijgbaar bij het Informatiecentrum Leidsche Rijn, Beneluxlaan 2, 3527 HT Utrecht, telefoon (030) 295 86 58.



Afb. 4 Effecten op grondwaterstand in augustus

Afb. 5 Vereenvoudigd stroomschema van watercirculatie door verschillende deelgebieden van Leidsche Rijn.



Afb. 6 Overzicht zuiveringsvoorzieningen

