



HERSTEL WATERSYSTEEM TUNGELROYSE BEEK (DEEL 4)

Modellering van het watersysteem: hoogwater in perspectief

IR. J. LUIJENDIJK, TAUW BV

DRS. J. HOOGENDOORN, TAUW BV, THANS WMO

IR. J. PEERBOOM, WATERSCHAP PEEL EN MAASVALLEI

IR. A. BLONK, TAUW BV

Het besef dat waterschappen via het oppervlaktewaterbeheer in belangrijke mate ook het grondwater aansturen, begint steeds meer gestalte te krijgen. Watersysteemverkenningen bestaan dan ook niet meer alleen uit of een analyse van het grondwatersysteem, of een analyse van het oppervlaktewatersysteem, maar omvatten beiden. Naast veldonderzoek is numerieke modellering een belangrijk hulpmiddel om de hydrologie van een gebied beter te leren kennen en te begrijpen. Daarbij worden steeds hogere eisen gesteld aan numerieke simulaties. Het gaat hierbij met name om de integrale benadering van het watersysteem, waarbij numerieke modellen voor grondwater, oppervlaktewater en de onverzadigde zone op enigerlei wijze zijn gekoppeld. Bij het hydrologische onderzoek voor de Tungelroyse beek is een dergelijke integrale modellering van het watersysteem uitgevoerd. Dit heeft interessante resultaten opgeleverd die zonder modellering waarschijnlijk over het hoofd zouden zijn gezien.

In twee voorgaande artikelen ('Gezamenlijke aanpak biedt kans op snelle uitvoering' en 'Een afwegingsmethodiek voor gebiedsgericht waterbeheer' die vorig jaar in *H₂O* verschenen, nummer 13 en 14/15) werd uitgelegd wat het project 'Herstel Watersysteem Tungelroyse beek' inhoudt. Het beoogde herstel wordt nagestreefd door een integrale aanpak van waterretentie (ten behoeve van hoogwaterbestrijding op de Maas), verdrogingsbestrijding, herinrichting van beekdalen en verbetering van de waterkwaliteit. Omdat onvoldoende kennis bestond over de hydrologie van het stroomgebied en de effectiviteit van diverse herstelmaatregelen is door Tauw, in samenwerking met HKV Lijn in water en het Staring Centrum, in opdracht van de Provincie Limburg en Waterschap Peel en Maasvallei het 'Hydrologisch onderzoek Tungelroyse beek' uitgevoerd.

Om de werking van het watersysteem beter te begrijpen en de effecten van herstelmaatregelen te voorspellen, is een computermodel gebouwd waarmee het gedrag van het

watersysteem kan worden gesimuleerd. Door toepassing van een integrale modellering ontstond een watersysteemmodel met unieke mogelijkheden om een breed scala van maatregelen te simuleren en een integrale effectenanalyse uit te voeren. Met dit computermodel zijn maatregelen gesimuleerd die betrekking hebben op waterretentie (berging op het maai-veld), waterconservering (berging in de grond) en beekherstel.

In dit artikel presenteren wij u de opzet van het watersysteemmodel, enkele interessante resultaten over het gedrag van het hydrologische systeem en de veranderingen die daarin zijn opgetreden gedurende de afgelopen eeuw. Binnenkort wordt in een laatste artikel in deze reeks ingegaan op de effectiviteit van diverse herstelmaatregelen en de conclusies die daaruit kunnen worden getrokken met betrekking tot hoogwaterbestrijding en natuurherstel.

Modelconcept en -instrumentarium

Een essentiële stap in de modellering is de opstelling van het modelconcept. Hierin is

vastgelegd op welke wijze de verschillende stromingsprocessen en interacties binnen het neerslag-afvoerproces zijn geschematiseerd. Een belangrijke vraag hierbij is altijd: wat moet je meenemen en wat kun je weglaten in de modellering? Daarnaast speelt de praktische kwestie van de modelcodes die je gebruikt. Kunnen deze simuleren wat je nodig acht?

Het kenmerk van een watersysteemmodellering is dat zowel de essenties van het grondwater (onverzadigde én verzadigde zone) als van het oppervlaktewater gemodelleerd moeten worden. Voor het eerste deel is de internationaal geaccepteerde modelcode MODFLOW gebruikt. Hoewel deze code met name is geënt op het grondwater, bevat het ook enkele belangrijke kenmerken van de onverzadigde zone (waaronder een terugkoppeling van de verdamping met de grondwaterstanddiepte) en het oppervlaktewater en drainagesysteem (waaronder de mogelijkheid waterlopen al of niet te laten infiltreren en zelfregulatie van drainage). Voor de modellering van het oppervlaktewater is in overleg met het waterschap gekozen voor de modelcode SOBEK. Het feit dat SOBEK specifieke Nederlandse situaties (waaronder een met stuwen gereguleerd peilbeheer) aankan, speelde een rol van betekenis bij deze keuze.

Het stroomgebied van circa 225 km² ligt vrijwel volledig binnen de Roerdalslenk. De bodemopbouw bestaat uit een relatief dunne deklaag met daaronder een zeer goed doorlatend eerste watervoerend pakket. Het studiegebied is in MODFLOW onderverdeeld in gridcellen van 100x100 m². In SOBEK zijn alle primaire waterlopen gemodelleerd, met een totale lengte van 160 km en 83 kunstwerken.

Voor de koppeling van beide modellen is door Tauw een speciaal programma ontwikkeld dat de uitwisseling van berekende debieten van grond- naar oppervlaktewater (MODFLOW → SOBEK) en de berekende peilen (SOBEK → MODFLOW) regelt. Bewust is voor deze zogenaamde 'koppeling op afstand' gekozen. Ten eerste om te kunnen blijven werken met standaard modelcodes en ten tweede omdat een 'interne' (directe) modelkoppeling tussen grond- en oppervlaktewatersysteem de numerieke oplossing van het model kan frustreren (geen of een gebrek aan convergentie).

Met het hiervoor beschreven modelinstrumentarium zijn de basale stromingscomponenten van het watersysteem te berekenen (afbeelding 1). Voor een aantal termen is met een voorbewerkingsprogramma de berekening aangescherpt. Omdat juist ook kennis van de watersysteemdynamiek nodig was, is de simulatie zodanig uitgevoerd dat veranderingen van watersysteemkenmerken (zoals grond-

waterstanden, kwel/wegzijing, afvoeren, waterstanden en stroomsnelheden) in de tijd berekend konden worden.

Snelle afvoer

Simulaties van (onderdelen) van het watersysteem worden doorgaans uitgevoerd voor perioden die een zekere gemiddelde constante situatie (stationair) of gemiddelde variatie van meteorologische omstandigheden vertonen. Het unieke van watersysteemmodel van dit onderzoek was, dat het tot op zekere hoogte juist gemaakt is om de extreme situaties van hoog water in beeld te brengen.

Essentieel hierbij is de snelle runoff van een deel van de neerslag. Er zijn verschillende oorzaken voor het ontstaan hiervan. Wanneer de neerslagintensiteit groter is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem of de toplaag (vrijwel) verzadigd is, zal een deel van de neerslag via maaiveld of via de ondiepe ondergrond snel afstromen naar de waterlopen. Ook de afvoer via drainagebuizen is aanzienlijk sneller dan de afvoer via het verzadigde grondwater. Met het programma SWAP voor grondwaterstroming in de onverzadigde zone is voor de verschillende bodemtypen in het stroomgebied de surface runoff berekend bij extreme neerslagintensiteiten. Door middel van een statistische analyse is tevens een relatie bepaald tussen de beschikbare dagneerslagen en het percentage surface runoff. Voor de meest voorkomende lemige zandgronden werd gevonden dat bij dagneerslagen van meer dan 10 mm gemiddeld 10 tot 20 procent van het restant oppervlakkig tot afstroming komt.

Alhoewel de filosofie bij het onderzoek was om modellen 'as they are' via tussenprogramma's aan elkaar te koppelen, was het voor de berekening van de snelle runoff toch nodig een nieuwe module voor MODFLOW te maken. Deze module accumuleert het water dat bij locale drainage vrijkomt en geeft het water (geregeld via een stuwformule) af aan het hoofdsysteem. De module bevat tevens een (terug)koppeling tussen drainage-debiet en slootpeil. Met behulp van deze nieuwe rekenmodule is de dynamiek van het neerslag-afvoerproces via het secundaire stelsel gesimuleerd.

Het systeemgedrag speelt zich af op meerdere tijdschalen. Het model is zodanig opgezet, dat zowel de relatief trage seizoensdynamiek tijdens de periode 1987-1996 (tijdspan tien dagen) als de snelle dynamiek tijdens de hoogwaterperiode van 1995 (tijdspan één dag) kan worden gesimuleerd.

Toetsing aan de werkelijkheid

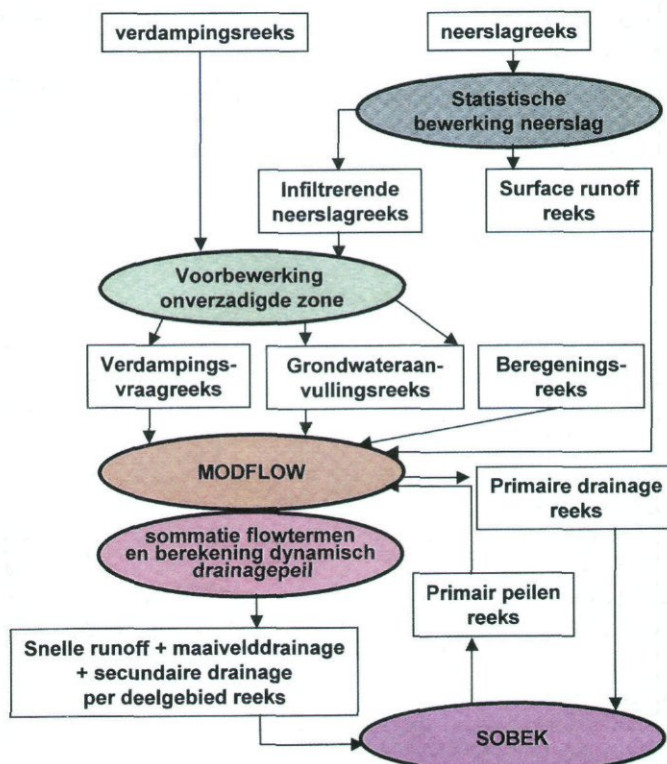
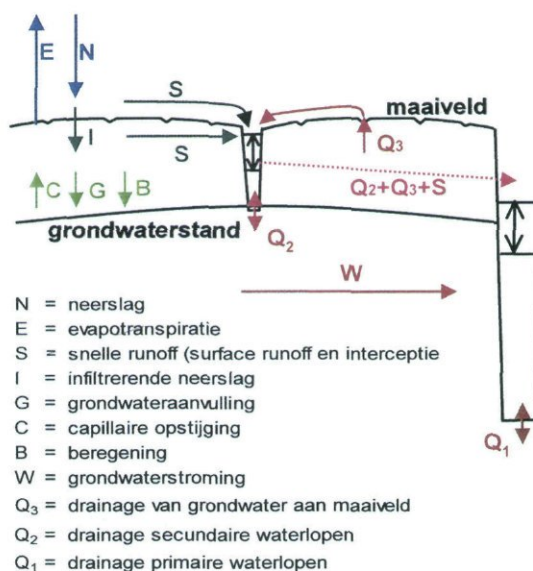
Het grondwatermodel is gekalibreerd met behulp van het computerprogramma PEST, waarmee de parameterwaarden van de bodem-

opbouw en het waterlopenstelsel zijn geoptimaliseerd.

Het oppervlaktewatermodel is gekalibreerd door reconstructie van de gemeten afvoeren en waterstanden tijdens de hoogwaterperiode van januari 1995. Hierbij bleek onder meer dat de waargenomen piekafvoer tijdens de hoogwaterperiode significant hoger was dan de door het model gesimuleerde afvoer. Nadere gevoeligheidsanalyses met het model toonden aan dat de achtergrond van dit verschil gezocht moest worden in de snelle runoff. Deze draagt in werkelijkheid aanzienlijk meer bij aan het ontstaan van hoogwater

dan het modelinstrumentarium aangeeft. Met ander woorden de modellen SWAP en MODFLOW 'zien' een aantal belangrijke zaken die in de werkelijkheid van belang zijn 'over het hoofd'. Een fenomeen dat bijvoorbeeld niet in het model zit, is de verzadiging van de toplaag die in gebieden met ondiepe grondwaterstanden, al dan niet versterkt door de aanwezigheid van een ondiepe stoorlaag, kan optreden. Hierdoor kan 'interflow' via de onverzadigde zone naar de waterlopen ontstaan en in extreme situaties zelfs schijnspiegels. Ook niet in het model, maar mogelijk wel van belang is een afname van de infiltratiecapaciteit van de

Afb.1: Waterstromen en het modelconcept.



bodem door verslamping of door spoorvorming als gevolg van de machinale bewerking van het land.

Omdat de benodigde gegevens en de tijd ontbraken is voor het onderzoeksproject een 'blackbox-methode' toegepast. De fractie snelle runoff is zodanig vergroot dat een goede reconstructie mogelijk was van de waargenomen piekafvoeren. Wat hier overigens wel uit volgt, is dat we de mechanismen die leiden tot een hoge surface runoff en/of interflow nog niet volledig begrijpen. Voor de uitwerking van een goed hoogwaterbeleid is het wenselijk hier nader aandacht aan te besteden.

Wet van behoud van natte ruimte

De modellering heeft veel inzicht gegeven in de werking van het watersysteem van de Tungelroyse beek en de ruimtelijke relaties daarbinnen, specifiek ook met betrekking tot de dynamiek van piekafvoer. Ondanks het natte uiterlijk van het landschap tijdens perioden met zeer hoge neerslag laten de berekeningen zien dat de ondergrond toch nog zo'n 75 procent van de neerslag absorbeert. Het venijn zit hem in de staart, wanneer de neerslag vermoedelijk door stagnerend hangwater binnen de onverzadigde zone niet meer door de ondergrond opgenomen kan worden dan wel dat grondwaterstanden in lage gebieden het maaiveld bereiken. De snelle runoff die zich dan ontwikkelt, speelt een aanzienlijke rol bij de vorming van piekafvoeren. Volgens de modelsimulaties was tijdens de hoogwaterperiode van 1995 circa 50 procent van de piekafvoer afkomstig van snelle runoff. Hieruit kunnen we concluderen dat niet zozeer de ontwatering (verlagen van de grondwaterstand door middel van sloten) als wel de afwatering (bepaald door het leeglopen van ondiepe maaivelddepressies via greppels en de afmetingen van waterlopen) een primaire rol speelt bij het ontstaan van piekafvoer.

Een gesimuleerde hydrologische situatie van rond 1850 liet zien hoezeer het stroomgebied droger is geworden (afbeelding 2). Volgens deze simulatie zijn de grondwaterstanden in het stroomgebied van de Tungelroyse beek vroeger gemiddeld 1,25 m hoger geweest dan tegenwoordig. Belangrijke invloeden zijn een betere ontwatering en de aanleg van het Lateraalkanaal langs de Maas. De berekeningen wijzen er op dat de afvoer uit het stroomgebied vroeger groter was dan tegenwoordig, door minder ondergrondse berging bij ondiepe grondwaterstanden. In tegenstelling tot hetgeen wel eens gedacht wordt, was vroeger niet zozeer de berging onder het maaiveld groter, maar juist de berging op het maaiveld, in depressies van het voorheen meer 'pokdalige' maaiveld en in inundatievlakten die op uitgebreide schaal vanuit de beken konden ontstaan. Mogelijk dat ook de sponswerking van voormalige hoogveenpakketten een belangrijke rol speelde.

Eén en ander leidde ertoe dat de piekafvoeren naar de Maas vroeger naar verwachting circa 25 procent lager waren dan tegenwoordig, doordat de zijbeken hun water meer gespreid in de tijd afgaven. Vanwege de beperkte spreiding (enkele dagen) en het grotere volume van de afvoergolven vanuit de zijbeken waren de hoogwaters op de Maas in het verleden waarschijnlijk iets minder extreem maar wel langduriger. Blijkbaar bestaat er een soort 'wet van behoud van natte ruimte'. De droge ruimte die we vroeger stroomopwaarts in de zijbeken hebben gewonnen, moeten we nu stroomafwaarts langs de grote rivieren uiteindelijk weer inleveren. Uiteraard blijft het een ruimtelijke afweging of de 'ruimte voor water' door uitbreiding van de (potentiële) natte ruimte stroomafwaarts dan wel door herstel van de natte ruimte stroomopwaarts gecreëerd wordt. Doelstelling van het Tungelroyse beekproject is in ieder

geval het laatste. Dit principe van 'overtollige neerslag zo dicht mogelijk vasthouden op de plaats waar het valt' is in een provinciedekkend retentieonderzoek verder uitgewerkt.

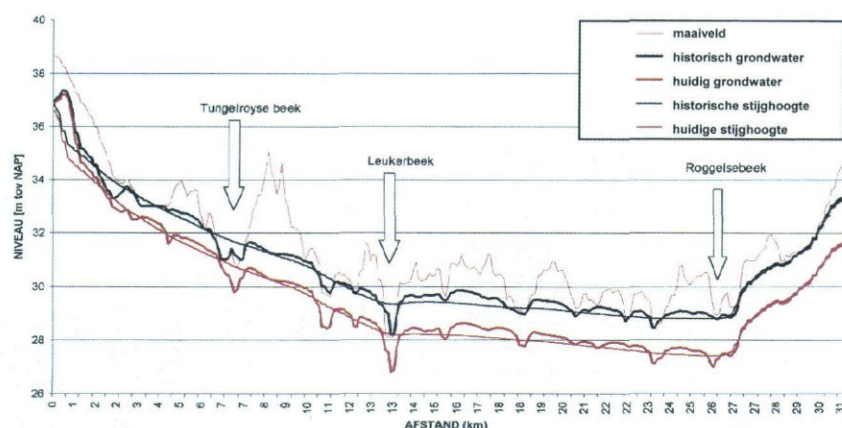
Conclusie

De analyse van de waterhuishoudkundige veranderingen sinds 1850 en de gevolgen daarvan voor het hydrologische systeem hebben nieuwe inzichten opgeleverd met betrekking tot de effectiviteit van bepaalde typen herstelmaatregelen en de streefbeelden voor het toekomstige afvoerregime.

Binnenkort komen in het laatste artikel in deze reeks de concrete herstelmaatregelen voor het stroomgebied aan de orde en wordt de toetsing aan de opgestelde streefbeelden beschreven. Bij het doorrekenen van de voorgestelde herstelmaatregelen is gebleken is dat verminderde ontwatering en beekherstel slechts een beperkte positieve en soms zelfs een geringe negatieve bijdrage kunnen opleveren in de reductie van afvoergolven vanuit het stroomgebied. Op grond van deze onderzoeksresultaten wordt thans door het waterschap Peel en Maasvallei het principe van noodretentie nader onderzocht. Daarbij zal tijdens extreme Maashoogwaters inundatie van beekdalen worden geïntroduceerd door het 'knijpen' van de afvoer met behulp van een kunstwerk.

Dit onderzoek heeft weer eens aangetoond dat voor een adequate kennisontwikkeling omtrent het functioneren van het watersysteem een wisselwerking tussen praktijkervaring, ideeënvorming en toetsing aan de hand van modellering een vereiste is. Wanneer geen 'kalibratie van ideeën' plaatsvindt, is het risico van het ontstaan, dan wel persistentie van misconcepties groot. Hiermee is het waterbeheer niet gebaat, zeker niet wanneer er beslissingen met een grote ruimtelijke en financieel economische impact in het geding zijn. Helaas ontnemt de voortschrijdende verzakelijking van wetenschap en cultuur de onderzoeker steeds meer de tijd die nodig is voor toegewijd en gedegen onderzoek. We mogen hopen dat goedkoop op termijn geen duurkoop blijkt te zijn.

Afb.2: De berekende huidige en historische grondwaterstanden.



LITERATUUR

- Anonymous (1994). PEST, model independent parameter estimation.
- Luijendijk, Hoogendoorn, van Bakel en Klopstra (1999). Hydrologisch onderzoek Tungelroyse beek, hydrologische modellering en systeemanalyse.
- Hoogendoorn (1999). Hydrologisch onderzoek Tungelroyse beek, beoordelingssystematiek.
- Luijendijk (1999). Hydrologisch onderzoek Tungelroyse beek, beoordeling maatregelen.