
Boeken

R. Kim: The water budget of heterogeneous areas. Impact of soil and rainfall variability.

Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de LU Wageningen, december 1995.

Water heeft een uitzonderlijk hoge warmtecapaciteit en komt op aarde in grote hoeveelheden voor. Bij verdamping, transport en neerslag van water worden enorme hoeveelheden energie over de aarde getransporteerd. De waterbalans speelt daarmee een sleutelrol in het klimaat. De groeiende verontrusting over mogelijke effecten van menselijk handelen op het klimaat, was een belangrijke reden om de verdamping van grotere gebieden aan een nader onderzoek te onderwerpen.

Aan de waterbalans op locale en perceelschaal is reeds in diverse hydrologische onderzoeken aandacht geschonken. Toepassing van de wet van Darcy, zowel in de onverzadigde als verzadigde zone, leidt daarbij in het algemeen tot bevredigende oplossingen. Op regionale schaal worden diverse, grotendeels empirische relaties gebruikt. Een meer fysische onderbouwing van regionale verdamping is wenselijk, zowel vanuit het oogpunt van waterbeheer als van klimaatsonderzoek.

Bij gebieden groter dan de locale schaal (1 m^2) gaat de ruimtelijke variabiliteit van de bodemhydraulische eigenschappen (retentie en doorlatendheidscurve) een rol spelen in de waterbalans, terwijl in gebieden groter dan de perceelschaal (10^5 m^2) ook de ruimtelijke variabiliteit in neerslag van invloed is de waterbalans. René Kim doet in dit proefschrift verslag van een vierjarige studie naar de invloed op de waterbalans van zowel de heterogeniteit van de bodem als de heterogeniteit van de neerslag.

Twee benaderingen zijn voor zo'n vraagstelling mogelijk. Van groot naar klein, een benadering die veel door meteorologen wordt gebruikt, en van klein naar groot, wat vaak door bodemkundigen wordt gedaan. Hydrologen maken van beide benaderingen gebruik. René Kim gaat van klein naar groot. Hij start met de fysische transportvergelijkingen die gelden op de m^2 en tracht deze op te schalen tot stroomgebieden en groter. Een kernvraag is daarbij of na integratie van alle deelgebiedjes, voor het totale gebied weer een equivalente bodem bestaat waarmee de totale waterbalans gesimuleerd kan worden.

Van de stellingen behorende bij het proefschrift, prikkelen de eerste twee om direct door te lezen: "Equivalente bodemhydraulische parameters zijn niet alleen afhankelijk van het onderliggende heterogene veld, maar ook van de meteorologische omstandigheden en de tijdschaal waarvoor ze zijn afgeleid" en "Om de langdurige gemiddelde waterbalans (orde jaren) te bepalen kunnen stromingsprocessen op kleine tijdschalen (orde uren) niet worden verwaarloosd".

In één van de eerste hoofdstukken wordt een vergelijking gemaakt tussen een gedetailleerd numeriek model gebaseerd op de fysische stromingsvergelijking (SWATRE) en een simpel model (WARRILOW). De bodemheterogeniteit wordt bij SWATRE in rekening gebracht door een serie simulaties uit te voeren voor de mogelijke bodemtexturen in het gebied en de resulterende fluxen te middelen. In WARRILOW wordt de bodem voorgesteld als een bodemvochtreservoir met verdamping en percolatie, maar zonder herverdeling van vocht en capillaire opstijging. Zolang oppervlakte-afvoer en capillaire opstijging niet optreden, blijkt de overeenstemming tussen SWATRE en WARRILOW wat betreft langdurige verdamping goed voor een zavelgrond en redelijk voor een zandgrond. Op kortere tijdsintervallen (dag en decaden) zijn er grotere

verschillen in verdamping tussen de beide modellen.

Vervolgens wordt ruimtelijke heterogeniteit van neerslag toegevoegd aan de heterogeniteit van de bodem. Daarbij worden Monte-Carlo simulaties gebruikt, waarbij het gebied wordt voorgesteld door een groot aantal één-dimensionale bodemkolommen zonder horizontale interactie. Wederom is de vraag in hoeverre het resultaat van de stochastische analyse bereikt kan worden met 'equivalente' bodemeigenschappen. In tegenstelling tot de voorgaande analyse, waarbij daggemiddelden voor neerslag werden gebruikt, wordt nu de neerslag op minutenbasis ingevoerd. Het proces van oppervlakte-afvoer bij zware neerslag is sterk niet-lineair en blijkt sterk verstoring te werken op het bestaan van een equivalente bodem.

Dañ volgt een gedetailleerd hoofdstuk over een analytische aanpak om de effecten van bodem- en neerslagvariabiliteit op verdamping te kwantificeren. Terwille van de analytische oplossing moeten enige vereenvoudigingen worden aangebracht in het infiltratie- en stromingsconcept. Echter, in vergelijking met numerieke oplossingen van de stromingsvergelijking blijkt de analytische oplossing het afwisselend bevochtigen en opdrogen van de bodem goed te imiteren. De resultaten laten vervolgens zien dat bij een semi-humied klimaat de oppervlakte-afvoer en percolatie redelijk voorspeld kunnen worden met 'equivalente' bodemeigenschappen. Bij een aried klimaat met haar hevige buien kunnen oppervlakte-afvoer en percolatie niet meer voorspeld worden. Verder blijken de equivalente bodemeigenschappen die afgeleid zijn voor de lange-termijn waterbalans, niet geldig te zijn voor de korte-termijn processen.

Bij alle voorgaande analyses werd horizontale interactie tussen de bodemkolommen buiten beschouwing gelaten. Dit is duidelijk niet het geval op hellingen, welke buiten Nederland meer regel dan uitzonde-

ring zijn. Ook voor deze analyse wordt een mengeling van numerieke, analytische en stochastische methoden gebruikt. Het ontwikkelde model blijkt voldoende nauwkeurig overeen te stemmen met experimenten op een helling in Nieuw Zeeland. Op hellingen bestaat bovenstrooms een inzijgingszone, benedenstrooms een kwelzone en hier-tussen een middenzone. Ondanks de verschillen in verdeling van de fluxen tussen de drie onderscheiden zones, laat René Kim zien dat bij verschillende combinaties van klimaat, bodemfysische eigenschappen, geomorfologie en vegetatie, de ruimtelijk-gemiddelde lange-termijn waterbalans slechts geringe onderlinge verschillen vertoont.

Het proefschrift valt op door goed Engels taalgebruik, duidelijke figuren en systematische opbouw. Bij gebrek aan geschikte meetgegevens op regionale schaal, maakt René Kim inventief gebruik van diverse technieken om zijn analyses te onderbouwen: eenvoudige conceptuele benaderingen, gedetailleerde fysische modellen, analytische methoden, Monte-Carlo simulaties en verdelingstheorieën. Zelden heb ik een proefschrift met zo veel elan zien verdedigen. De promotiecommissie was zeer onder de indruk van het geleverde werk en gaf het de kwalificatie 'met lof'.

Jos van Dam