



Ontwatering in beeld

J. VAN BAKEL, ALTERRA
 H. MASSOP, ALTERRA
 J. VAN DER GAAST, ALTERRA
 J. TE BEEST, ALTERRA

De vraag of Nederland waterhuishoudkundig op orde is en blijft, vergt veel onderzoek. Daarbij vormt kennis over de ontwatering - de stroming van water tussen grond- en oppervlaktewater - een belangrijke peiler, omdat deze interactie bepalend is voor de wijze waarop de grondwaterstand en de afvoer reageren op veranderingen in neerslag of op waterhuishoudkundige maatregelen. In theoretisch opzicht is de kennis ruim voldoende, maar tot voor kort bestonden geen landsdekkende bestanden van de ontwatering. Vooral door het beschikbaar komen van digitale databestanden en GIS-technieken is echter een grote sprong voorwaarts mogelijk. Dit artikel beschrijft hoe de ontwatering 'in beeld' kan worden gebracht.

De vraag of de waterhuishouding van Nederland op orde is wordt in de meeste stroomgebieden ontkenkend beantwoord^(1,2). De verwachting is dan ook dat in de komende decennia op regionale schaal veel maatregelen getroffen zullen worden om de waterhuishouding beter op orde te krijgen, nog afgezien van externe ontwikkelingen zoals klimaatverandering, bodemdaling en zeespiegelrijzing, die vrijwel altijd om een verdergaande aanpassing zullen vragen. In delen van Nederland is de aanpassing trouwens al volop 'in uitvoering', bijvoorbeeld in veel Reconstructiegebieden waar water een belangrijk mede-inrichtend principe is. Maar ook op landelijke schaal moeten de effecten van bijvoorbeeld het mestbeleid op de nutriëntenbelasting kunnen worden voorspeld. Eén van de belangrijkste vragen daarbij is hoe

de waterhuishouding van een perceel of gebied kan worden verklaard met behulp van kennis van de ontwatering. Deze kan worden opgesplitst in proceskennis en patroonkennis.

Door het beschikbaar komen van diverse digitale bestanden, met name de Top10-vector (de digitale topografische kaart van Nederland met een schaal van 1:10.000) en algemeen toegankelijke GIS-technieken, bestaan inmiddels veel meer mogelijkheden om voor willekeurig te kiezen vlakken de ontwateringskarakteristiek vast te stellen. Dit wordt gedemonstreerd met resultaten van diverse onderzoeken, meer in het bijzonder met het onderzoek dat in opdracht van de Brabantse waterschappen is uitgevoerd om de ontwatering in Noord-Brabant in beeld te brengen.

Proceskennis

In theoretische zin is het proces van ontwatering duidelijk^(1,5). Het meest eenvoudig conceptueel model is dat de ontwateringsflux naar een bepaalde klasse van waterlopen van een zeker oppervlak evenredig is met de opbolling (het verschil tussen de grondwaterstand midden tussen de waterlopen en het peil van het oppervlaktewater) en omgekeerd evenredig met de zogeheten lekweerstand. Per klasse is een oppervlakrepresentatieve lekweerstand te berekenen uit de volgende (karterbare) kenmerken:

- gemiddelde afstand tussen waterlopen (uit lengte aan sloten van het beschouwd oppervlak),
- geometrie van de beschouwde waterloopklasse (bodemdiepte, bodembreedte, talud),
- geohydrologische eigenschappen (horizontale en verticale doorlatendheden en diktes onderscheiden pakketten van beschouwd oppervlak),
- dikte en weerstand van de sliblaag in de ontwateringsmiddelen.

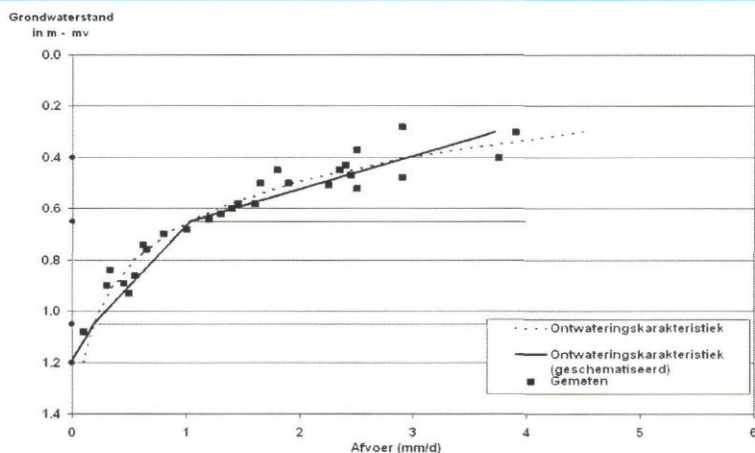
Bij een gegeven ontwateringsbasis (de oppervlak-representatieve hoogte van óf het peil van het oppervlaktewater óf de effectieve bodemhoogte van de waterloop die beschouwd wordt) is bij elke grondwaterstand een lekflux te berekenen. Door optellen van de fluxen naar de onderscheiden klassen kan bij elke grondwaterstand een totale lekflux worden bepaald (onder de veronderstelling dat de ontwateringsbasis en de grondwaterstand representatief zijn voor het oppervlak). Aldus kan de ontwateringskarakteristiek van het oppervlak worden samengesteld.

Naast dit 'rekenspoor' bestaat een 'veldspoor'. Uit gelijktijdige metingen van de afvoer van een gebied en een representatieve grondwaterstand kan de ontwateringskarakteristiek van dat gebied worden afgeleid (zie afbeelding 1). De helling van de lijn geeft de lekweerstand weer. Deze neemt af bij hogere grondwaterstanden, omdat in die situatie meer waterlopen meedoen aan het afvoerproces. Desgewenst kan de afvoerkarakteristiek worden geschematiseerd in meerdere rechte stukken. Bij elk knikpunt kan een ontwateringsbasis van een klasse van waterlopen worden gedacht.

Patroonkennis

Het grondwatersysteem is meestal geen gesloten systeem. Het is vaak lek. De lekken bestaan vooral uit open (oppervlaktewater-systeem) en ondergrondse (buisdrainage) ontwatering. De bepalende grootheden voor de ontwateringskarakteristiek zijn de ontwateringsbasis en de lekweerstand. Deze kunnen beide in beeld worden gebracht.

Afb. 1: Voorbeeld van een ontwateringskarakteristiek.



Ontwateringsbasis

Volgens de definitie is de ontwateringsbasis dus hetzij de representatieve oppervlaktewaterstand hetzij de representatieve effectieve bodemhoogte van de betreffende klasse van ontwateringsmiddelen van een zeker oppervlak. De oppervlaktewaterstand is variabel in de tijd en afhankelijk van de afvoer (en aanvoer). Maar de variatie is, zeker in peilbeheerste waterlopen, al beperkt. De streefpeilen geven een goed beeld van de ontwateringsbasis. In niet-peilbeheerste waterlopen moet de relatie worden gegeven tussen oppervlaktewaterstand en afvoer, waarbij de hydraulische weerstand en de afmetingen (geometrie) van de betreffende waterlopen bekend moeten zijn. Voor de hydraulische weerstand bestaan experttabellen; voor het in beeld brengen van de ontwateringsbasis is een combinatie van expert- en veldkennis gekoppeld aan karteerbare kenmerken toegepast.

De topografische kaart met een schaal van 1:10.000 onderscheidt vier klassen van waterlopen: greppels en droogvallende waterlopen, waterlopen smaller dan drie meter op de waterspiegel, waterlopen met een breedte van drie tot zes meter en waterlopen breder dan zes meter. De waterlopen liggen vast, maar wat de geometrie (en daarmee de drooglegging van de waterlopen) betreft is alleen de breedteklasse van de waterspiegel bekend. Voor de modellering van de hydrologie voor het landelijke modelleninstrumentarium STONE^{6),9)} bestond behoefte aan landsdekkende informatie voor de geometrie. Om deze in beeld te brengen zijn karteerbare kenmerken geselecteerd, waarvan werd verondersteld dat ze een verklarende werking hebben, namelijk de geohydrologie en het grondwaterregime. Als maat voor de geohydrologie is gebruik gemaakt van de indeling van Nederland in hydrotypen^{8),9)}. Als maat voor het grondwaterregime is de grondwatertrappenkaart (Gt-kaart) bruikbaar. Om te beschikken over ankerpunten is in het veld een beperkt aantal gebieden bezocht, waarvoor de geometrie van de waterlopen is

opgemeten. Hierbij is vooral aandacht besteed aan de kleinere waterlopen (greppels/droogvallende sloten en waterlopen smaller dan drie meter), omdat de afmetingen van de grotere waterlopen veelal vastliggen in de waterschapslegger. Op basis van eerder veldonderzoek^{4),7)} is een beperkt aantal waarden beschikbaar voor de drooglegging van waterlopen. Tabel 1 geeft een deel van de op deze wijze verkregen kennis, enigszins aangevuld met algemene kennis, weer.

Bij onderzoek in Noord-Brabant¹¹⁾ bestonden meer mogelijkheden voor het doen van veldonderzoek. De stratificatie op basis van hydrotype en grondwatertrap is als uitgangspunt gebruikt om gebieden te selecteren. Binnen de geselecteerde gebieden zijn vervolgens veldopnamen verricht om de afmetingen van de waterlopen vast te leggen. Gedurende dit onderzoek liep tevens het onderzoek naar de actualisatie van de grondwatertrappen³⁾. Bij deze actualisatie zijn a-select locaties geloot voor gerichte opname van de grondwaterstand op momenten dat de grondwaterstand ongeveer gelijk is aan de gemiddeld hoogste respectievelijk gemiddeld laagste grondwaterstand. Daarbij zijn ook bodem- en waterdiepte gemeten van de dichtstbij gelegen waterloop.

In afbeelding 2 zijn de resultaten van het veldonderzoek weergegeven voor twee klassen van waterlopen.

Hieruit volgt dat een duidelijk verschil bestaat in bodemdiepte en drooglegging tussen de beide soorten waterlopen. Het verschil op basis van grondwatertrap is echter gering, met een lichte tendens tot een grotere drooglegging bij drogere grondwatertrappen (en duidelijker geringer dan de tendens in tabel 1).

Vergelijking van de data naar hydrotype geeft aan dat de verschillen tussen de hydrotypen in het zandgebied gering zijn. Wel bestaat een duidelijk verschil tussen hydrotypen in het Holocene gebied (veelal kleigronden) en het Pleistocene gebied (overwegend zandgronden).

Lekweerstand

De lekweerstand is niet direct in het veld meetbaar en bovendien afhankelijk van de gekozen ruimtelijke schematisatie. Het is dan ook veel effectiever de kenmerken die bepalend zijn voor de lekweerstand in beeld te brengen. Dat zijn de geohydrologische eigenschappen van het verzadigd grondwatersysteem, de dichtheid (lengte per representatief oppervlak) en geometrie van de waterlopen.

Voor het parameteriseren van de relatie grondwater-oppervlaktewater zijn vooral de eigenschappen van het topsysteem, dat wil zeggen de deklaag boven het watervoerend pakket, van belang. Voor STONE en de momenteel lopende verdrogingsstudie bestond behoefte aan een nieuwe parameterisatie van het topsysteem. Dit resulteerde in een gezamenlijke opdracht van RIZA, RIVM en Alterra aan TNO. Het onderzoek heeft gridkaarten van 250 x 250 meter opgeleverd voor onder meer de dikte en de gesommeerde kD- en c-waarden van het topsysteem. Deze gegevens komen vrij beschikbaar en zullen dit jaar op internet worden geplaatst (geodesk.girs.wau.nl/stone/stone.htm).

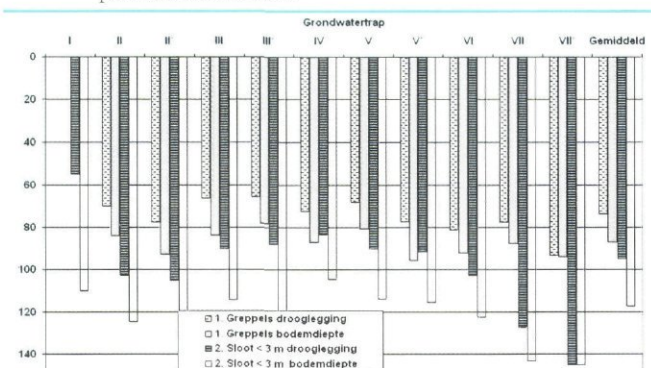
Bij het vaststellen van de ontwateringsbasis in Noord-Brabant¹¹⁾ is, naast de bodemdiepte en waterdiepte, ook het profiel van de waterloop opgemeten. De bodembreedte blijkt weinig te variëren binnen de klasse van waterlopen (tabel 2). Voor het talud blijkt een relatie met de bodem te bestaan.

Gesloten ontwateringsmiddelen

In Nederland is horizontale buisdrainage veruit de meest voorkomende vorm. Landsdekkende digitale bestanden zijn echter niet beschikbaar voor ligging en diepte van buisdrainage. Voor veel hydrologische studies is dat een ernstige handicap. Daarom zijn pogingen ondernomen om toch een redelijke indruk te krijgen van ligging en diepte.

Kleibouwlanden zijn grotendeels gedraineerd, terwijl in laagveengebieden praktisch

Afb. 2: Drooglegging (bij GHG-situatie) en bodemdiepte voor greppels en waterlopen smaller dan drie meter.



Afb. 3: Vergelijking tussen drainagevlakken uit veldinventarisatie en drainage-toekenning op basis van de statistische methode.



geen drainage wordt toegepast door de ondiepe ontwatering in combinatie met de grote kans op verzakking van de drainbuizen. Voor de zandgronden ligt de aanwezigheid van drainage minder duidelijk. De keuze voor aanleg van drainage is afhankelijk van de bodemeigenschappen, mate van wateroverlast en antropogene factoren (bijvoorbeeld recente uitgevoerde ruilverkaveling waarbij subsidie wordt verleend).

De draandiepte is gerelateerd aan bodemgebruik en bodemtype. Voor STONE zijn de volgende draandiepten gehanteerd:

- droogmakerijen 120 cm-mv
- zeekleigebied (bouwland) 110 cm-mv
- gras 80 cm-mv
- bouwland 100 cm-mv

De drainageweerstand is te ontlenen aan het drainagecriterium bij gegeven draandiepte (ontwateringsdiepte van 30 en 50 cm en afvoer van zeven millimeter per dag voor respectievelijk gras- en bouwland)

Voor het onderzoek in Noord-Brabant is een methode ontwikkeld om een gebiedsdekkende kaart voor buisdrainage te maken¹⁰⁾. Hiervoor zijn voor het zandgebied 15 gebieden, ter grootte van circa 1000 hectare, verspreid over de provincie, geselecteerd en gebiedsdekkend geïnventariseerd. De gegevens zijn verza-

meld middels veldinventarisatie en enquêtes. De geïnventariseerde gegevens zijn gebruikt om relaties te leggen met de bodemeigenschappen en grondwatertrap (oude Gt) in het zandgebied. Vervolgens is deze relatie gebruikt om gebiedsdekkende kaarten te produceren. Bij de toekenning van buisdrainage zijn grotere kavels zwaarder gewogen dan kleinere, vanuit de idee dat men de keuze heeft tussen greppels en buisdrainage. Greppels staan op de kaart en geven aanleiding tot kleine percelen, terwijl bij aanleg van buisdrainage greppels worden dichtgegooid hetgeen leidt tot grotere percelen. Afbeelding 3 geeft een illustratie van dit proces.

Met deze relaties is vervolgens een kaart gemaakt voor het gehele zandgebied. Deze kaart geeft dus niet aan waar de drains werkelijk liggen, maar waar ze met een zekere waarschijnlijkheid liggen. Ze zijn dus alleen bruikbaar op regionale schaal en onbruikbaar om bijvoorbeeld schadeberekeningen mee te onderbouwen.

Conclusies

De ontwatering kan momenteel dus goed in beeld worden gebracht, maar om het beeld scherp te krijgen is en blijft aanvullende veldinformatie noodzakelijk.

- Met gerichte opnamen in het veld is een koppeling te maken tussen de classificatie

van waterlopen in het top10-vectorbestand en de geometrie en ontwateringsbasis per klasse.

- Voor specifieke regionale situaties voldoen de landsdekkende bestanden niet.
- Veldwerk in combinatie met statistische technieken en expertise bieden mogelijkheden de buisdrainage in beeld te brengen.

Alterra zet de komende jaren het onderzoek voort, waarbij het speciale aandacht besteedt aan het maaiveld als ‘ontwateringsmiddel’.

LITERATUUR

- 1) Ad hoc Werkgroep Consensus Hydrologie (2002). De parameterisatie van de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater voor landelijke en regionale grondwatermodellering. *Stromingen* 8 (2): 5-9.
- 2) Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (1986). Verklarende hydrologische woordenlijst. Rapporten en nota's no 16.
- 3) Finke P., M. Bierkens, D. Brus, J. van der Gaast, T. Hoogland, M. Knotters en F. de Vries (2002). Klimaatrepresentatieve grondwaterdynamiek in waterschap De Dommel. Rapport 381. Alterra.
- 4) Gaast J. van der, en J. van Bakel (1997). Differentiatie van waterlopen ten behoeve van het bestrijdingsmiddelenbeleid in Nederland. Rapport 526. SC-DLO.
- 5) Groenendijk P. van, J. de Lange en K. Kovar (2002). Modelconcepten voor de interactie tussen verzadigd grondwater en oppervlaktewater. *Stromingen* 8 (2): 11-28.
- 6) Kroon T., P. Finke, I. Peereboom en A. van Beusen (2001). Redesign Stone. De nieuwe schematisatie voor Stone; de ruimtelijke indeling en toekenning van de hydrologische en bodemchemische parameters. Rapport 2001.017. RIZA.
- 7) Massop H. en P. de Wit (1994). Hydrologisch onderzoek naar drainageweerstanden van het tertiair ontwateringssysteem in Oost-Gelderland. Rapport 373. SC-DLO.
- 8) Massop H., L. Stuyt, J. van Bakel, J. Bouwmans en H. Prak (1997). Invloed van de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Leidraad voor kwantificering van de effecten van veranderingen in de oppervlaktewaterstand. Rapport 420.1. SC-DLO.
- 9) Massop H., T. Kroon, J. van Bakel, W. de Lange, M. Passtoors en J. Huygen (2000). Hydrologie voor Stone; Schematisatie en parameterisatie. Alterra, RIZA en RIVM. Alterra-rapport 038. Reeks Milieuplanbureau 9.
- 10) Massop H. (2001). Drainagekaart Noord-Brabant. Toekenning van buisdrainage gebaseerd op statistische kenmerken uit veldonderzoek in een beperkt aantal proefgebieden, aangevuld met gebiedsdekkende inventarisaties en expert kennis. Technisch document. Alterra.
- 11) Massop H. en J. te Beest (2001). Informatie-inwinning oppervlaktewaterstelsel. Kenmerken van het tertiair ontwateringsstelsel in Noord-Brabant. Technisch document. Alterra.
- 12) Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2001). Waterbeleid voor de 21e eeuw. Geef water de ruimte en aandacht die het verdient. Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw.

Tabel 1: Drooglegging (cm) per waterloopklasse, voor combinaties van twee hydrotypen en zeven Gt's, zoals gebruikt in het modelleninstrumentarium STONE.

hydrotype	waterloop	Gt						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
dekzand profiel	greppels sloten smaller dan drie meter	40	50	55	50	50	65	110
	sloten breder dan drie meter	40	50	60	60	70	95	110
Nuenengroep profiel	greppels sloten smaller dan drie meter	100	100	100	120	140	140	160
	greppels sloten smaller dan drie meter	40	40	60	55	60	75	75
	sloten breder dan drie meter	40	40	80	85	70	90	110
	sloten breder dan drie meter	100	100	100	120	140	140	160

Tabel 2: Bodembreedte (in cm) en talud (-) op basis van landschapsregio, zoals afgeleid uit veldonderzoek in Noord-Brabant.

landschapsregio	greppels en droogvallende waterlopen		waterlopen smaller dan drie meter	
	bodembreedte	talud	bodembreedte	talud
beekdalen	55	0,83	90	1,03
rivierkleigebied	60	0,78	90	0,78
zandgebied	50	0,92	100	1,05
zeekleigebied	55	0,93	90	0,99