
Is grondwaterberging beter te benutten om afvoeren te verminderen?

E.P. Querner

Bij het bestrijden van wateroverlast wordt veel waarde gehecht aan het benutten van het grondwater om wateroverlast te beperken. In dit artikel wordt aan de hand van enkele berekeningen aangetoond dat het benutten van méér grondwaterberging een beperkte vermindering van piekafvoeren tot gevolg heeft.

Inleiding

Na de wateroverlast in het najaar van 1998 is de discussie omtrent het functioneren van de waterhuishouding in Nederland in alle hevigheid losgebarsten. Nota's zijn verschenen om de wateroverlast te omschrijven (V&W, 1999 en Commissie Waterbeheer 21e eeuw, 2000) en mogelijke oplossingen zijn aangedragen. Ook de term sponswerking is geïntroduceerd. De sponswerking van het grondwatersysteem moet beter benut worden, zodat er bij extreme regenval de afvoer meer beheersbaar verloopt. De vraag hierbij is hoe effectief zal dit zijn. Als er meer water in de grond geborgen moet worden, zullen voor een periode met hevige regenval de grondwaterstanden laag moeten wezen, en daarnaast moet de uitstroming van grondwater beperkt worden. Door deze lagere grondwaterstanden is er kans op te droge omstandigheden in de zomer.

Sinds de jaren vijftig is de waterhuishouding in Nederland sterk verbeterd. Extreem natte jaren zoals 1965 en 1966 waren een stimulans om juist de natte omstandigheden te beperken. In ruilverkavelingen is met name het ontwateringsniveau verlaagd en daarnaast zijn de knelpunten in de afwatering aangepakt. Veel waterlopen zijn daardoor verbreed, verdiept en rechtgetrokken. De waterpeilen zijn naar beneden bijgesteld. Deze maatregelen leidden tot een snellere afvoer van overtollig water. Na de natte jaren zestig waren de jaren zeventig en tachtig iets 'droger'. In die periode is door grootschalige stadsuitbreidingen er meer verhard oppervlak gekomen, hierdoor treedt er ook een toename in de afvoer op. Er was door de drogere omstandigheden geen noodzaak om op extreem natte situaties te reageren. Deze situatie heeft er toe bijgedragen dat de hevige regenval in met name '93, '94 en '98 tot ernstige overlast in verschillende delen van Nederland heeft geleid.

In het proces van neerslag tot afvoer speelt de berging van water in de grond een belangrijke rol. De bergingscapaciteit bepaalt met name de afvoer (respons) van een gebied. Minder berging in de grond leidt tot een snellere afvoer en een grotere kans op wateroverlast.

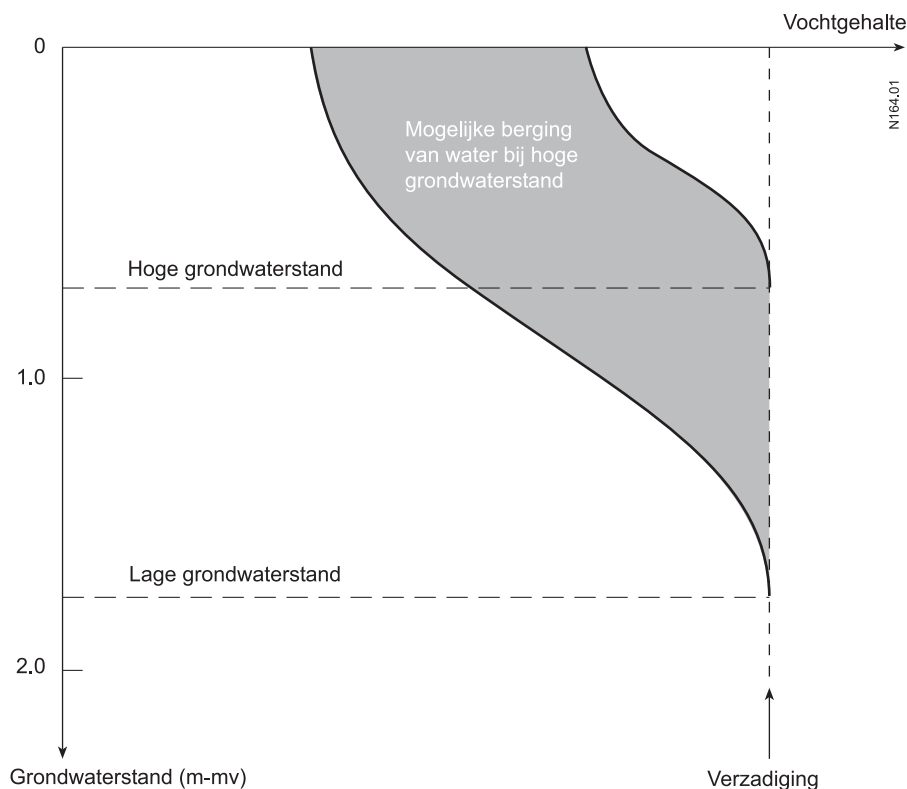
E.P. Querner is werkzaam bij Alterra, Postbus 47, 6700 AC Wageningen,
e-mail: e.p.querter@alterra.wag-ur.nl.

Een regenbui van 50–75 mm/d is in Nederland niet ongebruikelijk, de maximale afvoer naar het oppervlaktewater daarentegen is ongeveer 15–20 mm/d. De berging van water in de grond speelt dus een belangrijke rol in het neerslag-afvoerproces.

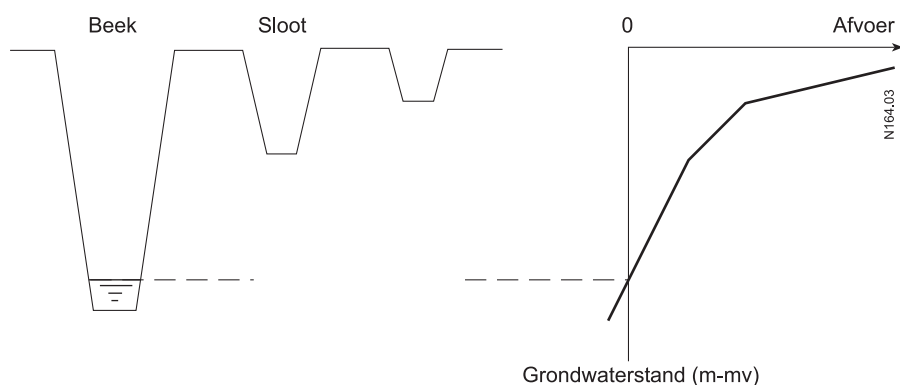
In dit artikel wordt ingegaan op de mogelijkheden van grondwaterberging. Met het model SIMFLOW zijn berekeningen uitgevoerd voor drie fysisch-geografische regio's: de hogere zandgronden, een kleigebied en een veengebied. Resultaten van de berekeningen worden gepresenteerd voor de periode 1951 tot 2000 en meer in detail voor het jaar 1998, een jaar met veel wateroverlast. Tot slot worden enkele conclusies getrokken.

Grondwaterberging en afvoer

De berging van water in de grond wordt hoofdzakelijk bepaald door de grondwaterstand. De grondwaterstand hangt af van een aantal factoren, zoals: bodemtype, ontwatering, het aantal sloten, de neerslag en verdamping in de voorafgaande periode (1 tot 2 weken). Zodoende is het een niet gemakkelijk te berekenen grootheid. De waterberging in de grond is weergegeven in figuur 1. Een hoge grondwaterstand geeft weinig mogelijkheid om water te bergen: al heel snel is het gehele profiel verzadigd. Bij lage grondwaterstanden is het mogelijk om veel vocht in de bodem te bergen (figuur 1). Grondwaterstanden zijn in het algemeen in de winter hoog en in de zomer laag. De mogelijkheid om water in de winter te bergen is zodoende beperkter dan in de zomer. Dit blijkt ook uit de praktijk. Een korte hevige bui van 75 mm in een droge zomer geeft in het landelijk gebied nagenoeg geen overlast. Valt zo'n bui in een natte periode en in de winter met nagenoeg geen verdamping, dan veroorzaakt dit zeker overlast.



Figuur 1: Berging van vocht in de bodem: bij een hoge en een lage grondwaterstand.



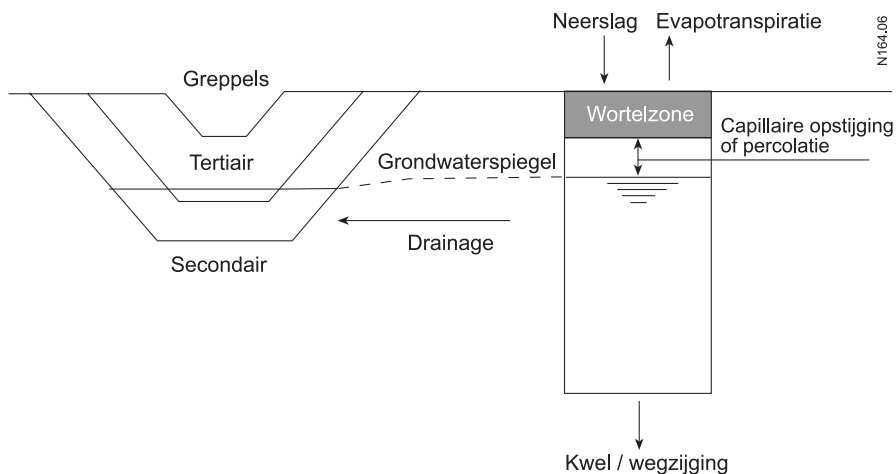
Figuur 2: Schematische voorstelling van de relatie tussen grondwaterstanddiepte en de drainage naar de ontwateringsmiddelen.

De afvoer in een waterloop is primair afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. Hoeveel neerslag er heel snel in de waterloop komt, hangt af van de oppervlakkige afstroming, de bergingscapaciteit van de grond en de drainage. De optredende afvoer, ofwel de kans op een zekere afvoer, zal over het jaar niet gelijk zijn. Immers in het voorjaar zijn de grondwaterstanden nog hoog en is er een geringe bergingscapaciteit aanwezig. In de zomer zijn de grondwaterstanden veel lager en zal er van de gevallen neerslag een kleinere hoeveelheid direct tot afvoer komen. Een schematische voorstelling van de drainage is weergegeven in figuur 2. Bij hogere grondwaterstanden neemt het aantal waterlopen dat kan afvoeren toe, zodat snel veel water tot afvoer komt. De drainagekarakteristiek hangt in grote mate af van het aantal waterlopen, de dimensies, de doorlatendheid en de bodemhoogte.

Het model SIMFLOW

Voor het beschrijven van de grondwaterstroming in de onverzadigde zone en het grondwater lokaal is gebruik gemaakt van het model SIMFLOW. Dit model is het onderdeel (module) voor de onverzadigde zone uit het model SIMGRO (Querner en Van Bakel, 1989). In het model is de interactie tussen het grondwater en oppervlaktewater van belang, zoals in figuur 3 is weergegeven.

Voor de berekening van het vochttransport in de onverzadigde zone worden twee reservoirs gemodelleerd: één voor de wortelzone en één voor de ondergrond. Hierbij is de ondergrond gedefinieerd als het profiel tussen wortelzone en freatisch vlak volgens het schema in figuur 3. De beschouwde wortelzone heeft een vochtbergend vermogen dat wordt bepaald door de dikte en de vocht karakteristiek van het bodemmateriaal. Neerslag, beregning, verdamping, capillaire flux en percolatie leiden tot toevoeging aan of onttrekking uit dit systeem. Als de vochtvoorraad in de wortelzone behorende bij het evenwichtsprofiel wordt overschreden, zal het overtollige vocht als percolatie naar de ondergrond gaan. Dit is de grondwateraanvulling voor de verzadigde zone. Als er minder vocht dan behorende bij het evenwichtsprofiel in de wortelzone aanwezig is, zal er een capillaire flux optreden. Het vochttransport in de onverzadigde zone wordt op een pseudo-stationaire wijze benaderd, dat wil zeggen volgens een opeenvolging van stationaire situaties. In het algemeen worden tijdstappen gebruikt van 1 dag. Voor het berekenen van de onverzadigde grondwaterstroming kunnen per deelgebied verschillende bodemgebruiksvormen worden ingevoerd.



Figuur 3: Het ééndimensionale model SIMFLOW (onverzadigde en verzadigde zone met daarbij de ontwateringsystemen).

Het oppervlaktewater binnen het te modelleren gebied, in werkelijkheid een groot aantal leidingen, wordt gemodelleerd met één oppervlaktewaterpeil. Het waterpeil kan in de tijd veranderen, zoals voor de zomer- en winterperiode. Er wordt geen rekening gehouden met op- en terugstuwning in de waterlopen. Wel kan er rekening mee worden gehouden dat er geen wateraanvoer mogelijk is (geen infiltratie mogelijk).

Voor het berekenen van de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater zijn in het algemeen drie typen ontwateringsmiddelen te onderscheiden: greppels, sloten (tertiair systeem) en de grotere waterlopen (secundair systeem). Voor elk van deze systemen wordt de drainage berekend met de formule van Ernst (Ernst, 1978).

Resultaten berekeningen periode 1950–2000

Met het model SIMFLOW zijn berekeningen uitgevoerd voor drie fysisch-geografische regio's; de hoge zandgronden, een kleigebied en een veengebied. De gegevens voor de berekeningen zijn samengevat in tabel 1. Voor de zandgrond wordt bij de berekeningen voor natte jaren een Gt IV gevonden en in droge jaren een Gt VI. In de zomer zakt de grondwaterstand soms beneden de 1,2 m, dat is op de overgang tussen een Gt IV en een Gt VI.

Grondwaterberging

Hoeveel water kan de grond bergen? Dit hangt niet alleen van het jaargetijde en de grondwaterstand af, maar ook van het type grond en het bodemgebruik (bijvoorbeeld grasland, akkerbouw of bos). Een zandgrond zal meer water kunnen bergen dan een kleigrond (uitgaande van dezelfde grondwaterstand). Veengronden kunnen nog meer water bergen, maar omdat daar meestal al hoge grondwaterstanden heersen, is dit *méér* relatief. In tabel 2 is voor een zand-, klei- en veengrond de mogelijke berging van vocht weergegeven. De bodemopbouw is gekozen op basis van de gegeneraliseerde bodemeenheden van Nederland (Wösten e.a., 1994). De resultaten zijn gebaseerd op berekeningen voor de periode 1951–2000 met weersgegevens van De Bilt. Uit tabel 2 blijkt dat bij grondwaterstanden van 1,5 m ongeveer twee keer zo veel kan worden geborgen in het profiel dan bij 1,0 m en bijna tien

Tabel 1: Gegevens voor drie fysisch-geografische regio's gebruikt bij de berekeningen met het model SIMFLOW.

Omschrijving	Fysisch-geografische regio's		
	Hogere zandgronden	Kleigebied	Veengebied
Grondwatertrap	IV/VI	VI	III
Bodemgebruik (%)			
Gras	65	15	100
Mais	20	5	
Akkerbouw	15	80	
Zomerpeil (m -mv)	1,0	1,20	0,45
Winterpeil (m -mv)	1,2	1,45	0,45
Drainageweerstand (d)			
Secundair	750	1200	200
Tertiair	200	100	90
Diepte sloten (m)			
Secundair	1,4	1,6	1,0
Tertiair	0,8	0,8	0,2

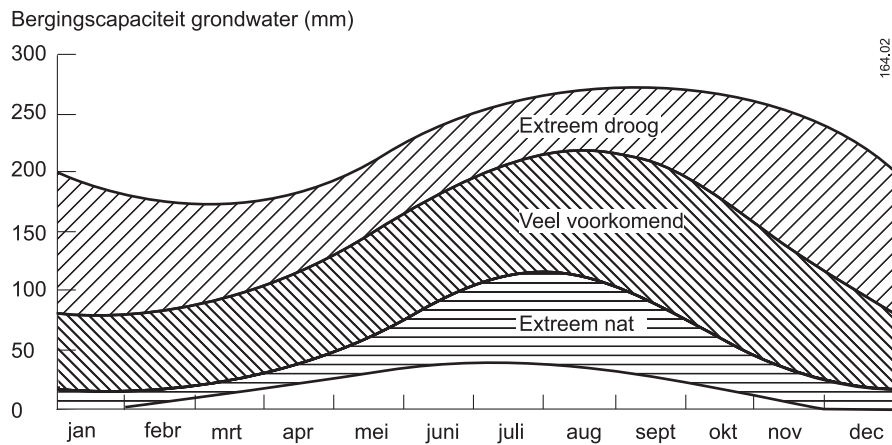
Tabel 2: Mogelijke berging van vocht in de bodem bij drie grondwaterstanden voor zand, klei en veen (voor overige uitgangspunten berekeningen zie tekst).

Grondwaterstand	Zand	Klei	Veen
(m -mv)	(mm)	(mm)	(mm)
0,5	15-35	5-25	25-45
1,0	105-115	45-55	75-140
1,5	180-220	80-120	150-250

keer zo veel als bij 0,5 m.

De waterberging in de grond hangt sterk af van de weersomstandigheden in de daarvoor gelegen periode: was die periode droog met veel verdamping (zomer) of nat met weinig verdamping? Om inzicht te krijgen in mogelijke berging gedurende het jaar zijn berekeningen uitgevoerd met een zandgrond en een grondwatertrap IV/VI (zie tabel 1 voor randvoorwaarden van de berekening). Figuur 4 geeft een beeld van de bergingscapaciteit over het jaar. Er is hierbij een onderverdeling gemaakt in veel voorkomende situaties en daarnaast extreem natte en extreem droge situaties. De grote verschillen in bergingscapaciteit zijn het gevolg van het grillige karakter van ons weer. Enkele algemene conclusies uit figuur 4 zijn:

- In de maanden januari tot en met maart bedraagt de mogelijke berging ten hoogste 60 mm, maar meestal varieert het tussen de 10 tot 40 mm;
- In de zomer loopt de te bergen hoeveelheid op tot circa 220 mm (zeer droge periode), maar deze kan in natte zomers ook aanmerkelijk lager uitvallen: 20-40 mm.



Figuur 4: Beschikbare berging in de grond gedurende 1951–2000 voor de hogere zandgronden.

In tabel 3 is per maand en voor drie herhalings tijden de minimale beschikbare bergingscapaciteit weergegeven. In juli geeft dit eens per 2 jaar een mogelijke beschikbare berging van 108 mm. Eens per 10 jaar neemt dit af tot 49 mm (tabel 3). Van augustus naar september neemt de beschikbare berging bij een herhalings tijd van 10 jaar sterk af en is de kans op wateroverlast groot. In oktober bedraagt de berging voor 2 en 10 jaar herhalings tijd respectievelijk 101 en 14 mm en is het verschil zeer groot.

Tabel 3: Minimale beschikbare berging van water in een zandgrond.

Maand	Berging bij herhalingsperiode (mm)		
	2 jaar	5 jaar	10 jaar
Januari	19	9	8
Februari	28	14	6
Maart	33	20	14
April	42	28	23
Mei	63	45	38
Juni	91	51	32
Juli	108	77	49
Augustus	120	71	48
September	118	53	14
Oktober	101	23	14
November	41	12	10
December	26	9	2

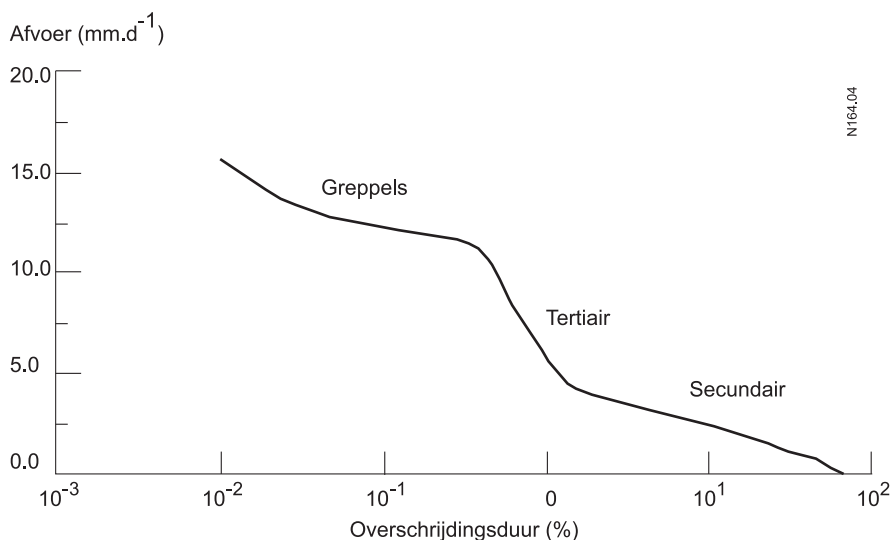
Tabel 4: Specifieke afvoer (mm/d) voor drie fysisch geografische regio's en drie overschrijdingsfrequenties (weersgegevens 1951–2000).

	15 keer/jaar	1 keer/jaar	1 keer/10 jaar
Zand	3,0	11,4	13,8
Klei	4,0	13,8	17,2
Veen	6,9	10,7	14,0

Afvoer

In tabel 4 is de afvoer weergegeven voor een frequentie van 15 keer per jaar, 1 keer per jaar en eens per 10 jaar. Uit tabel 4 blijkt dat het bodemtype en de drainagekarakteristieken invloed hebben op de afvoer. Ondanks de meestal hoge grondwaterstanden in een veengebied geeft het kleigebied de hoogste afvoer.

In figuur 5 is de overschrijdingsfrequentie van de afvoer weergegeven voor de hogere zandgronden, waarbij de overschrijding (x-as) logaritmisch is uitgezet. Bij deze manier van weergegeven ontstaan er min of meer rechte lijnstukken. De plaats van de knikken is afhankelijk van de drainagekarakteristiek (de diepte van de sloten zoals weergegeven in figuur 2). Door Blaauw (1962) werd verondersteld dat de overschrijdingsfrequentie van de afvoer wordt weergegeven door een rechte lijn.



Figuur 5: Overschrijdingsfrequentie van de afvoer voor de hogere zandgronden (weersgegevens 1951–2000).

Een analyse is gemaakt van de afvoer verdeeld over 3 maandelijkse perioden. Hierbij is gekeken naar de 7-daagse som van neerslag voorafgaande aan de piekafvoer en de begingrondwaterstand, ook 7 dagen voor de piek (tabel 5). De resultaten in tabel 5 zijn voor de hogere zandgronden. Het zijn de gemiddelde waarden voor een aantal gebeurtenissen boven een drempelwaarde zoals in tabel 5 is aangegeven. Van maart tot en met mei zijn er maar drie dagen dat de piekafvoer boven de 9 mm/d uitkomt (weersgegevens 1951–2000), maar dan is de afvoer steeds boven de 11 mm/d. Voor juni tot en met augustus is een drempelwaarde van 5 mm genomen, maar dan zijn de piekafvoeren allemaal boven de 8 mm/d. In de periode september tot en met februari treden er veel meer extreme afvoeren op en is de drempelwaarde hoger genomen (zie tabel 5). De grondwaterstand, 1 week voor de piekafvoer, varieert over het jaar: gemiddeld circa 0,5 m –mv in de herfst en winter, circa 0,7 m –mv in het voorjaar en 0,85 m –mv in de zomer. De grondwaterstand in het voorjaar is iets lager dan in de herfst of winter maar de som van de neerslag is in het voorjaar hoger. De meeste hoge afvoeren komen voor in de periode september tot maart.

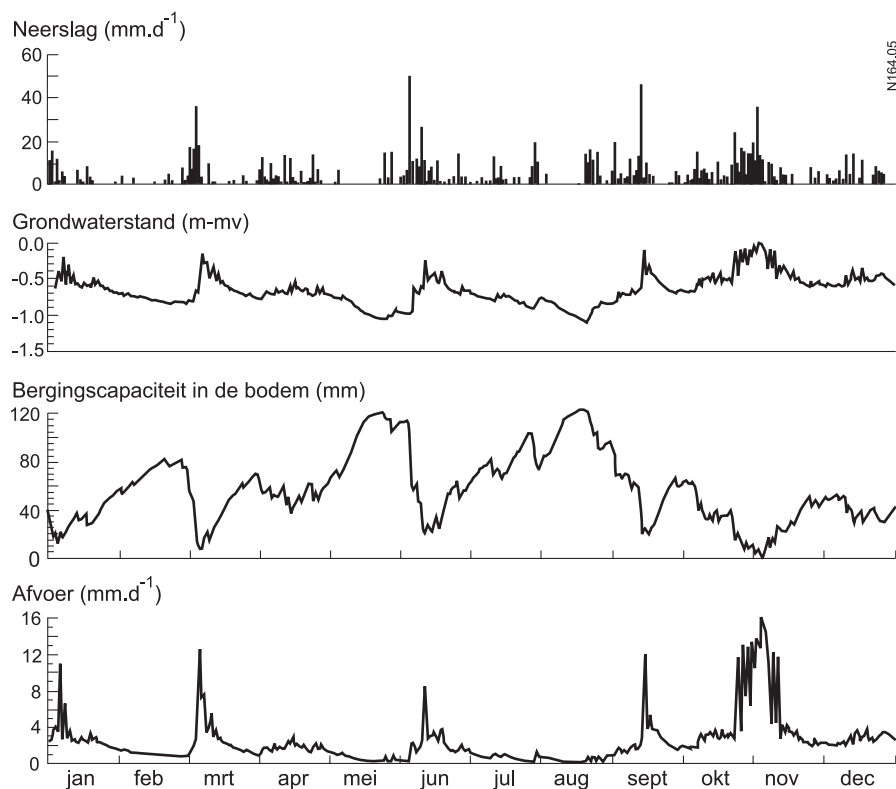
Tabel 5: Karakteristieke situatie voor een zandgrond met de extreme afvoeren, gekenmerkt door som van neerslag en de begin grondwaterstand (weersgegevens 1951–2000).

	Maart - Mei	Juni - Aug	Sept - Nov	Dec - Feb
Piekafvoer (mm/d)	12,1	9,4	11,7	11,9
Som van neerslag over 1 week voor piekafvoer (mm)	87	95	67	60
Grondwaterstand 1 week voor de piekafvoer (m-mv)	0,71	0,86	0,53	0,52
Drempelwaarde afvoer (mm/d)	9 (11)*	5 (8)	10	11
Aantal piekafvoeren	3	3	17	23

* drempelwaarde 9 mm/d, maar afvoeren allemaal groter dan 11 mm/d.

Grondwaterberging en afvoer in 1998

Het jaar 1998 is een nat jaar geweest met een aantal perioden waarin veel neerslag is gevallen. Voor dat jaar geeft figuur 6 een beeld van de neerslag, grondwaterstand, het verloop van de beschikbare berging in de grond en de afvoer. Eind februari valt er circa 98 mm in één week, daarna in juni circa 117 mm in één week. Door de neerslag van 48 mm op één dag in juni, neemt de berging af van 96 mm tot 44 mm. De maximale afvoer naar het oppervlaktewater hierbij is maar 2,0 mm/d. Een paar dagen later valt er 26 mm, maar dan is de afvoer aanmerkelijk hoger (8,2 mm/d). In september valt er een bui van 44 mm in een natte periode. Dan neemt de berging af van 42 mm tot 9 mm en de afvoer naar het oppervlaktewater is 11,6 mm/d. Eind oktober is er nog een extreem natte periode met een totale



Figuur 6: Verloop van neerslag, grondwaterstand, beschikbare berging in de grond en afvoer in het jaar 1998.

neerslag van circa 191 mm in twee weken en in die periode is de hoogste afvoer 15,5 mm/d.

De analyse van de nattere situaties in de verschillende seizoenen geeft een goed beeld van de reductie in het neerslag–afvoerproces. Door de vele neerslag verspreid over het jaar was de beschikbare berging gering. De kans op wateroverlast in zo'n jaar is groot.

Benutten grondwaterberging

Hoe effectief kan het grondwatersysteem worden gebruikt om extreme afvoeren te verminderen? Om grondwaterberging zo goed mogelijk te benutten, is een lage grondwaterstand in droge perioden nodig. Daarbij hoort een diepe ontwatering. In natte perioden moet de grondwaterstand zo hoog mogelijk kunnen stijgen, dus moet de drainage beperkt blijven. Deze situatie is getoetst voor het zandprofiel (zie tabel 1). De ontwatering is verdiept tot 1,5 m en de tertiaire waterlopen zijn ondieper gemaakt en wel van 0,8 naar 0,4 m diep. De jaarlijks optredende maximale afvoer neemt circa 14% af (van 11,4 uit tabel 4 naar 9,8 mm/d). De piekafvoer die eens in de 10 jaar optreedt, neemt maar 9% af (13,8 naar 12,6 mm/d). Het bovendien dempen van twee derde deel van de tertiaire waterlopen geeft een afname in de piekafvoeren van circa 18% voor 1 keer per jaar en circa 10% voor 1 keer per 10 jaar.

Een diepere ontwatering heeft alleen een gering effect op de piekafvoeren, evenwel in combinatie met het dempen van sloten is de afname van 10–15% mogelijk. Om een vermindering van de afvoer te realiseren zijn extreme maatregelen nodig. Hierdoor treden ook andere effecten op, zoals te droge omstandigheden in de zomer of te natte in de winter. In deze analyses is de berging van water in het oppervlaktewater buiten beschouwing gebleven. In de praktijk zal een combinatie van maatregelen die water in het oppervlaktewater en grondwater bergen effectiever zijn, zoals debietbegrenzing (Grontmij, 2000). Om wateroverlast en verdroging te bestrijden, is retentie van oppervlaktewater nodig (bijvoorbeeld hermeanderen).

Conclusies

Het proces van neerslag tot afvoer is een complex proces, waarbij vele factoren een rol spelen. Bovendien varieert de beschikbare bergingscapaciteit over het jaar sterk. Van januari tot en met maart bedraagt de mogelijke berging meestal tussen de 10 tot 40 mm. In de zomer loopt de te bergen hoeveelheid op tot wel 200 mm, maar kan in natte zomers ook aanmerkelijk lager uitvallen (circa 20–40 mm). Van augustus naar september neemt de beschikbare berging sterk af en is de kans op wateroverlast groter.

Het jaar 1998 was erg nat; door de vele neerslag verspreid over het jaar, was de beschikbare berging gering. De kans op eventueel wateroverlast is in zo'n jaar dan ook groot.

Om grondwaterberging zo goed mogelijk te benutten, moet de grondwaterstand in droge perioden laag zijn, daarbij hoort dus een diepe ontwatering. Door de drainage te beperken, zal in natte perioden de grondwaterstand zo hoog mogelijk kunnen stijgen. Een diepere ontwatering alleen heeft een gering effect op de piekafvoeren, maar in combinatie met het dempen van sloten is een afname van 10–15% mogelijk. De sponswerking vergroten is mogelijk, maar rigoureuze maatregelen zijn nodig om piekafvoeren te verminderen.

Literatuur

- Blaauw, H. (1962)** Afvoernormen; in: *Cultuurtechnisch Tijdschrift*, jrg 2, nr 2, pag 102–111.
- Commissie Waterbeheer 21e eeuw (2000)** Waterbeleid voor de 21e eeuw: Geef water de ruimte en de aandacht die het verdient; Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw, Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Ernst, L.F. (1978)** Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables; in: *Journal of Hydrology*, vol 39, pag 1–50.
- Grontmij (2000)** Karakteristieke respons van regionale systemen; Commissie Waterbeheer 21ste eeuw, thema 6, Grontmij en Alterra, Houten.
- Querner, E.P. en P.J.T. van Bakel (1989)** Description of the regional groundwater flow model SIMGRO; Rapport 7, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- V&W (1999)** Aanpak Wateroverlast, deel I-III; IPO, Unie van Waterschappen en Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Vries, F. de en C. van Wallenburg (1990)** Met de nieuwe grondwatertrappenindeling meer zicht op het grondwater; in: *Landinrichting*, jrg 30, nr 1, pag 31–36.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving (1994)** Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks; Technisch Document 18, Alterra, Wageningen.