

P. J. T. VAN BAKEL

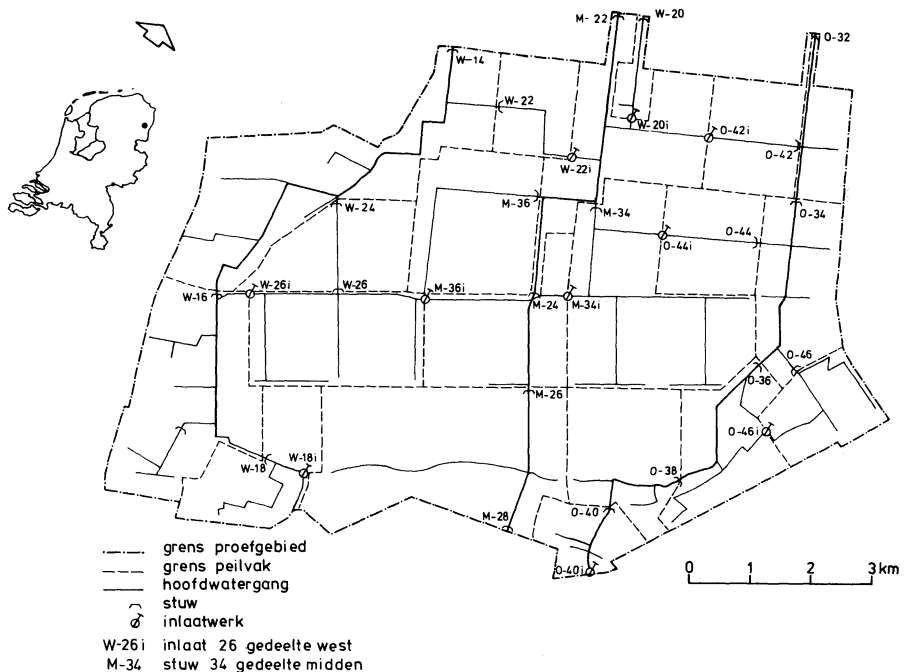
Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen

Invloed van afvoeren tijdens dooiperiodes en in de zomer op ontwerp en onderhoud van watergangen

Inleiding ^{*)}

Meestal worden afwateringsstelsels ontworpen door maatgevende neerslagdichtheden in de winterperiode om te zetten naar maatgevende afvoerdichtheden. Als maatgevende afvoerdichtheid wordt de afvoer genomen die gemiddeld eenmaal per winterhalfjaar optreedt (*Werkgroep Afvoerberekeningen*, 1979).

Tot nu toe is onvoldoende onderzocht of andere hydrologische verschijnselen aanleiding kunnen geven tot andere ontwerpnormen. Vanuit de praktijk is bijvoorbeeld bekend dat dooiperiodes soms zeer hoge afvoeren tot gevolg kunnen hebben. In verband met het onderhoud van watergangen is het van belang of grote neerslaghoeveelheden tijdens de zomer te hoge opstuwingen in de watergangen kunnen veroorzaken, met als



Figuur 1. Overzichtsk kaart van het gebied De Monden in het waterschap De Veenmarken.

^{*)} De auteur is dank verschuldigd aan de Dienst Zuiderzeewerken van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders voor het ter beschikking stellen van de maalggegevens van de Noordoostpolder.

gevolg extra wateroverlast. Beide hydrologische verschijnselen zijn onderzocht in het kader van een studie naar optimalisering van het peilbeheer in het gebied „De Monden” in het waterschap De Veenmarken in de Drentse Veenkoloniën.

In figuur 1 is een overzicht gegeven van het onderzoeksgebied. Het 8000 ha grote gebied is ingedeeld in 20 peilvakken. Door een systeem van automatische stuwen en inlaatwerken kunnen per peilvak de open waterpeilen worden gereguleerd.

Voor het optimaliseringsonderzoek worden sinds april 1978 onder meer overstorthoogten over stuwen, grondwaterstanden en open waterpeilen gemeten. In de periode april 1978 tot en met september 1981 zijn drie situaties voorgekomen die aanleiding hebben gegeven tot hoge afvoerdichtheden, namelijk de dooiperiode in maart 1979, de natte periode in juni/juli 1980 en de neerslaggolf van begin maart 1981. Alleen de laatste periode is uit het oogpunt van ontwerptechniek als „normaal” te beschouwen. Vergelijking van de situatie in beide eerstgenoemde perioden met die van begin maart 1981 kan aanwijzingen opleveren of inderdaad alleen maatgevende neerslagdichtheden tijdens winterperioden bepalend zijn voor ontwerp en onderhoud van af- en ontwateringsstelsels.

Aangezien de onderzoeksperiode erg kort is, is tevens gebruik gemaakt van de uit maalstaten verkregen afvoercijfers van de gehele Noordoostpolder (oppervlakte 48 000 ha) van 1948 tot en met maart 1981 om de conclusies enigszins te kunnen veralgemenen.

Resultaten van veldwaarnemingen

In dit hoofdstuk zullen de voornaamste resultaten van de veldwaarnemingen per periode afzonderlijk worden weergegeven. Voor een meer uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar *Van Bakel* (1981).

Afvoeren tijdens de dooiperiode in maart 1979

Aan het begin van de dooiperiode was naar schatting 22 mm afvoerbaar water op het maaiveld aanwezig (*KNMI*, 1979). Bij veel vorst in de grond en bij snelle dooi (vooral ten gevolge van regen) komt deze hoeveelheid oppervlakkig tot afvoer, wat gepaard kan gaan met hoge afvoerdichtheden. Voor zover is na te gaan, heeft aan het begin van de dooiperiode weinig vorst in de grond gezeten. Ook de temperatuurstijging en de hoeveelheden regen waren niet extreem. Desondanks traden zeer hoge afvoeren op.

In figuur 2 zijn de hoogst gemeten afvoerdichtheden van een aantal afwateringsgebieden (bestaande uit een of meer peilvakken) op dubbellog-papier uitgezet tegen de oppervlakte van deze gebieden. Hierbij is op grond van kwelintensiteit onderscheid gemaakt in de afwateringsgebieden. Zoals uit de figuur is af te leiden, bedragen de hoogst gemeten afvoerdichtheden circa 20 mm.d^{-1} . Dit is tweemaal de voor dergelijke gebieden geldende maatgevende afvoerdichtheid van 10 mm.d^{-1} ($1,2 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$). In tegenstelling tot de verwachting geven de kwelgebieden (met relatief veel macroreliëf) niet de hoogste afvoerdichtheden. Dit kan worden verklaard uit het feit dat door de constante aanvoer van relatief warm kwelwater het water in de watergangen niet of nauwelijks bevroren is geweest, waardoor tijdens de dooiperiode geen grote stremming in de afvoer is opge-

treden. Bij gebieden zonder kwel is die stremming wel opgetreden waardoor als het ware water werd vastgehouden totdat de afvoer in de watergangen op gang kon komen. Dat inzijgingsgebieden lagere afvoerdichtheden te zien geven, is verklaarbaar uit de grotere berging. De kwel/inzijgings situatie is dus blijkbaar van wezenlijk belang voor het optreden van hoge afvoeren tijdens een dooiperiode.

Interessant is de vergelijking met afvoercijfers van de Noordoostpolder (NOP)*, waar een gemiddelde kwel van circa $1 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ optreedt. Op 2, 3, 4, 5 en 6 maart 1979 traden daar afvoerdichtheden op van respectievelijk 9,1, 14,2, 15,0, 14,0 en 9,5 $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$. Dit zijn cijfers die alleen worden geëvenaard in eind februari 1970 (eveneens dooi met veel neerslag) en begin maart 1981 (zie verderop in dit artikel). De dooiperiode van 1979 is blijkbaar vrij extreem geweest. Behalve de al eerder genoemde periode van 1970 traden in de dooiperiodes van 1951, 1959 en 1968 afvoeren op die behoren tot de 30 hoogst gemeten winterafvoerdichtheden van de NOP sinds 1948. Een aanwijzing dat – afhankelijk van de frequentie – dooiperiodes van invloed kunnen zijn op ontwerpnormen voor watergangen.

Situatie in de zomer van 1980

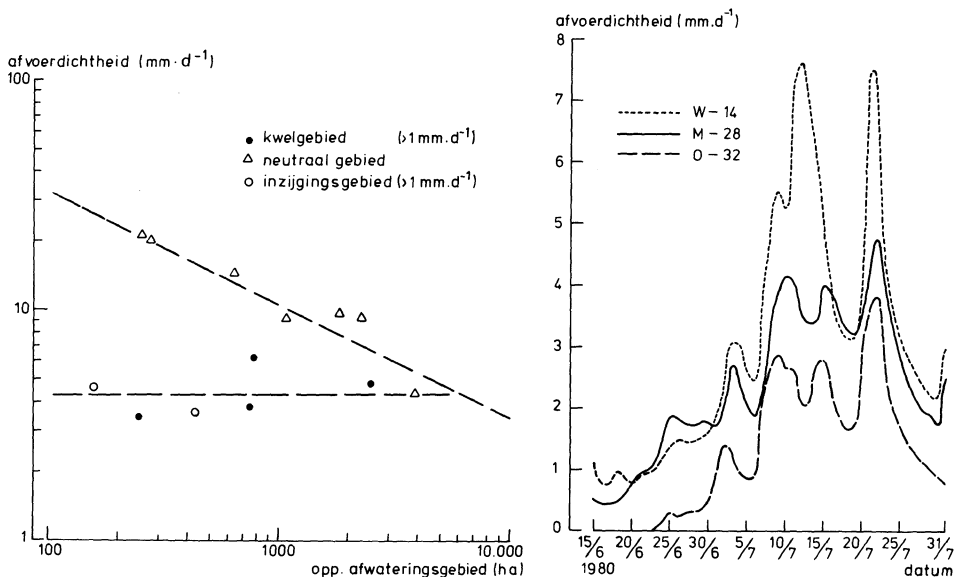
Algemeen

Het groeiseizoen van 1980 werd gekenmerkt door een droge periode tot omstreeks half

Figuur 2 (links). Relatie tussen oppervlakte afwateringsgebied en hoogst gemeten afvoerdichtheid tijdens de dooiperiode van 1979 van een aantal gebieden in De Monden. Voor de neutrale gebieden geldt dat de afvoerdichtheid omgekeerd evenredig is met de wortel uit het oppervlak.

Figuur 3. Geregistreerde afvoerdichtheden van drie afwateringsgebieden in De Monden gedurende de periode 15 juni tot en met 31 juli 1980.

W14: kwelgebied, opp. 2500 ha; M-28: gedeeltelijk kwelgebied, opp. 1050 ha; O-32: neutraal gebied, opp. 2000 ha.



juni, gevolgd door een zeer regenrijke periode van ongeveer vijf weken (KNMI, 1980). Het neerslagoverschot bedroeg van 11/6 tot 20/7 110 mm en heeft een herhalingstijd van ongeveer 50 jaar (*De Bruin, 1979*). Deze periode leent zich dan ook goed om te analyseren of grote neerslaghoeveelheden tijdens het groeiseizoen bepalend kunnen zijn voor het ontwerp en onderhoud van watergangen. Ten opzichte van een wintersituatie doen zich namelijk twee belangrijke verschillen voor:

- de begroeiing in de watergangen is meer ontwikkeld met als gevolg grotere stromingsweerstand;
- een langdurig te hoge waterstand in de watergangen remt de ontwatering, resulterend in hoge grondwaterstanden, die tijdens het groeiseizoen mogelijk nadelige gevolgen kunnen hebben voor gewasgroei en bereikbaarheid.

De analyse van de waarnemingen van de zomer van 1980 zal zich niet alleen richten op afvoerdichtheden, maar ook op opstuwingen in de watergangen en grondwaterstanden.

Afvoerdichtheden

In figuur 3 is het verloop van de afvoerdichtheden gedurende de periode 15 juni tot en met 31 juli 1980 van drie afwateringsgebieden weergegeven. Hieruit blijkt dat zelfs in een typisch kwelgebied als W-14 (2500 ha) – waar de grondwaterstanden tot aan het maaiveld stegen – de maatgevende afvoerdichtheid van 10 mm.d^{-1} niet werd gehaald. De hoogste driedaagse afvoer bedroeg 21 mm. Ook kleinere gebieden in het onderzoeksgebied bereikten over dezelfde periode geen hogere afvoerdichtheid dan 9 mm.d^{-1} . Ook in de NOP werd geen hogere waarde dan 7 mm.d^{-1} bereikt, terwijl de hoogste driedaagse som 16,4 mm bedroeg. Uit verdere bestudering van de afvoercijfers van de NOP blijkt dat hoge afvoerdichtheden in de zomer zeer zelden voorkomen. De hoogste driedaagse afvoersommen waren 20,6 mm in juli 1965 en 22,2 mm in juli 1972.

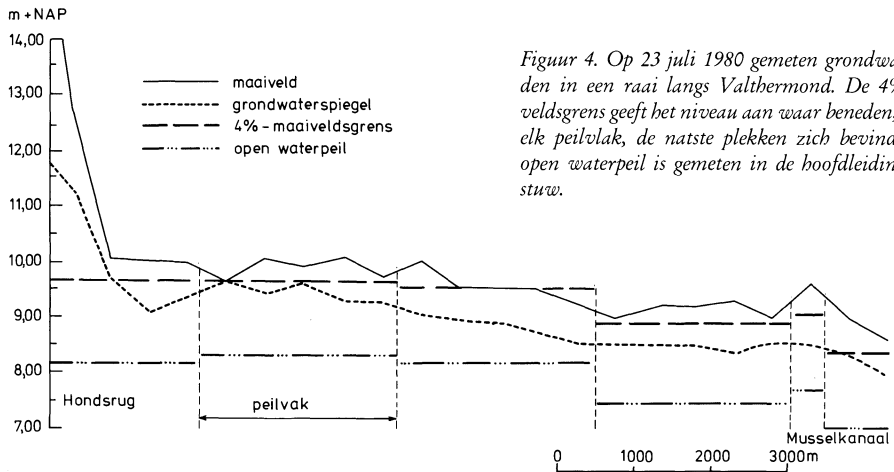
Opstuwingen

Op basis van waarnemingen van open waterpeilen in de hoofdwatertangen en in de detailontwateringssytemen in de Veenmarken kan worden geconcludeerd dat de opstuwingen in de hoofdwatertangen maximaal 7 cm per 1000 m hebben bedragen (dit is ruim beneden de bij het ontwerp gehanteerde hoogwaterlijn). Daarentegen varieerden de opstuwingen in het detailontwateringssytem (de zogenaamde plaatswijken, evenwijdig aan elkaar gelegen op circa 170 m afstand), al naar gelang de onderhoudstoestand, van circa 50 cm tot circa 5 cm per 1000 m. Hieruit blijkt hoe belangrijk onderhoud kan zijn voor een doelmatige waterafvoer.

Grondwaterstanden

In figuur 4 is het op 23 juli gemeten grondwaterstandsverloop in een raai over het proefgebied weergegeven. Volgens deze figuur heeft het water in de laagstgelegen delen van het terrein praktisch tot in het maaiveld gestaan. Langdurig te hoge grondwaterstanden kunnen tijdens het groeiseizoen schade veroorzaken aan de gewassen of kunnen bijvoorbeeld het uitvoeren van de noodzakelijke spuitwerkzaamheden tegen aardappelziekten bemoeilijken.

Een vraag van praktisch belang is of door maatregelen van waterschap en/of agrariërs de wateroverlast door langdurig te hoge grondwaterstanden verminderd had kunnen



Figuur 4. Op 23 juli 1980 gemeten grondwaterstanden in een raai langs Valtherrmond. De 4% maaiveldsgrens geeft het niveau aan waar beneden, binnen elk peilvlak, de natste plekken zich bevinden. Het open waterpeil is gemeten in de hoofdleiding bij de stuw.

worden. Daartoe is met een hierna te bespreken simulatiemodel onderzocht wat de effecten van een aantal factoren op het grondwaterstandsverloop kunnen zijn.

Model voor berekening van grondwaterstanden

Het model dat voor de berekening van grondwaterstanden in een natte periode in afhankelijkheid van neerslag- en ontwateringssituatie werd ontworpen, bevat drie onderdelen:

- *Onverzadigde zone.* Deze zone is voor te stellen als een bergings-reservoir. De reële inhoud van het reservoir is gelijk aan de hoeveelheid water die nog geborgen kan worden voordat de vochtsituatie in evenwicht is met de grondwaterstand. Bij verdamping wordt geput uit dit reservoir en neemt de inhoud van het reservoir toe. Bij neerslag wordt eerst het reservoir gevuld en stroomt het surplus naar de verzadigde zone.
- *Verzadigde zone.* De grondwaterstand die in dit modelonderdeel wordt berekend, is de resultante van de toevoer uit de onverzadigde zone en de afvoer naar het ontwateringssysteem. Deze laatste is evenredig met het stijghoogteverschil tussen grondwaterstand en open waterpeil.
- *Ontwateringssysteem.* De afvoer uit de verzadigde zone komt in het ontwateringssysteem en moet worden afgevoerd naar het afwateringssysteem. Al naar gelang de grootte van de afvoer en de onderhoudstoestand van het ontwateringsmiddel treedt een opstuwing op. Deze opstuwing wordt, naar analogie van de formule van Manning, evenredig verondersteld met het kwadraat van de afvoer.

De in de drie onderdelen optredende processen hangen onderling samen. Met behulp van een iteratieve rekenwijze kan deze onderlinge samenhang in verband worden gebracht. Als randvoorwaarden fungeren de dagelijkse neerslag-verdampingscijfers aan de bovenzijde van de onverzadigde zone en de dagelijkse open waterpeilen in het afwateringssysteem (stuwpeil). Van het hier in hoofdlijnen beschreven model is een computerprogramma beschikbaar (verkrijgbaar bij auteur).

Figuur 5 geeft een indruk van de overeenkomst tussen het met het model gesimuleerde grondwaterstandsverloop en de op een plaats in het proefgebied gemeten grondwaterstanden. De invoergegevens voor het model zijn ontleend aan de ter plekke van het

Tabel 1. Vergelijking van de SO-60 waarden (som van de overschrijdingswaarden van het grondwaterstands-niveau op 60 cm - mv), berekend voor de referentiesituatie met die van een aantal ten opzichte van de referentiesituatie gewijzigde situaties.

Nr	Verandering ten opzichte van referentiesituatie	SO-60 waarde
1	geen	393
2	ontwateringsniveau 40 cm hoger	1089
3	ontwateringsniveau 30 cm lager	0
4	drainageweerstand een kwart van de oorspronkelijke waarde (= 50 dagen)	1
5	drainageweerstand de helft van de oorspronkelijke waarde (= 100 dagen)	63
6	stuwpeil constant op 100 cm - mv	657
7	geautomatiseerd stuwpeil	260
8	onderhoudstoestand wijk zeer goed	349
9	onderhoudstoestand wijk zeer slecht	627
10	kwel 1 mm.d ⁻¹	812
11	inzijging 1 mm.d ⁻¹	29

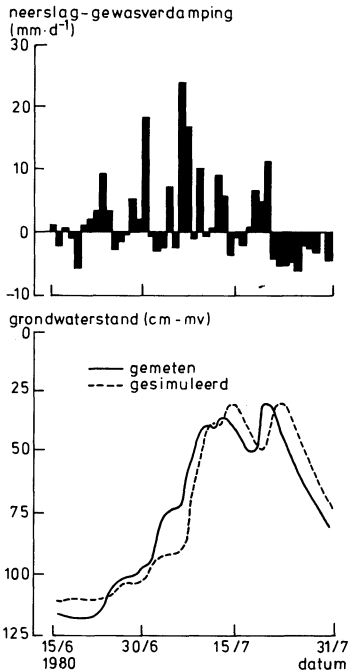
Voor de referentiesituatie zijn de volgende invoergegevens gebruikt: begin grondwaterstand, 110 cm - mv; begin wijkpeil, 110 cm - mv; drainageweerstand, 200 dagen; verloop stuwpeil, zoals uitgevoerd door het waterschap (zie fig. 6); onderhoudstoestand wijk, redelijk tot goed; kwelintensiteit, 0 mm.d⁻¹

meetpunt voorkomende hydrologische situatie. Met het model zijn de effecten van een aantal factoren onderzocht. Als maat voor het te bereiken effect werd de som van de overschrijdingen van het grondwaterstands-niveau van 60 cm - mv (SO-60 waarde) gedurende de periode 16/6 tot en met 31/7/1980 gehanteerd. Er is gekozen voor 60 cm - mv omdat een hogere grondwaterstand enerzijds problemen kan opleveren bij de berijdbaarheid en anderzijds een belemmering kan vormen voor de zuurstofvoorziening van (een gedeelte van) de wortelzone.

In tabel 1 is de berekende SO-60 waarde van de referentiesituatie vergeleken met SO-60 waarden van een aantal gevallen die ten opzichte van de referentiesituatie één wijziging hebben ondergaan.

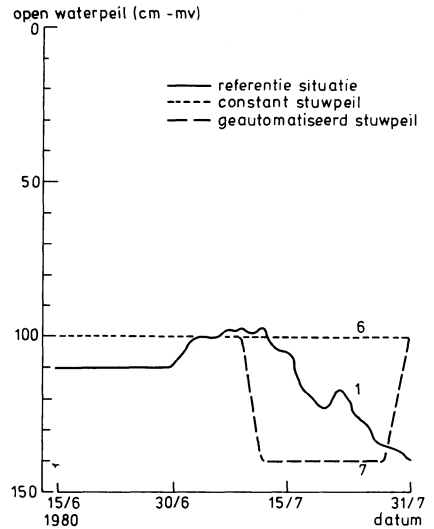
Uit de tabel zijn de volgende conclusies te trekken (de getallen geven verhoudingen aan; hoe lager hoe beter):

- de invloed van het ontwateringsniveau is zeer duidelijk (2 ten opzichte van 3). Hieruit zijn de risico's af te leiden van een hoog stuwpeil gedurende de zomer en de verschillen tussen hoog- en laaggelegen terreingedeelten;
- de drainageweerstand is van duidelijke invloed op de SO-60 waarde (4 ten opzichte van 5);
- uit vergelijking van de nummers 1, 6 en 7 blijkt de invloed van het stuwpeilbeheer. De bijbehorende stuwpeilverlopen zijn weergegeven in figuur 6. Het blijkt dat het waterschap, door snel te reageren op de actuele situatie, een bijdrage heeft geleverd aan een vermindering van de wateroverlast (1 ten opzichte van 6). Theoretisch is het mogelijk dat het stuwpeil automatisch wordt verlaagd als de grondwaterstand hoger dan bijvoorbeeld 60 cm - mv komt. Dit levert niet veel extra voordeel op (1 ten opzichte van 7);
- de invloed van wijkonderhoud is af te leiden uit het verschil tussen de nummers 8



Figuur 5 (links). Vergelijking van waargenomen en met een model gesimuleerde grondwaterstanden over de periode 15/6-1980 tot en met 31/7-1980.

Aangegeven is de som van neerslag en gewasverdamping in die periode.



Figuur 6. Weergave van de drie als randvoorwaarde in het model ingevoerde stuwpeilverlopen. De nummers corresponderen met tabel 1.

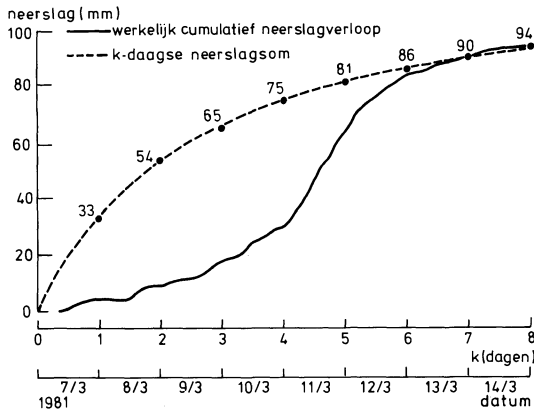
en 9. Dit is een niet te verwaarlozen effect;

- de invloed van de kwelsituatie is af te leiden uit vergelijking van de nummers 10 en 11. Het zal duidelijk zijn dat het niveau van het optimale stuwpeil in de zomer hierop dient te worden aangepast.

Neerslaggolf in maart 1981

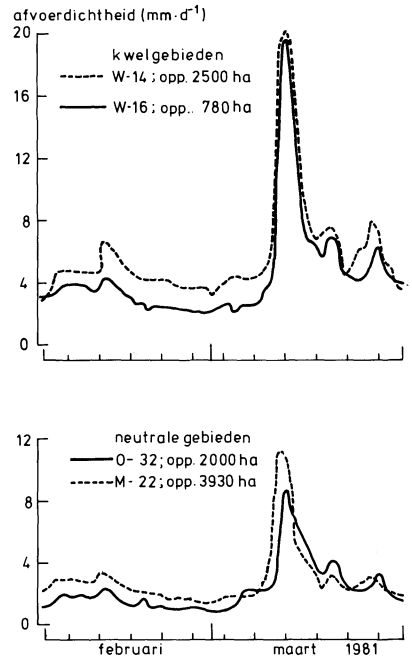
Om de afvoeren tijdens de dooiperiode van 1979 en de zomer van 1980 enigszins te kunnen vergelijken met afvoeren veroorzaakt door hoge neerslagdichtheden in een winterperiode zijn enkele resultaten weergegeven van de periode rond de 10e maart 1981. In figuur 7 zijn zowel de maximale k - daagse neerslagsommen van deze maand als het werkelijk cumulatieve verloop van de in het proefgebied gemeten neerslag van de acht natste dagen weergegeven. Vergelijking van genoemde k - daagse sommen met de frequentietabellen voor Ter Apel (KNMI, 1958) laat zien dat dergelijke neerslaghoeveelheden gedurende de winters van 1891-1953 daar nog nooit zijn voorgekomen. Vooral de vijfdaagse som is extreem en heeft naar schatting een herhalingsstijd van 50 jaar.

Dat deze extreme periode inderdaad een forse afvoerdichtheid tot gevolg heeft gehad, blijkt wel uit de afvoerlopen van vier afwateringsgebieden die in figuur 8 staan afge-



Figuur 7. Maximale k-daagse neerslagsommen en het werkelijke cumulatieve neerslagverloop gedurende de acht natste aaneengesloten dagen in maart 1981.

Figuur 8. Afvoeroverloop van vier continu geregistreerde afwateringsgebieden in De Monden gedurende februari en maart 1981.



beeld. In tegenstelling tot de dooiperiode van 1978 zijn het nu de kwelgebieden die een hoogste afvoerichtheid hebben (circa $20 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$). Ten gevolge van een stijging van het grondwater tot aan het maaiveld gecombineerd met een voldoende terreinhelling is in de kwelgebieden hoogstwaarschijnlijk oppervlakkige afvoer opgetreden. In de overige afwateringsgebieden treedt als gevolg van berging op het maaiveld, stremming van de oppervlakkige afvoer op, waardoor de hoogste afvoerichtheid niet hoger komt dan de maatgevende afvoerichtheid van circa $12 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$. De hoogste driedaagse afvoer tijdens deze periode bedroeg 32 mm.

In dezelfde periode geeft de NOP een hoogste afvoer van 38,7 en 62,6 mm in drie respectievelijk vijf dagen, vrijwel overeenkomend met de afvoeren tijdens de dooiperiode van 1979 (43,2 respectievelijk 61,8 mm).

Samenvatting en aanbevelingen

Aan de hand van gemeten afvoeren, open waterpeilen en grondwaterstanden van een proefgebied in de Drentse Veenkoloniën zijn drie, uit het oogpunt van afvoerhydrologie bijzondere perioden, nader geanalyseerd, namelijk de dooiperiode in maart 1979, de natte periode in juni/juli 1980 en de neerslaggolf van begin maart 1981.

Doel hiervan was om na te gaan of hydrologische processen anders dan de maatgevende neerslagdichtheid tijdens de winter bepalend kunnen zijn voor ontwerp en onderhoud van watergangen.

De resultaten geven aanleiding tot het doen van een aantal aanbevelingen:

- aan de voorspelling van te verwachten hoge afvoeren bij intredende dooi zou in Nederland meer aandacht moeten worden geschonken. Enerzijds door het per regio verstrekken van gegevens over afvoerbare neerslag op het maaiveld (door het KNMI), anderzijds door het ontwikkelen c.q. uitbreiden van afvoermodellen voor dooisituaties; en ten slotte het verkrijgen van inzichten in de frequentie van optreden.
- het opzetten van de peilen in de zomer kan een substantiële aanvulling betekenen op de voor de gewassen beschikbare hoeveelheid vocht. Hogere open waterpeilen geven echter een groot risico voor wateroverlast. Dit risico is sterk te verminderen door een intensievere drainage (mogelijk alleen de natste plekken), goed onderhoud van het ont- en afwateringssysteem en snel reageren op de actuele hydrologische situatie. Met name dit laatste punt stelt hoge eisen aan het hydrologisch inzicht van de waterbeheerder.

Literatuur

- Bakel, P. J. T. van*, 1981. De mogelijke invloed van afvoeren tijdens dooiperiodes en tijdens het groeiseizoen op het ontwerpen en onderhouden van af- en ontwateringsstelsels. Nota ICW 1254. 42 pp.
- Bruin, H. A. R. de*, 1979. Neerslag, open waterverdamping en potentieel neerslagoverschot in Nederland. Frequentieverdelingen in het groeiseizoen. Wetenschappelijk Rapport 79-4. KNMI, De Bilt. 90 pp.
- KNMI*, 1958. Frequenties van k-daagse neerslagsommen op Nederlandse stations. Ter Apel: 1891-1953
- , 1979. Maandelijkse overzichten der weersgesteldheden, februari en maart 1979. KNMI, De Bilt
- , 1980. Maandelijkse overzichten der weersgesteldheden, juli 1980. KNMI, De Bilt
- Werkgroep Afvoerberekeningen*, 1979. Richtlijnen voor het berekenen van afwateringsstelsels in landelijke gebieden. 104 pp.
-