INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 413, d.d. 28 augustus 1967

Frequentie van de hoeveelheden water in open- en grondwaterberging in de Achterhoek

J. H. Snijders

1. Inleiding

Bij het onderzoek naar het optreden en de omvang van schade in de landbouw door ongunstige weersomstandigheden, is het van belang precies te weten waaraan bepaalde weerssituaties hun ongunstig karakter ontlenen.

Het is denkbaar, dat eenzelfde weertype in het ene gebied ernstige gevolgen voor de bedrijfsresultaten heeft, in een ander nauwelijks of geen. Zoekt men een verklaring, dan is deze te vinden in verschillen in bodemgesteldheid, afvoermogelijkheden en bedrijfstype, waardoor de kwetsbaarheid van het bedrijf voor weersinvloeden in sterke mate bepaald wordt.

Behalve deze aan plaats gebonden factoren speelt ook het tijdstip waarop, of het aan dit tijdstip gebonden tijdvak van bepaalde lengte waarbinnen zich de weerssituatie voordoet een rol bij het ontstaan van het schadeverwekkend karakter ervan. Dit hangt samen met de verschillen in kwetsbaarheid van het bedrijf in de loop van het jaar. Gedurende de bedrijfscyclus komen perioden voor waarin het weer nauwelijks invloed op het bedrijfsgebeuren heeft, we denken aan de wintermaanden, terwijl in voorjaar en zomer door koud, nat weer vertragingen kunnen ontstaan, die tot belangrijke inkomensvermindering aanleiding kunnen geven.

Het onderhavige onderzoek maakt een begin met het vastleggen van de weersinvloed naar de eigenschappen der aan plaats gebonden factoren. Deze hebben betrekking op de Achterhoek. De factor tijd komt in een later stadium aan bod.

2. Landbouwkundige benadering van het probleem van de wateroverlast

De landbouwkundige benadering van het probleem van de wateroverlast is duidelijk een andere dan die van de hydraulici. Deze werken hier met afvoeren. Het is evenwel van belang zich vertrouwd te maken met de gedachte, dat niet de afvoerfrequentie maatgevend is voor het optreden van schade, maar de frequentie waarmee wezenlijke wateroverlast optreedt, de omvang en de duur daarvan. Men zal een economische beschouwing over de betekenis van onvoldoende waterbeheersing voor het inkomen dan ook niet mogen opzetten op basis van een studie van de afvoeren alleen. Een dergelijke beschouwing moet steunen op onderzoek dat gericht is op de

frequentie waarmee zich bepaalde hoeveelheden te bergen water op verschillende tijdstippen zullen aandienen in samenhang met de mogelijkheid deze hoeveelheden tot berging te brengen. Wat niet in de grond geborgen kan worden moet er als open berging bovenop blijven staan en vormt dan inundatieplekken. Dit doet zich voor wanneer in een tijdvak van bepaalde lengte de hoeveelheid regen groter is geweest dan de som van wat kon worden afgevoerd, verdampt, of in de grond geborgen is.

3. Neerslag, afvoer en verdamping

In een vroeger stadium van het onderzoek is een analyse gemaakt van de frequentie waarmee buien van bepaalde omvang alsook langdurige buiigheid optreden gedurende bepaalde perioden van het jaar (1). De daarbij gebruikte gegevens zijn ontleend aan materiaal van het KNMI, betreffende de frequenties van K-daagse neerslagsommen op een aantal Nederlandsche stations (2).

Uit de vereffende curven, die de overschrijdingskans van neerslaghoeveelheden weergeven voor opeenvolgende tijdstippen en voor verschillende tijdvaklengten zijn cyclische lijnen van gelijke overschrijdingskans gereconstrueerd, die voor de verschillende tijdvakken de neerslaghoeveelheden over de maanden laten zien voor een aantal kansniveaus.

Naar analogie van de bewerking der neerslagfrequenties, vereffende Fonck de frequenties van de afvoer en van de neerslag minus de afvoer (3). De gegevens over de afvoer hebben betrekking op het stroomgebied van de Baakse beek. Ze zijn verzameld over een periode van 13 jaar tot en met 1965 en bestaan uit dagelijkse peilaflezingen, die met behulp van een standaardijkingslijn tot afvoeren zijn herleid. Al zullen deze gegevens de feitelijke afvoeren niet geheel dekken, zij geven niettemin een voldoende duidelijk beeld van de kans waarmee in de loop van het jaar over tijdvakken van verschillende lengte bepaalde hoeveelheden water in het onderhavige stroomgebied tot afvoer komen. Zolang niet beschikt wordt over completer materiaal zal men deze afvoeren moeten hanteren als maatstaf voor de wijze waarop het water in het gehele Achterhoekgebied in de loop van het jaar tot afvoer wordt gebracht.

Het verschil tussen neerslag en afvoer geeft evenwel nog geen zekerheid ten aanzien van de vochtvoorraadveranderingen wanneer niet

tevens de verdamping in mindering is gebracht.

$$N-A-E = \pm \Delta V$$

Datgene wat tenslotte bepaalt of en in welke mate wateroverlast en schade zal gaan optreden is, zoals we reeds zagen, niet een afzonderlijke post als afvoer of neerslag, maar de hoeveelheid water die geborgen moet worden in afhankelijkheid van de ruimte die daarvoor in de grond aanwezig is.

Over verdampingscijfers voor de Achterhoek kon dank zij het onderzoek van Bloemen (4) beschikt worden. De resultaten van een eerste benadering zijn in tabel 1 samengevat. De maandcijfers van reeks b zijn berekend als gemiddelden van 23 waarnemingspunten in de Achterhoek over dezelfde periode als waarover Fonck zijn afvoercijfers betrok. Zij zijn nog voor verbetering vatbaar. Op theoretische gronden is het namelijk noodzakelijk de berging afhankelijk te stellen van de ontwateringsdiepte. Door deze verbeterde benadering van de berging is ook de werkelijke verdamping, die als restpost op de waterbalans is te beschouwen, zuiverder te verkrijgen. Dit onderzoek was nog niet voltooid. Men mag evenwel aannemen, dat de eerste benadering reeds voldoende ver ging, zodat de verbeterde waarden daarvan niet principieel zullen afwijken, maar slechts een verdere verfijning geven.

Tabel 1. Verdampingscijfers voor de Achterhoek in tijdvakken van verschillende lengte afgeleid van maandgemiddelden van E_w

maanden		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
a. aant. dagen		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	berekening
b. mm verdamping maandcijfers E_w		6½	2½	15	45	68	84	75	67	49	26	10	3	
tijdvak	k_1	0,21	0,09	0,48	1,50	2,19	2,80	2,42	2,16	1,63	0,84	0,33	0,1	b : a
	k_3	0,63	0,27	1,44	4,50	6,57	8,40	7,26	6,48	4,89	2,52	0,99	0,3	3 x k_1
	k_{10}	2,1	0,9	4,8	15,-	21,9	28,-	24,2	21,6	16,3	8,4	3,3	1,-	10 x k_1
	k_{30}	6,3	2,7	14,4	45,-	65,7	84,-	72,6	64,8	48,9	25,2	9,9	3,-	3 x k_{10}
	k_{90}	23,4	62,1	125,1	194,7	222,3	221,4	186,3	138,9	84,-	38,1	19,2	12,-	JFM
	k_{180}	218,1	284,4	346,5	381,0	361,2	305,4	224,4	158,1	96,-	61,5	81,3	137,1	JFMAMJ

4. Methode

Het onderhavige onderzoek kent wederom 4 variabelen: het verschil tussen neerslag en afvoer plus verdamping, berging genoemd, kans, maand en tijdvaklengte. Deze kunnen in hun vierdimensionale samenhang van verschillende zijden doorgelicht worden. In eerdere beschrijvingen van dergelijke samenhangen werd daarvan reeds een vrij volledig beeld gegeven (1, 3). Dit rechtvaardigt een vereenvoudiging van de huidige weergave. Hierbij viel de keus op de figuren berging × maanden en berging × tijdvakken met in beide series, lijnen van gelijke overschrijdingskans. Deze figuren zijn in feite verzamelfiguren van een aantal horizontale doorsneden door een ruimtelijke samenhang, waarin als grondfactoren de op x- en y-as aangegeven termen fungeren met loodrecht daarop als verticale z-as de kansschaal.

Deze figuren geven voldoende informatie om er de kans op voorkomen van specifieke bergingssommen aan te kunnen aflezen. Een voorbeeld daarvan is in dit verslag opgenomen.

5. Bergingskans

Overeenkomstig de figuren neerslag × maanden, waarin per tijdvak een 6- of 7 tal lijnen van gelijke kans zijn verzameld (1) en van neerslag minus afvoer × maanden (3) zijn thans in de figuren 1[a] tot en met f voor tijdvakken van 1, 3, 10, 30, 90 en 180 dagen lijnen van gelijke kans gegeven met op de ordinaat neerslag minus afvoer minus verdamping en op de abscis de maanden van het jaar.

Vermindert men de hoeveelheid neerslag in een tijdvak van bepaalde lengte gevallen, met de in dat tijdvak afgevoerde hoeveelheid water en de hoeveelheid werkelijk verdampt water, dan resteert, indien $N > A+E$, een hoeveelheid water die geborgen moet worden. Deze hoeveelheid te bergen water wordt hier 'berging' genoemd. Men moet dit begrip niet verwarren met enkele andere die op berging betrekking hebben. Ook de hoeveelheid op een ogenblik in de grond geborgen water wordt namelijk berging genoemd. Deze is dus principieel verschillend van de voorgaande.

Wanneer de hoeveelheid te bergen water $N-(A+E)$ in een tijdvak van K dagen groter blijkt dan de hoeveelheid die, uitgaande van een begintoestand bij de aanvang van het tijdvak, in de grond geborgen kan worden, moet inundatie volgen.

Inundatie is niet anders dan bovengrondse berging. De term "berging" voor N-(A+E) als som van open en grondwater berging is dus wel aanvaardbaar.

De cyclische lijnen van gelijke neerslag-minus-afvoer-kans zoals Fonck ze tekende suggereren door sterke vereffening nog een vloeiende enkelvoudige golfbeweging. Zover is ten aanzien van de lijnen van gelijke bergingskans niet gegaan. Het beloop van de gemiddelde werkelijke verdamping over de maanden geeft in 1, 3, 10 en 30 daagse tijdvakken een hoogtepunt in juni, dat van de neerslag minus afvoer in juli-augustus. De niet geheel gelijkelijk gerichte tendentie van toe- en afname werkt een zekere onregelmatigheid in het beloop van de verschilposten in de hand. In de figuren voor gelijke bergingskans zijn deze zichtbaar als inzinkingen en uitstulpingen, die niettemin de grondvorm voldoende doen blijven herkennen.

6. Bergingskans gezien over de tijdvaklengten

In de figuren 2a tot en met d zijn lijnen van gelijke kans verzameld met op de ordinaat de berging in mm en op de abscis de tijdvaklengte. De voorstelling is identiek met die van neerslag × tijdvaklengte respectievelijk neerslag minus afvoer × tijdvaklengte, die in de eerder genoemde publicaties (1) en (3) voorkomen. Maar omdat het bij de berging in mm om positieve en negatieve verschillen gaat tussen neerslag enerzijds, afvoer en verdamping anderszijds, zijn de trajecten in mm hier veel kleiner dan bij neerslag of neerslag minus afvoer. De schaalkeuze is hierbij aangepast. De serie is tot 4 stuks beperkt. Deze hebben betrekking op januari, april, juli en oktober. Omdat in de 4 figuren ook 180-daagse tijdvakken zijn afgezet zijn de maanden op de abscis doorgeteld tot het halve jaar vol is.

7. De kans op herhaling van bergingssommen als in 1965

Uit de besproken figuren kan worden afgeleid hoe groot de kans is dat zich hoeveelheden te bergen water zullen aandienen als waarmee men in 1965 geconfronteerd werd en die toen tot zulke langdurige en omvangrijke inundaties aanleiding gaven.

In tabel 2 is een overzicht gegeven van deze bergingskansen, die hier als overschrijdingskansen zijn gehanteerd. Het voordeel daarvan is door Fonck eerder toegelicht (3).

Tabel 2. Overschrijdingskansen van bergingssommen als in 1965 in k-daagse tijdvakken

tijdvak	N	A	E	B mm	%	1xp...j	tijdvak	B mm	%	1xp...j	tijdvak	B mm	%	1xp...j.
J	110,5	73,4	4,4	32,7	8	12 à 13	JFM	33,1	58	2	JFMAMJ	59,8	10	10
F	22,-	20,9	3,2	- 2,1	61	1 à 2	FMA	47,-	34	3	FMAMJJ	83,8	0	∿ 1)
M	43,1	21,9	18,7	2,5	40	2 à 3	MAM	37,-	14	7	MAMJJA	60,6	7	14
A	116,6	32,4	37,6	46,6	0	∿ 1)	AMJ	26,7	0	∿ 1)	AMJJAS	29,7	23	4
M	79,7	32,1	59,7	-12,1	37	3	MJJ	36,8	0	∿ 1)	MJJASO	-31,8	71	1 à 2
J	103,3	32,4	78,7	- 7,8	42	2 à 3	JJA	23,6	25	4	JJASON	36,5	48	2
J	146,-	27,6	61,7	56,7	8	12 à 13	JAS	3,-	50	2	JASOND	47,9	51	2
A	66,7	28,-	64,-	-25,3	82	1 à 2	ASO	-68,6	83	1 à 2	ASONDJ	- 7,7	70	1 à 2
S	47,7	33,9	42,2	-28,4	84	1 à 2	SON	12,9	46	2	SONDJF	34,1	51	2
O	22,9	13,4	24,4	-14,9	76	1 à 2	OND	44,9	37	3	ONDJFM	79,8	32	3
N	102,3	36,8	9,3	56,2	3	33	NDJ	60,9	33	3	NDJFMA	91,2	18	5
D	184,-	176,4	4,-	3,6	54	2	DJF	21,2	68	1 à 2	DJFMAM	19,3	22	4

1) Niet eerder voorgekomen

De in tabel 2 ingevulde bergingswaarden B in mm zijn berekend door gebruik te maken van de neerslagcijfers 1965 voor Winterswijk zoals die door het K.N.M.I. zijn gemeten, de afvoercijfers 1965 voor de Baakse beek bij Wiersse en cijfers van de werkelijke verdamping berekend uit de K.N.M.I. cijfers voor Winterswijk 1965 voor een vrij wateroppervlak (Penman) met behulp van een reductiefactor. Deze is afgeleid uit gemiddelde waarden van E_o en E_w in mm/etmaal voor 23 waarnemingspunten voor de grondwaterdiepte in de Achterhoek 1953 - 1965 (4).

In tabel 3 wordt daarvan een overzicht gegeven.

Tabel 3. Berekening E_w 1965 uit E_o 1965 (K.N.M.I.) met toepassing van reductiefactor R, afgeleid uit Achterhoekse veeljarige gemiddelden voor E_o en E_w

maand	E_o in mm		afleid. R. uit E_o/E_w			E_w in mm		opm.
	1965	Norm.	mm/dag		%	1965	Norm.	
			E_o	E_w	R			
J	7	4	0,19	0,12	63,-	4,4	2,5	
F	15	15	0,60	0,13	21,6	3,2	3,2	
M	39	39	1,31	0,63	48,-	18,7	18,7	
A	59	73	2,43	1,55	63,7	37,6	46,5	van april t/m september minder werkelijke verdamping dan normaal.
M	99	106	3,70	2,23	60,3	59,7	63,9	
J	113	120	4,02	2,80	69,6	78,7	83,6	
J	89	112	3,51	2,43	69,3	61,7	77,6	
A	88	92	2,95	2,15	72,9	64,-	67,-	
S	54	58	2,11	1,65	78,2	42,2	45,3	
O	29	26	0,95	0,80	84,2	24,4	21,9	
N	10	9	0,29	0,27	93,1	9,3	8,4	
D	4	3	0,08	0,08	100,-	4,-	3,-	

De kans waarmee bepaalde hoeveelheden te bergen water (B) in tijdvakken van verschillende lengte zullen voorkomen (tabel 2) leert het volgende.

Bij de 30-daagse tijdvakken is de berging in april 1965, met een zeer kleine overschrijdingskans, onder voorbehoud van de betrekkelijk nauwe tijdsbegrenzing in hoge mate exceptioneel geweest. Een dergelijke hoeveelheid te bergen water is in de periode van registratie van de afvoeren gewoon niet eerder voorgekomen. De berging in november '65 is ook nog vrij zeldzaam, terwijl die van januari en juli '65 veel vaker voorkomen. In de overige maanden zijn de bergingssommen vrijwel normaal geweest.

Neemt men 90-daagse tijdvakken, dan blijken twee daarvan uitzonderlijke bergingssommen op te leveren: april-mei-juni en mei-juni-juli. De overige zijn niet sterk afwijkend. Bij de 180-daagse tijdvakken is het alleen dat van februari tot en met juli dat er uitspringt. De invloed van de bergingssom in april is doorslaggevend, maar die van

juli geeft er dan nog een extra exceptionaliteit aan.

Men moet deze getallen niet onderschatten. Eerder hebben wij de kans op voorkomen van neerslagsommen in beschouwing genomen (1). Het jaar 1965 bleek veel tijdvakken van 30, 90 en 180 dagen te hebben gehad waarin de neerslagsom zelden tot zeer zelden overschreden is.

Het is duidelijk, dat wanneer men hier de afvoer en de verdamping af gaat trekken, die vooral wat de eerste betreft, in een nat jaar een vele malen hogere waarde kan bereiken dan anders (3), de verschillen tot normalere niveaus worden teruggebracht. Dit betekent, dat de situatie in april 1965 ten aanzien van de hoeveelheden te bergen water zeer ernstig is geweest. In die maand is reeds de basis gelegd voor de gehele verdere wateroverlast die tot diep in het jaar de Achterhoek heeft gekenmerkt. Dat de bergingssommen van de daarop volgende maanden mei en juni niet uitzonderlijk hoog waren heeft daar weinig aan kunnen verhelpen. De wederom veel te grote hoeveelheid water die juli ter berging opleverde verergerde de toestand in ernstige mate.

In de daarop volgende drie maanden kon verbetering in de situatie optreden, doordat in die maanden sprake was van negatieve bergingssommen: Er kwam tenminste geen water meer bij.

6. Literatuur

(1) SNIJDERS, J.H. Neerslagfrequentie in de Achterhoek. ICW nota 376, 1966.

(2) K.N.M.I. ,Frequenties van de k-daagse neerslagsommen op Nederlandse stations. I Winterswijk 1830 - 1953. De Bilt 1956.

(3) FONCK, H. Frequentie van afvoer en van neerslag min afvoer voor de Baakse beek. ICW nota 404, 1967.

(4) BLOEMEN, G.W. Grondwaterstandsanalyse in de Achterhoek. ICW nota -,- 1967.