

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ENKELE OPMERKINGEN OVER AFVOER EN AFVOERNORMEN IN
OOST-NOORD-BRABANT, TOEGELICHT AAN METINGEN
IN DE RUILVERKAVELING ASTENSE AA

ir. J. Bon

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS

0000 0121 3921

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. VASTSTELLING VAN DE MAATGEVENDE AFVOER	2
3. OORZAKEN VAN HET WATERBEZWAAR	5
a. Terreindepressie of kom	5
b. Zandruggen	6
c. Kwelgebieden	6
d. Leemgronden	7
e. Geologische storingen	7
4. VERGELIJKENDE METINGEN	10
5. TOETSING MET AFVOERGEGEVENS EN VELDKENMERKEN	18
6. SAMENVATTING	22
LITERATUUR	26

1. INLEIDING

In de praktijk is het moeilijk de juiste afvoernormen voor hellende zandgebieden ten behoeve van cultuurtechnische werken vast te stellen. Bij het vooronderzoek worden veel te weinig afvoermetingen verricht, waardoor nauwelijks informatie over het gebied bekend is. Bij het ontwerpen van de plannen is men dan ook vaak aangewezen op de terreinkennis. Natte gebieden worden herkend, aan de aard van de begroeiing, door het eventueel dras staan in de winter en door de aanwezigheid van veel sloten en greppels.

Het bepalen van de grenzen van de droge gronden is moeilijker. De ontwerper grijpt dan naar een hulpmiddel dat uitkomst kan brengen en wel naar de grondtrappenkaart (GT-kaart), die door de Stichting voor Bodemkartering bij de bodemkaart wordt geleverd.

De oorzaken van droogte en wateroverlast is echter op deze kaart niet aangegeven. Bovendien is uit de beschrijving van de bodemeenheden, die op de kaart staan aangegeven vaak niet op te maken hoe de doorlatendheid van de grond is. Zo staat bij de podsol gronden de omschrijving vermeld 'leemarm en zwak lemig fijn zand'. Bij associaties van bodemeenheden wordt het nog moeilijker. Voor de vervaardiging van de bodemkaart wordt tot 1,20 m diep geboord, zodat de kaart aangeeft wat aan de oppervlakte ligt, doch niet op welke diepte sturende lagen zoals leem-, veen- en roestbanken aanwezig zijn, terwijl deze gegevens voor de hydrologie van groot belang kan zijn. Voor cultuurtechnische werken zou een afgeleide kaart waarop informatie staan aangegeven over de vochthoudendheid van de grond en de doorlatendheid tot op grote diepte, ideaal zijn.

Na de uitvoering van cultuurtechnische werken zal de grondwaterdiepte op vele plaatsen veranderd zijn, daar dit juist het doel is

van de beekverbetering. Daarom mag bij de vaststelling van de afvoer geen rekening meer worden gehouden met de oude situatie. Deze is op het moment dat de werken gereed zijn, geschiedenis geworden.

Voor de vaststelling van de afvoernorm zal men zich een zo duidelijk mogelijk beeld moeten vormen van de oppervlakte waar zich een grondwaterdaling zal doen gelden en hoe groot deze grondwaterdaling zal zijn. Door de grondwaterdaling zal het bergendvermogen toenemen waardoor een deel van de regen wordt opgenomen en vertraagd wordt afgevoerd. Vooral in de natte gebieden met een goed doorlatende ondergrond zal door de vergroting van de (hoofd)leidingen de vroegere drassigheid praktisch niet meer ontstaan. Gronden die volgens de oude situatie in de GT-kaart met een grondwatertrap II of III werden aangegeven zullen na de beekverbetering zich gedragen als gronden met een grondwatertrap V of VI. Wanneer de afvoernorm bepaald wordt naar de oude toestand, zullen de leidingen veel te groot en te duur worden uitgevoerd.

2. VASTSTELLING VAN DE MAATGEVENDE AFVOER

Verschillende methoden zijn uitgedacht om de maatgevende afvoer voor het ontwerpen van leidingen vast te stellen. Zo kan men uit langjarige afvoermetingen de afvoerfactor berekenen welke met een frequentie van éénmaal per jaar of eens in de 10 jaar voorkomt of wordt overschreden. Gedurende deze meetperiode mag dan ook niets aan de leidingen en aan de waterhuishouding van het gebied veranderd worden.

Een andere methode die nog al eens wordt toegepast, is het maken van vergelijkingen met op het oog gelijke gebieden waarvan meer van de afvoer bekend is. Kortdurende afvoermetingen in het te verbeteren gebied kan men vergelijken met gelijktijdig verrichte metingen in gebieden waar reeds langjarige metingen bekend zijn.

Ook is het mogelijk om geregistreeerde peilen van afvoergolven volgens de methode DE JAGER (1965) te analyseren. Deze peilen worden via afvoer-waterhoogte diagrammen in afvoerhoeveelheden omgezet. Uit het verband tussen de neerslag en de afvoer is de afvoerfactor te

berekenen.

De snelste methode is echter gebruik te maken van kaarten waarop de winterwaterstanden staan aangegeven, zoals de COLN-kaarten of de nieuwere GT-kaarten. Door gebrek aan tijd en aan mankracht is het vrijwel uitgesloten om gedurende het vooronderzoek in de praktijk afvoermetingen uit te voeren. Door gebruik te maken van GT-kaarten kan men voor ieder onderdeel van het stroomgebied de te verwachten afvoer berekenen met inachtneming van de toekomstige ontwatering, dus met een grotere drooglegging. Tevens dient bij deze berekening aandacht besteed te worden aan de morfologie van het terrein en met de bodemsamenstelling tot op een diepte van ongeveer 1 m beneden de bodem van de leiding. Bekend moet zijn of er storende lagen voorkomen en op welke diepte deze aanwezig zijn. Uit deze gegevens kan men zich reeds een idee vormen van de oorzaak van het waterbezwaar of vochttekort.

In een artikel in 'Waterschapsbelangen' (BON, 1973) werd uiteengezet dat de topafvoer in natte en geïnundeerde gebieden na de verbetering toeneemt door het opheffen van de inundaties en de grotere afvoercapaciteit van de leidingen. Deze afvoeren zullen echter niet zo groot zijn als uit de berekeningen zou volgen met behulp van de GT-kaarten. Door de ontwatering is namelijk een grotere grondwaterberging ontstaan. Negeert men dit gegeven uit het oogpunt van een grotere zekerheid, dan wordt een afvoernorm berekend alsof er geen ontwatering heeft plaatsgevonden. Uit het voorbeeld in genoemd artikel (pag. 58) blijkt dat de te verwachten afvoer 10 à 20 % lager ligt dan volgens de berekening met GT-kaarten over stroomgebieden met een oppervlakte van 1500-3000 ha. Deze verlaging van de eerste berekende afvoer wordt veroorzaakt doordat de natste gronden na de verbetering als het ware gerekend kunnen worden tot een diepere ontwateringsklasse. In het genoemde voorbeeld bleken door een te geringe aanname van de verschuiving in de oppervlakte naar een dieper ontwaterde klasse, deze 10 à 20 % afvoervermindering nog aan de lage kant te zijn.

Bij het gebruik maken van grondwatertrappen wordt geen rekening gehouden met de morfologie van het terrein en de diepere bodemsamenstelling. Voor Noord-Brabant heeft VISSER (1969) een tabel vervaardigd waarin voor iedere grondwatertrap een zekere afvoernorm werd ge-

steld. Hierdoor werd het mogelijk de afvoer op een bepaald leidingvak te berekenen uit de oppervlakten van iedere voorkomende grondwatertrap en deze te vermenigvuldigen met de respectievelijk erbij behorende afvoeren.

Tabel 1. Afvoernormen in Noord-Brabant in l/sec.ha

	l/sec.ha	GT
1. Zeer hooggelegen gebieden (bijv. stuifgronden) zonder zichtbare afwatering	0,1	VII
2. Hooggelegen gebieden zonder sloten(essen)	0,33	VII
3. Middel hooggelegen gebieden met incidenteel sloten	0,67	VI
4. Relatief laaggelegen gebieden met een regelmatig slotennet	1,00	V
5. Laaggelegen gebieden met een intensief slotennet	1,33	III en II
6. Zeer laaggelegen gebieden met kwel	1,5 tot 2,0	I

In genoemd artikel wordt in Waterschapsbelangen in zekere zin rekening gehouden met de aard van de grond en de morfologie, doch ook met de doorlatendheid, de snelheid van afvoer en de oorzaak van het waterbezwaar. De grondwaterklassen van de COLN zijn te vertalen in grondwatertrappen. De gewijzigde indeling die voor Noord-Brabant zou gelden is vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Gedifferentieerde afvoernormen (l/sec.ha) naar bodemkundige en morfologische eigenschappen van het stroomgebied

Soort gebied	GT-klasse	VII	VI	V, IIIb	IIIa, II, I
	COLN winterwaterstand in cm-maaiveld				
		> 70	70-40	40-20	20-0
1. Zand		0,3	0,6	1,0	1,5
2. Leemhoudend fijn zand en kwel		0,3	0,7	1,2	1,8
3. Wegzijging		0,2	0,5	0,8	1,2
4. Licht hellend met leem		0,3	0,7	1,2	2,0

Door de verbeteringen van gronden, die oorspronkelijk in de grondwatertrap III werden ondergebracht en een afvoer zouden geven van 1,33 l/sec.ha volgens tabel 1 en 1,5 l/sec.ha volgens tabel 2 kunnen de afvoeren door de grotere bergingscapaciteit teruglopen bij de grondwatertrap V volgens tabel 1 en 2 tot 1 l/sec.ha. In procenten uitgedrukt wordt deze reductie respectievelijk 25 en 33 %.

Wanneer voor het totale afvoergebied een afvoerfactor van 0,9 l/sec.ha als gemiddelde werd berekend, dan heeft men met een vrij nat gebied te doen waarvan ongeveer twee derde van de oppervlakte in de grondwatertrappen II en III vallen. Na de ontwatering zou de gemiddelde afvoer berekend kunnen worden op ongeveer 0,7 l/sec.ha hetgeen een aanzienlijke besparing geeft op de aanlegkosten van de leidingen en kunstwerken.

3. OORZAKEN VAN HET WATERBEZWAAR

De beekverbeteringen zijn gericht op de ontwatering van de natte gronden door de aanleg van bredere en diepere leidingen. Hierbij moet men wel in het oog houden welke de oorzaken van het waterbezwaar zijn omdat deze sterk van aard verschillen. Een aantal oorzaken zal achtereenvolgens worden besproken.

a. Terreindepressie of kom

De grootte van de terreindepressies of vlakke kommen waarvoor het belangrijk is een beekverbetering uit te voeren kan betrekking hebben op gebieden van enkele honderden tot duizend en meer ha. Ook wanneer de grond goed doorlatend is kan de afvoerbasis te hoog liggen. Hierdoor kan het uitstromende water niet snel genoeg worden afgevoerd. Een verlaging van deze drempel door verdieping en verbreding van de afvoerleiding en de zijleidingen zal tot een snelle afvoer bijdragen. Bij vroegere afzettingen kan lemig materiaal zijn verspoeld of ingewaaid en bezonken tijdens vroegere inundaties en geringe stroomsnelheden. De kans dat op deze minder doorlatende afzettingen veen of sterk humeus lemig materiaal is ontstaan is niet uitgesloten. In tij-

den met veel neerslag kan na de beekverbetering de grondwaterstand tussen de zijleidingen toch nog hoog oplopen. De lemige en humeuze lagen verhinderen echter een snelle afvoer naar de ondergrond. Een snelle oppervlakte afvoer na zware regens kan ook in een droge zomer in dergelijke gebieden optreden. Een voorbeeld hiervan vormt het stroomgebied van de Diepe loop ten oosten van Asten N.B. (BON, 1974).

b. Zandruggen

De afvoer van een vrij vlak zandgebied met een goed doorlatende ondergrond wordt door een zandrug gestagneerd door het dichtstuiven of inzakken van de taluds in diepere doorsnijding van de zandrug. De doorgang wordt te nauw en te ondiep waardoor de afvoer wordt vertraagd. In tijden met veel neerslag veroorzaken deze zandruggen bovenstrooms nog wel eens overstromingen en afzettingen van (beek)leem in vroegere tijden. Hierdoor lijken deze gebieden op depressies. Ook hier zal een verdieping en verbreding van de afvoerleiding het waterbezwaar grotendeels opheffen.

Dergelijke gebieden komen veel voor onder andere in de Achterhoek, Salland en in Noord-Brabant. In het laatstgenoemde gebied treden ze op ten zuiden van langgerekte Zuidwest-Noordoost gerichte zandruggen.

c. Kwelgebieden

Aan de voet van een hogergelegen zandplateau, waar de matige tot sterke helling overgaat in vrij vlakke gronden, komt veelal een langgerekte strook natte gronden voor, die onder invloed van drangwater of kwel staat. Deze kwelzone ontstaat doordat het freatisch vlak ter plaatse tot dicht aan het maaiveld van het lagergelegen terrein nadert. In dergelijke gebieden worden ook veel sloten en bronnen van beekjes waargenomen. Wanneer het grondwater in het hogergelegen achterland door de winterregens hoog is opgelopen, kan in deze kwelstrook nog tot ver in de zomer grondwateraanvoer plaats hebben. Dit is afhankelijk van het hoogteverschil tussen het vlakkere gebied en het hogere achterland en de uitgestrektheid van dit achterland. Een groot en hoog achterland kan dan een zeer grote hoeveelheid grondwater ber-

gen, die slechts langzaam ondergronds afvloeit. Dergelijke gronden komen voor langs de zandmassieven van de Veluwe, de Utrechtse heuvels, in de Achterhoek en in Salland. Na regenarme winters en droge zomers zal het grondwatervlak in deze zandmassieven sterk dalen waardoor aan de voet van de helling diepe grondwaterstanden worden aangetroffen. Afhankelijk van de regenhoeveelheden kunnen in deze stroken grote fluctuaties in het grondwater optreden.

Ontwatering door diepe leidingen is hier af te raden ook al worden er stuwen gebouwd. De grondwaterstroom wordt door de diepere leidingen versterkt en afgevoerd waardoor de watervoorraad in het achterliggende snel vermindert. De ondergrondse afstroming gaat hier steeds door en zal tot gevolg hebben dat de leidingen droog lopen (BON, 1970).

d. Leemgronden

Op veel plaatsen worden leemgronden aangetroffen zoals langs beken en in grotere oppervlakten. Wanneer deze lemen tot aan of dicht bij het maaiveld voorkomen zullen ze snel waterbezwaar ondervinden. De oorzaak van deze afzettingen moet veelal gezocht worden bij de eerste twee genoemde voorbeelden. In kwelgebieden wordt meestal zeer weinig of geen leem aangetroffen, doordat de grote toe- en afvoer van water de afzetting ervan verhindert. De aanwezigheid van de (beek) leemgronden moet men dan ook zien in het grotere verband met de omgeving en de ontstaanswijze.

e. Geologische storingen

In oostelijk Noord-Brabant en in Limburg komen natte gronden voor, die qua ligging ten opzichte van de ernaast liggende droge gronden afwijken van de bovengenoemde gevallen. In plaats van wat normaal is liggen deze natte gronden niet lager dan de droge, doch hoger en soms in stroken aan de hoge zijde van een min of meer duidelijke terrasrand. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door geologische breuken. Enkele breuken zijn hydrologisch tot aan het maaiveld merkbaar aan een groot verschil in grondwaterstanden aan weerszijde van de breuk

wanneer de dekzandafzettingen boven het breukvlak vrij dun is. Doordat het verschuivingsvlak van de breuk dikwijls zeer slecht doorlatend is, werkt dit als het ware als een ondergrondse stuw. Is het breukvlak wat meer doorlatend en ligt het dieper onder dekzand verscholen, dan passeert de grondwaterstroom een dikkere laag waardoor de grondwaterstandsverschillen aan weerszijde van de breuk wat geleidelijker verlopen. Hetzelfde doet zich voor wanneer geen scherpe breukrand aanwezig is maar een breukzone welke uit kleine treden dicht bij elkaar is ontstaan. In de meeste gevallen wordt bij een breuk een groot grondwaterstandsverschil over korte afstand geconstateerd, ook in gevallen waaraan het terreinoppervlak geen hoogteverschillen zijn waar te nemen (BON, 1972).

Deze hooggelegen natte gronden worden wijstgronden of eeuwsels genoemd. Doordat de grondwaterstroom boven het breukvlak in zijn stroomrichting wordt belemmerd door de ondergrondse stuw, moet het grondwater over de stuw worden geperst. Dit heeft tot gevolg dat aan de bovenzijde van het breukvlak kwel, natte gronden en veel slotjes worden geconstateerd. Aan de benedenzijde vindt men sterke wegzijging, diepe grondwaterstanden en enkele diepere leidingen. De inzijging vanuit de leidingen en in het terrein kan soms aanzienlijk zijn (MOEN en BON, 1973). In enkele gevallen kan door de stagnatie van water boven het breukvlak ook leem of veen zijn afgezet. In andere gevallen zoals langs de Peelrandbreuk is boven het breukvlak grof zand en grind aanwezig met hoge waterstanden. Deze goed doorlatende gronden zijn ook afgedekt met een dunne tot dikkere laag dekzand.

Om de natte wijstgronden redelijk te ontwateren zal de oorzaak van het waterbezwaar moeten worden opgeheven. In dit geval wordt het bezwaar gevormd door de te hoge afvoerdrempel die gevormd werd door de breuk. Door de leiding dieper en breder door het breukvlak te graven wordt de kruin van de ondergrondse stuw verlaagd, waardoor de goed doorlatende gronden boven het breukvlak sneller kunnen afvoeren. Door een enkele vangleiding te graven aan de bovenzijde en evenwijdig aan het breukvlak worden de natte wijstgronden beter ontwaterd. Wel zal aldaar door de kwel moeilijkheden worden ondervonden door inzaken van de taluds.

Afvoer meetpuntennet ASTENSE A A

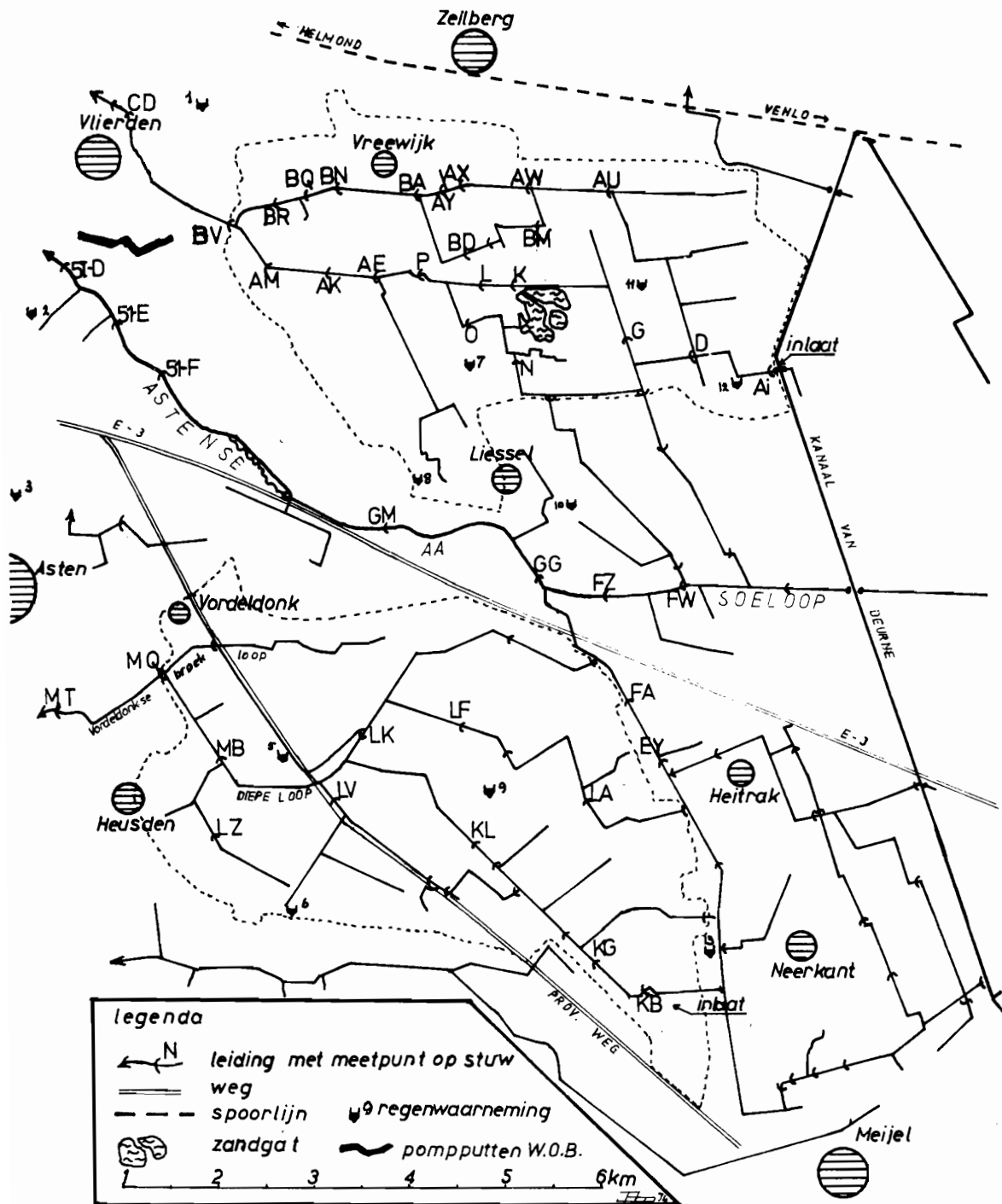


Fig. 1. Overzichtskaart van de afvoermeetpunten in de ruilverkaveling Astense Aa

4. VERGELIJKENDE METINGEN

In de ruilverkaveling Astense Aa waar de hoofdleidingen en de meeste zijleidingen reeds enige tijd gereed waren, werd in 1973 ten behoeve van een wateraanvoerplan ongeveer eens per maand de overstorthoogte over bijna iedere stuw van enkele hoofdbeken door de technische dienst van het waterschap van de Aa gemeten. Daarna werd de afvoer in l/sec.ha berekend (BON, 1974). De ligging van de stuwen staat in fig. 1 aangegeven.

Uit de verkregen afvoerhoeveelheden werd een keuze gemaakt van hoge afvoeren onder verschillende neerslaghoeveelheden en op verschillende tijdstippen na de regenval. Dit materiaal geeft inzicht omtrent de orde van grootte van de afvoer onder bepaalde natte omstandigheden om de orde van grootte van de afvoerfactor te benaderen die eens per jaar zal optreden of wordt overschreden.

Zo bleek dat bij de opname van de afvoer van 20 februari 1973 nagenoeg gelijk te zijn aan de afvoer van 14 februari 1974. De metingen van 1973 vonden plaats na een neerslag van 26 mm in drie dagen, terwijl in 1974 de meting plaats vond vier dagen na een neerslag van 37,8 mm. De regenval werd gemeten op het regenwaarnemingspunt 10: Rodegraaf bij Liessel. Tabel 3 geeft een overzicht van de februarineerslag op dit regenstation.

Tabel 3. Februarineerslag op station 10: Rodegraaf Liessel

d.d.	Februari 1973	Februari 1974	
	mm/d	mm/d	
1	-	0,2	
2	-	0,2	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	0,4	
6	0,3	3,4	
7	0,2	21,8	} 37,8
8	1,2	0,2	
9	1,0	13,6	
10	1,6	2,6	
	4,3	41,9	

Tabel 3. (vervolg)

d.d.	mm/d	mm/d
11	3,6	-
12	0,3	1,3
13	8,2	-
14	-	- ←
15	-	-
16	-	-
17	-	-
18	15,2	-
19	8,6	-
20	→ 2,2	-
	38,1	1,3
21	0,3	-
22	3,7	0,7
23	2,2	2,3
24	5,5	-
25	4,2	-
26	-	-
27	3,4	-
28	-	-
	19,3	3,0

(→ opnamedatum van de afvoermeting)

Door de regenvalverschillen in de maanden januari 1973 en 1974 waren de grondwaterstanden in 1974 tijdens de opnamedatum in het wegzijgingsgebied ten noorden van de Astense Aa ongeveer 20 tot 50 cm hoger dan in 1973. De diepte van de grondwaterstand bevond zich tussen de 1,50 en 2,50 m beneden maaiveld. Ten zuiden van de Astense Aa werd weinig verschil in de grondwaterdiepte waargenomen tussen de beide februari grondwaterstanden. Het noordelijke gebied heeft door wegzijging een grote bergingscapaciteit en diepe grondwaterstanden waardoor bij veel neerslag de grondwaterstanden sterk kunnen stijgen. In het zuidelijke gebied worden in het komvormige bekken van de Diepe loop leem- en veenlagen aangetroffen. Daar lopen de grondwaterstanden tot een zekere hoogte snel op en vindt oppervlakkige afstroming boven de dichtere lagen plaats.

Op ieder meetpunt werd de totaal afvoer berekend in l/sec.ha voor

Tabel 4a. Februari afvoeren per meetpunt en per pand in de Oude Aa-Vreewijkse loop en in de Astense Aa-Soeloop

Oude Aa en Vreewijkse loop																			
Afvoer van totale oppervlakte boven meetpunt						Afvoer van oppervlakte tussen twee meetpunten													
		Q 20 febr. '73				Q 14 febr. '74						Q 20 febr. '73				Q 14 febr. '74			
Σ ha	meetp.	l/sec	l/sec.ha	l/sec	l/sec.ha	ha	meetp.	l/sec.	l/sec.ha	l/sec.	l/sec.ha	ha	meetp.	l/sec.	l/sec.ha	l/sec.	l/sec.ha		
398	D	62	0,16	40	0,10	398	D	62	0,16	40	0,10								
461	G	94	0,20	78	0,17	63	G	32	0,52	38	0,60								
557	K	108	0,19	98	0,18	96	K	14	0,15	20	0,21								
582	L	110	0,19	105	0,17	25	L	2	0,08	7	0,28								
735	P+O	127	0,17	140	0,19	29	P	- 4	-0,14	9	0,31								
948	AE	132	0,14	123	0,13	213	AE	5	0,02	- 17	-0,08								
1085	AK	147	0,14	140	0,13	137	AK	15	0,11	17	0,15								
1170	AM	150	0,13	180	0,15	85	AM	3	0,04	40	0,47								
1880	BV+BR	190	0,10	200	0,11	65	BV	-35	-0,54	- 42	-0,65								
2066	CD	200	0,10	168	0,08	186	CD	- 6	-0,03	- 32	-0,17								
58	N	1	0,02	8	0,14	58	N	1	0,02	8	0,14								
134	O	21	0,17	26	0,21	66	O	20	0,30	18	0,28								
220	AU	37	0,17	15	0,07	220	AU	37	0,17	15	0,07								
278	AW	43	0,16	45	0,16	58	AW	6	0,10	30	0,53								
332	AX	66	0,20	65	0,20	54	AX	23	0,43	20	0,37								
351	AY	55	0,16	49	0,14	19	AY	-11	-0,58	- 16	-0,84								
541	BA+BD	52	0,10	37	0,07	122	BA	-10	-0,08	- 12	-0,10								
583	BN	66	0,11	59	0,10	42	BN	14	0,33	22	0,55								
635	BQ	73	0,12	74	0,12	52	BQ	7	0,14	15	0,29								
645	BR	75	0,12	62	0,10	10	BR	2	0,20	- 12	-1,2								
Astense Aa en Soeloop																			
5448	51-D	1060	0,19	1050	0,19	221	51-D	140	0,63	300	1,36								
5227	51-E	920	0,17	750	0,14	316	51-E	-40	-0,13	-490	-1,55								
4911	51-F	960	0,20	1240	0,25	625	51-F	10	0,02	363	0,58								
4286	GG	950	0,22	880	0,21	127	GG	40	0,32	20	0,16								
1848	FA	380	0,21	430	0,23	1848	FA	380	0,21	140	2,01								
1779	EY	-	-	290	0,16	1779	EY	-	-	290	0,16								
2311	FZ	530	0,23	520	0,23	2311	FZ	530	0,23	30	0,30								
2211	FW	-	-	490	0,22	2211	FW	-	-	490	0,22								

Tabel 4b. Februari afvoeren per meetpunt en per pand in het stroomgebied van de Diepe loop

Afvoer van totale oppervlakte boven meetpunt						Afvoer van oppervlakte tussen twee meetpunten					
∑ ha	meetp.	Q 20 febr. '73		Q 14 febr. '74		ha	meetp.	Q 20 febr. '73		Q 14 febr. '74	
		l/sec	l/sec.ha	l/sec	l/sec.ha			l/sec.	l/sec.ha	l/sec	l/sec.ha
56	KB	8	0,14	7	0,12	56	KB	8	0,14	7	0,12
208	KG	36	0,17	33	0,16	152	KG	28	0,18	26	0,17
379	KL	65	0,17	46	0,12	171	KL	29	0,17	13	0,08
1496	MB	280	0,19	225	0,15	260	MB	67	0,26	104	0,40
1844	MQ	325	0,18	235	0,13	120	MQ	21	0,18	-16	-0,13
75	LA	15	0,20	10	0,13	75	LA	15	0,20	10	0,13
239	LF	40	0,17	35	0,15	164	LF	25	0,16	25	0,15
518	LK	79	0,15	65	0,13	279	LK	39	0,13	30	0,11
239	LV	64	0,27	3 ⁺	0,01	239	LV	64	0,27	3 ⁺	0,01
100	LZ	5	0,05	7	0,07	100	LZ	5	0,05	7	0,07
228	MN	24	0,10	26	0,11	228	MN	24	0,10	26	0,11

⁺ ruilverkaveling

de bovenstroomse gebieden. De afvoer die tussen twee meetpunten op de leiding wordt afgevoerd wordt verkregen door de afvoer van de benedenste stuw, de afvoer van de bovenstuw af te trekken. Het blijkt dat de afvoeren van de stuwpannen afzonderlijk zeer sterk in waarden uiteenlopen en zelfs negatief kunnen zijn. De afvoer in l/sec.ha kan positief zijn (kwel, grondwaterafvoer of oppervlakte-afstroming) of negatief (wegzijging), doch indien de bijbehorende oppervlakten klein zijn, zijn ook de absolute hoeveelheden in l/sec klein. De tabellen 4a en 4b geven een overzicht van de februari afvoeren op ieder meetpunt en die per pand in de ruilverkaveling Astense Aa.

De opname in februari 1974 werd uitgevoerd wegens de gesignaleerde hoge grondwaterstanden en plassen op het land. Deze laatste verdwijnen echter vrij snel door wegzijging en door oppervlakkige afstroming. Doordat in februari 1974 vier dagen na de regenval werd gemeten, mag worden aangenomen dat de topafvoeren reeds zijn gepasseerd. De verschillen in de afvoer van 1973 en 1974 geven aan, dat in de substroomgebieden tussen twee stuwen de gemeten afvoeren in 1973 hoger waren, waar fijn zand en leem aanwezig is (direct na de buien gemeten). In de grotere vlakke zandgebieden waren de afvoeren in 1974 hoger als gevolg van een grotere grondwateraanvoer naar de beek, veroorzaakt door de hogere grondwaterstanden.

Ondanks de hogere grondwaterstanden blijken de afvoeren bij iedere stuw laag te zijn. Waarden van 0,25 l/sec.ha worden bijna niet overschreden. Aangenomen mag worden dat in tijden van hoge afvoer en hoge grondwaterstanden de afvoer welke gemiddeld eens per jaar voorkomt of wordt overschreden ongeveer twee maal zo hoog zal zijn als die in februari werd gemeten. Dit hangt echter ook af van de aard van het gebied.

Worden de berekende afvoeren van februari 1974 grafisch uitgezet met de op de ij-as de bovenstroomse oppervlakten behorend bij iedere stuw en op de x-as de afvoer in l/sec.ha en worden deze punten door een getrokken lijn verbonden, dan krijgt men de fig. 2, 3 en 4. De slingers in de lijnen worden vergroot, wanneer de afvoeren van ieder stuwpan in deze figuren worden verbonden met een streeplijn. Deze streeplijn slingert van positieve naar negatieve waarden. Dit is niet

verwonderlijk wanneer men bedenkt dat in dit gebied geologische storingen optreden die niet alle bekend zijn. Alleen de ligging van de peelrandbreuk is bekend. Deze breuk loop van Zeilberg, westelijk van de zandwinningsplas, oostelijk van Liessel over Heittrak naar Meijel (fig. 1).

Beschouwen we de fig. 2, 3 en 4 afzonderlijk, dan zien we in fig. 2 in het stroomgebied van de Oude Aa, kwel optreden in het pand D-G, die weer bijna teniet gedaan wordt door wegzijging in het volgende pand G-K. Tussen de stuwen P en AE is de wegzijging, ondanks de aanvoer over stuw P, zo groot dat het verschil negatief wordt. Bij de samenvloeiing van de Oude Aa met de Vreewijkse loop heeft een sterke wegzijging plaats evenals in het laatste pand BQ-BR van de Vreewijkse loop. In de panden, gelegen bovenstrooms van die waar wegzijging wordt geconstateerd vindt kwel plaats door een vermeerdering van de afvoer. In deze omgeving zal zeer waarschijnlijk een storing de beken kruisen evenals tussen de stuwen AX en AW (MOEN en BON, 1973).

In fig. 3 waarin de afvoeren van het stroomgebied van de Astense Aa staan aangegeven, blijkt tussen de stuwen EY en FA zeer sterke kwel op te treden, die aanleiding kan geven tot beschadiging van de taluds. Het volgende grote pand geeft een wegzijging te zien, die zodanig is dat de afvoer van dat pand nog juist positief is.

Oostelijk van dit pand ligt de Peelrandbreuk. In het pand tussen de stuwen 51-F en 51-E wordt ook sterke wegzijging geconstateerd. Zeer waarschijnlijk zal een andere storing de Astense Aa even boven stuw 51-F kruisen. In het laatste pand treedt weer sterke kwel op.

De afvoeren van de depressie rondom de Diepe loop wordt in fig. 4 weergegeven. Een redelijke kwel treedt bovenstrooms van stuw MB op, daar beneden vindt wegzijging plaats. Ondanks het feit dat hier een snelle afvoer verwacht moet worden, is de gemiddelde afvoer klein. Aangenomen moet worden dat in februari 1974 de topafvoer reeds is gepasseerd. Uit tabel 4b blijkt dat over de laatste twee stuwen in 1973 meer water stroomde, doch de afvoer bedroeg toen nog geen 0,2 l/sec.ha.

Voor de dimensionering van de leiding en de stuwen zal de afvoernorm bepaald of getaxeerd kunnen worden uit de reeds uitgevoerde

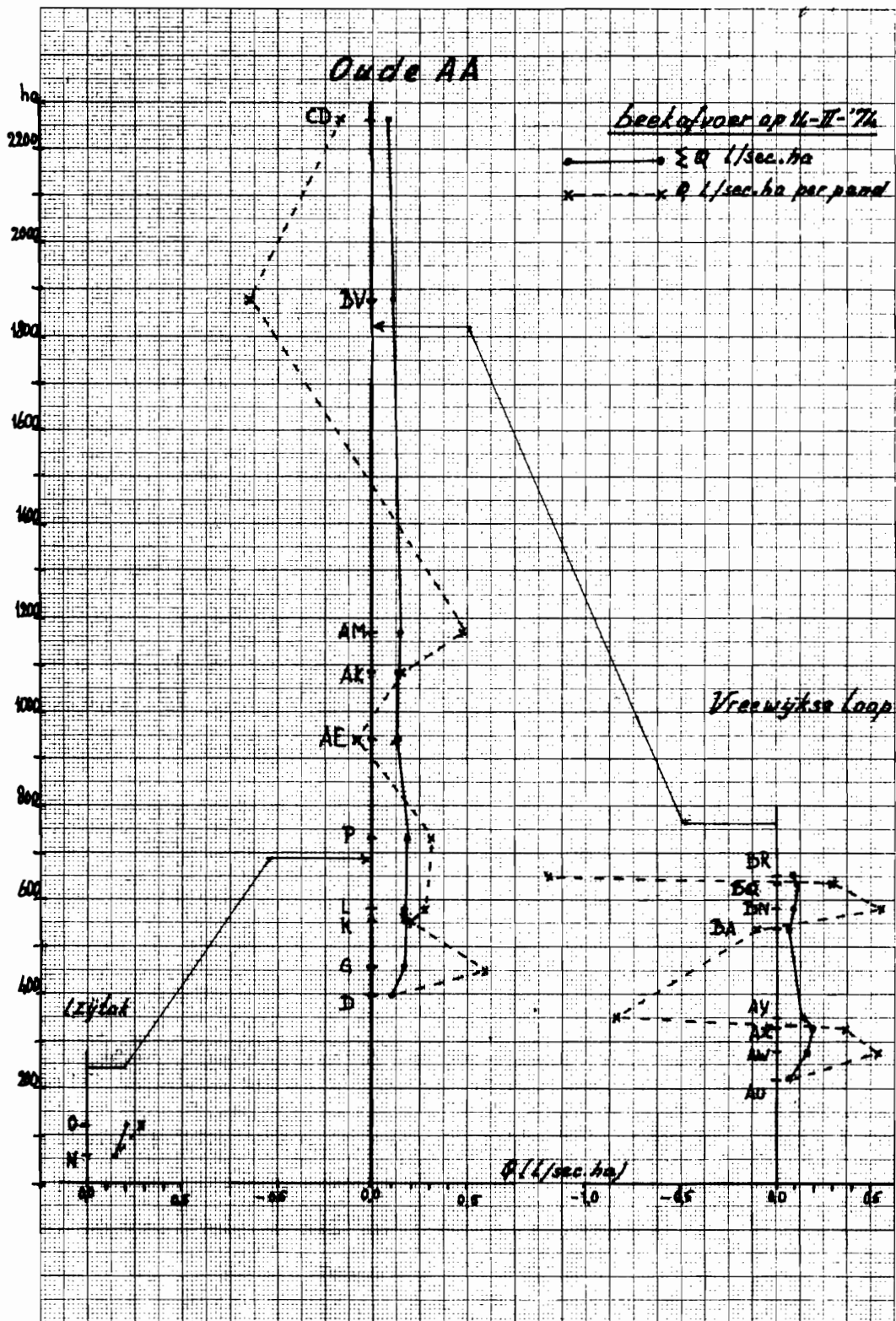


Fig. 2. Beekafvoer van 14-II-'74 in het stroomgebied van de Oude Aa per meetpunt en per stuwpand

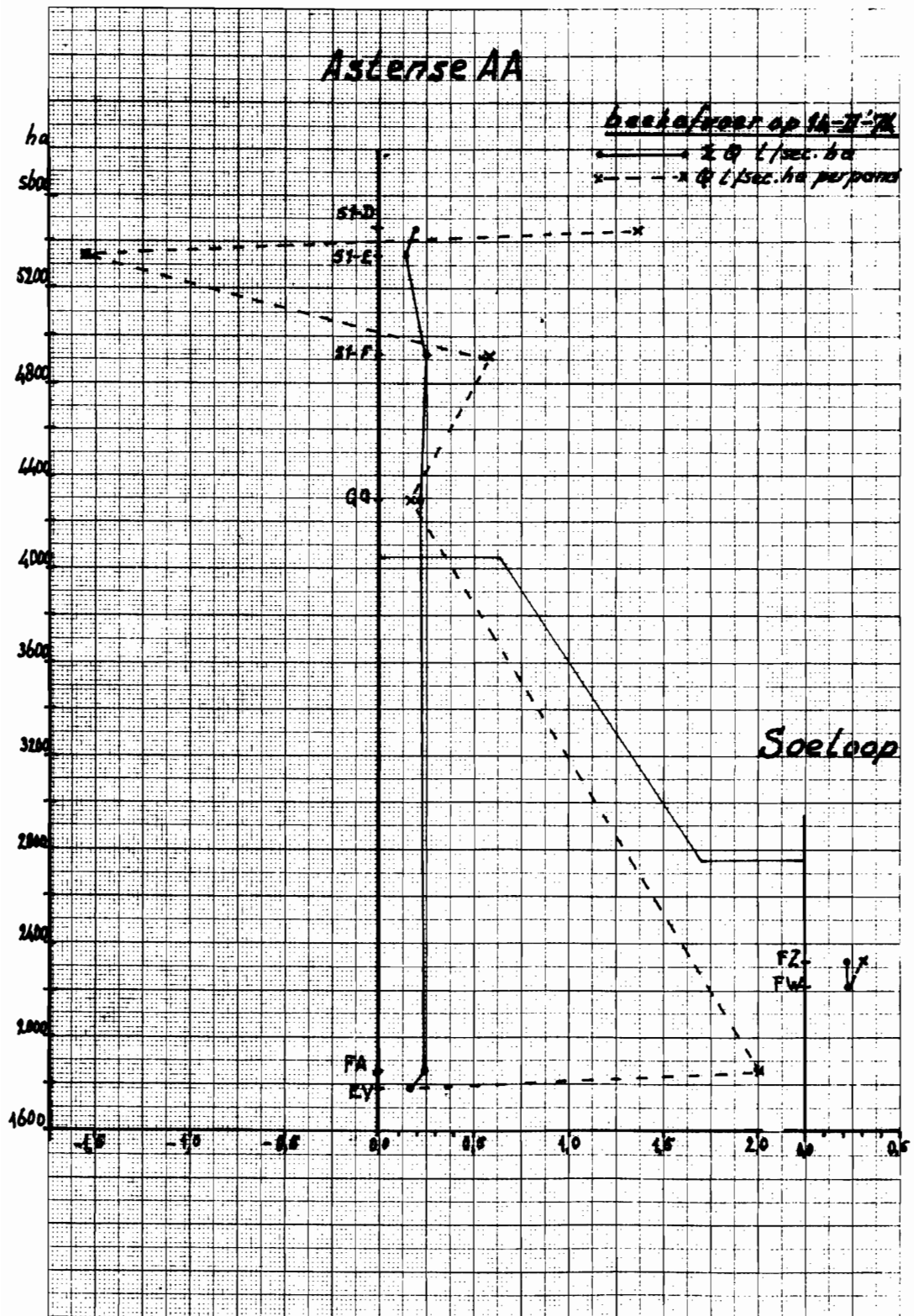


Fig. 3. Beekafvoer van 14-II-'74 in het stroomgebied van de Astense Aa per meetpunt en per stuwpaand

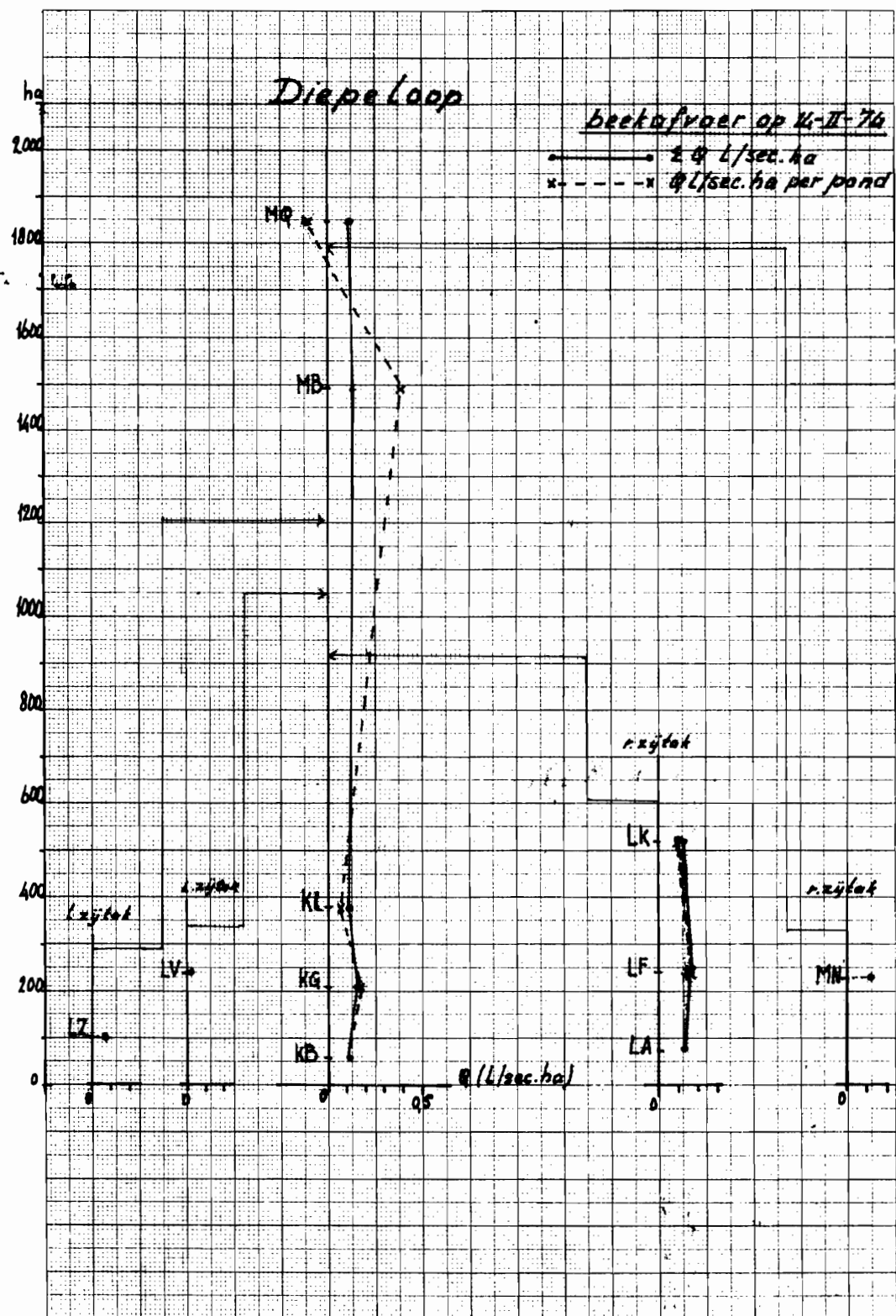


Fig. 4. Beekafvoer van 14-II-'74 in het stroomgebied van de Diepe loop per meetpunt en per stuwpond

metingen, zoals in de tabellen is aangegeven. Er moet dan rekening gehouden worden met de aard van het gebied en de totaal afvoeren die meetpunten passeren. In fig. 2 (Oude Aa) valt het op dat de gemeten afvoerfactor vanaf de bovenloop in stroomafwaartse richting steeds geringer wordt (getrokken lijn nadert de 0-afvoer).

In fig. 3 (Astense Aa) is de afvoerfactor vrij constant en neemt alleen bovenstrooms af. Ook fig. 4 laat een vrij constante afvoer zien.

Als uit deze weinige gegevens een taxatie wordt gemaakt van de gemiddelde afvoernorm (getrokken lijn), dan lijkt het waarschijnlijk dat voor de Diepe loop de afvoernorm in de buurt van 0,5 à 0,6 l/sec.ha komt. Deze afvoer komt neer op een 100 à 150 % hogere afvoer dan de gemeten afvoer.

Voor de Astense Aa zou de taxatie van de gemiddelde afvoernorm ook tussen de 0,5 en 0,65 l/sec.ha kunnen liggen.

Voor de Oude Aa zowel als bij de Vreewijkse loop zien we dat de gemiddelde afvoer terugloopt van ongeveer 0,15 l/sec.ha in het Peelgebied (grote berging door diepe leidingen bij de Peelrandbreuk) tot ongeveer 0,1 l/sec.ha. Een schatting van de gemiddelde afvoernorm bij stuw CD zou voor dit gebied tussen de 0,35 en 0,45 l/sec.ha kunnen liggen.

5. TOETSING MET AFVOERGEGEVENS EN VELDKENMERKEN

Door gedurende natte omstandigheden afvoermetingen te verrichten in verbeterde en onverbeterde gebieden, kunnen waardevolle gegevens worden verkregen als toetsing van de berekende afvoerfactor uit GT-kaarten. Bovenstaande afvoergegevens geven wel een indruk van de te verwachten afvoerfactoren.

Hoewel de GT-kaarten op zichzelf waardevolle inlichtingen geven, dienen deze met inachtneming van de kennis van de diepere ondergrond te worden gehanteerd. Zo wordt op de kaart van de gemiddelde winterwaterstand van de COLN periode, langs de Oude Aa een strook aangegeven met een grondwaterdiepte van 20-40 cm beneden maaiveld. In dit gebied komen leemlagen voor die deze hoge grondwaterstanden kunnen hebben

veroorzaakt. Na de verdieping van de leidingen is slechts op één plaats in februari 1974 een grondwaterstand waargenomen van 76 cm beneden maaiveld, waarbij aanwijzingen zijn, dat het grondwater op de leemlaag stond en de betreffende buis een schijnspiegel aangaf. In al de andere buizen stond het grondwater tussen de 1,50 en 2,80 m beneden maaiveld.

Door waarnemingen in het veld worden waardevolle informatie verstrekt omtrent de hydrologie ten behoeve van beekverbeteringen. In gebieden zonder of met sporadisch voorkomende sloten, vindt wegzijging van de neerslag plaats naar de ondergrond. De doorlatendheid zal dus groot zijn en het grondwater ook in de winter diep. Worden meerdere kleine ondiepe en meestal slecht onderhouden sloten en greppels aangetroffen, dan kan in regenrijke tijden het grondwater zo hoog kunnen stijgen dat de sloten water gaan afvoeren. In de rest van het groeiseizoen kan het grondwater weer diep wegzakken. Door het slechte onderhoud van de sloten zal de afvoer worden geremd, waardoor veelal tot de eerste grassnede voldoende vocht in de bodem aanwezig is.

Hoog grondwater kan veroorzaakt worden door een te hoge ligging van de afvoerbasis, door aanvoer uit het hogere achterland (kwel), door verdichte fijnzandige of leemlagen op een geringe diepte, of zoals in Noord-Brabant bij breukzones (wijnstgronden) die door een dun zanddek zijn afgedekt.

Bij de verdieping van de leidingen in de ruilverkaveling Bakel-Gemert, zijn vele dikke leemlagen doorsneden, waardoor vele reeds genoemde verschijnselen zijn te bestuderen. Sommige van deze leemlagen liggen even boven de bodem van de leiding (fig. 5), andere op ongeveer 50 cm beneden maaiveld (fig. 6). Deze laatste gronden zouden gekarteerd kunnen zijn in de GT II of III. Na de beekverbetering zou het waterbezwaar overeen kunnen komen met de GT V of VI met als gevolg een geringer waterbezwaar.

De ligging van de breukzones kwam bij deze diepe ingravingen van ongeveer 2 m aan het licht doordat de taluds op die plaatsen sterk door drangwater werden aangetast in de vorm van afschuivingen (fig. 5 en 6). De beekbodem vertoont op vele plaatsen kraterelden. Deze welkraters ontstaan doordat de sterke opwaartse kwelstroom het



Fig. 5. Afschuiving van de taluds door kwel na doorgraving van een leemlaag bij een breukvlak

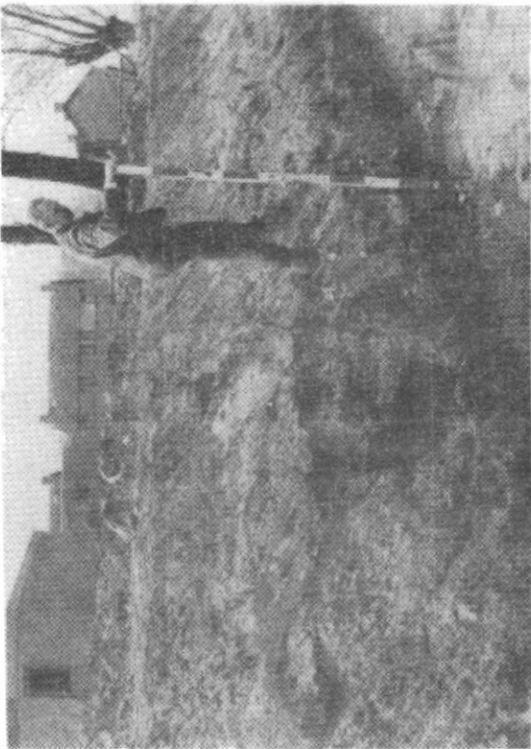


Fig. 6. Afschuiving van het talud onder een ondiepe leemlaag in diepe leiding

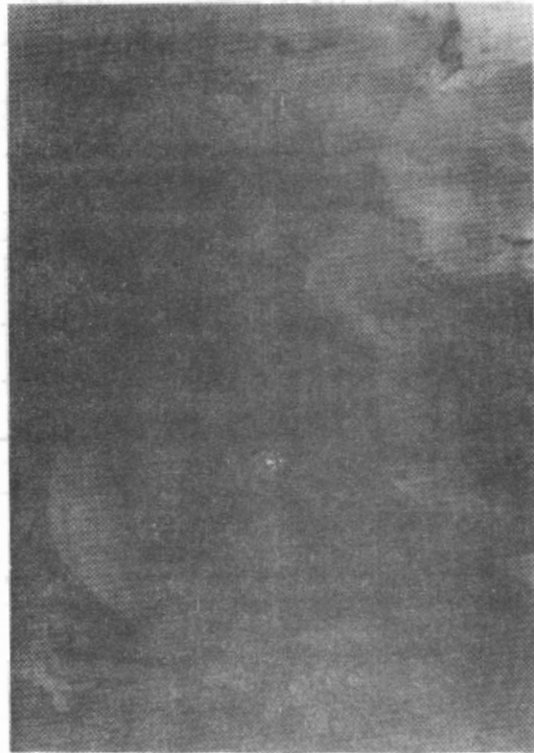


Fig. 7. Welkrater met zandtransport uit de ondergrond in breukzone op de bodem van een leiding



Fig. 8. Uitgediepte en herstelde leiding in de kwelzone bij een storing

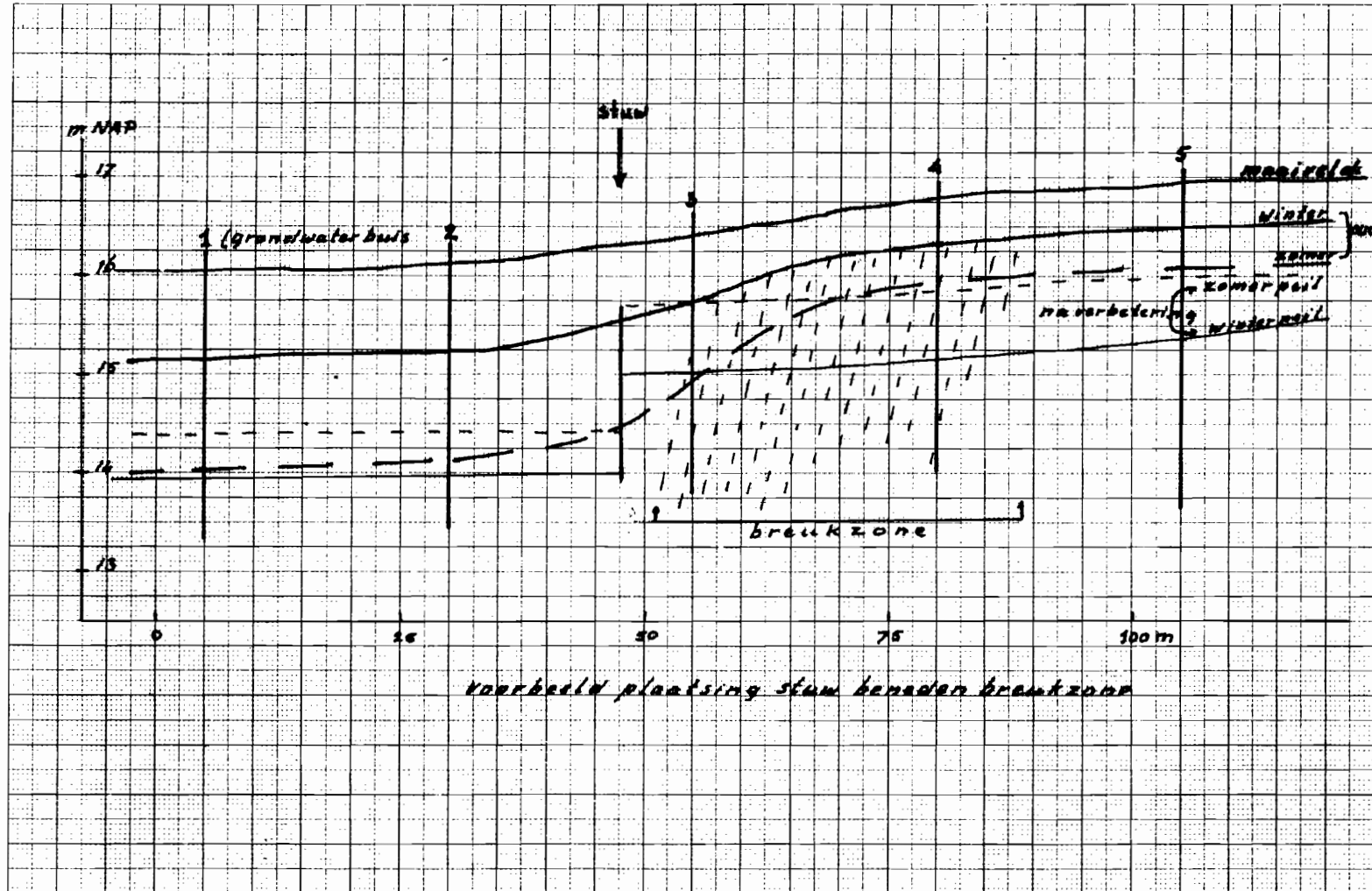


Fig. 9. Plaatsbepaling van een te bouwen stuw bij een breukzone met behulp van grondwaterdieptemetingen in buizen

fijne zand meeneemt (fig. 7). Ook de slootbodems kwamen door het kwelwater aangevoerde zand ongeveer 30 cm omhoog. De beschoeiingspalen op fig. 8 waren enige dagen voor de opname onder het welzand verdwenen.

Voor de bouw van duikers en stuwen zijn deze kwelzones niet bepaald geschikt vanwege de sterke kwel. Een verplaatsing van 20 tot 50 m van een geprojecteerde stuw in stroomafwaartse richting kan vele voordelen opleveren. Deze kunnen onder andere omvatten een grondslag met een neergaande grondwaterstroom, een lagere grondwaterstand en minder pompcapaciteit voor de bronbemaling. Bij het vermoeden van de aanwezigheid van een storing met sterke kwel, kan deze vrij eenvoudig worden opgespoord, door een vijf of zes grondwaterbuizen te plaatsen op een afstand van 20 à 25 m uit de as van de leiding en 25 m van elkaar. Na de waterpassing van de buizen en een opname van de grondwaterstanden is de plaats van het sterker wordend verhang in de grondwaterspiegel spoedig vast te stellen. In fig. 9 is hiervan een schematisch voorbeeld gegeven. Het te ontwerpen zomerpeil kan door opstuwing op ongeveer dezelfde diepte worden gehouden als de zomergrondwaterstand die voor de verbetering aanwezig was. De winterwaterstand wordt door de verdieping van de leiding verlaagd waardoor de vroegere natte wijstgronden redelijk worden ontwaterd.

6. SAMENVATTING

Het vaststellen van de afvoernorm voor een beekverbetering in zandgronden, kan over het algemeen vrij snel plaatsvinden door gebruik te maken van geschatte afvoeren van gronden met een zekere COLN-wintergrondwaterklasse of met de grondwatertrap van de huidige toestand. Hierbij zijn langjarige afvoermetingen overbodig. Doordat op slechts een enkel meetpunt benedenstrooms in een leiding werd gemeten, was het niet mogelijk om een afvoernorm van de bovenstroomse gronden te weten te komen.

Bij de toepassing van de vastgestelde afvoernorm voor het hele stroomgebied of voor onderdelen ervan, zal terdege rekening moeten worden gehouden met een aantal punten. Deze zijn onder andere:

1. het opsporen van de oorzaak van de wateroverlast waarvoor men een gebied wenst te ontwateren (te hoge afvoerbasis, kwel, grondsoort);
2. rekening houden met de nieuwe ontwateringstoestand, waardoor na verbetering een grotere grondwaterberging ontstaat;
3. de diepte van de leidingen (kwel en wegzijging kunnen versterkt worden na doorgraving van moeilijk doorlatende lagen, of kleine tijdelijk natte kommen en laagten droogleggen ten koste van de omringende hogere gronden).

Zeer gewenst is het vooraf meten van de bestaande afvoer, zowel in tijden met veel neerslag als met droogte om een houvast te krijgen voor de uiteindelijk te bepalen afvoernorm. Zijn deze verschillen te groot, dan kan een afgeleide kaart van de bodemkaart met boringen tot drie meter beneden maaiveld inlichtingen geven omtrent de doorlatendheid en de opbouw van dit bovenste pakket. Deze kaart zal in de meeste gevallen de oorzaak ophelderen van de verkregen verschillen tussen de gemeten en de berekende afvoeren.

LITERATUUR

- BON, J., 1970. Hydrologische veldkenmerken en interpretatie van kaarten toegepast op het Waterschap Salland. ICW nota 547.
- 1972. Hydrologische veldkenmerken langs de westflank van de Peelhorst. KNAG Geogr. Tijd VI (1972) nr 5. ICW meded. nr 142.
- 1973. Het hanteren van afvoernormen in stroomgebieden op de zandgronden in Nederland. Watersch. bel. 58-4-73.
ICW verspr. overdr. 136.
- 1974. Grondwaterstroming in het gebied van de Astense Aa.
ICW nota 800.
- JAGER, A.W. DE, 1965. Hoge afvoeren van enige Nederlandse stroomgebieden. Proefschrift.
- MOEN, H.J. en J. BON, 1973. Bijdrage tot het geohydrologisch onderzoek met behulp van kwel- en inzijgingsberekening in het gebied van de Astense Aa. ICW nota 751.
- VISSER, D.W., 1969. Provinciale handleiding voor waterbeheersingsobjecten. Rapport 69-39 Cultuurtechnische Dienst.