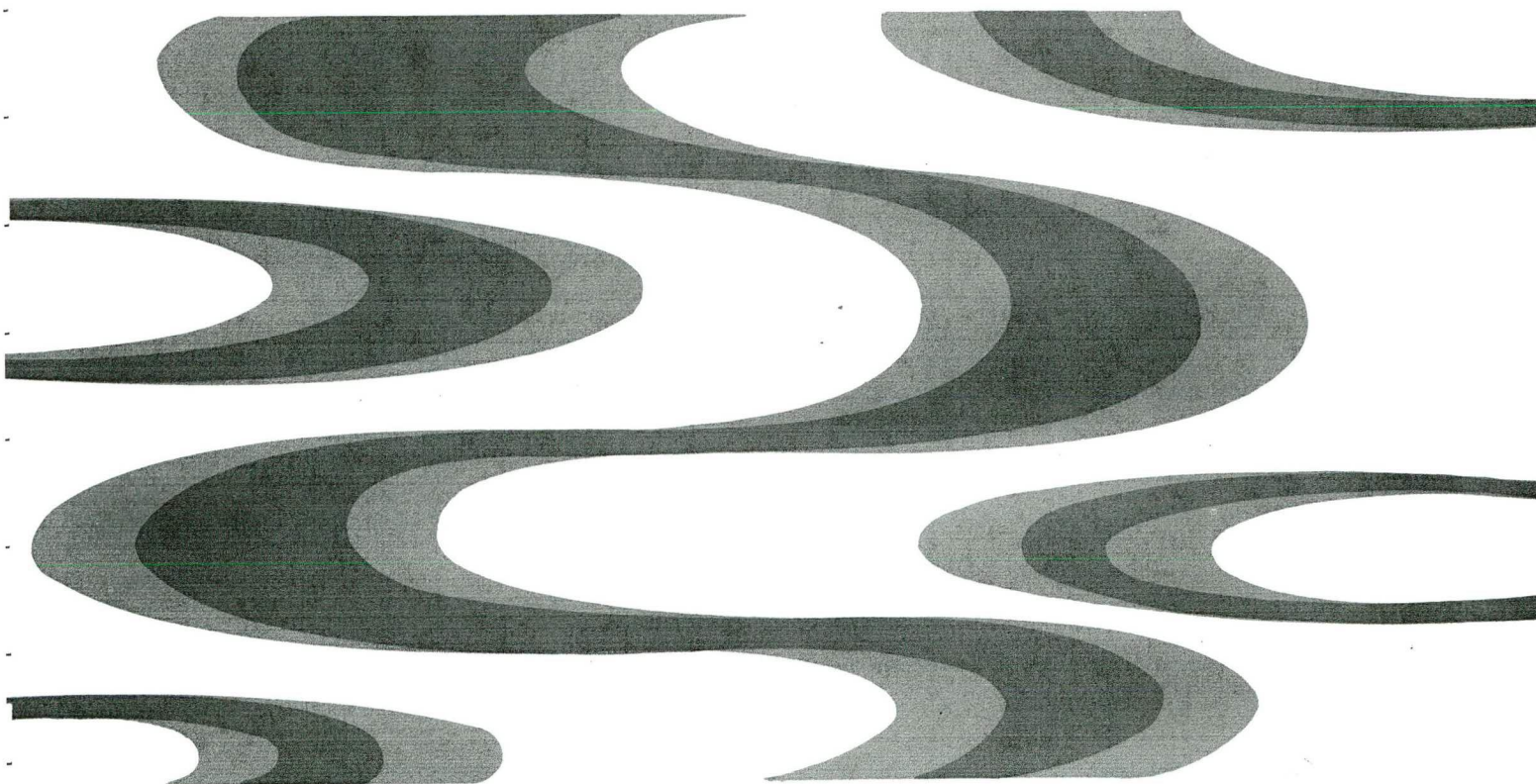
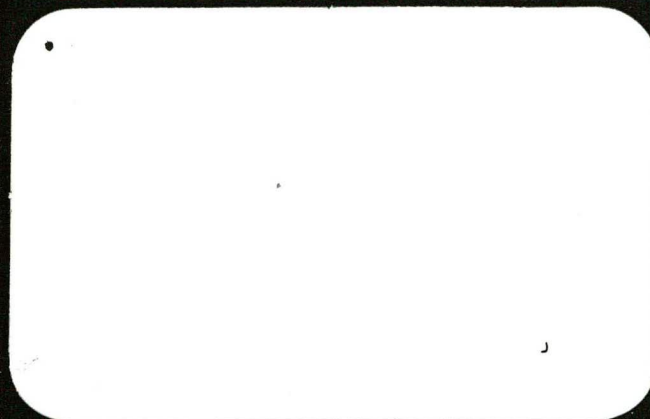


rijkswaterstaat

DI : 488489



directie waterhuishouding
en waterbeweging
district zuidoost

Analyse van drainagekarakteris-
tieken voor proefgebied Hupsel

- een verkennend onderzoek -

notitie 1981-Q

Arnhem, januari 1981

Ir.W.E. van Vuuren

Een notitie van de directie Waterhuishouding en Waterbeweging, district Zuidoost, is in beginsel een interne rapportage, die betrekking kan hebben op het vastleggen zowel van gegevens en (persoonlijke) ideeën alsook van (voorlopige) onderzoeksresultaten en analyses van lopende (deel)studies.

Inhoud

1.	Inleiding	1
2.	Uitgangspunten	2
3.	Methodiek	3
4.	Gegevens	5
5.	Selectie van gebiedsonderdelen	6
6.	Selectie van waarnemingen	9
7.	Resultaten	11
8.	Evaluatie	15
9.	Conclusies	17
10.	Aanbevelingen	18

Bijlagen:	1A	Afvoergegevens stuw 10A	} 1978
	1B	" stuw 23	
	1C	" stuw 19	
	2A	Grondwaterstandsverloop 1978 t.o.v. N.A.P.	
	2B	" 1978 t.o.v. maaiveld	
		voor 17 buizen met representatief gebiedsgemiddelde.	
	3	Neerslag 1978 Assink KNMI	
	4A	Neerslag-afvoerverloop stuw 10A	
	4B	Observaties uit het neerslag-afvoerverloop	

1. Inleiding

Voor het toepassen van het model DEMGEN op de proefgebieden Hupsel en Sleen is voor elk subdistrict een basisdrainagekarakteristiek nodig.

Hieronder wordt verstaan een relatie tussen de ondergrondse drainage die binnen het subdistrict aan de oppervlakte uittreedt en de gemiddelde grondwaterstand in dat subdistrict.

Om een indruk te krijgen van de variatie in de drainagekarakteristieken is een analyse uitgevoerd voor het gehele proefgebied Hupsel en voor twee onderdelen daarvan, voor het kalenderjaar 1978.

Een evaluatie, mede m.b.t. uit te voeren analyses voor het proefgebied Sleen, is op basis van de verkregen resultaten uitgevoerd.

Om aanvullende analyse in de toekomst mogelijk te maken is met name aandacht besteed aan de methode van selectie van waarnemingen. Hierbij speelt het onderscheid in oppervlakte-afvoer (snelle component) en basisafvoer (langzame component, hier basisdrainage genoemd) een grote rol. Tezamen vormen deze de totale gebiedsafvoer: het enige afvoermeetgegeven.

Als meetgegevens werden gebruikt de 24x per jaar afgelezen grondwaterstandsbuizen en gemiddelde dagcijfers voor afvoeren van de stuwen 10A, 23 en 19.

Opgemerkt dient te worden, dat de eventuele stedelijk gebiedsafvoercomponent door de geringe bebouwingsdichtheid van het proefgebied verwaarloosd wordt.

2. Uitgangspunten

Daar onderhavige studie slechts een verkennend karakter draagt, zijn de uitgangspunten dienovereenkomstig vastgesteld.

Uitgangspunten zijn dan de volgende vragen:

- 2.1 Wat is de principiële vorm van de drainagekarakteristiek en de variatie daarin binnen het onderzochte gebied ?
-

Hier wordt gerefereerd aan de mogelijke vormen zoals die in de notitie "Schematiseringsmethodiek" als bruikbaar zijn bevonden voor toepassing van het model (lineair, e-macht etc.).

- 2.2 Wat is de orde van grootte van de parameters, die de karakteristiek beschrijven, en de variatie daarin ?
-

In dit verband kan gesteld worden dat de vorm van de karakteristiek (o.a. steilheid) de variatie in de afvoer bestuurt, terwijl de ligging ervan in het grondwaterstand-afvoer veld juist de gemiddelde afvoer beïnvloedt. Voor de grondwaterstanden geldt het omgekeerde.

- 2.3 Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden ter verdere verfijning van de methodiek ?
-

Tevens hoort hierbij een aanbeveling voor het op gelijk nivo van verfijning toepassen van de toegepaste methodiek voor proefgebied Sleen.

Er wordt niet ingegaan op de vraag in hoeverre en onder welke omstandigheden het concept van de drainagekarakteristiek als éénduidig verband bruikbaar of toegestaan is.

3. Methodiek

Gezocht wordt een relatie van de vorm:

$$D = D(\text{GWL}, \text{vormpar.})$$

waarin D = basisdrainage die het gevolg is van verzadigde grond-^{*}
waterstroming en die binnen het beschouwde gebied in
open waterlopen tot afvoer komt.
(Hier zo gedefinieerd t.b.v. het model).

GWL = hoogte grondwaterstand, b.v. t.o.v. NAP.

vormpar. = parameters die de vorm van de relatie beschrijven.

Deze relatie kan alleen worden bepaald voor een specifiek gebied, via
regressie van gebiedsafvoeren op gemiddelde (gebieds)grondwaterstanden.

Daar de gebiedsafvoer tevens (mogelijke) oppervlakteafvoer (runoff) be-
vat, kunnen slechts waarnemingen gebruikt worden waarvan het waarschijn-
lijk is dat ze geen oppervlakteafvoer bevatten, dit zal in het algemeen
het geval zijn in regenarme perioden.

Gaan we echter alleen in regenarme perioden kijken, dan vinden we niet
de hogere basisafvoeren, zodat een evenwicht gevonden moet worden tus-
sen de wens om een hogere afvoer mee te nemen en het risico dat deze
tevens oppervlakteafvoer bevat. (Verificatie is in dit stadium niet mo-
gelijk).

Dit betekent dat in concreto de volgende methodiek zal worden gevolgd:

* Een eventuele snelle afvoercomponent die in de onverzadigde zône op-
treedt wordt hier als oppervlakteafvoer beschouwd. Eén en ander houdt
verband met de eis, dat de basisdrainage door de verzadigde grondwa-
terpotentiaal moet worden aangedreven. Dit in verband met het eventu-
eel later vaststellen van oppervlakteafvoer in het veld.

3.1 Verzamelen van gegevens.

0 Grondwaterstandsbuizen

0 Afvoergegevens voor verschillende stuwen.

3.2 Selektie van gebiedsonderdelen.

Bepaling afwaterend oppervlak.

3.3 Selektie van waarnemingen.

I.v.m. de problematiek basis-/oppervlakteafvoer.

3.4 Regressie van basisafvoer op grondwaterstand c.q.

grondwaterdiepte t.o.v. maaiveld.

De methodiek zal worden toegepast voor het kalenderjaar 1978, met gebruikmaking van 24x per jaar afgelezen grondwaterstandsbuizen.

4. Gegevens

De volgende gegevens staan ter beschikking:

4.1 Afvoergegevens voor stuw 10A (gehele gebied), stuw 23 (afwatering van Slotboom) en stuw 19 (hoogste deel van Hupsel). Bijlage 1.
Het betreft daggemiddelde waarden, en zijn slechts voor het jaar 1978 voor alle stuwen uitgewerkt.

4.2 Grondwaterstandsgegevens voor circa 32 buizen binnen het stroomgebied Hupsel.
Het betreft 24x per jaar (2-wekelijks) afgelezen waarden. Bijlage 2.

Indirekt zijn ook van belang:

4.3 Neerslagcijfers station Assink KNMI (standaard-regenmeter).
Bijlage 3.

4.4 Grondwatertrappenkaart (Stiboka 1:50.000).

4.5 Gegevens betreffende de ontwatering van het Hupselse beekgebied volgens opgave van het waterschap v/d Berkel.

5. Selektie van gebiedsonderdelen

Op het kaartje in fig. 1 is globaal aangegeven welke gebieden afwateren op de drie stuwen.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van enkele relevante gebiedskenmerken.

Stuw	Afwaterend opp. volgens Ws. v/d Berkel	Globale verdeling over de grondwatertrappen	Buizen t.b.v. representatief gr.w.st. verloop (zie fig. 2)
10A	658 ha		gemiddeld verloop van * 17 buizen (zie bijlage (zie bijlage 2B))
23	86 ha		Gt V : no. 97313
19	126 ha		Gt V : no. 97357 (0.8x) Gt VII: no. 97303 (0.2x)
Schematisering		<div>III</div> <div>V</div> <div>V*</div> <div>VI</div> <div>VII</div>	wegingsfactor

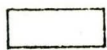
Daar de grondwatertrappen gebaseerd zijn op het gedrag van de grondwaterstand, zullen ze in zekere mate representatief zijn voor de drainage-eigenschappen, vooral voor de bodemfysische invloeden daarop.

De onderscheiden gebiedseenheden vertonen een redelijke spreiding in de grondwatertrappenverdeling. Met name het verschil tussen Gt V en Gt V* is belangrijk, daar de laatste een (kunstmatig) sterker ontwaterd deel van Gt V uitmaakt.

* Dit gebiedsgemiddelde verloop werd berekend in notitie 1981.0 ("Gebiedsgemiddelde grondwaterstanden/diepten 1976 t/m 1978 in de proefgebieden Hupsel en Sleen").

De buizen werden geselecteerd op grond van de Gt-verdeling over het gebied.

De problematiek rond deze kunstmatige ontwatering, die veelal voorkomt op plaatsen waar een schijngrondwaterspiegel kan ontstaan door een afsluitende keileemlaag in de onverzadigde zone, zal in een later stadium zeker verder bekeken moeten worden.



Veldpodzol gronden



Gooreerd gronden



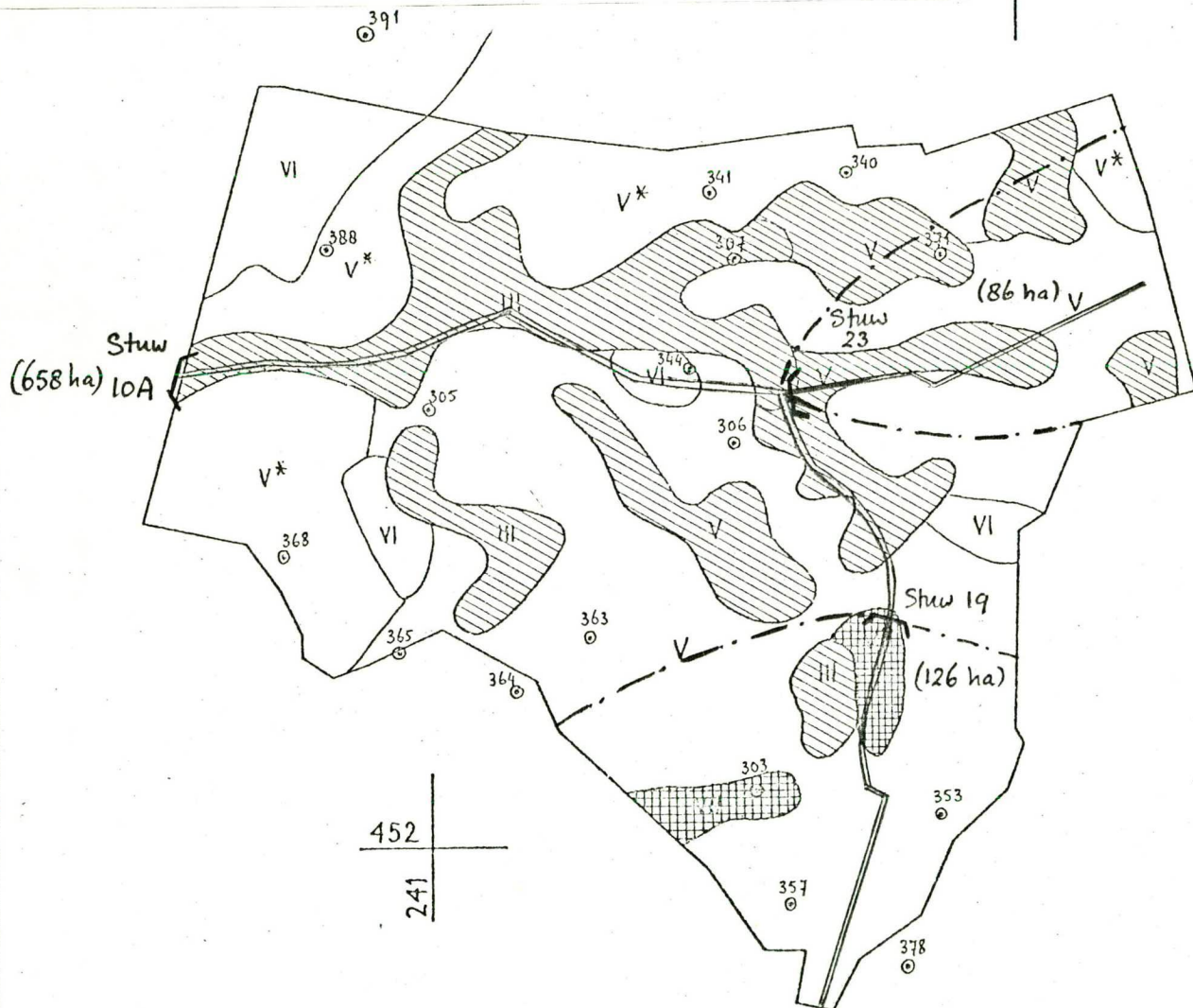
Hoge zwarte enkeerd gronden

GRONDWATERTRAPPEN

Gt III* en V*: droger deel van Gt III en V

Grondwatertrap (Gt)	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GHG)	(<20)	(<40)	<40	>40	<40	40-80	>80
Gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GLG)	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	(>160)

243
455



PROEFGEBIED HUPSEL

F_g 1/2 BODEM - GROEPEN EN Gt's
EN BUISNUMMERS

getek. gecontr. gezien

1: 25.000

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging

district zuidoost (arnhem)

grondcalq. nr

din

nr

6. Selektie van waarnemingen

Voor 1978 zijn op de volgende dagen de grondwaterstandbuizen afgelezen:

13/1, 27/1; 14/2, 28/2; 14/3, 28/3; 14/4, 28/4; 18/5, 30/5; 14/6, 28/6; 14/7, 28/7; 14/8, 28/8; 14/9, 28/9; 13/10, 27/10; 14/11, 28/11; 14/12, 27/12.

Een selektie van deze data moet nu gemaakt worden op grond van het criterium dat geen oppervlakteafvoer opgetreden is op de betreffende dag.

In bijlage 4A is het verloop getekend voor 1978 van:

- 0 neerslag dagtotaal. Assink KNMI
- 0 daggemiddelde afvoer. stuw 10A
- 0 grondwaterstand op de peildata.

De neerslag is als kolom op de dag van optreden uitgezet.

De afvoer is, t.b.v. visuele interpretatie, als continu verloop aangegeven, waarbij de daggemiddelde afvoer op het eind van de dag is uitgezet. De aldus gesuggereerde topafvoeren zijn dus geen werkelijke afvoertoppen.

Omdat, zoals al in par. 3 gezegd, de grotere basisafvoeren net na een regenrijke periode gezocht moeten worden, is het nodig om een veiligheidsmarge aan te geven in termen van het aantal dagen dat we na een bui moeten zitten om geen risico te lopen dat de dan gemeten afvoer oppervlakteafvoer bevat.

Hierin speelt de responsietijd van het stroomgebied op de neerslag een overheersende rol. Is deze tijd kort dan kan de oppervlakteafvoer reeds na enkele uren verdwenen zijn, is deze lang dan kan dat enkele dagen duren.

Uit bijlage 4B (observaties uit het neerslag-afvoerverloop) kan geconcludeerd worden dat:

- 1., het afvoerverloop korte, hoge pieken vertoont, waarvan de echte top op de dag van de gevallen neerslag, dan wel op de daaropvolgende dag opgetreden moet zijn.

Als hierbij bedacht wordt dat de neerslag gemeten wordt om 08.00 hr, en de afvoer het gemiddelde is van 00.00-24.00 hr, dan vergroot dit de kans dat de top op de betreffende dag opgetreden is, en daarmee de kans dat de oppervlakteafvoergolf reeds na 1 dag verdwenen is.

2., het dus niet onredelijk is ervan uit te gaan dat weinig risico op het ten onrechte meenemen van oppervlakteafvoer wordt gelopen als de afvoer van de dag na de bui genomen wordt.

3., de kans op het optreden van oppervlakteafvoer globaal optreedt voor buien van:

's winters	>	1 mm	(1978)
's zomers	>	10 mm	

Daar dit sterk verband houdt met de "voorgeschiedenis" van een betreffende dag m.b.t. gevallen neerslag, bodemvochtinhoud etc., zal dit voor elke periode verschillend zijn.

4., daar de oppervlakteafvoer eerder op gang komt, de "voorkant" van een afvoergolf gevaarlijker is dan de "achterkant", m.b.t. het risico van optreden van oppervlakteafvoer.

Eén en ander sluit aan bij de fysische karakteristieken van het stroomgebied: klein oppervlak, dus korte concentratietijd; relatief hoge infiltratiecapaciteit: dekzandgronden; etc.

Op grond van de hierboven aangegeven resultaten verkrijgen we de volgende "veilige" data:

0 Alle data, behalve 28/9, 14/12, 28/12.

28/9 en 14/12 vallen uit daar deze in het wassende deel van de afvoergolf zitten; 28/12 omdat deze samenvalt met de top.

7. Resultaten

In tabel 1 zijn de waarnemingen uit bijlagen 1 t/m 3 voor de geselecteerde meetdata weergegeven. Tevens is hierbij de drainage in mm/d omgerekend via het afwaterend oppervlak.

De waarden voor GWL en D zijn uitgezet in fig. 3. Het valt op, dat een vrij scherpe scheiding te leggen is m.b.t. tot het steile en flauwe deel van de puntenwolken. Tot het steile deel kunnen gerekend worden alle waarnemingen van vóór 28/4, hetgeen geldt voor elk van de drie gebiedsdelen.

De regressieanalyse is uitgevoerd op grondwaterdiepten, conform de DEMGEN-eisen, waartoe de grondwaterstanden via maaiveldshoogte omgerekend zijn. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.

Het verloop is gesplitst in 2 delen:

$$\begin{array}{ll} \gamma \leq \gamma^* & : D = \alpha + \beta\gamma \\ \gamma \geq \gamma^* & : D = \text{constant} \end{array}$$

waar γ^* = knikpunt in het verloop.

Van de regressie in het flauwe deel van het verloop is verder geen gebruik gemaakt.

Bij de interpretatie van de correlatiecoëfficiënt (r) wordt erop gewezen dat bij $n=7$ waarnemingen en $r = 0.96$ een betrouwbaarheidsinterval voor de correlatiecoëfficiënt van de populatie (95% betrouwbaarheid) afgeleid kan worden van:

$$\sim 0.7 \leq \rho \leq 0.99999$$

1978

d.d.	Stuw 10A 658 ha mv = 30.07 + NAP			Stuw 23 86 ha mv = 30.90 + NAP			Stuw 19 126 ha mv = 32.27 + NAP			Opmerkingen
	GWL cm	Q m ³ /s	D mm/d	GWL cm	Q m ³ /s	D mm/d	GWL cm	Q m ³ /s	D mm/d	
13/1	2949	0.176	2.31	3061	0.021	2.11	3175	0.023	1.58	* grens GWL
27/1	2947	0.138	1.81	3058	0.016	1.61	3169	0.017	1.17	
14/2	2924	0.023	0.30	3043	0.001	0.10	3153	0.002	0.14	
28/2	2935	0.062	0.81	3050	0.007	0.70	3156	0.008	0.55	
14/3	2941	0.122	1.60	3055	0.013	1.31	3165	0.016	1.10	
28/3	2953	0.158	2.07	3060	0.017	1.71	3180	0.022	1.51	
14/4	2930	0.036	0.47	3045	0.002	0.20	3156	0.003	0.21	
28/4	2910	0.012	0.16	3027	0.001	0.10	3142	0.001	0.07	
18/5	2911	0.022	0.29	3035	0.001	0.10	3143	0.001	0.07	dubieuze waarde ivm ontbreken neerslag
30/5	2894	0.009	0.12	3012	0.000	0	3123	0.000	0	
14/6	2881	0.008	0.11	2994	0.000	0	3096	0.000	0	
28/6	2877	0.008	0.11	2991	0.001	0.10	3078	0.000	0	
14/7	2907	0.033	0.43	3027	0.002	0.20	3122	0.001	0.07	
28/7	2881	0.008	0.11	2989	0.000	0	3079	0.000	0	
14/8	2870	0.007	0.09	2976	0.000	0	3058	0.000	0	
28/8	2858	0.005	0.07	2964	0.000	0	3041	0.000	0	
14/9	2856	0.004	0.05	2954	0.000	0	3032	0.000	0	
13/10	2885	0.011	0.14	2995	0.001	0.10	3068	0.000	0	
27/10	2883	0.008	0.11	2991	0.001	0.10	3077	0.000	0	n = 24
14/11	2881	0.006	0.08	2987	0.002	0.20	3085	0.000	0	
28/11	2887	0.011	0.14	3000	0.001	0.10	3092	0.001	0.07	

Tabel 1. Meetgegevens voor 24 peildata in 1978

	buis No.	wegings- factor
* GWL:	stuw 23: 97313	(Gt V)
	stuw 19: 97357	* 0.8 (Gt V)
	97303	* 0.2 (Gt VII)

$$D = \frac{Q}{opp} \approx 8.64 \cdot 10^3 \text{ [mm/d]} \quad \begin{array}{l} Q : \text{ m}^3/\text{s} \\ opp : \text{ ha} \end{array}$$

GWL = grondwaterstand t.o.v. NAP

Q = gebiedsafvoer voor betreffende stuw

D = omgerekende drainage in mm/d

d.d.	Stuw 10A 658 ha mv = 30.07 + NAP			Stuw 23 86 ha mv = 30.90 + NAP			Stuw 19 126 ha mv = 32.27 + NAP		
	γ mm	gemeten D mm/d	berekend ΔD mm/d	γ mm	gemeten D mm/d	berekend ΔD mm/d	γ mm	gemeten D mm/d	berekend ΔD mm/d
13/1	580	2.31	-0.303	290	2.11	-0.163	520	1.58	-0.129
27/1	600	1.81	+0.051	320	1.61	+0.016	580	1.17	-0.048
14/2	830	0.30	-0.120	470	0.10	-0.080	740	0.14	+0.103
28/2	720	0.81	+0.174	400	0.70	+0.069	710	0.55	-0.142
14/3	660	1.60	-0.178	350	1.31	-0.005	620	1.10	-0.198
28/3	540	2.07	+0.229	300	1.71	+0.130	470	1.51	+0.215
14/4	770	0.47	+0.148	450	0.20	+0.033	710	0.21	+0.198
\bar{x}	671.4	1.339	$ \bar{\Delta} =0.17$	368.6	1.106	$ \bar{\Delta} =0.071$	621.4	0.894	$ \bar{\Delta} =0.148$
s	106.5	0.804	$s_{\Delta}=0.202$	72.4	0.782	$s_{\Delta}=0.097$	103.8	0.595	$s_{\Delta}=0.170$
regressielijn 13/1 t/m 14/4	D = 6.246 - 0.00731 γ r = -0.968 n = 7 $\gamma^* = 835$ mm (D=0.144)			D = 5.052 - 0.0107 γ r = -0.992 n = 7 $\gamma^* = 465$ mm (D=0.071)			D = 4.305 - 0.00549 γ r = -0.958 n = 7 $\gamma^* = 782$ mm (D=0.15)		
	tov \bar{x} ↓			tov \bar{x} ↓			tov \bar{x} ↓		
28/4	970	0.16	-0.016	630	0.10	+0.029	850	0.07	+0.055
18/5	960	0.29	+0.146	550	0.10	+0.029	840	0.07	+0.055
30/5	1130	0.12	-0.024	780	0	-0.071	1040	0	-0.015
14/6	1260	0.11	-0.034	960	0	-0.071	1310	0	-0.015
28/6	1300	0.11	-0.034	990	0.10	+0.029	1490	0	-0.015
14/7	1000	0.43	+0.286	630	0.20	+0.129	1050	0.07	+0.055
28/7	1260	0.11	-0.034	1010	0	-0.071	1480	0	-0.015
14/8	1370	0.09	-0.054	1140	0	-0.071	1690	0	-0.015
28/8	1490	0.07	-0.074	1260	0	-0.071	1860	0	-0.015
14/9	1510	0.05	-0.094	1360	0	-0.071	1950	0	-0.015
13/10	1220	0.14	-0.004	950	0.10	+0.029	1590	0	-0.015
27/10	1240	0.11	-0.034	990	0.10	+0.029	1500	0	-0.015
14/11	1260	0.08	-0.064	1030	0.0	+0.129	1420	0	-0.015
28/11	1200	0.14	-0.004	900	0.10	+0.029	1350	0	-0.015
\bar{x}	1226.4	0.144	$ \bar{\Delta} =0.064$	941.4	0.071	$ \bar{\Delta} =0.061$	1387.1	0.015	$ \bar{\Delta} =0.024$
s	170.4	0.100	$s_{\Delta}=0.100$	233.5	0.073	$s_{\Delta}=0.073$	343.7	0.030	$s_{\Delta}=0.030$
regressielijn 28/4 t/m 28/11	D = 0.685 - 0.000744 γ r = -0.752 n = 14			D = 0.215 - 0.000153 γ r = -0.492 n = 14			D = 0.105 - 0.000065 γ r = -0.747 n = 14		
	Deze regressielijnen zijn verder niet gebruikt. Kolom ΔD geeft voor 28/4 t/m 28/11 de afwijking t.o.v. de gemiddelde basisdrainage in die periode (D).								

Tabel 2. Resultaten van de regressie van drainage op grondwaterdiepte.

γ = diepte grondwaterstand onder maaiveld
 γ^* = knikpunt in de karakteristiek
D = basisdrainage, gemeten
 ΔD = verschil tussen berekende waarde - 13/1 t/m 14/4: regressie;
28/4 t/m 28/11: gemiddelde en gemeten waarde

8. Evaluatie van tabel 1 en 2.

Observaties

1. Gemiddeld leveren de hoge delen minder basisafvoer (in mm/d) dan de lagere delen:

	m.v. (m) + NAP	% relatieve afvoer in mm/d tov. die van stuw 10A			
		13/1 t/m 14/4	28/4 t/m 28/11	totale periode	
Stuw 10A	30.07	100 %	100 %	100 %	
Stuw 23	30.90	83 %	49 %	60 %	
Stuw 19	32.27	67 %	10%	29%	

Zie in dit verband ook 4.1 en 4.2 hieronder

2. Helling van de $D(\gamma)$ relaties (voor $\gamma \leq \gamma^*$) praktisch dezelfde voor alle gebiedsdelen. (Grondwaterstandsafhankelijke deel).
3. Helling van $D(\gamma)$ voor $\gamma \geq \gamma^*$ niet significant verschillend van 0 ($D = \text{constant}$).
4. Constante term van de basisdrainagerelaties varieert van 4.3 (stuw 19) tot 6.2 mm/d (stuw 10A) volgens de oorspronkelijke regressielijnen, waarbij geen overtuigende correlatie met hoogteligging gevonden kan worden.

De ligging van het knikpunt varieert dienovereenkomstig van 465 mm tot 835 mm: verschil 370 mm.

Een aantal factoren zijn echter van invloed op bovengenoemde verschillen:

- 4.1 Systematische afwijkingen in het "representatieve" grondwaterstandsverloop voor de deelgebieden (stuw 23 en stuw 19) kunnen gemakkelijk $\Delta 0(100 \text{ mm})$ bedragen.

Voor stuw 23 is slechts 1 buis en voor stuw 19 zijn twee buizen genomen.

Dit werkt rechtstreeks door in de ligging van het knikpunt, in-direkt op de berekende drainage ($100 \text{ mm in } \gamma^* \hat{=} 100 * 0.00731 = 0.7 \text{ mm/d in de drainage}$).

4.2 Onnauwkeurigheden in het aan de stuwen toegekende (oppervlakte-) afwaterend oppervlak. Feitelijk zou dit grondwaterafvoerend oppervlak moeten zijn. Deze fout werkt rechtstreeks door in de drainage: een fout van -10% in het oppervlak $\hat{=}$ +10% in de drainage (in mm/d) bij de gemeten afvoer Q. Dit is, vanwege het lineaire verband, tevens een fout van +10% in de ligging van het knikpunt, bij stuw 19 dus ca. 60 mm.

Een afwijking in de orde van 20% wordt niet onmogelijk geacht.

5. De grootte van de constante drainage voor $\gamma \geq \gamma^*$ tendeert duidelijk naar een lagere waarde voor hogere gebiedsonderdelen, hetgeen ook fysisch aannemelijk is. De onder 4. genoemde systematische afwijkingen hebben hier minder invloed op, daar het om kleine drainagewaarden gaat.

Toelichting:

was	D=constant	% tov 10A
Stuw 10A	0.144	100%
Stuw 23	0.071	49%
Stuw 19	0.015	10%

bij een fout van -10% in D=constant voor stuw 10A wordt dit:

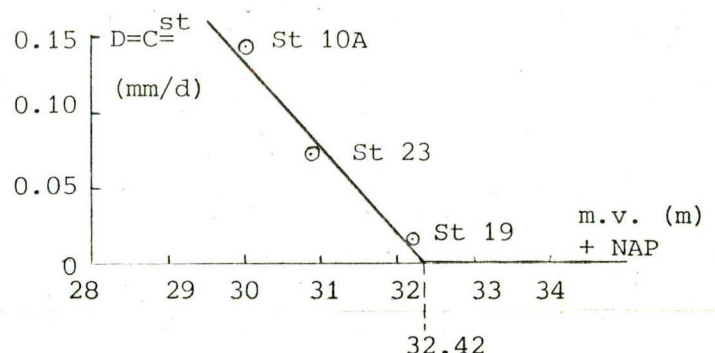
Stuw 10A	0.1296	100%
Stuw 23	0.071	55%
Stuw 19	0.015	12%

De geconstateerde verschillen zullen dus eerder significant zijn.

Een relatie met de gemiddelde maaiveldshoogte kan geëvalueerd worden:

$$[D = C^{\text{st}}] = 1.84 - 0.0569 [\text{m.v.}]$$

$$\gamma \geq \gamma^* \quad r = -0.977$$



N.B.: voor het laagste punt in Hupsel: ca. 23.50 + NAP geeft dit 0.51 mm/d en voor het hoogste: mv 33.70 + NAP wordt dit 0 mm/d, daar het fysisch aannemelijk is dat voor een maaiveldshoogte groter dan 32.42 + NAP geen infiltratie zal optreden.

9. Conclusies

1. Er volgt uit de observaties dat, althans voor het jaar 1978, een duidelijke relatie te bepalen is tussen de basisdrainage en grondwaterstand, met een als volgt gekarakteriseerd verloop:

$$D = \alpha + \beta\gamma \quad \text{voor voor} \quad \gamma \leq \gamma^*$$

$$D = \text{constant voor voor} \quad \gamma \geq \gamma^*$$

waar D = basisdrainage [mm/d]

γ = diepte van de grondwaterstand t.o.v. mv [mm]

α, β = regressieconstanten [mm/d, 1/d]

γ^* = grondwaterdiepte waarboven een constante drainage optreedt [mm]

2. Er is geen aanleiding om gebiedsonderdelen te onderscheiden naar de steilheid (β) van de drainagerelatie voor $\gamma \leq \gamma^*$.
Een waarde voor β van $\beta = 0.0073$ is aannemelijk, voor het jaar 1978.
3. De constante α van de drainagekarakteristiek kan nu niet nauwkeurig bepaald worden, maar verwacht kan worden dat deze voor gebiedsonderdelen significant verschillend kan zijn.
4. De grootte van de constante drainage voor $\gamma \geq \gamma^*$ is significant verschillend voor de deelgebieden.
Voor het gehele gebied bedraagt dit ca. 0.14 mm/d ($\hat{=}$ 10.7 l/s) en neemt af tot ca. 0.02 mm/d voor de hoogste delen (stuw 19). Wat betreft de ijking op afvoeren is dit niet van belang, maar wel voor de totale afvoer over een periode i.v.m. de waterbalans.

10. Aanbevelingen

1. Nadere analyse van basisdrainagekarakteristieken is noodzakelijk:
 - 0 voor andere jaren (b.v. alleen stuw 10A voor '76 t/m '78)
 - 0 met verbeterde representatieve grondwaterstandsverlopen
 - 0 met verbeterd inzicht in de verdeling oppervlakte-/basisafvoer in het afvoerverloop.
2. Om voorlopige berekeningen mogelijk te maken, wordt het volgende voorgesteld:
 - 0 de helling van de drainagekarakteristiek kan op $\beta = 0.0073$ aangenomen worden voor het gehele gebied, alsmede voor onderdelen daarvan.
 - 0 de grootte van de constante drainage voor diepe grondwaterstanden kan voor het gehele gebied worden aangenomen op 0.14 mm/d, voor het hoogste gebiedsdeel is dat 0.02 mm/d. Voorgesteld wordt om voor elk onderscheiden gebiedsonderdeel de gemiddelde maaiveldshoogte te bepalen, en volgens onderstaand verband de grootte van de constante drainage te bepalen:

$$D_{\text{const}} = 1.8 - 0.057 * [\text{m.v.}] \quad (\text{zie punt 5 van de observaties})$$

waar: D_{const} = constante waarde van de drainage [mm/d]
bij diepe grondwaterstanden.
 $\gamma \geq \gamma^*$

[m.v.] = gemiddelde maaiveldshoogte t.o.v. NAP [m]

- 0 De waarde van α in de relatie $D = \alpha + \beta\gamma$ zal moeten worden bepaald via optimalisatie van grondwaterstanden bij het rekenen met het model, indien deze voor gebiedsonderdelen nodig is. Voor het gehele gebied kan deze worden gesteld op $\alpha = 6.2$ mm/d, voor 1978.

Hiermee wordt ook het knikpunt (γ^*) in de relatie vastgelegd, als de grootte van de constante einddrainage voor $\gamma \geq \gamma^*$ en de helling van $D(\gamma)$ voor $\gamma \leq \gamma^*$ vastliggen. De waarde van D op het knikpunt voldoet dan aan beide delen van het geknikte verloop.

Aanbevelingen t.a.v. bepaling basisdrainagerelaties in Sleen

Als dezelfde procedure wordt gevolgd als bij Hupsel, worden slechts twee elementen van de drainagekarakteristiek onderzocht:

- 0 helling β van $D(\gamma) = \alpha + \beta\gamma$
- 0 grootte van de constante drainage bij diepe grondwaterstanden.

De factor α wordt dan geoptimaliseerd met het model, m.b.v. grondwaterstanden.

In concreto vergt dit de volgende analyses:

- 0 Selektie van gebiedsonderdelen waarvoor een "representatief" grondwaterstandsverloop, een schatting van het bijdragend oppervlak ($\pm 30\%$) en gemeten afvoeren bekend zijn. Tevens moet van elk gebied een karakterisering in representatieve Gt-klasse bekend zijn.
- 0 Bepaling van β via regressie-analyse voor elk van de gebiedsonderdelen.
- 0 Bepaling van de constante drainage voor diepe grondwaterstanden.

D> = DEC.MAXIMUM
D< = DEC.MINIMUM

Bijlage 1B Daggemiddelde afvoeren stuw 23, 1978

AFVCEPCIJFERS IN MB/SEC 1976		STAT.IDENTIFICATIE: WZJO 28023 W.V.BRT: 52410 STATIONSNAAM : HUPSEL STU. 21		GEN.ETHAAL LCOPT VAN 0.00 TOT 0.00 U.									
	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
1	.018	.007	.005	.015M>	.001	.000JK	.004	.000JK	.000JK	.008M>	.000JK	.001M<	1
2	.013	.014M>	.005	.009	.001	.000JK	.0030<	.000JK	.000JK	.004	.000JK	.001M<	2
3	.0220>	.014M>	.0080>	.007	.000JK	.000JK	.008	.000JK	.000JK	.003	.0010>	.0020>	3
4	.020	.011	.006	.005	.000JK	.000JK	.007	.000JK	.000JK	.002	.0010>	.0020>	4
5	.010	.008	.004	.004	.000JK	.000JK	.007	.000JK	.000JK	.002	.0010>	.001M<	5
6	.008	.011	.003M<	.003	.001	.000JK	.009	.000JK	.000JK	.002	.0010>	.0020>	6
7	.008	.009	.003M<	.003	.014M>	.0010>	.009	.000JK	.000JK	.002	.0010>	.0020>	7
8	.0060<	.006	.004	.003	.007	.0010>	.017	.000JK	.000JK	.002	.0010>	.001M<	8
9	.0060<	.0040<	.0080>	.003	.004	.0010>	.021M>	.000JK	.000JK	.0010<	.0010>	.0020>	9
10	.011	.0040<	.005	.0020<	.003	.0010>	.012	.000JK	.000JK	.0010<	.0010>	.0020>	10
I	.012	.009	.005	.005	.003		.010			.003	.001	.002	
11	.023	.004	.0040<	.0030>	.002	.000JK	.0070>	.000JK	.000JK	.0010>	.0010<	.0040<	11
12	.051M>	.003	.007	.002	.002	.000JK	.004	.000JK	.000JK	.0010>	.0010<	.0040<	12
13	.021	.002	.017	.0030>	.0030>	.000JK	.003	.000JK	.000JK	.0010>	.002M>	.008	13
14	.014	.001M<	.013	.002	.002	.000JK	.002	.000JK	.000JK	.0010>	.002M>	.017	14
15	.011	.001M<	.015	.002	.002	.000JK	.001	.000JK	.000JK	.0010>	.002M>	.058	15
16	.008	.002	.033	.002	.0010<	.000JK	.001	.000JK	.000JK	.0010>	.002M>	.006J>	16
17	.007	.005	.015	.001M<	.0010<	.000JK	.001	.000JK	.000JK	.0010>	.0010<	.021	17
18	.005	.0120>	.008	.001M<	.0010<	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010<	.011	18
19	.005	.006	.010	.001M<	.0010<	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010<	.006	19
20	.0040<	.0120>	.037M>	.001M<	.0010<	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010<	.007	20
II	.015	.005	.016	.002	.002		.002			.001	.001	.020	
21	.003M<	.005	.025	.001M<	.0010>	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.003	21
22	.003M<	.001M<	.020	.001M<	.0010>	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.0020<	22
23	.003M<	.002	.020	.001M<	.0010>	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.0020<	23
24	.011	.003	.025	.001M<	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.005	24
25	.020	.007	.021	.001M<	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.033	25
26	.0290>	.0090>	.0330>	.001M<	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.032	26
27	.016	.007	.019	.001M<	.000JK	.001	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.030	27
28	.011	.007	.017	.001M<	.000JK	.001	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.052	28
29	.009		.0120<	.001M<	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.000JK	.0010>	.0010>	.0530>	29
30	.007		.022	.001M<	.000JK	.002M>	.000JK	.000JK	.002M>	.0010>	.0010>	.040	30
31	.006		.031		.000JK		.000JK	.000JK		.0010>		.033	31
III	.010	.005	.022	.001						.001	.001	.026	
	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	GEM100	
	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
	.012	.006	.015	.003	.002		.004			.007	.001	.016	
													GEM100
													1978
													.005
	D>	=	DEC.MAXIMUM		M>	=	MND.MAXIMUM		J>	=	JAAR MAXIMUM		
	D<	=	DEC.MINIMUM		M<	=	MND.MINIMUM		J<	=	JAAR MINIMUM		

Bijlage 1C Daggemiddelde afvoeren stuw 19, 1978

AFVOERCIOFERS IN F3/SEC		STAT.IDENTIFICATIE: WZ20 2019		WN.SET: 12011		EEN ETMAAL LOOPT							
1978		STATIONSNAAM : HUPSEL STUW 19				VAN 0.00 TOT 0.00 U.							
	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
1	.022	.008	.007	.019M>	.001	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.010M>	.000J<	.001M<	1
2	.015	.016M>	.007	.012	.001	.000J<	.001	.000J<	.000J<	.005	.000J<	.001M<	2
3	.029D>	.015	.011D>	.009	.000J<	.000J<	.002	.000J<	.000J<	.004	.000J<	.002	3
4	.026	.013	.006	.007	.000J<	.000J<	.002	.000J<	.000J<	.003	.001M>	.002	4
5	.012	.010	.006	.006	.000J<	.000J<	.005	.000J<	.000J<	.002	.000J<	.001M<	5
6	.011	.015	.004M<	.004	.002	.000J<	.006	.000J<	.000J<	.002	.000J<	.002	6
7	.010	.013	.004M<	.003	.016M>	.001M>	.006	.000J<	.000J<	.001D<	.000J<	.003	7
8	.006D<	.006	.005	.003	.008	.000J<	.011	.000J<	.000J<	.001D<	.000J<	.002	8
9	.008D<	.005	.009	.003	.005	.000J<	.019M>	.000J<	.000J<	.001D<	.000J<	.003	9
10	.015	.004D<	.006	.002D<	.003	.000J<	.011	.000J<	.000J<	.001D<	.000J<	.004D>	10
I	.016	.011	.007	.007	.004		.006			.003		.002	
11	.028	.003	.005D<	.003	.002	.000J<	.005D>	.000J<	.000J<	.001D>	.000J<	.004D<	11
12	.058M>	.002M<	.009	.003	.002	.000J<	.003	.000J<	.000J<	.001D>	.000J<	.004D<	12
13	.023	.002M<	.022	.004D>	.004D>	.000J<	.002	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.010	13
14	.016	.002M<	.016	.003	.002	.000J<	.001	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.026	14
15	.013	.002M<	.018	.003	.002	.000J<	.001	.000J<	.000J<	.000J<	.001M>	.068	15
16	.011	.002M<	.037	.002	.001D<	.000J<	.001	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.078J>	16
17	.006	.002M<	.016	.002	.001D<	.000J<	.001	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.025	17
18	.007	.004	.011	.001M<	.001D<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001D>	.000J<	.014	18
19	.006D<	.002M<	.012	.001M<	.001D<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.009	19
20	.006D<	.007D>	.041D>	.001M<	.001D<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.006	20
II	.018	.003	.019	.002	.002		.001					.024	
21	.005	.003	.026	.001M<	.001D>	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.004	21
22	.005	.002M<	.023	.001M<	.001D>	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001D>	.000J<	.004	22
23	.004M<	.004	.029	.001M<	.001D>	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001D>	.000J<	.003D<	23
24	.014	.006	.035	.001M<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001D>	.000J<	.007	24
25	.022	.011D>	.029	.001M<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001D>	.001M>	.042	25
26	.026D>	.010	.044M>	.001M<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001D>	.001M>	.032	26
27	.017	.008	.026	.001M<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001	.000J<	.001M>	.032	27
28	.014	.008	.022	.001M<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001D>	.001M>	.057D>	28
29	.011		.016D<	.001M<	.000J<	.000J<	.000J<	.000J<	.001	.000J<	.001M>	.056	29
30	.008		.027	.001M<	.000J<	.001M>	.000J<	.000J<	.005M>	.000J<	.001M>	.046	30
31	.007		.037		.000J<		.000J<	.000J<		.000J<		.020	31
III	.012	.007	.029	.001					.001	.001	.001	.028	
	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	GEMIDD	
	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
	.015	.007	.018	.003	.002		.002			.001		.018	

Na.	mei	juni	juli	augustus	september	oktober	november	december	1978																	
HUPSEL									GE																	
97305	26.24	2580	2577	2554	2568	2577	2579	2556	2535	2544	2525	2507	2506	2546	2517	2506	2494	2497	2518	2536	2535	2532	2540	2564	2587	
97306	27.27	2709	2700	2669	2679	2689	2699	2673	2658	2663	2652	2639	2647	2670	2650	2647	2637	2644	2666	2662	2659	2655	2661	2693	2706	
97307	29.05	2847	2846	2831	2837	2844	2849	2832	2810	2815	2796	2786	2791	2816	2790	2784	2772	2778	2799	2817	2823	2818	2833	2860	2863	
97353	32.85	3222	3214	3200	3206	3213	3221	3203	3192	3195	3178	3159	3146	3182	3148	3104*	3084*	3074*	3087*	3116*	3127*	3145	3147*	3263	3214	TT. VII
97357	31.92	3160	3151	3133	3138	3149	3161	3134	3121	3126	3102	3072	3052	3104	3054	3031	3011	3001	3014	3043	3054	3066	3074	3089	3155	
97363	30.65	3019	3027	3001	3014	3028	3029	3003	2970	2970	2943	2938	2938	2980	2944	2935	2925	2924	2933	2968	2967	2964	2977	3010	3030	
97364	30.74	3053*	3061*	3030	3052	3062*	3057	3036	3006	3007	2994	2980	2983	3011	2982	2971	2958	2960	2977	2992	2996	2993	3000	3035	3051	
97365	30.13	2958	2954	2944	2924	2938	2965	2921	2896	2888	2874	2857	2855*	2884*	2857*	2851*	2827*	2827*	2820	2852	2848	2844	2848	2861	2930	
97371	30.21	2988	2982	2937	2960	2942	2984	2939	2925	2926	2919	2911	2913	2938	2919	2912	2905	2910	2939	2927	2920	2917	2923	2965	2996	
97378	33.74	3338*	3329*	3310	3324	3328	3330	3317	3296	3299	3272	3275	3275	3305	3277	3263	3255	3243*	3251	3283	3280	3279	3287	3313	3330	
Gem. III-V	30.28	2987	2984	2958	2970	2977	2987	2961	2941	2943	2926	2912	2911	2944	2914	2900	2887	2886	2900	2920	2921	2921	2929	2965	2986	
St. afw.	2.32	230	229	232	232	231	231	233	234	233	230	231	227	229	225	219	219	213	210	217	218	222	222	233	226	
St. fout	0.73	73	73	73	73	73	73	74	74	74	73	73	72	72	71	69	69	67	66	68	69	70	70	74	72	
97303	33.63	3234	3240	3235	3226	3230	3255	3242	3226	3213	3205	3191	3186	3193	3177	3167	3163	3157	3153	3170	3167	3161	3162	3168	3198	
97340	31.78	3118	3118	3087	3107	3115	3114	3088	3068	3072	3059	3049	3038	3077	3065	3048	3040	3038	3040	3066	3062	3058	3063	3085	3120	
97341	30.86	3042	3043	3007	3032	3044	3047	3018	2991	2997	2981	2967	2970	3012	2977	2965	2958	2962	2976	3004	2995	2991	3002	3033	3049	
97344	26.93	2652	2651	2629	2648	2655	2655	2637	2609	2619	2593	2576	2576	2620	2588	2585	2579	2596	2608	2629	2620	2619	2625	2669	2666	IX*, VI, VII
97368	27.82	2749	2750	2739	2747	2753	2766	2747	2728	2727	2708	2690	2682	2713	2688	2688	2651	2645	2648	2666	2657	2649	2649	2666	2727	
97388	27.85	2650	2649	2634	2637	2640	2659	2643	2631	2625	2619	2610	2606	2619	2603	2596	2584	2588	2587	2593	2587	2583	2584	2584	2619	
97391	29.53	2808	2817	2812	2800	2800	2838	2824	2808	2800	2786	2770	2756	2762	2750	2740	2736	2723	2714	2721	2717	2710	2712	2715	2740	
Gem. I*, II, VI	29.78	2893	2895	2878	2885	2891	2905	2886	2866	2865	2850	2836	2831	2857	2835	2827	2816	2816	2818	2836	2829	2824	2828	2846	2874	
St. afw.	2.45	236	237	236	235	236	236	234	234	232	235	236	235	234	236	232	236	233	232	237	238	238	239	240	239	
St. fout	0.93	89	90	89	89	89	89	89	89	88	89	89	89	88	89	88	89	88	88	90	90	90	90	91	90	
Gem. ALLE	30.07	2949	2948	2925	2935	2942	2953	2930	2910	2911	2894	2881	2878	2908	2882	2870	2858	2857	2866	2885	2883	2881	2887	2916	2940	Gebuis- gemidd.
St. afw.	2.31	230	230	230	230	230	229	229	230	229	228	229	227	228	226	220	222	217	216	222	224	227	228	236	231	
St. fout	0.56	56	56	56	56	56	56	56	56	55	55	56	55	55	55	53	54	53	52	54	54	55	55	57	56	

NR.	maiveld	januari		februari		maart		april		mei		juni		juli		augustus		september		oktober		november		december		1978
HUPSEL																										Ge
97305	26.24	44	47	70	56	47	45	68	89	83	99	117	118	78	107	118	130	127	106	88	89	92	84	60	37	
97306	27.27	18	27	58	48	38	28	54	69	64	75	88	80	57	77	80	90	83	61	65	68	72	66	34	21	
97307	29.05	58	59	74	68	61	56	73	95	90	109	119	114	89	115	121	133	127	106	88	82	87	72	45	42	
97353	32.85	63	71	85	79	72	64	82	93	90	107	126	139	103	137	181	201	211	198	169	158	140	138	22	71	
97357	31.92	32	41	59	54	43	31	58	71	66	90	120	140	88	138	161	181	191	178	149	138	126	118	103	37	III, IV
97363	30.65	46	38	64	51	37	36	62	95	95	122	127	127	85	121	130	140	141	132	97	98	101	88	55	35	
97364	30.74	21	13	44	22	12	17	38	68	67	80	94	91	63	92	103	116	114	97	82	78	81	74	39	23	
97365	30.13	55	59	99	89	75	48	92	117	125	139	156	158	129	156	162	186	186	193	161	165	169	165	152	83	
97371	30.21	33	39	84	61	79	37	82	96	95	102	110	108	83	102	109	116	111	82	94	101	104	98	56	25	
97378	33.74	34	45	64	50	46	44	57	78	75	102	99	99	69	97	111	119	131	123	91	94	95	87	61	44	
Gem. III, IV	30.28	41	44	70	58	51	41	67	87	85	103	116	117	84	114	128	141	142	128	108	107	107	99	63	42	
St. afw.	2.32	15	17	16	18	21	14	16	16	18	19	20	24	21	24	31	36	41	47	37	34	30	32	38	20	
St. fout	0.73	5	5	5	6	7	4	5	5	6	6	6	8	7	8	10	11	13	15	12	11	9	10	12	6	
97303	33.68	134	128	133	142	138	113	126	142	155	163	177	182	175	191	201	205	211	215	198	201	207	206	200	170	
97340	31.78	60	60	91	71	63	64	90	110	106	119	129	140	101	113	130	138	140	138	112	116	120	115	93	58	
97341	30.86	44	43	79	54	42	39	68	95	89	105	119	116	74	109	121	128	124	110	82	91	95	84	53	37	V*, VI
97344	26.93	41	42	64	45	38	38	56	84	74	100	117	117	73	105	108	114	97	85	64	73	74	68	24	27	en VII
97368	27.82	33	32	43	35	29	16	35	54	55	74	92	100	69	94	94	131	137	134	116	125	133	133	116	55	
97388	27.85	135	136	151	148	145	126	142	154	160	166	175	179	166	182	189	201	197	198	192	198	202	201	201	166	
97391	29.53	145	136	141	153	153	115	129	145	153	167	183	197	191	203	213	217	230	239	232	236	243	241	238	213	
Gem. V, VI, VII	29.78	85	82	100	93	87	73	92	112	113	128	142	147	121	142	151	162	162	160	142	149	153	150	132	104	
St. afw.	2.45	51	48	42	53	56	45	41	37	43	38	36	38	54	47	49	44	50	58	65	63	64	67	82	76	
St. fout	0.93	19	18	16	20	21	17	16	14	16	14	14	15	20	18	18	16	19	22	24	24	24	25	31	29	
GEM. ALLE	30.07	59	60	83	72	66	54	77	97	97	113	126	130	100	126	137	150	150	141	122	124	126	120	91	67	Gebieds-
St. afw.	2.31	40	38	32	39	42	33	31	28	33	30	30	33	41	37	40	39	44	53	51	51	51	54	68	58	gemidd.
St. fout	0.56	10	9	8	10	10	8	7	7	8	7	7	8	10	9	10	10	11	13	12	12	12	13	16	14	

HUFSELSE BEER CATCHMENT AREA STATION ASSINK

PRECIPITATION IN MM PER DAY 202**2 GROUND LEVEL 03-03 NR.

CODE: 7 YEAR: 1973

DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1	1.3	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	8.2	2.9	1.4	16.0	0.0	0.0
2	0.2	7.1	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	8.3	8.5	0.2	0.0	3.6
3	1.4	2.7	3.7	0.0	0.0	3.2	15.2	1.0	4.0	0.0	1.6	0.0
4	8.6	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	3.4	5.4	0.5	0.0	0.4	0.3
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
6	0.0	3.9	0.5	0.0	0.6	0.3	11.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.2	0.0	0.0	35.9	12.7	1.9	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	3.5	11.6	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	12.2	0.1	3.5	0.0	0.0	8.0
10	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3

D.SUM: 15.9 14.2 12.0 0.3 37.7 19.7 68.2 24.3 18.1 17.7 2.0 12.2

11	4.0	0.0	0.0	2.7	0.7	3.4	0.0	5.4	1.3	0.0	0.0	1.5
12	14.4	0.0	0.0	0.2	1.5	0.2	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
13	1.7	1.4	10.2	3.4	5.7	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	4.0
14	0.8	0.0	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.3	7.6
15	0.0	3.3	2.0	0.8	1.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	23.1
16	0.0	0.0	11.8	0.6	0.3	0.0	0.0	6.5	0.2	0.7	0.2	17.5
17	0.0	0.0	2.8	0.2	0.2	2.2	0.0	5.0	0.0	4.5	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.1	0.1	0.0	0.0
19	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.4	0.0	11.3	0.0	3.3	0.0	0.4	0.0	2.2	0.0	2.0	0.0

D.SUM: 21.3 4.7 43.7 8.1 12.7 6.7 0.4 21.6 17.0 5.3 4.5 54.3

21	0.0	0.0	3.0	2.2	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
22	0.0	0.8	5.1	1.4	0.0	1.2	0.1	0.0	0.7	0.8	0.0	0.0
23	0.1	0.5	3.7	0.5	0.0	9.3	0.0	0.0	9.7	3.6	0.0	0.0
24	6.9	1.2	6.8	0.0	0.2	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	4.5	2.1	0.2	0.0	0.8	4.5	1.8	0.0	0.0	0.2	4.3	16.2
26	8.1	0.0	11.5	0.0	0.6	10.7	0.0	0.0	3.0	1.5	0.0	3.0
27	1.6	0.0	1.8	0.0	0.0	1.3	5.5	0.0	1.1	0.0	0.0	4.5
28	0.0	1.4	3.0	0.3	0.0	0.7	0.0	0.2	13.2	0.5	0.0	8.5
29	0.6		0.9	3.7	0.0	1.8	0.0	0.8	6.7	0.0	0.0	9.5
30	0.8		1.0	1.1	0.0	9.8	0.0	12.4	9.6	0.0	0.0	0.0
31	0.8		10.8		0.0		0.0	0.8		0.0		0.0

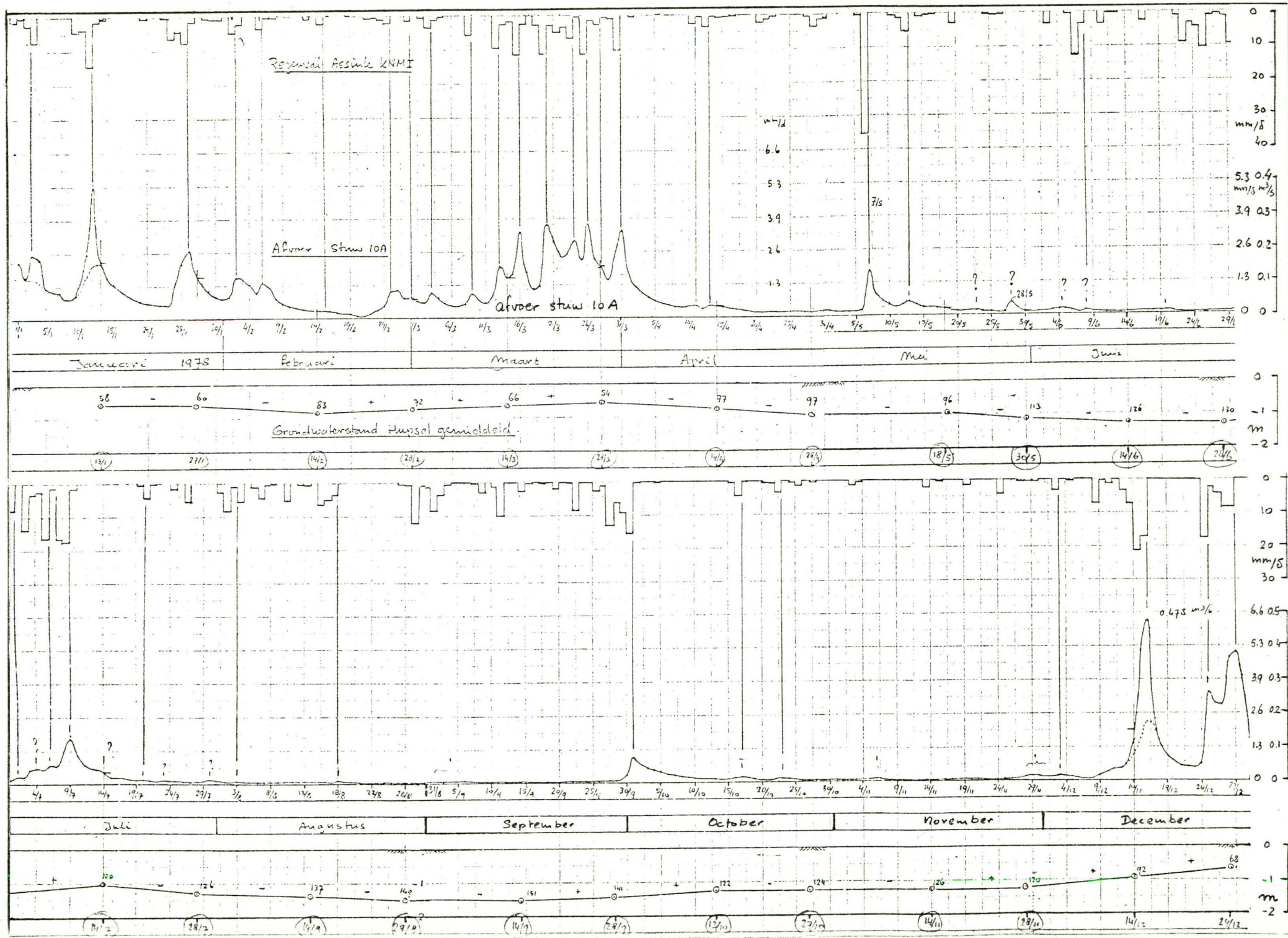
D.SUM: 23.4 6.0 47.8 9.5 1.6 42.8 11.7 14.2 43.0 7.2 4.3 43.7

N.TOT: 60.6 24.9 103.5 17.9 52.0 69.2 80.3 60.1 78.1 30.2 10.8 110.2

MAX: 14.4 7.1 11.8 3.7 35.9 12.7 15.2 12.4 13.2 16.0 4.3 23.1

MIN: 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

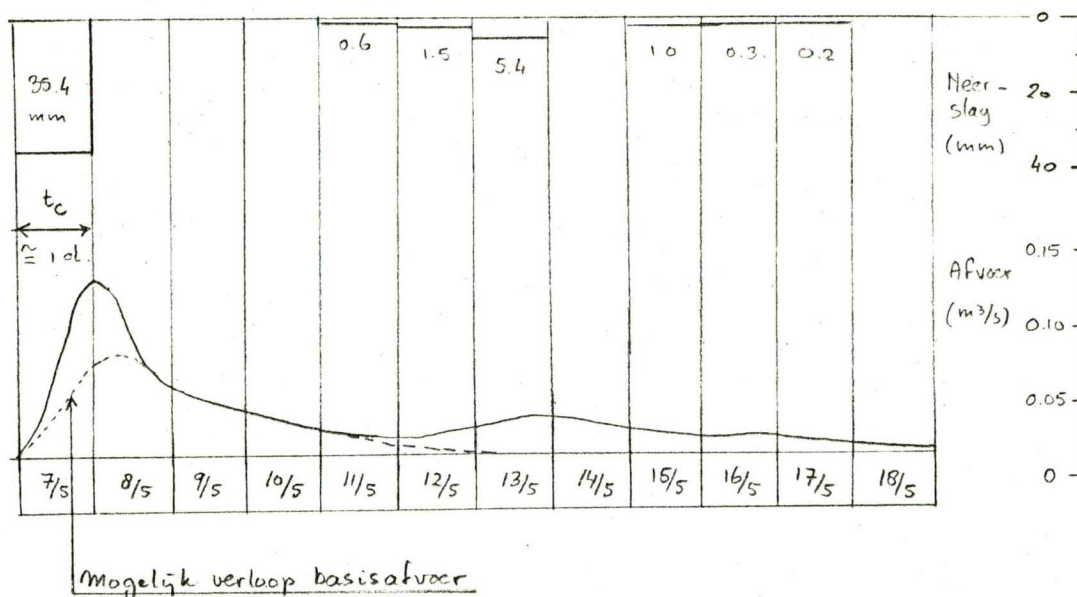
Bijlage 4A Verloop van afvoer stuw 10A, grondwaterstand en neerslag over 1978



Observaties uit neerslag-afvoerverloop Stuw 10A 1978

1. De respons van de afvoer op de neerslag is relatief snel. De totale afvoergolf t.g.v. een "eenheidsbui" met alle neerslag op 1 dag is na ± 7 dagen voorbij.

Analyse van afvoergolf van 7/5 1978.



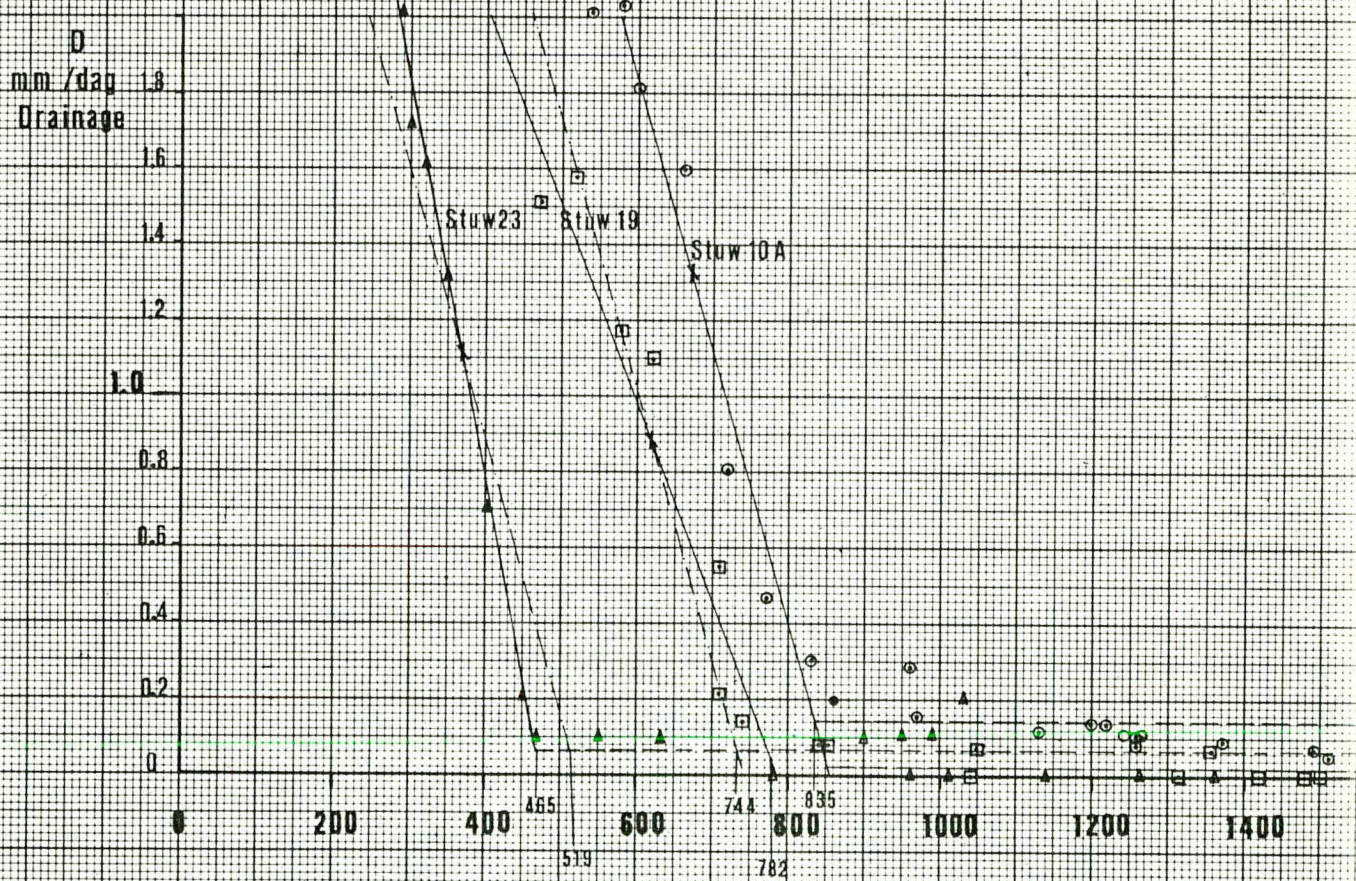
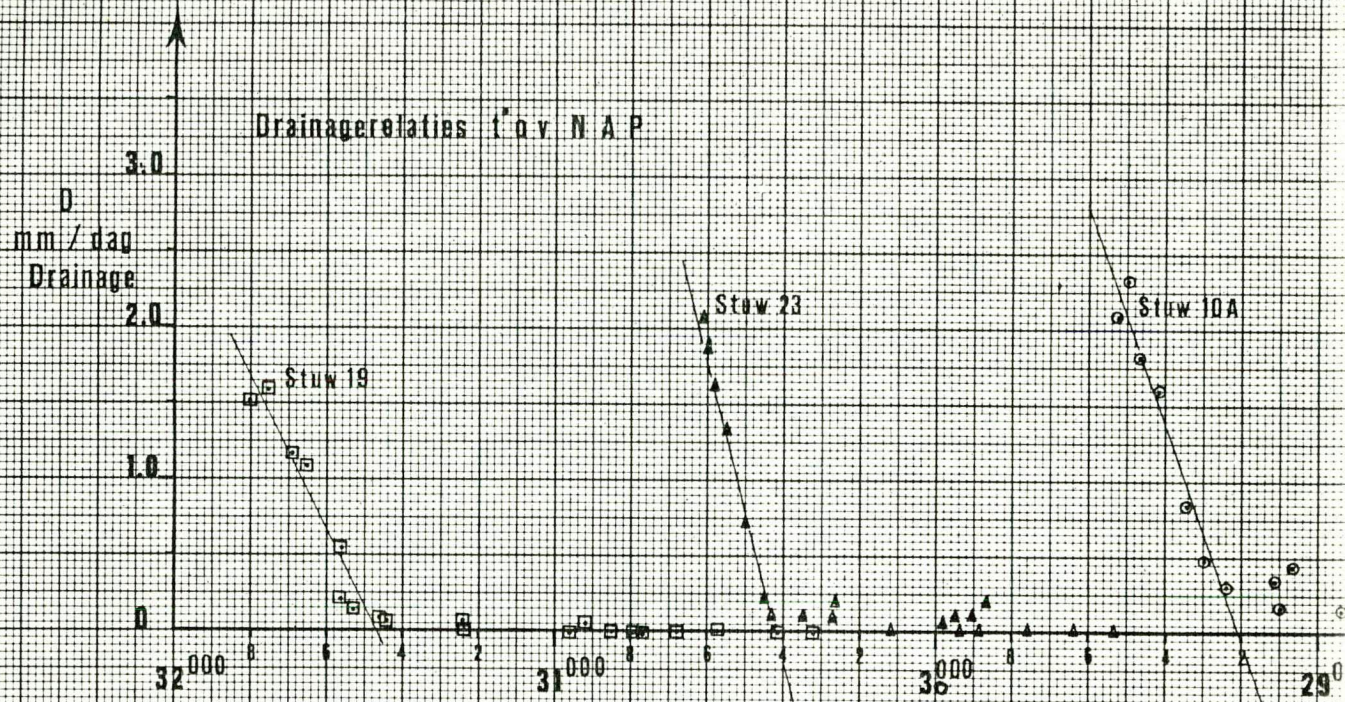
Geacht wordt, dat de oppervlakte-afvoergolf, indien opgetreden, zeker niet langer dan 1 dag zal duren, gerekend vanaf het einde van de bui.

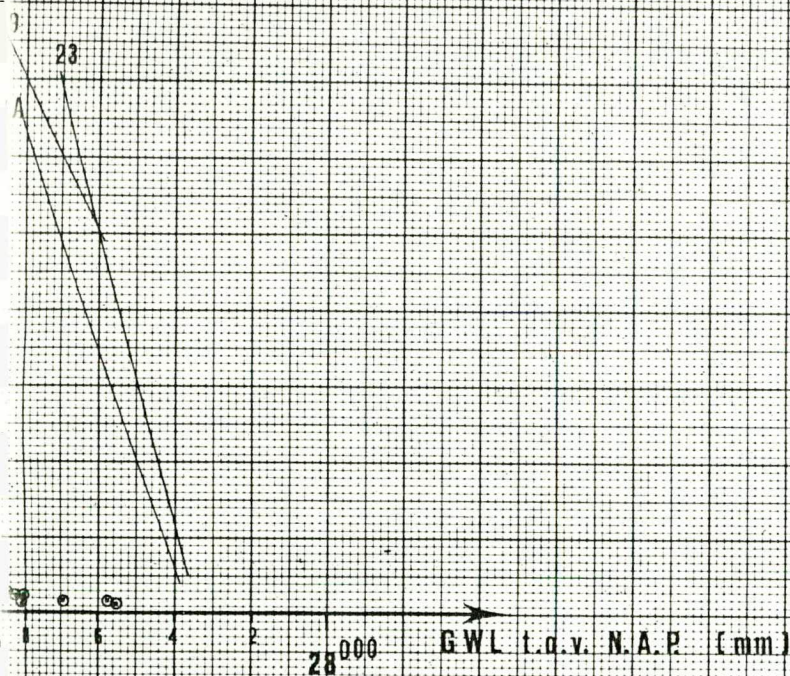
2. De respons is 's winters sneller dan 's zomers.

's winters : elke bui groter dan 1 mm veroorzaakt een herkenbare afvoertop (1978).

's zomers : treedt dit pas op voor buien groter dan ca 10 mm.

3. De afvoertop van 28/5 blijft onverklaard; een fout in de gegevens moet hiervan de oorzaak zijn, indien geen water van externe oorsprong in het gebied geloosd is. (Afvoer-neerslag controleren). Dit geldt in mindere mate voor de afvoer "bobbels" van 14/7.





Drainagerelaties
in grondwater
diepte x

— = regressiellijn voor $x \leq x^*$ (knikpunt)

stuw 10A $D = 6.246 - 0.00731 x$ $r = -0.968$

stuw 23 $D = 5.052 - 0.0107 x$ $r = -0.992$

stuw 19 $D = 4.805 - 0.0059 x$ $r = -0.958$

x = zwaartepunt v/d punten wolk

— = idem met helling van stuw 10A

stuw 10A $D = 6.246 - 0.00731 x$ $r = -0.968$

stuw 23 $D = 3.800 - 0.00731 x$ $r = -0.992$

stuw 19 $D = 5.436 - 0.00731 x$ $r = -0.958$

— = regressiellijn voor $x \geq x^*$

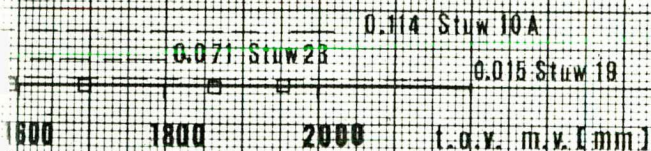


fig. HET VERBAND TUSSEN DRAINAGE EN GEMID-
DELDE GRONDWATERSTAND VOOR STUW 10 A, 19
en 23, 1978

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging

district zuidoost (arnhem)

getek. gecontr. gezien

grondcalq. nr

din A3

nr 81310

