

ONDERZOEK NAAR HET WATERVERBRUIK  
IN HET HOOGHEEMRAADSCHAP DELFLAND.

door

Ir. P.J. Wemelsfelder

(Ingenieur van den Rijkswaterstaat)

## Inhoud.

	I.
	Blz.
Verklaring van termen, afkortingen en symbolen	II
Overzicht der formules	III
Lijst van tabellen	IV
Lijst van figuren	V
§ 1. Algemeene opmerkingen	1
§ 2. Gegevens en methode van onderzoek	2
§ 3. Overzicht van het onderzoek en van de resultaten	5
§ 4. Het aantal inlaatdagen per maand	7
§ 5. Frequenties van het aantal inlaatdagen per maand	9
§ 6. De groepsduur	10
§ 7. Het specifiek verbruik als functie van den groepsduur	11
§ 8. Het maandelijksch verbruik als functie van het aantal inlaatdagen	12
§ 9. De variatie der inlating over het seizoen	16
§ 10. De maximale inlating van maand tot maand	18
§ 11. De maximale inlating van jaar op jaar	21
§ 12. Frequenties van het verbruik	28
§ 13. Meteorologische factoren	30
§ 14. De coïncidentie tusschen droge dagen, resp. natte dagen en inlaatdagen	31
§ 15. Verband tusschen aantal natte dagen en aantal inlaatdagen	34
§ 16. Invloed van het seizoen op het verbruik	34
§ 17. Verband tusschen neerslag en aantal natte dagen	36
§ 18. Verband tusschen waterinlating en neerslag	37
§ 19. Geen causeaal verband tusschen waterinlating en neerslag	39
§ 20. Algemeen diagram	41
§ 21. Overschrijding van het verbruik van 0.100 l/sec/ha	44
§ 22. Verband tusschen waterverbruik en verdamping	45
§ 23. Verdamping in den boezem zelf	49
§ 24. Conclusies	50

Verklaring van termen, afkortingen en symbolen.

Inlating of verbruik: het water, dat door de polders aan den boezem wordt onttrokken.

Inlaatdag: een dag, waarop door alle polders gezamenlijk meer water werd ingelaten dan geloosd.

Specifiek verbruik: door de polders verbruikte hoeveelheid  $v$  per inlaatdag, uitgedrukt in l/sec/ha.

Groep: een aantal opeenvolgende inlaatdagen  $g$ .

Termijn: een spanne tijds van een gegeven aantal dagen  $t$ .

$i$ : totaal aantal inlaatdagen per maand.

$j$ : totaal aantal inlaatdagen over  $t$  dagen.

$g$ : aantal dagen van een groep, groepsduur.

$t$ : aantal dagen van een termijn.

$d$ : aantal droge dagen per maand.

$n$ : aantal natte dagen per maand.

$v$ : specifiek verbruik in l/sec/ha.

$v_g$ : specifiek verbruik in l/sec/ha over de hoogste  $g$  dagen.

$v_7$ : specifiek verbruik in l/sec/ha over een termijn van 7 dagen.

$V_j$ : totale verbruik over  $j$  dagen in  $\frac{l}{ha}$ .

86400

$V$ : maandverbruik in  $m^3$ .

$r$ : specifieke neerslag per natten dag in mm.

$R$ : neerslag per maand in mm.

tabel 2c of 2g beteekent: tabel 2 regel c, of tabel 2 kolom g.

figuur 5c beteekent : figuur 5 lijn c.

Overzicht der formules.

III.  
Blz.

(1)	$V = 0.090i + 0.006i^2$	mill m <sup>3</sup> /mnd	13
(2)	$v = 0.030 + 0.002i$	l/sec/ha	13
(3)	$v_g = 0.030 + 0.004 (i - \frac{1}{2}g)$	l/sec/ha	13
(4)	$v_7 = 0.016 + 0.004i$	l/sec/ha	15
(5)	$v_{\max} = 0.100 + \frac{0.100}{j}$	l/sec/ha	22
(6)	$\frac{V_j}{j \cdot + \cdot 1} = 0.100$	l/sec/ha	22
(7)	$i = 30 - 1,4n$	dagen	34
(8)	$R = \frac{r(r + 1)}{0.44}$	mm	36
(9)	$R = 0.44 n^2 - n$	mm	37
(10)	$V = 7.41 + 0.027R - 0.91 \sqrt{R}$	mill.m <sup>3</sup>	37

Lijst van tabellen.

1. Waterverbruik per maand voor 34554 ha	6
2. Aantal inlaatdagen en maximum groepsduur	8
3. Specifiek verbruik in l/sec/ha bij maximum en bij gemiddeld aantal inlaatdagen	14
4. Vergelijking tusschen berekend en waargenomen verbruik	17
5. Maximum verbruik over t dagen volgens form. (3) in een normale maand en in een uiterste maand	18
6. Grootste specifiek verbruik over een termijn t	20
7. Maximum verbruik over 1 tot 7 dagen van elk jaar	22
8. Maximum waterverbruik over een termijn van 1, 2, 3 - 60 dagen van jaar op jaar	24
9. Vergelijking tusschen berekend en waargenomen maximum verbruik voor 1, 2, 3 ... dagen	26
10. Frequenties van het waterverbruik	29
11. Verdeeling van inlating en loozing over natte en droge dagen, Zomerhalfjaar	32
12. Verdeeling van inlating en loozing over natte en droge dagen, Mei en Juni	32
13. Aantal natte dagen in Delfland	34
14. Invloed van het seizoen op het verbruik	35
15. Maandelijksche neerslag R in Delfland	38
16. Berekend verbruik voor 1921, naar meteorologische gegevens	43
17. Maanden met geringen neerslag	45
18. Maandelijksche verdamping te De Bilt over 1906-1935 in mm	46
19. Maandelijksche verdamping te De Bilt over 1934-1941 in mm	47

Lijst van figuren.

V.  
Blz.

1.	Overzichtskaart van Delfland.	2
2.	Waterverbruik in het zomerseizoen 1941	4
3.	$i_{gem}$ en $i_{max}$ van maand tot maand	7
4.	Gemiddeld aantal maanden per jaar, waarin gedurende $i$ of meer dagen werd ingelaten	9
5.	Groepsduur $g$ van maand tot maand	10
6.	$\varepsilon_{max}$ als functie van $i$	11
7.	$v$ als functie van $g$	12
8.	$V$ als functie van $i$	12
9.	$v_{max}$ als functie van $g$ en $i$	13
10.	$v_{max}$ en $v_{gem}$ van maand tot maand	16
11.	$v_{max}$ over $t$ dagen van maand tot maand	19
12.	Maximum verbruik van maand tot maand en van jaar tot jaar over $t$ dagen	19
13.	Maximum verbruik per jaar over termijnen van 1, 2 3 dagen enz.	22
14.	Gereduceerde $v_{max}$ van jaar op jaar 1, 2, 3 ... 60 dagen	23
15.	$v_{max}$ , $v_{gem}$ en $v_{min}$ als functie van $g$	26
16.	Frequenties van waterverbruik	28
17.	De verhouding van inlaten en loozen tot droge en natte dagen, van maand tot maand	32
18.	$i$ als functie van $n$	34
19.	Verband tusschen $R$ en $r$	36
20.	Verband tusschen $R$ en $n$	37
21.	Verband tusschen $V$ en $R$	37
22.	De verhouding tusschen neerslag en verbruik	39
23.	Geen causaal verband tusschen $v$ en $r$	39
24.	Verband tusschen $v$ en $R$	41
25.	Maandmaxima over 7 dagen in 1921	47
26.	Invloed van de verdampingsintensiteit op $v$	47
27.	Invloed van de verdampingsintensiteit per droge dag op $v$	48
28.	Correlatie tusschen verdamping en achtergebleven water	48

## ONDERZOEK NAAR HET WATERVERBRUIK

### IN HET HOOGHEEMRAADSCHAP DELFLAND.

Om eenige cijfers te verkrijgen omtrent de waterbehoefte van de land- en tuinbouw in het algemeen, is een onderzoek ingesteld naar het waterverbruik in het Hoogheemraadschap Delfland.

De keuze is op Delfland gevallen, omdat hiervan omvangrijke gegevens beschikbaar zijn, welke welwillend door den Hoofdingenieur van dit Hoogheemraadschap ter beschikking werden gesteld.

#### § 1. Algemeene opmerkingen.

Er zal onderscheid moeten worden gemaakt tusschen waterbehoefte en waterverbruik. Het kan zijn, dat het feitelijke waterverbruik in een gebied als Delfland, waar welhaast overal voldoende zuiver boezemwater ter beschikking staat, een vrij volledig beeld vormt van de werkelijke waterbehoefte. Zekerheid hieromtrent bestaat echter niet. Misschien wordt in meerdere polders wel behoefte aan water gevoeld, doch is nog niet in een goede inleatinrichting voorzien. Om tot een volledig inzicht te komen zou men polder voor polder moeten onderzoeken of en in hoeverre met de inlating van water wordt voorzien in de gevoelde behoeften. Ook kan het zijn, dat de waterbehoefte zelf verandert bij wijziging van het grondgebruik, als gevolg van nieuwere inzichten op landbouwkundig gebied of andere oorzaken.

Deze studie behandelt in het bijzonder het feitelijk waterverbruik in Delfland, zooals dit in de laatste jaren geweest is. Er zal dan ook steeds van verbruik of inlating gesproken worden, in het midden latende, of deze volledig voorziet in de actueele of latende behoefte.

Aanvankelijk werd verwacht, dat het mogelijk zou blijken om de inlating in drogen tijd door één enkel cijfer weer te geven. Het onderzoek toonde echter aan, dat er zich geen enkel cijfer als bijzonder karakteristiek aanbiedt. Men heeft te maken met een moeilijk definieerbaar verloop van toevallig zeer hoge hoeveelheden tot aan bedragen, welke tot nul naderen. Daardoor is het mogelijk, dat verschillende onderzoekers op dit gebied ieder een eigen methode van bewerking zullen toepassen. Dit zou de vergelijkbaarheid van de einduitkomsten illusoir kunnen maken, waardoor misleidende conclusies niet denkbeeldig zijn.

Hiermede zal men rekening moeten houden indien men op grond van waarnemingen omtrent het waterverbruik een inzicht zou willen verkrijgen in de waterbehoefte van uiteenlopende grondsoorten en uiteenlopend grondgebruik.

De kans is groot, dat men aan verschil in grondsoort of grondgebruik zal willen toeschrijven, wat in werkelijkheid is terug te voeren tot elementaire schommelingen in het verbruik, welke ten deele aan meteorologische invloeden, ten deele echter aan het toeval moeten worden toegeschreven.

Er is daarom in deze studie, welke betrekking heeft op een groot gebied, waarin gemengd grondgebruik en gemengde grondsoorten gevonden worden, uitvoerig ingegaan op den samenhang der verschijnselen. Hierin zou een uitgangspunt gevonden kunnen worden voor onderzoekingen naar het verschil in waterverbruik voor bepaalde grondsoorten en bepaald bodemgebruik. Dit kan mede van waarde zijn voor het organiseeren van nieuwe waarnemingen.

De uitvoerigheid, waarmede het onderwerp is behandeld, moge door het verkregen resultaat gerechtvaardigd blijken. Als steeds is deze uitvoerigheid oorzaak, dat weer tal van nieuwe vragen opkomen, ten deele misschien slechts van academisch belang, doch voor een ander deel toch van praktische beteekenis. Het onderzoek is echter afgesloten, aangezien het doelmatiger werd geoordeeld om een eventueele voortzetting of uitbreiding eerst ter hand te nemen, indien de praktijk daartoe aanleiding zal geven en de resultaten van andere onderzoekingen nader de richting zullen bepalen, in welke zoowel de waarnemingstechniek als de berekingswijze zich zullen dienen te bewegen.

## § 2. Gegevens en methode van onderzoek.

Het inlaten van water in Delfland geschiedt voor de watervoorziening van de polders en boezemlanden, de waterverversching van de groote steden en tegen de verzouting van het boezemwater. Een overzichtskaart van het gebied is gegeven in fig. 1.

Het inlaten vindt plaats door de Parksluizen te Rotterdam en aan de Vijfsluizen, terwijl door de sluis te Vlaardingen alleen wordt ingelaten, wanneer het zoutgehalte van het rivierwater ter plaatse geen bezwaar voor den tuinbouw oplevert; iets wat slechts zelden het geval is. Normaal wordt, ter verkrijging van een geregelde doorstroming ten dienste van de waterverversching, door de zeesluis te Scheveningen geloosd. Afstroming door de sluisen te



Vlaardingen en Maassluis en de Oranjobuitensluis heeft plaats tegen verzouting en in geval van groot waterbezwaar op den boezem.

Aan deze sluizen wordt dagelijks aantekening gehouden van de binnen- en buitenwaterstanden en den duur van de inlating of loozing. Uit deze gegevens worden de hoeveelheden berekend met behulp van formules, welke door controle-metingen zijn geverifieerd. Wel moet in het oog worden gehouden, dat spulfomules in het algemeen geen hoogen graad van nauwkeurigheid bezitten. En daar het verbruik in de polders in het bijzonder berekend wordt door het verschil tusschen de inlating (in hoofdzaak te Rotterdam) en de loozing te Scheveningen, kunnen enkele procenten fout in deze waarden reeds tientallen procenten fout in het berekende verbruik beteekenen.

Het onderzoek heeft zich uitgestrekt over het waterverbruik van geheel Delfland. De kadastrale oppervlakte van het Hoogheemraadschap bedraagt 41750 ha. Hiervan is afgetrokken voor:

den boezem	380 ha
woesten duingrond	916 ha
buitendijkschen grond	5900 ha
	<hr/>
	7196 ha

zoodat overblijft voor boezemland en bemalen polderland 41750 - 7196 = 34554 ha. Van deze oppervlakte is 7543 ha boezemland, 27011 ha bemalen polderland.

Het waterverbruik is steeds op deze 34554 ha betrokken, hoewel daarin gebieden zijn begrepen, waarin geen water wordt ingelaten, zooals b.v. de bebouwde kommen der gemeenten, haven-terreinen, enz. Daartegenover staat, dat een gedeelte van de buitendijksche gronden water oppompt uit Delflands boezem.

De hoeveelheid water, welke van dag tot dag door boeren en tuinders uit den boezem wordt afgetapt is berekend door dagelijks de waterbalans van den boezem op te maken, n.l.:

Waterverbruik van de polders = ingelaten water - gespuid water + vermindering van den boezeminhoud.

Voor deze waterbalans zijn benut de resultaten der dagelijksche waarnemingen van de hoeveelheden in den boezem ingelaten en uit den boezem gespuid water en van de rijzingen en dalingen van den boezemstand.

De verdamping van den boezem is gerekend tot het waterverbruik van de polders. De infiltratie van en den neerslag op den boezem zijn buiten beschouwing gelaten, omdat de daarop be-

trekking hebbende cijfers het resultaat der berekening van het waterverbruik slechts onbetekenend zullen beïnvloeden.

Negatieve uitkomsten voor het waterverbruik wijzen op geen verbruik van boezemwater door de polders, doch op loozing van polderwater op den boezem tot hoeveelheden, gelijk aan de absolute waarden van de negatieve uitkomsten.

Het zal natuurlijk kunnen voorkomen, dat een deel der polders loost op den boezem, terwijl gelijktijdig een ander deel inlaat uit den boezem, bijv. wanneer water van hooggelegen polders wegwelt naar laaggelegen polders of wanneer in tijden van weinig neerslag door droge polders reeds moet worden ingelaten terwijl natte polders daarentegen nog moeten loozen. Voor een gedetailleerd onderzoek van afzonderlijke polders zal het van belang zijn daarmede rekening te houden. Voor een groot gebied heffen deze bedragen elkander op en spelen dus geen rol. Bovendien zal dit samengaan van loozen en inlaten in het algemeen niet optreden in tijden van groote droogte. Bevoegdheidshalve zal in het vervolg alleen van verbruik zonder meer worden gesproken.

Opgemerkt zij nog, dat het aldus berekend waterverbruik alleen betrekking heeft op het verbruik door de polders. De hoeveelheden water, die voor waterverversing worden ingelaten, blijven buiten beschouwing.

Deze studie vermeldt dus niet welke hoeveelheden water door Delfland aan de Nieuwe Maas worden ontleend.

Het onderzoek is beperkt tot de 6 zomermaanden April t/m September en omvat de 8 jaren 1934 t/m 1941. De overweging, dat het inlaten in verder teruggelegen jaren niet onaanzienlijk zou kunnen verschillen van thans, heeft er toe geleid niet verder terug te gaan dan tot het drooge jaar 1934.

Figuur 2 geeft als voorbeeld 1941, gedurende welk jaar het meeste water werd ingelaten. Naar boven zijn uitgezet de dagelijks geloosde hoeveelheden, naar beneden het door de polders verbruikte, aan den boezem ontleende water. Op de grafiek is ook vermeld de dagelijksche neerslag te Delft. Van de andere jaren zijn dergelijke grafieken samengesteld.

De rijzing en daling van het boezemwater is een factor, die niet mag worden verwaarloosd. Een verandering van 5 cm per dag, welke vaak voorkomt, komt overeen met 190 000 m<sup>3</sup> boezemwater, d.w.z. met 0.064 l/sec/ha. Ter vergelijking zij vermeld,

dat 0,070 l/sec/ha reeds een hoog gemiddeld verbruik is en 0,120 l/sec/ha als een maximum waarde beschouwd kan worden.

De betreffende berekeningen zijn gebaseerd op de 12h stand, waargenomen te Delft. Dat de boezemstand een zoo groote invloed heeft op de dagcijfers is een onaangename omstandigheid. Het introduceert een factor vol onzekerheden en willekeurige afwijkingen, tengevolge van op- en afwaaiing, golfbeweging, inlaten, spuien e.d. Er zal dus een groote onnauwkeurigheid zijn in de verbruikscijfers van dag tot dag. Het is daarom niet geoorloofd uit de verbruikscijfers van 1 of 2 dagen karakteristieke waarden af te leiden.

Voorts is gebruik gemaakt van de regen-observaties, door het Hoogheemraadschap verricht te Delft, Vijfsluizen, Maassluis, Oranjesluizen en Schoveningen, terwijl eenige gegevens van meer algemeenen aard zijn ontleend aan het regenstation Nealdwijk.

Er is bij dit onderzoek vaak gebruik gemaakt van maandcijfers. Ten deele heeft dit geen bijzondere beteekenis. Doch in andere opzichten is de "maand", als tijdvak van 30 of 31 dagen tot een karakteristieke eenheid in dit onderzoek geworden. Er werden verschillende aanwijzingen voor gevonden, dat men met een maand een bepaalde droogte-periode kan overzien en in cijfers uitdrukken. Eén of twee weken zijn beslist te kort, een termijn van 2 maanden is te lang.

### §3. Overzicht van het onderzoek en van de resultaten.

Het waterverbruik blijkt een zeer wisselvallige grootheid te zijn. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de maandtotalen voor geheel Delfland. De cijfers loopen sterk uiteen. De grootste maandtotalen worden gevonden in Mei, Juni en Juli, doch ook in deze maanden kunnen lage waarden voorkomen.

Het totale verbruik blijkt vrij nauwkeurig parallel te loopen met het aantal inlaatdagen per maand. Daarom begint de behandeling met een analyse van het aantal inlaatdagen. De betrekking tusschen het specifiek verbruik en het aantal inlaatdagen  $i$  wordt uitgedrukt door form. (2)

$$v = 0,030 + 0,002 i \text{ l/sec/ha} \quad (\text{zie blz } 17)$$
 gemiddeld is  $i$  in Mei of Juni ongeveer 16, zoodat het verbruik per inlaatdag is 0,062 l/sec/ha.

Het specifiek verbruik over een termijn van 7 dagen wordt

-uitgedrukt-

Tabel 1.  
Waterverbruik per maand voor 34554 ha.

			April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Zie
a	1934	m <sup>3</sup>	1226000	1199000	3229000	2950000	1363000	413000	fig.8
	1935	"	742000	2772000	-	2236000	2590000	669000	
	1936	"	1091000	5765000	2460000	318000	294000	315000	
	1937	"	58000	428000	318000	306000	1845000	80000	
	1938	"	2026000	4015000	4005000	2414000	1118000	230000	
	1939	"	1067000	3922000	4555000	3009000	2691000	936000	
	1940	"	867000	3505000	3306000	1319000	568000	47000	
	1941	"	873000	5355000	3261000	4702000	99000	144000	
b	gemiddeld voor geheel Delfland	m <sup>3</sup>	994000	3370000	2640000	2160000	1320000	520000	
c	gemiddeld verbruik	l/sec/ha	0,011	0,036	0,030	0,023	0,015	0,005	fig.10c
d	gemiddeld verbruik per in- laatdag	l/sec/ha	0,046	0,069	0,059	0,060	0,054	0,046	fig.10d

uitgedrukt door form. (4)

$$v_7 = 0,016 + 0,004 i \text{ l/sec/ha. (zie blz.15 )}$$

Hieruit volgt voor een normale maand Mei of Juni met  $i = 16$

$$v_7 = 0,080 \text{ l/sec/ha.}$$

Voor de gemiddeld droogste periode per jaar met  $i = 19,4$

$$v_7 = 0,094 \text{ l/sec/ha.}$$

Voor de droogste periode uit vele jaren met  $i = 26$

$$v_7 = 0,120 \text{ l/sec/ha.}$$

Deze 0,120 l/sec/ha wordt als praktisch maximum aangehouden.

Een uitvoerig onderzoek is ingesteld naar de correlatie tusschen neerslag resp. verdamping en verbruik. Het maandelijks verbruik bleek sterk afhankelijk te zijn van den maandelijkschen neerslag. Doch er kon geen correlatie worden gevonden tusschen het specifieke verbruik per inlaatdag en den specifieke neerslag per natte dag. Ook tusschen verbruik en verdamping kon geen correlatie worden gevonden.

#### §4. Het aantal inlaatdagen per maand.

Als eerste deel van het onderzoek naar het waterverbruik zal worden behandeld het voorkomen van waterinlating.

Het maandelijksch aantal inlaatdagen is zeer uiteenlopend. Tabel 2 geeft in de kolommen i de betreffende cijfers van de 6 zomermaanden gedurende 8 jaar. Het laagste aantal is geweest 0 in Juni 1935, het hoogste was 24 in Mei 1936 en Mei 1941. Oogenschijnlijk zijn deze cijfers zeer wisselvallig, maar de gemiddelden van een bepaalde maand, vermeld in regel b, vertoonen een regelmatig verloop.

Fig. 3 lijn b geeft een grafische voorstelling van het gemiddeld aantal inlaatdagen per maand. Dit vertoont een uitgesproken maximum in de maanden Mei en Juni, met 16 en 15 dagen. Gemiddeld wordt dus in deze maanden gedurende ongeveer de helft van het totaal aantal dagen water ingelaten. Voor April en na September is het aantal inlaatdagen van geen betekenis meer. In September zelf wordt gemiddeld nog slechts op 4 dagen ingelaten.

Behalve deze gemiddelden is het van betekenis om de maxima te kennen. Deze maxima geeft tabel 2a. Het verloop daarvan wordt voorgesteld door fig. 3a. Bij de punten zijn de jaren geschreven, waarin deze maxima voorkwamen. Er komen hierbij niet minder dan 6 van de 8 beschouwde jaren voor (1937 en 1940 ontbreken). Dit wil zeggen, dat elk jaar een of ander maximum toont, en dat de periode

Tabel 2

## Aantal inlaatdagen en maximum groepsduur.

i = totaal aantal inlaatdagen g = maximum groepsduur	April		Mei		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Jaar Maximum		Zie Figuur
	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	
1934	8	2	13	4	21	13	18	13	10	3	2	1	21	13	) Fig.6
1935	6	3	13	6	0	0	13	4	16	5	3	2	16	6	
1936	8	3	24	8	20	13	4	3	4	1	3	1	24	13	
1937	1	1	5	1	4	2	4	1	10	5	1	1	10	5	
1938	11	4	21	11	21	7	14	3	6	3	2	1	21	11	
1939	8	2	14	6	21	10	13	6	13	4	7	2	21	10	
1940	7	2	17	12	15	8	9	5	4	2	1	1	17	12	
1941	8	5	24	10	18	5	20	7	2	1	11	6	24	10	
a maximum aantal inlaatdagen	11		24		21		20		16		11		24	-	Fig.3a en 5a
b gemiddeld aantal inlaatdagen	7		16		15		12		8		4		19.2	-	Fig.5b
c maximum groepsduur		5		12		13		13		5		6		13	Fig.5c
d gemiddelde van den maximum groepsduur		2.8		7.2		7.2		5.2		3.0		1.9		10.0	Fig.5d
e gemiddeld aantal groepen	4.2		5.0		4.9		5.8		4.2		2.5		-	-	
f gemiddelde groepsduur = $\frac{b}{e}$	1.6		3.2		3.1		2.1		1.9		1.5		-	-	Fig.5f

8 jaar dus vermoedelijk juist lang genoeg is geweest om voor het onderzoek gebruikt te kunnen worden.

De kromme a vertoont weer dezelfde uitgesproken seizoensinvloed als kromme b. De maxima van Mei en Juni kwamen voor in 5 verschillende jaren, n.l. Mei 1936 en Mei 1941 24 dagen en in Juni 1934, 1938 en 1939 21 dagen. Dit laatste cijfer is relatief wat laag. Wanneer niet op de kalenderindeeling wordt gelet, wordt als maximum aantal op 30 dagen 23 dagen gevonden (22 Mei- 20 Juni 1939). Het betreffende punt is tusschen haakjes geplaatst. Het geheel toont aan, dat de lijn a niet behoeft te worden gezien als het toevallig beeld van één enkel droog jaar.

#### §5. Frequenties van het aantal inlaatdagen per maand.

In fig. 4 zijn grafisch uitgezet het aantal maanden per jaar, waarin gedurende 1 of meer dagen werd ingelaten. De lijn A geldt voor de 4 maanden Mei, Juni, Juli, Augustus. De gegevens zijn vermeld in tabel 2.

Aangezien er per jaar niet meer dan 4 maanden zijn, kan de lijn links niet hoger loopen dan tot het cijfer 4. Opmerkelijk is, dat de lijn volkomen recht verloopt met opvallend weinig spreiding der punten. De meeste liggen niet meer dan 1 dag er buiten. Volgens deze lijn is het kleinst mogelijke aantal inlaatdagen per maand in Mei, Juni, Juli, Augustus 1,4. Met een spreiding van 1 à 2 dagen kan het dus bij hooge uitzondering voorkomen, dat er in één dezer maanden op geen enkelen dag wordt ingelaten (zoals inderdaad in Juni 1935).

Het tweede karakteristieke punt van deze frequentielijn is het aantal inlaatdagen 1, dat gemiddeld 1 maand per jaar voorkomt. Dit blijkt te zijn 19,4 dagen per maand en komt overeen met het cijfer 19,2, dat in tabel 2b werd gevonden, als gemiddelde der jaermaxima.

Ten slotte zij gewezen op het derde karakteristieke punt, de snijding van de lijn met de x-as. Dit punt geeft aan het "volstrekke" maximum aantal inlaatdagen per maand. Het bedraagt 25,4, hetgeen wij naar boven zullen afronden op 26.

Het grootste aantal inlaatdagen per maand is dus 26.

Dit cijfer is een belangrijk gegeven voor het verdere onderzoek.<sup>1)</sup>

-In-

1) De ontbrekende 4 dagen zijn niet de Zondagen. Op Zondagen wordt wel evenveel, zij het niet evenveel ingelaten als op werkdagen.

In fig. 4 is ook nog geteekend de lijn B, welke geldt voor de 6 maanden April t/m September. De maanden April en September zijn dus t.o.v. lijn A erbij gekomen. Men ziet duidelijk, dat dit alleen invloed heeft op het linker gedeelte van de lijn, d.w.z. op de kleinere aantallen inlaatdagen per maand. Volgens tabel 2a is het maximum aantal inlaatdagen zoowel in April als in September slechts 11. Volgens lijn B kan bij uitzondering een grooter aantal inlaatdagen in April of September voorkomen (1 x per 10 jaar 12 dagen, 1 x per 20 jaar 14 dagen). Het normale jaarmaximum van 19,4 inlaatdagen per maand kan zelfs alleen in Mei, Juni of Juli voorkomen, het absolute maximum van 26 dagen per maand waarschijnlijk alleen in Mei of Juni.

#### §6. de Groepsduur.

Uit het verdere onderzoek zal blijken, dat het specifieke waterverbruik toeneemt, naarmate het aantal achtereenvolgende inlaatdagen groter is. Een aantal achtereenvolgende inlaatdagen zal korthedshalve een groep worden genoemd. De vraag is: wat is de normale en de maximale duur dezer groepen. Welken groepsduur zou men als karakteristiek voor de berekening van het waterverbruik moeten nemen.

In tabel 2e is gegeven het gemiddelde aantal groepen per maand. Deeling van het gemiddelde aantal inlaatdagen (regel b) door het gemiddelde aantal groepen (regel e) geeft den gemiddelden groepsduur (regel f).

Fig. 5f geeft van deze gegevens een grafische voorstelling. In Mei of Juni duurt een groep gemiddeld slechts 3 à 3,5 dag, omdat de veelvuldig voorkomende op zichzelf staande inlaatdagen dit gemiddelde sterk drukken. Dit algemeene gemiddelde heeft daarom voor het onderzoek geen directe beteekenis. Het beste inzicht in het voorkomen van langere groepen wordt verkregen, door van elke maand van elk jaar de langste groep te nemen en de betreffende cijfers te middelen.

De van maand tot maand voorgekomen grootste groepen zijn in tabel 2g vermeld. Het gemiddelde dezer cijfers geeft regel d. Fig. 5d geeft de grafische voorstelling.

Voor Mei en Juni is de karakteristieke groepsduur te stellen op rond 7 dagen.

Van belang is ook de maximum groepsduur van elke maand in het onderzochte tijdvak 1934 - 1941. Deze zijn vermeld in



tabel 2c en grafisch voorgesteld in fig. 50. De jaartallen geven aan het jaar, waarin deze maxima zijn voorgekomen. Wederom hebben zij betrekking op 6 verschillende jaren (1938 en 1939 ontbreken).

De maximum voorgekomen groepsduur bedraagt 13 dagen.

Ter vergelijking is kromme a van fig. 2 in fig. 5 overgenomen. Voor alle krommen is het verloop over het seizoen praktisch hetzelfde. Men lette er op, dat bij de krommen a en o alle jaren voorkomen. Het is dus niet zoo, dat men alle maxima in één enkel bijzonder droog jaar aantreft. Zelfs wanneer alleen gelet wordt op Mei, Juni en Juli blijken nog 6 van de 8 jaren voor te komen.

Er is een karakteristiek verband tusschen het totale aantal inlaatdagen per maand en den maximum groepsduur. Worden de cijfers der kolommen i en g van tabel 2 tegenover elkaar uitgezet, dan ontstaat fig. 6.

De door de punten getrokken lijn geeft het normale verband weer. Bij de 6 inlaatdagen per maand is dus de grootste groep normaal 2 dagen, bij 16 inlaatdagen (gemiddeld in Mei) is de grootste groep normaal 7 dagen, bij 24 inlaatdagen (maximum in Mei) zou de grootste groep 16 hebben kunnen zijn. In Mei 1936 was g echter slechts 8 dagen en in 1941 10 dagen. Wordt echter voor Mei 1941 een enkele tusschendag, waarop een geringe hoeveelheid werd geloosd, toegeschreven aan de onnauwkeurigheid der gegevens, dan zou inderdaad 16 dagen zijn gevonden (zie fig. 1 28 April tot 14 Mei).

Bij het theoretisch maximum aantal inlaatdagen per maand van 26 zou een grootste groepsduur van 19.4 dagen behooren. In het tijdvak 1934 - 1941 heeft zich zulk een geval niet voorgedaan.

De aandacht wordt er op gevestigd, dat deze kromme onafhankelijk blijkt te zijn van den seizoensinvloed. Weliswaar liggen de punten voor April en September in hoofdzaak links beneden, maar ook punten van Mei en Juni worden daar gevonden. De plaats van de punten op de lijn hangt dus wel met het seizoen samen. De kromming van de lijn zelf echter is voor alle maanden dezelfde.

§7. Het specifiek verbruik als functie van den groepsduur.

Na dit voorbereidend onderzoek kan worden overgegaan tot de analyse van het verbruik zelf.

Het blijkt, dat het waterverbruik in vrij sterke mate afhankelijk is van den groepsduur. Cijfers hieromtrent werden verkregen door het gemiddelde te bepalen van de ingelaten hoevee-

heden op 1 afzonderlijken dag, op de groepen van 2 dagen, van 3 enz. Deze gemiddelden zijn in fig. 7 grafisch voorgesteld. Men ziet dat de specifieke waterinlating aanmerkelijk toeneemt naarmate de groepsduur grooter is.

De groepen van 8 tot 13 dagen kwamen zoo zelden voor, n.l. resp. 2, 0, 2, 1, 1 en 3 maal in 8 jaar tijds, dat daarvoor geen goede gemiddelden waren te bepalen. De lijn is getrokken door het zwaartepunt dezer hoogste 5 punten.

Voor een groep van 7 dagen (het gemiddelde van de maandelijksche maxima) is het specifiek verbruik gemiddeld 0,072 l/sec/ha. Voor een groep van 10 dagen, waarvan de frequentie juist 1,0 x per jaar bedraagt, zou het verbruik 0,082 l/sec/ha zijn. Voor een groep van 13 dagen (de grootste voorgekomen groep, zie fig.5) is het verbruik te stellen op 0,085 l/sec/ha. En voor den grootsten groepsduur van 19,4 dagen zou het verbruik rond 0,090 l/sec/ha kunnen zijn.

Met nadruk wordt er op gewezen dat de kromme van fig. 7 algemeene gemiddelden voor het verbruik oplevert. Er komen natuurlijk groepen voor met veel grooter specifiek verbruik en groepen van even langen duur met kleiner specifiek verbruik.

Voorts zij er reeds hier op gewezen, dat een groep van b.v. 7 dagen, die deel uitmaakt van een groep van 13 dagen, een hooger specifiek verbruik zal hebben dan de geheele groep van 13 dagen. In § 8 wordt dit uitvoerig onderzocht. Volgens een daarnaar ingesteld onderzoek kon geen afhankelijkheid worden geconstateerd van seizoensinvloeden. Bij eenzelfde groepsduur werden, onafhankelijk van de maand van het jaar, dezelfde verbruikscijfers gevonden.

#### §8. Het maandelijksch verbruik als functie van het aantal inlaatdagen.

Met fig. 6 werd aangetoond, dat er een rechtstreeksche betrekking bestaat tusschen den grootsten groepsduur en het aantal inlaatdagen per maand. Fig. 7 bewees, dat er een rechtstreeksche betrekking bestaat tusschen het specifieke waterverbruik en den groepsduur. Verwacht mag dus worden, dat er ook een rechtstreeksche correlatie bestaat tusschen het maandverbruik  $V$  en het aantal inlaatdagen  $i$  per maand.

Inderdaad blijkt deze aanwezig. De betrekking is weergegeven in fig. 8. Langs de verticale as is uitgezet het aantal inlaatdagen per maand ( zie tabel 2i), langs de horizontale as het maandverbruik in mill m<sup>3</sup> voor geheel Delfland (34554 ha). ( zie tabel 1).

Door deze 48 punten is de gebogen lijn geteekend. Deze lijn is van principieel belang voor een juiste interpretatie van het inlaatingsvraagstuk en bergt verschillende bijzonderheden in zich. In de eerste plaats valt op, dat dit verband niet lineair is, doch bij benadering kwadratisch. De lijn voldoet ongeveer aan de betrekking

$$V = 0,090 i + 0,006 i^2 \text{ mill m}^3/\text{maand} \dots\dots\dots(1)$$

Het specifiek verbruik per inlaatdag bedraagt dienovereenkomstig voor  $i$  inlaatdagen per maand

$$v = \frac{V}{i} \times \frac{10^6 \cdot 10^3}{86400 \cdot 34554} = 0,335 \frac{v}{i} \text{ l/sec/ha}$$

of

$$v = 0,030 + 0,002 i \text{ l/sec/ha} \dots\dots\dots(2)$$

Het specifiek verbruik wordt des te groter naarmate het aantal inlaatdagen groter is.

De betrekking (2) geeft de mogelijkheid om uit de aantallen inlaatdagen voor verschillende gevallen het specifiek verbruik te berekenen.

Door vermenigvuldiging met 86400  $i$  wordt voor het totale maandverbruik gevonden:

$$(0,030i + 0,002i^2) \cdot 86400 \text{ l/ha.}$$

Voor de  $(i + 1)$ ste dag is dan het verbruik

$$0,030 (i + 1) + 0,002 (i + 1)^2 - 0,030 i - 0,002 i^2 = 0,032 + 0,004i \text{ l/sec/ha.}$$

Daarmede wordt het verbruik op den  $p$ en dag (volgens grootte gerangschikt) uit een reeks van  $i$  inlaatdagen per maand:

$$v_p = 0,032 + 0,004 (p-1)$$

en het gemiddelde van de hoogste  $g$  dagen uit een reeks van  $i$  dagen per maand:

$$v_g = \frac{1}{g} \left\{ 0,032 + 0,004 (i-g) + 0,032 + 0,004 (i-1) \right\}$$

of

$$v_g = 0,030 + 0,004 (i - \frac{1}{2}g) \dots\dots\dots(3)$$

Deze betrekking is grafisch voorgesteld in fig. 9. De naar rechts omlaag loopende lijnen stellen voor de grootte van het specifiek verbruik (langs de verticale as te lezen) bij een gegeven  $i$  (links bij de lijn geschreven) en een variabele  $g$  (langs de horizontale as af te lezen).

(Voorbeeld: bij  $i = 26$  is het verbruik der hoogste 7 dagen gemiddeld 0,120 l/sec/ha; bij  $i = 12$  is het hoogste specifiek ver-

bruik over 4 dagen 0,070 l/sec/ha).

De bovengrens van het diagram wordt gevormd door de lijn  $i_{max} = 26$ . De benedengrens wordt gevormd door de lijn  $g = i$ , d.w.z. het specifiek verbruik berekend over alle inlaatdagen per maand. Deze lijn is dus de grafische voorstelling van form (2).

De lijn  $g_{max}$  geeft den grootsten groepsduur welke bij gegeven  $i$  mogelijk is. Deze lijn is ontleend aan fig. 6. De beteekenis van deze lijn is, dat zij het grootste verbruik geeft voor den maximum groepsduur  $g$ . (In fig.7 echter werd gegeven het gemiddeld verbruik over een groepsduur  $g$ . Vandaar dat in fig.9 bij  $g=7$  wordt afgelezen  $v=0,080$  en in fig. 7 bij  $g = 7$   $v = 0,072$ ).

Volgens fig.7 nu is het verbruik per dag te grooter naarmate meer dagen achtereen wordt ingelaten. Het spreekt dus vanzelf, dat het hoogste verbruik over  $g$  dagen gevonden zal worden bij de grootste groepen. Het gebied links van  $g_{max}$  moet dus het gebied van de grootste groep voorstellen. Rechts van  $g_{max}$  moeten gezocht worden te vallen de dagen, welke niet meer met de grootste groep een aaneengesloten geheel vormen. Hiervoor is dus het symbool  $g$  eigenlijk niet meer van toepassing. En zodra de inlaatdagen niet meer één groep vormen, doch in 2 of meer groepen uiteenvallen, liggen er noodzakelijk loozingsdagen tusschen in. Het algemeen gemiddelde per inlaatdag, zooals dat in fig.9 is bedoeld, verliest dan zijn beteekenis. Het gestippeld gedeelte van de figuur, rechts van de lijn  $g_{max}$  kan dus beter buiten beschouwing worden gelaten.

Het volgende staatje geeft eenige karakteristieke getalwaarden, afgelezen in fig 9 bij resp. een  $i$  gelijk aan het maximum aantal, volgens tabel 2a en het gemiddeld aantal volgens tabel 2b, elk bij een groepsduur van resp.3 en 7 dagen.

Tabel 3.

Specifiek verbruik in l/sec/ha bij maximum en bij gemiddeld aantal inlaatdagen.

	$g$	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Maximum $i$ tabel 2a	3	0,068	0,120	0,108	0,104	0,088	0,068
	7	0,060	0,112	0,100	0,096	0,080	0,060
Gemiddeld $i$ tabel 2b	3	0,052	0,088	0,084	0,072	0,056	0,040
	7	0,044	0,080	0,076	0,064	0,048	--

De waarden boven 0,070 l/sec/ha zijn licht, die boven 0,100 l/sec/ha zwaar onraad. Men ziet, dat April en September in het algemeen buiten beschouwing kunnen blijven. De hogere verbruikscijfers treft men alleen aan in Mei, Juni en Juli. Bij het maximum voorgekomen aantal inlaatdagen per maand is het verbruik over de hoogste 3 dagen in Mei 0,120 l/sec/ha. Men kan dit als een praktisch maximum beschouwen. Een groote waarde voor het verbruik is reeds 0,100 l/sec/ha, welk verbruik voorkomt bij b.v. 21 inlaatdagen per maand (het maximum in Juni) over een groep van 7 dagen.

Volgens fig. 9 zou het theoretisch grootste verbruik 0,132 l/sec/ha kunnen bedragen ( $i = 26$   $g = 1$ ). Doch dit cijfer kan wel buiten beschouwing worden gelaten, omdat dit verbruik slechts op 1 dag in vele jaren tijds zou voorkomen. Hoe vaak het verbruik de grenzen 0,070, 0,100 en 0,120 l/sec/ha overschrijdt, zal in § 12 worden behandeld.

Het diagram doet duidelijk uitkomen, dat het onmogelijk is om een verbruikscijfer te geven zonder daarbij te vermelden op hoelangentermijn het gesicht moet worden betrekking te hebben.

Wij stellen voor, om althans voor grootere gebieden het verbruik steeds te betrekken op een groep van 7 dagen. Of deze groepsduur ook voor kleinere gebieden geschikt is zal moeten worden afgewacht.

Voorts zal men zich er rekenschap van moeten geven, dat het verbruik over een groep van 7 dagen toeneemt, naarmate er in de maand, waarin deze groep is gelegen, meer inlaatdagen zijn. Volgens (3) wordt het verbruik bij  $g = 7$ :

$$v_7 = 0,016 + 0,004i \dots\dots\dots(4)$$

De afhankelijkheid van het specifiek verbruik over 7 dagen (en ook elke andere groepsduur) van het aantal inlaatdagen in de betreffende maand is dus 2 X zoo groot als van het specifiek verbruik van alle inlaatdagen, zooals (2) dit weergeeft.

Volgens fig. 9 is voor Delfland het grootst mogelijk verbruik over 7 dagen te stellen op 0,120 l/sec/ha bij  $i = 26$ . Bij deze  $i = 26$  maakt  $g = 7$  deel uit van een groep van 19,4 dagen. In de onderzochte periode is dit geval niet voorgekomen.

Bij  $i = 16$  inlaatdagen per maand is  $g = 7$  juist de grootste groepsduur, die nog kan voorkomen. Het specifieke verbruik is daarbij 0,080 l/sec/ha. Bij minder dan 16 inlaatdagen per maand zal men in het algemeen geen 7 inlaatdagen achtereen meer aantreffen.

Wij geven deze uitvoerige analyse, omdat zij het raamwerk kan opleveren, om de resultaten van uiteenlopende onderzoeken vergelijkbaar te maken.

### § 9. De variatie der inlating over het seizoen.

De gemiddelden van het verbruik voor de verschillende kalender maanden lopen sterk uiteen. In tabel 1 is een aantal karakteristieke waarden verzameld. Regel b geeft het gemiddelde verbruik per kalendermaand. Regel c geeft het gemiddeld verbruik per maand, omgeslagen over alle dagen van de maand. In fig. 10c is het verloop daarvan grafisch voorgesteld. De seizoensinvloed spreekt in deze kromme het sterkst. Het maximum van 0,036 l/sec/ha valt in Mei. Dit cijfer is, in vergelijking met de tot nu toe reeds genoemde waarden, zeer laag. De oorzaak daarvan is, dat het verbruik is omgeslagen over alle dagen van de maand, dus ook over de dagen, waarop niet is ingelaten. Het aantal hiervan bedraagt in Mei gemiddeld 15.

Een meer karakteristiek cijfer wordt gevonden door te nemen het verbruik per inlaatdag. (Het aantal inlaatdagen per maand komt voor in tabel 2b). De aldus bepaalde specifieke inlating is vermeld in tabel 1d. Dewaarden zijn grafisch voorgesteld in fig. 10d. De seizoensinvloed in dit cijfer is verhoudingsgewijs kleiner dan in c. De top ligt op het einde van Mei bij rond 0,070 l/sec/ha. In April en Augustus wordt rond 0,050 l/sec/ha ingelaten op de inlaatdagen.

Als derde lijn is geteekend de lijn h, voorstellende het specifieke verbruik per termijn van resp. 3, 7, 7, 5, 3 en 2 dagen. De betekenis van deze lijn wordt in § 10 nader onderzocht. Hierbij er slechts op gewezen, dat in Mei en Juni het maximumverbruik over 7 dagen rond 0,120 l/sec/ha bedraagt.

In § 6 werd aangetoond, dat het maandverbruik, en ook het specifiek verbruik per inlaatdag toeneemt naarmate het aantal inlaatdagen groter is. Volgens fig. 3 vertoont nu het aantal inlaatdagen een sterken seizoensinvloed, zoodat nagegaan dient te worden, in hoeverre deze invloed in de specifieke waterbehoefte op de variatie in het aantal inlaatdagen terug is te brengen. In de volgende tabel geeft regel a het gemiddeld aantal inlaatdagen per maand (ontleend aan tabel 2b).

Tabel 4

Vergelijking tusschen berekend en waargenomen verbruik.

	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
a i ( tabel 2b)	7	16	15	12	8	4
b vi volgens form.(2)	0,044	0,062	0,060	0,054	0,046	0,038
c v volgens tabel 1d -10%	0,042	0,062	0,053	0,054	0,049	0,041
d afwijking	+0,002	0	+0,007	0	-0,003	-0,003

In regel b is vermeld hoe groot volgens form. (2) het gemiddeld waterverbruik zou zijn. In regel c zijn vermeld de werkelijk voorgekomen gemiddelden volgens tabel 1d, verminderd met 10%. (Door de progressieve toename van het verbruik bij grotere i krijgen de groote cijfers een relatief grooter gewicht, waardoor het algemeen gemiddelde te hoog wordt. De reductie factor van 10% is door integratie berekend uit fig. 8).

Men ziet, dat er praktisch volkomen overeenstemming is tusschen het berekende specifieke verbruik en het werkelijk voorgekomen verbruik.

Hiermede is tevens het bewijs geleverd, dat de kromme van fig. 8 en dus ook form (2) een algemeene beteekenis heeft en geldig is voor elke maand. Blijkbaar is i een bruikbare parameter, die even goed het verschil in verbruik karakteriseert tusschen b.v. Mei en September, als tusschen 2 Mei-maanden van een ongelijke verbruiksintensiteit. (Men vergelijkte b.v. Mei 1937 met 428000 m<sup>3</sup> over 5 dagen en Mei 1941 met 5355000 m<sup>3</sup> of meer dan 10 maal zooveel over 24 dagen).

Indien deze conclusie juist is, hetgeen aan andere objecten geverifieerd zou moeten worden, dan opent dit eenige belangrijke gezichtspunten. Zoo zoude, met de ontwikkelde bewerkingsmethode reeds uit betrekkelijk korte waarnemingsperioden karakteristieke cijfers kunnen worden afgeleid.

En wat belangrijk is:

Een eventueel in Juli of Augustus voorkomende karakteristieke droogteperiode zou voor het doel dezelfde waarde hebben als zulk een periode in Mei of Juni. Voorts geeft het gevonden verband in beginsel aan, waarop men heeft te letten bij het vergelijken van verschillende onderzoekingen.

§ 10. De maximale inlating van maand tot maand.

Men kan in elke maand enkele dagen vinden, waarop het verbruik het grootst is en het is de bedoeling van dit onderzoek, om dit maximumverbruik te leeren kennen. De moeilijkheid is dit juist te definieeren. Het gaat niet aan om het maximumcijfer van één enkelen dag te nemen. De dagcijfers zijn daarvoor te onnauwkeurig en ook niet van zoo groote technische betekenis.

Men zal de aandacht moeten richten op een termijn van enkele dagen. Volgens het onderzoek van § 7 nu is gebleken, dat het specifiek verbruik grooter is, naarmate het aantal dagen per groep grooter is; fig. 7. Aangezien de groepsduur van maand tot maand sterk verandert is men genoopt voor elke maand een karakteristieke groepsduur als norm te kiezen. Daarvoor is in dit geval aangehouden het gemiddelde van den maximum groepsduur voor die maand: tabel 2d. Deze waarden zijn afgerond op resp. 3, 7, 7, 5, 3 en 2 dagen.

Toepassing van form (3) met voor  $i$  resp. de waarden van  $i_{gem}$  (tabel 2b) en  $i_{max}$  (tabel 2a) geeft de verbruikscijfers van tabel 5 en wel in regel b het theoretisch maximum verbruik over  $t$  dagen in een gemiddelde maand en in regel d het theoretisch maximum verbruik in een uiterste maand.

Tabel 5.

Maximum verbruik over  $t$  dagen volgens form.(3) in een normale maand en in een uiterste maand.

		April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	figuur of tabel
t	termijn t	3	7	7	5	3	2	
a	$i_{gem}$	7	16	15	12	8	4	tabel 2b
b	$v_{max}$ over $t$ dagen bij $i_{gem}$	0,052	0,080	0,076	0,068	0,056	0,042	fig.11E
c	$i_{max}$	11	24	23	20	16	11	tabel 2a
d	$v_{max}$ over $t$ dagen bij $i_{max}$	0,068	0,112	0,109	0,100	0,088	0,070	fig.11H

Uit het verloop over de maanden is te zien, dat er een uitgesproken seizoensinvloed bestaat.

De waarden zijn grafisch voorgesteld in fig.11. De getrokken-



trokken lijn H is het theoretisch maximum in een gemiddelde maand. De tophoogte is 0,080 l/sec/ha, d.w.z. in een normale maand Mei is de hoogste inlating over een groep van 7 dagen 0,080 l/sec/ha.

De getrokken lijn H geeft het theoretisch maximum over een zeer droge maand. De tophoogte van deze kromme is 0,120 l/sec/ha d.w.z. in een zeer droge maand Mei of Juni is de hoogste inlating over een groep van 7 dagen 0,120 l/sec/ha.

Een onmiddellijke vergelijking met de werkelijkheid is niet goed mogelijk, omdat niet in elke Aprilmaand 3 inlaatdagen achtereen voorkomen, in Mei niet steeds 7 enz. Bovendien, indien men het maximum verbruik over een termijn van  $t = 3, 7, 7, 5, 3, 2$  dagen opzoekt, blijkt dit vaak voor te komen bij een termijn, waarvan 1 of meer dagen geen inlaatdagen zijn.

Er is nu als volgt te werkgegaan. Voor elke maand is bepaald het maximum verbruik over  $t$  dagen en daarbij is geteerd het aantal inlaatdagen  $j$  over die termijn. Nu zou het specifiek verbruik gevonden kunnen worden door het totaal verbruik over den betreffenden termijn te deelen door het aantal inlaatdagen  $j$ .

Dit is echter niet gedaan; gedeeld is door het aantal inlaatdagen + 1, dus door  $j + 1$ . Derhalve is bij 2 inlaatdagen door 3 gedeeld, bij 5 door 6 enz. Uit de volgende § zal blijken, dat de keuze van 1 dag niet willekeurig is, doch berust op het waarnemingsmateriaal zelf.

De resultaten van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 6. Het aantal inlaatdagen is telkens bij het betreffende verbruikscijfer geplaatst in de kolommen  $j$ . In mei en Juni zijn er vaak 6 of 7 inlaatdagen per termijn van 7 dagen, doch ook 0, 1 en 3 dagen kwamen voor.

Het op boven aangegeven wijze berekende specifiek verbruik is in de kolommen  $v$  vermeld. Men heeft dus in deze tabel een overzicht van de grootste verbruikscijfers over het tijdvak 1934-1941 over  $t$  dagen in elken maand. De grootste maxima zijn onderstreept en in regel  $h$  herhaald. Deze waarden zijn in fig. 11  $h$  grafisch uitgezet.

Alle waarden van  $v$  zijn in fig. 12 grafisch voorgesteld. Het verdient bijzondere opmerking, dat zelfs deze met zorg uitgekozen maxima zoo sterk schommelen. Men kan, bij wijze van

Tabel 6

Grootste specifiek verbruik over een termijn t  
(j = aantal inlaatdagen over dien termijn)

t	April 3		Mei 7		Juni 7		Juli 5		Aug. 3		Sept. 2		Figuur
	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j	
1934	0.048	2	0.032	5	0.059	7	0.082	5	0.059	2	0.044	1	
1935	0.052	2	0.059	6	-	0	0.092	4	0.058	3	0.067	2	
1936	0.036	3	0.112	6	0.043	7	0.021	4	0.020	1	0.022	1	
1937	0.010	1	0.022	3	0.029	1	0.025	3	0.062	3	0.013	1	
1938	0.063	3	0.079	7	0.067	6	0.060	4	0.065	3	0.023	1	
1939	0.055	2	0.088	6	0.116	7	0.090	5	0.087	3	0.046	2	
1940	0.061	2	0.092	7	0.081	7	0.050	4	0.032	2	0.008	1	
1941	0.029	3	0.083	7	0.098	6	0.098	5	0.010	1	0.046	2	
e	v <sub>gem</sub>	0.045	0.075	0.075	0.068	0.055	0.039	11e,12e					
f	j <sub>gem</sub>	2.25	5.88	5.86	4.25	2.25	1.38						
h	v <sub>max</sub>	0.063	0.112	0.116	0.098	0.087	0.067	10h,11h 12h					

spreken, alles verwachten. Het grootste specifiek verbruik in Mei of Juni b.v. wisselt van 0,025 tot 0,120 l/sec/ha. Hierin ligt een waarschuwing om voorzichtig te zijn met het trekken van conclusies uit te korte waarnemingsreeksen. Of de hier gebruikte termijn van 8 jaar voldoende is geweest, zij in het midden gelaten. Naar echter uit het volgende is af te leiden, is de factor toeval bij deze analyse in vrij hoge mate uitgeschakeld.

De maximum waarden vallen in 4 verschillende jaren. April heeft zijn maximum in 1938, Mei in 1936, Juni, Augustus en September in 1939 en Juli en September in 1941. De hoogste maxima vallen binnen de vloeiende kromme h, welke ook in fig. 11 is opgenomen. Bijzondere opmerking verdient nu de praktisch volkomen overeenstemming tusschen theoretisch berekende en werkelijk voorkomende waarden.

De maximumwaarden der kolommen v in tabel 6 zijn met verschillend gewicht van de jaren naar j gemiddeld. Deze gemiddelde waarden zijn in regel e vermeld. De grafische voorstelling geeft fig. 11e en 12e. Ook van deze lijn is het verloop over het seizoen in praktisch volkomen overeenstemming met de theoretisch berekende lijn E.

Uit deze berekeningen wordt een nadere bevestiging verkregen voor de juistheid van de form. (2) en (3) en van het algemeene diagram fig.9. In het bijzonder blijkt hieruit, dat de specifieke inlating volkomen bepaald wordt door het aantal inlatingdagen. Het is dus niet zoo, dat de getalwaarden in de coëfficiënt in form. (3) voor Mei en Juni groeter moeten worden genomen, dan in April en Augustus of September. Daar nu volgens fig. 4 het aantal inlatingdagen ten hoogste 26 kan bedragen, wordt gevonden als maximum verbruik over een groepsduur van 7 dagen 0,120 l/sec/ha, volkomen gelijk aan hetgeen de top van de kromme in fig 10 of 11 aangeeft.

### § 11. De maximale inlating van jaar op jaar.

Schielve aan de maximale inlating van maand op maand dient ook aandacht te worden besteed aan de maximale inlating van jaar op jaar. Evenals bij de maanden zal ook voor de jaren de maximale waterinlating berekend moeten worden voor 2, 3 en meer dagen achter elkander.

Om tot een juiste interpretatie te kunnen komen volgt thans eerst de analyse van het verbruik over korte perioden,

n.l. van 1 tot 7 à 10 dagen. Van elk jaar is opgezocht het maximum verbruik in 1 dag, 2 dagen, 3 dagen, enz. Deze waarden zijn in fig. 13 grafisch uitgezet. (De jaren 1935 en 1937 gaven zoo veel lagere waarden dan de overige 6 jaren, dat zij niet in de figuur zijn opgenomen).

De lijnen jaar voor jaar door de punten getrokken, geven een tamelijk homogeen beeld, bij benadering voor te stellen door de formule

$$y = y_0 + ax$$

De helling der lijnen geeft aan het waterverbruik in m<sup>3</sup> per dag, hetgeen op eenvoudige wijze te herleiden is tot l/sec/ha. De aldus berekende waarden zijn vermeld in tabel 7:

Tabel 7: Maximum verbruik over 1 tot 7 dagen van elk jaar.

1934	0,090 l/sec/ha
1936	0,090
1938	0,090
1939	0,111
1940	0,111
1941	0,108

gemiddeld: 0,100 l/sec/ha

Voor de constante  $y_0$  wordt gevonden rond 300000 m<sup>3</sup> voor geheel Delfland of 8,7 m<sup>3</sup>/ha. De totale maximale inlating over een groep van  $j$  (hoogstens 7) dagen zou dus bedragen:

$$(8,7 + 0,100 \cdot 86400 \cdot 10^{-3}j) \text{ m}^3/\text{ha}$$

of

$$v_{\max} = 0,100 + \frac{0,100}{j} \text{ l/sec/ha} \dots\dots\dots(5)$$

Deze formule geeft het gemiddelde der 6 jaarlijksche maxima; de individuele jaarmaxima zullen om deze waarden schommelen.

Voor 1 dag zou men dus normaal op een maximumverbruik van 0,200 l/sec/ha moeten rekenen, voor 2 dagen op een maximum van 0,150 l/sec/ha, voor 7 dagen 0,114 l/sec/ha.

Voor form. (5) kan ook worden geschreven:

$$v = 0,100 \cdot \frac{j+1}{j} \text{ l/sec/ha.}$$

Stelt men  $v \times j = V_j$ , dan vindt men

$$\frac{V_j}{j+1} = 0,100 \text{ l/sec/ha} \dots\dots\dots(6)$$

D.w.z. deelt men het totale verbruik over  $j$  inlaatdagen door  $j+1$  dagen, dan wordt een constante verkregen. Dit is ook te zien in fig. 13: worden de lijnen doorgetrokken tot ze de t-as

snijden, dan geschiedt dit bij het punt -1 dag. Men kan dus het omhoogloopen van het specifiek verbruik over een zeer korten termijn compenseeren, indien door 1 dag meer wordt gedeeld. In § 10 is dit reeds toegepast.

Met behulp van dit inzicht kan nu een nader onderzoek worden ingesteld naar het maximum verbruik over 1, 2, 3, ..... 60 dagen, van elk jaar. Hierbij wordt dus niet langer gelet op de maanden en op het seizoen. Voor elk jaar is opgezocht het hoogste verbruik in 1 dag, in 2 dagen, in 3 dagen enz. In tabel 8 zijn deze cijfers verzameld en vermeld in de regels W. De betreffende cijfers zijn het gemiddelde van alle dagen over den termijn t.

Men ziet uit deze cijfers, dat het verbruik kleiner wordt, naarmate de termijn, welke men in beschouwing neemt, grooter is. Zoo is b.v. in 1941 het grootste specifieke verbruik W over 1 dag 0,188 l/sec/ha, over 2 dagen gemiddeld 0,139, over 3 dagen 0,143 l/sec/ha enz. en daalt voor 60 dagen tot 0,051 l/sec/ha. Deze daling is natuurlijk het gevolg van de toegepaste selectie. Doch ook het voorkomen van steeds meer niet-inlaatdagen geeft een reductie in het gemiddelde W.

In de regels j is het aantal inlaatdagen vermeld. Dit aantal blijft geleidelijk aan ten achter bij het aantal dagen t van den geheelen termijn. Wordt nu overeenkomstig form. (6) het totale verbruik over t dagen gedeeld door j + 1 inlaatdagen, dan worden de cijfers der regels v gevonden. Tusschen W en v geldt dus de betrekking

$$v = W \frac{t}{j+1}.$$

Het algemeen gemiddelde van de waarden v is vermeld in regel d.

Men ziet, dat het specifiek verbruik v weinig afwijkt van 0,100. Het is iets kleiner, omdat 1935 en 1937 nu wel meegerekend zijn. Voor langeren termijn dan 7 dagen treedt een toenemende reductie op, en wel tot 37% bij 60 dagen. Dit spreekt vanzelf, want de selectie is er op gericht voor den kortsten termijn het hoogste verbruik te vinden.

De waarden v zijn in fig. 14 grafisch uitgezet, en wel op de volgende wijze. De 8 gereduceerde jaarmaxima voor 1 dag bevinden zich links, daarnaast staan de 8 gereduceerde jaarmaxima voor een termijn van 2 dagen, enz. De gereduceerde jaarmaxima voor een termijn van 10, 30, en 60 dagen zijn op iets grooteren afstand van elkaar geplaatst. Het resultaat is zeer opvallend. De

-maximumwaarden-

Maximum waterverbruik over een termijn van 1, 2, 3 - 60 dagen van jaar op jaar.

W = maximum verbruik over t dagen, omgerekend tot l/sec/ha.

j = aantal inlaatdagen over t dagen.

v = specifiek verbruik per inlaatdag + 1 =  $W \frac{t}{j+1}$

Termijnlengte t in dagen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	10	30	60	fig.
1934 W	0.163	0.133	0.107	0.097	0.098	0.100	0.099	0.095	0.087	0.058	0.038	
j	1	2	3	4	5	6	7	8	10	24	43	
v	0.082	0.089	0.080	0.078	0.082	0.086	0.087	0.084	0.079	0.070	0.052	
1935 W	0.235	0.124	0.084	0.101	0.092	0.081	0.071	0.062	0.062	0.032	0.027	
j	1	2	3	3	4	5	6	6	7	17	29	
v	0.118	0.083	0.063	0.101	0.092	0.081	0.071	0.071	0.078	0.053	0.054	
1936 W	0.238	0.180	0.146	0.127	0.106	0.116	0.112	0.111	0.102	0.062	0.046	
j	1	2	3	4	5	5	6	7	9	23	44	
v	0.119	0.120	0.109	0.102	0.089	0.116	0.112	0.111	0.102	0.078	0.061	
1937 W	0.133	0.098	0.083	0.069	0.070	0.059	0.064	0.056	0.045	0.021	0.012	
j	1	2	3	4	5	5	6	6	6	10	14	
v	0.066	0.065	0.062	0.055	0.058	0.059	0.064	0.064	0.064	0.057	0.048	
1938 W	0.169	0.129	0.120	0.115	0.098	0.098	0.090	0.084	0.078	0.047	0.046	
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	22	43	
v	0.084	0.086	0.090	0.092	0.082	0.084	0.079	0.079	0.078	0.063	0.063	
1939 W	0.205	0.185	0.153	0.136	0.136	0.128	0.133	0.127	0.118	0.069	0.058	
j	1	2	3	4	5	6	7	8	10	23	40	
v	0.102	0.123	0.115	0.109	0.113	0.110	0.116	0.113	0.107	0.086	0.085	
1940 W	0.156	0.130	0.128	0.121	0.115	0.115	0.105	0.094	0.083	0.060	0.042	
j	1	2	3	4	5	6	7	8	10	22	36	
v	0.078	0.087	0.096	0.097	0.096	0.098	0.092	0.084	0.076	0.078	0.068	
1941 W	0.188	0.139	0.143	0.132	0.118	0.111	0.101	0.086	0.088	0.063	0.051	
j	1	2	3	4	5	6	7	7	10	26	43	
v	0.094	0.092	0.107	0.106	0.098	0.095	0.088	0.086	0.080	0.070	0.070	
a W <sub>max</sub>	0.238	0.185	0.153	0.136	0.136	0.128	0.133	0.127	0.118	0.069	0.058	15a
b W <sub>gem</sub>	0.186	0.140	0.122	0.112	0.104	0.101	0.097	0.089	0.083	0.052	0.040	
c v <sub>max</sub>	0.119	0.123	0.115	0.109	0.113	0.116	0.116	0.113	0.107	0.086	0.085	(14c 15c)
* d v <sub>gem</sub>	0.093	0.093	0.090	0.092	0.089	0.091	0.089	0.086	0.083	0.069	0.063	14d

maximumwaarden liggen op een bijna constante hoogte, beginnend bij 0,120 l/sec/ha. Van 0 tot 8 dagen loopen de maxima terug van 0,120 tot 0,114 l/sec/ha. Bij 60 dagen is het grootste specifiek verbruik per inlaetdag + 1 gelijk 0,085 l/sec/ha.<sup>1)</sup>

De gemiddelden der gereduceerde jaarlijksche maxima (tabel 8a) zijn door open punten aangegeven en verbonden door de lijn a. Bij 0 dagen is het 0,094 l/sec/ha, bij 8 dagen 0,090 en bij 60 dagen 0,063 l/sec/ha.

Uit deze resultaten blijkt, dat het toevoegen van 1 dag in dit geval een doeltreffend middel is, om het toevallig karakter van de hoge cijfers voor korten termijn te elimineeren. Men vergelijkte in tabel 8  $W_{gem}$  (regel b) met  $v_{gem}$  (regel d). De hoge waarde van  $W_{gem}$  voor 1 dag, 0,186 l/sec/ha, mag dus niet worden opgevat als een juist beeld gevend van het grootste waterverbruik. Door van elk jaar den dag met het grootste verbruik op te zoeken moet men wel extreme waarden vinden, waarbij het toeval een belangrijke rol speelt.

Blijkbaar wordt dit toevalselement volkomen gecompenseerd door het hoogste verbruik van 1 dag te doen gelden voor 2 dagen, dat voor 2 dagen voor 3, enz. De juistheid van deze werkwijze werd mede bevestigd door de figuren 11 en 13.

Aan de hand van de in de vorige paragrafen gevonden gegevens en formules kan het maximum verbruik ook theoretisch worden bepaald.

Volgens tabel 2b is het gemiddelde van het maximum aantal inlaetdagen in een maand in eenig jaar 19,2. Volgens form.(3) (of fig. 9) is dan het maximum verbruik over respectievelijk 1, 2, 3 dagen als vermeld in kolom 1 van tabel 9:

De gereduceerde waargenomen waarden zijn vermeld in kolom 2. Deze zijn alle wat lager dan de theoretische waarden volgens kolom 1. Het hoogste aantal inlaetdagen per maand is geweest 24. Volgens form.(3) vindt men daarvoor de waarden van  $v$  als vermeld in kolom 4. Het gereduceerde werkelijke maximum verbruik is vermeld in kolom 5. De verschillen zijn opgenomen in kolom 6. Deze zijn praktisch van geen beteekenis.

1) Ter wille van een uniforme bewerking is deeling door  $j + 1$  ook toegepast op de termijnen van 30 en 60 dagen.

Tabel 9.

Vergelijking tusschen berekend en waargenomen maximum  
verbruik voor 1, 2, 3, . . . . . dagen.

t	i = 19,2			i = 24		
	Theoretisch volgens form (3)	Gered. waarneming volgens tabel 8a	Afwijking (1) - (2)	Theoretisch volgens form (3)	Gered. waarneming volgens tabel 8a	Afwijking (4) - (5)
	1	2	3	4	5	6
1	0,105	0,093	0,012	0,124	0,119	5
2	0,103	0,093	0,010	0,122	0,123	-1
3	0,101	0,090	0,011	0,120	0,115	5
4	0,099	0,092	0,007	0,118	0,109	9
5	0,097	0,089	0,008	0,116	0,113	3
6	0,095	0,091	0,004	0,114	0,116	-2
7	0,093	0,089	0,004	0,112	0,116	-4
8	0,091	0,086	0,005	0,110	0,113	-3
10	0,087	0,083	0,004	0,106	0,107	-1

De formules (2) en (3) kunnen dus blijkbaar ook op deze vragen een antwoord verschaffen. De theoretische waarden zouden zijn voor het jaarlijksch maximum over 7 dagen uit form. (4) met  $i = 19,4$  dagen (uit fig. 4)

$$v = 0,094 \text{ l/sec/ha};$$

voor het "absolute" maximum over 7 dagen uit form.(4) met  $i = 26$  dagen (uit fig.4)

$$v = 0,120 \text{ l/sec/ha.}$$

Ook hier is de overeenstemming volmaakt.

Volgens form. (6) zou weliswaar het jaarmaximum 0,100 l/sec/ha moeten bedragen, in plaats van 0,094 l/sec/ha.

Deze 0,100 l/sec/ha is echter afgeleid uit fig. 13, waarin de gegevens van 1935 en 1937 zijn weggelaten. Wordt nu de gemiddelde waarde van  $i_{max}$  bepaald, eveneens door 1935 en 1937 weg te laten, dan wordt als gemiddelde 21 dagen gevonden (zie tabel 2). Met  $i = 21$  dagen geeft form. (4):

$$v = 0,100 \text{ l/sec/ha. Er is dus wederom volkomen overeenstemming.}$$

Ter verduidelijking van de betrekkingen tusschen de verschillende analyses zijn in fig. 15 grafisch uitgezet:

le. de punten  $W_{max}$  van tabel 8a, dus het werkelijk voorgekomen hoogste verbruik over respectievelijk 1, 2, 3, tot 10 -dagen-



dagen. Door deze punten is de lijn a getrokken.

2e. de punten  $v_{max}$  volgens tabel 30, dus  $W_{max} = \frac{t}{j+1}$ . Hierdoor is de lijn c getrokken. Deze lijn is dezelfde als fig. 14c.

3e. de lijn  $i = 26$ , het absolute theoretisch maximum, ontleend aan fig. 9.

4e. de lijn  $i = 24$ , die het maximum van de onderzochte 3 jaren geeft, ontleend aan fig. 9.

5e. het gemiddelde verbruik over een groepsduur  $g$ , ontleend aan fig. 7, lijn G.

6e. de lijn K, die ongeveer het kleinste verbruik over een groep van  $t$  dagen aangeeft. Deze lijn begint bij 0 l/sec/ha voor 1 dag. Over  $g = 10$  dagen is het kleinste specifiek verbruik 0,070 l/sec/ha.

De lijn K is opgenomen tot beter begrip van hetgeen de figuur voorstelt. Zij geeft aan het minimum verbruik over  $g$  inlaatdagen, voorgekomen in het tijdvak 1934/1941. Daartegenover staat lijn a, die het maximum verbruik over  $t$  dagen geeft, voorgekomen in hetzelfde tijdvak. De beide lijnen naderen elkaar bij  $g = 19,4$  dagen, d.i. bij den theoretischen maximum groepsduur. Het is evident, dat juist in dit grenspunt minimale en maximale waarde identiek moeten zijn.

Ten gevolge van de deeling van het werkelijk maximum verbruik over  $j$  inlaatdagen door  $j + 1$  werd lijn a gereduceerd tot lijn c. Men ziet uit de figuur, dat lijn c praktisch volkomen samenvalt met de lijn  $i = 24$ , ontleend aan form. (3).

De lijn  $i = 26$  geeft het "absolute" theoretische maximum. Voor  $t$  grooter dan 12 dagen valt deze lijn met a samen. Wat de lijn a meer omhoog loopt dan  $i = 26$ , moet mijns inziens aan het toeval worden toegeschreven. Vooral de relatief groote onnauwkeurigheid, welke in de dagelijksche waterbalans schuilt, rechtvaardigt het niet om aan de betreffende cijfers praktische beteekenis toe te kennen.

Uit de gegevens is gemakkelijk af te leiden, hoe groot de wateronttrekking aan den boezem zal moeten zijn, indien de inlaatmiddelen geen grooter capaciteit dan 0,120 l/sec/ha hebben. Volgens § 11 is het verbruik over zeer korten termijn gemiddeld

$$(8,7 + 0,100 \cdot 86400 \cdot 10^{-3}j) \text{ m}^3/\text{ha}.$$

De constante  $8,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  treedt hier op als een wateronttrekking ineens.

Bij een boezemoppervlakte ter grootte van 1% van de polders zou  $8,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  een peilverlaging veroorzaken van 8,7 cm. Zulk een verlaging zal volgens fig. 15 zelfs onder de allerngunstigste omstandigheden na hoogstens 9 dagen weer zijn opgeheven, als de inlaatmiddelen constant  $0,120 \text{ l/sec/ha}$  toevoeren. Voor Delfland kan hiervan geen voorbeeld worden gegeven, omdat de capaciteiten van de inlaatsluizen te Rotterdam veel groter is dan  $0,120 \text{ l/sec/ha}$  en deze bovendien intermitterend werken.

#### § 12. Frequenties van het verbruik.

Aan de hand der grafieken van het waterverbruik (fig. 2) is uitgeteld, hoeveel dit een bepaalde waarde overschrijdt, en wel gedurende 1, 2, 3 enz. dagen achtereens.

De resultaten van deze telling zijn weergegeven in tabel 10. Elke kolom heeft betrekking op een bepaalde hoeveelheid, respectievelijk 0; 0,033; 0,067; 0,100 enz.  $\text{l/sec/ha}$ . De regels hebben betrekking op den groepsduur, gedurende welken de ingelaten hoeveelheden water dag aan dag groter waren dan die, vermeld in het hoofd van de kolom.

De kolommen a in tabel 10 geven het aantal groepen per jaar, dat de waterinlating gedurende het daarbij behoorend aantal dagen g groter was dan v. Voorbeeld: een waterverbruik, groter dan  $0,067 \text{ l/sec/ha}$  over 3 of meer opeenvolgende dagen kwam gemiddeld per zomerhalfjaar 2,1 x voor.

In de kolommen b is vermeld het totaal aantal dagen per zomerhalfjaar, dat het verbruik groter was dan v. Uit deze cijfers ziet men, dat er gemiddeld over 62 dagen per zomerhalfjaar wordt ingelaten (zie ook tabel 2 som van regel b). Gedurende 41 dagen is de waterinlating groter dan  $0,033 \text{ l/sec/ha}$ , gedurende 25 groter dan  $0,067$  enz. In verticaal vindt men: een waterverbruik van b.v.  $0,067 \text{ l/sec/ha}$  of groter kwam voor op 25 dagen/jaar, waarvan 15 dagen in groepen van minstens 2 dagen, 9 dagen in groepen van minstens 3 dagen, 7 dagen in groepen van minstens 4 dagen enz.

De cijfers der kolommen b zijn in fig. 16 grafisch voorgesteld. De ordinaten van de rechte lijnen geven aan hoeveel dagen per jaar het waterverbruik gedurende g achtereenvolgende

-dagen-

Tabel 10.


## Frequenties van het waterverbruik.

Kolom a: aantal groepen per zomerhalfjaar, dat het waterverbruik gedurende minstens g dagen achtereen groter was dan v

Kolom b: aantal dagen per zomerhalfjaar, dat het waterverbruik gedurende minstens g dagen achtereen groter was dan v (fig.16).

Waterverbruik v in l/sec/ha.

v	0		0,033		0,067		0.100		0.133		0.167		0.200		0.233	
g	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	26.6	62	22.2	41	15.0	25	7.1	9	4.2	5	1.2	1	0.6	1	0.4	1
2	12.0	48	3.2	27	5.4	15	1.5	3	0.4	1						
3	7.1	38	5.0	20	2.1	9	0.2	1								
4	4.6	30	2.5	13	1.6	7										
5	3.4	25	1.5	9	0.5	3										
6	2.5	21	0.9	6	0.2	1										
7	1.8	17	0.2	2												
8	1.1	12	0.1													
9	0.9	10	0.1													
10	0.9	10	0.1													
11	0.6	8														
12	0.5	6														
13	0.4	5														

Beneden  komt minder dan 1 x per jaar voor.

dagen groter was dan v.

De lijn  $v = 0$  l/sec/ha geeft het totaal aantal dagen, waarop waterinlating plaats vond. Gedurende minstens 1 dag is dit 62 dagen per jaar, gedurende minstens 2 dagen is dit 48 dagen per jaar, enz. (zie tabel 10 kolom Ob).

De lijnen voor het grotere waterverbruik verlopen steiler dan die van het kleinere, d.w.z. groot waterverbruik komt zelden meer dan 3 of 4 dagen achtereen voor.

Om een direct inzicht te verkrijgen, in de mate van zeldzaamheid zijn een aantal lijnen geteekend met bijschrift 5 x per jaar 2 x per jaar enz. Deze lijnen maken het mogelijk om in één oogopslag te zien, dat b.v. een waterverbruik, groter dan 0,100 l/sec/ha gedurende meer dan 2 dagen achtereen slechts 1 x per jaar voorkomt; gedurende 3 dagen achtereen 1 x per 5 jaar enz. De lijn 1 x per jaar is zwaar geteekend en komt overeen met de vette trapjeslijn in tabel 10.

Een capaciteit der inlaatmiddelen van 0,100 l/sec/ha zou volgen tabel 10 elk jaar 9 dagen te klein zijn, waarvan 3 dagen in groepen van 2 of meer en 1 dag in groepen van 3 of meer. Laat men de groepen van 1 of 2 dagen als van te weinig betekenis buiten beschouwing, dan blijft 0,2 groepen per jaar van 3 dagen over of 1 x in de 5 jaar gedurende 3 dagen. Was de inlating gedurende deze drie dagen b.v. 0,130 l/sec/ha geweest, dan zou de capaciteit over dezen termijn  $0,030 \times 3 \times 86400 \times 10^{-3} = 7,8$  m<sup>3</sup>/ha te kort zijn geschoten. Bij een boezomoppervlakte van 1% van de polderoppervlakte zou dit een peilverlaging in den boezem veroorzaken van 7,8 cm.

Wat deze fig. 16 leert is dus een bevestiging van de resultaten der vorige paragrafen.

### § 13. Meteorologische factoren.

Uit den aard der zaak moet er verband bestaan tusschen de meteorologische omstandigheden, die in een bepaald tijdvak optreden en de grootte van het waterverbruik. Als factoren, die daarbij een rol spelen, kunnen worden genoemd:

- |                |                           |
|----------------|---------------------------|
| 1 neerslag     | 5 vochtgehalte der lucht  |
| 2 temperatuur  | 6 bewolking of zonneshijn |
| 3 windrichting | 7 zonsdeclinatie          |
| 4 windsnelheid | 8 verdamping              |

Het onderzoek is tot enkele hoofdzaken beperkt, betrekking hebbende op de factoren neerslag en verdamping. Men kan aannemen, dat daarbij ook indirect een grotere of kleinere invloed van de factoren 2 t/m 7 in rekening is gebracht. De resultaten zijn echter niet zeer bevredigend. Enerzijds zal dit kunnen worden toegeschreven aan de onnauwkeurigheden der dagelijksche opgaven omtrent neerslag, ingelaten hoeveelheid, gespuide hoeveelheid en waterstand. Anderzijds zal hierbij ook een rol spelen, dat de meteorologische factoren op samengestelde wijze met elkaar interfereren, zoodat de systematische invloed van elk afzonderlijk in het concrete geval, moeilijk of misschien zelfs in het geheel niet meer is te onderkennen.

Het gelát hier dus nog maar een eerste poging om tot eenige klaarheid te komen. Wellicht kunnen de onder dit voorbehoud medegedeelde resultaten aanwijzingen of suggesties geven voor de bewerking van reeds bestaand waarnomingsmateriaal en voor het organiseren van nieuwe waarnemingen.

#### § 14. De coincidentie tusschen droge dagen, resp. natte dagen en inlaatdagen.

De eerste en meest elementaire vraag, die gesteld moet worden is, in hoeverre de waterbehoefte optreedt tijdens droge dagen en de loozing van water tijdens natte dagen. Onder natte dagen worden hier verstaan dagen, waarop neerslag is gevallen.

Daartoe is gesteld, hoe vaak inlaten viel op droge en natte dagen, en als complement daarvan, hoe vaak uitmalen viel op droge en op natte dagen. Eigenlijk zou voor inlaten gesproken moeten worden van overwegend inlaten; en voor loozen van overwegend loozen (zie § 2). Deze wijze van tellen doet geen recht weđervaren aan den eventueelen invloed van regen of droogte der voorafgaande dagen. Daaraan is wel aandacht geschonken, doch het gelukte niet om zulk een invloed vast te stellen. Er is daarom volstaan met na te gaan, welke correlatie er bestaat op den dag zelf.



een beeld.

Boven de lijn d zijn de inlaatdagen gelogen, beneden d de niet-inlaatdagen, dus de dagen, waarop werd geloosd. Deze lijn d is dezelfde als lijn b in fig. 3. De lijn e geeft het aantal inlaatdagen met neerslag, lijn b met een neerslag grooter dan 2,5 mm per dag, lijn c met een neerslag grooter dan 5 mm per dag.

Men ziet uit de verhoudingen, dat het inlaten op dagen met neerslag nauwelijks voorkomt. In Mei b.v. heeft men op 16 inlaatdagen er slechts 3 met eenigen regen, waarvan 1 met meer dan 5 mm. Het inlaten op regendagen speelt dus geen rol van betekenis.

Voor zoover er op natte dagen wordt ingelaten, kan dit vermoedelijk worden toegeschreven aan het toeval, aan onnauwkeurigheden in de berekeningen van het verbruik per dag, aan de vertraging in de bediening van de inlaatmiddelen, of omdat de neerslag zoo gering was, dat zulk een dag als droog had moeten worden beschouwd. Ook kan hier sprake zijn van onverwachte onweersbuien. e.d.

Het is echter niet zoo, dat op alle droge dagen wordt ingelaten. Tabel 12 gaf al aan, dat over Mei en Juni slechts op  $\frac{2}{3}$  deel van alle droge dagen wordt ingelaten en op  $\frac{1}{3}$  deel wordt geloosd. Fig. 17 geeft het verloop daarvan over het seizoen.

Tusschen d en e liggen de droge dagen, waarop geloosd wordt, lijn e geeft het totaal aantal natte dagen, waarop dit geschiedt. Het is het kleinst op ongeveer 1 Juni en neemt naar het najaar sterk toe. Lijn f geeft de loozing op natte dagen met meer dan 2,5 mm neerslag; lijn g met meer dan 5 mm neerslag. Het is opvallend, hoe regelmatig al deze grootheden van maand tot maand veranderen. Blijkbaar is het geringe aantal cijfers (8 voor elke maand) toch reeds voldoende om een relatief nauwkeurig beeld te geven.

Volgens deze figuur blijkt de waterbehoefte eigenlijk alleen te bestaan op de droge dagen, zelfs op slechts  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{2}{3}$  deel der droge dagen. Het is dus niet te verwachten, dat er een direct verband zal zijn tusschen den neerslag op de natte dagen en het waterverbruik op de droge dagen, daarentegen wel tusschen het aantal natte dagen per maand en het aantal inlaatdagen.

Het is nu van belang, dit te onderzoeken, omdat

gebleken is, dat het waterverbruik zelf volkomen gekarakteriseerd is met het aantal inlaetdagen.

#### § 15. Verband tussehen aantal natte dagen en aantal inlaetdagen.

Wordt het aantal inlaetdagen per maand (tabel 2) uitgezet tegen het aantal natte dagen voor Delfland (voor 1940-1941 waren de gegevens voor Haalŵwijk niet beschikbaar), vermeld in tabel 13, dan blijkt er een verband te bestaan, zooals weergegeven in fig. 18.

Tabel 13.

Aantal natte dagen in Delfland.

Jaar	maand		
	Mei	Juni	Juli
1934	9	7	9
1935	10	17	10
1936	7	9	19
1937	12	12	15
1938	13	5	13
1939	9	8	17
1940	5	8	21
1941	14	7	12

De lijn in deze figuur geeft aan, dat het aantal inlaetdagen toeneemt met afnemen van het aantal natte dagen en wel volgens de betrekking

$$i = 30 - 1,4 n \dots \dots \dots (7)$$

De spreiding der punten is groot, zoodat deze formule niet moet worden opgevat als een exact verband, maar meer als een hulpmiddel om den aard van de betrekking tussehen  $i$  en  $n$  uit te drukken. De formulevorm kan daarbij voor de verdere uiteenzetting eenige diensten bewijzen.

#### § 16. Invloed van het seizoen op het verbruik.

In § 9 is een analyse gegeven van het verloop van het verbruik over het seizoen. Aangetoond werd, dat, als men het aantal inlaetdagen  $i$  als parameter invoert, het specifiek verbruik voor elke maand nauwkeurig wordt bepaald door de formule (2) en het totale maandverbruik door (1). Met

-behulp-



behulp van (7) kan nu worden onderzocht in hoeverre de seizoensvariatie in het aantal inlaatdagen samenhangt met de seizoensvariatie in het aantal natte dagen, die, zooals fig.16 doet zien, vrijwel hetzelfde verloop heeft.

In tabel 14a is vermeld het aantal natte dagen van maand tot maand, volgens de vereffende lijn van fig.16; in 14b het aantal inlaatdagen, dat hieruit volgens (7) is te verwachten. Regel c geeft het werkelijk aantal inlaatdagen, ontleend aan tabel 2, regel d de verhouding tusschen de waarden van regel c tot die van b.

Tabel 14.

Invloed van het seizoen op het  
verbruik

	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
a aantal natte dagen n volgens fig.16	14,3	9,8	10,6	13,0	14	15
b i volgens 30 - 1,4 n	10	16	15	12	10	9
c igen volgens tabel 2b	7	16	15	12	8	4
d seizoensinvloed c:b	70%	100%	100%	100%	80%	44%
e Vgen:V volgens b	61%	100%	100%	100%	73%	34%

Nu is (7) afgeleid uit de drie maanden Mei, Juni, Juli. Uit de overeenstemming tusschen de berekende en werkelijke waarden blijkt, dat de formule hier van toepassing is. In April, Augustus en September echter is het aantal inlaatdagen kleiner dan volgens (7) zou kunnen worden verwacht, d.w.z. er wordt in deze maanden naar verhouding minder ingelaten dan in de maanden Mei, Juni en Juli. De cijfers van regel d geven aan hoe groot het betreffende percentage is. In April wordt 70%, in Augustus 80% en in September 44% van het aantal dagen ingelaten waarop onder overeenkomstige meteorologische omstandigheden in Mei, Juni of Juli zou worden ingelaten.

Wordt met behulp van (2) het totale maandverbruik berekend,

-dan-

dan blijkt de reductie voor de genoemde maanden nog sterker. In April wordt 61% ingelaten, in Augustus 73% en in September slechts 34% van wat wordt ingelaten bij overeenkomstigen droogte-toestand in Mei of Juni.

Er is dus een sterke seizoensinvloed, welke niet aan de verandering van de neerslag-intensiteit van maand tot maand kan worden toegeschreven.

Het eerst valt nu natuurlijk de aandacht op de verdamping als oorzaak van deze seizoen-variantie. Dit zal in § 22 worden behandeld.

Thans dient nader te worden onderzocht in hoeverre in de maanden Mei, Juni en Juli de variaties in het waterverbruik, welke b.v. uit tabel 1 kunnen blijken, veroorzaakt worden door den neerslag.

§ 17. Verband tusschen neerslag en aantal natte dagen.

Teneinde het onderzoek naar de betrekking tusschen waterverbruik en neerslag te vinden en op de juiste wijze te kunnen interpreteren, moet eerst worden onderzocht, welk verband er bestaat tusschen den maandelijkschen neerslag en den specifiek neerslag per natten dag. Dit is opgenomen in fig. 19.

Langs de vertikale as is de maandelijksche neerslag uitgezet, horizontaal de neerslag per natten dag. Gebruikt zijn de maandgemiddelden over Maart t/m October 1921-1930 voor Naaldwijk. Laat men de 4 ten gevolge van zwaren regenval naar rechts afwijkende punten buiten beschouwing, dan is op te merken, dat er een verband met betrekkelijk weinig spreiding is tusschen den neerslag per natten dag en den maandelijkschen neerslag. Men lette er in het bijzonder op, dat de neerslag per natten dag een grootheid is, die veel minder variëert dan de maandcijfers. Gehe liggen begrepen tusschen 2 en 8 mm per dag, dus in een reden 1:4, deze tusschen 10 en 150 mm, dus in een reden 1:15.

De betrekking tusschen maandelijkschen neerslag en neerslag per natten dag wordt volgens de kromme door de 76 punten van fig. 19 benaderd door de formule

$$R = \frac{r(r+1)}{0,44} \dots \dots \dots (8)$$

Deze formule geldt voor Maart t/m October en tusschen

de grenzen  $r=1$  tot  $r=0,5$ . Zij is hier afgeleid voor Noordwijk,

waarmee ook gelden voor Delfland als geheel, aangezien is

vastgesteld, dat de neerslagcijfers voor Delfland en Noordwijk,

met een spreiding, die tot 20% loopt, aan elkander gelijk zijn.

Uit de verhouding tusschen neerslag per natte dag

en maandelijkschen neerslag volgt, dat er ook een vaste ver-

houding moet bestaan tusschen maandelijkschen neerslag en

aanstel mate of droge dagen. Deze is weergegeven in fig. 20.

De punten zijn bepaald door n te middelen voor  $H=0-10, 10-20,$

20-30 mm enz. Uit den aard der zaak moet deze lijn dan voldoen

aan de betrekking  $H=n$  of

$n = \frac{r}{R-r+1}$  of  $r = 0,44 n - 1$ , zoodat moet gelden

$H = 0,44 n^2 - n$ ..... (9)

Volgens deze betrekking neemt de maandelijksche regen-

hoogte sterk toe, naarmate het aantal natte dagen grooter is.

Voor meer dan 12 natte dagen wordt, althans in de zomermaanden,

het maandelijfer 14 à 15 mm grooter voor elken natte dag meer.

### § 18. Verband tusschen waterinloop en neerslag.

Wij komen thans tot een der belangrijkste resultaten van

dit deel van het onderzoek.

Gevonden zijn thans de betrekkingen:

$V = (0,090 \pm 0,006 \text{ l}^2) \text{ mill m}^2/\text{maand}$ ..... (1)

$v = 0,030 + 0,002 \text{ l/sec/ha}$ ..... (2)

$I = 30-1,4 n$ ..... (7)

$R = 0,44 n^2$ ..... (9)

Door het elimineren van  $I$  en  $n$  wordt dus een directe be-

trekking gevonden tusschen  $V$  en  $R$ , n.l.:

$V = 7,415 + 0,027 R - 0,685 \sqrt{R} + 1,76 R$ ,

of wat practisch hetzelfde is

$V = 7,41 + 0,027 R - 0,91 \sqrt{R} \text{ mill m}^2$ ..... (10)

Dit verband is practisch voorgesteld in fig. 21. Volgens

deze figuur neemt de inloop sterk of naarmate de neerslag

toeneemt. Wij hebben even den nadruk op, dat de formules

en figuren thans uitsluitend betrekking hebben op de maanden

Met, Juni en Juli. De neerslagcijfers over deze maanden

van Delfland waren de volgende:

Tabel 15.

Maandelijkse neerslag R in  
Delfland.

	Mei	Juni	Juli
1934	57	32	43
1935	40	118	26
1936	19	49	138
1937	54	54	43
1938	44	13	70
1939	58	25	86
1940	24	48	88
1941	45	25	31

Deze waarden van R zijn tegenover de waarden van V uit tabel 1 mede in fig. 21 uitgezet. Deze punten moeten hier horizontaal worden gemiddeld. Het aldus bepaalde gemiddelde wijkt weinig af van de getrokken lijn.

De spreiding is zeer groot, doch kan ten deele als volgt worden verklaard. De regencijfers zelf geven afwijkingen ten opzichte van waarnemingen in naburige stations tot 20%, de waarden van V geven volgens fig. 8 afwijkingen tot 30%. Indien deze afwijkingen onafhankelijk van elkander zijn, is in een grafiek als fig 21 te verwachten, dat er afwijkingen optreden tot  $V \sqrt{20^2 + 30^2} = 36\%$

Voorts moet hier terdege in het oog worden gehouden, dat V niet uitsluitend door den neerslag wordt beïnvloed, maar zeer zeker ook door andere meteorologische factoren als wind, zonneschijn, verdamping enz.

Dat het verbruik stijgt, naarmate er minder neerslag valt, ligt geheel in de lijn van de verwachting. Van te meer belang kan het daarom zijn er op te wijzen, dat deze zaak toch minder eenvoudig is, dan op het eerste gezicht lijkt. Aangehouden

is, dat het verbruik toeneemt, naarmate het aantal inlaatdagen groter is. Het aantal inlaatdagen is te grooter, naarmate er minder natte dagen zijn, en hoe minder natte dagen, hoe kleiner de maandelijksche neerslag. De schetsen van fig.22 kunnen dit nader toelichten. De oppervlakte der driehoeken rechts zijn evenredig gesteld aan den neerslag, respectievelijk voor A in 20 dagen  $1560 \text{ m}^3/\text{ha}$  (= 156 mm per maand), voor B in 12 dagen  $510 \text{ m}^3/\text{ha}$  en voor C in 6 dagen  $90 \text{ m}^3/\text{ha}$ . (vergelijk fig.20) links zijn geteekend op dezelfde schaal de ingelaten hoeveelheden. In schets A is het aantal inlaatdagen  $i = 30 - 1,4 n = 2$  en de inlating dienovereenkomstig  $5,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ . In schets B is  $i = 13$  en het verbruik  $65,1 \text{ m}^3/\text{ha}$ . In schets C is  $i = 22$  en het verbruik  $136 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Waar het hier om gaat is, dat de neerslag volgens een eigen wetmatigheid afneemt van A of B op C, en dat tegelijkertijd de inlating op een steeds grooter deel van het aantal droge dagen toeneemt volgens een eveneens eigen wetmatigheid. De beide verschijnselen loopen parallel; maar dit houdt nog geenszins in, dat er nu ook tusschen neerslag en verbruik een causaal verband bestaat.

#### § 19. Geen causaal verband tusschen waterinlating en neerslag.

Zulk een directe wisselwerking tusschen neerslag en inlating zou eerst bestaan, indien kon worden aangetoond, dat relatief groote regenval op de natte dagen een relatief kleine inlating op de droge dagen ten gevolge had. Om na te gaan of dit het geval is, is de volgende methode toegepast.

In fig. 23 zijn in vertikale richting uitgezet de specifieke neerslag  $r$  in mm per natten dag, in horizontale richting de specifieke inlating  $v$  per inlaatdag. De punten liggen willekeurig gespreid en er is geen enkel verband in te vinden.

Dat wil zeggen: er is geen verband tusschen specifiek verbruik en specifiek neerslag.

Dit is een belangrijke conclusie. Wanneer ze juist is, zou het beteekenen, dat neerslagwaarnemingen geen belangrijk element vormen van het onderzoek naar waterverbruik en waterbehoefte. Doch daartegenover staat, dat misschien andere meteorologische factoren als zonneshijn, wind e.d. een

-belangrijke-

belangrijke rol spelen, zoodat het aanbeveling verdient hieraan bij zulk onderzoek de noodige aandacht te schenken. Het spreekt vanzelf, dat men dan ook de regenwaarnemingen niet zal willen missen. In de eerste plaats dient echter deze voorloopige conclusie omtrent den invloed van den neerslag op het verbruik nader te worden geverifieerd en daarvoor zullen voorshands juist zoo goed mogelijke neerslagwaarnemingen noodig zijn.

Dat er tusschen V en R wel een verband blijkt te bestaan en tusschen v en r niet, vereischt nog eenige toelichting. Uit de formules (2) en (7) en  $r = 0,44 n - 1$  (uit 9) volgt, dat er tusschen v en r wel een verband zou moeten bestaan, n.l.

$$v = 0,084 - 0,0064 r.$$

In fig. 23 is de lijn, die zulk een betrekking weergeeft, gelegen tusschen de pijlen A en B. Deze betrekking wordt in fig. 23 niet teruggevonden, doch dit is geen bewijs, dat de betrekking tusschen V en R niet zou bestaan. Immers, zelfs indien v constant was, b.v.  $0,053 \text{ l/sec/ha}$  en r constant, b.v.  $4,8 \text{ mm}^1$ , dan zou gevonden worden  $R = nr = 4,8 n$  en  $V = i.v. 86400.34554$  of met  $i = 30 - 1,4 n$  :  $V = (4,8 - 0,047 R) \text{ mill.m}^3 \text{ m a a n d}$ . Deze betrekking zou in fig. 21 voorgesteld kunnen worden door een lijn van het punt  $4,8 \text{ mill.m}^3$  op de horizontale as naar het punt  $102 \text{ mm}$  op de vertikale as. Het karakter van dit verband komt overeen met dat van de getrokken lijn.

Deze zaak wordt door fig. 22 duidelijk voorgesteld. De oppervlakten der driehoeken zijn hier in de juiste evenredigheid geteekend. Hier is dus een vast verband gegeven tusschen neerslag R en verbruik V. Het resultaat van fig. 23 moet nu zoo worden verstaan, dat wanneer b.v. in de schetsen de top van den neerslag-driehoek lager ligt, de top van den inlaatdriehoek niet hoger komt te liggen. Of anders gezegd, met een gegeven n volgt de oppervlakte van den inlaatdriehoek, onafhankelijk van de hoeveelheid neerslag op de natte dagen. Gemiddeld behoort er dus bij een kleinen neerslag een groot verbruik, doch in het incidenteele geval wordt het verbruik niet causaal bepaald door den neerslag.

Hieruit kan de wenschelijkheid worden afgeleid, dat er een onderzoek wordt ingesteld naar de redenen, waarom belanghebbenden overgaan tot het openen en sluiten der inlaatmiddelen,

-b.v.-

1) Beide de gemiddelde waarde van de 32 punten in fig. 23.

b.v. of daarbij op de weersomstandigheden wordt gelet, dan wel alleen op het peil in den polder.

### § 20. Algemeen diagram.

Uit de fig. 18,19,20 en 21 of met de form.(2),(7),(8),(9) en (10) kan een doelmatige samenvattende grafiek worden opgesteld: fig. 24. Men kan hierin direct aflezen, welke normale waarden van neerslag, natte dagen, inlaatdagen en waterverbruik gemiddeld bij elkander behooren.

Langs de vertikale as is uitgezet de maandelijksche neerslag R, langs de horizontale as het specifiek verbruik in l/sec/ha. De directe betrekking tusschen v en R wordt gevonden door uit (2),(7) en (9) i en n te elimineeren. Gevonden wordt:

$$v = 0,087 - 0,0042 \sqrt{R} \text{ l/sec/ha,}$$

d.w.z. de lijn is een parabool met den top in het punt  $v = 0,087 \text{ l/sec/ha.}$

Rechtslangs de lijn is het aantal inlaatdagen i zoodanig bijgeschreven, dat tusschen v en i de betrekking (2) bestaat. Links van de lijn is het aantal natte dagen n bijgeschreven, zoodat tusschen n en R betrekking (9) bestaat. Voorts voldoen i en n aan de betrekking (7). Volgens figuur 4 zijn de grenzen van deze figuur gelegen bij  $n = 26$  beneden en  $n = 1,4$  boven. Bij het normale aantal van 16 inlaatdagen in Mei en Juni is  $v = 0,062 \text{ l/sec/ha}$  en  $R = 34 \text{ mm}$  per maand.

Men merke op, dat volgens fig. 21 de totale maandelijksche inlating verloopt van 0,25 mill.m<sup>3</sup> bij  $R = 150$  tot 6,25 mill.m<sup>3</sup> bij  $R = 1,5 \text{ mm}$ , dus in een reden 1:25. Volgens fig.23 echter varieert de specifieke inlating van 0,035 l/sec/ha bij  $R = 150 \text{ mm}$  tot 0,92 l/sec/ha bij  $R = 1,5 \text{ mm}$ , dus in een reden 1:2,3. Hieruit blijkt wel, dat het specifieke verbruik niet zoo sterk afhankelijk is van den neerslag R, zoodat de invloed van andere meteorologische factoren verhoudingsgewijs een groote rol gaat spelen. Daaraan kan de groote spreiding in fig.21 worden toegeschreven.

In deze figuur is ook opgenomen het hoogste verbruik over 7 dagen volgens form (4). Door elimineeren van i en n uit form. (4),(7) en (9) wordt de betrekking gevonden )

$$v_7 = 0,130 - 0,0084 \sqrt{R} \text{ l/sec/ha.}$$

Deze betrekking is grafisch voorgesteld in de lijn met

bijschrift "hoogste 7 dagen". Het raakpunt van deze parabool aan de x-as ligt bij  $0,130 \text{ l/sec/ha}$ . Volgens fig. 18 echter kan men het minimum aantal natte dagen op 2,9 stellen, waarbij een minimum neerslag behoort van rond 1 mm in een geheele maand. Daarbij behoort als maximum verbruik  $0,120 \text{ l/sec/ha}$ , hetzelfde bedrag, dat in vorige §§ als maximum werd gevonden. Voorts is op te merken, dat een groep van 7 dagen slechts kan voorkomen bij  $i=16$  of meer inlaatdagen per maand. D.w.z. deze lijn loopt slechts tot  $R=34 \text{ mm}$  en  $v=0,080 \text{ l/sec/ha}$ .

De grafiek laat wel heel duidelijk zien, dat de grens van het verbruik, indien deze gesteld wordt op  $0,120 \text{ l/sec/ha}$  niet door nog grootere droogte zal worden overschreden. Immers  $0,120 \text{ l/sec/ha}$  kon theoretisch eerst optreden bij een neerslag van rond 1 mm per maand. In werkelijkheid is de kleinste neerslag over de maanden April t/m September over het 20-jarig tijdvak 1921-1940 geweest 9,6 mm (Juni 1932). Maar het kleinste aantal natte dagen was daarbij 4, zoodat hiervan uitgaande het maximum verbruik  $0,115 \text{ l/sec/ha}$  had moeten zijn. Afgezien van het feit, dat de gegeven formules natuurlijk geen exacte uitkomsten geven en vooral in de grensgebieden onnauwkeurig moeten zijn, dient toch wel in het oog gehouden te worden, dat verschillen als waarvan hier sprake is, zelfs bij exacte formules, zouden moeten optreden. Immers, de formules geven steeds het gemiddeld verband tusschen 2 onbekenden x en y. En zelfs als men overgaat tot maxima en minima, verkrijgt men de gemiddeld maximale waarde van b.v. y bij een maximale (c.q. minimale) waarde van x. De werkelijke maximale waarde van y zal dus steeds ter grootte van de normale spreiding groter zijn dan de uit de formule afgeleide maximum waarde.

Daarom zal het uit den neerslag berekende theoretisch maximale verbruik kleiner zijn dan het uit de verbruikcijfers zelf afgeleide maximale verbruik, zooals hier werd gevonden.

Deze analyse van den invloed van den neerslag op het verbruik voegt dus aan de inlichtten omtrent het verbruik geen nieuwe elementen toe. De formules (3) en (4) of het algemeen diagram fig. 9 blijft onveranderd van kracht.

Wel bieden de gevonden betrekkingen met n en R nog een extra mogelijkheid om na te gaan, hoe groot in vroeger voorgekomen droge jaren de waterbehoefte vermoedelijk geweest



zou zijn.

Voor het zeer droge jaar 1921 werden de volgende meteorologische gegevens gevonden voor Healdwijk, vermeld in tabel 16, regel a en b.

Tabel 16.

Berekend verbruik voor 1921,  
naar meteorologische gegevens.

	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
a neerslag R te Healdwijk in mm	26	20	21	11	44	40
b aantal natte dagen n	9	8	9	5	11	5
verbruik berekend naar:						
c 1e de neerslag R	0,065	0,068	0,067	0,072	0,059	0,060
d 2e het aantal natte dagen n	0,065	0,068	0,065	0,076	0,059	0,076
e max. verbruik over 7 dagen	0,086	0,092	0,088	0,104	0,073	0,092

Het waterverbruik kan nu worden berekend, hetzij uit de neerslagcijfers, hetzij uit de aantallen natte dagen. De resultaten zijn weergegeven in de regels c, d en e. De waarden van regel c zijn praktisch volkomen gelijk aan die van regel d. (September kan buiten beschouwing blijven, omdat de grafieken alle zijn opgesteld voor Mei, Juni en Juli en voor de randmaanden minder geldig zijn. Bovendien is 39,6 mm een extreem hoog neerslag voor 5 natte dagen).

In regel e is vermeld het maximum verbruik over een groep van 7 dagen, naar de gemiddelde waarde van neerslag en aantal natte dagen. Deze maxima zijn in fig. 25 grafisch voorgesteld.

Het is belangwekkend deze maandmaxima te vergelijken met de jaarmaxima, weergegeven in fig. 14.

Het beeld van beide figuren vertoont volledige overeenkomst. Het gemiddelde der jaarlijksche maxima over 7 dagen is 0,089 l/sec/ha, die over de maandmaxima over 7 dagen in 1921 is eveneens 0,089 l/sec/ha. Uit deze vergelijking ziet men, dat elke maand in 1921 een droogteperiode van 7 dagen heeft-

heeft gehad, als anders in elk jaar optreedt. Dit kan ook zoo worden gezegd: in 1921 traden echter elkaar 6 droge maanden op, welke anders de droogste zijn van jaar op jaar. Het bijzondere karakter van 1921 ligt dus niet in de extreme droogte, doch in den langen duur.

Zooals tabel 16 laat zien, zou het maximum verbruik theoretisch slechts 0,104 l/sec/ha nebben bedragen.

Daar gebleken is, dat de karakteristieke maximale inlating bepaald wordt door de droogtegraad van een termijn van ongeveer één maand, is er geen reden om te verwachten, dat de inlating van water in 1921 van maand op maand steeds grooter geworden zou zijn.

Geheel anders kan het geweest zijn met de waterbehoefte op het land zelf. Door waterinlating kan immers slechts op gebrekkige wijze worden voldaan aan de werkelijke waterbehoefte, omdat het water vanuit de slooten veelal in niet voldoende mate in den grond dringt. Naarmate een droogteperiode langer aanhoudt, moet deze ontoereikendheid zich ernstiger doen gevoelen. Dat behoeft geen grooter waterverbruik ten gevolge te hebben.

#### § 21. Overschrijding van het verbruik van 0,100 l/sec/ha.

Uit fig. 9 kan men direct aflezen, dat een verbruik van 0,100 l/sec/ha over een groep van 7 dagen overschreden wordt, als er meer dan 21 inlaatdagen zijn. De specifieke inlating over al deze 21 dagen is gemiddeld 0,072 l/sec/ha.

Uit fig. 24 vindt men, dat de neerslag dan kleiner moet zijn dan 11 mm per maand en er ten hoogste 6,4 natte dagen mogen zijn. In het 20-jarige tijdvak van 1921-1940 kwamen te Naaldwijk de volgende waarden voor met minder dan 11 mm neerslag of 6,4 natte dagen.

Met d zijn aangeduid de gevallen, waarin zoowel neerslag als aantal natte dagen beneden deze grens bleven. Voor slechts 5 maanden in 20 jaren was dit laatste het geval. Het minimum geeft Juni 1932 met 9,6 mm en 4 natte dagen. Dit zou kunnen leiden tot 24,4 inlaatdagen, met 0,115 l/sec/ha maximale inlating over 7 dagen.

Dit blijft dus nog beneden de in § 11 afgeleide

-maximum-

maximum grens van 0,120 l/sec/ha.

Tabel 17

Maanden met geringen neerslag.

maand	jaar	R	n	
April	1923	18.3	5	-
Mei	1922	10.5	6	d
	1929	10.4	6	d
	1936	13.6	5	-
Juni	1930	10.1	5	d
	1932	9.6	4	d
	1938	17.0	5	-
Juli	1921	10.8	5	d
	1923	51.0	6	-
Augustus	-	-	-	-
September	1921	39.6	5	-

De tabel is natuurlijk niet volledig, omdat zij slechts kalendermaanden geeft. Daardoor ontbreekt b.v. de topwaarde van 1939, die juist op den overgang van Mei op Juni viel. Deze analyse toont echter wel voldoende aan, dat een verbruik van 0,100 l/sec/ha slechts bij uitzondering wordt overschreden, en dat 0,120 l/sec/ha voor een groep van 7 dagen kan worden aangehouden als een welhaast volstrekt maximum.

§ 22. Verband tusschen waterverbruik en verdamping.

Uit het vorengaand onderzoek is gebleken, dat er groote schommelingen in het verbruik voorkomen, die niet aan de neerslagintensiteit kunnen worden toegeschreven. De vraag luidt nu, of deze dan misschien een gevolg zijn van de variaties in de verdampingsintensiteit. In verband met de uitvoerige waarnemingen, welke ter hand zijn genomen om het waterverbruik en de waterbehoefte in polders nader te leeren kennen, is hier een onderzoek ingesteld naar de betrekking tusschen verdamping en waterverbruik.

Er zijn geen verdampingswaarnemingen in de omgeving van Delfland beschikbaar. Daarom moest gebruik gemaakt worden van de waarnemingen te De Bilt aan een vrij wateroppervlak. Dat geen waarnemingen van de verdamping uit den bodem beschikbaar

zijn, behoeft misschien niet als een nadeel te worden beschouwd. Immers, de verdamping uit den bodem zou zeker geen juist beeld geven van den invloed van wind, zonneshijn of temperatuur. Daarentegen kan het verdampingscijfer van het vrije wateroppervlak geacht worden bij benadering een zekere verhoudingsmaat te geven voor de verdamping in de poldersloten.

Aan Dr. Braak "Het klimaat van Nederland E verdamping blz 11" zijn ontleend de volgende maandgemiddelden omtrent de verdamping aan een vrij wateroppervlak, te De Bilt (1906/1935).

**Tabel 18.**  
Maandelijksche verdamping te De Bilt  
over 1906-1935 in mm.

	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
1906/1935	87.7	125.8	134.9	134.6	113.0	77.3
in % ten opzichte van Juni	65%	93%	100%	100%	84%	57%

Opmerkelijk is hier, dat het verloop van de verdamping geheel overeenkomt met het reductiepercentage, dat niet kon worden toegeschreven aan den neerslag: zie tabel 14 regel d of e. Het ligt voor de hand om het kleinere verbruik in April, Augustus en September toe te schrijven aan de kleinere verdampingsintensiteit. In het bijzonder wel, omdat men in de verdampingscijfers een maatstaf mag zien voor de uitwerking van wind, zonneshijn, temperatuur e.d.

Toch moet men hier voorzichtig zijn, want het feit, dat verbruik en verdampingsintensiteit over het seizoen hetzelfde verloop vertoonen, bewijst nog geenszins het bestaan van een oorzakelijk verband, zoodat men zou mogen zeggen: indien de verdamping groot is, is ook het verbruik groot en omgekeerd. Als er werkelijk een relatie bestaat tusschen beide grootheden, dan moet gevonden worden, dat de individueele variaties in de verdamping zich afspiegelen in de individueele variaties in het verbruik.

Om dit te onderzoeken is gebruik gemaakt van de maandcijfers van de verdamping te De Bilt, opgenomen in tabel 19.

Tabel 19.

Maandelijksche verdamping te De Bilt  
over 1934-1941 in mm.

	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
1934	95.3	104.1	148.8	161.9	109.7	88.6
1935	63.3	133.3	137.8	160.0	133.2	70.9
1936	62.6	137.8	152.8	121.2	104.2	68.0
1937	52.0	129.8	138.0	113.4	109.6	62.1
1938	77.0	127.2	146.1	108.8	114.5	73.4
1939	86.5	115.7	165.2	125.7	109.5	67.6
1940	69.9	136.3	129.6	92.1	84.9	55.0
1941	84.7	102.9	167.3	179.0	73.3	77.9
gem. 1934/1941	73.9	123.4	148.2	132.8	104.9	70.4

Om nu een zuivere vergelijking mogelijk te maken moet de seizoensinvloed worden geëlimineerd. Dit kan geschieden door van elke maand te berekenen de verdamping in procenten ten opzichte van het gemiddelde 1934/1941 van die maand. Deze verdamingspercentages zijn nu vergeleken met verschillende karakteristieke waarden van het verbruik.

In fig. 26 is het verdampingspercentage (vertikaal) uitgezet tegen het specifieke verbruik per inlaatdag (horizontaal). Wanneer nu een relatief groote verdamping een relatief grooter verbruik ten gevolge had, dan zouden in fig. 25 de punten volgens een van links onder naar rechts boven verlopende lijn gerangschikt moeten zijn. Er is echter niets van zulk een verband te bespeuren.

Dat wil dus zeggen, dat er tusschen verdamping in  
feite geen correlatie blijkt te bestaan, en dat de  
schijnbare correlatie tusschen de cijfers van tabel 18  
en tabel 14 geheel moeten worden toegeschreven aan het  
algemeen seizoensverloop. Men zou kunnen veronder-

-stellen-

stellen, dat het grootere verbruik in Mei en Juni samenhangt met den stand der gewassen, die toevallig parallel verloopt met tal van meteorologische invloeden, maar daar toch niet in detail door worden bepaald.

Zou men mogen aannemen, dat de verdamping op droge dagen sterker is dan op natte dagen, dan zou de verhouding maandelijksche verdamping: aantal droge dagen in die maand een karakteristieke waarde geven voor de verdampingsintensiteit per drogedag. Omdat de inlating volgens dit onderzoek in hoofdzaak op droge dagen geschiedt, zou het oorzakelijk verband tusschen verdamping en verbruik tot uitdrukking moeten komen in een grafische voorstelling, waarin beide getallen tegenover elkaar zijn uitgezet. Dit is geschied in fig. 27. Ook hier is echter geen enkel verband te bespeuren.

Ten slotte is nog onderzocht, of dan misschien de totale in de polders achtergebleven hoeveelheden water een functie van de verdampingsintensiteit zouden blijken te zijn.

In fig. 28 zijn tegen elkaar uitgezet: in vertikale richting de relatieve verdamping in % van het 8-jarig gemiddelde; in horizontale richting het in den polder achtergebleven water in % van het 8-jarig gemiddelde.

Onder achtergebleven water wordt verstaan: neerslag + ingelaten hoeveelheid-geloopte hoeveelheid. Door met relatieve waarden te rekenen, speelt de seizoensinvloed in de cijfers der afzonderlijke waarden geen rol meer. De verdeeling der punten is weer volkomen willkeurig.

Er kan geen verband worden gevonden tusschen verdamping en totaal waterverbruik.

Behalve op de drie hier besproken methoden is nog op verschillende andere manieren getracht een correlatie te vinden tusschen een of ander karakteristiek gegeven van de verdamping en een of ander gegeven van het waterverbruik.

Onveranderlijk was het resultaat overeenkomstig dat van de figuren 26, 27, 28, d.w.z. er kon geen directe correlatie worden gevonden.

De mogelijkheid bestaat natuurlijk, dat de hier gebruikte verdampingscijfers van De Bilt niet van toepassing zijn voor Delfland. Maar dan zou ons reeds kleine land nog moeten worden onderverdeeld in een aantal klimatologische provincies en

daarmede zou de bestudeering van het vraagstuk van waterbehoefte en watervoorziening vermoedelijk zijn zin verliezen. Het is echter niet waarschijnlijk, dat er zulke klimaatsverschillen bestaan.

Misschien dat meerjarige lysimeter-waarnemingen het materiaal zullen kunnen verschaffen voor een hernieuwd onderzoek naar de mate, waarin het verbruik afhankelijk is van de droogtegraad van het weer. voorloopig zal men er rekening mede hebben te houden, dat het toeval en allerlei onberekenbare factoren meer invloed schijnen te hebben dan de direct meetbare meteorologische factoren regenval en verdamping.

### § 23. Verdamping in den boezem zelf.

De boezem van Delfland heeft een oppervlakte van 380 ha. Het bemalen polderland en het boezemland beslaan tezamen 34554 ha. In het voorgaande is het waterverbruik steeds op deze 34554 ha betrokken. Het is daarbij dus voorgesteld, alsof de verdamping van den boezem deel uitmaakt van de waterbehoefte der polders. Hiermede zal rekening gehouden moeten worden, als men de cijfers, welke uit dit onderzoek zijn afgeleid, gaat vergelijken met cijfers, welke voor andere deelen van het land zijn of zullen worden gevonden.

Om een goede vergelijking mogelijk te maken met een boezemgebied, waarvan de boezem aanzienlijk grooter is dan die van Delfland, zou aldus te werk kunnen worden gegaan. Volgens Dr. Braak "Het klimaat van Nederland, E verdamping" blz. 11 kan de verdamping van een vrij wateroppervlak in zeer droge maanden April t/m September op 180 à 200 mm worden gesteld of gemiddeld 6 à 7 mm/dag. Voor de dagen met maximale verdamping mag dit zeker  $1\frac{1}{2}x$  zoo groot genomen worden, dus zond 10 mm/dag. Dit komt overeen met 1,15 l/sec/ha.

Voor 380 ha boezem is dit 440 l/sec. Omgelagen over 34554 ha polderland is dit een toeslag op het eigenlijke waterverbruik in den polder van 0,013 l/sec ha.

Deze 0,013 l/sec/ha moet geacht worden te zijn begrepen in het hoogste verbruik, dat op 0,120 l/sec/ha is gesteld. Bij een verbruik van 0,100 of 0,070 l/sec/ha zal het aandeel van de boezemverdamping wel kleiner zijn.

Bij vergelijking van de hier gevonden cijfers van Delfland met die van andere gebieden zal met een eventueel verschil in boezemoppervlakte rekening moeten worden gehouden. Wanneer de boezemoppervlakte b.v.  $\frac{3}{8}$  van de polderoppervlakte bedraagt, zou

bij overigens dezelfde omstandigheden in plaats van 0,120 l/sec/ha gevonden worden  $0,120 + 2 \times 0,013 = 0,146$  l/sec/ha

#### § 24. Conclusies.

Uit dit onderzoek is gebleken, dat het mogelijk is met behulp van één algemeene vergelijking van de vorm

$$v = a + bi$$

alle karakteristieke waarden, welke v van maand tot maand en van jaar kan aannemen, te berekenen uit de normale en maximale aantallen inlaatdagen.

Om tot een voor vergelijking bruikbaar cijfer te komen, moet worden aangegeven, op hoe langen termijn het te vermelden verbruik betrekking heeft. Voorgesteld is om daarvoor 7 dagen te nemen. Voor Delfland wordt als hoogste verbruik over 7 dagen gevonden 0,120 l/sec/ha.

De voor a en b gevonden getalwaarden hebben uiteraard alleen voor Delfland geldigheid. Waarschijnlijk zal voor zeer groote inlaatgebieden a kleiner zijn en b grooter, daarentegen zal voor kleine inlaatgebieden vermoedelijk a grooter worden en b kleiner. (Voor een enkelen polder met een niet instelbaar inlaatmiddel zal a bepaald worden door de capaciteit van het inlaatmiddel, dus groot zijn en b = 0 zijn). Hierbij zal een belangrijke rol spelen, dat voor groote gebieden een zekere vereffening optreedt. Vrijwel met zekerheid mag daaruit worden afgeleid, dat de maxima van groote gebieden lager zullen liggen dan van kleine gebieden. (Verschillen in bodemgesteldheid en bodemgebruik buiten beschouwing gelaten.)

In de tweede plaats is gebleken, dat het toevallig karakter van de hooge verbruikcijfers over enkele inlaatdagen geëlimineerd kan worden door het werkelijk verbruik over j dagen om te slaan over j+1 dagen. De op deze wijze gereduceerde cijfers komen dan volkomen overeen met die, welke zijn berekend met de afgeleide formules. Met deze methode werd voor het maximum verbruik eveneens 0,120 l/sec/ha gevonden. Of deze kunstgreep, of een daarmee overeenkomende, ook in andere gebieden van toepassing is, zal nader dienen te worden onderzocht.

Voor vergelijking met andere gebieden zouden figuren als 12 en 14 reeds bij eenvoudige bewerking van het waarnemingsmateriaal kunnen worden samengesteld.

Het zou van groote waarde kunnen zijn om na te gaan of er

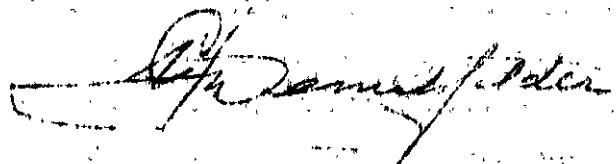


een behoorlijke correlatie bestaat tusschen het verbruik in de verschillende gebieden in Nederland, waar water wordt ingelaten.

Er zal daarbij gelet moeten worden op maandtotalen, op de aantallen inlaatdagen, op het specifieke verbruik per dag en op het verbruik over de hoogste 7 inlaatdagen. De invloed van den over de verschillende provincies soms zeer uiteenlopenden regenval zal in acht genomen moeten worden. De hiervoor opgestelde formules zijn nog als zeer voorloopig te beschouwen en dienen te worden geverifieerd aan uitvoerige onderzoekingen. Het onderzoek naar den invloed van den specifiek neerslag en van de verdamping vraagt eveneens nog zorgvuldige verificatie. Indien het juist is, dat beiden geen merkbaaren invloed hebben op het waterverbruik, dan zal te meer aandacht besteed moeten worden aan andere factoren, die invloed kunnen hebben of er zal gezocht moeten worden naar een waarnemingstechniek, welke tot meer bruikbaar materiaal voert.

Het onderzoek heeft betrekking gehad op Delfland als geheel. Een nadere specificatie van het grondgebruik en van de soort der gronden zal noodig zijn om de cijfers van Delfland te kunnen vergelijken met die van andere gebieden. Wil men ten slotte komen tot karakteristieke verbruikscijfers voor verschillende grondsoorten en verschillend grondgebruik, dan zal de meettechniek aan hoge eischen moeten voldoen en de waarneming over meerdere jaren dienen te worden voortgezet om er eenigszins zeker van te zijn, dat de resultaten niet te veel door toevallige factoren zijn gestoord.

's-Gravenhage, 31 Mei 1944  
De Ingenieur,



# HOOGHEEMRAADSCHAP DELFLAND

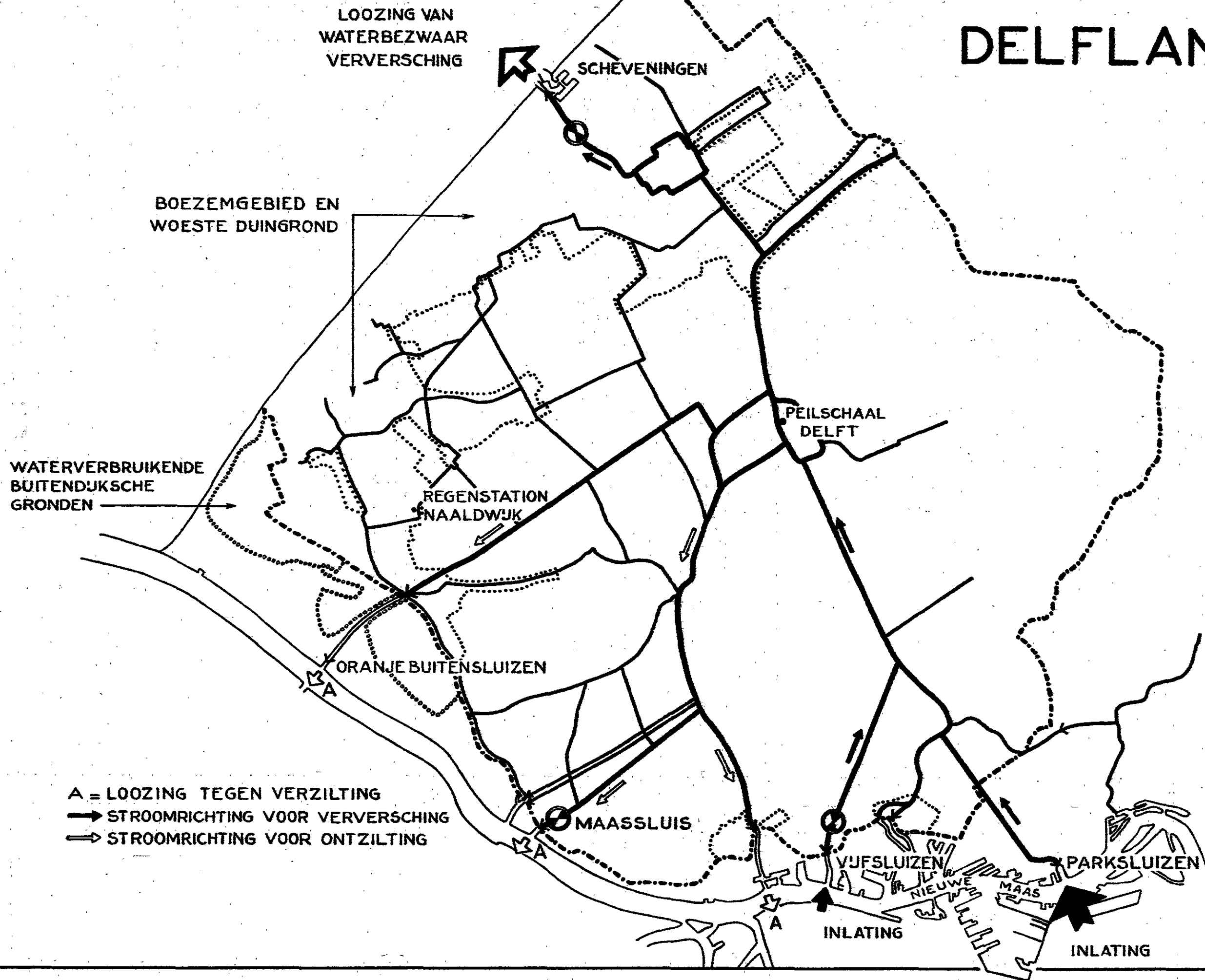


FIG 1

# WATERVERBRUIK IN HET ZOMERSEIZOEN 1941

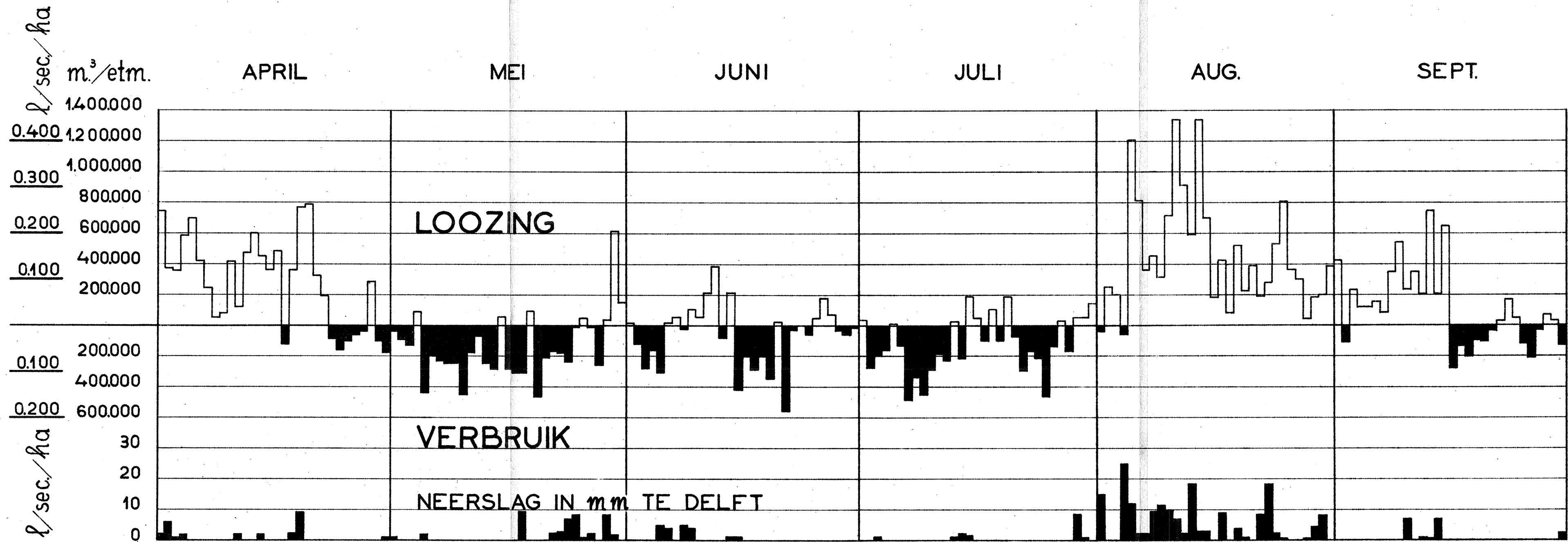


FIG. 2

# $i_{\text{gem.}}$ EN $i_{\text{max.}}$ VAN MAAND TOT MAAND

a: MAXIMUM VAN 8 JAAR [TABEL 2a]  
 b: GEMIDDELDE OVER 8 JAAR [TABEL 2b]

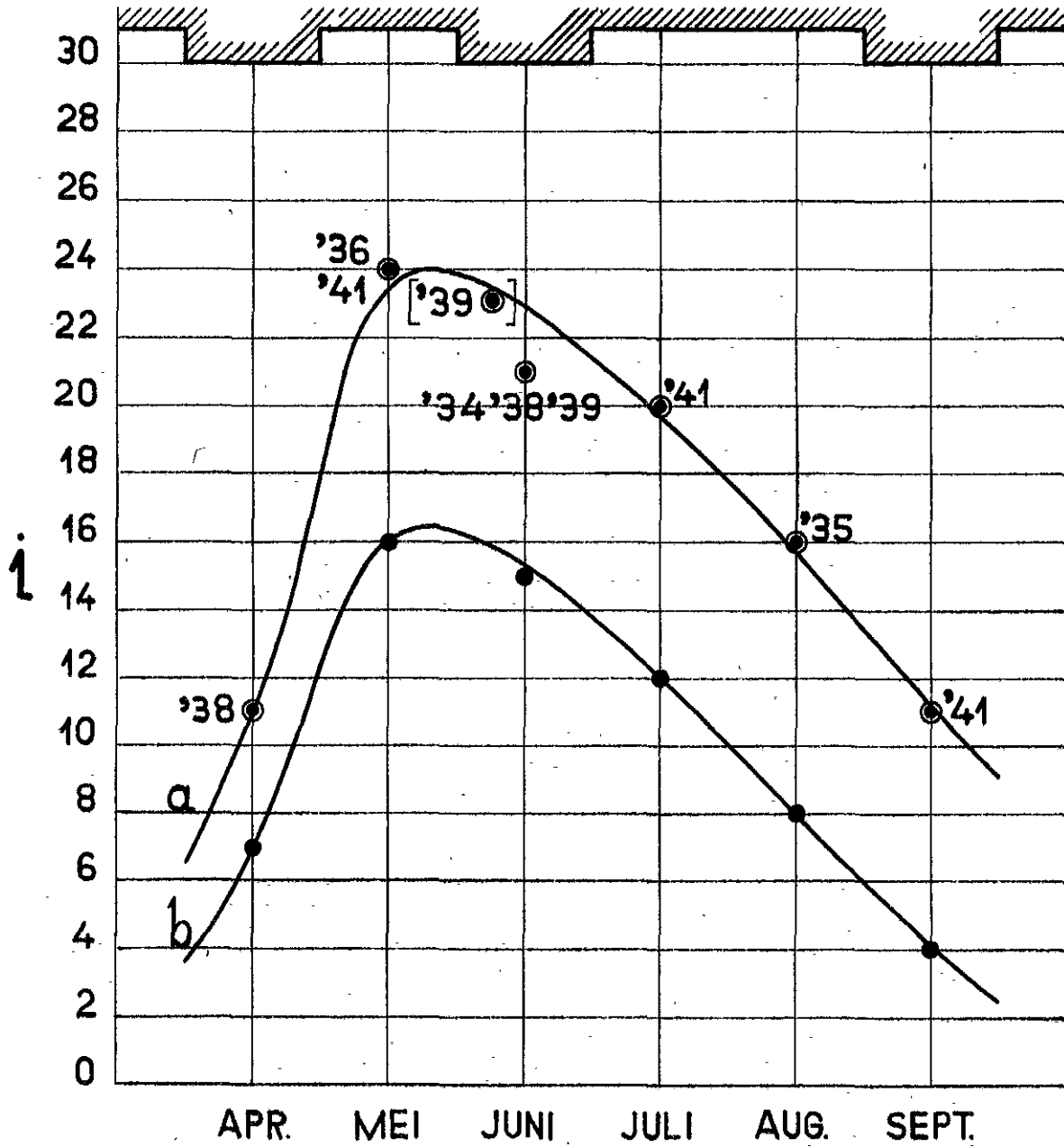


FIG. 3.

# GEMIDDELD AANTAL MAANDEN PER JAAR, WAARIN GEDURENDE $i$ OF MEER DAGEN WERD INGELATEN

A : OVER MEI T/M AUGUSTUS [MAX. 4 PER JAAR]

B : OVER APRIL T/M SEPTEMBER [MAX. 6 PER JAAR]

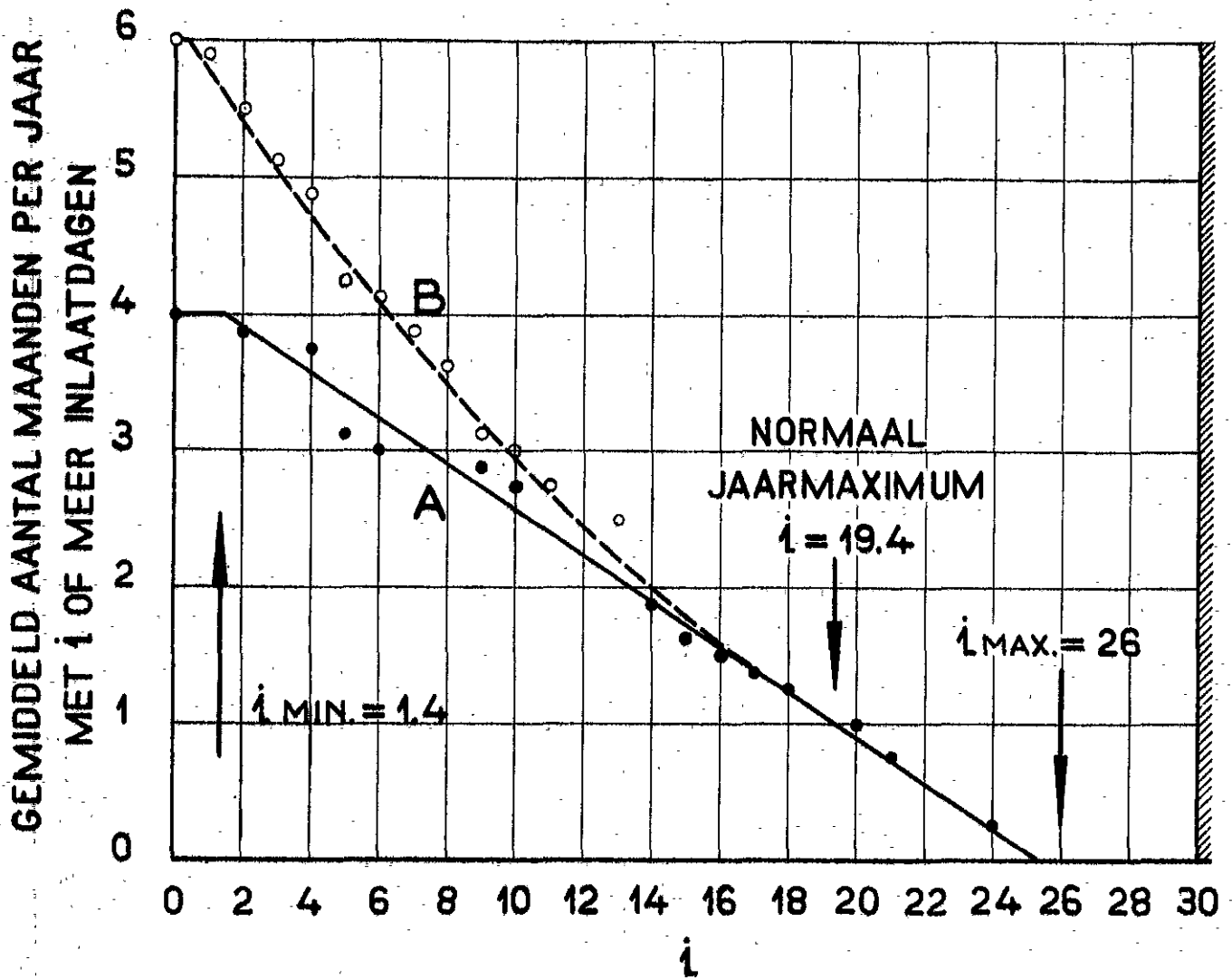


FIG. 4.

# GROEPSDUUR $g$ VAN MAAND TOT MAAND

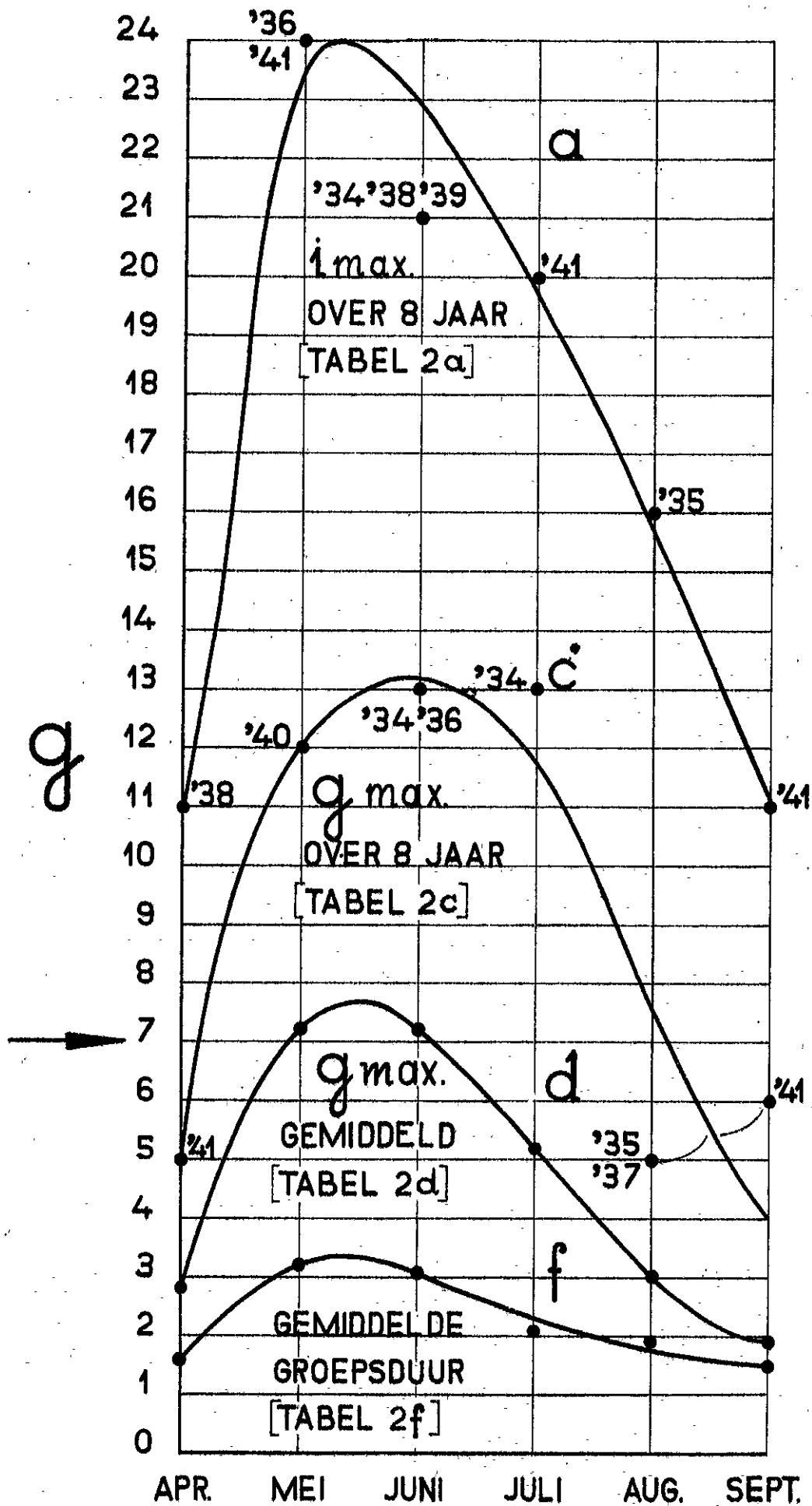


FIG. 5.

# $g_{max}$ ALS FUNCTIE VAN $i$

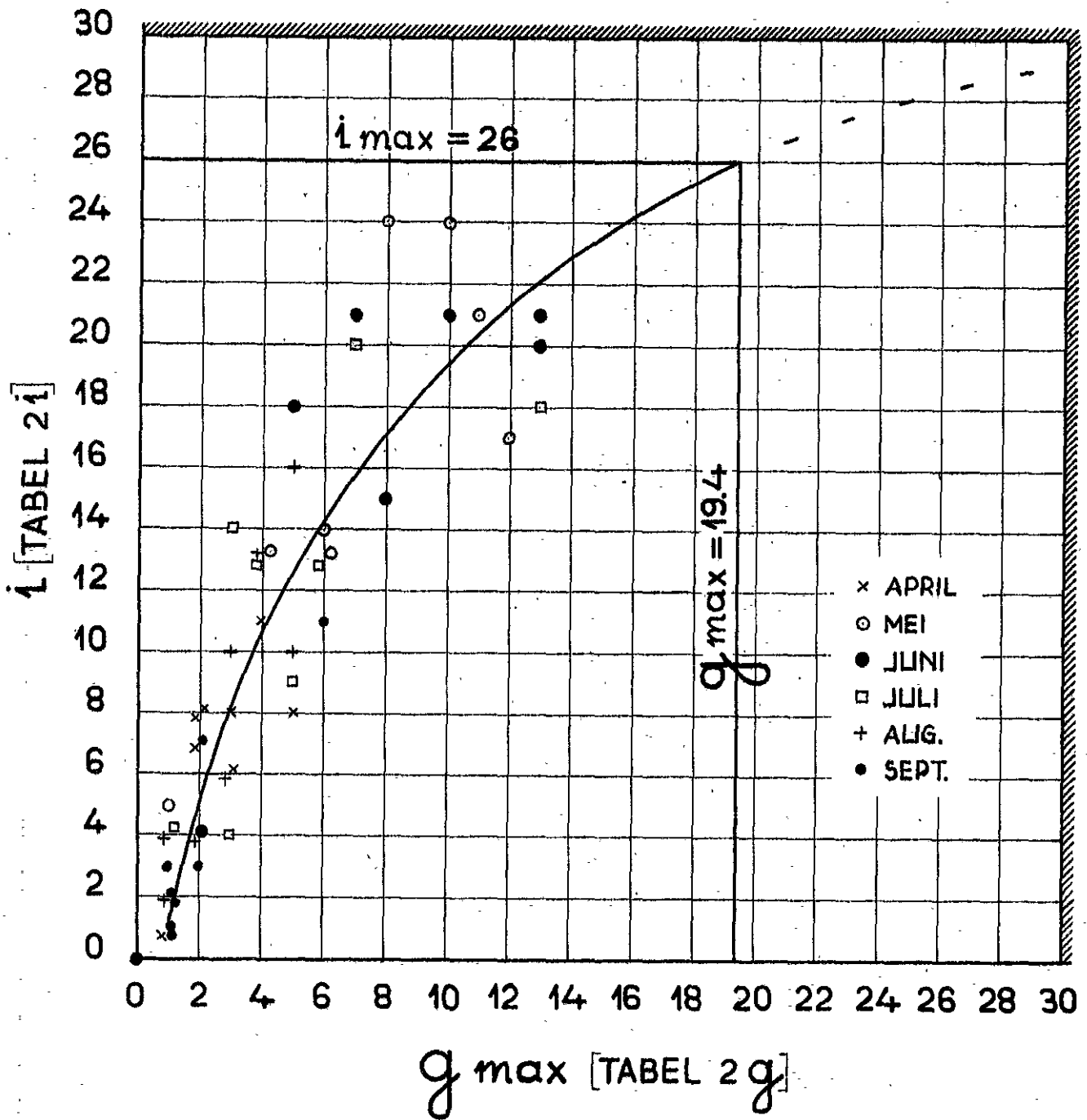


FIG.6

# $v$ ALS FUNCTIE VAN $g$

AANTAL GROEPEN IN 8 JAAR:

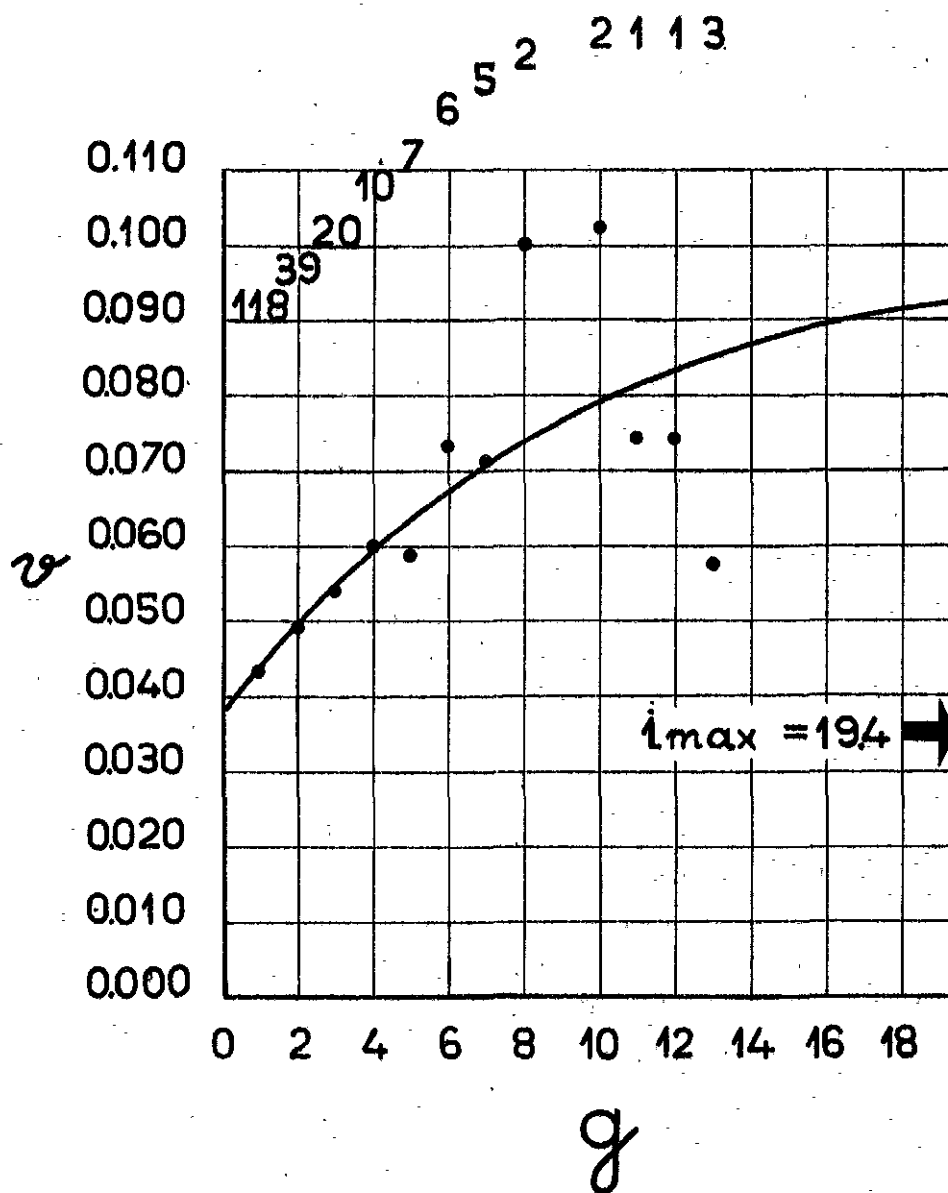


FIG.7



# V ALS FUNCTIE VAN i

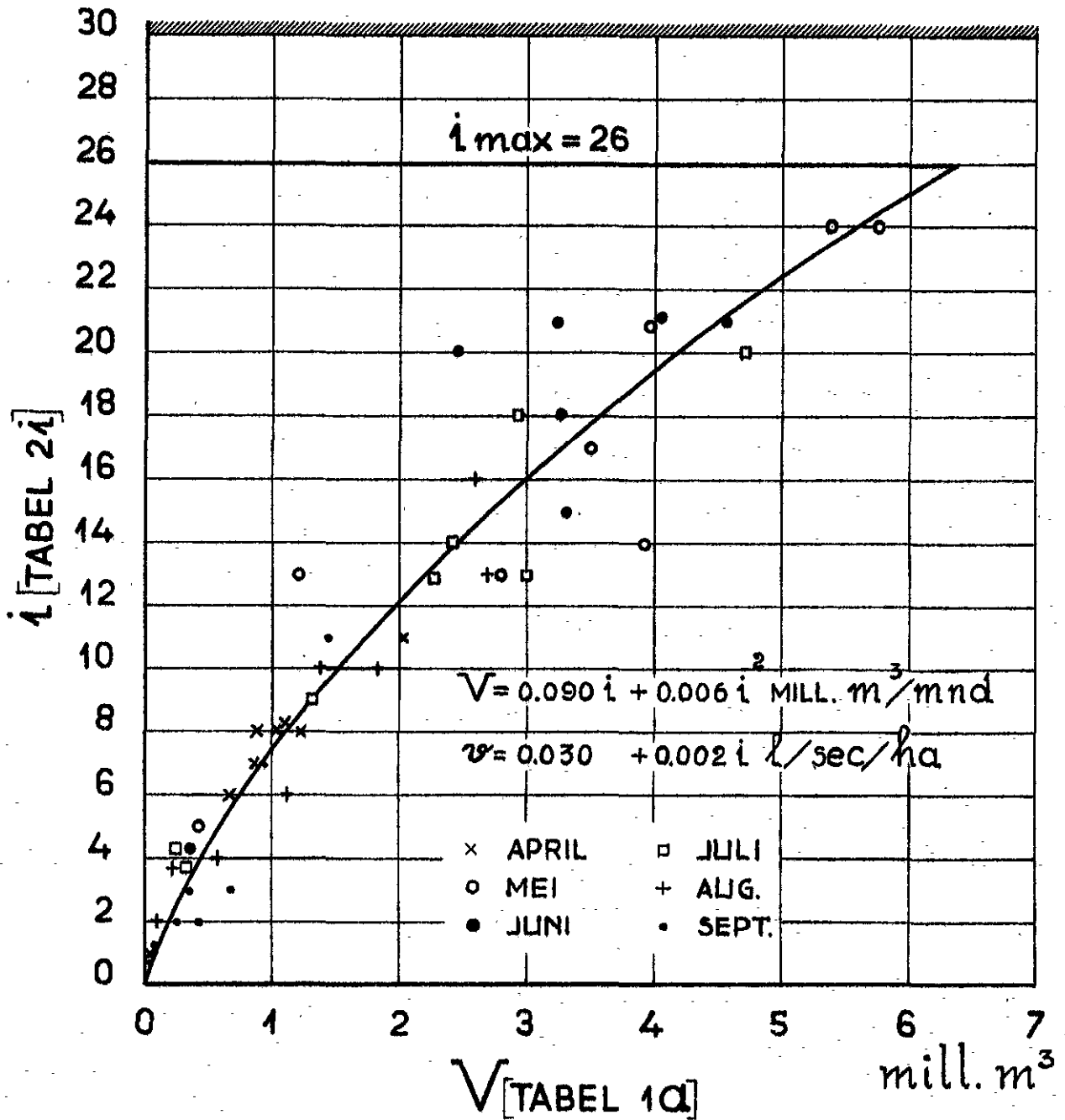


FIG. 8

# $v_{max}$ ALS FUNCTIE VAN $g$ EN $i$

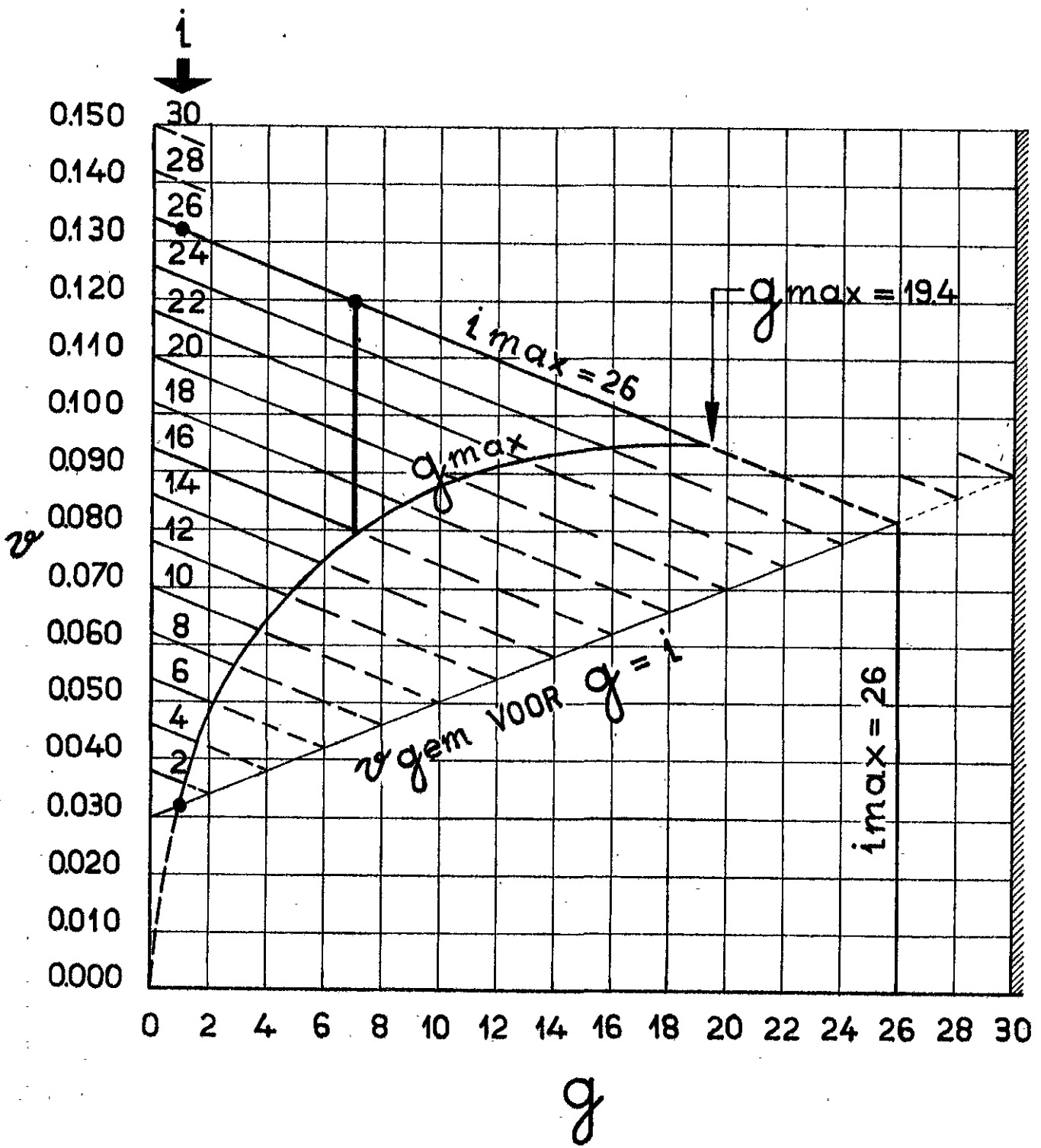


FIG. 9

# $v_{max}$ EN $v_{gem}$ VAN MAAND TOT MAAND

$h$ :  $v_{max}$  IN 8 JAAR OVER  $t$  DAGEN [TABEL 6  $h$ ]

$d$ :  $v_{gem}$  OVER  $i$  DAGEN [TABEL 1  $d$ ]

$C$ :  $v_{gem}$  OVER GEHEELE MAAND [TABEL 1  $C$ ]

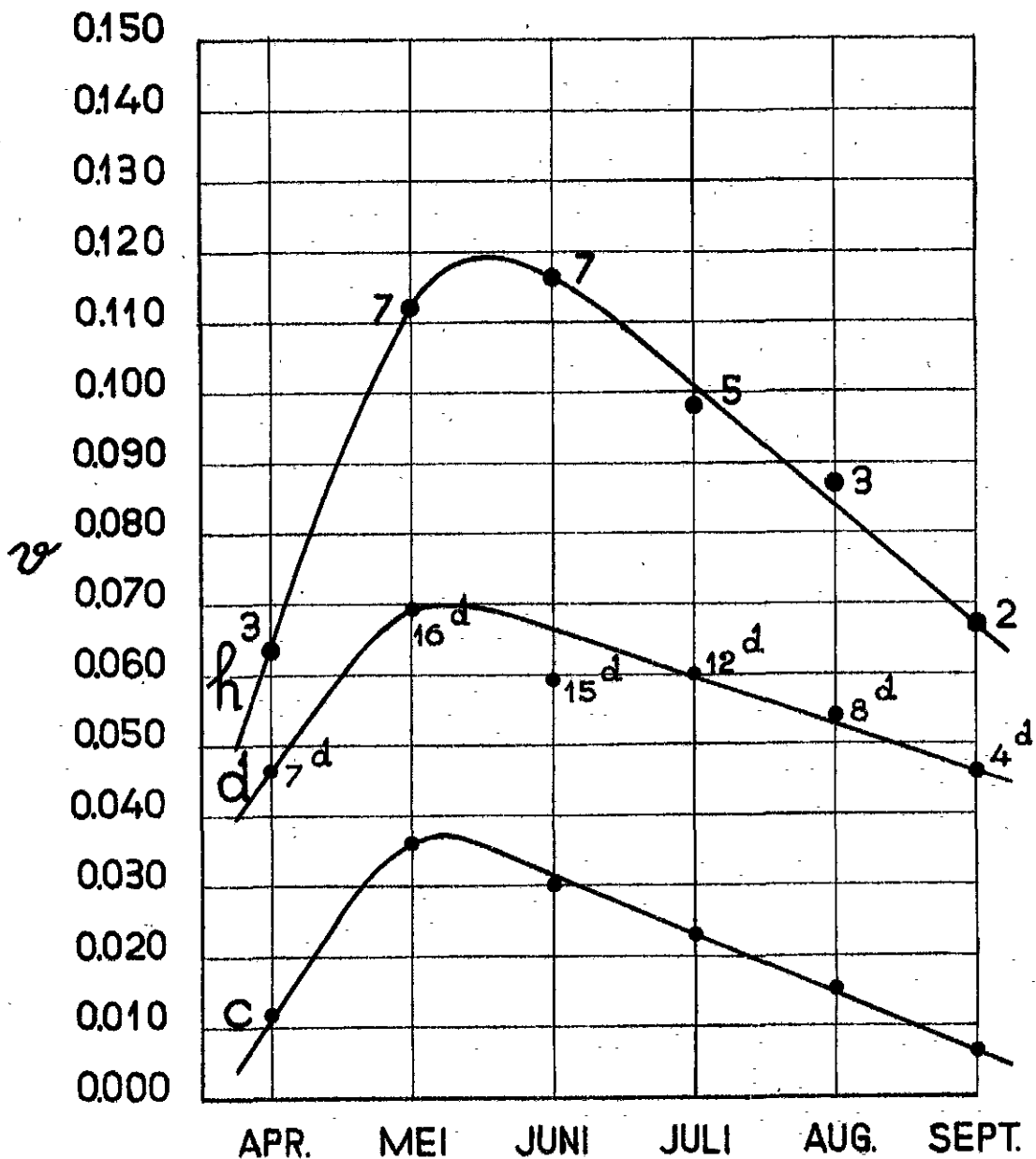


FIG.10

# $v$ max. OVER $t$ DAGEN VAN MAAND TOT MAAND

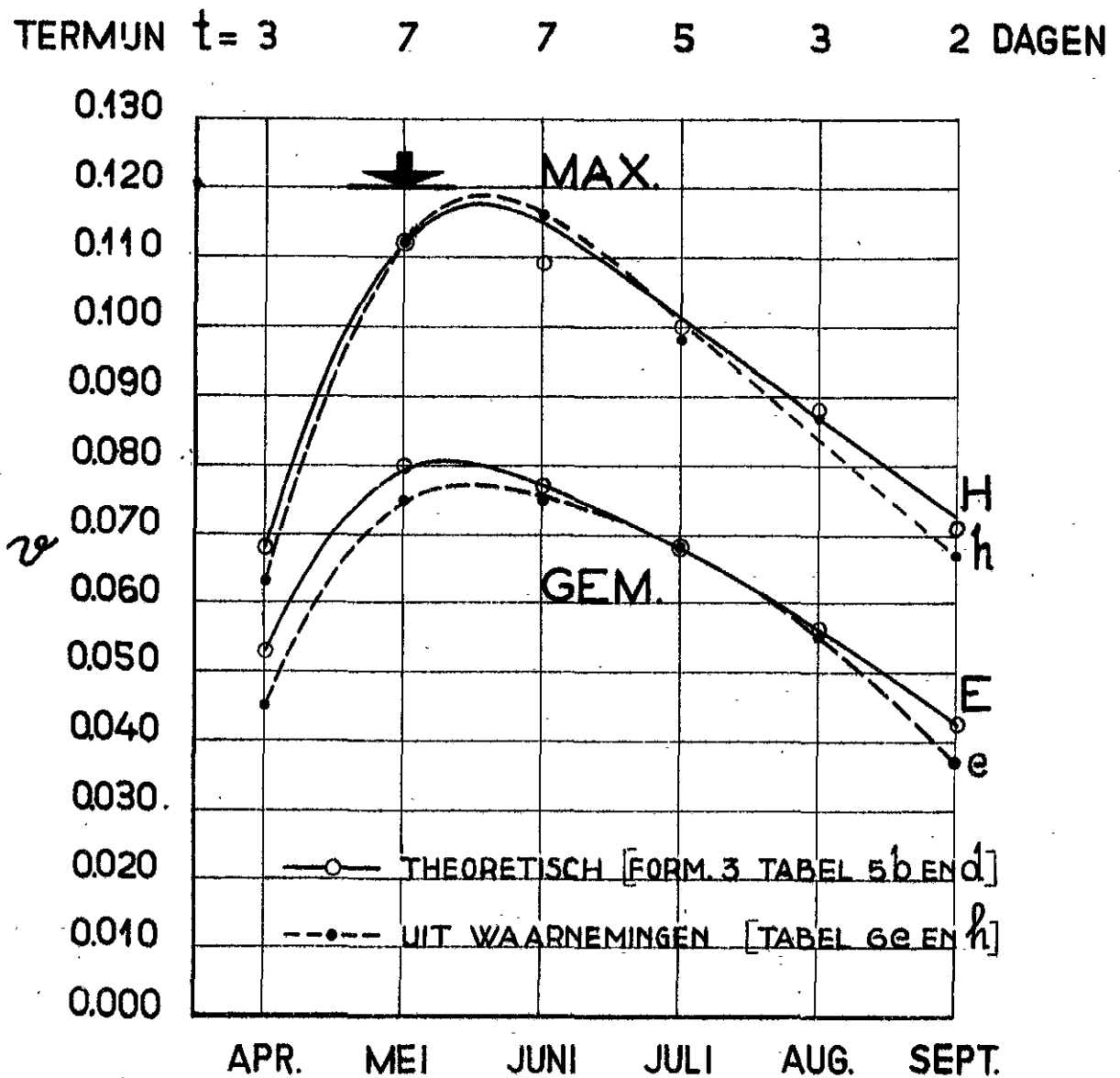


FIG. 11

# MAXIMUM VERBRUK VAN MAAND TOT MAAND EN VAN JAAR TOT JAAR OVER $t$ DAGEN

$t = 3 \quad 7 \quad 7 \quad 5 \quad 3 \quad 2$  DAGEN

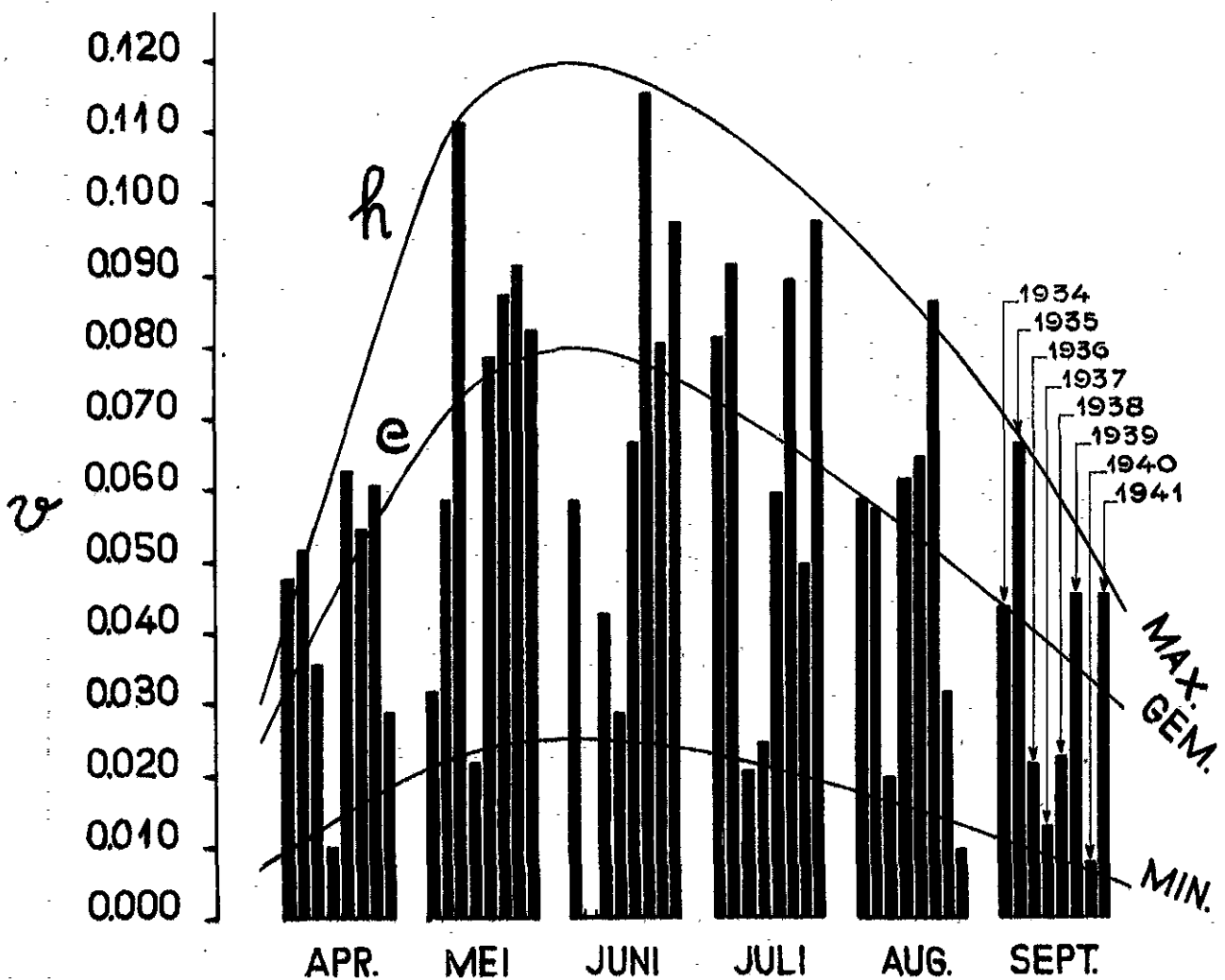


FIG 12

MAX. WATERVERBRUIK VOOR GEHEEL DELFLAND OVER t DAGEN

mill. m<sup>3</sup>

2.5

2.0

1.5

1.0

0.5

0.3

34554 ha

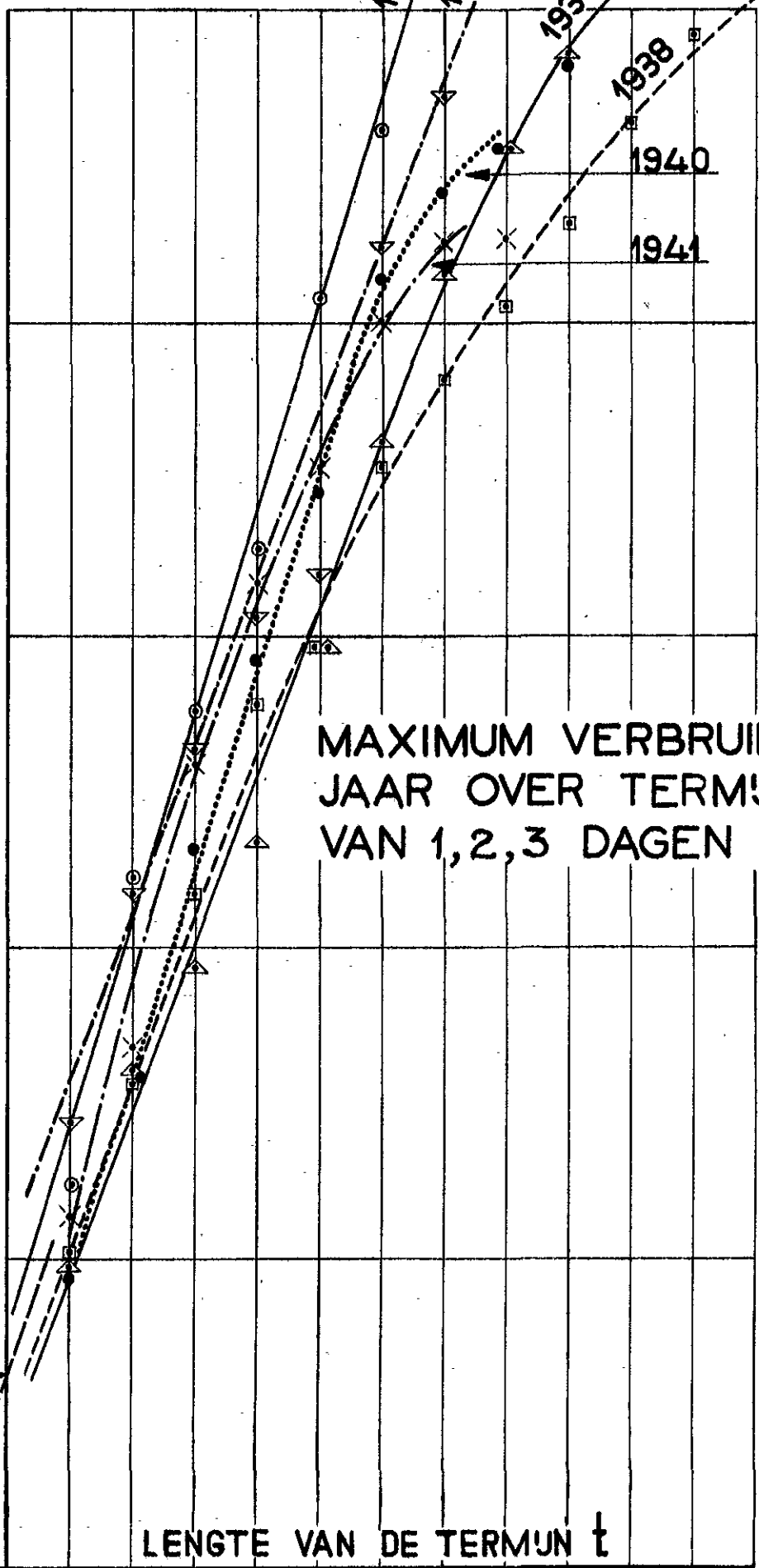
MAXIMUM VERBRUIK PER  
JAAR OVER TERMJUNEN  
VAN 1, 2, 3 DAGEN ENZ.

LENGTE VAN DE TERMJUN t

-1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 DAGEN

EN

FIG. 13



# GEREDUCEERDE $v_{max}$ VAN JAAR OP JAAR VOOR 1,2,3.....60 DAGEN

- C MAXIMA OVER 8 JAAR [TABEL 8 V EN C]
- d GEMIDDELDEN DER JAARLIJSCHE MAXIMA [TABEL 9d]

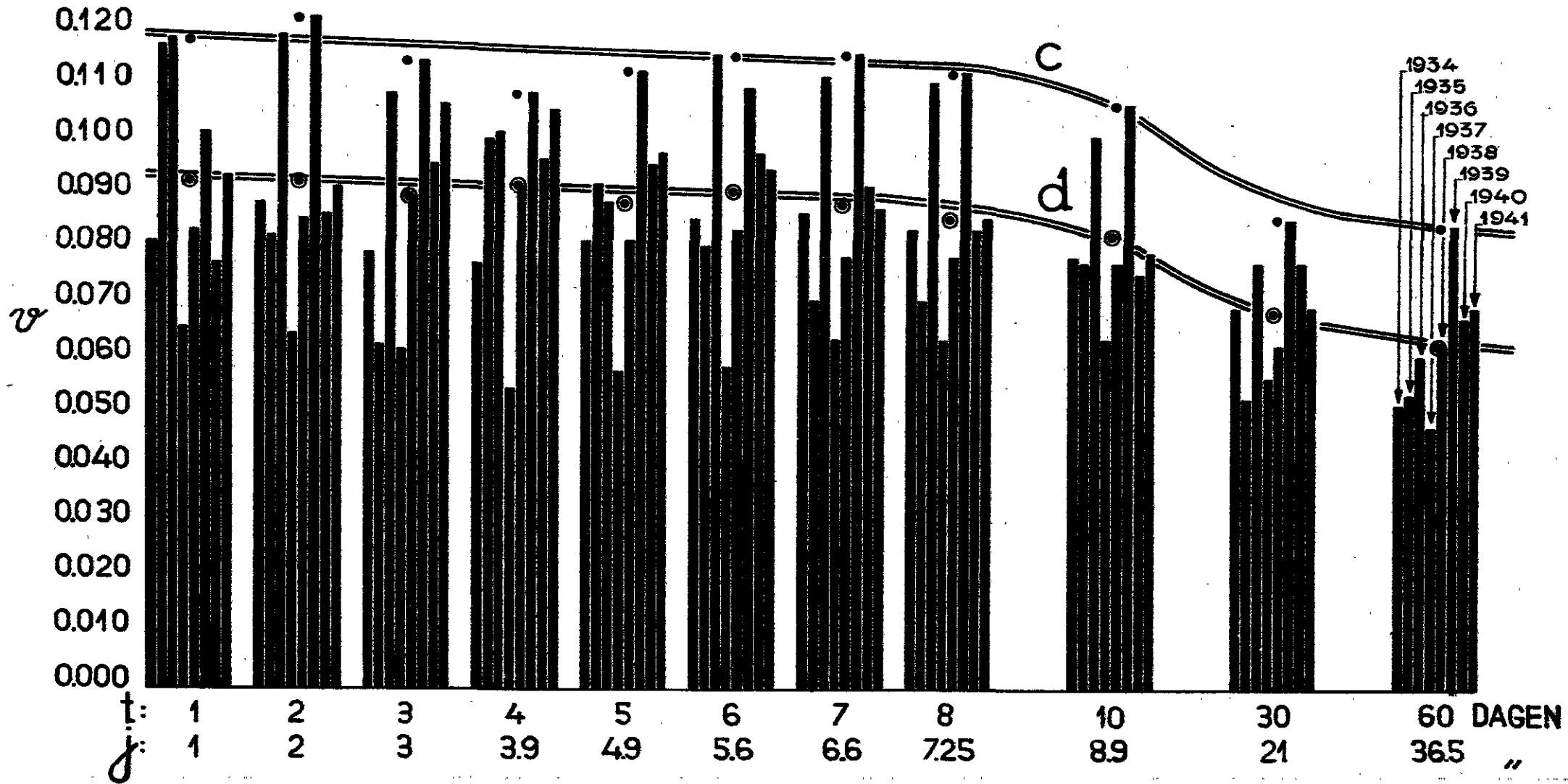


FIG. 14

$v_{max}, v_{gem}$  EN  $v_{min}$  ALS FUNCTIE VAN  $q$

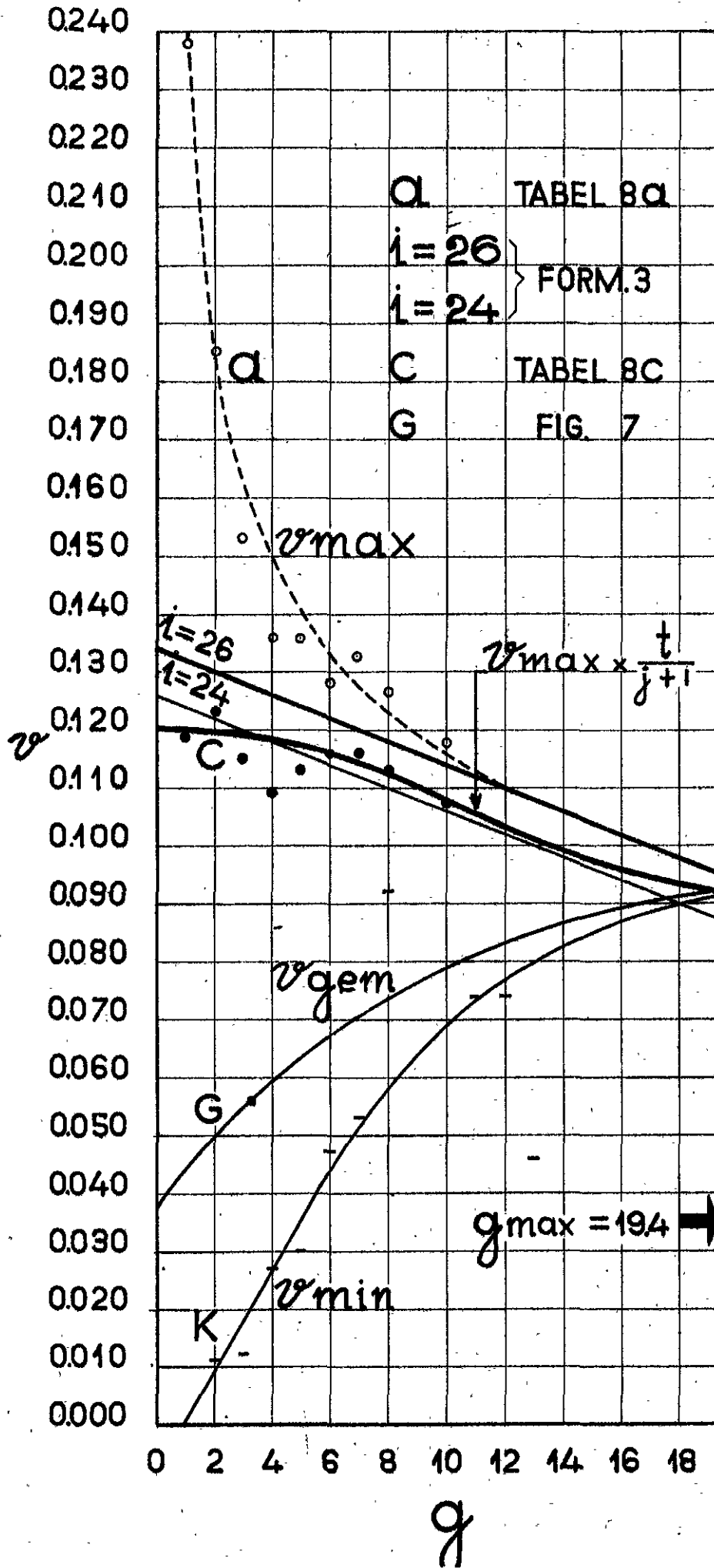


FIG.15



# FREQUENTIES VAN WATERVERBRUIK

$b$ : AANTAL DAGEN PER JAAR DAT HET WATERVERBRUIK  
 GEDURENDE MINSTENS  $g$  DAGEN ACHTEREEN  
 GROETER WAS DAN  $v$   
 (TABEL 10b)

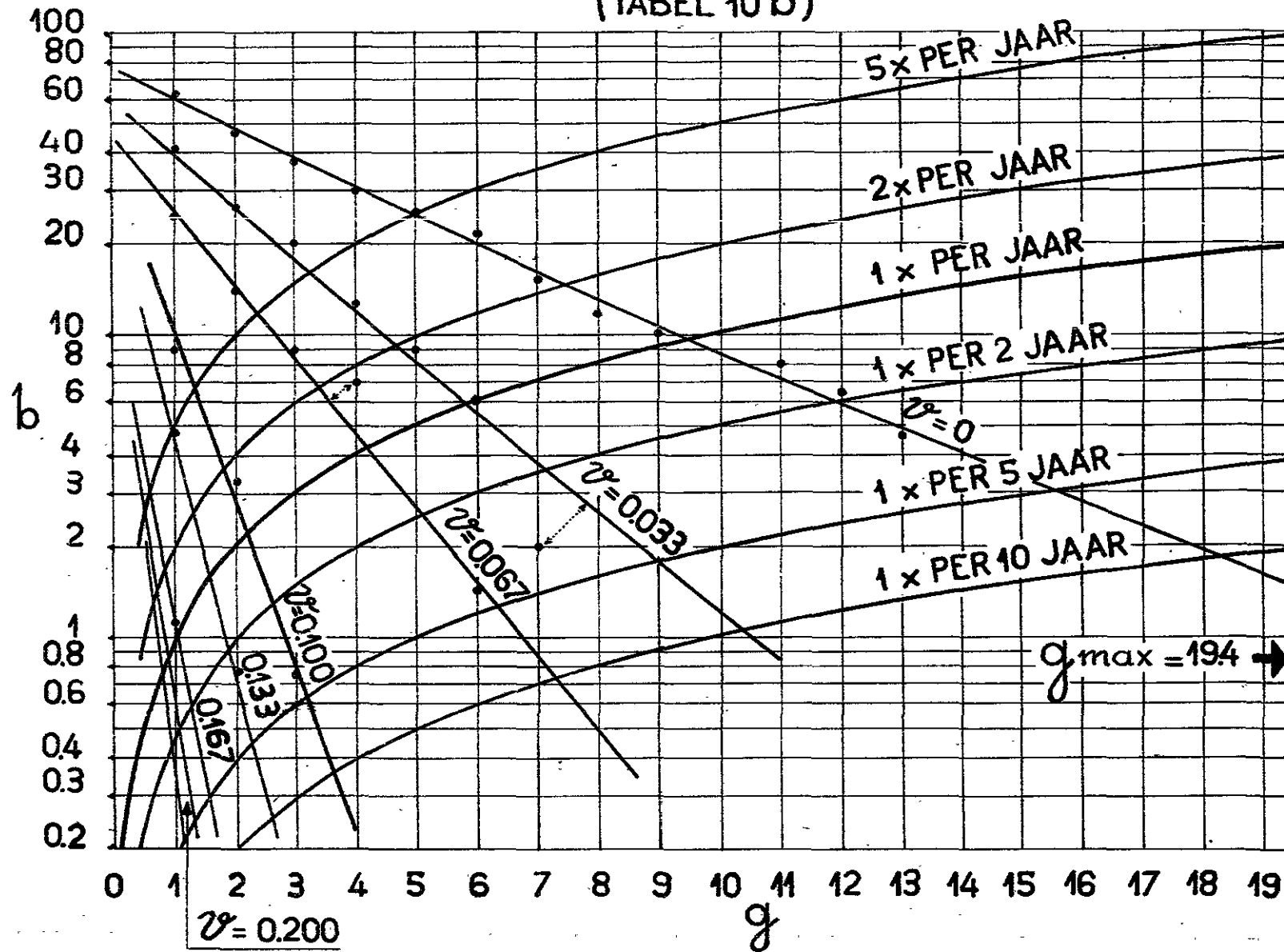


FIG.1G

# DE VERHOUDING VAN INLATEN EN LOOZEN TOT DROGE EN NATTE DAGEN, VAN MAAND TOT MAAND

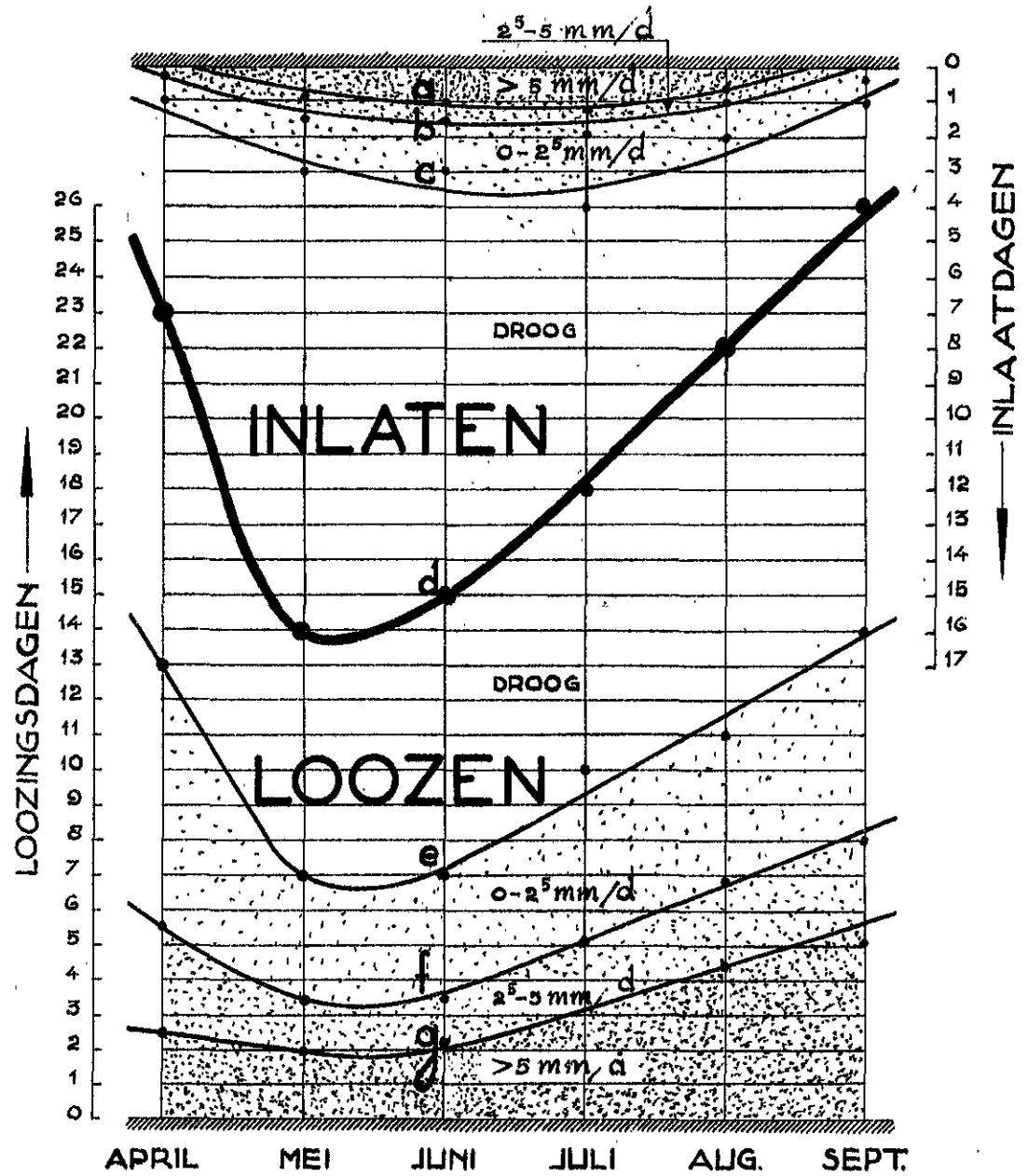


FIG. 17

# i ALS FUNCTIE VAN n

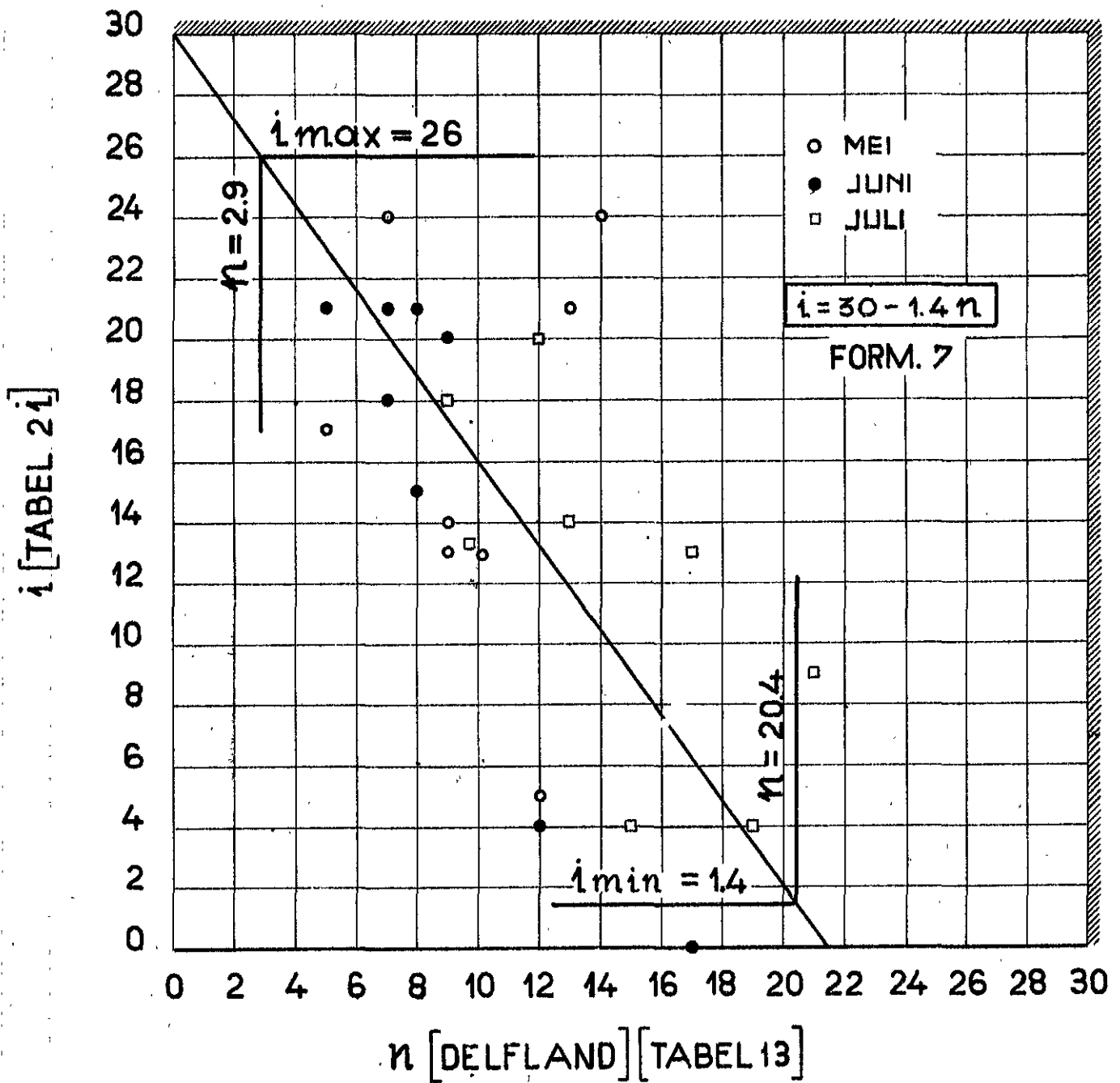
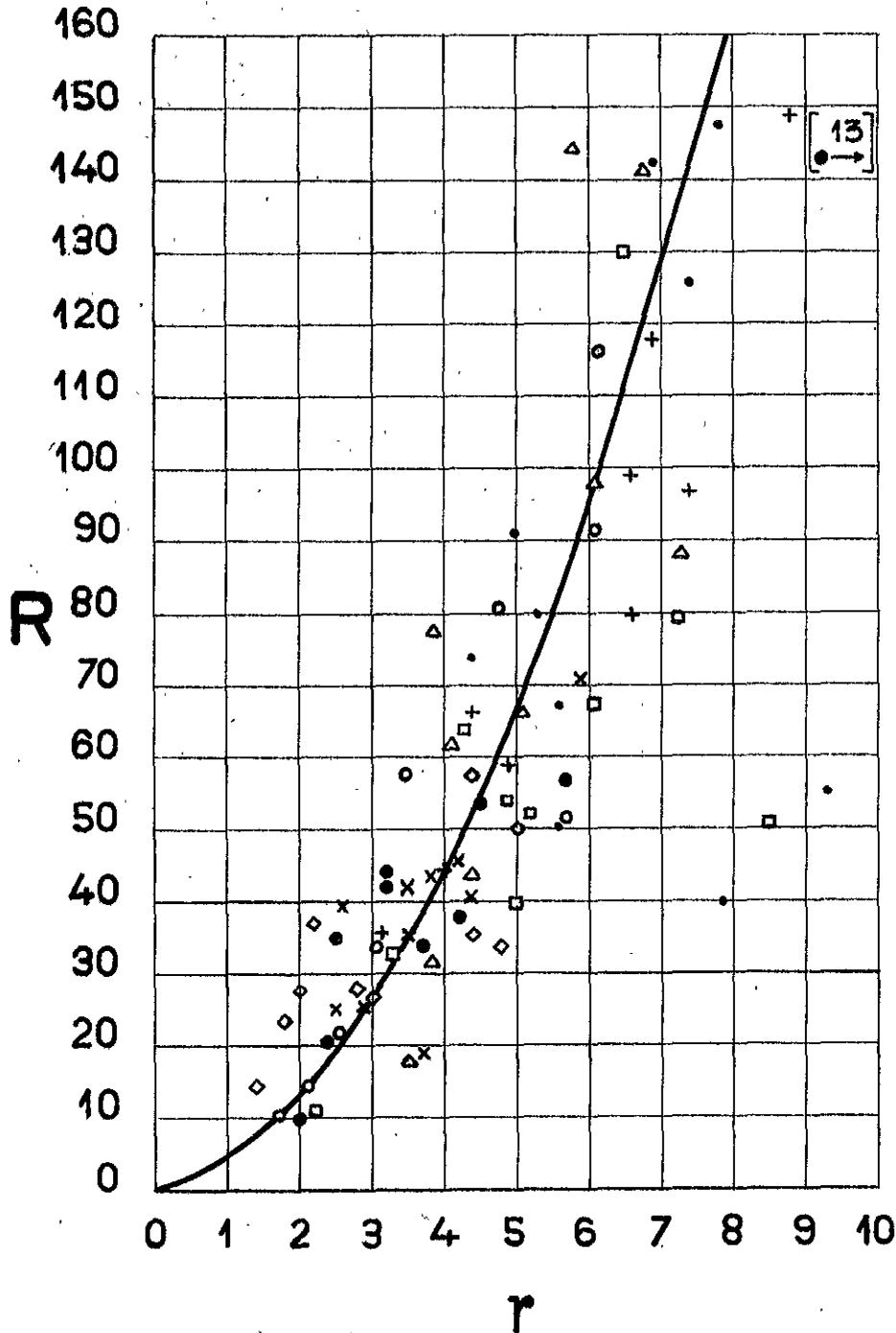


FIG. 18

VERBAND TUSSCHEN R EN  $r$   
MRT  $\frac{r}{m}$  OCT.  
(NAALDWJK 1921-1930)



$$R = \frac{r[r+1]}{0.44}$$

FORM.8

- ◇ MAART
- × APRIL
- ◉ MEI
- JUNI
- JULI
- + AUG.
- SEPT.
- △ OCT.

FIG. 19

# VERBAND TUSSCHEEN R EN $\eta$ VAN MRT. $\frac{T}{M}$ OCT. (NAALDWIJK 1921-1940)

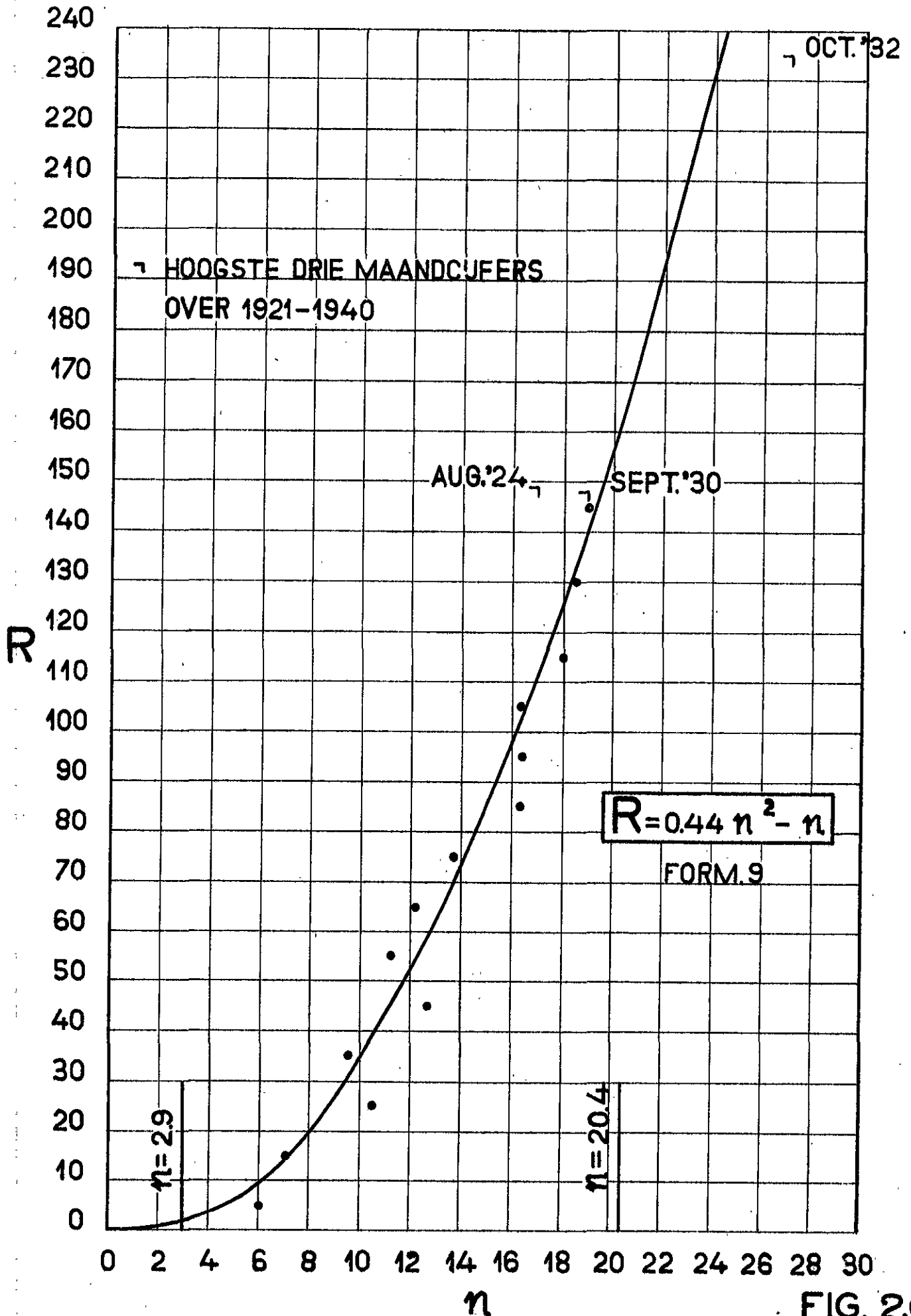


FIG. 20

# VERBAND TUSSCHEEN V EN R

VOOR MEI, JUNI EN JULI

V=MAANDELIJKSCHE NEERSLAG BIJ GEGEVEN  $n$

R=MAANDELIJKSCHE INLATING BIJ  $i=30-1.4 n$

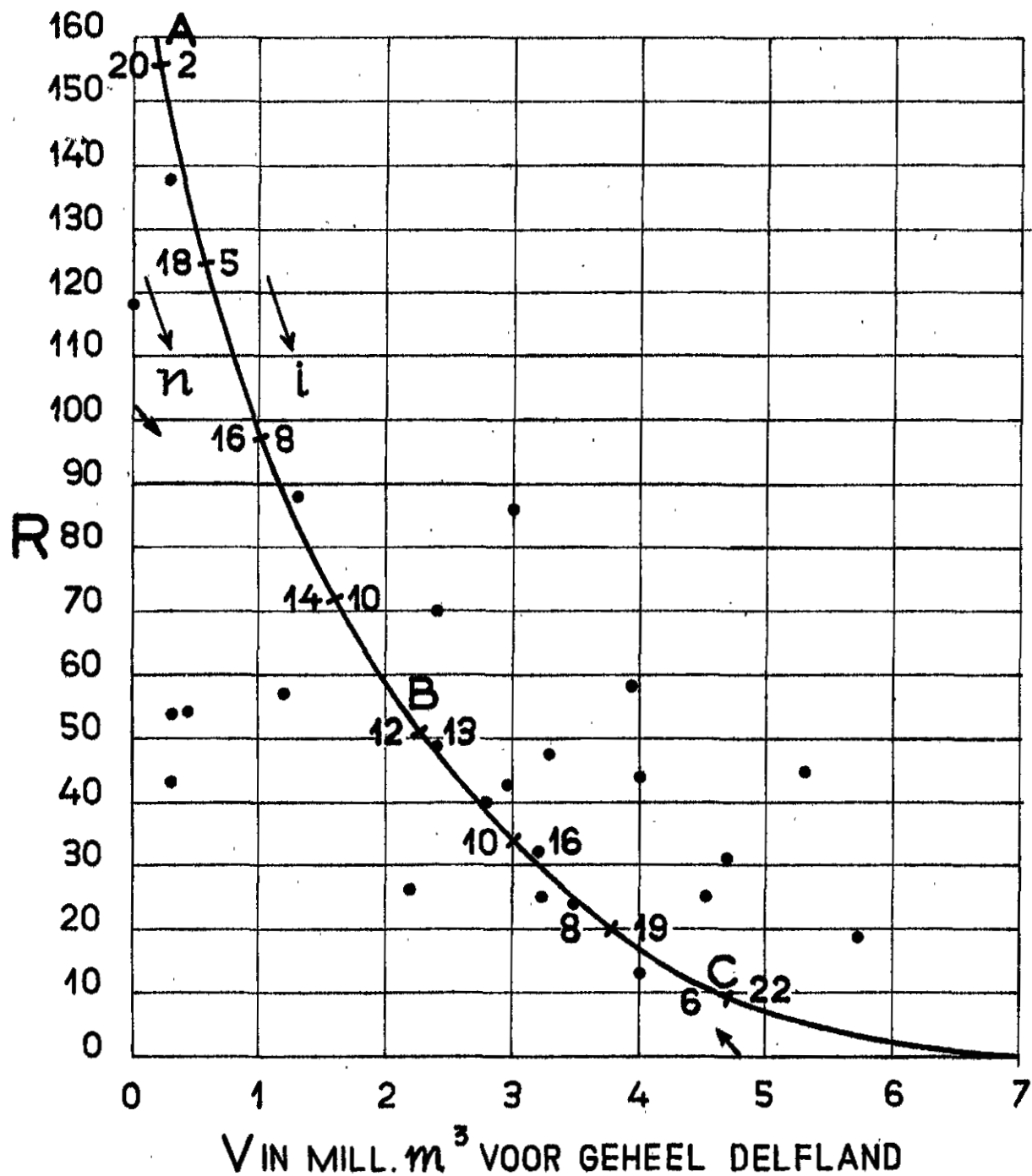


FIG. 21

# DE VERHOUDING TUSSEN NEERSLAG EN VERBRUIK

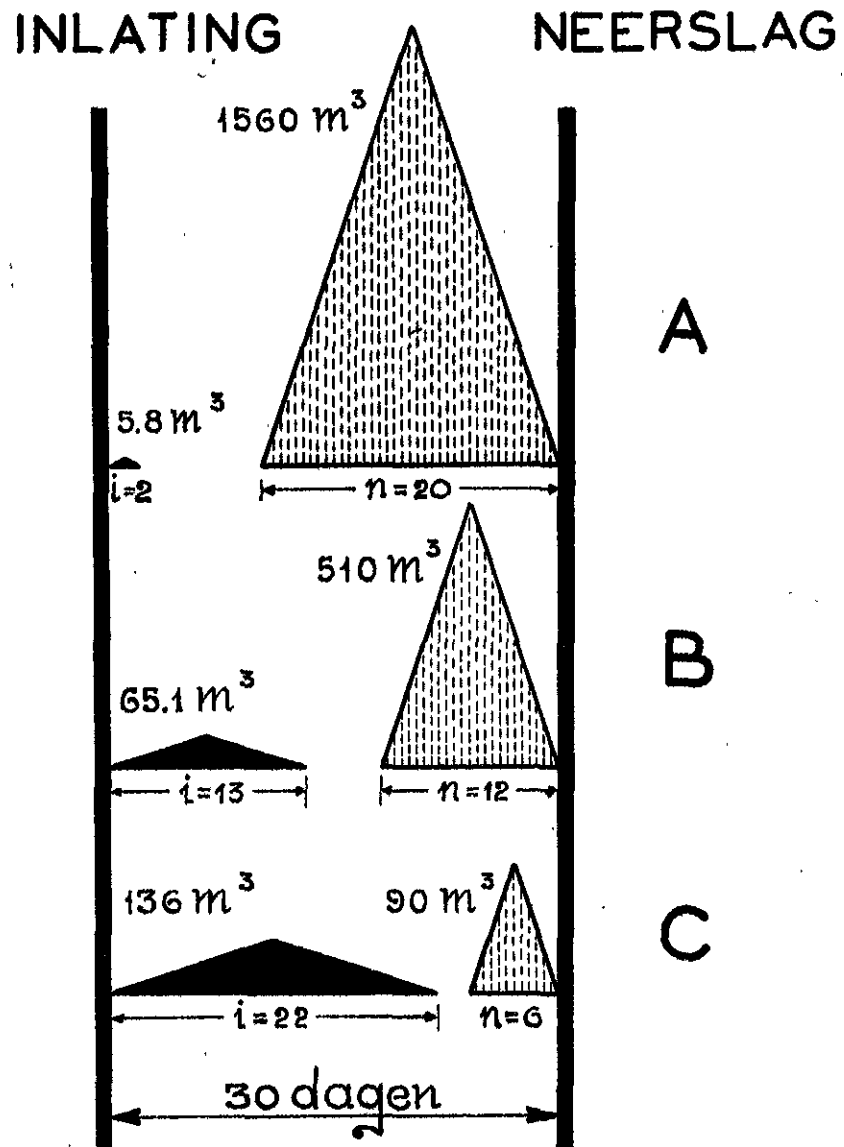


FIG. 22

# GEEN CAUSAAL VERBAND TUSSENEN $\nu$ EN $r$

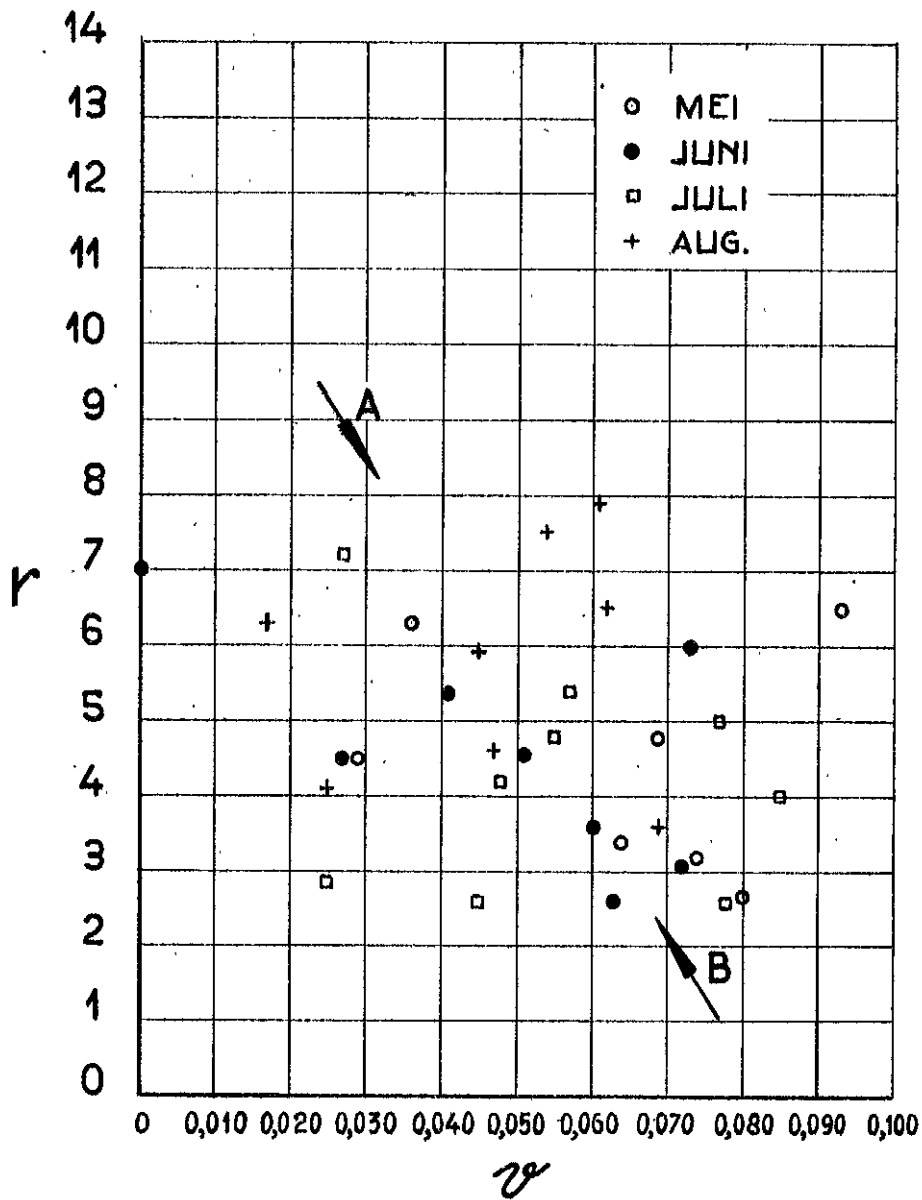


FIG. 23



# VERBAND TUSSEN $\sigma$ EN R

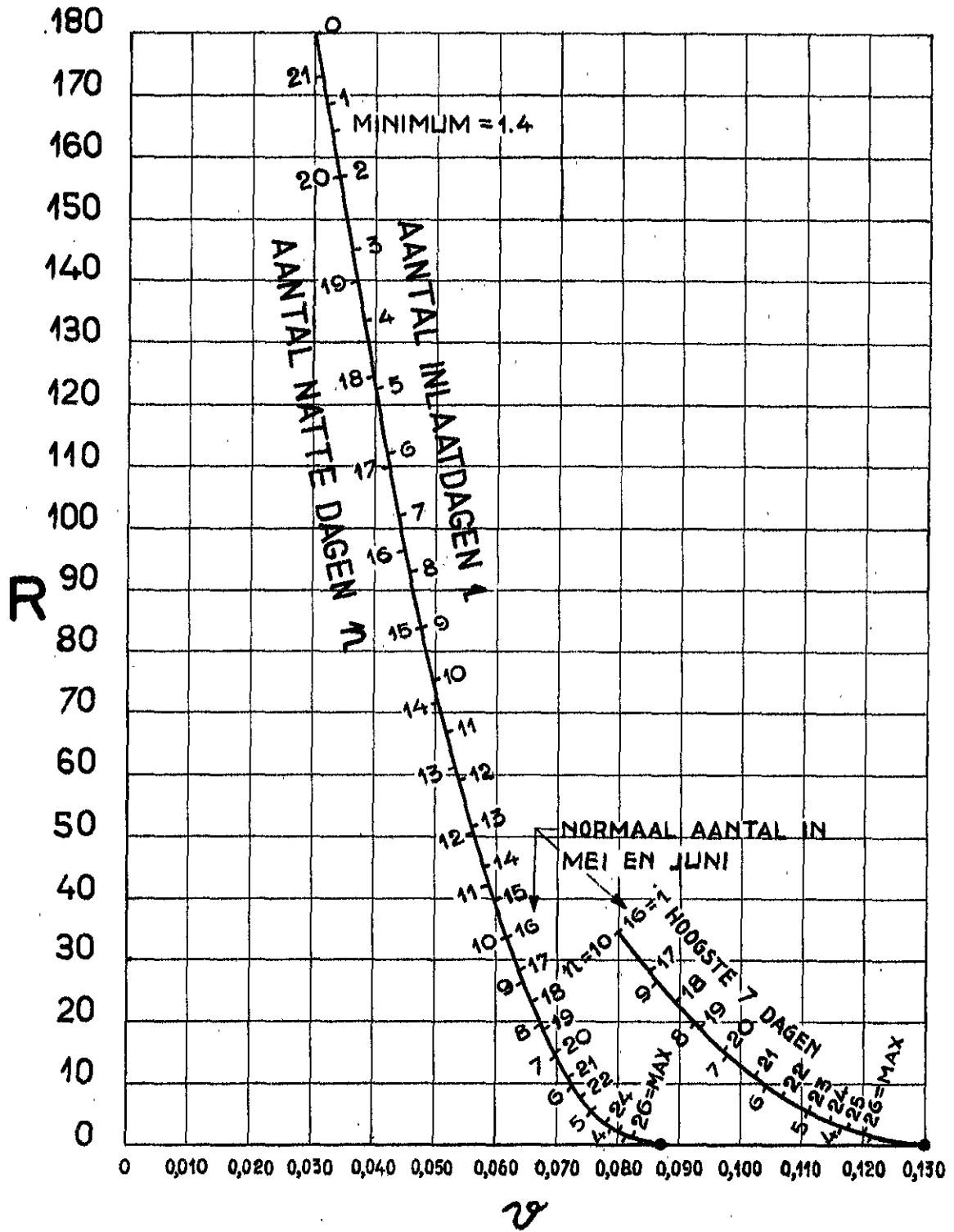


FIG. 24

# MAANDMAXIMA OVER 7 DAGEN IN 1921

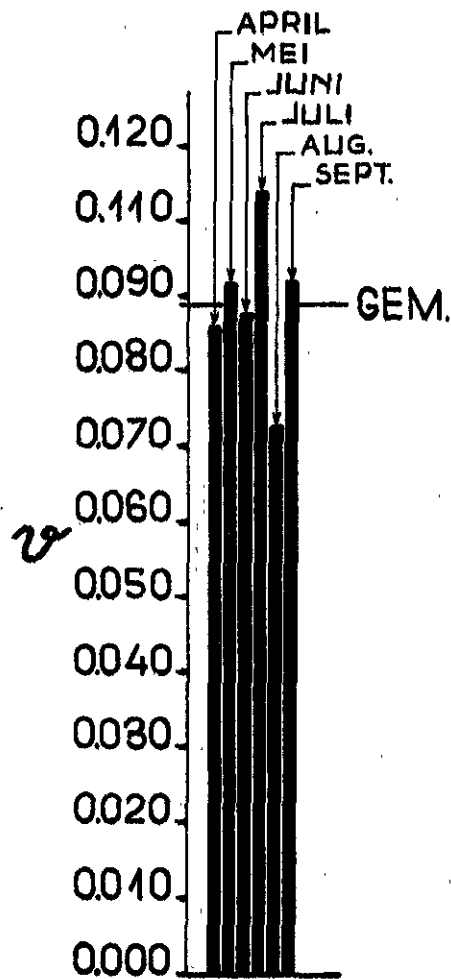


FIG. 25

# INVLOED VAN DE VERDAMPINGSINTENSITEIT OP $\nu$

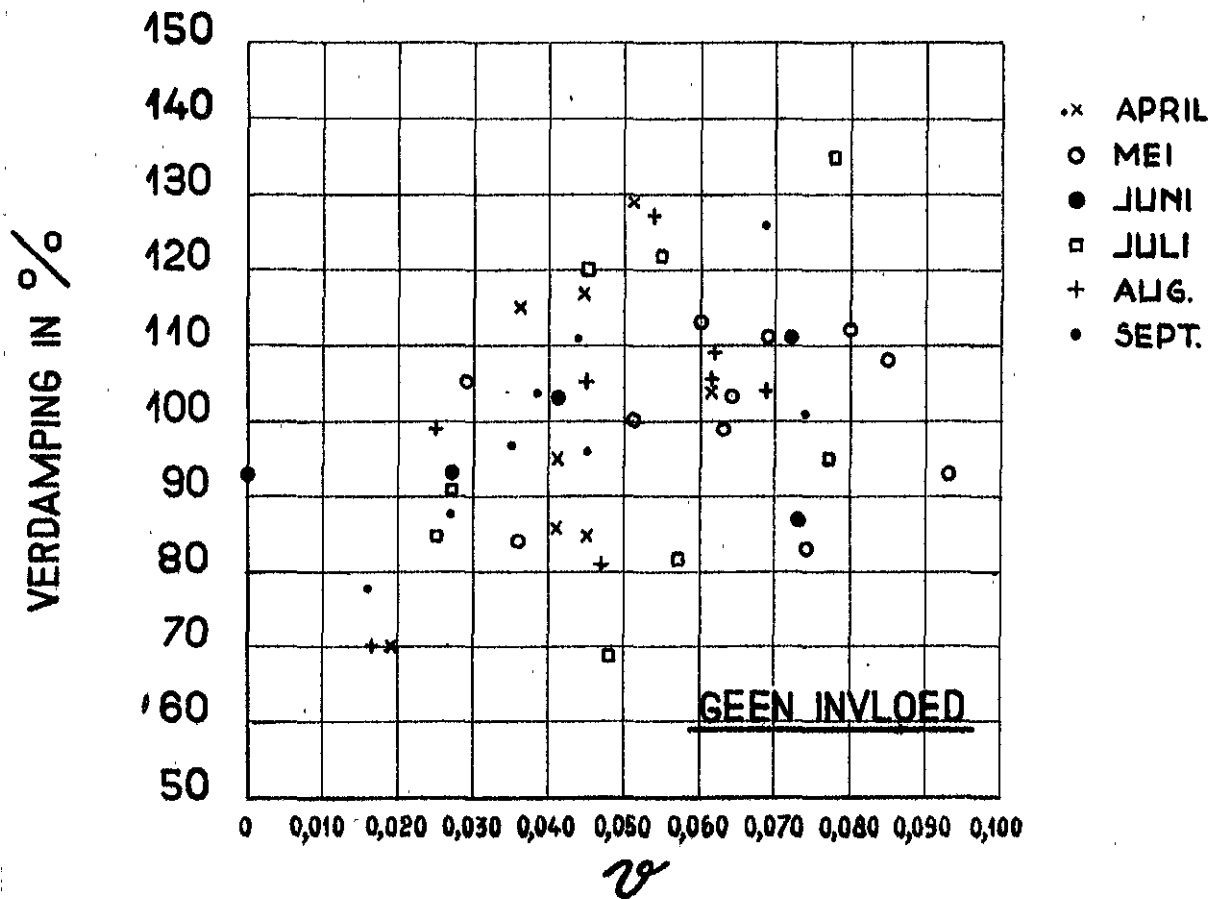


FIG. 26

# INVLOED VAN DE VERDAMPINGSINTENSITEIT PER DROGE DAG OP $\vartheta$

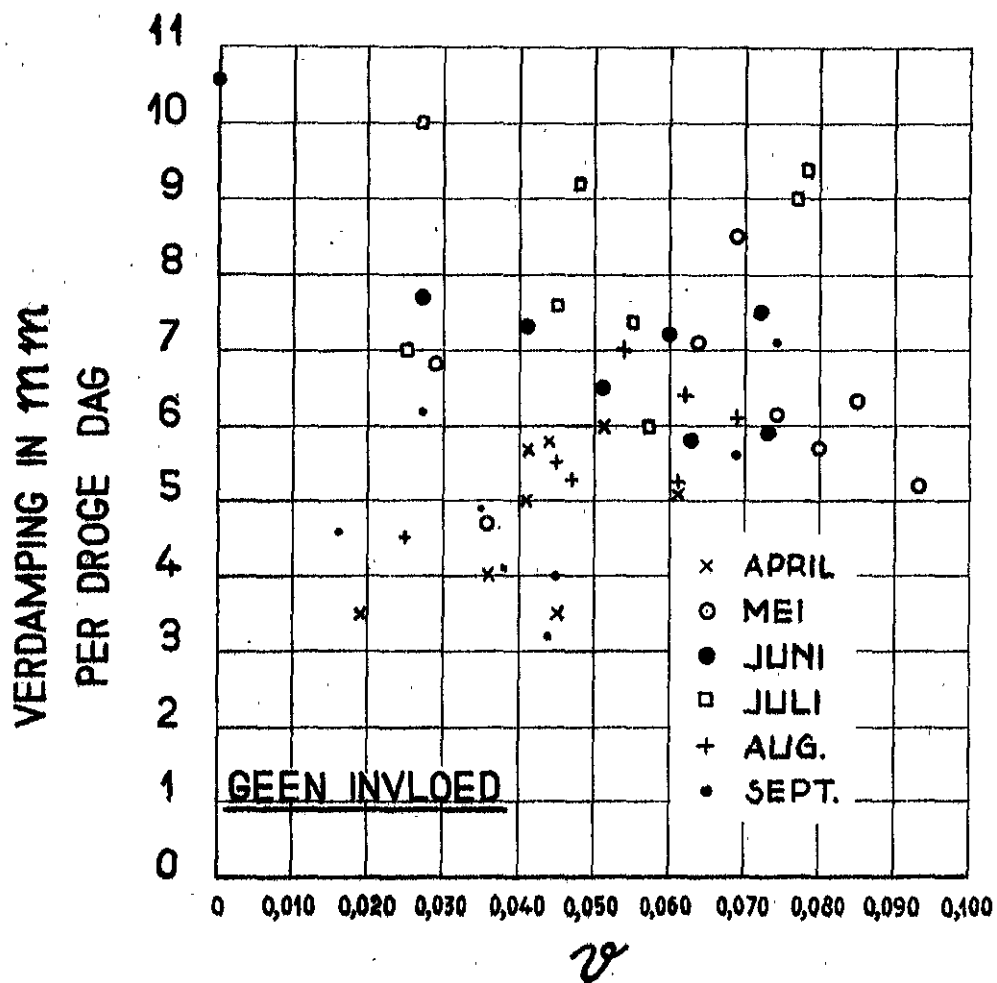


FIG. 27

