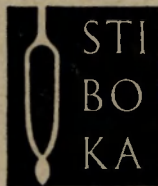


NN31396.1329.2

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN

FACETTEN VAN GRONDWATERTRAPPEN
IN ZANDGRONDEN



Stichting voor Bodemkartering

Staringgebouw

Wageningen

Tel. 08370 - 19100

Stichting voor Bodemkartering

Rapport nr. 1329

II

FACETTEN VAN GRONDWATERTRAPPEN IN ZANDGRONDEN

door: Ir. P. van der Sluijs
afd. Hydrologie en Cultuurtechniek
en Th. van Egmond
afd. Bodemtechniek



Wageningen, december 1976

N.B. Niets uit dit rapport mag zonder toestemming van de Stichting voor Bodemkartering worden vermenigvuldigd of in andere publikaties worden overgenomen.

	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	4
2. Stambuisgegevens	5
3. Berekening van de GHG en GLG	6
4. Zijn de berekende GHG en GLG constant?	7
5. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG)	8
6. De frequentieverdeling van grondwaterstanden	9
7. Meestfrequentie en frequentieverdeling van grondwaterstanden	11
8. Gt en frequentieverdeling van grondwaterstanden	12
9. Het ontwateringscriterium voor bouwland en de GHG	15
10. Samenvatting	17
11. Literatuur	18
<u>Aanhangsels</u>	19
I. Inleiding	20
II. Gegevens van de stambuizen	22
<u>Lijst van figuren</u>	
Fig. 1 De GHG (a) en GLG (b) in afhankelijkheid van het aantal hoge cq. lage grondwaterstanden per hydrologisch jaar waarover wordt gemiddeld	6
Fig. 2 De grootste afwijkingen naar boven en beneden van de GHG en GLG bij toenemende periodelengte ten opzichte van het 20-jarige gemiddelde.	7
Fig. 3 Voortschrijdend gemiddelde (8 jaar) van de GHG en GLG alsmede van het neerslagoverschot te Dedemsvaart,	7
Fig. 4 Relatieve cumulatieve frequentie van grondwaterstanden in 6 stambuizen. Periode 1951/70.	9
Fig. 5 Relatieve cumulatieve frequentie van grondwaterstanden in buis 34 D1 b (Borculo).	11
Fig. 6 Het niveau waarboven het grondwater 2, 5, 10, 20, 30, 40 en 50 % van het aantal dagen per jaar stijgt in samenhang met de GHG.	12
Fig. 7 Het aantal dagen per jaar met grondwaterstanden hoger dan een gegeven niveau (y) in samenhang met de GHG (x).	13
Fig. 8 Het niveau waarbeneden het grondwater 2, 5, 10, 20, 30, 40 en 50 % van het aantal dagen per jaar daalt in samenhang met de GLG.	13
Fig. 9 Het aantal dagen per jaar met grondwaterstanden dieper dan een gegeven niveau (y) in samenhang met de GLG (x).	14
Fig. 10 Verband tussen de GLG en de mediaan van de LG3	20
<u>Lijst van tabellen</u>	
Tabel 1 Relatieve frequentie en relatieve cumulatieve frequentie van grondwaterstanden in 6 stambuizen. Periode 1951 t/m 1970.	10
Tabel 2 Het percentage grondwaterstanden ondieper dan 55 cm in samenhang met de GHG en dieper dan 150 cm - mv. in samenhang met de GLG.	12

Tabel 3	Het met de GHG corresponderende aantal dagen per jaar met grondwaterstanden boven de aangegeven diepte.	14
Tabel 4.	De GHG en de oogstdepressie bij jonge zavelgronden in de Noord- oostpolder (naar gegevens van Sieben 1964).	15

1. INLEIDING

Grondwatertrappen (Gt's) karakteriseren het grondwaterstandsverloop. Zij zijn gebaseerd op de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

Het Gt-onderzoek heeft zich tot nu toe vooral geconcentreerd op de extrapolatie van punt naar vlak; met andere woorden op de kartering van grondwatertrappen. Weinig aandacht is besteed aan de "inhoud" van de GHG en GLG: welke informatie zij verschaffen over de frequentie van grondwaterstanden; hoe de samenhang is met de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en van welke GHG men moet uitgaan voor goed ontwaterd bouwland.

Kennis van deze zaken vergroot de mogelijkheden van interpretatie en toepassing van de Gt's zowel voor de karteerder als de gebruiker.

Als hulp bij de kartering en ter documentatie van dit rapport zijn in het aanhangsel de verwerkte basisgegevens opgenomen. Een samenvattend artikel over Gt en frequentie van grondwaterstanden is verschenen in het Polytechnisch Tijdschrift (Van der Sluijs en Van Egmond, 1976).

2. STAMBUISGEGEVENS

Het onderzoek is beperkt tot de zandgronden. Er is uitgegaan van meetgegevens van stambuizen die behoren tot het waarnemingsnet van de Dienst Grondwaterverkenning TNO te Delft. Bij de keuze van de stambuizen is een selectie toegepast waarbij is gestreefd naar een aantal van ca. 150.

De volgende criteria zijn aangelegd:

- De waarnemingsperiode van de stambuizen moet minstens 10 bruikbare hydrologische jaren (1 april - 1 april) omvatten. Jaren waarin meer dan 4 van de 24 waarnemingen (twee opnamen per maand) ontbreken, zijn buiten beschouwing gebleven.
- De ligging van de stambuizen moet representatief zijn voor de bodemeenheid. Niet betrokken in het onderzoek zijn stambuizen dicht bij een watergang of op een erf.
- De GHG's moeten een zo ruim mogelijk traject omvatten en zo regelmatig mogelijk over dit traject zijn verdeeld.

Van 147 stambuizen met een waarnemingsperiode van 10 tot 20 jaar en een GHG van 10-150 cm - mv. zijn gegevens verwerkt. Deze gegevens zijn onderverdeeld naar provincie en naar bodemeenheid.

Provincie	Kaartblad bodemkaart 1 : 50 000	Aantal stambuizen
Drenthe	21 en 22	12
Overijssel	28	26
Gelderland	34 en 41	11
Noord-Brabant	44, 45, 49, 52 en 57	75
Limburg	52 en 58	23
		147

Bodemeenheid	Aantal stambuizen
Veldpodzolgronden	60
Laarpodzolgronden	9
Enkeerdgronden	27
Gooreerdgronden	21
Beekeerdgronden	20
Overige zandgronden	10
Totaal	147

3. BEREKENING VAN DE GHG en GLG

De GHG en GLG zijn gedefinieerd als resp. de top en het dal van de gemiddelde grondwaterstandscurve (Van Heesen, 1971, blz.136). Karakteristieken van deze curve zijn:

- een maximum en minimum waarvan de ligging overeenkomt met de gemiddelde hoogte van de toppen en dalen van de afzonderlijke tijdstijg-hoogtelijnen,
- een helling van de dalende en stijgende tak die overeenkomt met het gemiddelde beeld van de daling en stijging in de afzonderlijke jaren.
- een tijdstip van daling en stijging dat samenvalt met de datum waarop de grondwaterstand gemiddeld over een aantal jaren daalt en stijgt.

Er wordt dus niet een curve mee bedoeld die ontstaat door het rekenkundig middelen van grondwaterstanden die op dezelfde data in een aantal opeenvolgende jaren worden gemeten.

De constructie van de gemiddelde curve is bewerkelijk en vrij subjectief. De op het algemene verloop van de tijdstijghoogtelijnen gesuperponeerde kortstondige fluctuaties van de grondwaterstand en de van jaar tot jaar wisselende duur van hoge en lage standen beperken de mogelijkheid de gemiddelde curve ondubbelzinnig vast te stellen.

Daarom wordt voor het bepalen van de GHG en GLG de gemiddelde curve niet meer gebruikt. Ze worden thans berekend door het rekenkundig middelen, over minimaal 8 jaar, van resp. de hoogste drie en de laagste drie grondwaterstanden per hydrologisch jaar, uitgaande van metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand in buizen van 2 à 3 m lengte. De definitie van de GHG en GLG moet aan de nieuwe berekeningswijze worden aangepast.

Het aantal drie van de hoogste (laagste) drie grondwaterstanden, waarvan men bij deze berekening uitgaat, is proefondervindelijk vastgesteld. GHG's en GLG's die uitgaande van andere aantallen werden verkregen, bleken minder goed overeen te stemmen met de GHG en GLG ontleend aan de gemiddelde grondwaterstandscurve. Hierover is weinig gepubliceerd. Alleen Knibbe en Marsman vonden blijkens een interne nota (V.W.M. no. 16, 1962) voor 7 stambuizen een (bijzonder) goede overeenstemming tussen de resultaten van de grafische methode en de met de hoogste en laagste drie grondwaterstanden berekende GHG resp. GLG.

Wel dient te worden bedacht dat in de subjectieve constructie van de toppen en dalen van de gemiddelde curve gemakkelijk een onnauwkeurigheid van 5 cm kan voorkomen. De onnauwkeurigheid is even groot als het verschil dat ontstaat wanneer bij de berekening van de GHG en GLG één waarneming per hydrologisch jaar meer of minder wordt genomen. De invloed van het aantal waarnemingen per hydrologisch jaar op de ligging van het GHG- en GLG-niveau wordt getoond in figuur 1. De richtingscoëfficiënten van de regressielijnen geven in figuur 1a de daling in cm van het GHG-niveau als bij de berekening van 1, 2 ... 6 hoogste grondwaterstanden per hydrologisch jaar wordt uitgegaan. Voor de 8 gegeven stambuizen in de figuur is de gemiddelde daling $3,0 \pm 1,0$ cm voor elke hoge grondwaterstand die per jaar extra wordt genomen. Evenzo wordt de GLG voor elke extra waarneming gemiddeld met $2,5 \pm 0,8$ cm verhoogd.

De richtingscoëfficiënten geven ook aanwijzingen over de fluctuatie van de winter- en zomergrondwaterstanden. Een geringe helling van de regressielijn wijst op het langdurig voorkomen van grondwaterstanden rond de GHG of GLG (een gemiddelde curve met een brede top of een breed dal). Langdurig hoge grondwaterstanden rond de GHG treden zowel op bij een slechte ontwatering (damping van de fluctuatie aan het maaiveld) als bij een uitstekende beheersing van de grondwaterstand. Wateraanvoer vanuit sloten en kwel doen de grondwaterstanden rond de GLG slechts weinig fluctueren.

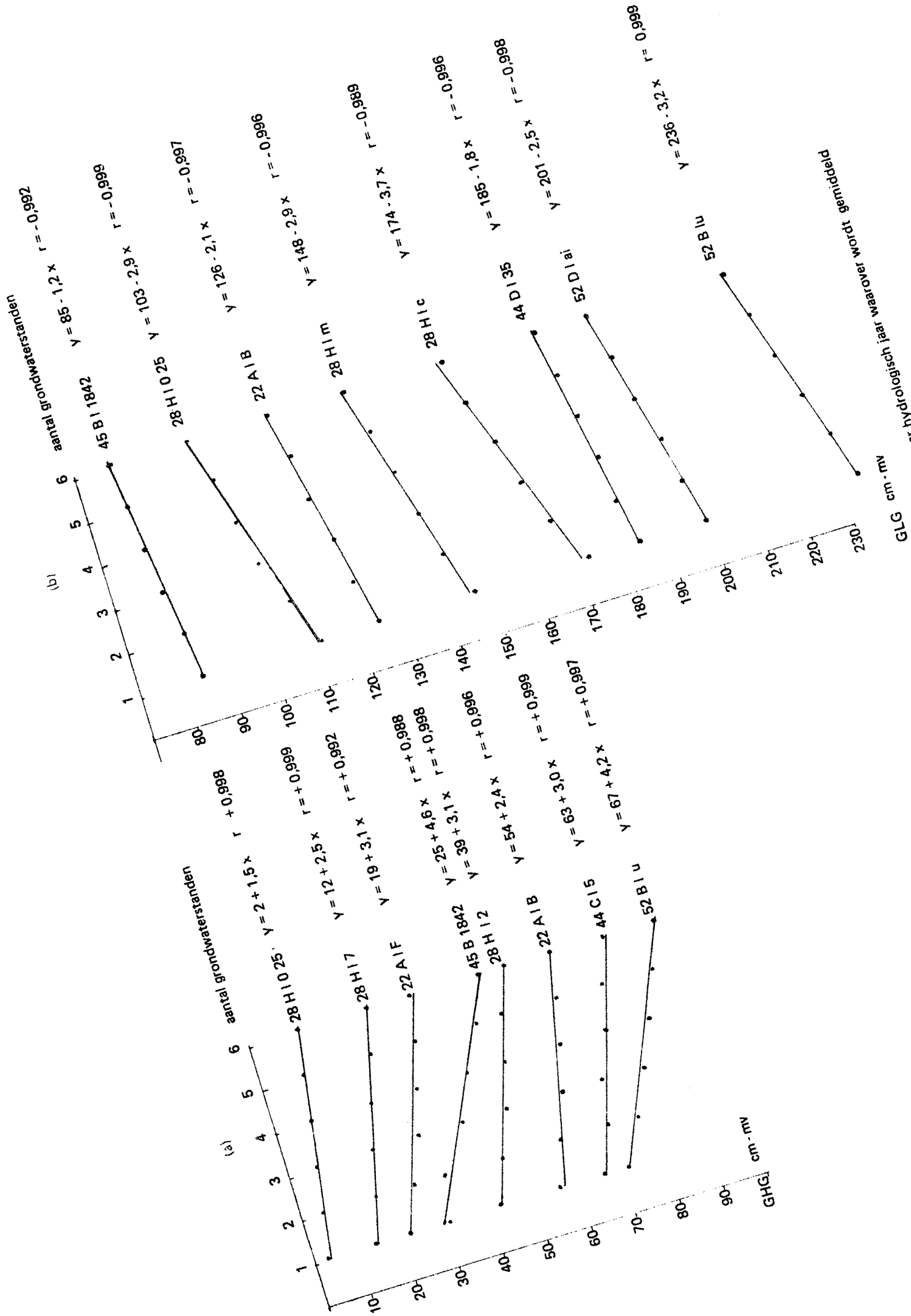


Fig. 1.

De GHG (a) en GLG (b) in afhankelijkheid van het aantal hooges op gegeven grondwaterstanden en de waarden van de waarden wordt gemiddeld

4. ZIJN DE BEREKENDE GHG EN GLG CONSTANT?

Voor het berekenen van de GHG en GLG wordt minimaal een meetperiode van 8 jaar aangehouden. Met het toenemen van de lengte van de meetperiode wordt het werkelijke GHG- respectievelijk GLG-niveau dichter benaderd. De invloed van extreme jaren wordt hiermee steeds minder. We zien dit voor een tweetal stambuizen in figuur 2. De grootste afwijking naar boven en beneden van de GHG en GLG zijn bij toenemende periodelengte ten opzichte van het 20-jarige gemiddelde aangegeven. Deze afwijkingen zijn bepaald met de methode van voortschrijdende gemiddelden; een 20-jarige periode kunnen 20 perioden van 1 jaar, 19 van 2 jaar, 13 perioden van 8 jaar, 2 van 19 jaar en 1 van 20 jaar worden onderscheiden. Voor elke periode zijn de GHG en GLG te berekenen. De hoogste en laagste berekende waarde in elke reeks geeft de GHG resp. GLG met de grootste afwijking naar boven en beneden. In de 13 8-jarige perioden bedragen de maximale afwijkingen voor de in de figuur als voorbeeld gebruikte 2 stambuizen resp. ca. 8 en 5 cm bij de GHG en 10 en 11 cm bij de GLG. In het ongunstigste geval kan bij stambuis 28HL17 in een 8-jarige periode dus een GHG worden gevonden die 8 cm afwijkt van de gemiddelde waarde over 20 jaar. Gemiddeld moet met een afwijking rekening worden gehouden die ongeveer de helft kleiner is dan de maximale afwijking. In het gegeven voorbeeld is dit een afwijking van ca. 4 cm. Colenbrander (1970) vond voor andere buizen afwijkingen van een zelfde orde van grootte. Nu geleidelijk aan van stambuizen over een veel langere periode dan 8 jaar meetgegevens beschikbaar komen, verdient het aanbeveling de periodelengte aan te geven waarover de berekening is uitgevoerd, GHG (15) geeft b.v. de over 15 jaar berekende GHG.

Afgezien van ingrepen in de grondwaterhuishouding zijn de afwijkingen een gevolg van verschillen in weersgesteldheid die zich ook over langjarige perioden manifesteren. Globaal komt dit tot uiting in figuur 3, waarin over april 1951 tot april 1970 zowel de 8-jarige voortschrijdende gemiddelden van de GHG en GLG als van het neerslagoverschot (neerslag N minus open pan verdamping E) zijn aangegeven. De stambuislegenda van deze figuur staat aangegeven in figuur 4. De GLG-curven volgen grotendeels de trend van het negatieve neerslagoverschot (verdampingsoverschot). Bij de GHG-curven is dit in mindere mate het geval. Bedacht moet echter worden dat wintergrondwaterstanden niet uitsluitend door het neerslagoverschot worden bepaald. Mede van invloed is het verdampingsoverschot in de eraan voorafgaande zomerperiode.

Samenvattend kan worden gesteld dat bij de berekening van de GHG en GLG uit grondwaterstanden over een n -jarige periode geen constante waarde wordt gevonden. De berekende waarde zal de "werkelijke" waarde asymptotisch benaderen met het langer worden van de meetperiode.

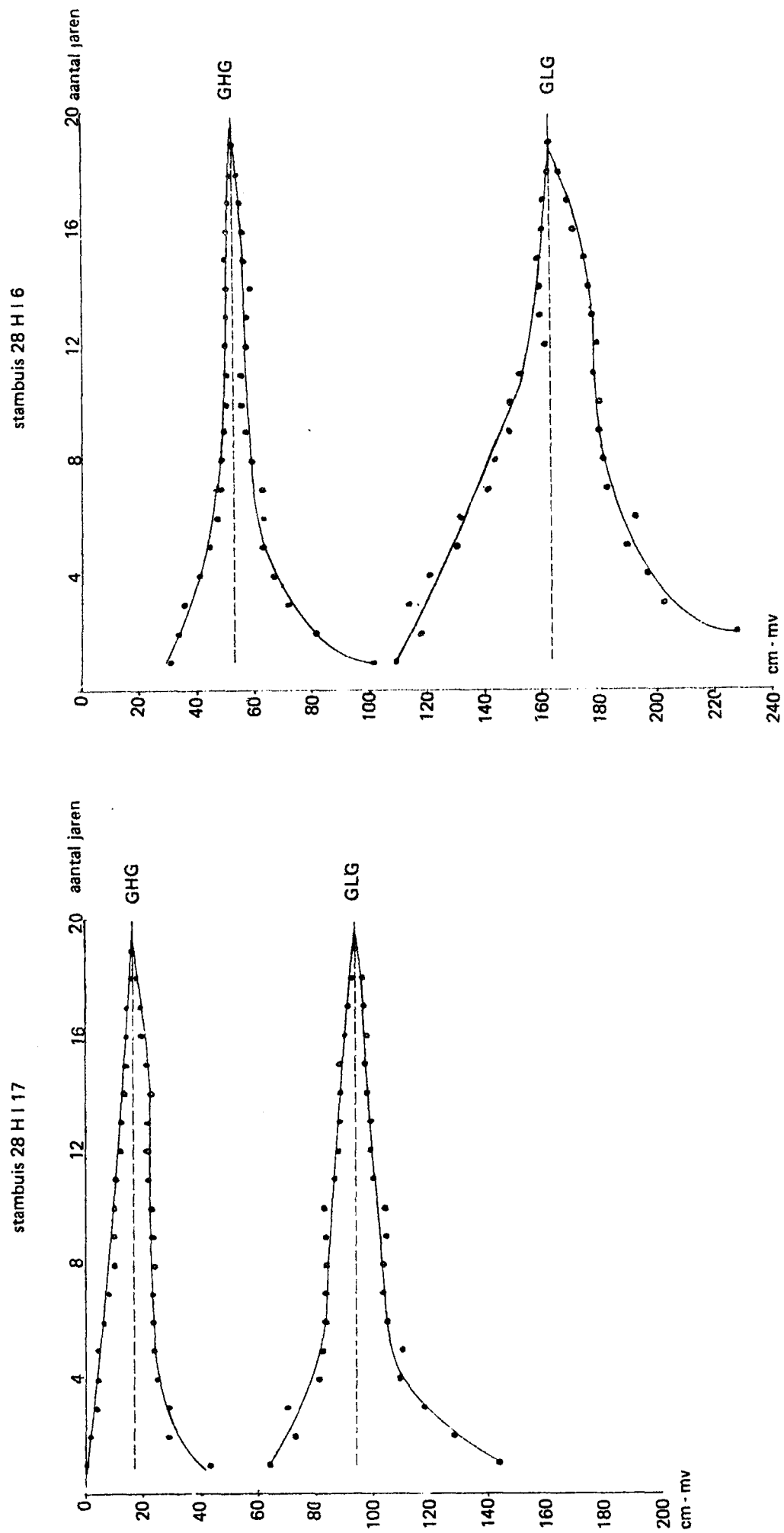


Fig. 2. De grootste afwijkingen naar boven en beneden van de GHG en GLG bij toenemende periodelengte ten opzichte van het 20 -jarige gemiddelde

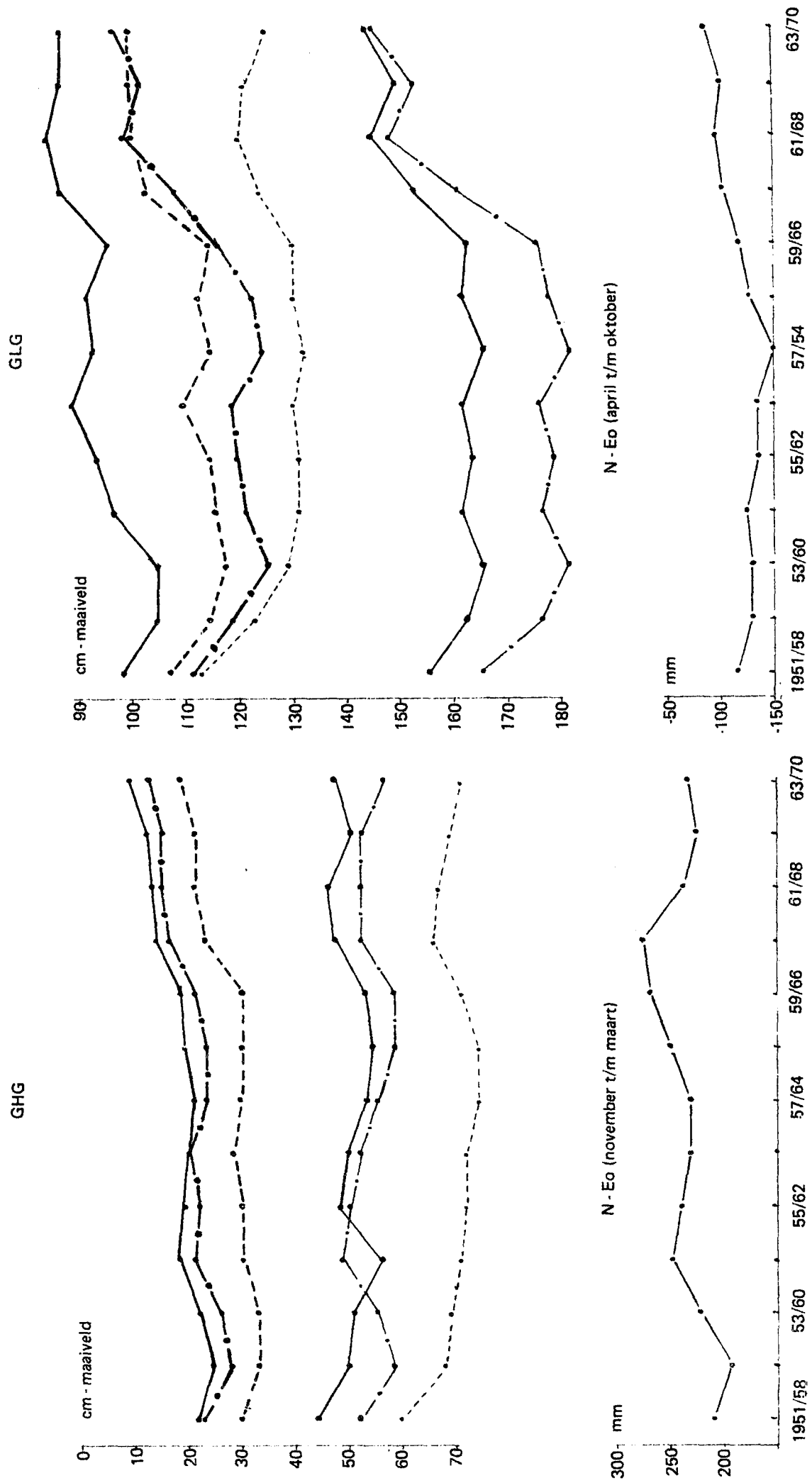


Fig. 3. Voor t/schrijdend gemiddelde (8 jaar) van de GHG en GLG als mede van het neerslagoverschot te Dedemsvaart.

5. DE GEMIDDELDE VOORJAARSGRONDWATERSTAND (GVG)

Bij berekeningen van de vochtleverantia volgens de door Rijtema (1971) ontwikkelde methode wordt uitgegaan van een bepaalde grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen. Hiervoor wordt de gemiddelde grondwaterstand op 14 april genomen. Deze wordt aangeduid als de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Er is nagegaan of de GVG uit de GHG en GLG kan worden afgeleid.

De GVG moet liggen tussen de GHG en GLG. Verder is het aannemelijk dat de GVG een functie is van de door de GHG en GLG aangegeven fluctuatie van het gemiddelde grondwaterstandsverloop. De betrekking tussen de GVG, GHG en GLG is voor te stellen door middel van de algemene vergelijking:

$$GVG = a \text{ GHG} + b \text{ (GLG-GHG)} + c.$$

Uit de grondwaterstandsgegevens van 147 in zandgronden gelegen stambuizen is na vereffening gevonden:

$GVG = (1,01 \pm 0,02)GHG + (0,15 \pm 0,03) (GLG-GHG) + 14,27 \pm 2,95$ met als correlatiecoëfficiënt $r = 0,98$. Het is dus mogelijk de GVG vrij betrouwbaar uit de GHG en GLG af te leiden.

De gegeven vergelijking wijkt slechts weinig af van het eerder door Van Heesen en Van der Sluijs (1974) gegeven verband dat werd afgeleid uit grondwaterstandsmetingen van een geringer aantal stambuizen. De vergelijking laat zien dat de GHG een veel grotere invloed heeft op de GVG dan de fluctuatie tussen GHG en GLG. Een 10 cm diepere GHG heeft b.v. een zelfde effect als een 70 cm grotere fluctuatie. Gezien de beperkte bijdrage van de fluctuatie in de bepaling van de GVG kan zonder bezwaar een vereenvoudiging worden toegepast. Vervanging van de fluctuatie door een gemiddelde fluctuatie, d.w.z. door een constante, zal de nauwkeurigheid slechts weinig beïnvloeden. In de vereenvoudigde vergelijking komt dan alleen de GHG als onafhankelijke variabele voor. Na vereffening wordt hiervoor gevonden:

$$GVG = (1,03 \pm 0,02) \text{ GHG} + (27,33 \pm 1,22) \text{ met } r = 0,98.$$

Aangezien de correlatiecoëfficiënt gelijk is gebleven is de nauwkeurigheid door de vereenvoudiging niet verminderd. Uit laatstgenoemde vergelijking kan als vuistregel worden afgeleid dat voor de GVG een niveau van 30 cm beneden de GHG kan worden aangehouden.

6. DE FREQUENTIEVERDELING VAN GRONDWATERSTANDEN

Voor het bepalen van de frequentieverdeling van grondwaterstanden is uitgegaan van de meetgegevens van de stambuizen. In deze buizen is gedurende een aantal jaren de grondwaterstand op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand opgenomen. Volledige ononderbroken waarnemingsreeksen zijn zeldzaam. Gewoonlijk ontbreken in één of meer jaren enkele waarnemingen. Door het grote aantal waarnemingsjaren (10 tot 20) en het buiten beschouwing laten van jaren waarin 4 of meer waarnemingen ontbreken, kan de frequentieverdeling van de grondwaterstanden toch vrij nauwkeurig worden vastgesteld.

Per stambuis zijn de grondwaterstanden in klassen van 10 cm ingedeeld en van elke klasse is de frequentie van voorkomen bepaald. Omrekening in procenten geeft de relatieve frequentie, waaruit door sommering de relatieve cumulatieve frequentie volgt. Tabel 1 geeft beide frequentieverdelingen van de grondwaterstanden in een zestal stambuizen. Tevens zijn van deze buizen de GHG, GVG en GLG aangegeven. De relatieve cumulatieve frequentieverdeling van de grondwaterstanden in elk van deze stambuizen is grafisch weergegeven in figuur 4. Deze toont het percentage van de grondwaterstanden (bovenste horizontale as) ondieper dan het op de verticale as aangegeven niveau. Daarmee ligt tevens het percentage diepere grondwaterstanden vast (onderste horizontale as).

Van de 147 stambuizen zijn in het aanhangsel de diepten opgenomen die met een aantal percentages (percentielen) van de cumulatieve frequentiecurven corresponderen. Een diepte van 85 cm bij 40 % betekent dat gemiddeld per jaar 40 % van de grondwaterstanden ondieper is dan 85 cm - mv. Daar de cumulatieve frequentiecurve van tweemaal per maand gemeten grondwaterstanden een goede benadering is van de op dagwaarnemingen gebaseerde curve (par. 7) geven de percentages ook het gemiddelde aantal dagen per jaar aan (uitgedrukt in %) met grondwater *benen* den boven een bepaald niveau.

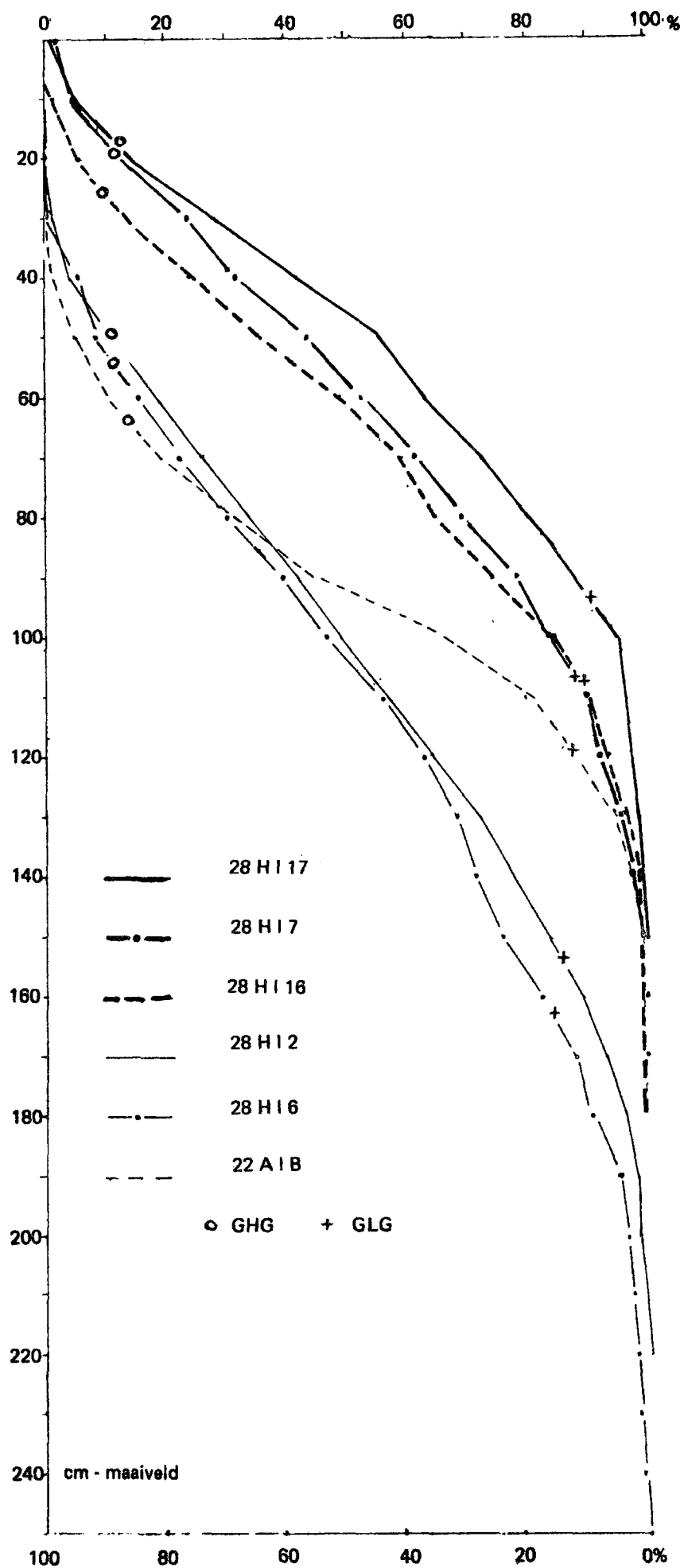


Fig. 4. Relatieve cumulatieve frequentie van grondwaterstanden in 6 stamhuizen. Periode 1951 t/m 1970

Tabel 1 Relatieve frequentie en relatieve cumulatieve frequentie van grondwaterstanden in 6 stambuizen.
Periode 1951 t/m 1970

Grondwater- stand in cm - mv.	Relatieve frequentie in de stambuizen						Relatieve cumulatieve frequentie in de stambuizen					
	28H117	28H17	28H116	28H12	28H16	22A1B	28H117	28H17	28H116	28H12	28H16	22A1B
≤ 0	1,2	2,1					1,2	2,1				
1 - 10	4,0	2,9	1,7				5,2	5,0	1,7			
11 - 20	9,0	8,1	4,4		0,4		14,2	13,1	6,1		0,4	
21 - 30	14,4	10,8	8,1	1,3	0,0	0,2	28,6	23,9	14,2	1,3	0,4	0,2
31 - 40	13,4	7,9	10,0	3,1	5,2	1,3	42,0	31,8	24,2	4,4	5,6	1,5
41 - 50	13,4	11,7	11,7	7,3	3,1	3,5	55,4	43,5	35,9	11,7	8,7	5,0
51 - 60	8,1	9,2	13,3	7,5	7,1	5,6	63,5	52,7	49,2	19,2	15,8	10,6
61 - 70	9,6	8,6	10,0	7,5	6,5	8,7	73,1	61,3	59,2	26,7	22,3	19,3
71 - 80	7,1	7,9	5,6	7,9	8,3	12,3	80,2	69,2	64,8	34,6	30,6	31,6
81 - 90	8,7	9,0	9,4	8,3	9,2	18,1	88,9	78,2	74,2	42,9	39,8	49,7
91 - 100	6,5	5,2	9,6	6,5	7,3	16,3	95,4	83,4	83,8	49,4	47,1	66,0
101 - 110	1,2	6,4	6,0	7,9	9,6	14,8	96,6	89,8	89,8	57,3	56,7	80,8
111 - 120	1,0	2,1	3,8	7,5	6,5	7,7	97,6	91,9	93,6	64,8	63,2	88,5
121 - 130	1,0	3,3	2,5	7,9	5,2	5,8	98,6	95,2	96,1	72,7	68,4	94,3
131 - 140	1,0	2,3	2,3	5,4	3,3	2,9	99,6	97,5	98,4	78,1	71,7	97,2
141 - 150	0,4	1,9	0,8	5,8	4,2	1,7	100,0	99,4	99,2	83,9	75,9	98,9
151 - 160		0,6	0,6	5,6	6,7	0,2		100,0	99,8	89,5	82,6	99,1
161 - 170			0,2	4,0	5,4	0,6			100,0	93,5	88,0	99,7
171 - 180				3,5	2,7	0,2				97,0	90,7	99,9
181 - 190				1,5	4,4					98,5	95,1	
191 - 200				0,0	1,4					98,5	96,5	
201 - 210				1,3	1,0					99,8	97,5	
211 - 220				0,2	0,8					100,0	98,3	
221 - 230					0,2						98,5	
231 - 240					0,7						99,2	
241 - 250					0,7						99,9	
GHG	17	19	26	99	53	63						
GVG	35	38	49	79	85	85						
GLG	94	108	107	154	163	119						

7. MEETFREQUENTIE EN FREQUENTIEVERDELING VAN GRONDWATERSTANDEN

Elke meting van de grondwaterstand is een momentopname. Tussen twee metingen op verschillende data zal het grondwater veelal een andere stand hebben. In gronden met een sterk fluctuerende grondwaterstand, treden zelfs binnen één dag veranderingen op.

Voor het bepalen van de frequentieverdeling van grondwaterstanden zijn we aangewezen op stambuizen waarin over een aantal jaren de grondwaterstand met intervallen van ca. 15 dagen is gemeten. Meetpunten met continue registratie zijn nauwelijks beschikbaar en ook dagelijkse waarnemingsreeksen zijn nog slechts van enkele buizen bekend. De vraag kan worden gesteld of de gegevens van de stambuizen representatief zijn. Ter beantwoording van deze vraag is van een buis met dagelijkse metingen de relatieve cumulatieve frequentieverdeling van grondwaterstanden op de 14e en 28e vergeleken met die van dagwaarnemingen. De vergelijking is uitgevoerd voor buis 34Dlb bij Borculo¹⁾ (laarpodzolgrond in leemarm matig fijn dekzand, code cHn21). Zij heeft betrekking op een periode van 4 jaar.

Figuur 5 t/m d geeft de verdeling over de afzonderlijke jaren. De curven (getrokken lijnen in fig. 5) die zijn gebaseerd op 24 regelmatig over het jaar verspreide waarnemingen (elke waarneming komt overeen met $\frac{100}{24} = 4,2 \%$), vertonen al een redelijke overeenstemming met de uit dagwaarnemingen afgeleide jaarcurven (onderbroken lijnen). Verlenging van de meetperiode doet de overeenstemming toenemen (fig. 5e t/m g). Voor buis 34Dlb vallen beide curven over een meetperiode van 4 jaar grotendeels samen (fig. 5g)

Een soortgelijke overeenstemming mag voor andere stambuizen worden verwacht. De cumulatieve relatieve frequentieverdeling van tweemaal per maand gedurende minimaal 8 jaar gemeten grondwaterstanden kan dan ook als een goede benadering van de werkelijke verdeling worden beschouwd.

¹⁾

De hieraan verbonden werkzaamheden zijn verricht door J. Hiskens, student aan de Bijzondere Hogere Landbouwschool in Friesland te Leeuwarden.

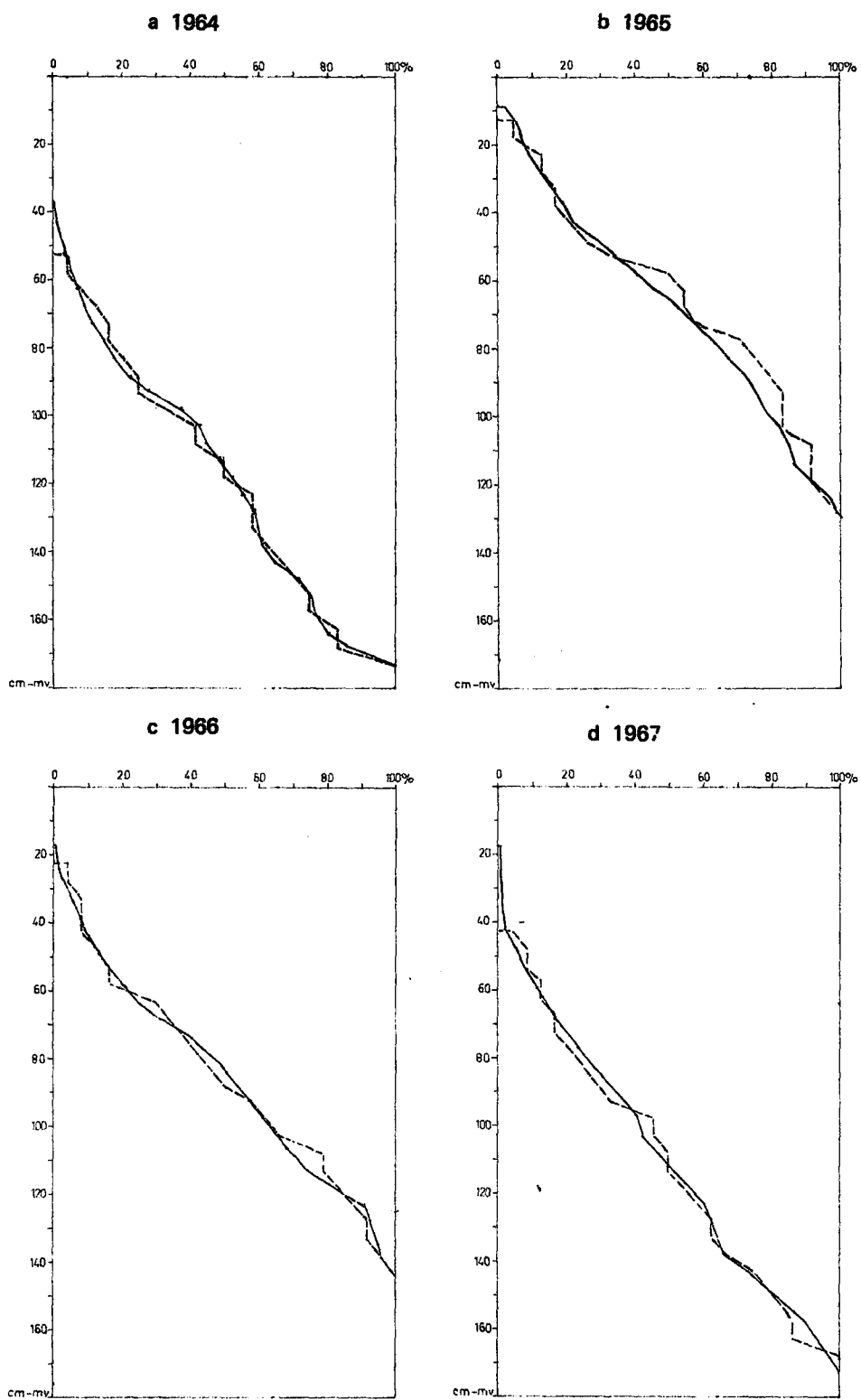
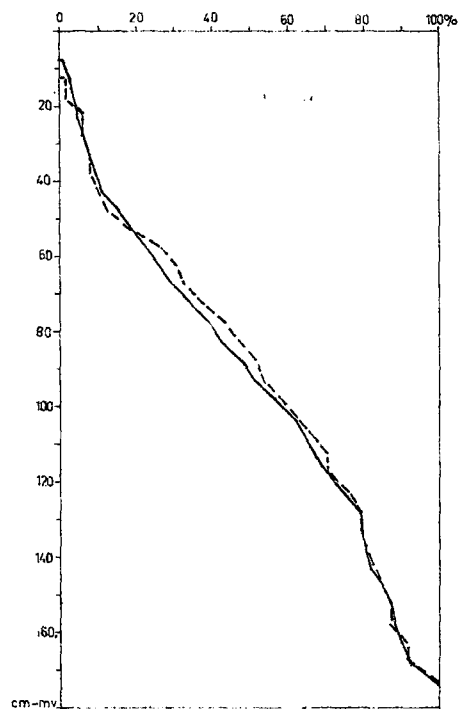
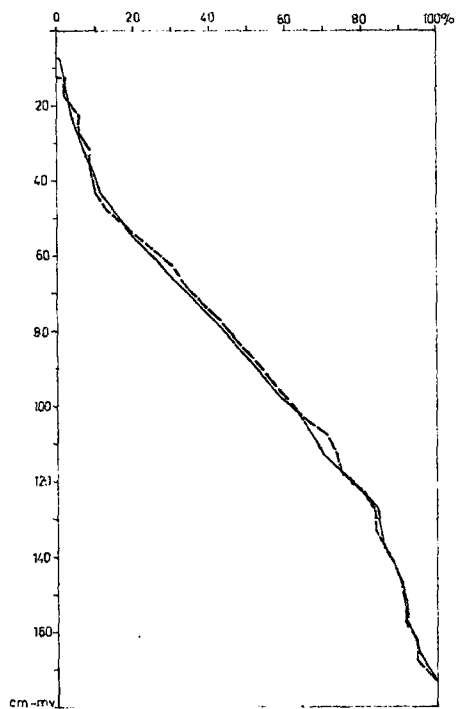


Fig. 5. Relatieve cumulatieve frequentie van grondwaterstanden buis 34 DI b (Borculo)

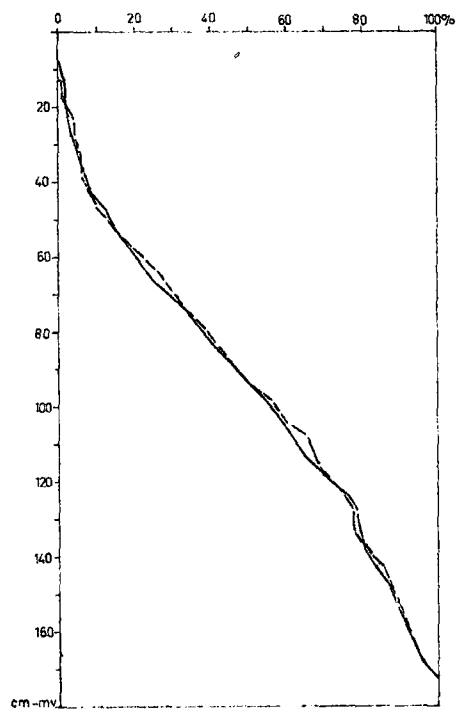
e 1964 t/m 1965



f 1964 t/m 1966



g 1964 t/m 1967



8. GT EN FREQUENTIEVERDELING VAN GRONDWATERSTANDEN

Naarmate de GHG ondieper is treden hoge grondwaterstanden frequenter op. Evenzo komen diepe grondwaterstanden meer voor bij een diepe GLG (tabel 2). De GHG en de GLG zullen samenhangen met de frequentieverdeling van grondwaterstanden.

Tabel 2 Het percentage grondwaterstanden ondieper dan 55 cm in samenhang met de GHG, en dieper dan 150 cm - mv. in samenhang met de GLG

Stambuis	GHG	GLG	Percentage grondwaterstan- in cm-mv. den	
			< 55 cm-mv.	> 150 cm-mv.
52Bli	11		70	
49F18	37		30	
52Ble	88		2	
28H125		93		2
28H122		142		10
52Bla		225		50

In figuur 6a t/m g is het niveau waarboven het grondwater resp. gemiddeld 2, 5, 10, 20, 30, 40 en 50 % van het aantal dagen per jaar stijgt, uitgezet tegen de GHG. Voor elk van deze niveaus blijkt een lineair verband met de GHG te bestaan. Alleen voor GHG ondieper dan 15 à 20 cm is de verandering progressief. Dit betekent dat een grond met een GHG van 10 cm meer dan evenredig natter is dan een grond met een GHG van 20 cm - mv. (zie tabel 3).

De correlatiecoëfficiënten van de regressielijnen voor GHG's dieper dan ca. 20 cm zijn hoog tot zeer hoog. Zelfs voor de 50 %-lijn is de correlatiecoëfficiënt nog + 0,94, hetgeen hoger is dan werd verwacht op grond van de verschillen in fluctuatie tussen de GHG en GLG.

De vergelijkingen van de regressielijnen voor GHG dieper dan ca. 20 cm kunnen worden vervangen door de algemene vergelijking:

$$y = -13 + 0,99P + (0,70 + 0,12 \ln P) \text{ GHG}$$

waarin $\ln P$ de natuurlijke logaritme is van het gemiddelde aantal dagen per jaar (P in % en $2 \leq P \leq 50$) met grondwaterstanden ondieper dan y cm - mv. Met deze vergelijking is het binnen de gegeven grenzen mogelijk voor elke GHG het niveau te bepalen waarboven het grondwater staat gedurende een zeker aantal dagen per jaar. Evenzo is er het aantal dagen mee te bepalen waarop bij een gegeven GHG het grondwater hoger staat dan een gegeven diepte.

Voorbeelden:

- a) Tot welke hoogte stijgt in een zandgrond met een GHG van 50 cm - mv. het grondwater gemiddeld niet meer dan 25 dagen per jaar? Invulling in de vergelijking geeft:

$$y = -13 + 0,99 \times \frac{25}{365} \times 100 + (0,70 + 0,12 \ln(\frac{25}{365} \times 100)) \times 50$$

$$= -13 + 6,8 + (0,70 + 0,23) 50$$

$$= 40 \text{ cm - mv.}$$

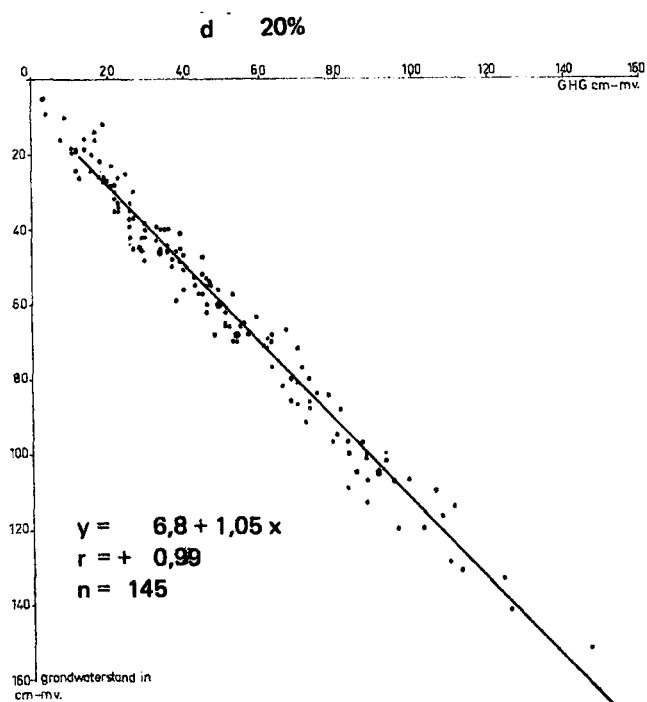
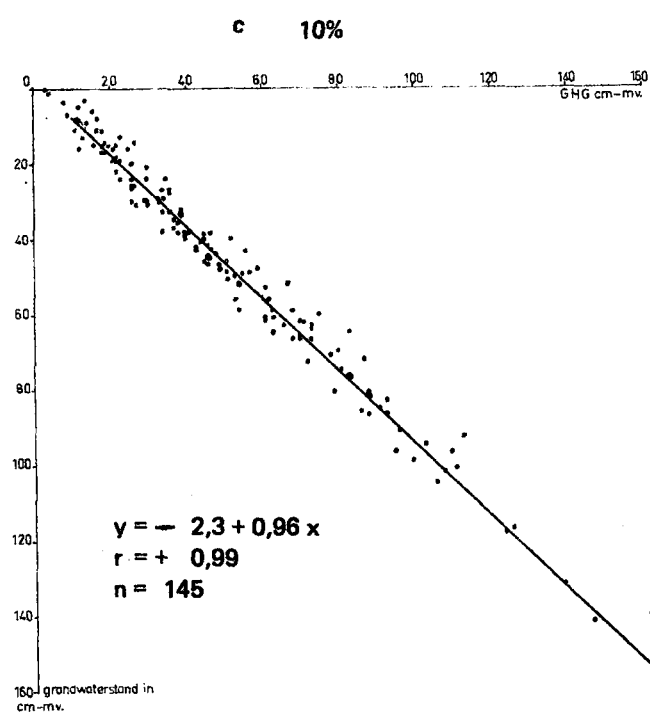
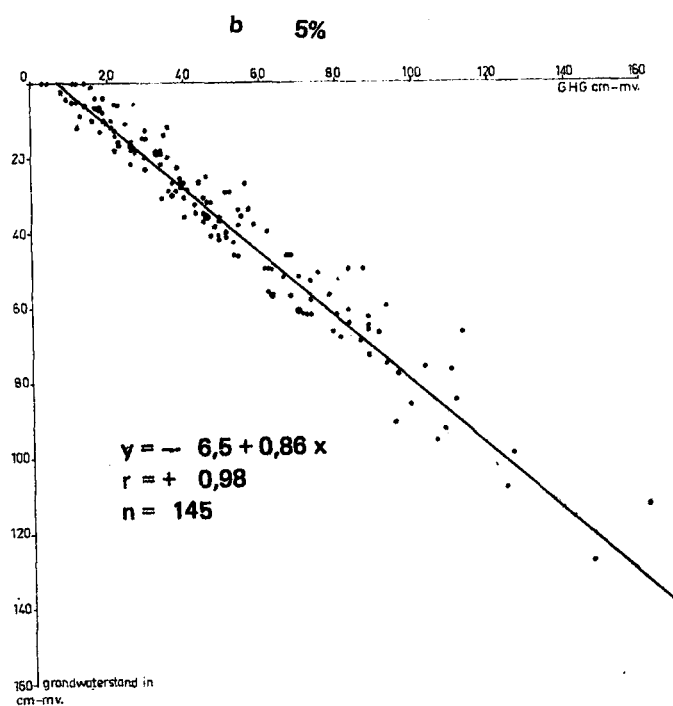
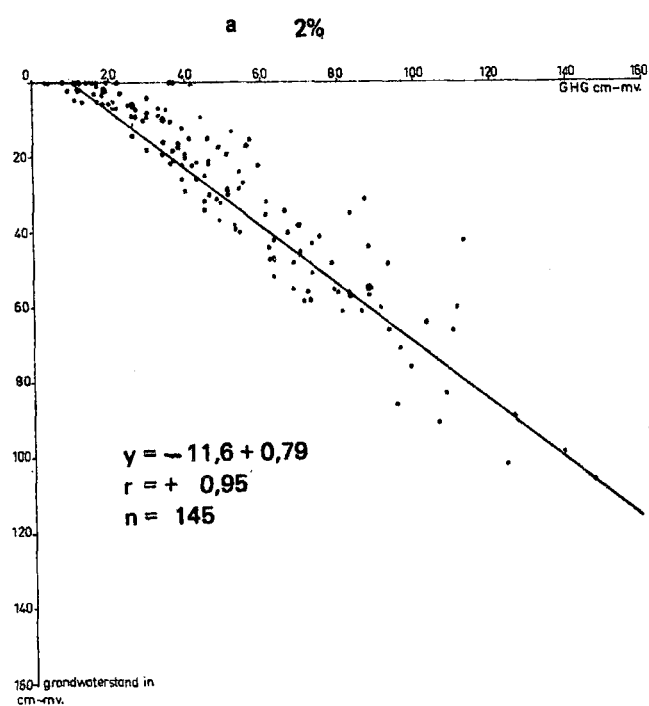
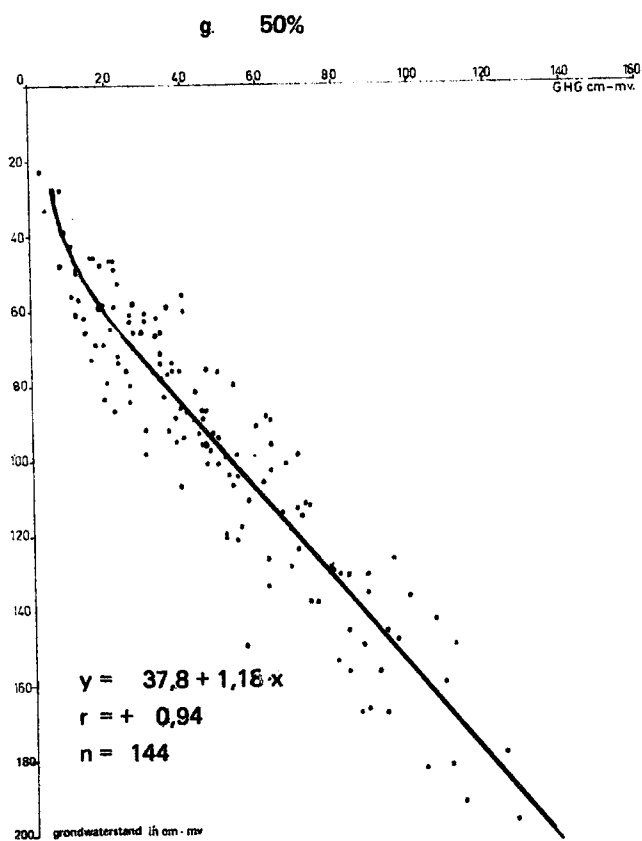
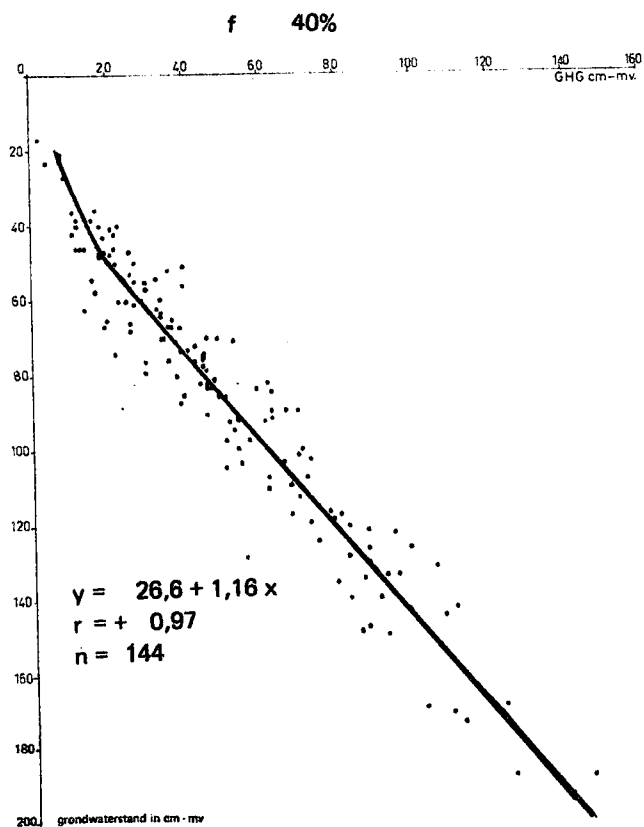
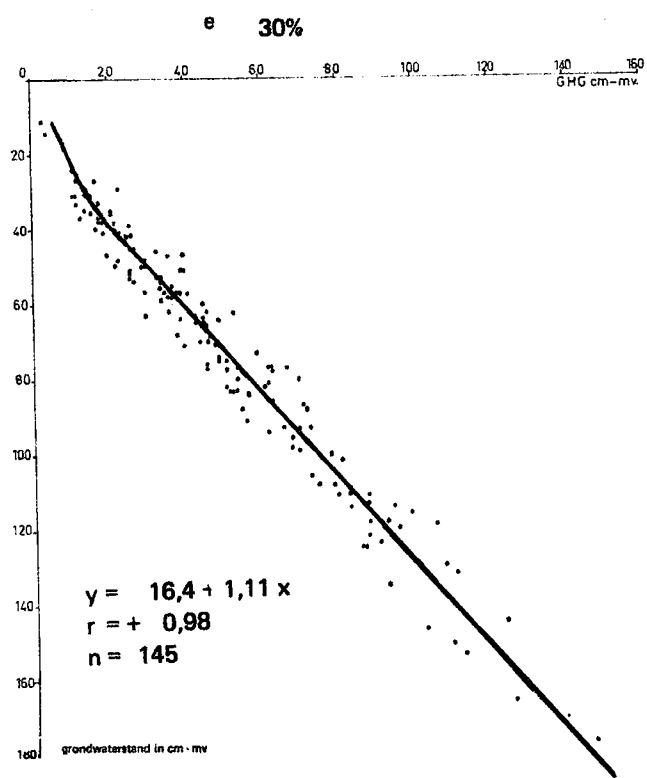


Fig. 6. Het niveau waarboven het grondwater 2, 5, 10, 20, 30, 40 en 50% van het aantal dagen per jaar stijgt in samenhang met de GHG



- b) Hoe vaak komt het grondwater in een zandgrond met een GHG van 40 cm - mv. boven 60 cm - mv.?

We schrijven de vergelijking als:

$$P = \frac{y + 13 - (0,70 + 0,12 \ln P) \text{ GHG}}{0,99}$$

Invulling van $y = 60$ en $\text{GHG} = 40$ geeft:

$$\begin{aligned} P &= \frac{73 - 28 - 4,8 \ln P}{0,99} \\ &= \frac{45 - 4,8 \ln P}{0,99} \end{aligned}$$

waaruit P door iteratie is op te lossen.

Stel het aantal dagen is 100, waardoor $P = 27,40$.

Substitutie van $P = 27,40$ in het rechterlid geeft:

$$\begin{aligned} P &= \frac{45 - 4,8 \ln 27,40}{0,99} \\ &= 29,40 \end{aligned}$$

We herhalen de berekening met $P = 29,40$ en vinden dan:

$$P = 29,06$$

Een volgende herhaling geeft:

$$P = 29,12,$$

en een daarop volgende:

$$P = 29,11,$$

waarmee P voldoende nauwkeurig is bepaald.

Het aantal dagen waarop in deze zandgrond met een GHG van 40 cm - mv. het grondwater ondieper is dan 60 cm - mv. bedraagt dan

$$29,11 \times \frac{365}{100} = 106 \text{ dagen.}$$

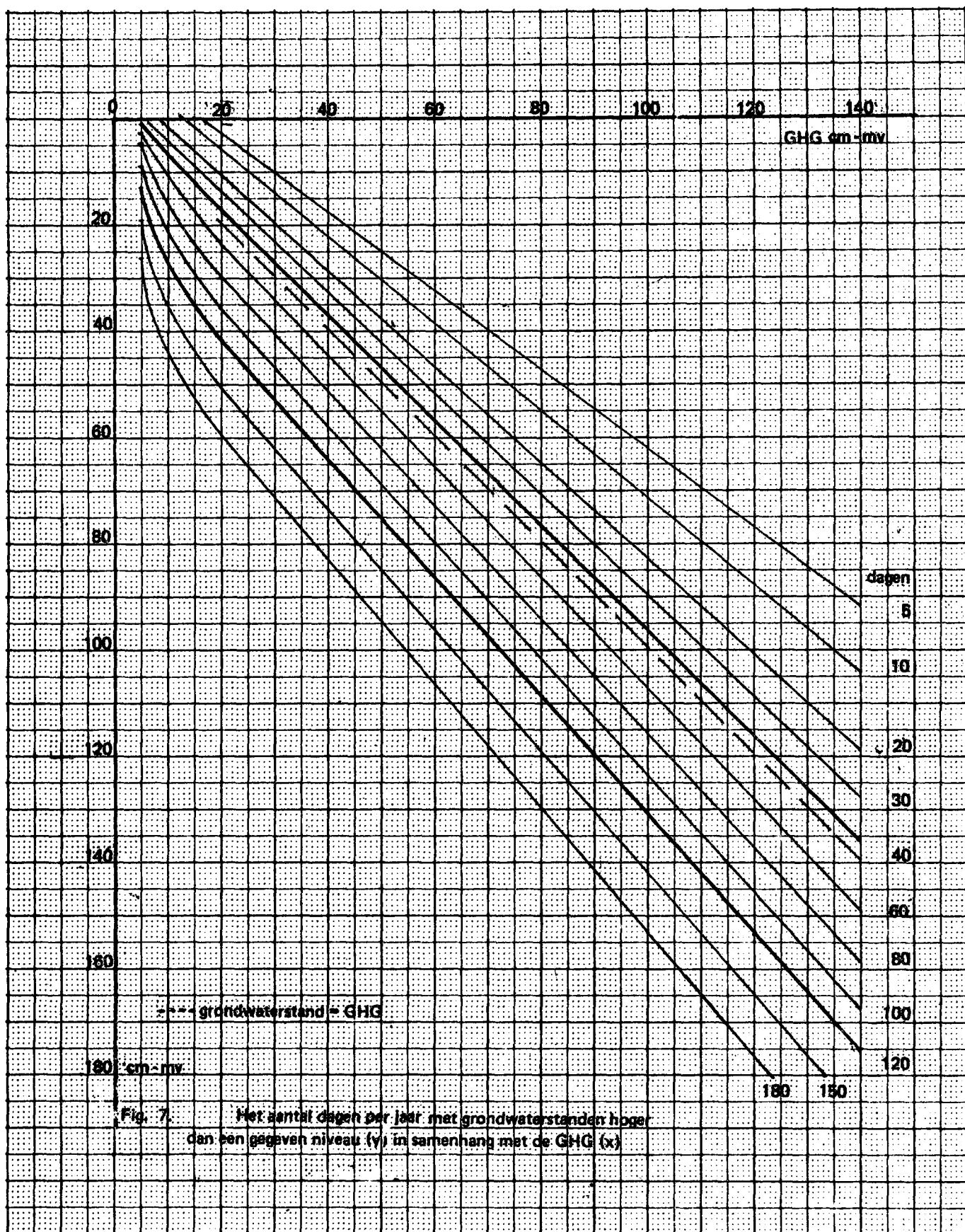
De vergelijking is grafisch weergegeven in figuur 7, waarbij het gedeelte voor GHG's ondieper dan 20 cm uit de figuur 6a t/m g is afgeleid. De (onderbroken) 45°-lijn geeft het aantal dagen per jaar waarop de grondwaterstand ondieper is dan het GHG-niveau. Voor GHG's dieper dan ca. 20 cm blijkt de grondwaterstand gemiddeld 45 dagen per jaar tot boven het GHG-niveau te stijgen. Bij nattere gronden ($\text{GHG} < 20 \text{ cm - mv.}$) neemt dit aantal nog iets toe. Hiermee krijgt de GHG een extra dimensie en wordt beter te begrijpen.

Zowel figuur 7 als tabel 3 laten zien welke verschillen in "natheid" met verschillen in GHG samengaan. In een grond met een GHG van 20 staat het grondwater 45 dagen per jaar hoger dan 20 cm - mv. terwijl dit bij een GHG van 40 cm - mv. (tabel 3) slechts 5 dagen het geval is. Met een GHG van 20 cm correspondeert een GVG van 48 cm (par. 5). Bij een GHG van 20 is de grondwaterstand 110 dagen per jaar ondieper dan 48 cm, terwijl bij een GHG van 40 dit aantal 70 dagen is.

Een soortgelijke bewerking als voor de GHG is voor de GLG toegepast. Hier is de samenhang nagegaan tussen de GLG en het aantal dagen per jaar (in %) met grondwaterstanden beneden een gegeven niveau (fig. 8a t/m g). De diepte van de niveaus waar beneden gedurende een gelijk aantal dagen de grondwaterstand zakt neemt lineair met de GLG toe. De regressie-vergelijkingen voldoen aan de algemene vergelijking.

$$y = -30 + e^{3,888 - 0,057 P} + (e^{0,164 - 0,007 P}) \text{ GLG}$$

waarin P (in % en $2 \leq P \leq 50$) het gemiddelde aantal dagen per jaar met



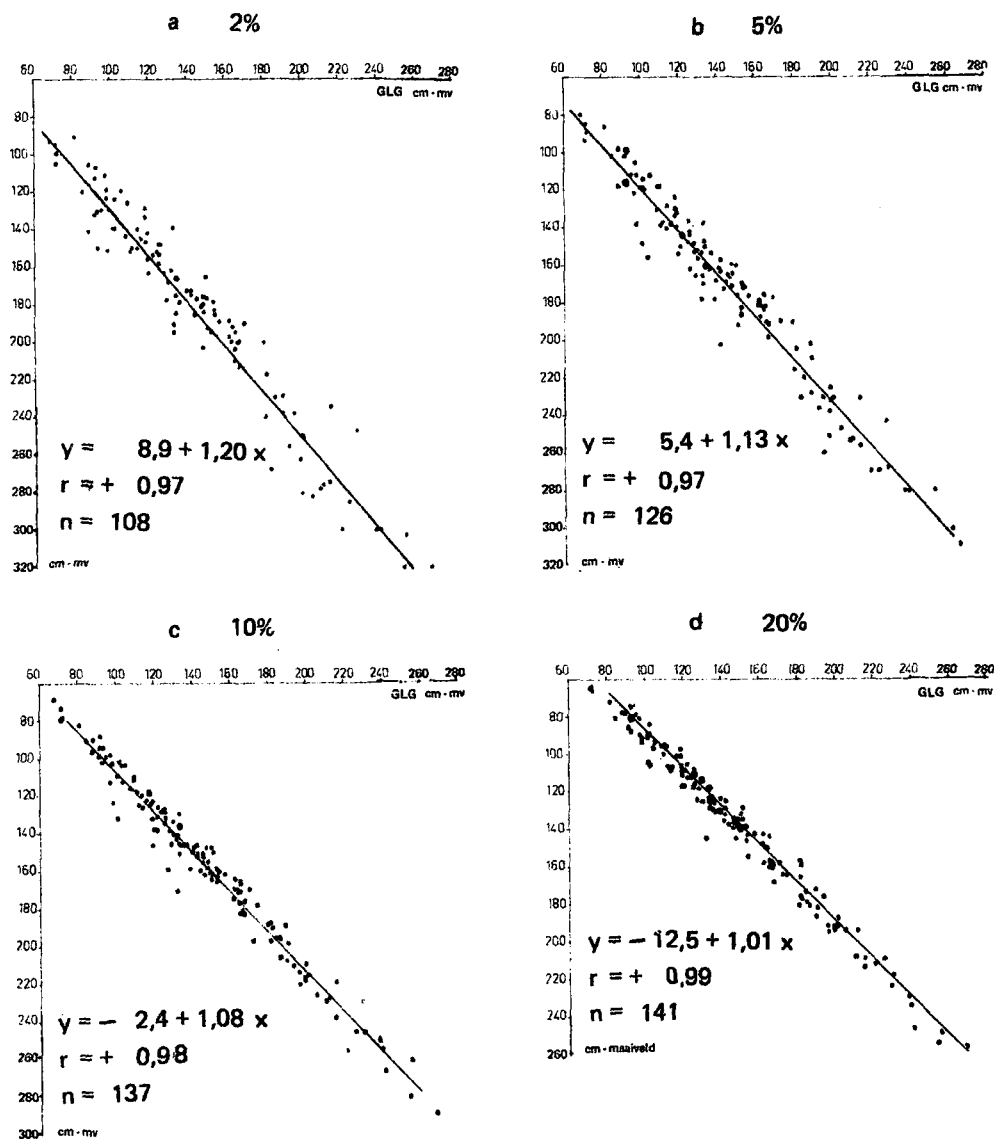
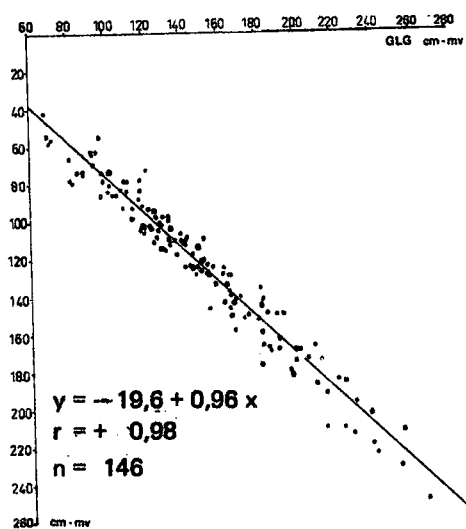
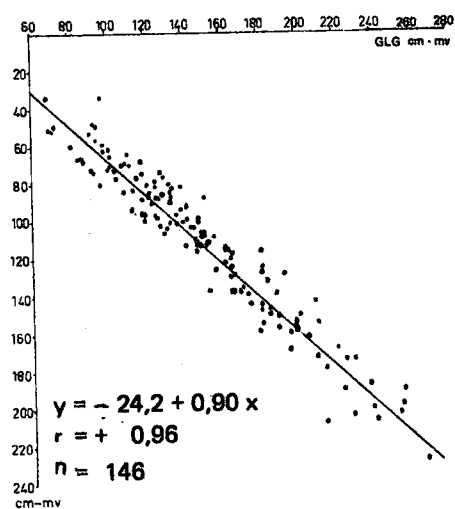


Fig. 8. Het niveau waarbeneden het grondwater 2, 5, 10, 20, 30, 40 en 50% van het aantal dagen per jaar daalt in samenhang met de GLG

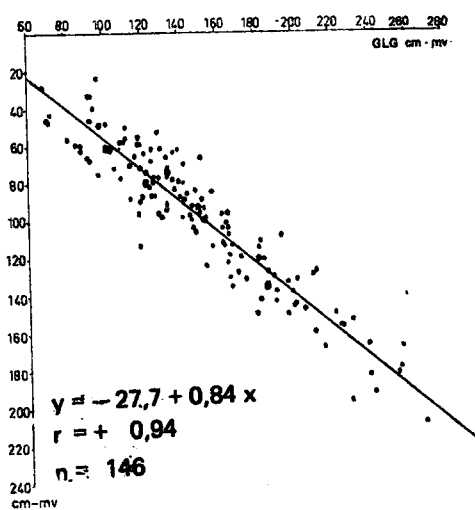
e 30%



f 40%



g 50%



Tabel 3 Het met de GHG corresponderende aantal dagen per jaar met grondwaterstanden boven de aangegeven diepte

Diepte in cm - mv.	GHG in cm - mv.												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
10	55	20	5										
20	100	45	20	5									
30	140	80	45	25	10								
40	175	115	75	45	25	10	5						
50		150	110	75	45	25	15	5					
60		185	145	105	75	45	25	15	10				
70			175	140	105	70	45	30	15	10			
80				170	135	100	70	45	30	15	10	5	
90					165	130	95	70	45	30	20	10	5
100						160	125	95	70	45	30	20	10
110						195	155	120	95	65	45	30	20
120							185	150	120	90	65	45	30
130								180	150	115	90	65	45
140									175	145	115	85	65
150										170	140	110	85
160											170	135	110
170												165	135
180													160

grondwaterstanden dieper dan y cm - mv. is. Met behulp van deze vergelijking is figuur 9 samengesteld. Grondwaterstanden beneden de GLG komen ca. 55 dagen per jaar voor. Het aantal dagen neemt met de diepte iets toe. Bij een GLG van 100 tot 200 stijgt het van 50 tot 60 (fig. 9).

Uit het aantal dagen met grondwaterstanden boven de GHG en beneden de GLG kan worden berekend dat de grondwaterstanden gedurende $365 - 45 - 55 = 265$ dagen of bijna driekwart jaar worden begrensd door het GHG- en GLG-niveau.

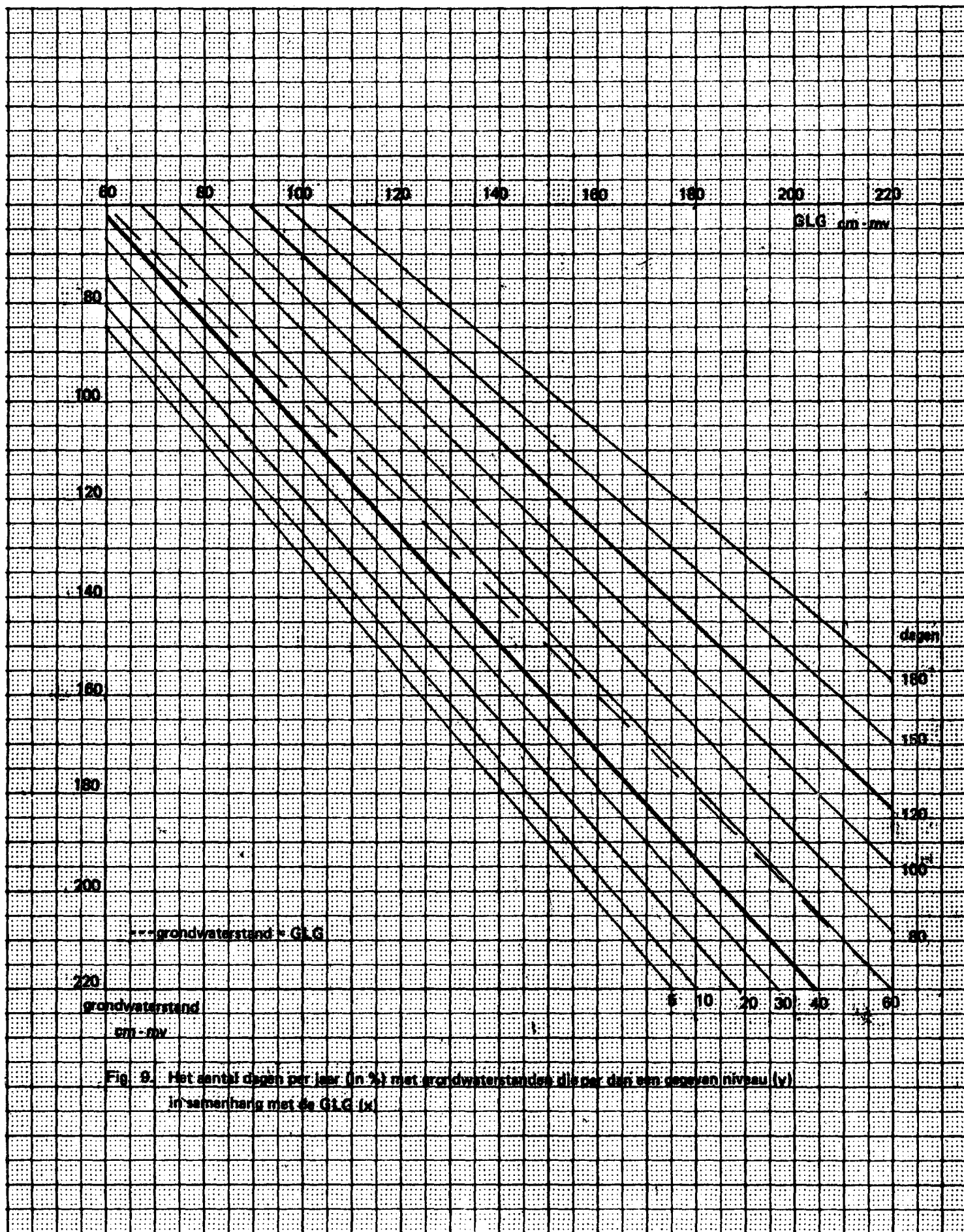


Fig. 9. Het aantal dagen per jaar (in %) met grondwaterstanden dieper dan een gegeven niveau (y) in samenhang met de GLG (x)

9. HET ONTWATERINGSCRITERIUM VOOR BOUWLAND EN DE GHG

Als ontwateringscriterium voor bouwland wordt een minimale ontwatering van 50 cm bij een neerslag = afvoer van 0,7 cm per dag gehanteerd. Bij neerslagintensiteiten groter dan 0,7 cm per dag kan de grondwaterstand tot boven de minimale ontwateringsdiepte stijgen. Wesseling (1969) berekende voor bouwland dat volgens de normen is ontwaterd, welke niveaus door het grondwater met een bepaalde frequentie worden overschreden. Voor een zandgrond, waarvan het bergend vermogen bij een grondwaterstand van 100 cm op 8 à 10 % kan worden gesteld, vond hij dat 15 maal per jaar op grondwaterstanden kan worden gerekend die ondieper zijn dan 70 cm. Volgens een mondelinge mededeling van Wesseling moet op deze diepte nog een correctie worden toegepast voor de intree-weerstand die het grondwater ondervindt bij binnenstromen in de drains. Een reële waarde voor de intree-weerstand is 20 à 25 cm. Hiermee komt in zandbouwland het niveau waarboven 15 maal per jaar de grondwaterstand stijgt op 45 à 50 cm - mv. Met behulp van figuur 7 of met de in de vorige paragraaf gegeven vergelijking kan nu het verband worden gelegd tussen het ontwateringscriterium voor zandbouwland en de GHG. Met

$$P = \frac{15}{365} \times 100 \% = 4,1 \% \text{ en } y = 45 \text{ à } 50 \text{ cm correspondeert een GHG van}$$

63 à 68 cm - mv. Goed ontwaterd zandbouwland heeft dus een GHG van ca. 65 cm of dieper.

De vergelijking is ook gebruikt bij de berekening van de GHG voor goed ontwaterd kleibouwland. Als bergingscoëfficiënt kan voor een kleigrond 5 % worden genomen (Wesseling, 1957, tabel 18). In een dergelijke grond die volgens de drainagenormen voor bouwland is ontwaterd, stijgt de grondwaterstand 15 keer per jaar tot boven 46 cm - mv. Uitgaande van eenzelfde verband tussen de GHG en de frequentieverdeling van grondwaterstanden in kleigrond als in zandgrond, vinden we als GHG 63 cm - mv. Eerder vond Wesseling (1957, tabel 16) in een kleibouwlandperceel met een zeer goed functionerende drainage, dat de grondwaterstand in de periode van 10 oktober tot 16 februari niet meer dan 4 dagen ondieper dan 50 cm en niet meer dan 17 dagen ondieper dan 70 cm - mv. was. Een GHG van 65 cm - mv. voor goed ontwaterd kleibouwland lijkt dan ook niet een te strenge eis.

Een andere benaderingsmogelijkheid bieden door Sieben (1964) gepubliceerde gegevens. Van een tweetal kavels jonge zavelgrond in de Noordoostpolder noemt Sieben (1964, tabel 10) de frequentie van grondwaterstanden en de oogstdepressie. De uit de frequentie van grondwa-

Tabel 4 De GHG en de oogstdepressie bij jonge zavelgronden in de Noordoostpolder (naar gegevens van Sieben, 1964)

GHG in cm - mv.		Oogstdepressie
		in %
kavel E71	kavel C58	
45	60	0
35	55	ca. 2
20	20	ca. 10 à 15

terstanden afgeleide GHG is met de oogstdepressie weergegeven in tabel 4. Louter op basis van de oogstdepressie lijken deze gronden bij een GHG

van 40 à 50 cm voldoende ontwaterd. Bedacht moet evenwel worden dat:

- de opbrengstdepressie alleen betrekking heeft op gevallen waarbij tijdens het kiemingsstadium geen structuurverval (verslemping) door hoge grondwaterstanden is opgetreden (Sieben 1964, blz. 72),
- een indirecte schadelijke invloed van een onvoldoende ontwatering op de opbrengst van deze jonge gronden beperkt is, wegens de grote structuurregeneratie,
- een veiligheidsmarge niet in de gegevens is opgenomen (Sieben 1964, blz. 74).

Rekening houdend met deze factoren zal voor goed ontwaterd kleibouwland al spoedig een GHG van minstens 60 cm - mv. gewenst zijn. De ontwateringsnorm sluit dan goed aan bij de norm die uit gegevens van Wesseling is afgeleid.

10. SAMENVATTING

Van 147 stambuizen, gelegen in zandgebieden, zijn de grondwaterstandsgegevens geanalyseerd met het doel meer inhoud te geven aan de voor velen vrij abstracte begrippen GHG en GLG.

De GHG en GLG worden berekend als het gemiddelde van resp. de hoogste en laagste 3 grondwaterstanden per hydrologisch jaar. Elke grondwaterstand die per hydrologisch jaar extra in de berekening wordt opgenomen, geeft gemiddeld een daling aan het GHG-niveau van 2,5 cm en een stijging van de GLG met 3 cm. Door variatie in weersgesteldheid is voor de over verschillende perioden van 8 jaar berekende GHG en GLG geen constante waarde gevonden. Onder ongunstige omstandigheden kan het verschil t.o.v. een 20-jarig gemiddelde oplopen tot ca. 10 cm (par. 4). Het verdient aanbeveling de periodelengte aan te geven waarover de GHG en GLG zijn berekend, b.v. GHG (15) als de berekening over 15 jaar is uitgevoerd.

De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is sterk aan de GHG gekoppeld en ligt er ca. 30 cm onder. De fluctuatie tussen het GHG- en GLG-niveau heeft slechts een beperkte invloed op de GVG (par. 5).

De relatieve cumulatieve frequentieverdeling van grondwaterstanden gemeten in een dagbuis wijkt nauwelijks af van de verdeling die uit waarnemingen op de 14e en 28e van elke maand wordt verkregen (par. 7).

Er bestaat een duidelijk verband tussen de GHG resp. GLG en het aantal dagen per jaar waarop de grondwaterstand tot boven resp. beneden een bepaald niveau stijgt (daalt). Gemiddeld 45 dagen per jaar mag op grondwaterstanden hoger dan de GHG worden gerekend. Grondwaterstanden dieper dan de GLG treden gemiddeld 50 dagen per jaar op (par. 8).

Voor goed ontwaterd bouwland moet de eis worden gesteld dat de GHG niet ondieper is dan 65 cm - mv. (par. 9).

11. LITERATUUR

- | | | |
|--|------|--|
| Colenbrander, H.J. | 1970 | Waarneming en bewerking van grondwaterstand en bodemvochtgegevens. Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied. Deelrapport 8. Cie. bestudering waterbehoefte Gelderse landbouwgronden. Tweede interimrapport werkgroep I. |
| Heesen, H.C. van | 1971 | De weergave van het grondwaterstandsverloop op bodemkaarten. Boor en Spade 17, pp. 127-149. |
| Heesen, H.C. van en
P. van der Sluijs | 1974 | De vochtleverantie van een grond aan het gewas. Interne Mededeling 29. Stichting voor Bodemkartering. |
| Rijtema, P.E. | 1971 | Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking. ICW nota 587. |
| Sieben, W.H. | 1964 | Het verband tussen ontwatering en opbrengst bij jonge zavelgrond in de Noordoostpolder. Van Zee tot Land no. 40. |
| Sluijs, P. van der, en
Th. van Egmond | 1976 | De grondwatertrappen op de bodemkaart van Nederland. Polytechn. Tijdschr. editie Bouwkunde, Wegen- en Waterbouw, <u>31</u> , 10: 628-633. |
| Wesseling, J. | 1957 | Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden. Versl. landbouwk.onderz. no. 63.5. |
| Wesseling, J. | 1969 | Bergingsfactor en drainagecriteria.ICW Mededeling no. 118. |

AANHANGSELS

I. Inleiding

II. Gegevens van de stambuizen

- a. Veldpodzolgronden
- b. Laarpodzolgronden
- c. Enkeerdgronden
- d. Beekeerdgronden
- e. Gooreerdgronden
- f. Overige zandgronden

I. INLEIDING

De gegevens zijn per subgroep naar toenemende diepte van de GHG gerangschikt.

In de eerste kolom staan de codes waaronder de stambuizen in het archief van grondwaterstanden van de Dienst Grondwaterverkenning TNO te Delft zijn geregistreerd. De code is opgebouwd uit het kaartbladnummer van de topografische kaart, schaal 1 : 25 000 (b.v. 28H) plus volgnummer (b.v. 125).

In de tweede kolom is de puntcode van het bodemprofiel vermeld. Hij bestaat uit een verwijzing naar de subgroep uit het Schema voor Bodemclassificatie dat intern gebruikt wordt binnen de Stichting voor Bodemkartering, (b.v. 2r), waaraan een indicatie over de grofheid van het zand (eerste cijfer achter de letter) en de lemigheid (tweede cijfer achter de letter) is toegevoegd. In geval de lemigheid met de diepte verandert, is deze zowel van de boven-als ondergrond in de vorm van een breuk aangegeven.

In de kolom waarnemingsperiode zijn de hydrologische jaren (april tot en met maart) vermeld waarvan de meetgegevens zijn verwerkt. Het aantal verwerkte jaren staan in de volgende kolom.

De GHG, GVG, GLG en gemiddelde grondwaterstand zijn samen met hun standaardafwijking opgenomen. De standaardafwijking van de GHG en GLG is berekend uit de gemiddelde waarden van resp. de hoogste 3 en de laagste 3 grondwaterstanden per hydrologisch jaar. Zij geeft een aanwijzing over de jaarlijkse fluctuatie van deze gemiddelde waarden. De standaardafwijking van de GVG is berekend uit de grondwaterstanden op of omstreeks 14 april, terwijl die van de gemiddelde grondwaterstand betrekking heeft op alle waarnemingen in de opgegeven meetperiode.

Voor een aantal stambuizen is bij de GLG de standaardafwijking niet aangegeven. Het betreft stambuizen die in een of meer zomers droog vielen. In deze gevallen is de GLG via de relatie met de mediaan van de LG3's (LG3 is het gemiddelde van de laagste 3 grondwaterstanden in een hydrologisch jaar) bepaald (fig. 10). Van deze stambuizen is ook de gemiddelde grondwaterstand uit de mediaan van alle grondwaterstanden afgeleid.

In het rechter gedeelte van de tabel staan de grondwaterstanden bij verschillende percentielen en kwartielen. De grondwaterstand bij het 20e percentiel b.v. correspondeert met het niveau waarboven gemiddeld 20 % van het jaar (73 dagen) de grondwaterstand stijgt, en waar hij 80 % van het jaar (292 dagen) onder blijft. De kwartielen omvatten resp. 25, 50 en 75 % van het jaar. Het 2e kwartiel is tevens de mediaan.

Als voorbeeld worden van een tweetal stambuizen in een veldpodzolgrond verschillende gegevens ontleend aan de tabel.

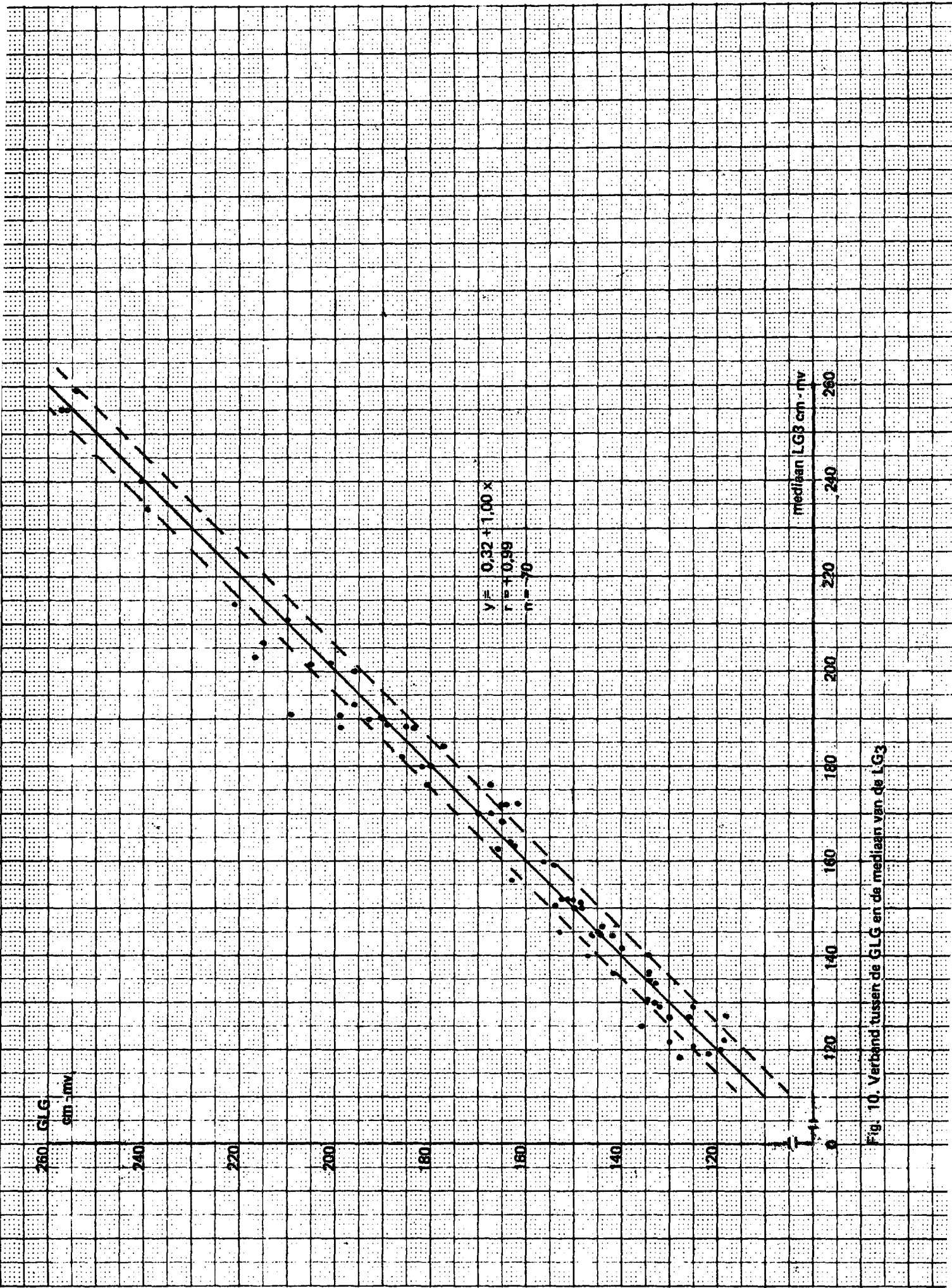


Fig. 10. Verband tussen de GLG en de mediaan van de LG3.

	28G1E	28H1g
GHG	12 cm-mv.	48 cm-mv.
In 70 % van het aantal jaren ligt het gemiddelde van de hoogste 3 standen tussen GHG $\pm$ 1,04 s	4 en 20 cm-mv.	27 en 69 cm-mv.
en in 90 % tussen GHG $\pm$ 1,65 s	0 en 25 cm-mv.	15 en 81 cm-mv.
GVG	39 cm-mv.	75 cm-mv.
In 70 % van het aantal jaren ligt de grondwaterstand op 14 april tussen GVG $\pm$ 1,04 s	16 en 62 cm-mv.	49 en 101 cm-mv.
GLG	98 cm-mv.	148 cm-mv.
In 70 % van het aantal jaren ligt het gemiddelde van laagste 3 grondwaterstanden tussen GLG $\pm$ 1,04 s	62 en 134 cm-mv.	116 en 180 cm-mv.
Gemiddelde grondwaterstand	59 cm-mv.	97 cm-mv.
In 70 % van het aantal jaren ligt de gem. grondwaterstand tussen gemiddelde grondwaterstand $\pm$ 1,04 s	18 en 100 cm-mv.	53 en 141 cm-mv.
10 % van de grondwaterstanden is hoger dan	16 cm-mv.	44 cm-mv.
25 % van de grondwaterstanden is hoger dan	27 cm-mv.	66 cm-mv.
50 % van de grondwaterstanden is hoger dan	49 cm-mv.	93 cm-mv.
25 % van de grondwaterstanden is gelijk aan of dieper dan	78 cm-mv.	122 cm-mv.

II. G E G E V E N S V A N D E S T A M B U I Z E R

- 22 -

a. Veldpodzolgronden

Stambuis	Code	Waarnemingsperiode	Aan- tal jaren	GHG in cm	GVG	GLG	Gem. gws.	Grondwaterstanden in cm - maaiveld voor										kwartielen					
								2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	1e	2e	3e
28H125	2r22	51/62, 64/67, 69/70	18	4+11	23+21	93+31	45+40	0	0	1	9	14	23	33	47	63	80	101	116	150	12	33	71
28H1k	2r23	51/66,	16	11+18	38+28	118+29	61+42	0	0	8	19	31	42	56	67	83	100	123	134	146	24	56	92
28G1E	2r22x	51/64,	14	12+8	39+22	98+35	59+39	7	12	16	24	31	40	49	62	73	93	123	138	151	27	49	78
45D111	2r23	54, 56/58, 60/68	13	14+15	86+37	139	69	0	6	9	18	35	46	62	81	105	123				28	62	112
21H149	2r22	52/61	10	16+21	48+24	119	74	0	1	6	20	36	54	73	88	102	116	145			28	73	110
21F116	2r22	53/55, 57/63	10	18+18	56+30	130+25	68+46	8	13	17	22	37	47	59	76	96	113	133	152	168	28	59	103
28E1c22	2r22x	55/61, 63/65	10	20+19	62+35	139	80	6	11	15	27	47	65	79	94	109	130	158	178		34	79	120
58C131	2r22	54/63	10	23+15	59+46	128+34	69+47	14	16	19	23	29	40	53	74	100	117	138	153	163	26	53	108
28A129	2r23	53/57, 59/62, 66/67	11	23+15	59+28	134+20	77+42	11	17	24	34	48	60	72	86	103	118	135	147	165	42	72	112
52D1ad	2r23	52/63,	12	25+22	52+26	134+30	79+49	6	11	16	25	42	60	76	92	111	128	146	160	185	33	76	118
21F120	2r22	59/61, 63/69	10	26+16	52+20	102+24	64+29	9	17	30	42	51	57	61	66	72	83	101	120	140	46	61	76
28H122	2r23	51, 53/66	15	26+22	60+28	142+30	83+46	6	16	20	37	52	66	80	92	107	125	150	163	175	47	80	117
52B1Gf	2r23	57/66	10	26+11	50+25	133+34	76+48	14	22	27	33	39	47	63	80	97	118	145	165	195	35	63	107
52B1b	2r23	56/65	10	30+22	63+39	153+27	93+52	9	15	21	38	57	79	98	111	122	138	165	182	195	44	98	130
44G119	2r21	53/64	12	30+11	59+14	102+16	65+28	18	23	31	40	48	55	61	70	80	88	103	114	124	45	61	85
22A1F	2r22	52/60, 64/70	16	30+15	62+13	88+12	61+23	8	20	30	42	50	57	63	67	73	78	89	98	106	46	63	76
28A116	2r22	55/67	13	33+22	52+26	101	64	9	19	29	39	46	54	62	72	83	104	131	148		43	62	94
21F1A34	2r22	53/71	19	34+23	53+20	122	80	10	18	27	40	54	64	74	86	101	112	130	143		48	74	106
45G131	2r21	52/67	16	35+22	56+24	137	88	7	14	24	40	57	70	83	101	116	130	146	153		48	83	123
41E114	2r22	53/55, 57/71	18	36+24	66+23	126	78	0	12	27	46	58	67	77	87	97	111	128	161		52	77	103
52D1ah	2r23	52/65	14	36+25	64+31	150	96	11	20	28	44	62	76	92	107	125	141	164			55	92	132
28H124	2r22	53/70	18	37+18	62+31	129+33	83+40	18	27	35	50	58	66	76	85	101	115	145	165	177	55	76	107
28H1b	2r23	51, 53/62	11	38+22	77+34	165+30	104+53	16	23	36	59	68	80	95	119	138	157	170	182	210	63	95	149
52B1w	2r23	57/66	10	39+20	69+34	193+39	110+65	26	27	33	48	64	87	107	127	148	175	210	236	255	56	107	160
45E133	2r21	53/64, 66/67	14	43+15	69+15	124+21	84+33	21	33	42	53	63	72	82	90	102	113	128	148	152	58	82	108
52B1k	2r22	56/65	10	45+17	64+27	120+27	88+34	34	37	46	57	65	75	87	96	105	117	137	154	163	60	87	110
52B1Bay	2r22	55/65	11	45+16	74+29	129	99	32	35	38	47	60	77	96	102	113	126				54	96	119
52B1w673	2r22	52/61, 64/65	12	45+20	81+25	151+31	100+46	25	31	40	52	64	74	89	105	120	134	162	176	194	57	89	127
52E152	2r31	55/64	10	46+14	66+15	97+14	74+19	30	42	47	55	62	70	76	80	86	89	97	105	111	59	76	87
41E17	2r22	53/55, 57/71	18	46+20	77+22	150+21	99+41	21	36	45	62	76	83	96	106	121	139	161	169	177	69	96	131
28H1g	2r22	51/66	16	48+20	75+25	148+31	97+42	31	38	44	58	71	81	93	98	113	134	157	171	202	66	93	122

Veldpodzolgronden (vervolg)

Stammbuis	Code	Waarnemingsperiode	Aan- tal jaren	GHG in cm - maaiveld	GVG	GLG	Gem. gws.	Grondwaterstanden in cm - maaiveld voor										kwartielen					
								percentielen										1e	2e	3e			
				2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	an	1e	2e	3e				
28H12	2r2 $\frac{3}{2}$	51/70	20	49+16	79+26	154+25	102+42	32	41	47	60	75	85	101	113	127	142	160	172	183	66	101	133
41A17	2r22	58/71	14	51+31	89+35	181	121	19	29	46	66	82	104	121	144	158	175				74	121	166
28E119	2r22	53/65	13	51+19	85+26	146	101	30	42	49	65	75	85	99	115	124	138	154	165		72	99	130
28E104	2r22	53/64	12	54+15	90+19	141	101	40	46	59	68	77	91	98	112	123	135	147	161		72	98	130
28H1c	2r2 $\frac{3}{2}$	51/62	12	54+23	86+36	162+26	110+45	28	38	52	68	80	91	104	122	142	157	169	180	197	73	104	148
45H121	2r22	50/59	10	54+31	88+30	165	122	24	34	52	70	83	99	122	137	149	158	182			77	122	156
52E1cm	2r22	54/65	12	55+26	93+42	166+27	115+47	27	36	49	66	88	103	118	129	142	158	180	190	200	76	118	148
52B111	2r22	52/60	9	62+31	102+44	196+40	135+59	32	40	53	72	94	110	134	159	179	193	213	230	238	83	134	188
22B144	2r21	53/63	11	62+15	85+11	114+19	91+24	47	56	62	71	77	82	88	93	97	106	119	128	140	74	88	101
22A1B	2r22	50/69	20	63+17	85+22	119+20	89+23	42	50	59	70	78	84	89	95	102	110	122	132	142	75	89	106
45H131	2r21	53/65	13	66+23	104+21	157	113	34	52	63	82	93	103	114	125	132	142	161	176	189	86	114	136
41E18	2r22	61/71	11	70+23	90+22	163+25	116+38	45	61	67	81	93	101	113	124	134	149	169	187	200	87	113	143
52B1x	2r23	57/66	10	71+14	94+29	181+35	122+49	58	62	67	77	87	99	115	127	144	166	196	215	240	82	115	154
52B1dg	2r22	56/66	11	73+32	108+49	190+42	137+54	43	53	64	86	106	119	138	151	162	186	207	228	238	96	138	172
52B1d1	2r21	56/65	10	73+27	94+36	184+47	128+53	51	58	63	80	93	105	120	131	148	173	195	230	268	87	120	161
52D1Aab	2r22	52/65	14	75+32	105+43	199+50	141+60	41	51	60	84	108	124	138	153	173	192	218	250	304	94	138	182
52B1g	2r22	53/56, 59/71	17	79+17	117+22	165+14	127+34	55	67	81	97	108	118	130	137	145	156	166	175	195	102	130	150
52D1a1	2r23	52/55, 57/65	13	81+24	107+27	201+36	138+51	61	68	75	88	102	117	131	149	168	187	215	230	251	94	131	178
52B1dp	2r22	57/66	10	83+28	115+43	199+42	146+53	56	64	77	97	111	128	146	156	168	192	217	238	262	105	146	179
52A123	2r2 $\frac{2}{1}$	53/69	17	87+44	117+43	196	152	31	50	72	97	125	134	150	168	181	191	220	260		109	150	185
52B1Acw	2r22	56/66	11	91+32	125+48	225+49	159+59	60	67	85	105	124	139	157	173	184	208	246	269	285	112	157	192
52B1v	2r2 $\frac{2}{1}$	57/65	9	93+25	119+34	200+31	148+46	66	75	87	102	118	133	146	157	168	191	209	225	250	113	146	179
52B1bq	2r22	54/65	12	103+38	143+58	239+36	180+61	64	76	95	120	147	169	183	199	218	233	255	280	300	132	133	226
52D1aq	2r23	52/65	14	106+14	125+20	190+26	147+37	91	96	105	110	119	131	143	156	167	181	198	209	228	115	143	175
52B1dr	2r21	56/66	11	108+25	135+43	210+43	163+49	83	93	102	117	130	144	160	172	186	208	229	252	278	123	160	195
52D1ss	2r22	52/65	14	110+41	149+63	254+52	188+66	66	77	97	129	151	170	182	202	230	253	280	300	320	139	182	244
52D1Aaw	2r22	54/65	12	124+23	158+38	255+39	186+53	102	108	118	133	145	168	179	197	211	237	261	279	302	141	179	223
52B1jj	2r23	52/65	14	126+34	164+52	268+38	205+62	89	99	117	142	166	187	209	227	248	266	288	308	320	154	209	258
52E1cm	2r22	55/65	11	147+28	174+34	229+14	191+34	106	128	142	162	177	187	197	203	213	222	229	242	247	170	197	217

b. Laarpodzolgronden

Stambuis	Code	Waarnemingsperiode	Aan- tal jaren	GHG in cm - maaiveld	GVG	GLG	Gem. gws.	Grondwaterstanden in cm - maaiveld voor										kwartielen					
								percentielen										1e	2e	3e			
								2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98			
45G11	2q22	53/62	10	17+16	56+27	125+29	69+42	1	4	8	24	45	57	69	78	93	107	126	136	154	36	69	108
22A119	2q2 ² ₃	53/66, 68/71	17	22+13	47+18	71+16	47+21	7	14	19	28	40	46	47	51	54	63	73	85	93	33	47	58
41E13	2q22	53/55, 58/71	17	34+11	59+13	151	74	16	31	38	46	53	59	66	86	108	128	149	192		50	66	118
45G124	2q22	53/57, 59/61, 63,65	10	39+16	62+20	127	79	22	28	33	41	51	67	76	87	103	123	158			46	76	114
28H1n	2q23	51/62, 64/65	14	43+17	67+27	142+25	94+40	26	35	43	55	65	76	89	98	113	132	146	157	172	60	89	122
28C1o7c	2q2 ² ₁	56/72	17	46+30	83+24	162	99	15	25	38	54	70	82	96	113	127	142	164	181		62	96	133
57F12	2q22	50/66, 68/69	19	49+25	78+27	132+24	94+36	17	37	44	60	74	84	94	103	114	125	143	153	162	66	94	120
45C111	2q21	53/62, 63/65	13	67+19	92+25	153	100	40	46	52	67	77	89	101	113	127	138	158	186		71	101	136
44H144	2q21	53/62	10	99+21	131+32	185	138	76	86	100	107	116	126	137	149	167	178	195			110	137	176

c. Enkeerdgronden

Stambuis	Code	Waarnemingsperiode	Aan- tal jaren	GHG in cm	GVG	GLG	Gem. gws.	Grondwaterstanden in cm - maaiveld																
								percentielen										kwartielen						
								2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	1e	2e	3e	
52B11	4s23	52/59, 64/65	10	11+12	37+14	72+20	43+26	0	5	11	18	24	36	43	49	55	63	77	89	99	22	43	59	
28E1D	4s22	51/65	15	18+14	47+24	119+26	66+42	6	7	11	24	38	48	59	73	90	106	131	139	155	32	59	97	
28H17	4s23	51/70	20	19+14	38+26	108+24	62+37	0	10	17	27	38	47	58	69	82	95	115	130	143	32	58	88	
55D111	4s23	60/70	11	21+14	35+22	71+20	48+23	5	12	19	28	35	41	47	52	57	64	79	94	105	31	47	61	
52C110	4s22	50/61, 63/64	14	21+15	46+26	121	68	7	10	16	23	36	47	65	80	92	108	137	150	29	65	99		
44C119	4s23	59/56, 58, 60/61	10	26+15	75+39	148	89	6	17	24	39	53	68	84	100	113	134	148	160	185	47	84	124	
49F18	4s22	53/55, 58/65, 67/69	13	37+12	59+24	134+24	84+40	21	30	37	48	55	65	74	89	109	125	140	160	175	50	74	113	
49B18C	4s23	54/58, 61/71	16	40+17	66+26	150+17	96+41	19	27	40	56	71	85	94	107	119	132	147	160	165	65	94	127	
28H145	4s22	51/70	20	44+20	71+30	153	96	9	27	41	57	70	82	93	110	126	145				63	93	134	
28H127	4s23	53/66	14	46+24	75+29	164+33	104+46	22	32	45	60	77	90	101	115	127	149	170	182	192	69	101	135	
45A129	4s22	53/61, 63/68	15	49+9	78+16	109+14	79+24	37	42	48	56	64	70	77	84	92	99	111	118	126	59	77	96	
41B2622	4s22	53/55, 57/65	12	52+32	76+33	147+24	102+44	13	29	40	66	83	92	104	112	127	144	161	166	181	74	104	134	
28H16	4s23	51/70	20	53+20	85+27	163+36	109	38	43	56	70	83	94	107	117	136	159	176	183	204	78	107	150	
49F13	4s23	53/67, 69	16	63+11	79+20	165	105	52	57	61	68	77	89	103	117	127	143	164			71	103	135	
52C129	4s22	50/62	13	68+31	97+41	186+34	131+53	38	46	59	80	96	117	129	147	169	180	205	219	229	90	129	176	
28A156	4s23	55/62, 66/69	12	58+20	102+27	172	121	45	57	67	86	98	109	119	134	151	163	196			93	119	157	
52B1u	4s23	56/66	11	80+30	118+46	230	154	56	62	70	95	111	135	154	173	196	216	246	267		101	154	205	
52C111	4s23	58/71	13	83+35	126+58	224	157	35	50	65	100	114	139	157	190	210					111	157	220	
45C122	4s23	54/55, 58/62, 65/67	10	86+25	123+25	256	168	61	69	86	105	125	148	168	190						117	168		
44D121	4s22	53/69	17	88+28	116+27	174	132	57	73	87	100	111	121	131	138	148	163	178	189		107	131	155	
52B1e	4s23	52/65	14	88+28	127+27	182+25	140+41	55	66	82	101	118	130	142	153	165	175	190	204	217	109	142	171	
52B1Abu	4s23	55/66	12	88+34	125+52	238	165	55	63	81	107	122	147	167	186	202	228	250			116	167	218	
44C119	4s23	62/71	10	95+7	117+16	170	128	86	91	97	107	114	122	127	135	141	157	169	177	190	111	127	151	
44D135	4s22	53/58, 65/72	14	111+37	142+34	180+15	147+35	60	85	101	114	132	142	150	158	171	180	187	190	200	123	150	177	
52B1Ag	4s23	56/66	11	113+44	147+61	241	192	42	67	93	131	154	173	192	205	224	245	265	280	300	142	192	234	
52D1Bk	4s22	54/65	12	209+49	258+65	> 350	295	157	176	200	228	253	278	295	315	331	347	368			241	295	341	
52C130	4s22	50/51, 53/67	17	162+45	179+16	> 260		93	113	140	170													

d. Beekeerdgronden

Stambuls	Code	Waarnemingsperiode	Aan- tal jaren	GHG in cm - maaiveld	GVG	GLG	Gem. gws.	Grondwaterstanden in cm - maaiveld voor															kwartielen		
								percentielen			2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	1e	2e
45G133	4k43	61/71	11	3+6	16+24	97+31	40+40	0	0	0	0	5	11	17	23	33	54	80	112	121	123	7	23	67	
41E116	4k22	53/55, 60/71	15	9+5	25+17	95+25	46+36	2	4	7	10	17	27	39	49	62	78	98	112	129	14	39	72		
44H152	4k24	51/55, 58/64	12	12+14	34+24	125+24	67+47	0	0	5	19	33	46	62	81	94	111	127	147	158	27	62	102		
34D120	R4k2 ² ₃	53/54, 59/65, 68/70	13	18+11	38+16	101+25	56+35	3	7	15	26	33	40	48	61	73	90	106	118	139	30	48	83		
41B11940	4k2 ³ ₂	50/55, 57/64	14	23+16	49+21	134+24	70+46	3	6	13	26	41	53	74	89	103	123	136	150	166	32	74	109		
28H116	4k2 ³ ₂	51/70	20	26+14	49+24	107+21	63	11	18	26	35	45	53	61	73	85	96	112	155		40	61	92		
45D12	4k22	53/54, 58/72	17	27+24	52+24	110	63	0	6	14	30	42	50	58	68	77	95	109	118	152	35	58	83		
45G115	4k22	53, 57/71	16	27+17	57+18	114+21	75+35	9	19	31	45	54	61	70	83	92	108	125	140	150	50	70	99		
45F121	4k23	53/69	17	27+17	49+20	116	68	7	18	26	37	45	55	66	77	87	101	122	138	145	40	66	94		
22E119	4k2 ³ ₂	53/61, 64/67	13	29+17	54+13	91+18	65+27	10	15	29	42	50	60	66	72	77	85	98	117	132	46	66	80		
52Ect	4k23	55/65	11	33+19	55+28	92+11	65+24	7	19	30	43	53	62	67	73	79	86	94	99	106	48	67	82		
21G1C	4k2 ³ ₁	53/69	17	34+14	69+14	105+15	70+27	19	22	29	45	56	63	72	77	85	93	103	112	119	52	72	89		
45G134	4k23	61/71	11	36+7	55+12	118+22	67+31	22	29	33	40	47	52	59	67	77	96	117	130	133	43	59	83		
49E113	4k2 ³ ₂	53/72	20	38+14	66+28	181	93	17	29	38	46	57	71	89	116	135	156				51	89	143		
45G132	4k23	61/71	11	41+18	67+25	125+31	83+36	15	29	38	50	57	73	87	98	110	117	133	143	148	54	87	114		
52B1A1	4k23	56/65	10	56+37	109+72	221+47	148+76	17	27	43	65	91	128	150	167	183	210	256	269	280	79	150	193		
52Bk	4k23	52/61	10	61+25	97+23	148+23	125+36	35	50	61	71	82	92	106	113	124	138	155	163	180	77	106	129		
52Bct	4k23	56/66	11	62+21	94+39	211+39	135+65	44	50	56	69	81	107	127	154	173	193	228	252	276	74	127	182		
45G131	4k21	61/71	11	63+12	87+15	118+8	94+20	47	57	65	77	86	91	96	99	104	109	117	123	128	82	96	107		
45F124	4k23	53/64	12	70+27	104+26	154+17	120+37	38	52	66	87	99	112	124	136	146	154	163	170	179	93	124	151		

e. Gooreerdgronden

Stambuis	Code	Waarnemingsperiode	Aan- tal in cm - jaren	GHG	GVG	GzG	Gem. gws.	Grondwaterstanden in cm - maaiveld voor															kwartielen		
								percentielen																	
								2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	1e	2e	3e		
45D112	4123	53/71	19	12+9	37+20	111+28	58+42	2	5	8	18	27	38	50	63	77	95	117	139	149	23	50	84		
28A123	412 ⁴ ₃	53/64	12	13+13	41+26	112+27	63+39	5	9	13	26	37	46	57	69	83	106	124	137	144	31	54	95		
52DLAax	412 ³ ₂	54/65	12	14+22	51+37	133+40	72+54	0	0	3	16	31	52	66	83	97	123	150	170	190	24	66	113		
28H117	4122	51/70	20	17+12	35+20	94+21	51+30	3	10	15	24	31	38	46	56	68	80	93	100	130	27	46	74		
41E113	4122	53/55, 60/70	14	17+6	42+14	92+15	48+29	5	7	11	16	27	36	46	53	62	74	87	102	112	24	46	67		
57F115	412 ⁴ ₃	53/70	18	19+18	53+32	156	83	2	8	14	26	41	67	84	108	123	144	170	178		32	84	135		
44H157	c4123	53/64	12	19+16	42+32	142	73	2	4	7	12	18	43	69	91	108	128	152	202		14	69	122		
22E133c	412 ³ ₄	53/54, 56/61, 63/67	13	22+14	45+17	85+16	59+27	14	18	22	32	41	50	59	66	73	80	90	102	120	37	59	76		
22G119	4122	53/63	11	22+12	46+19	98+21	57+32	11	13	18	30	38	42	49	58	77	90	102	112	119	33	49	83		
52EAas	4123	55/66	12	22+22	62+36	140+24	84+49	0	6	15	35	50	74	87	100	111	129	149	168	174	42	87	120		
52EBas	4123	55/65	11	30+22	69+36	145	96	4	13	24	48	63	76	92	103	116	133	150			57	92	123		
41B14	412 ³ ₂	53/55, 57/70	17	34+23	72+19	136+27	86+43	10	19	33	46	59	70	78	96	109	125	145	162	179	53	78	117		
52D1b	4123	52/61	10	39+26	69+36	144+31	92+48	12	24	32	45	57	73	86	103	122	137	159	173	185	50	86	130		
52ECv	4123	55/65	11	46+15	69+19	126+13	87+33	29	36	42	53	66	78	87	97	107	115	131	142	148	61	87	111		
52D1m	4123	52/62	11	47+25	78+29	145+26	97+42	22	32	43	55	68	83	97	109	123	136	152	168	176	60	97	128		
52B1cv	4123	57/66	10	51+23	82+35	181	121	28	40	51	62	77	97	120	145	177					73	120	187		
52D1ch	4123	55/65	11	53+12	75+15	122+26	84+30	39	46	50	57	62	71	80	84	93	105	125	144	153	60	80	99		
51C116	c4122	53/65	13	57+29	90+35	182	112	15	34	49	68	84	97	111	123	140	159	187			77	111	149		
45C117	4122	53/55, 59/70	15	59+18	84+17	133+13	90+30	22	38	48	63	73	83	91	100	108	117	129	137	139	69	91	113		
52E56k	4132	52/64	13	70+14	83+15	130+24	101+29	56	61	67	72	80	89	98	106	113	124	140	156	167	76	98	118		
53C110	c4123	53/70	18	78+22	104+40	209	131	48	57	71	84	100	116	129	142	165					92	129	170		

f. Overige zandgronden

Stambuis	Code	Waarnemingsperiode	Aan- tal jaren	CHG in cm - maaiveld	GVG	GLG	Gem. gws.	Grondwaterstanden in cm - -maaiveld voor															kwartielen		
								percentielen															1e	2e	3e
								2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98					
44C118	2n22	50/68	19	8+8	27+14	68+15	32+24	0	2	4	9	16	21	28	33	42	53	67	80	93	13	28	46		
45B1842	X5K21	53/61, 63	10	40+14	67+13	81+11	57+17	20	31	38	42	47	51	56	59	65	72	81	86	91	44	56	67		
52B1de	4d2 ³ / ₂	57/66	10	40+10	56+11	88+24	64+22	29	36	39	47	51	56	60	67	72	77	95	118	141	48	60	74		
44C15	4w22	53/54, 58/70	15	72+13	106+15	162+33	116+35	56	63	73	84	97	107	112	114	123	147	168	181	188	91	112	137		
52D1a1	2m22	52/65	14	73+16	95+20	167+28	119+42	58	62	67	78	88	102	113	127	141	160	175	198	212	82	113	150		
28D1C	4v21	51/59, 61/62	11	83+27	113+19	189	133	57	61	77	91	109	120	131	138	148	172	188	201		100	131	158		
52B1g	5K22	52/65	14	88+32	118+29	167+28	133+38	44	65	82	100	113	126	136	143	157	167	181	191	199	108	136	162		
52B1c	5K2 ² / ₃	56/66	11	93+39	124+55	215+31	162+55	48	60	83	114	135	149	168	178	191	208	237	255	275	124	168	200		
52B1dk	5K21	56/66	11	96+23	121+39	205+42	153+51	71	78	91	109	120	133	148	161	172	193	225	246	282	117	148	183		
52B3267	2123	53/58, 60/66	13	179+21	198+21	215+12	200+19	149	161	173	184	192	200	204	207	209	213	219	230	235	188	204	211		