

NN31545.0501

NOTA 501

6 februari 1969

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

**RAPPORT OMTRENT DE WATERHUISHOUDING VAN
DE 'LOOFLES', EEN RECREATIEPLAN IN
DE BOSWACHTERIJ KOOTWIJK**

T. Couwenhoven

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

I 5N-231007-02

1. The first part of the report deals with the general situation of the country.

REPORT ON THE WORK OF THE DEPARTMENT OF AGRICULTURE

FOR THE YEAR 1954

BY THE SECRETARY OF AGRICULTURE

1955

The first part of the report deals with the general situation of the country.

The second part of the report deals with the general situation of the country.

The third part of the report deals with the general situation of the country.

The fourth part of the report deals with the general situation of the country.

The fifth part of the report deals with the general situation of the country.

The sixth part of the report deals with the general situation of the country.

The seventh part of the report deals with the general situation of the country.

The eighth part of the report deals with the general situation of the country.

The ninth part of the report deals with the general situation of the country.

The tenth part of the report deals with the general situation of the country.

INHOUD

1. INLEIDING	blz. 1
2. PROBLEEMSTELLING	3
3. BEREKENING VAN HET PEILVERLOOP TER PLAATSE VAN DE LOOFLES IN DE PERIODE VOOR 1966	3
4. CONCLUSIE	6
5. TOESTROMING NAAR DE PLAS INDIEN HET PEIL HIERVAN WORDT VERLAAGD	9
6. NEERSLAG EN AFVOER	15
7. CONCLUSIES OMTRENT DE AFVOER	17
8. INRICHTING VAN DE PLAS IN VERBAND MET HET VER- LOOP VAN DE ISOHYPSEN	17
LITERATUUR	23
AANHANGSEL	
BIJLAGEN 1 en 2	

10

1

1. INTRODUCTION

2

2. PROBLEM STATEMENT

3. THEORETICAL BACKGROUND AND RELATED WORK

3

3.1. THEORETICAL BACKGROUND

3.2. RELATED WORK

4. PROPOSED METHOD

4

4.1. OVERVIEW

5

4.2. DETAILED DESCRIPTION

6

4.3. IMPLEMENTATION

5. EXPERIMENTAL EVALUATION

7

5.1. EXPERIMENTAL SETUP

8

5.2. RESULTS

5.3. DISCUSSION

6. CONCLUSION

INLEIDING

De 'Loofles' (fig. 1) is ontstaan door zandafgraving in 1963/1964. De beheerder, het Staatsbosbeheer, besloot de vijver in 1965 voor het publiek open te stellen. Dit gaf in de loop van 1966 aanleiding tot verschil van mening met de gemeente Barneveld. De gemeente heeft namelijk na advies van de Vereniging Nederlandse Gemeenten en het Staatstoezicht op de volksgezondheid, bepaald dat:

- a. de waterdiepte in de vijver niet groter mag zijn dan 1,10 m
- b. de kwaliteit van het water moet voldoen aan de eisen.....

Indien aan deze voorwaarden niet wordt voldaan, zal de vijver moeten worden gesloten.

Voorwaarde a. moest na overleg met de beide adviserende instanties en de Provinciale Waterstaat van Gelderland, worden verruimd tot 1,50 m*. Voorwaarde b. resulteerde na schattingen van het te verwachten aantal bezoekers en een evaluatie van de mogelijkheid tot verversing, in een minimum waterdiepte van 0,85 m.

De bodemhoogte is 18,00 m + NAP. De 'Loofles' mag dus slechts worden opengesteld als het waterpeil zich bevindt tussen 18,85 m + NAP en 19,50 m + NAP. Na de overvloedige regenval van 1965 en 1966 bleek het peil echter te zijn gestegen tot omstreeks 20,40 m + NAP.

Om een dergelijke situatie in het vervolg te voorkomen zal de mogelijkheid worden geschapen om water te kunnen lozen op de watergangen van het Waterschap 'de Barneveldse Beek' en wel via een schotbalkstuw en een duiker onder de weg Harskamp-Garderen op de bermsloot van deze weg*.

* De bodemhoogte van de bermsloot is ongeveer 19,30 m + NAP, de minimale drempelhoogte van de schotbalkstuw moet zijn 19,50 m + NAP

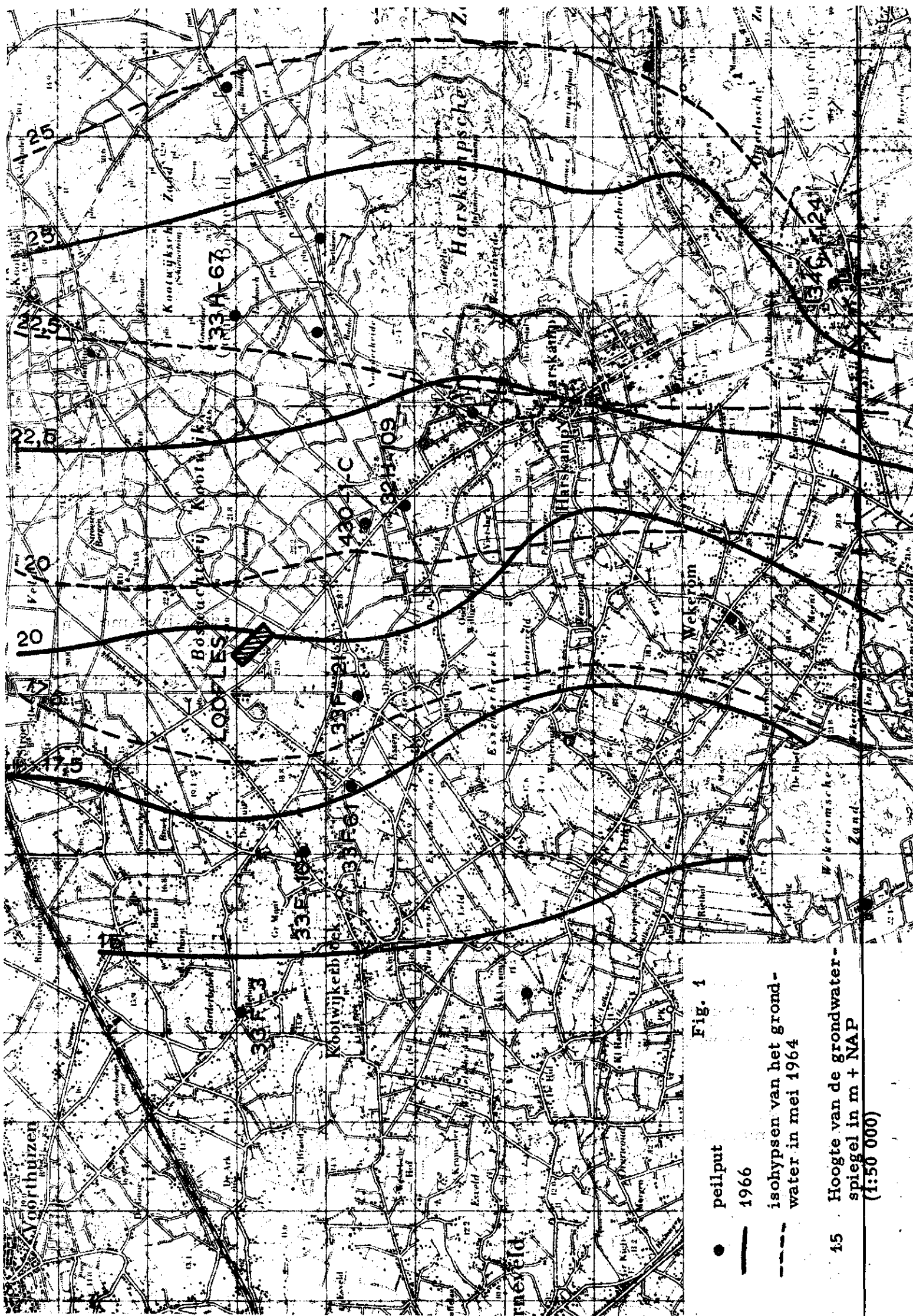


Fig. 1

- peilput
- 1966
- - - isohypsen van het grondwater in mei 1964
- 15 Hoogte van de grondwater-spiegel in m + NAP (1:50 000)

2. PROBLEEMSTELLING

Bovengenoemde voorwaarden deden de vraag rijzen hoe het peilverloop in de 'Loofles' is. Vanaf april 1966 tot heden zijn hiertoe metingen verricht. Gebleken is dat gedurende deze periode het peil vrijwel steeds hoger is geweest dan 19,50 m + NAP. Deze hoge standen zijn een gevolg van de extreem natte jaren 1965 en 1966. In deze jaren werd te Harskamp 2292 mm neerslag afgetapt (1965 : 1085; 1966 : 1207). Een dergelijke hoeveelheid neerslag in twee opeenvolgende jaren is sinds 1763/1764 niet meer voorgekomen (FOKKENS, 1967). Volgens deze auteur zijn de afgelopen 10 jaar veel natter geweest dan normaal, terwijl de periode 1940-1950 juist droger is geweest dan normaal (zie tabel 1). Dit overwegende, ontstaat het verlangen enig inzicht te verkrijgen in het verloop van het grondwaterpeil ter plaatse van de 'Loofles' in de periode voor april 1966. Aangezien tot minstens 35 m onder maaiveld geen slecht doorlatende lagen voorkomen (ZONNEVELD, 1958), zal het peil van de Loofles vrijwel gelijk zijn aan het grondwaterpeil in de omgeving.

3. BEREKENING VAN HET PEILVERLOOP TER PLAATSE VAN DE LOOFLES IN DE PERIODE VOOR 1966

Het bleek dat het gemeten peilverloop van de Loofles goed overeenstemde met het peilverloop van de grondwaterpeilput 34C-24, welke wordt gepeild door het Archief van Grondwaterstanden van T. N. O. (zie fig. 1). Deze put bevindt zich in Otterlo en wordt gepeild sinds december 1950*. Aangezien de geologische opbouw van het bodemprofiel bij de Loofles weinig van die te Otterlo verschilt en er ook geen klimaatsverschillen zijn, kan worden aangenomen dat deze overeenstemming niet toevallig is en mag een correlatieberekening worden uitgevoerd. Uit een dergelijke bewerking volgt, dat het peil van de Loofles (y) op elk tijdstip kan worden berekend uit dat van de peilput (x) met behulp van de formule:

* De putten welke dichterbij in de buurt van de Loofles liggen vertonen eenzelfde beeld, doch zijn minder lang gepeild

Tabel 1. Zomer (1 april - 30 september) en winter (1 oktober - 31 maart) waarden van neerslag (Harskamp) min potentiële verdamping (De Bilt), benevens het jaartotaal (1 april - 31 maart) van $(N-E_p)$ (in mm)

		Zomer	Winter	Jaar
	1940	- 4	399	395
	1941	-149	316	167
	1942	- 69	275	206
	1943	- 57	279	222
	1944	-166	422	256
	1945	80	335	415
	1946	- 75	220	145
	1947	-218	364	146
	1948	- 26	126	100
	1949	-181	376	195
	1950	160	361	521
	1951	84	287	371
	1952	-146	300	154
	1953	- 52	142	90
	1954	21	286	307
	1955	-173	272	99
	1956	49	339	388
	1957	133	289	422
	1958	- 11	283	272
	1959	-281	233	-48
	1960	94	507	601
	1961	74	466	540
	1962	36	206	242
	1963	15	214	229
	1964	-108	338	230
	1965	191	520	711
	1966	202	387	589
	1967	-135	356	221
	Gem.	- 25	318	292

$$y = 0,70 x + 159,50$$

(x en y uitgedrukt in cm)

De correlatiecoëfficiënt $r_{x,y} = 0,92$

Het gemiddelde peil van de peilput is hoger dan dat van de Loofles en ook de fluctuaties van de put zijn groter.

Het resultaat van de berekening is vastgelegd in de figuren 2 tot en met 7 (als bijlage 1 toegevoegd).

In figuur 6 is behalve het berekende, ook het gemeten peilverloop ingetekend; er blijken verschillen te bestaan. Het peilverloop van de Loofles is regelmatiger dan het berekende peilverloop (afvlakking), terwijl de fluctuatiecurve van het gemeten peil 3 dagen tot 1 maand is verschoven ten opzichte van de berekende curve (fasevertraging). Alleen de absolute minima per jaar vallen op hetzelfde tijdstip. De gemeten minimum peilen zijn wel tot maximaal 5 cm lager dan de berekende. De maxima liggen op hetzelfde niveau doch zijn weer ten opzichte van elkaar verschoven.

De optredende verschillen kunnen als volgt worden verklaard.

Voor het bepalen van de constanten in de omrekeningsformule is gebruik gemaakt van de correlatie tussen het open waterpeilverloop van de Loofles en het grondwaterpeilverloop van put 34C-24. De berekende waterstanden worden echter met behulp van de formule verkregen door gemeten grondwaterstanden in te vullen.

Het berekende peilverloop zal dus het karakter van een grondwaterpeilverloop krijgen. De afvlakking wordt op de eerste plaats veroorzaakt door het verschil in bergend vermogen. Open water heeft een bergend vermogen van 100% (a mm neerslagoverschot veroorzaakt een peilstijging van a mm) en de bodem ter plaatse een van circa 20%* (a mm neerslagoverschot veroorzaakt een grondwaterpeilstijging van 5a mm). Een neerslagtekort veroorzaakt in het grondwater dus een 5 x zo grote daling als bij het open water** (zie ook aanhangsel)

*Het bergend vermogen van de grond is niet constant, doch afhankelijk van het grondwaterpeil (WIND, DE HAAN, 1967)

**Een neerslagtekort moet worden verminderd met de toelevering uit de bodemvochtvoorraad in de onverzadigde zone, een overschot de aanvulling ervan. Men moet dus rekenen met de formule $(N - E_p + \Delta b)$
N = neerslag; E_p = verdamping; Δb = vochtvoorraadvermindering

Er ontstaan dus verschillen tussen het open waterpeil en het grondwaterpeil in de omgeving, zodra $(N - E_p \pm \Delta b) \neq 0$. Deze verschillen veroorzaken een grondwaterstroming naar of van de plas.

De stromingsweerstand in de bodem hebben nu tot gevolg, dat de aanpassing van het peil van de Loofles aan het grondwaterpeil vertraagd verloopt, met als gevolg een faseverschuiving en een afvlakking.

Aangezien de periode 1940/1950 is gekenschetst als droog, lijkt het nuttig om ook enig inzicht te verkrijgen in het peilverloop van de Loofles gedurende een dergelijke periode. In deze periode zijn op de westelijke Veluwe echter geen peilwaarnemingen gedaan. Getracht is daarom op indirecte wijze het peil van de Loofles te reconstrueren.

Hiertoe is gebruik gemaakt van het verband dat gevonden werd tussen $N - E_p$ (fig. 8 en bijlage 2) en de peilfluctuatie (Δh) van peilput 34C-24, over de jaren 1954/1960 (deze periode is genomen omdat ook toen relatief droge jaren zijn opgetreden). $(N - E_p)$ is per maand berekend (zie bijlage 2), Δh is ook per maand bepaald. Het verband is weergegeven in fig. 8. Dit verband is nu gebruikt om het eventuele peil van de Loofles te berekenen in de periode 1 januari 1942 tot 1 januari 1951. Gezien de grote spreiding van de punten rond de grafiek en de door de gevolgde methode ontstane cumulatie van fouten, moet aan het resultaat (fig. 7) geen te grote nauwkeurigheid worden toegeschreven. Het is meer een illustratie van het weertype dan van het grondwaterpeilverloop.

4. CONCLUSIE

Uit een berekening van het grondwaterpeil ter plaatse van de Loofles voor de periode na 1950 volgt, dat slechts eenmaal (1960) het peil de kritieke waarde van 18,85 m + NAP tijdens het zwemseizoen gedurende langere tijd zou zijn onderschreden (fig. 2 t/m 7).

Een beschouwing van de neerslagtekorten (tabel 1 en bijlage 2) leert, dat dit in de periode 1941 - 1950 waarschijnlijk nog 1 of 2 maal zou kunnen zijn voorgekomen. Fig. 9 weergevende het tienjaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de zomerregenval vanaf 1735 te Zwanenburg, leert dat begin 1800 het peil waarschijnlijk nog lager is geweest.

Peilen hoger dan 19,50 m + NAP zouden na 1950 8 maal (1951, 1958, 1961, 1962, 1965, 1966, 1967, 1968) gedurende langere tijd tijdens het

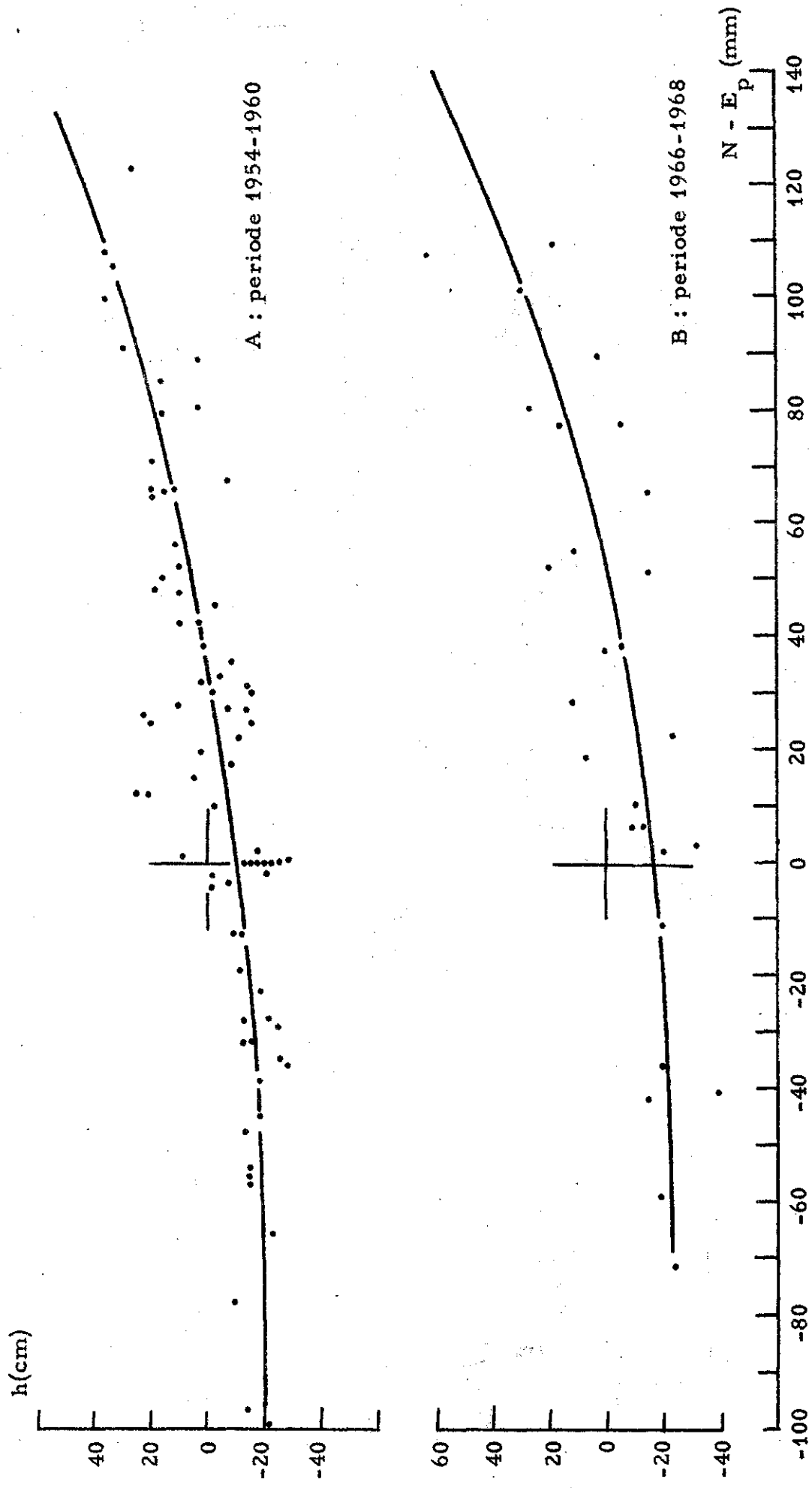


Fig. 8. Verband tussen fluctuaties grondwaterpeil en neerslagtekort (overschot) voor peilbuis 34C-24

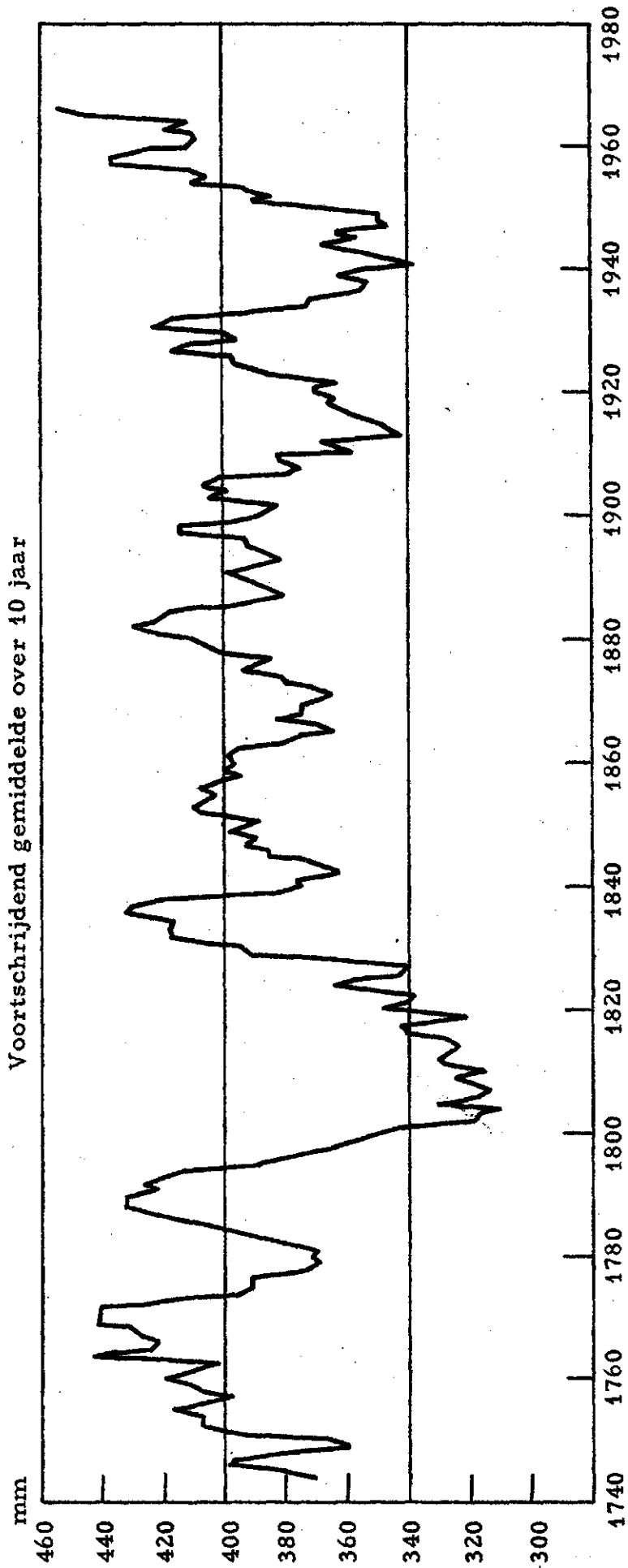


Fig. 9. Regenval april t/m september 1735-1966 Zwanenburg en omgeving (naar Labrijn; naar Wind, 1966)

zwemseizoen kunnen zijn voorgekomen. In de periode 1941-1950 waarschijnlijk nog circa vier maal.

Te hoge standen komen in de recente historie dus veel vaker voor dan te lage standen.

5. TOESTROMING VAN GRONDWATER NAAR DE PLAS INDIEN HET PEIL HIERVAN WORDT VERLAAGD

Voor de berekening van het debiet (Q) van de put bij verlaging van het peil beneden evenwichtspeil, worden voor een eerste benadering de volgende veronderstellingen gedaan omtrent het zandpakket waarin de put is gelegen.

1. het pakket is homogeen tot een diepte (D) van 200 m - m. v. Op deze diepte begint de ondoorlatende basis van het watervoerend pakket;
2. de kD -waarde = $7000 \text{ m}^2/\text{etmaal}$ (DE JONG, 1960);
3. de grondwaterspiegel heeft een helling (∞) van 1 : 900 (fig. 1);
4. voor een eerste benadering is uitgegaan van een peilverlaging van $\Delta H = 1,00 \text{ m}$ (in 1966 noodzakelijke $\Delta H = 0,70 \text{ m}$);
5. de put is 2,00 m diep;
6. de put wordt geschematiseerd tot een cirkel met een oppervlakte van 7 ha ($r = 150 \text{ m}$);
7. de put is volkomen; d. w. z. reikt tot de ondoorlatende laag. Dit zou inhouden, dat de toestroming volledig horizontaal is (fig. 10a);
8. de toestroming naar de put is stationair. Aan deze voorwaarde zal waarschijnlijk worden voldaan daar geruime tijd voor de opening van het zwemseizoen begonnen kan worden met de afvoer, zodat de dagelijkse peilverlagingen gering kunnen zijn.

Deze voorwaarden leiden tot een maximale waarde voor het debiet. In tweede instantie zullen correcties worden aangebracht voor het feit, dat het profiel niet homogeen is, maar is opgebouwd als aangegeven in fig. 11, en voor de volkomenheid van de put.

Als de voorwaarden 1 tot en met 7 gelden, mag de formule worden toegepast, ontwikkeld voor een volkomen put in freatisch water boven een uniform hellende bodem (HYDROLOGISCH COLLOQUIUM).

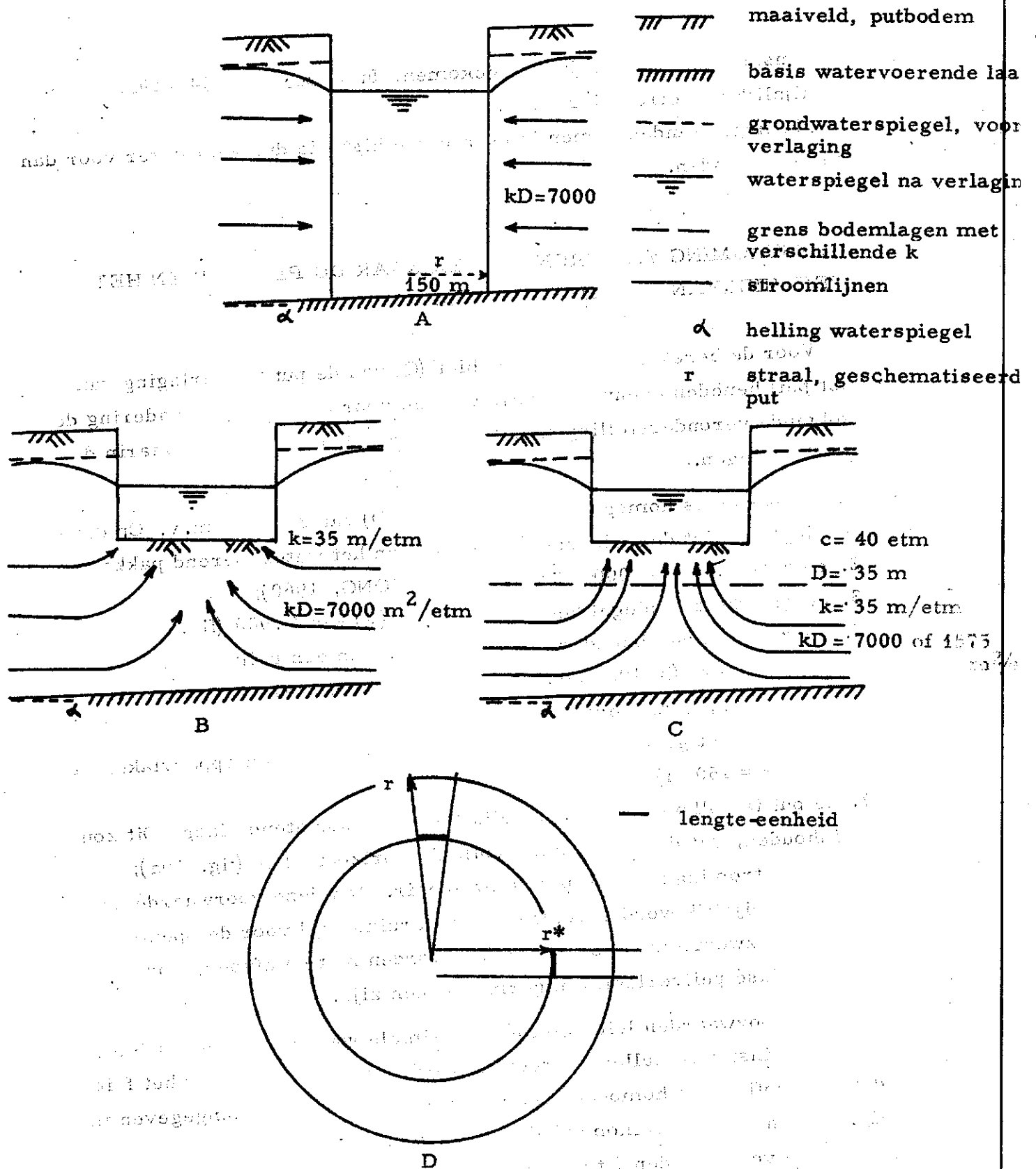
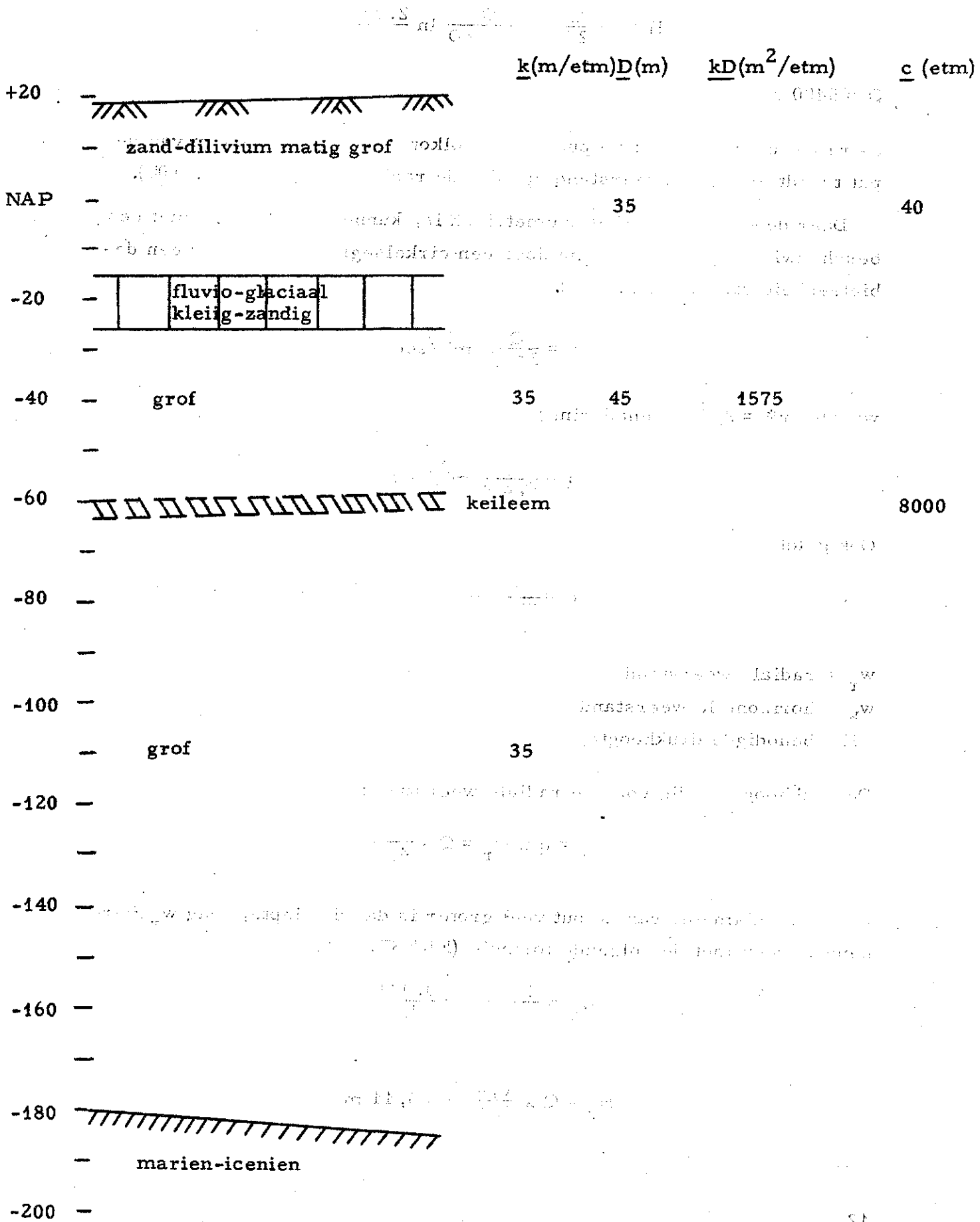


Fig. 10. Stromingstoestanden bij verschillende aannamen omtrent de diepte van de put en de hoedanigheid van het geologisch profiel

Fig. 11. Geologisch profiel op de overgang van de Hoge Veluwe naar de Gelderse Vallei (Naar: J.I.S. Zonneveld, Med. Geol. Stichting, 1958, 12)



$$\Delta H \left(1 + \frac{\Delta H}{2D}\right) = \frac{Q}{2\pi kD} \ln \frac{2,246 D}{r}$$

$$Q = 5400 \text{ m}^3/\text{etm}$$

eerste correctie: De put is niet volkomen; onder de bodem van de put treedt een extra weerstand op door de radiale stroming (fig. 10b).

Daar de stroming cirkelsymmetrisch is, kunnen we volstaan met een beschouwing over de stroming door een cirkelsegment waardoor een debieteenheid stroomt (fig. 10d).

$$q = \frac{Q}{2\pi r^*} \text{ m}^2/\text{sec}$$

waarbij $r^* = 2/3 r$ (benadering)

$$q = \frac{Q}{4,2 r} \text{ m}^2/\text{sec}$$

Ook geldt

$$q = \frac{\Delta H}{w_r + w_h}$$

w_r = radiale weerstand

w_h = horizontale weerstand

ΔH = benodigde drukhoogte

De drukhoogte nodig voor de radiale weerstand:

$$\Delta H_r = q \times w_r = Q \times \frac{w_r}{4,2 r}$$

Omdat de diameter van de put veel groter is dan de diepte, mag w_r berekend worden met de volgende formule (ERNST, 1962):

$$w_r = \frac{1}{\pi k} \ln 4 = \frac{0,441}{k}$$

$$\Delta H_r = Q \times \frac{0,441}{4,2 kr} = 0,11 \text{ m}$$

Deze extra weerstand leidt tot een verlaging van Q,

$$Q' = \frac{\Delta H}{\Delta H_h + \Delta H_r} \cdot Q = \frac{5400}{1,11} = 5000 \text{ m}^3/\text{etm}$$

tweede correctie: Het doorstromende pakket bestaat uit twee lagen met ongelijke doorlatendheid. Dit leidt tot het volgende stromingsbeeld:

- a. horizontale stroming buiten de putrand
- b. radiale stroming in het pleistoceen onder de put
- c. verticale stroming in het zanddiluvium onder de put (fig. 10c)

De verticale stroming leidt tot een extra weerstand, de c-waarde (c = 40 etm). Deze extra weerstand zou moeten leiden tot extra drukhoogteverlies:

$$H_v = \frac{Q}{\pi r^2} \times c = 3,06 \text{ m}$$

De weerstand leidt in werkelijkheid echter tot debietvermindering, zodat het debiet wordt:

$$Q'' = \frac{\Delta H}{\Delta H_h + \Delta H_v + \Delta H_r} \cdot Q = \frac{5400}{4,17} \approx 1300 \text{ m}^3/\text{etm}$$

derde correctie: Deze heeft betrekking op de mogelijkheid van het voorkomen van een als ondoorlatend te beschouwen keileemlaag (C = 8000 etm) op circa 80 m - m.v. De profielopbouw wordt dan geschetst als in fig. 11, doch met het Fluvioglaciaal wordt geen rekening gehouden omdat het voorkomen hiervan dubieus is.

De werkwijze voor het berekenen van het debiet is:

Q (volkomen, 2 lagen) → w_r , w_v → Q (onvolkomen). De formule van de Glee voor onvolkomen spanningswater mag niet worden toegepast, omdat het freatisch vlak aan daling onderhevig is. Toepassing van dezelfde formule als in het voorgaande geeft:

$$Q (\text{volk.}) = \frac{2 \pi k D \cdot \Delta H (1 + \frac{\Delta H}{2D})}{\ln \frac{2,246 D}{\alpha r}} \approx 1500 \text{ m}^3/\text{etm}$$

$$H_v = \frac{Q}{\pi r^2} \cdot c \approx 0,85 \text{ m}$$

$$H_r = Q \times \frac{0,441}{4,2 \text{ kr}} \approx 0,03 \text{ m}$$

$$Q \text{ (onvolk.)} = \frac{\Delta H}{\Delta H_k + \Delta H_v + \Delta H_r} \quad Q \text{ (volk.)} \approx 800 \text{ m}^3/\text{etm}$$

De aanwezigheid van het zanddiluvium boven de grovere laag is zeker. De keileemlaag is in enkele boringen aangetoond, in enkele ook niet.

Wil men bij het ontwerpen aan de veilige kant blijven, dan verdient het aanbeveling om gebruik te maken van de uitkomst van het berekeningsmodel van het tweelagensysteem met horizontale, verticale en radiale stroming. (Het is gebleken, dat de invloed van de radiale stroming niet groot is. Dit is ook te verwachten bij een put met een dergelijke grote straal).

In het voorgaande is de put geschematiseerd tot een cirkel. In het ontwerp echter, staat aangegeven dat de vorm langwerpig wordt. Schematisering tot een ellips is dus meer op zijn plaats. Een berekening (DACHLER, 1936) toont aan, dat een ellipsvormige put, met, zoals in dit geval een verhouding lange as : korte as = 4 : 1, een debiet heeft, dat 5% hoger is dan dat van een cirkelvormige put met hetzelfde oppervlak.

Een en ander overwegende kan worden gesteld, dat het aanbeveling verdient rekening te houden met een putdebiet van $1500 \text{ m}^3/\text{etm}$ bij een peilverlaging van 1,00 m. Temeer daar, behalve de keileemlaag nog meer onregelmatigheden in het profiel te verwachten zijn.

Uit de formules voor Q (volkomen) en Q (onvolkomen) volgt, dat het putdebiet proportioneel verandert met ΔH .

Tabel 2. Het verband tussen het waterpeil en het putdebiet bij een stuwhoogte van 19,50 m + NAP (zie ook fig. 12)

Peil grondwater in m + NAP	ΔH (m)	$Q \text{ m}^3/\text{etm}$	$Q \text{ m}^3/\text{sec}$
19,75	0,25	325	0,004
20,00	0,50	650	0,008
20,25	0,75	975	0,011
20,50	1,00	1300	0,015
21,00	1,50	1950	0,023
21,50	2,00	2600	0,030

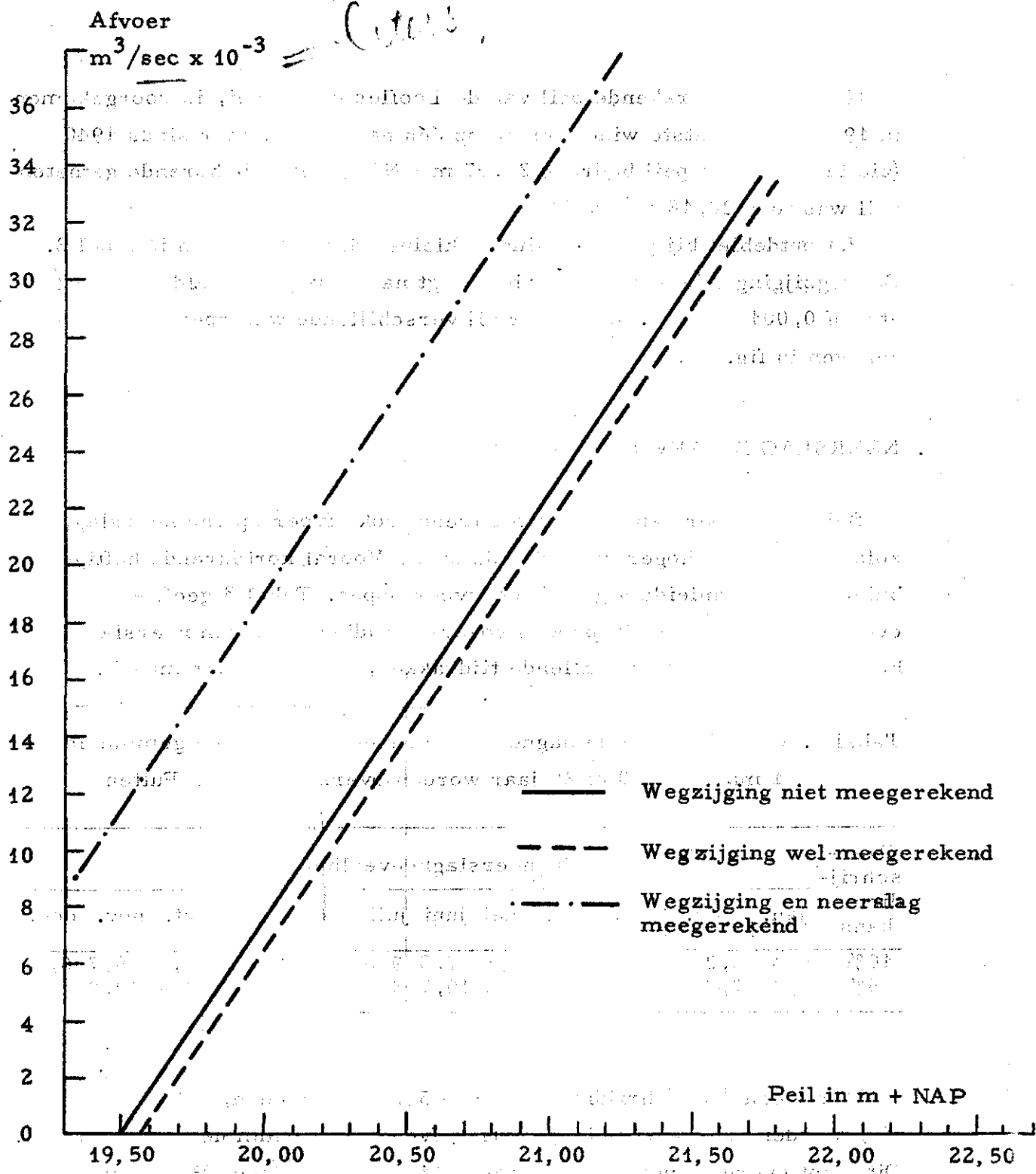


Fig. 12. Het verband tussen de afvoer en het waterpeil als de lozingsstuw geheel is geopend

Het hoogste berekende peil van de Loofles op 15 mei, is voorgekomen in 1966, na de natste winter en de op één na natste zomer sinds 1940 (zie tabel 1). Dit peil bedroeg 20,07 m +NAP, het bijbehorende gemeten peil was toen 20,18 m +NAP.

Het putdebiet bij peilverlaging is kleiner dan aangegeven in tabel 2. De wegzijging (zie aanhangsel) bedraagt namelijk gemiddeld 1,5 mm/etm of $0,001 \text{ m}^3/\text{sec}$. De afvoer bij verschillende waterpeilen is aangegeven in fig. 12.

6. NEERSLAG EN AFVOER

Behalve afvoer van grondwater treedt ook afvoer op van neerslag, zolang het water hoger staat dan de stuw. Vooral kortdurende heftige buien kunnen aanleiding geven tot afvoertoppen. Tabel 3 geeft een overzicht van de 5 en 10 procentoverschrijdingskans van neerslaghoeveelheden over verschillende tijdvakken, ingedeeld per maand.

Tabel 3. Overzicht van de dagneerslaghoeveelheden welke gemiddeld 1 maal per 10 of 20 jaar worden overschreden te Putten

Over- schrij- dings- kans	Dagneerslaghoeveelheid in mm											
	jan.	febr.	mrt.	apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	okt.	nov.	dec.
10%	5,8	5,2	5,1	5,6	6,4	7,3	9,0	9,4	8,2	7,8	6,7	6,9
5%	8,7	7,7	7,7	7,9	9,1	10,7	13,0	14,1	11,7	11,1	10,0	9,9

Wordt een overschrijdingskans van 5% geaccepteerd, dan moet rekening worden gehouden met een extra afvoer van 14 mm neerslag per dag. Dit komt overeen met $980 \text{ m}^3/\text{etm}$ of $11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$. Het heeft geen zin hierop de verdamping in mindering te brengen, daar deze tijdens een bui vrijwel nihil is.

Er moet echter rekening worden gehouden met het feit, dat de neerslagintensiteit tijdens een korte heftige bui veel groter is dan hier aangegeven. Het verdient dus aanbeveling de afvoerstuw te sluiten als een dergelijke bui wordt verwacht, om overbelasting van afvoersloten te voorkomen.

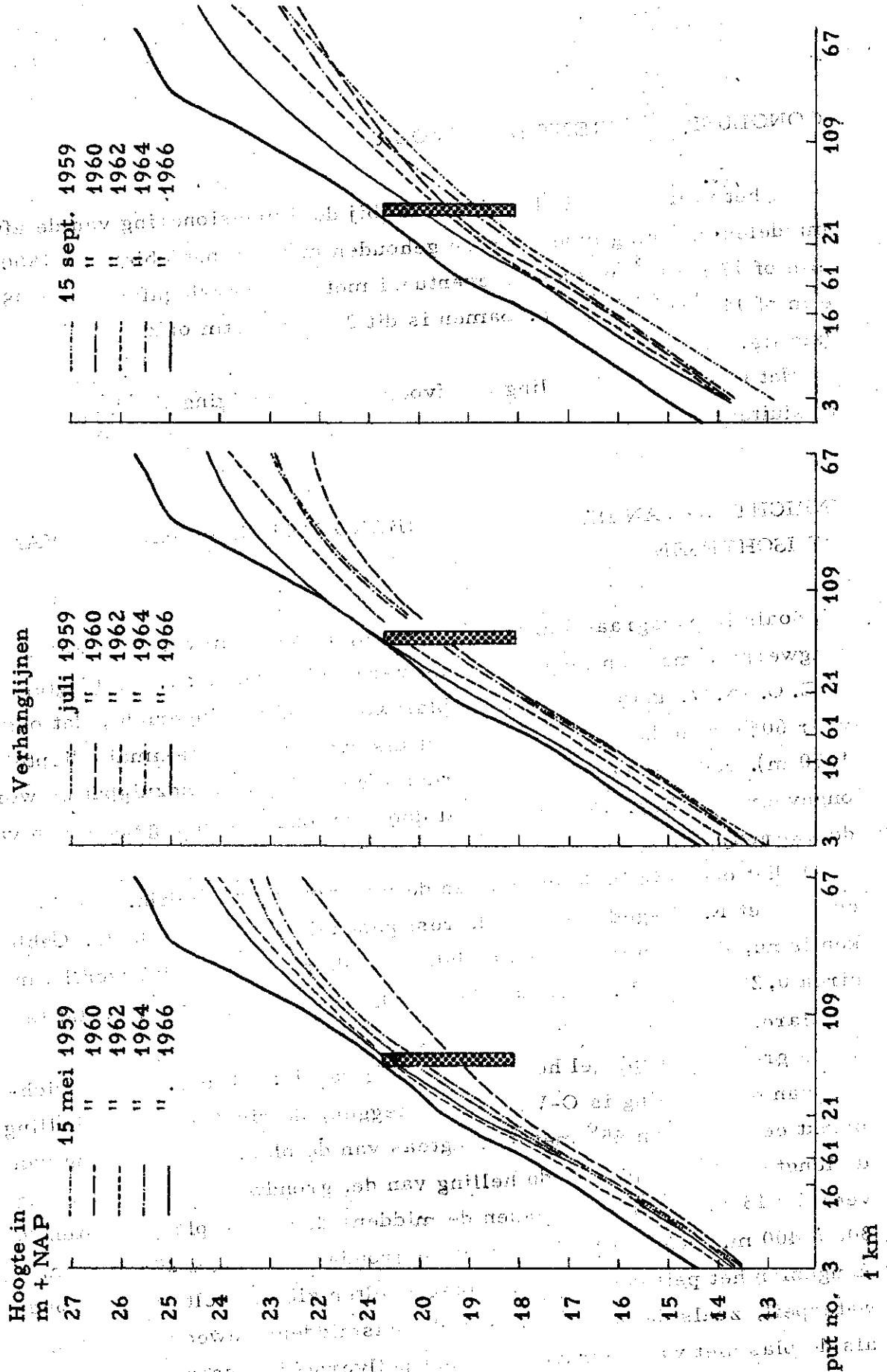


Fig. 13. Verloop van de grondwaterspiegel

7. CONCLUSIE OMTRENT DE AFVOER

In het voorgaande is berekend dat bij de dimensionering van de afvoermiddelen rekening moet worden gehouden met een putdebiet van $1500 \text{ m}^3/\text{etm}$ of $17 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$ en eventueel met een neerslagafvoer van $980 \text{ m}^3/\text{etm}$ of $11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$. Samen is dit $2480 \text{ m}^3/\text{etm}$ of $28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$ (zie fig. 12).

Het verdient aanbeveling de afvoerstuw bij dreiging van heftige buien te sluiten.

8. INRICHTING VAN DE PLAS IN VERBAND MET HET VERLOOP VAN DE ISOHYPSEN

Zoals in paragraaf 5 al werd vermeld, is de vorm van de Loofles langwerpig, met een lengte-breedte verhouding van 4 : 1. De lengteas is Z. O. -N. W. georiënteerd. De plas wordt zodanig ingericht, dat ongeveer 60% ervan kan worden gebruikt als zwemwater (maximale diepte 1,50 m). Het overige deel zal worden afgewerkt als zandzuigput en wordt ongeveer 8 m diep. De zandput zal door een kade worden gescheiden van de zwemvijver.

Op het ogenblik is de diepte van de plas nog overal gelijk. Wel is echter het N. W. -gedeelte van de rest gescheiden door een kade. Gebleken is nu, dat zich tussen beide delen van de plas een peilverschil van circa 0,20 m instelt. Het optreden van het peilverschil is als volgt te verklaren:

De grondwaterspiegel heeft een helling van 1 : 900 (fig. 1). De richting van deze helling is O-W. Dat wil zeggen, de richting van de helling maakt een hoek van 45° met de lengteas van de plas. In de richting van de lengteas van de plas is de helling van de grondwaterspiegel dus ongeveer 1 : 1300. De afstand tussen de middens der beide plasgedeelten is 300 à 400 m. Over dit traject daalt de grondwaterspiegel 20 à 30 cm. Aangezien het peil van de beide plasgedeelten zich instelt op het grondwaterpeil, zoals dat ter hoogte van de plasmiddens geweest zou zijn, als de plas niet was gegraven, zal het peilverschil tussen de beide plasgedeelten ook 20 à 30 cm bedragen. Het peilverschil zal kleiner zijn naarmate de kade beter waterdoorlatend is. Het verdient daarom

aanbeveling om de kade aan de stroomopwaartse zijde af te werken met bijvoorbeeld plastic folie. Men kan de werkzaamheid van dit middel vergroten door het plastic folie een aantal meters over de bodem van de plas door te laten lopen.

Het peilverschil tussen de twee plasgedeelten kan nu gebruikt worden om de plas met het lage peil door te spoelen. Hiertoe moet in de kade een afsluitbare duiker worden aangebracht. De afvoerstuw plaatst men dan in de noordwestelijke oever van de plas. De Loofles wordt nu zodanig afgewerkt, dat de zandput in het Z. W. -gedeelte van de plas zal zijn gelegen en de zwemvijver in het N. O. -gedeelte. Het zal verboden zijn om in de zandput te zwemmen, zodat het water hierin niet verontreinigd kan worden. Wordt nu de waterkwaliteit in de zwemvijver slecht, dan kan de duiker worden geopend en het zwemwater verversd.

Het oppervlak van de zandput wordt ongeveer 2,8 ha. Er is dus $\pm 5600 \text{ m}^3$ water beschikbaar voor verversing. De inhoud van de zwemvijver is, bij een waterdiepte van 1,50 m, ongeveer 43000 m^3 . De verversingscapaciteit is dan $\pm 18\%$ per keer.

Hoe snel het peilverschil zich weer instelt is niet bekend. Wel is na een aantal dijkdoorbraken geconstateerd, dat dit sneller gebeurt in een natte dan in een droge periode. Dit heeft waarschijnlijk twee oorzaken:

1. de grondwaterspiegel heeft in een natte periode een grotere helling dan in een droge periode (fig. 13);
2. het Z. W. -gedeelte van de plas is ingesloten door heuvels; het N. W. -gedeelte ligt in een vlakte. Het is dus mogelijk, dat het Z. W. -gedeelte wordt gevoed door 'interflow' en oppervlakkig afstromend water.

Dit doet zich uiteraard alleen voor in een natte periode.

Uit het voorgaande blijkt, dat op dit moment nog niets valt te zeggen omtrent de verversingscapaciteit, gemiddeld over een zekere periode. Zodra de duiker is aangebracht kan dit echter proefondervindelijk worden vastgesteld.

De verversingscapaciteit is groter in perioden, dat het peil van de Loofles hoger is dan $19,50 + \text{NAP}$. In de zwemvijver moet in dat geval water worden geloosd. Het peilverschil tussen de beide plasgedeelten wordt groter dan het natuurlijke peilverschil. Aangezien dit in het algemeen plaats zal vinden in natte perioden, waarin weinig wordt gezwommen en het zwemwater nauwelijks aan vervuiling onderhevig is, is deze mogelijkheid nauwelijks van belang.

Het verband tussen de effectieve neerslag en de peilfluctuatie

Onder de effectieve neerslag wordt het deel van de neerslag verstaan, dat het freatisch vlak bereikt. Dat wil zeggen, neerslag - verdamping \pm bergingsverandering. De bergingsverandering wordt met een plusteken genomen als de grondwaterspiegel daalt en omgekeerd.

Teneinde een beter inzicht te krijgen in de overige grootheden van de waterbalans, wordt het deel van de berging, dat de plant ter beschikking staat, afgesplitst. De voor de plant beschikbare watervoorraad (Δb) bedraagt hier circa 110 mm. Zolang de som van de neerslagtekorten in het voorjaar, de 100* mm nog niet heeft overschreden, wordt het in de beschouwde periode (hier 1 maand) optredende neerslagtekort gerekend gelijk te zijn aan nul. Zodra een periode van neerslagoverschot gaat optreden wordt dit overschot pas weer meegerekend als de beschikbare watervoorraad weer is aangevuld. Dit proces is toegepast op het peilverloop van buis 430-1-c.

Het resultaat is verzameld in fig. 14 en tabel 4. In tabel 4 zijn vermeld de grootte van het neerslagoverschot (tekort): $N - E_p$, de peilfluctuatie (Δh) en het gemiddeld peil per maand. In fig. 14 is Δh uitgezet tegen $(N - E_p \pm \Delta b)$ en wel afzonderlijk voor de maanden waarin het gemiddeld peil lager was dan 21,00 m + NAP (14a); hoger was dan 21,50 m + NAP (14b), terwijl dit in 14c voor alle maanden is gedaan waarin peilwaarnemingen zijn gedaan.

Nu ziet de waterbalans van het gebied er als volgt uit:

$$N = E_p + W \pm \Delta B \pm \Delta b$$

N = neerslag (gemeten te Harskamp), E_p = verdamping (berekend voor De Bilt)

ΔB = totale bergingsverandering, verminderd met Δb , waarbij Δb de verandering in de voor de plant beschikbare hoeveelheid bodemvocht

*Niet 110 mm omdat wordt aangenomen, dat de capillaire opstijging 10 mm per maand bedraagt

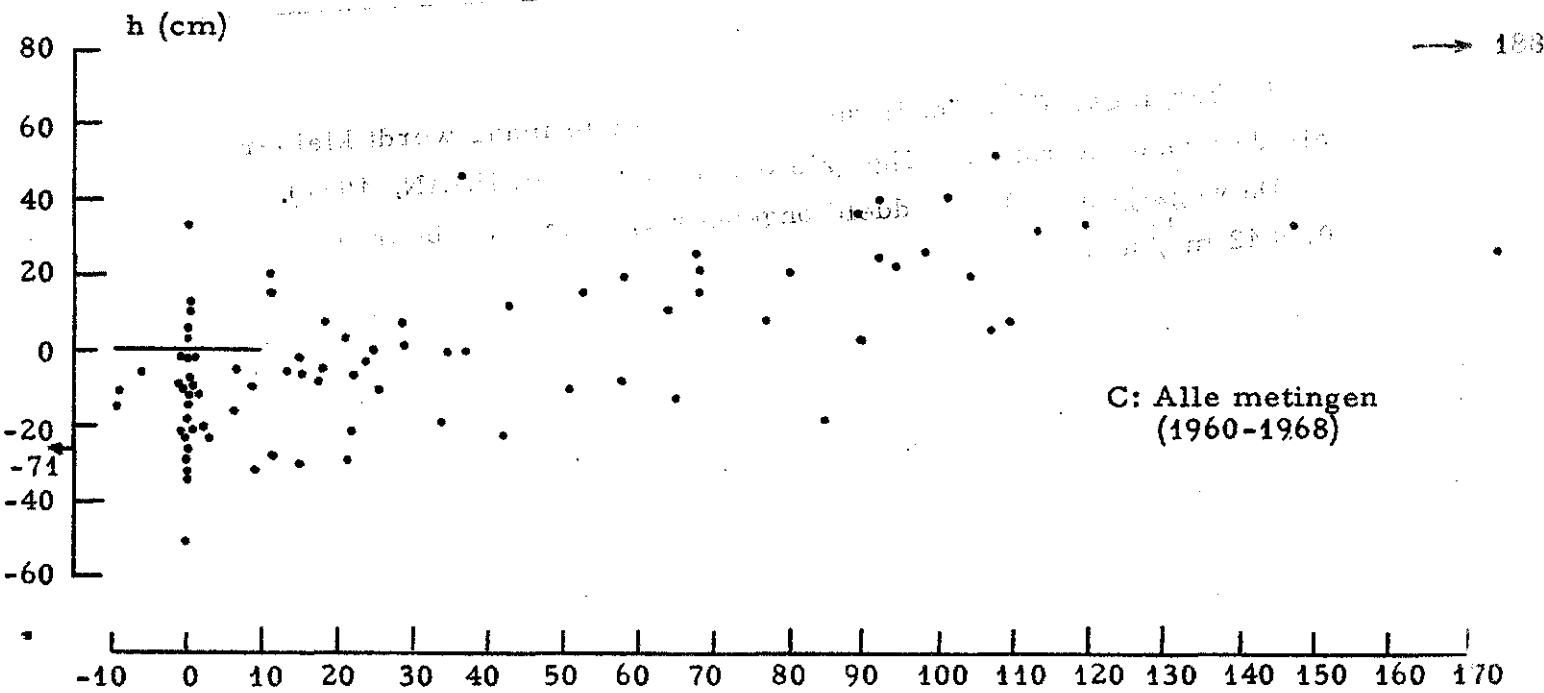
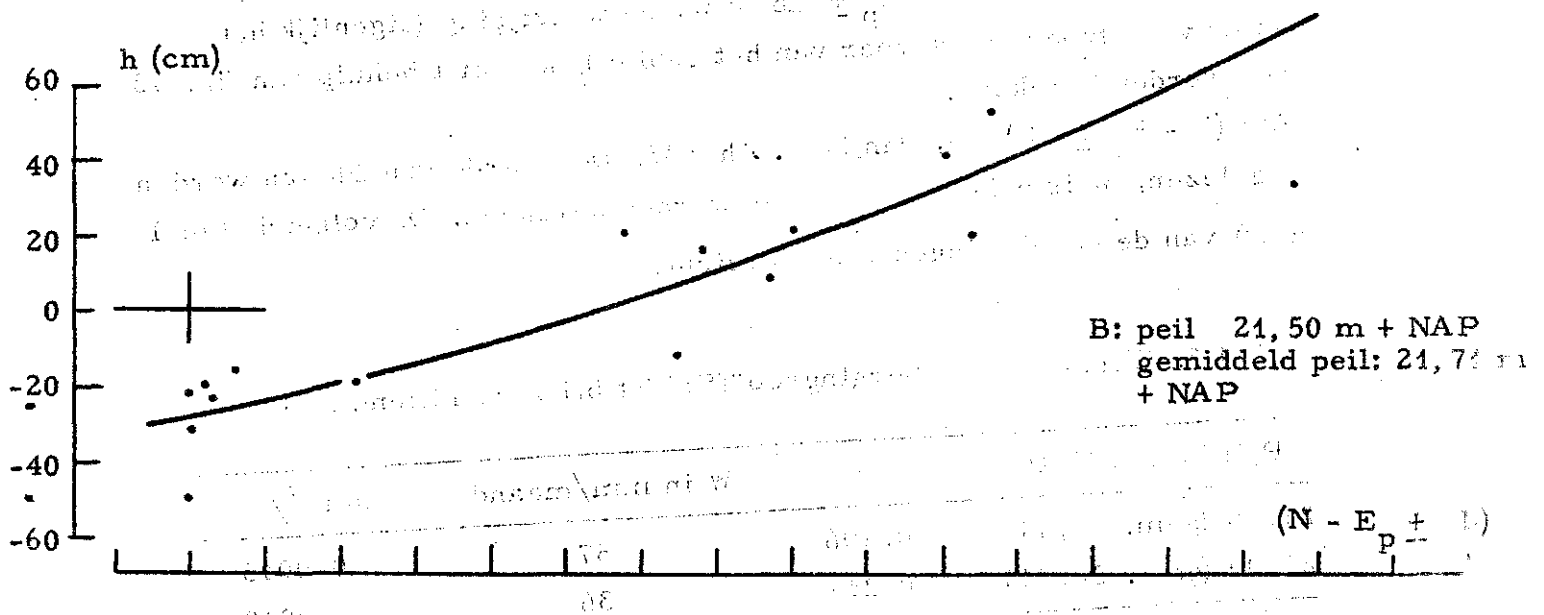
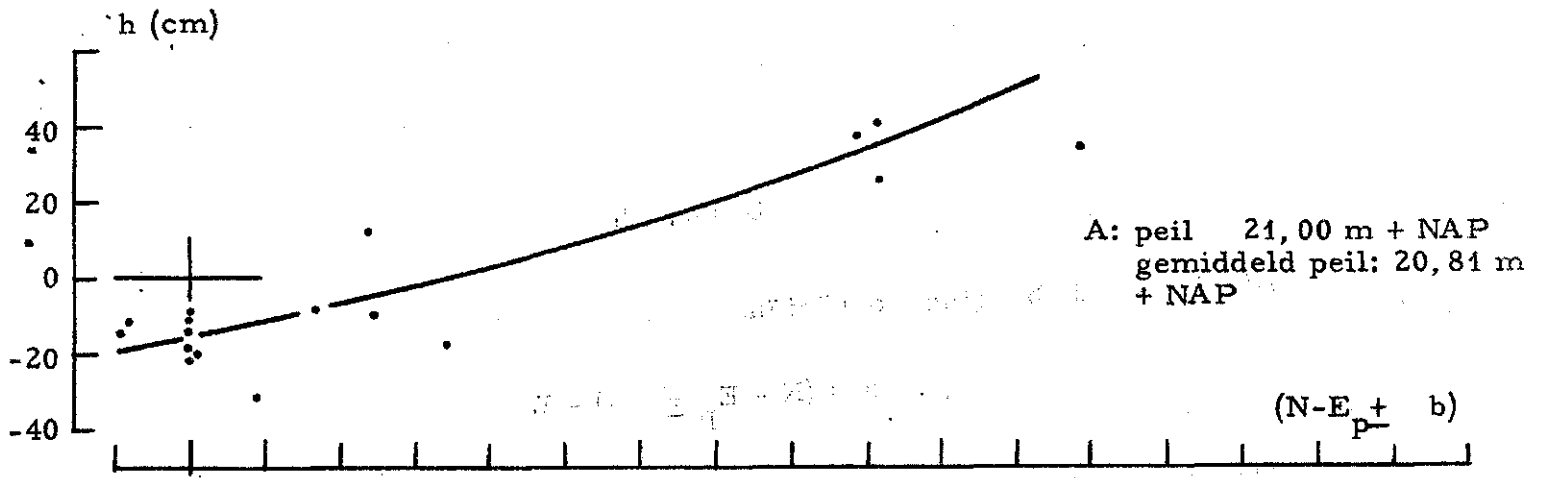


Fig. 14. Verband tussen het effectieve neerslagoverschot (tekort) en de grondwaterpeilfluctuatie voor buis 430-1-C

$$\Delta B = \mu \cdot h$$

Hierin is μ de bergingscoëfficiënt

$$\mu \cdot h = (N - E_p \pm b) - W$$

Als $\Delta h = 0$, dan is $(N - E_p \pm \Delta b) = W$, de wegzijging (eigenlijk het saldo van afvoer en aanvoer van het gebied), kan met behulp van fig. 13 dus worden berekend.

Als $(N - E_p \pm b) = 0$, dan is $\mu \cdot \Delta h = W$. De waarde van Δh kan worden afgelezen, W is bekend, μ kan dus worden berekend. De volgende tabel geeft van de berekeningen een overzicht.

Tabel 5. Wegzijging en bergingscoëfficiënt bij verschillend peil

Peil in m + NAP	μ	W in mm/maand	In m^3/sec
21,50 (gem. 21,71)	0,196	57	0,0015
21,00 (gem. 20,81)	0,211	36	0,0010

De bergingscoëfficiënt is dus geen constante maar wordt kleiner als de grondwaterstand stijgt (zie ook WIND en DE HAAN, 1967).

De wegzijging zal gemiddeld ongeveer 1,5 mm/etm bedragen of $0,0012 m^3/sec$.

Tabel 4. Peilfluctuatie, neerslagoverschot en gemiddeld peil van peilbuis 430-1-c

		Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1960	N-E _p	91	26	- 2	-29	-19	-48	88	90	12	123	113	85
	Δ h											32	-18
	Gem. peil over mnd.											2138	2151
1961		107	58	21	29	-32	-38	39	42	34	92	64	147
		6	20	-29	1	-28	-18	- 7	20	-19	40	11	33
		2144	2156	2148	2138	2120	2097	2084	2087	2092	2101	2127	2159
1962		104	42	17	35	13	-60	- 9	24	33	34	15	98
		20	-22	- 8	0	- 5	-34	- 8	- 2	- 9	- 6	- 1	26
		2176	2175	2160	2167	2153	2134	2113	2109	2103	2095	2091	2104
1963		15	8	36	- 5	-25	-34	-56	95	40	53	94	11
		-30	- 9	46	-21	- 9	-21	-15	32	- 3	16	23	-27
		2102	2082	2101	2114	2098	2083	2065	2074	2088	2099	2115	2113
1964		17	21	18	1	-46	-46	-21	- 8	12	76	43	89
		- 8	3	- 5	-11	-11	-14	- 6	-11	-10	7	12	37
		2095	2097	2089	2083	2072	2060	2050	2041	2028	2029	2045	2069
1965		92	9	29	68	15	- 1	59	25	25	- 4	123	183
		25	-31	8	22	- 6	- 2	- 8	-10	0	-19	34	77
		2101	2097	2086	2101	2100	2105	2100	2091	2081	2077	2086	2141
1966		65	80	68	77	-41	52	109	3	2	37	101	174
		-12	21	16	9	-50	15	8	-23	-20	0	40	27
		2167	2179	2189	2205	2185	2157	2169	2171	2150	2141	2160	2195
1967		51	18	6	-11	-59	-42	-71	10	38	55	77	107
		-10	8	- 5	-32	-22	-27	-24	- 2	3	11	25	52
		2202	2201	2197	2184	2157	2132	2107	2044	2094	2101	2119	2158
1968		89	22	6	-36	28							
		3	-20	-16	-21	12							
		2192	2177	2159	2140	2136							

LITERATUUR

- DACHLER, R. 1936. Grundwasserströmung. Springer Verlag.
- ERNST, L. F. 1962. Grondwaterstromingen in de verzadigde zone en hun berekening bij de aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen. Versl. Landb. Ond. nr. 67. 15: pp. 62.
- FOKKENS, B. 1967. Hoe nat was 1966. Cult. techn. Tijdschr. 6, 6: 209.
- HYDROLOGISCH COLLOQUIUM. 1962. Permanente grondwaterstroming naar putten.
- JONG, C. H. DE. 1960. Geohydrologisch onderzoek in het Veluwe randgebied. Versl. Med. Techn. Bijeenk. Comm. Hydrol. Ond. T. N. O. no. 5.
- K. N. M. L. Frequenties van k-daagse neerslagsommen op Nederlandse stations no. 21, Putten.
- Overzicht van de weersgesteldheid.
- WIND, G. P. 1966. Regen. Landb. Tijdschr. 78, 11: 365.
- WIND, G. P. en F. A. M. DE HAAN. 1967. Over de mogelijke ontwatering van gediëpploegde gronden in Veendam met grote slootafstanden. Nota I. C. W. 412.
- ZONNEVELD, J. I. S. 1958. Lithostratigrafische eenheden in het Nederlands Pleistoceen. Med. Geol. Sticht. (1958) 12 : 31.

Fig. 2. Diagram van het peilverloop van 'de Loofles' van 1951 tot 1955

Fig. 3. Diagram van het peilverloop van 'de Loofles' van 1955 tot 1959

Fig. 4. Diagram van het peilverloop van 'de Loofles' van 1959 tot 1963

Fig. 5. Diagram van het peilverloop van 'de Loofles' van 1963 tot 1966

Fig. 6. Diagram van het peilverloop van 'de Loofles' van 1966 tot 1968

Fig. 7. Diagram van het peilverloop van 'de Loofles' van 1942 tot 1951

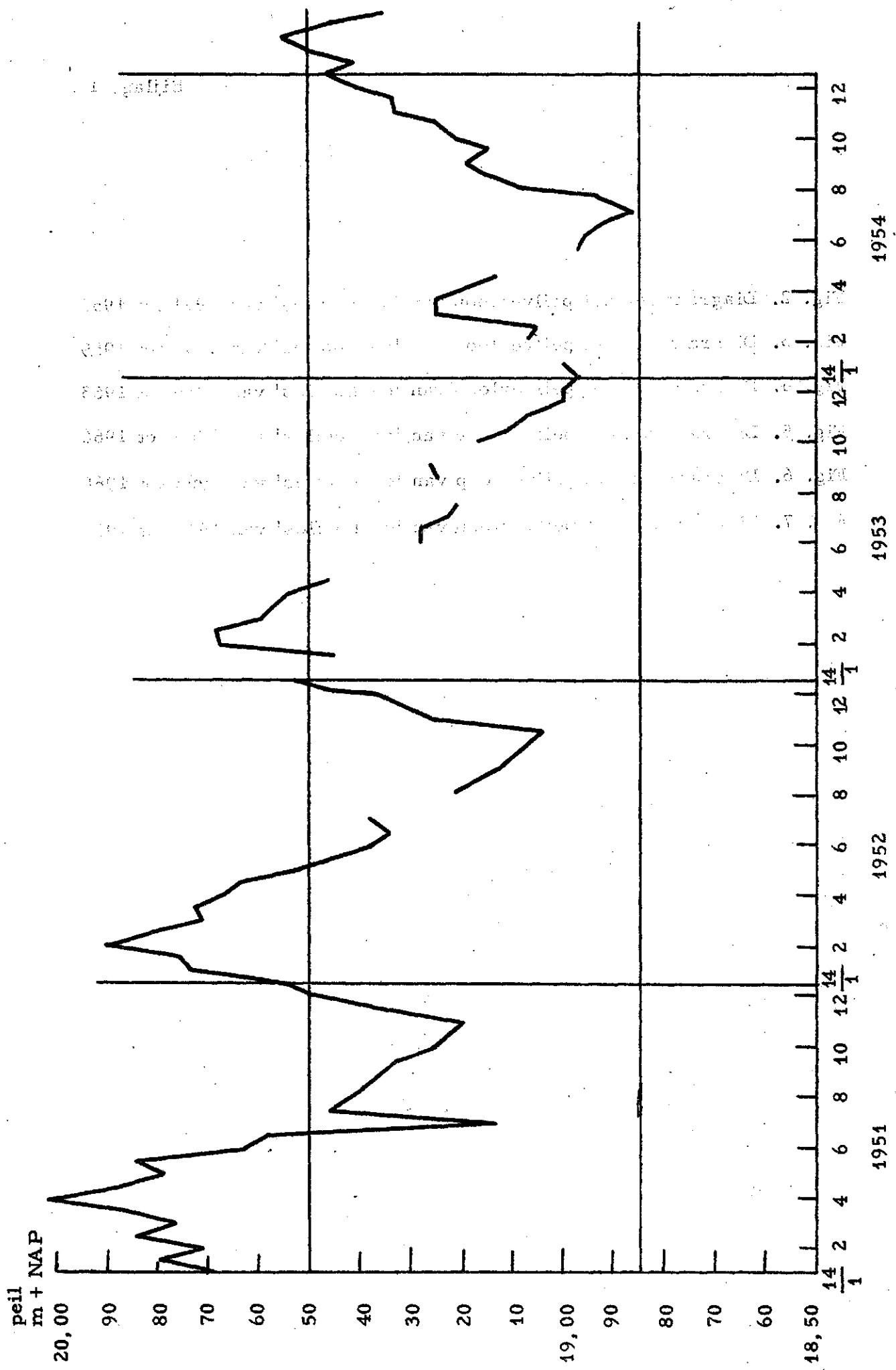


Fig. 2. Het peilverloop van de Looffles

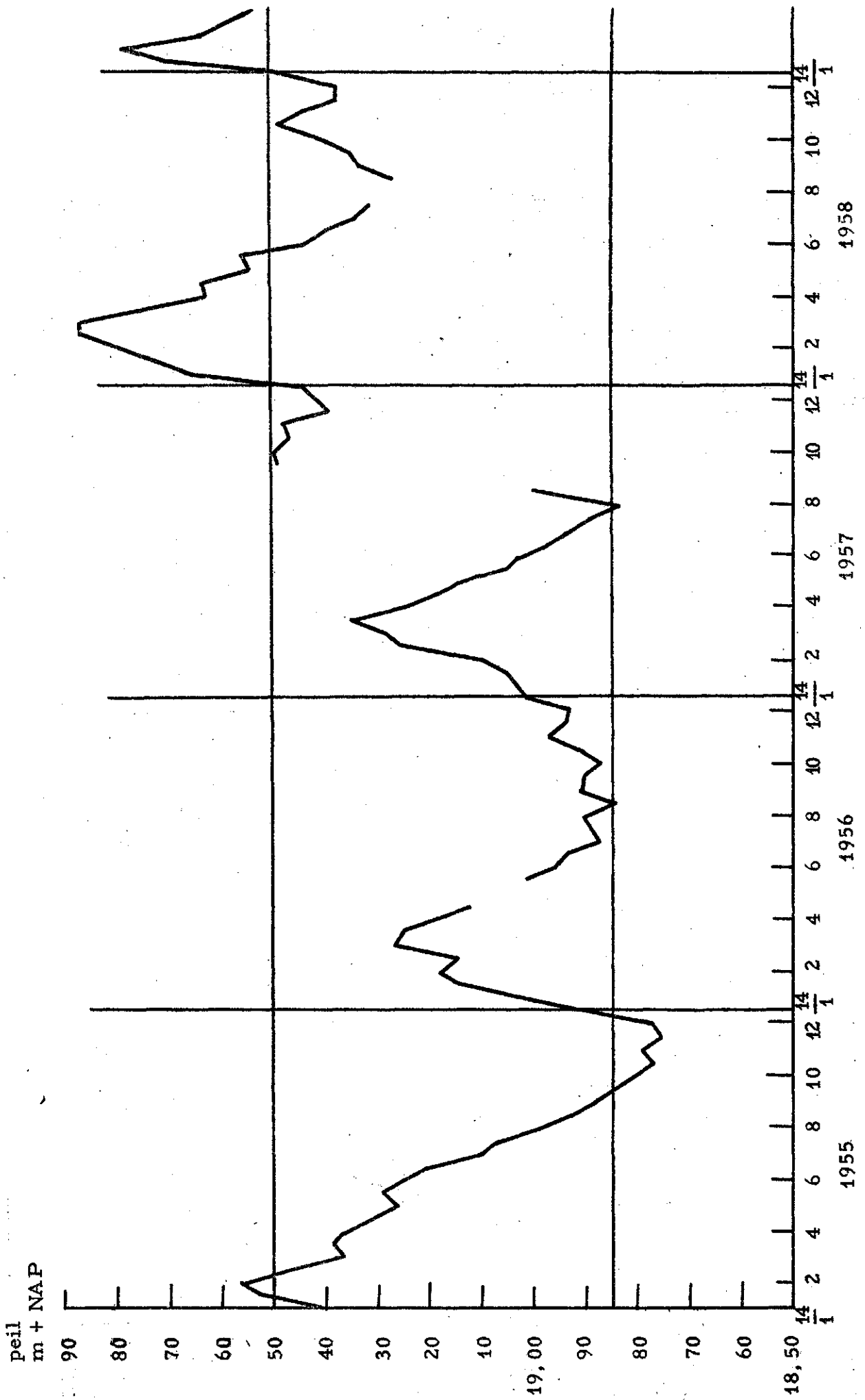


Fig. 3. Het peilverloop van de Loofles

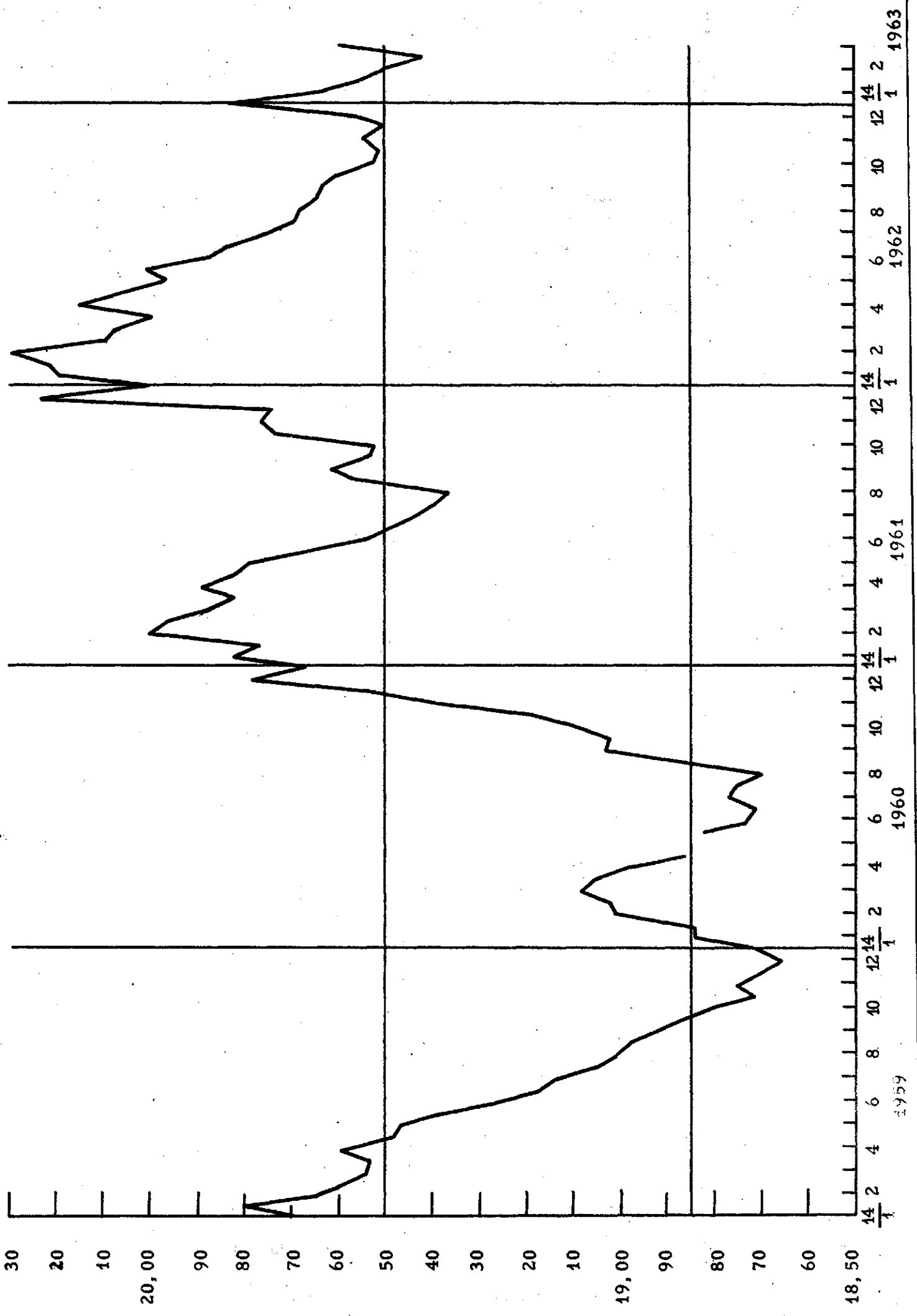


Fig. 4. Het peilverloop van de Looftjes

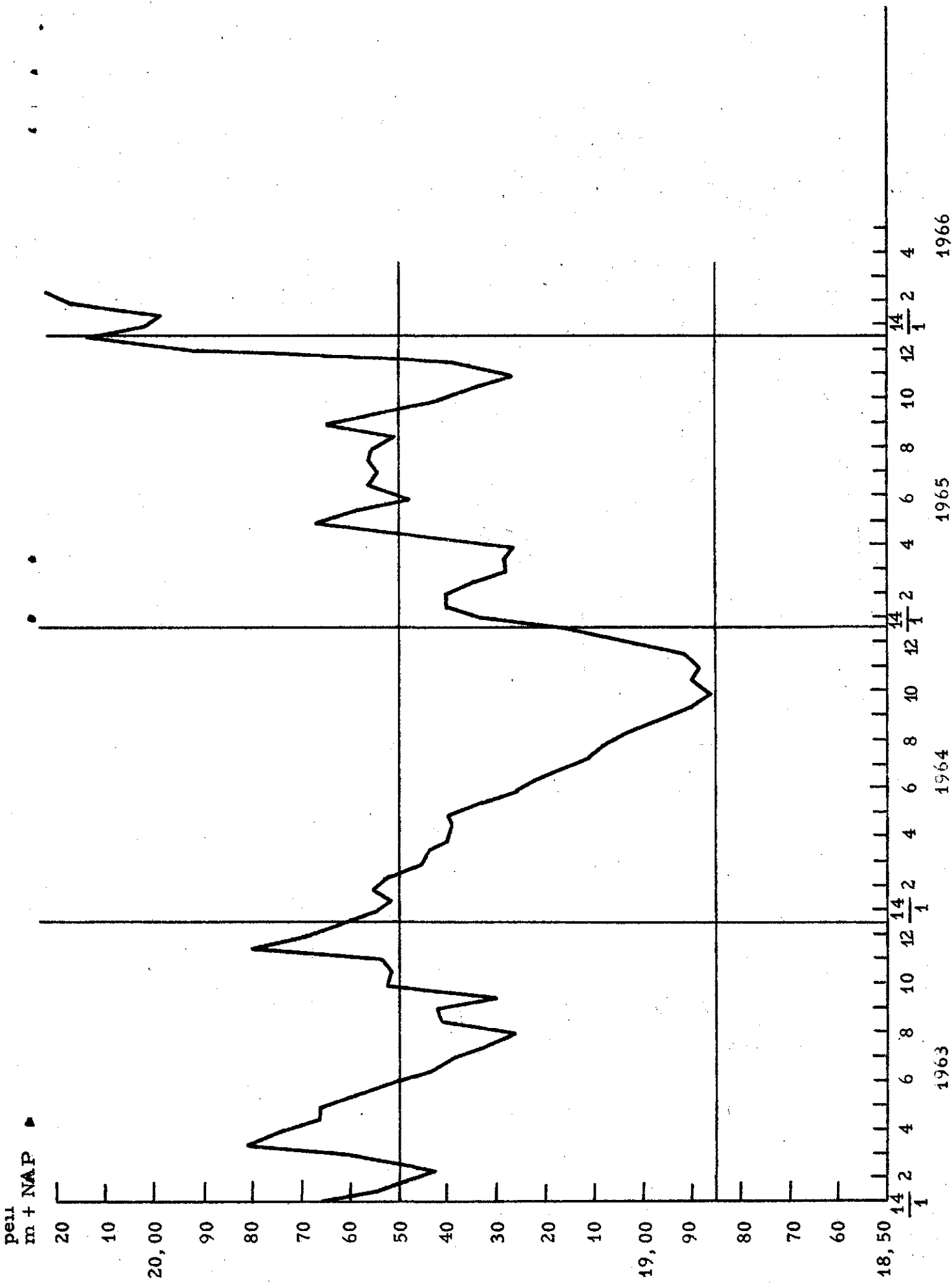


Fig. 5. Het peilverloop van de Loofles

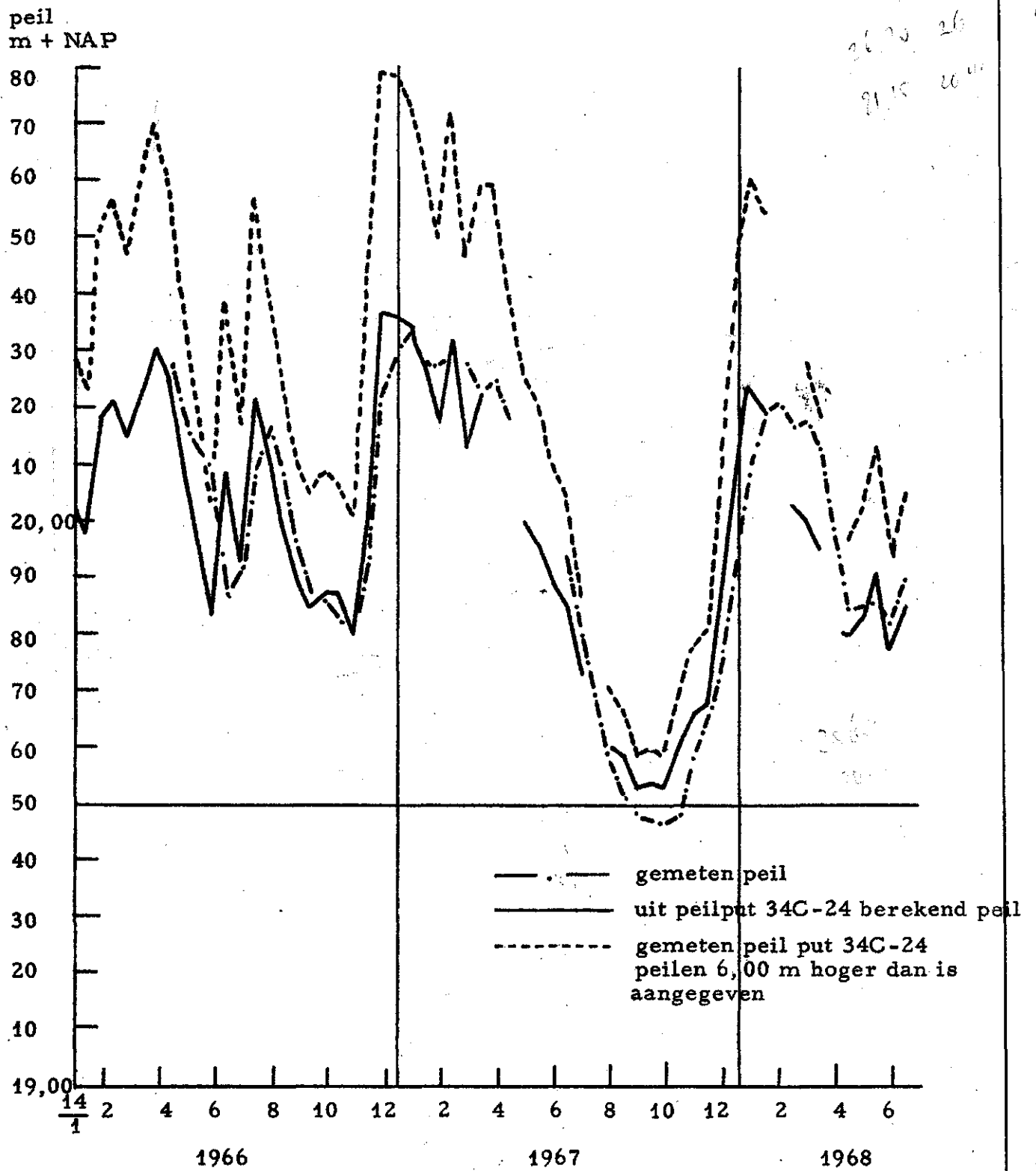


Fig. 6. Het peilverloop van de 'Loofles'

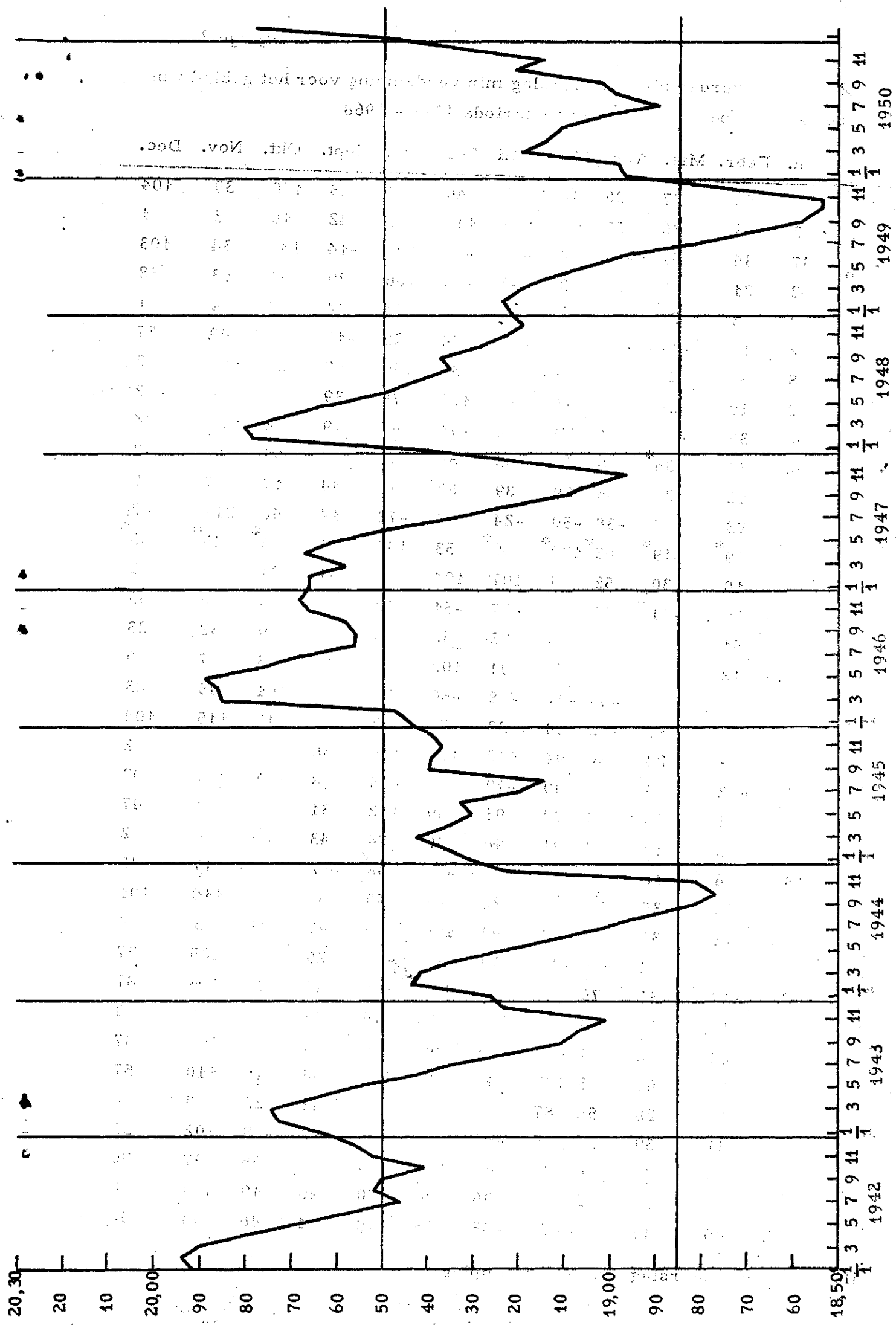


Fig. 7. Het peilverloop van de loofles

Neerslag, verdamping en neerslag min verdamping voor het gebied van
de Loofles (per maand) over de periode 1941 - 1968

		Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1941	N	39	43	77	26	34	12	40	167	28	150	39	104
	E _p	2	8	26	53	78	109	112	62	42	18	5	1
	N-E _p	37	35	51	-27	-44	-97	-72	105	-14	132	34	103
1942		42	21	13	34	53	42	138	106	29	91	53	58
		0	5	24	77	86	99	84	81	44	18	4	1
		42	16	-11	-43	-33	-57	54	25	-15	73	49	57
1943		68	49	25	42	33	88	31	159	58	25	108	42
		2	10	34	63	103	86	102	75	39	17	4	- 2
		66	39	- 9	-21	-70	2	-71	84	19	8	104	44
1944		98	35	36*	18	39	65	86	20	58	63	218	62
		5	12	29	56	89	89	82	92	44	17	7	0
		93	23	7	-38	-50	-24	4	-72	14	46	211	62
1945		56*	69*	19*	63*	129*	40*	53	180	71	45*	45*	55*
		1	10	30	52	84	107	104	68	41	21	5	2
		55	59	-11	11	45	-67	-51	112	30	24	40	53
1946		45	151	63	19	48	83	52	100	82	79	52	23
		3	12	26	62	95	91	102	68	41	18	7	0
		42	139	37	-43	-47	- 8	-50	32	41	61	45	23
1947		31	6	87	62	54	33	73	52	64	18	115	104
		1	8	24	59	94	112	119	116	56	21	8	2
		30	- 2	63	3	-40	-79	-46	-64	8	- 3	107	102
1948		142	51	18	54	44	98	89	112	31	28	21	47
		4	15	34	60	91	96	90	74	43	20	4	2
		138	36	-16	- 6	-47	2	- 1	38	-12	8	17	45
1949		40	25	35	55	66	20	41	50	67	54	110	101
		2	11	31	63	81	99	106	84	47	21	5	4
		38	14	4	- 8	-15	-79	-65	-34	20	33	105	97
1950		35	117	31	75	72	57	159	123	129	24	108	87
		0	13	29	54	81	116	90	79	35	21	6	0
		35	104	2	21	- 9	-59	69	44	94	3	102	87
1951		86	57	67	83	122	45	92	125	54	14	110	57
		3	10	28	54	87	99	90	65	42	22	8	2
		83	47	39	29	35	-54	2	60	12	- 8	102	55
1952		85	48	44	16	21	41	107	80	44	65	97	90
		3	8	28	62	93	96	94	70	40	19	4	0
		82	40	16	-46	-72	-55	13	10	4	46	93	90

* De Bilt

N = neerslag E_p = verdamping

Tabel 1. (vervolg)

		Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1953	N ₀	19	73	16	61	54	62	71	120	49	14	13	47
	E _p	1	9	27	59	93	89	97	84	47	17	6	10
	N-E _p	18	64	-11	2	-39	-27	-26	36	2	-3	7	47
1954		51	40	39	21	33	78	121	120	85	77	74	71
		4	8	27	60	99	91	79	68	40	21	9	5
		47	32	12	-39	-66	-13	42	52	45	56	65	66
1955		56	41	44	24	79	42	22	54	66	91	14	67
		4	11	27	56	83	98	99	82	42	18	4	13
		52	30	17	-32	-4	-56	-77	-28	24	73	10	64
1956		108	26	34	46	33	52	146	118	54	98	44	46
		3	7	33	47	87	80	79	68	39	18	6	14
		105	19	1	-1	-54	-28	67	50	15	80	38	42
1957		63	101	60	23	60	39	82	204	186	49	38	52
		3	10	32	58	83	117	95	73	35	18	7	2
		60	91	28	-35	-23	-78	-13	131	151	31	31	50
1958		103	90	24	53	59	52	60	98	93	67	29	57
		3	11	26	51	78	88	92	71	46	19	3	1
		100	79	-2	2	-19	-36	-32	27	47	48	26	66
1959		110	6	65	50	9	22	73	106	3	57	38	68
		2	6	30	54	106	122	118	84	60	32	5	4
		108	0	35	-4	-97	-100	-45	22	-57	25	33	60
1960		95	37	28	28	64	62	169	156	51	140	120	87
		4	11	30	57	83	110	81	66	39	17	7	2
		91	26	-2	-29	-19	-48	88	90	12	123	113	85
1961		109	68	48	74	47	57	116	108	71	110	68	148
		2	10	27	46	78	95	77	66	37	18	4	1
		107	58	21	29	-32	-38	39	42	34	92	64	147
1962		106	53	39	82	74	43	69	98	76	50	19	98
		2	11	22	47	61	103	78	74	43	16	4	0
		104	42	17	35	13	-60	-9	24	33	34	15	93
1963		17	14	62	44	50	68	34	161	81	71	103	10
		2	6	26	49	75	102	90	66	41	18	9	-1
		15	8	36	-5	-25	-34	-56	95	40	53	94	11

Tabel 1. (vervolg)

		Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	
1964	N	18	32	45	52	51	59	77	71	60	93	48	92
	E	1	11	27	51	97	105	98	79	48	17	5	3
	N-E ^P	17	21	18	1	-46	-46	-21	-8	12	76	43	89
1965		96	18	56	109	94	89	130	95	63	16	129	190
		4	9	27	41	79	90	71	70	38	20	6	2
		92	9	29	68	15	1	59	25	25	-4	123	138
1966		68	90	93	120	54	144	184	77	40	54	105	178
		3	10	25	43	95	92	75	74	38	17	4	4
		65	80	68	77	41	52	109	83	82	37	101	174
1967		54	33	38	43	26	41	27	80	75	80	82	109
		3	15	32	54	85	83	98	70	37	25	5	2
		51	18	6	-11	-59	-42	-71	-10	38	55	77	107
1968		91	31	39	30	98							
		2	9	33	66	70	85						
		89	22	6	-36	28							