NN31545.0190

190

ALTERRA.
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, Wageningen

Concept NOTA no. 190 dd. mei 1963
De hydrologische bodemconstanten in de polder "De Oude Korendijk" berekend uit pompproeven en laboratoriummetingen in ongeroerde monsters

K.E.Wit

1785556

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
Concept NOTA no. 190 dd. mei 1963

De hydrologische bodemconstanten in de polder "De Oude Korendijk" berekend uit pompproeven en laboratoriummetingen in ongeroerde monsters

K.E.Wit

Inleiding

Voor het berekenen van de intensiteit en de verdeling van de kwel in de polder "De Oude Korendijk", welke is gelegen in het zuidwestelijk gedeelte van de Hoekse waard, dient men uiteraard te beschikken over gegevens betreffende de hydrologische bodemconstanten en de potentiaalgradiënten van het diepe grondwater, zowel in verticale als in horizontale richting.

In deze NOTA zullen de resultaten van een viertal pompproeven worden behandeld, die betrekking hebben op de formatieconstanten.

Uit de beschikbare geologische gegevens zou kunnen worden afgeleid, dat het uitvoeren van pompproeven in bovengenoemde polder weinig moeilijkheden zou geven. De watervoerende laag bevindt zich op een diepte van ongeveer 18 tot 25 m beneden maaiveld, die aan de basis wordt begrensd door stugge kleilagen en aan de bovenkant wordt afgedekt door klei- en veenlagen en sterk slibhoudend fijnzandig materiaal. Het pompfilter is steeds gesteld in de hierboven genoemde watervoerende laag over de gehele dikte. Uit de verrichte metingen tijdens de pompproeven is gebleken, dat de basislaag niet overal een aaneensluitend geheel vormt.

Bij een geperforeerde basislaag wordt eveneens water onttrokken aan een tweede watervoerende laag, die is gelegen op een diepte van 35 tot 90 m beneden maaiveld. Van deze laag, die is samengesteld uit matig fijn zand en kleilagen, zijn echter weinig gegevens beschikbaar. Indien water wordt geleverd door de laatstgenoemde watervoerende laag, kunnen geen standaardoplossingen worden gebruikt, daar meestal te weinig gegevens beschikbaar zijn van de potentiaalverlagingen in deze laag. De verkregen uitkomsten moeten in dat geval als benaderingen worden beschouwd.

Bij drie pompproeven zijn steeds in één boring ongeroerde monsters verzameld, waarin in het laboratorium doorlatendheidsmetingen zijn verricht. Van deze boorkernen is naderhand de granulometrische samenstelling bepaald, waaruit volgens een rekenvoorschrift de door-

latendheid is berekend.

Uit het bovenstaande blijkt dat de formatieconstanten op drie manieren zijn bepaald. Tevens ligt het in de bedoeling de bodemconstanten te berekenen uit de voortplanting van de getijbewegingen. De hiervoor uitgevoerde berekeningen en verkregen resultaten zullen in een aparte nota worden behandeld.

De bedoeling van dit vergelijkend onderzoek is, na te gaan in hoeverre de op verschillende manieren berekende formatieconstanten met elkaar overeenstemmen en eventueel mogelijke afwijkingen vast te stellen.

Achtereenvolgens zullen de pompproeven H2, H32, H24 en H5 worden besproken, waarvan de ligging is aangegeven in figuur 1.

I. POMPPROEF H2

1. Uitvoering

Ten behoeve van bovengenoemde pompproef zijn op een afstand van respectievelijk 90 en 30,8 m van H2 twee boringen uitgevoerd. In de eerste boring (H2b), die tot peilput is afgewerkt, zijn ongeroerde monsters verzameld, terwijl de tweede tot pompput is afgewerkt. Op betrekkelijk korte afstand (0,8 m) van de tot pompput afgewerkte boring zijn peilfilters geplaatst. In eerste instantie zou in deze boring het pompfilter worden gesteld, doch als gevolg van het feit dat onbekenden verschillende voorwerpen in de boorbuizen hebben gedeponeerd, was het noodzakelijk deze boring opnieuw uit te voeren.

Het pompfilter is gesteld op een diepte van 17 tot 25 m beneden maaiveld.

In figuur 2 is de ligging van de verschillende putten en de diepte van de peilfilters aangegeven.

2. Hydrologische gesteldheid

Het lithologisch profiel, afgebeeld in figuur 2, kan hydrologisch als volgt worden ingedeeld:

1. het afdekkend pakket vanaf maaiveld tot een diepte van 18 m
2. de watervoerende laag, gelegen op een diepte van 18 tot 25 m beneden maaiveld
3. de basislaag, bestaande uit een enige meters dikke stugge kleilaag.

De filters op een diepte van globaal 20 en 40 à 50 m worden beinvloed door de getijbewegingen. De fluctuaties bedragen in de laag van 18 tot 25 m beneden maaiveld 2 à 3 cm en op een diepte van 40 à 50 m 3 tot 5 cm. De fluctuaties van de diepste filters van H2 en H15 wijzen op een tweede watervoerende laag van betekenis. De dikte van deze laag is niet met zekerheid vast te stellen, maar ze kan echter enige tientallen meters bedragen.

De middelste filters van H2 en H15 vertonen praktisch geen reactie, als gevolg van het feit dat deze filters tussen diverse kleilagen zijn gesteld.

In ongestoorde toestand is tussen de filters op een diepte van 20 en 40 à 50 m een verticaal drukverschil aanwezig van 5 cm.

In alle boringen is op een diepte van ongeveer 25 m een stugge

kleilaag aangetroffen.

Uit het bovenstaande zou geconcludeerd mogen worden dat de watervoerende laag aan de onderkant wordt begrensd door een systeem van slecht doorlatende lagen. Deze veronderstelling is echter niet juist gebleken; tijdens de pompproef werd in filter II van H2 een daling van 44 cm gemeten, terwijl de filters van H15 in grootte-orde een gelijke daling te zien gaven. Het diepste filter van H2 werd in het geheel niet beïnvloed.

De basislaag vormt dus geen aaneengesloten slecht doorlatende laag maar is naar alle waarschijnlijkheid samengesteld uit een ingewikkeld complex van kleilenzen, die in dikte en omvang variëren.

3. Berekeningen

Daar de grondwaterstijghoogten in de verschillende peilfilters in meer of mindere mate worden beïnvloed door de getijbewegingen, zijn de filters voorafgaande aan de dag, dat de pompproef is uitgevoerd en nadien één dag regelmatig waargenomen.

Uit deze peilingen volgde dat de pompproef ongeveer 1,5 uur na "laag water" is gestart en 3,5 uur na de volgende laag water periode is beëindigd. In vergelijking met de opgewekte daling tengevolge van de pompproef zijn de ongestoorde fluctuaties bij de filters H2b (I) en H2 (II, III) te verwaarlozen, uitgezonderd de laatste twee uur, waarin als correctie een extra daling van 0,5 à 1 cm in rekening dient te worden gebracht. Bij H15 (I, II) is het ongestoorde verloop daarentegen van betekenis voor het verkrijgen van een juiste tijd-potentiaal kromme. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het gemiddeld niveau van de filters van H15 in tegenstelling tot de andere peilputten aan fluctuaties onderhevig is.

In figuur 3 zijn enige voor zover nodig gecorrigeerde tijd-potentiaal krommen weergegeven van de belangrijkste peilfilters.

Op 10 juli 1962 is de pompproef uitgevoerd, waarbij gedurende 14 uur aan het pompfilter water is ontrokken met een debiet van 32 m^3/uur. Ieder uur zijn watermonsters genomen om na te gaan in hoeverre het zoutgehalte van het omgepompte water mettertijd varieerde, zie figuur 4.

In figuur 5 zijn de opgewekte dalingen en stijgingen tengevolge van de pompproef ten tijde t = 1000 minuten bij elk filter aangegeven, terwijl in deze figuur de hydrologische gesteldheid schematisch is voorgesteld.

Het aan het pompfilter onttrokken water is in een sloot gepompt, die evenwijdig aan de raai H2-H2b loopt. De stijging van het slootpeil heeft een stijging in de ondiepe buizen veroorzaakt. De grote stijging bij H2b kan worden verklaard doordat het water zich hier verzamelde.

Uit de tijd-potentiaal krommen in figuur 3 volgt dat het "diepe grondwater" als volkomen spanningswater kan worden gekwalificeerd. Het afdekkend pakket heeft dus een zeer hoge verticale weerstand, waardoor de kans op rondpompen nihil mag worden geacht.

Het opgepompte water wordt geleverd door de watervoerende laag op een diepte van 18 tot 25 m en de watervoerende laag, die op een diepte van 40 m begint. De totale dikte van beide watervoerende lagen kan 50 m of meer bedragen. We hebben hier te maken met een onvolkomen put, waardoor de stroming in de omgeving van de pompput een radiaal verloop zal hebben. Veiligheidshalve kan worden aangenomen dat op een afstand van meer dan 100 m tot de pompput de stroming horizontaal is.

Bij H15 is de stroming horizontaal, getuige de opgewekte dalingen. In figuur 6 is de afpompingskromme van filter I en III van H15 weergegeven. Door deze kromme passend te leggen op de functie W(x), volgt uit de afstand van de beide horizontale assen (DE GLEE):

$$\frac{Q}{4\pi kD} = 0{,}07, \quad kD = \frac{768}{4 \times 3{,}14 \times 0{,}07} \approx \underline{870}\ m^2/dag$$

de afstand tussen de beide verticale assen bedraagt:

$$\frac{4kD}{S} \doteq 7{,}6 \times 10^6, \quad S = \frac{4 \times 870}{7{,}6 \times 10^6} = 4{,}5 \times 10^{-4}$$

De hierboven berekende kD-waarde is de som van het doorlatend vermogen van de twee watervoerende lagen. Deze dient te worden gesplitst in twee waarden, welke respectievelijk gelden voor de eerste en tweede watervoerende laag.

De eerste watervoerende laag is 7 m dik en is samengesteld uit matig grove zanden. De doorlaatfactor van dergelijke afzettingen kan variëren van 30 tot 50 m/dag. Volgens deze aanname kan de kD-waarde van de eerste watervoerende laag 210 tot 350 m^2/dag bedragen en van de tweede 520 tot 660 m^2/dag.

Voor de peilputten H2 en H2b wordt nu de formule van THIEM voor de eerste watervoerende laag toegepast.

$$kD = \frac{Q}{2\pi(h_2 - h_1)} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

Op het debiet Q dient een hoeveelheid water Q' in mindering te worden gebracht, die een cylindermantel met een straal van 50 m rondom de pompput, gelegen beneden de basislaag, binnenstroomt.

$$Q' = 2\pi.r.kD \frac{dh}{dr}$$

Uit figuur 5 volgt voor $\frac{dh}{dr} \approx \frac{0,44 - 0,27}{220} = 0,00077$

I. $k_2D_2 = 520\ m^2/dag$

$$Q' = 2 \times 3,14 \times 50 \times 520 \times 0,00077 \approx 130\ m^3/dag$$

$$k_1D_1 = \frac{(768 - 130)}{6,28 \times 0,37} 1,072 \approx \underline{290}\ m^2/dag$$

II. $k_2D_2 = 660\ m^2/dag$

$$Q' = 2 \times 3,14 \times 50 \times 660 \times 0,00077 \approx 170\ m^3/dag$$

$$k_1D_1 = \frac{(768 - 170)}{6,28 \times 0,37} 1,072 \approx \underline{280}\ m^2/dag$$

Bovenstaande berekeningen leiden globaal tot een eenduidend resultaat; een kD-waarde van 285 m^2/dag voor de eerste watervoerende laag en een kD-waarde van 585 m^2/dag voor de tweede laag.

Voor de peilput op een afstand van 0,80 m tot de pompput en H2 zou de formule van THIEM eveneens kunnen worden gebruikt. De afstand van het diepste filter van de eerste boring tot de pompput is echter niet met zekerheid vast te stellen, daar altijd rekening moet worden gehouden met een afwijking van de verticaal tijdens het boren.

In figuur 7 zijn de dalingen ten tijde t = 1000 minuten uitgezet tegen de afstand tot de pompput. Door de kromme vloeiend door te trekken, kan worden bepaald welk bedrag van de afpomping in de pompput nodig is voor de intrede weerstand van het pompfilter.

Voor de intrede weerstand geldt de volgende formule:

$$c = \frac{hl^2}{Q^2}$$

waarin h = potentiaalverschil tussen de buiten- en binnenkant van het pompfilter in m

l = lengte van het filter in m

Q = debiet in m^3/dag

Substitutie geeft:

$$c = \frac{0,9 \times 8^2}{768^2} \approx 0,0001 \text{ dag}$$

Binnen een straal van 50 m rondom de pompput, bij $k_2D_2 = 585$ m^2/dag, stroomt 150 m^3/dag water door de basislaag in de eerste watervoerende laag. Dit is per oppervlakte-eenheid ongeveer 0,02 m/dag. Het verticaal potentiaalverschil, dat deze stroming veroorzaakt kan grafisch worden afgeleid door in figuur 7 de peilverlaging van filter H2 II aan te geven en door dit punt een kromme te trekken, waarvan de helling iets minder is dan van de eerste. Voor het gemiddeld potentiaalverschil volgt een waarde van 0,8 m.

De verticale weerstand c van de basislaag is:

$$c = \frac{0,80}{0,02} = \underline{40} \text{ dagen}$$

Plaatselijk zal de weerstand veel hoger zijn; het niet reageren van filter H2 I tijdens de pompproef wijst in deze richting.

Het afdekkend pakket heeft een zeer hoge verticale weerstand; op een afstand van 950 m tot de pompput werd bij het ondiepe filter van H29 nog een peilverlaging van enige centimeters gemeten.

In figuur 8 zijn de meetresultaten weergegeven van de kernboring H2b. Voor het afdekkend pakket volgde een c-waarde van ruim 4000 dagen, het lijkt echter niet uitgesloten dat de c-waarde plaatselijk nog hoger zal zijn.

Voor de kD-waarde van de eerste watervoerende laag volgde uit laboratoriummetingen <u>270</u> m^2/dag.

In figuur 4 is het chloorgehalte van het opgepompte water tijdens de pompproef weergegeven. Het chloorgehalte blijkt een regelmatig constant verloop te hebben.

Uit voorgaande bemonsteringen blijkt dat het gemiddeld chloorgehalte in de omgeving van de pompput op een diepte van 20 m iets lager is. Het water op grotere diepte heeft echter een hoger chloorgehalte. Daar hiervan ook een gedeelte wordt geleverd voor het debiet, lijkt het verloop van de kromme vrij aannemelijk.

4. Samenvatting

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de voorgaande uitgevoerde berekeningen en metingen weergegeven.

Laag	Diepte	Kernboring H2b	Pompproef
Afd. pakket	0-18 m	c = 4250 dagen	
1e waterv. laag	18-25 m	kD = 270 m^2/dag	kD = 285 m^2/dag; S = $4,5 \times 10^{-4}$
Basislaag	25-40 m		c = 40 dagen
2e waterv. laag	40- m		kD = 585 m^2/dag; S = $4,5 \times 10^{-4}$

II. POMPPROEF H32

1. Uitvoering

Bij deze pompproef is gebruikgemaakt van twee bestaande boringen, namelijk H21 en H32. De tot pompput ingerichte boring is gelegen op een afstand van 282 m tot H32 en 300 m tot H21. Er zijn verder nog twee boringen uitgevoerd, H32a en H32b, waarvan de afstand tot de pompput respectievelijk 30 en 90 m bedraagt. In boring H32a zijn boorkernen verzameld, waarin in het laboratorium doorlatendheidsmetingen zijn verricht.

Het pompfilter is gesteld op een diepte van 17,5 tot 33,5 m beneden maaiveld.

In figuur 9 is de ligging van de verschillende boringen en de diepte van de filters aangegeven.

2. Hydrologische gesteldheid

Het lithologisch profiel, figuur 9, kan hydrologisch als volgt worden ingedeeld:

1. het afdekkend pakket vanaf maaiveld tot een diepte van 17 m
2. de watervoerende laag vanaf 17 m tot een diepte van 25 à 34 m
3. de basislaag, samengesteld uit kleiïge en slibhoudende fijnzandige afzettingen.

De invloed van de getijbewegingen resulteert in een fluctuatie van ruim 5 cm in de peilbuis bij H21 en bij de overige filters in de watervoerende laag 1,5 à 2 cm. Het diepste filter van H32 heeft een fluctuatie van ruim 3 cm, waaruit blijkt dat de tweede watervoerende laag een goed doorlatend vermogen heeft.

In ongestoorde toestand is het verticaal drukverschil tussen de filters bij H32 praktisch nihil. In deze boring, die in een geul is geprojecteerd, worden op een diepte van 35 à 40 m weliswaar enige dunne minder goed doorlatende lagen aangetroffen, doch deze hebben waarschijnlijk slechts een geringe verbreiding.

De slecht doorlatende lagen, die bij H21, de pompput, H32a en H32b aan de basis van de watervoerende laag worden aangetroffen, vormen een vrij goed aansnsluitend geheel. Deze veronderstelling wordt bevestigd door waarnemingen, verricht in ongestoorde toestand. Hieruit blijkt dat de grondwaterstijghoogten in de filters II en III van H32 ongeveer twee uur eerder hun extreme waarden bereiken dan in

de filters in de omgeving van de pompput.

In de drie boringen, die ten behoeve van de pompproef zijn uitgevoerd, is op een diepte van 21 m beneden maaiveld een enige meters dikke middelgrove zandige laag aangetroffen.

3. Berekeningen

Zowel voorafgaande aan de dag, dat de pompproef is uitgevoerd, als er na zijn de filters afgebeeld in figuur 9, alsmede filters van in de naaste omgeving gelegen boringen regelmatig waargenomen.

Uit deze peilingen volgde dat het gemiddelde niveau praktisch geen veranderingen heeft ondergaan. Er dient dus alleen rekening te worden gehouden met fluctuaties, veroorzaakt door de getijbewegingen.

De pompproef is gestart ongeveer 1,5 uur voor "hoog water" en beëindigd ruim 4 uur na de volgende laag water periode. Op dit tijdstip hebben de grondwaterstijghoogten, indien geen pompproef zou zijn uitgevoerd, ongeveer weer dezelfde waarde. Voor het verkrijgen van goede tijd-potentiaal krommen zijn correcties toegepast.

Op 24 mei 1962 om 8.31 uur is de pompproef gestart en na 12 uur pompen beëindigd. Tijdens het pompen zijn regelmatig watermonsters genomen. Het eerste uur was het debiet door een lekkage in de zuigleiding 22 m^3/uur, later 26 m^3/uur. Door het kleinere debiet bij de aanvang van de pompproef vertonen de tijd-potentiaal lijnen in figuur 10 een sterke kromming op het punt dat het debiet is opgevoerd. Uit figuur 10 blijkt dat aan het eind van de pompproef geen noemenswaardige dalingen meer optreden, wat er op wijst dat we met onvolkomen spanningswater hebben te maken.

In figuur 11 zijn de opgewekte dalingen en stijgingen tengevolge van de pompproef ten tijde t = 1000 minuten aangegeven. Uit het feit dat de daling in filter H32b I veel minder is dan in filter H32 I en uit het verloop van de tijd-potentiaal kromme van het eerste filter, waarbij de daling pas in de laatste uren van de pompproef optreedt, kan worden aangenomen dat de potentiaalverlaging wordt veroorzaakt vanuit de richting van H32.

Het opgepompte water wordt hoofdzakelijk geleverd door de eerste watervoerende laag, alleen in de omgeving van H32 wordt water aangetrokken uit dieper gelegen formaties. Tevens wordt via het afdekkend pakket freatisch water geleverd.

Het opgepompte water is in een sloot geleid evenwijdig aan de raai, waardoor de ondiepe buizen in de omgeving van de pompput enige

om zijn gestegen. De ondiepe buizen bij H32b en H32 zijn echter gedaald.

In figuur 12 is de afpompingskromme getekend. Door deze passend te leggen op de functie K_o', volgt uit de afstand van de horizontale assen (DE GLEE):

$$\frac{Q}{2\pi kD} = 0{,}195 \text{ m}, \quad kD = \frac{24 \times 26}{6{,}28 \times 0{,}195} \approx \underline{510} \text{ m}^2/\text{dag}$$

en geeft de afstand tussen de verticale assen:

$$\sqrt{kDc} = 750 \text{ m}, \quad c \approx \underline{1100} \text{ dagen}$$

De berekende c-waarde heeft zowel betrekking op de verticale weerstand c_1 van het afdekkend pakket als op die van de basislaag c_2. Het verband tussen deze bodemconstanten wordt aangegeven door de betrekking:

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}$$

1700

$$\frac{1}{1100} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{5000}$$

3100

Uit figuur 13 volgt dat de basislaag een betrekkelijk hoge verticale weerstand heeft. Veronderstellen we dat $1000 \leqslant c_2 \leqslant 10000$ dagen, dan volgt door substitutie: $1300 \leqslant c_1 \leqslant 2200$ dagen.

Figuur 12 biedt ons tevens de mogelijkheid de intrede weerstand van het pompfilter te bepalen:

$$c' = \frac{hl^2}{Q^2} = \frac{0{,}15 \times 16^2}{624^2} = 0{,}0001 \text{ dag}$$

Toepassing van de formule van THIEM voor de filters H32a I en H32b II geeft:

$$kD = \frac{624}{6{,}28 \times 0{,}27} \times 1{,}098 \approx \underline{640} \text{ m}^2/\text{dag}$$

voor de filters H32b II en H32 II, III:

$$kD = \frac{624}{6{,}28 \times 0{,}21} \times 1{,}13 \approx \underline{530} \text{ m}^2/\text{dag}$$

en voor de filters H32b II en H21 I

$$kD = \frac{624}{6{,}28 \times 0{,}27} \times 1{,}206 \approx \underline{440} \text{ m}^2/\text{dag}$$

Bij de laatste twee berekeningen zou een klein bedrag op Q in mindering moeten worden gebracht voor de levering van water door de aangrenzende lagen, doch dit bedrag vormt procentueel slechts een

klein gedeelte van het totale debiet, waardoor de uitkomst weinig wordt beïnvloed.

Doordat de watervoerende laag bij H21 aanmerkelijk dunner is, wordt bij de laatste berekening een lagere kD-waarde gevonden.

Resumerend kunnen we voor de kD-waarde van de eerste watervoerende laag een waarde van 500 tot 550 m^2/dag aanhouden.

In de ondiepe filters van H27 en H8, respectievelijk gelegen op een afstand van 950 en 830 m tot de pompput zijn nog dalingen waargenomen van enige centimeters.

In figuur 13 zijn de verkregen gegevens uit laboratoriummetingen weergegeven. Voor het afdekkend pakket is een c-waarde van 2600 dagen bepaald, terwijl voor de kD-waarde van de watervoerende laag 530 m^2/dag is gevonden. Deze uitkomsten tonen een vrij goede overeenstemming met de uit de pompproef berekende bodemconstanten.

Figuur 14 vertoont het chloorgehalte van het opgepompte water tijdens de pompproef. Het chloorgehalte is in redelijke overeenstemming met de gemiddelde chloorgehalten, bepaald aan eerder aan de filters onttrokken watermonsters.

4. Samenvatting

De verkregen uitkomsten van de in het voorgaande uitgevoerde berekeningen zijn hieronder in tabelvorm samengevat.

Laag	Diepte	Kernboring H32a	Pompproef
Afd. pakket	0-17 m	c ≈ 2600 dagen	1300 ≤ c ≤ 2200 dagen
1e waterv. laag	17-25 à 34 m	kD = 530 m^2/dag	kD = 510,640,630,440 m^2/d.
Basislaag	25 à 34 -		1000 ≤ c ≤ 10000 ? dagen

III. POMPPROEF H24

1. Uitvoering

Deze pompproef is uitgevoerd in de nabijheid van het Haringvliet. Het was noodzakelijk tussen de twee bestaande boringen H24 en H25 nog twee boringen te laten verrichten. Boring H24a, waarin weer ongeroerde monsters zijn verzameld, is tot peilput afgewerkt. De afstand van deze boring tot de pompput bedraagt 102 m, H24 en H25 zijn respectievelijk op een afstand van 30 en 358 m van de tot pompput ingerichte boring gelegen.

Het pompfilter is gesteld op een diepte van 17 tot 27 m beneden maaiveld.

De ligging van de diverse boringen en de diepte van de filters is in figuur 15 weergegeven.

2. Hydrologische gesteldheid

Uit figuur 15 blijkt, dat in het profiel hydrologisch gezien, de volgende lagen kunnen worden onderscheiden:

1. het afdekkend pakket vanaf maaiveld tot een diepte van 17 m
2. de eerste watervoerende laag op een diepte van 17 tot 26 m
3. de basislaag van 26 tot 34 m
4. de tweede watervoerende laag, beginnend op een diepte van 34 m

Doordat bij H16 buitendijks een zeer diepe geul aanwezig is en mede door de korte afstand van de ligging van de pompproef tot de kustlijn, veroorzaken de getijbewegingen fluctuaties, die bij H24 20 tot 35 cm bedragen en verder landinwaarts bij H25 6 cm.

In H24 en in de boring ten behoeve van de pompput is aan de basis van de eerste watervoerende laag een enige meters dikke stugge kleilaag aangetroffen. Bij H24a is echter slechts een dun kleilaagje aangeboord, evenals in H25.

Het drukverschil tussen de filters op een diepte van 20 en 30 à 40 m bedraagt in ongestoorde toestand bij H24 20 cm en bij H25 4 cm. Dit wijst er op dat de basislaag tussen de pompput en H25 plaatselijk weinig of geen betekenis heeft. Dit wordt bevestigd door de voortplanting van de getijbewegingen in de beide watervoerende lagen. Bij H24 bereikt het grondwater in de ondiepe watervoerende laag ruim 1 uur eerder de extreme waarden dan op een diepte van 40 à 50 m, terwijl bij H24a het tijdsverschil praktisch nihil is.

3. Berekeningen

Evenals bij de voorgaande pompproeven, zijn de grondwaterstanden in de dichtstbijzijnde putten voor en na de pompproef regelmatig waargenomen, voor het vaststellen van de fase-vertraging en amplitude-verhouding van de verschillende putten ten opzichte van H16.

Uit deze gegevens is getracht, om het verloop van de grondwaterstanden in de verschillende filters op de dag van de pompproef zo goed mogelijk te benaderen.

Op 25 april 1962 om 8.38 uur is de pompproef gestart en na 12 uur pompen beëindigd, het debiet was 25 m^3/uur.

In figuur 16 is de gecorrigeerde tijd-potentiaal kromme van filter H24 II weergegeven, waaruit blijkt dat we met onvolkomen spanningswater hebben te maken.

In figuur 17 zijn de opgewekte dalingen tengevolge van de pompproef ten tijde t = 1000 minuten bij elk filter aangegeven. De veronderstelling dat de basislaag bij H24a van geringe betekenis is, wordt nogmaals bevestigd. Het opgepompte water wordt geleverd door het gehele watervoerend pakket.

Toepassing van de formule van THIEM voor de filters H24a I, II en H25 I, II, III geeft.

$$kD = \frac{600}{6,28 \times 0,165} \times 1,276 \approx 740 \ m^2/dag$$

Vanwege de hoge verticale weerstand van het afdekkend pakket, wat onder meer kan worden afgeleid uit het praktisch niet reageren van de ondiepe buizen en filter H24a III en de uit laboratoriummetingen berekende c-waarde van ≈ 12000 dagen, is de levering aan freatisch water te verwaarlozen.

De berekende kD-waarde heeft betrekking op het gehele watervoerende pakket. Daar de stroming nog een enigszins radiaal verloop heeft, is de kD-waarde waarschijnlijk nog iets hoger en kan worden geteld op ≈ 800 m^2/dag.

Bij de vorige pompproeven H2 en H32 blijkt de intrede weerstand van het pompfilter 0,0001 dag te zijn. De afpomping bedraagt 3 m. Door substitutie van de bekende factoren in:

$$c' = \frac{hl^2}{Q^2}$$

volgt voor h een waarde van 0,36 m. De potentiaalverlaging aan de buitenkant van het pompfilter bedraagt ≈ 2,6 m.

Toepassing van de formule van THIEM voor de pompput en filter H24 II geeft:

$$kD = \frac{600}{6,28 \times 1,95} \ln \frac{30}{0,04} \approx 320 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Deze laatste berekening moet allereerst worden beschouwd om tot een benadering van de kD-waarde van de eerste watervoerende laag te komen. De verkregen uitkomst komt echter vrij goed overeen met de gemeten waarde van figuur 18.

We kunnen de verkregen waarden aan hun juistheid toetsen door de volgende berekeningen. We passen de formule van THIEM toe voor filter H24 II en H25 III, waarbij een bedrag Q' op het debiet in mindering moet worden gebracht.

$$Q' = 3,14 \times 190 \times 500 \times \frac{(0,21 - 0,055)}{258} \approx 350 \text{ m}^3$$

$$kD = \frac{(600 - 350)}{6,28 \times 0,175} \times \ln \frac{358}{101} \approx \underline{290} \text{ m}^2/\text{dag}$$

Uitvoering van dezelfde berekeningen voor filter H24 II en H24a II geeft:

$$Q' = 3,14 \times 50 \times 500 \times \frac{(0,21 - 0,055)}{258} \approx 50 \text{ m}^3$$

$$kD = \frac{(600 - 50)}{6,28 \times 0,40} \ln \frac{101}{30} \approx \underline{270} \text{ m}^2/\text{dag}$$

Uit bovenstaande berekeningen kunnen we een kD-waarde voor de eerste watervoerende laag aannemen van ≈ 300 m²/dag en voor de tweede ≈ 500 m²/dag.

De verticale weerstand van de basislaag is plaatselijk aan grote variaties onderhevig. In de omgeving van de pompput heeft ze hoge waarde, bij H24a en H25 slechts 10 tot 20 dagen.

Het afdekkend pakket heeft een betrekkelijk hoge weerstand.

4. Samenvatting

De berekende bodemconstanten uit de uitgevoerde pompproef en laboratoriummetingen in ongeroerde monsters is hieronder weergegeven:

Laag	Diepte	Kernboring H24a	Pompproef
Afd. pakket	0-17 m	c = 12000 dagen	
1e waterv. laag	17-26 m	kD = 310 m^2/dag	kD = 320,290,270 m^2/dag
Basislaag	26-34 m		c = 10 - ? dagen
2e waterv. laag	34-		kD = 500 m^2/dag

IV. POMPPROEF H5

1. Uitvoering

Bovengenoemde pompproef is uitgevoerd in het midden van de polder bij H5. Daar deze boring in een geul staat, waarvan omtrent het verloop weinig bekend is, zijn naast de bestaande boringen H5, H6 en H29 een vijftal boringen uitgevoerd. De boring op 30 m afstand tot H5 is tot pompput afgewerkt.

Het pompfilter is gesteld op een diepte van 16 tot 44 m beneden maaiveld.

In figuur 19 en 20 is de ligging van de verschillende putten en de diepte van de peilfilters aangegeven.

2. Hydrologische gesteldheid

In tegenstelling met de andere pompproeven is bij pompproef H5 een kruisraai geprojecteerd.

Uit de figuren 19 en 20 blijkt dat H5 en de pompput in een geul zijn gesteld; omtrent het verdere verloop van deze geul hebben de andere boringen geen nieuwe gegevens opgeleverd.

Het lithologisch profiel, afgebeeld in figuur 19 en 20 kan hydrologisch als volgt worden ingedeeld:

1. het afdekkend pakket vanaf maaiveld tot een diepte van 17 m
2. de eerste watervoerende laag
3. de basislaag, bestaande uit stugge kleilagen; bij H5 en de pompput ontbreken deze lagen
4. de tweede watervoerende laag

Vanwege de grote afstand tot het buitenwater, bedragen de fluctuaties als gevolg van de getijbewegingen slechts enkele centimeters.

In ongestoorde toestand bedraagt het verticaal drukverschil bij H6 10 cm en bij H29 2 cm; tussen de filters bij H5 is dit bedrag praktisch nihil.

3. Berekeningen

Voorafgaande aan de dag dat de pompproef is uitgevoerd en er nu zijn de in de omgeving van de pompput gelegen peilputten regelmatig waargenomen.

De tijd-potentiaalkrommen van alle filters zijn gecorrigeerd; in figuur 21 is deze kromme weergegeven van filter II en III van H5,

Op 25 juli 1962 is de pompproef uitgevoerd, waarbij gedurende 14 uur aan het pompfilter water is onttrokken met een debiet van 41 m^3/uur. Om het uur zijn watermonsters genomen, zie figuur 26.

In de figuren 22 en 23 zijn de opgewekte dalingen ten tijde t = 1000 minuten bij elk filter aangegeven.

Uit het verloop van de tijd-potentiaal kromme valt af te leiden dat we te maken hebben met volkomen spanningswater. Na 10 uur pompen is de afsluiter van de watermeter door het trillen van de motor iets dichtgedraaid, waardoor het debiet afnam. Hierdoor liggen de gemeten potentiaalverlagen in figuur 21 aan het eind van de proef boven de kromme. Nadat de afsluiter weer geheel was geopend, werden weer dalingen gemeten.

Doordat het pompfilter in een geul is gesteld, waarin de stugge kleilagen op een diepte van circa 25 tot 30 m niet worden aangetroffen is tijdens de pompproef water onttrokken aan het gehele watervoerend pakket.

Op een diepte van 40 tot 50 m komen bij H5 dunne kleilenzen en slibhoudend middelfijn zand voor. In boringen in de omgeving zijn op dezelfde diepte eveneens minder goed doorlatende lagen aangetroffen. Als gevolg hiervan zijn op deze diepte potentiaalverschillen in verticale richting van 10 tot 20 cm gemeten.

In figuur 24 is het stromingsbeeld in de omgeving van de pompput weergegeven. Het verloop van de aequipotentiaallijnen is mede afgeleid uit figuur 25. Op een afstand van 20 en 50 m tot de pompput bedraagt de potentiaalverlaging op een diepte van 17 tot omgeveer 40 m beneden maaiveld respectievelijk 80 en 70 cm.

We kunnen de formule van THIEM toepassen voor r_1 = 20 en r_2 = 50 m waarbij op het debiet een bedrag Q'' in mindering moet worden gebracht, dat een denkbeeldige cylinder met als straal 30 m rondom de pompput van onderen binnenstroomt.

De verticale doorlatendheid, berekend uit de granulaire analyse, is tussen de aequipotentiaallijnen 70 en 60 cm ≈1 m/dag. De verticale weerstand $c = \frac{D''}{k''} = \frac{3}{1} = 3$ dagen.

De hoeveelheid water, die de cylinder van onderen binnenstroomt is:

$$Q'' = 3{,}14 \times 30^2 \times \frac{0{,}1}{3} = 93 \ m^3$$

$$kD = \frac{984 - 93}{2 \times 3,14 \times 0,10} \ln \frac{50}{20} \approx 1300 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Bij het berekenen van Q'' kan eigenlijk alleen het nemen van een onjuiste afstand tussen de aequipotentiaallijnen 70 en 60 cm in figuur 21 een te hoge of te lage uitkomst geven. Indien de afstand te klein is genomen, wordt de kD-waarde groter; als extreem geval kan worden beschouwd dat $Q'' = 0$, waarbij kD ≈ 1440 m^2/dag. Zou de afstand te groot zijn genomen, bijvoorbeeld een factor 3, dan wordt voor de kD-waarde ≈ 1000 m^2/dag gevonden. In dat geval bedraagt bij H5 het verticaal potentiaalverschil van 40 tot 48 m ongeveer 5 cm, hetgeen een doorlatendheid van 10 tot 15 m/dag in deze laag oplevert. Dit is niet in overeenstemming met de uit de granulaire analyse afgeleide doorlatendheid.

Uit het bovenstaande volgt dat een kD-waarde van 1250 tot 1350 m^2/dag vrij aannemelijk lijkt voor het watervoerend pakket van 17 tot ongeveer 40 m beneden maaiveld.

Voor de kD-waarde, berekend uit de granulaire analyse van pulsmonster van H5, is $\approx$ 680 m^2/dag berekend.

Uit de peilverlagingen, gemeten in filter II en III van H5 en uit de profielbeschrijving kan worden afgeleid dat de doorlatendheid in de laag van 17 tot ruim 40 m beneden maaiveld vrij uniform is. Dit betekent dat het debiet gelijkmatig is verdeeld over het pompfilter.

In figuur 24 is de begrenzing aangegeven van het water dat door beide watervoerende lagen wordt geleverd.

De hoeveelheid water Q', dat tussen H5 en H5a en H5b door de bovenste watervoerende laag stroomt is bij benadering:

$$Q' = \frac{z_1}{z_1 + z_2} Q = \frac{10,5}{23} 984 \approx 450 \text{ m}^3$$

Toepassing van de formule van THIEM geeft voor $r_1 = 30$ m en $r_2 = 90$ m

$$k_1D_1 = \frac{450}{2 \times 3,14 \times 0,20} \ln \frac{90}{30} \approx 400 \text{ m}^2/\text{dag}$$

In figuur 22 en 23 zijn de gemeten potentiaalverlagingen aangegeven. Hieruit blijkt dat de stroming in de eerste watervoerende laag gedeeltelijk kan worden gevoed met water uit de tweede watervoerende laag.

Voor deze stroming geldt:

$$k_1D_1 = \frac{\left[Q - 6{,}28\ (h_1' - h_2')\ k_2D_2 / \ln\frac{r_2}{r_1}\right]}{6{,}28\ (h_1 - h_2)} \ln\frac{r_2}{r_1}$$

waarin h_1' en h_1 de verlaging voorstellen respectievelijk in de tweede en eerste watervoerende laag bij een afstand van r_1 tot de pompput.

In figuur 25 zijn de afpompingskrommen voor beide watervoerende lagen getekend. Voor de eerste laag zijn een redelijk aantal gegevens beschikbaar, voor de tweede laag zijn alleen de diepe filters van H6 en H29 beschikbaar. Filter I van H5 ligt beneden de afpompingskromme, doordat dit filter te dicht bij de onvolkomen put ligt.

De afpompingskromme is getekend, uitgaande van een evenredigheid tussen de dalingen van de filters I en III van H6 en H29.

Uit de twee afpompingskrommen valt de volgende gemiddelde betrekking af te leiden.

$$k_1D_1 = 625 - 0{,}34\ k_2D_2$$

Substitutie van enige waarden van k_1D_1 in bovenstaande betrekking geeft:

k_1D_1 (m^2/dag)	k_2D_2 (m^2/dag)
100	1545
200	1250
300	955
400	662
500	368

Uit het feit dat de middelste filters van H6 en H29 praktisch niet hebben gereageerd mag de conclusie worden getrokken dat de geperforeerde basislaag een relatief hoge weerstand heeft.

Uit figuur 24 volgt dat door de eerste en tweede watervoerende laag bij benadering respectievelijk 450 en 530 m^3 is geleverd.

Substitutie van deze waarden in de formule van THIEM geeft voor:

a. de eerste watervoerende laag, $r_1 = 90$ en $r_2 = 270$

$$kD = \frac{450}{2 \times 3{,}14 \times 0{,}27} \ln 3 \approx 290\ m^2/dag$$

b. de tweede watervoerende laag, $r_1 = 90$ m en $r_2 = 90$ waarbij het potentiaalverschil tussen de twee filters is afgelezen in figuur

$$k_2D_2 = \frac{530}{2 \times 3{,}14 \times 0{,}09} \ln 3 \approx \underline{1000}\ m^2/dag$$

De combinatie van deze twee waarden komt goed overeen met de afgeleide betrekking van figuur 25.

Voor de eerste watervoerende laag is de formule toegepast voor $r_1 = 30$; $r_2 = 90$ en $r_1 = 90$; $r_2 = 270$ m met als uitkomst 400 en 290 m^2/dag. Wanneer we bedenken dat bij de berekening tussen $r_1 = 30$ en $r_2 = 90$ wellicht iets grovere afzettingen voorkomen tengevolge van de geul, terwijl de kleilagen op een diepte van 25 à 30 m gedeeltelijk ontbreken, lijkt een hogere kD-waarde hier vrij aannemelijk.

In figuur 26 is het chloorgehalte van het opgepompte water tijdens de proef aangegeven. De eerste 8 uur is het chloorgehalte ongeveer 1,6 g Cl^-/l, hetgeen overeenkomt met het gemiddeld chloorgehalte van de aan filter H5 II en III onttrokken watermonsters. Uit het chloorgehalte van het opgepompte water volgt dat weinig water is geleverd uit de diepere lagen in de omgeving van de pompput. Het chloorgehalte van een filter H5 I onttrokken watermonster was namelijk 5,2 g Cl^-/l.

4. Samenvatting

De berekende bodemconstanten uit de uitgevoerde pompproef en de granulaire analyse van pulsmonsters van H5 zijn hieronder samengevat.

Laag	Diepte	H5 (granulaire analyse)	Pompproef
Afd. pakket	0-17 m		
1e waterv. laag	17-27 m	kD = 680 m^2/dag/ (diepte 17 tot 40 m)	bij H5 kD=1300 m^2/dag (diepte 17 tot 40 m) kD=400 m^2/dag; kD=290 m^2/d.
Basislaag	27-33 m		c = 3 tot 500 dagen
2e waterv. laag	33-		kD = 1000 m^2/dag

Slotbeschouwing en vergelijking van de verkregen resultaten

Voor het bepalen van de formatieconstanten in de polder "De Oude Korendijk" zijn verschillende methoden naast elkaar toegepast; ten eerste om de bodemconstanten zo nauwkeurig mogelijk vast te stellen en ten tweede om mogelijke onvolkomenheden in deze methoden op te sporen.

In bovengenoemde polder zijn vier pompproeven uitgevoerd. Bij drie hiervan zijn steeds in één boring ongeroerde monsters verzameld, waarin in het laboratorium de doorlatendheid is bepaald. Naderhand is van deze monsters de granulometrische samenstelling bepaald, waaruit volgens een rekenvoorschrift de doorlatendheid is berekend. Daarnaast is de granulometrische samenstelling bepaald van een groot aantal pulsmonsters, afkomstig van diverse pulsboringen, waaruit eveneens de doorlatendheid is berekend.

In tabel 1 zijn de resultaten samengevat, berekend uit de pompproeven, de doorlatendheidsmetingen in het laboratorium en de granulaire analyse van kern- en pulsmonsters, afkomstig van boringen die bij de vier pompproeven behoren.

Tabel 1

De berekende formatieconstanten

	kD-waarde van de 1e watervoerende laag diepte 18 tot 25 m - m.v.				kD-waarde van de 2e watervoerende laag, vanaf 35 m - m.v.
pompproef	uit pompproef	uit lab. metingen in onger. monsters	uit gran. analyse v. onger. monsters	uit gran. analyse v. pulsmonsters	uit pompproef
H2	285	270(H2b)	310(H2b)	60(H2)	585
H32	560	530(H32a)	480(H32a)		
H24	290	310(H24a)	320(H24a)		500
H5	290				1000
H5	1300(H5)			680(H5)	

Daar bij de pompproef H32 en H5 de pompput en/of enige peilputten in een geul waren gesteld, zijn relatief hoge waarden voor k_1D_1 berekend. Ten aanzien van de hydrologische toestand van de gehele polder zal deze geul echter van weinig betekenis zijn.

Laten we pompproef H32 en peilput van H5 buiten beschouwing, dan vinden we als gemiddelde waarde voor de kD-waarde van de eerste water-

voerende laag: 290 m^2/dag. Voor de gehele polder kunnen we voor k_1D_1 300 m^2/dag aanhouden.

Voor de tweede watervoerende laag wordt als gemiddelde voor k_2D_2 700 m^2/dag berekend. Voor het berekenen van de kwel is de k_2D_2-waarde langs de rand van de polder een bepalende factor. Daar bij de pompproeven H2 en H24a voor k_2D_2 500 tot 600 m^2/dag is gevonden, is k_2D_2 voor de gehele polder gesteld op 600 m^2/dag.

Wanneer we de resultaten vergelijken van de uit pompproeven en laboratoriummetingen in ongeroerde monsters verkregen waarden, blijkt er een zeer goede overeenstemming te bestaan. Uit de granulaire analyse van ongeroerde monsters is een kD-waarde berekend, die gemiddeld gelijk is aan de waarden, verkregen uit de pompproeven en de laboratoriummetingen. De uit de granulaire analyse van pulsmonsters berekende waarde is echter veel kleiner.

In tabel 2 is de berekende kD-waarde van de eerste watervoerende laag uit de granulaire analyse van een aantal pulsboringen weergegeven.

Tabel 2

De berekende kD-waarde uit de granulaire analyse van een aantal pulsboringen

Boring	kD (m^2/dag)	
H1	21	
H3	25	
H4	157	gemiddeld ≈ 150 m^2/dag
H9	89	
H16	412	
H30	231	

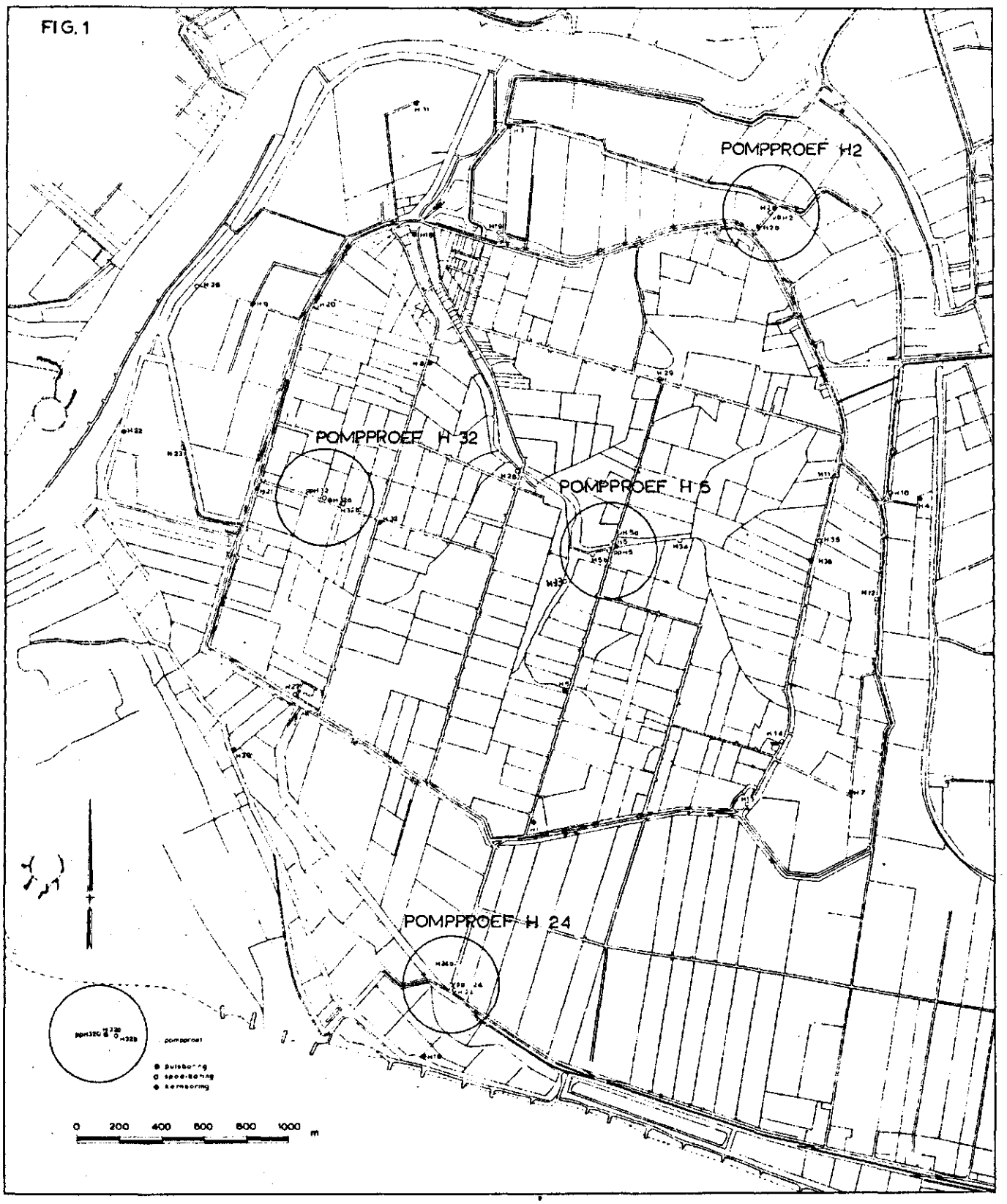
Uit het bovenstaande blijkt dat de berekende kD-waarde uit de granulaire analyse van pulsmonsters voor bovengenoemde polder een te lage uitkomst oplevert.

In de figuren 27 tot en met 29 is de granulometrische samenstelling van de ongeroerde monsters, afkomstig van H2b, H32a en H24a, de gemeten verticale en horizontale en de berekende doorlatendheid weergegeven. De berekende doorlatendheid blijkt bij de lage doorlatendheden redelijk overeen te stemmen met de gemeten waarde, bij de hoge doorlatendheden is de berekende groter. In figuur 30 is de berekende waarde uitgezet tegen de gemeten, bij doorlatendheden < 40 m/dag zijn de gemeten en berekende waarden gemiddeld aan elkaar gelijk. Wanneer

de doorlatendheid > 40 m/dag, is de berekende doorlatendheid een 20% te hoog.

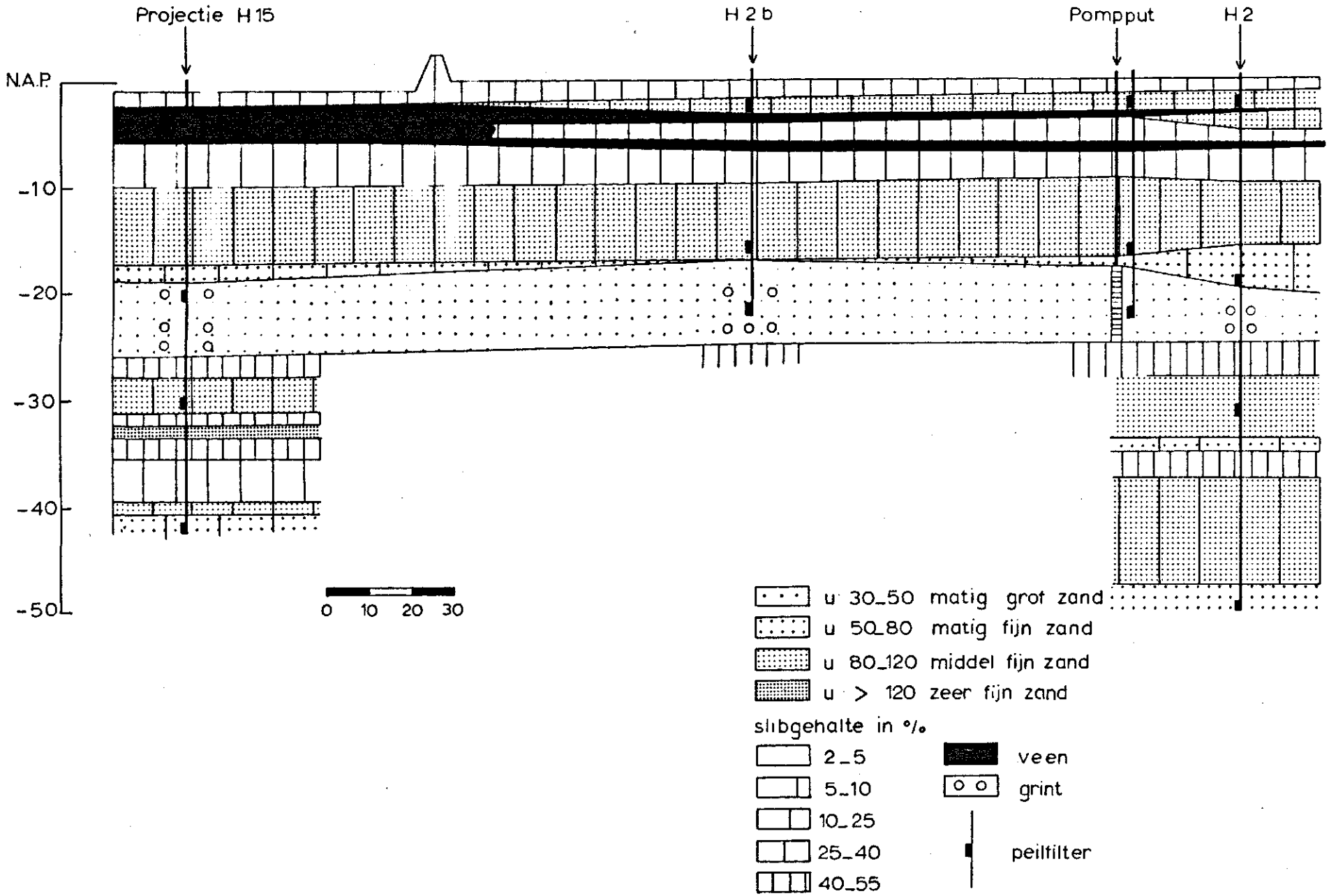
Uit de vier pompproeven komt duidelijk naar voren dat de verticale weerstand van het afdekkend pakket bij pompproef H5 en H2 groter is dan bij H24 en H32. Bij het berekenen van de intensiteit en verdeling van de kwel dient er rekening mee te worden gehouden dat in het westelijk gedeelte van de polder het afdekkend pakket een lagere weerstand heeft dan in het oostelijk gedeelte.

FIG. 1



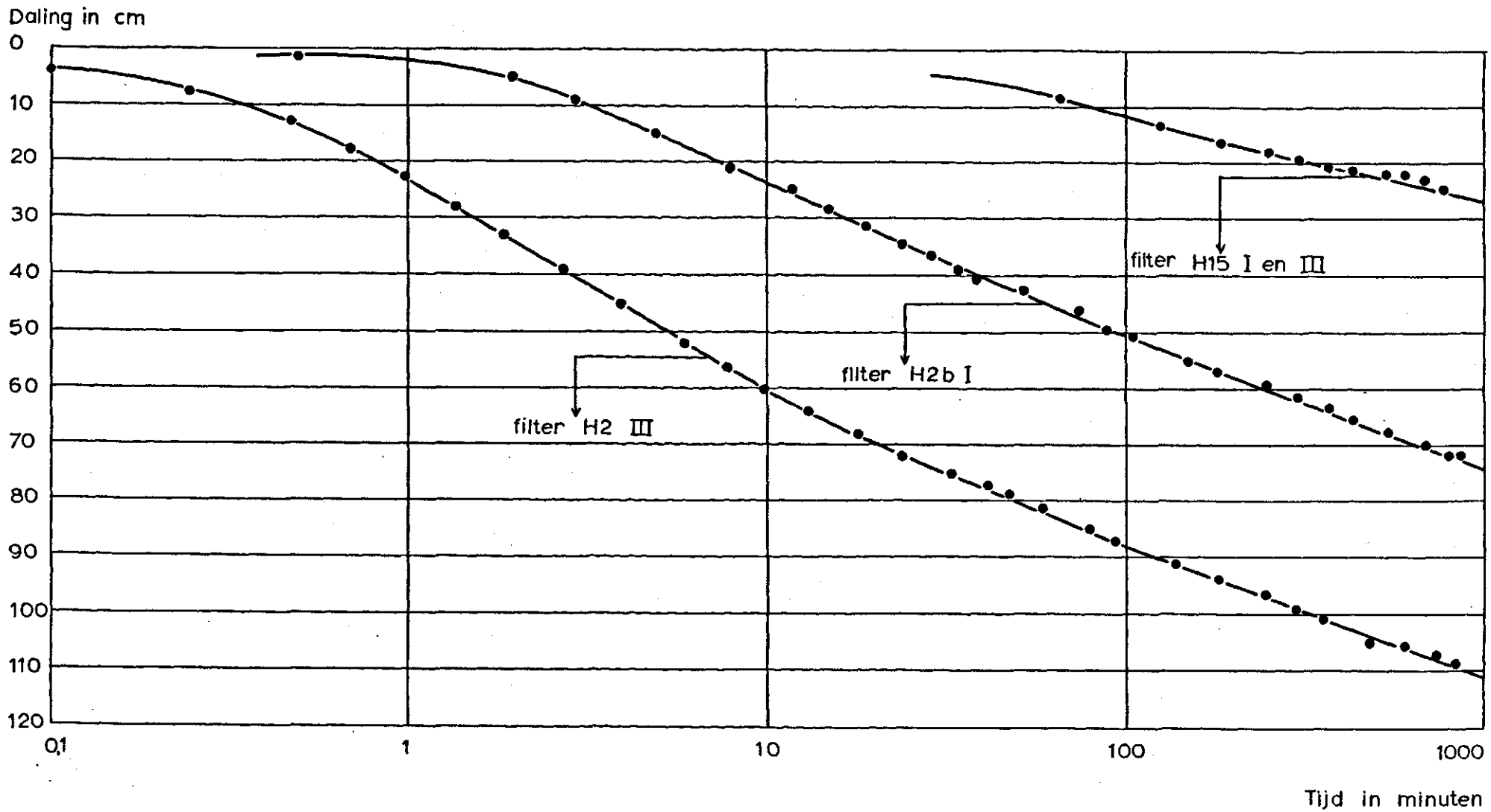
63c.66.1/7b

Fig.2 LITHOLOGISCH PROFIEL POMPPROEF H2



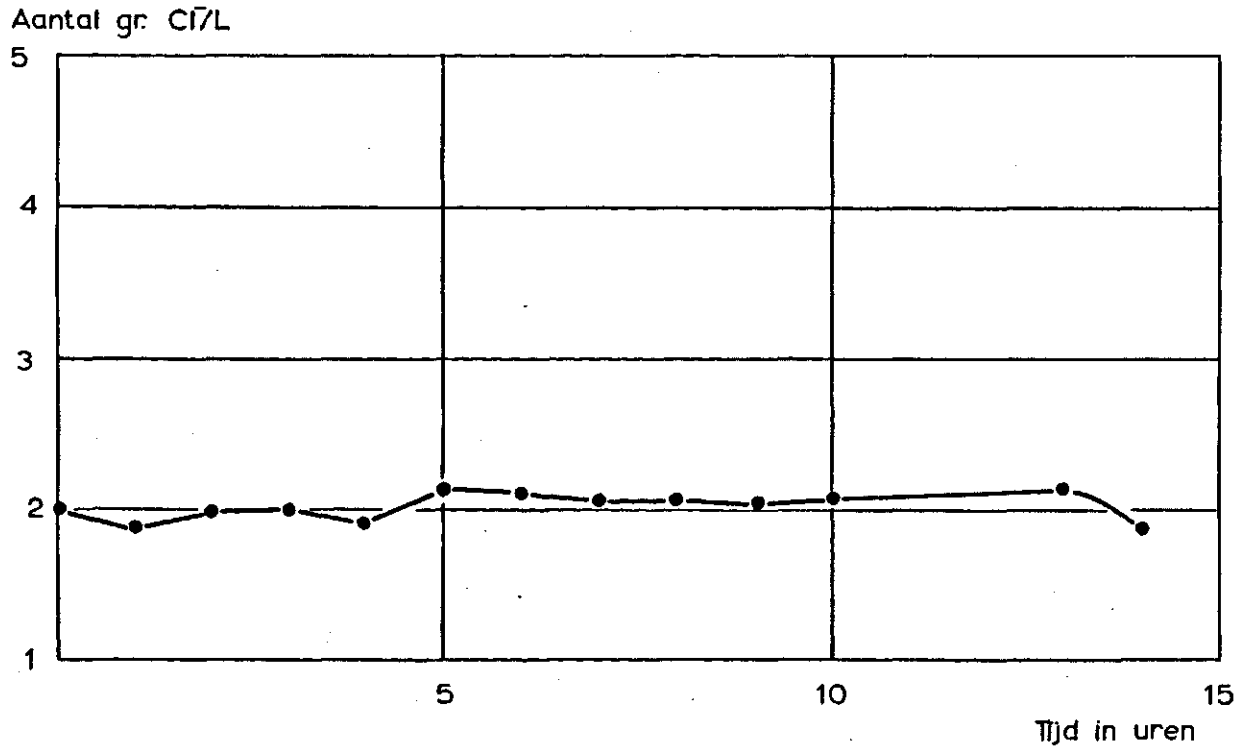
63 c. 42. 7/7b

Fig.3 TIJD-POTENTIAAL KROMMEN



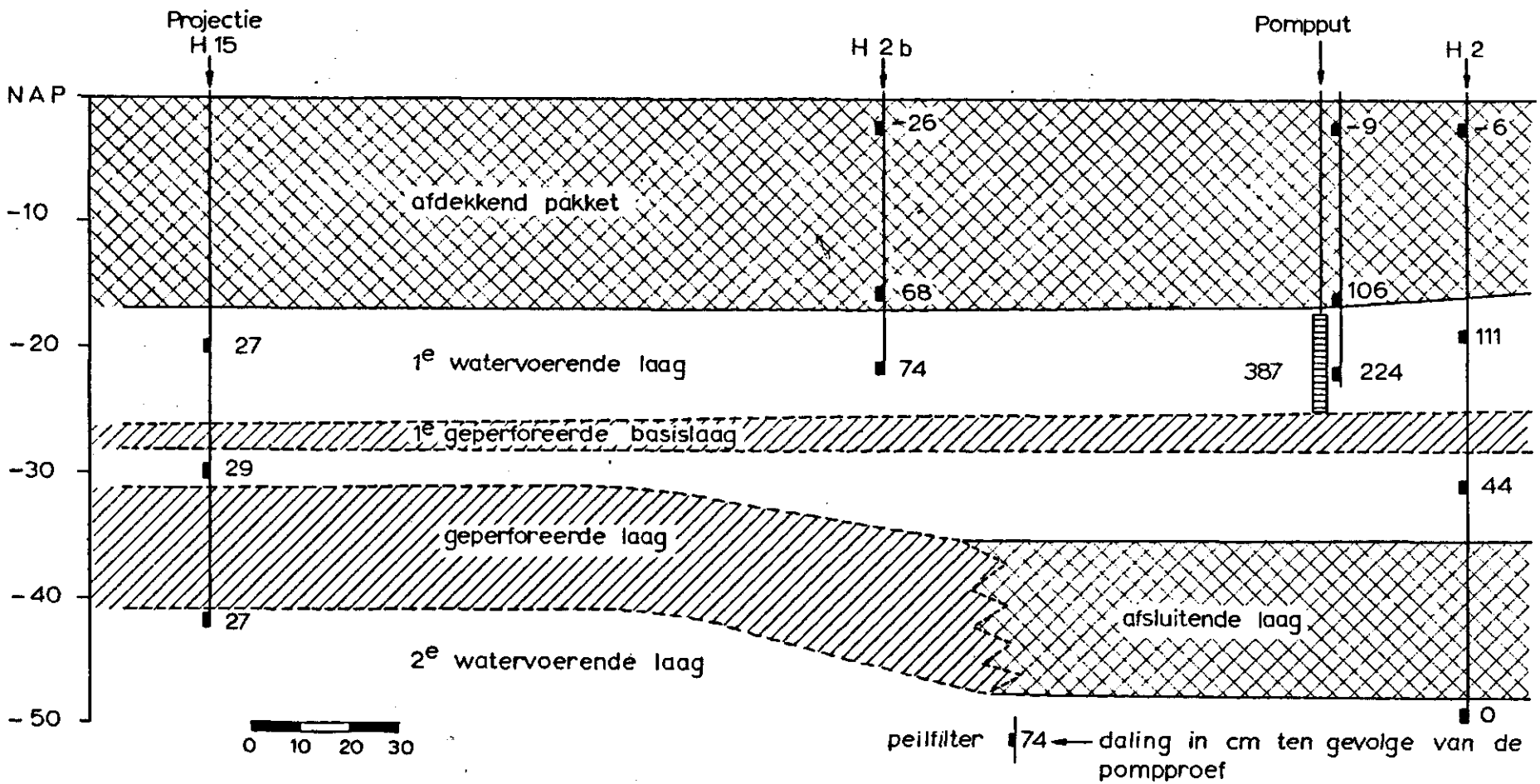
63c.31.5/

Fig.4 HET CHLOORGEHALTE VAN HET OPGEPOMPTE WATER TIJDENS DE POMPPROEF



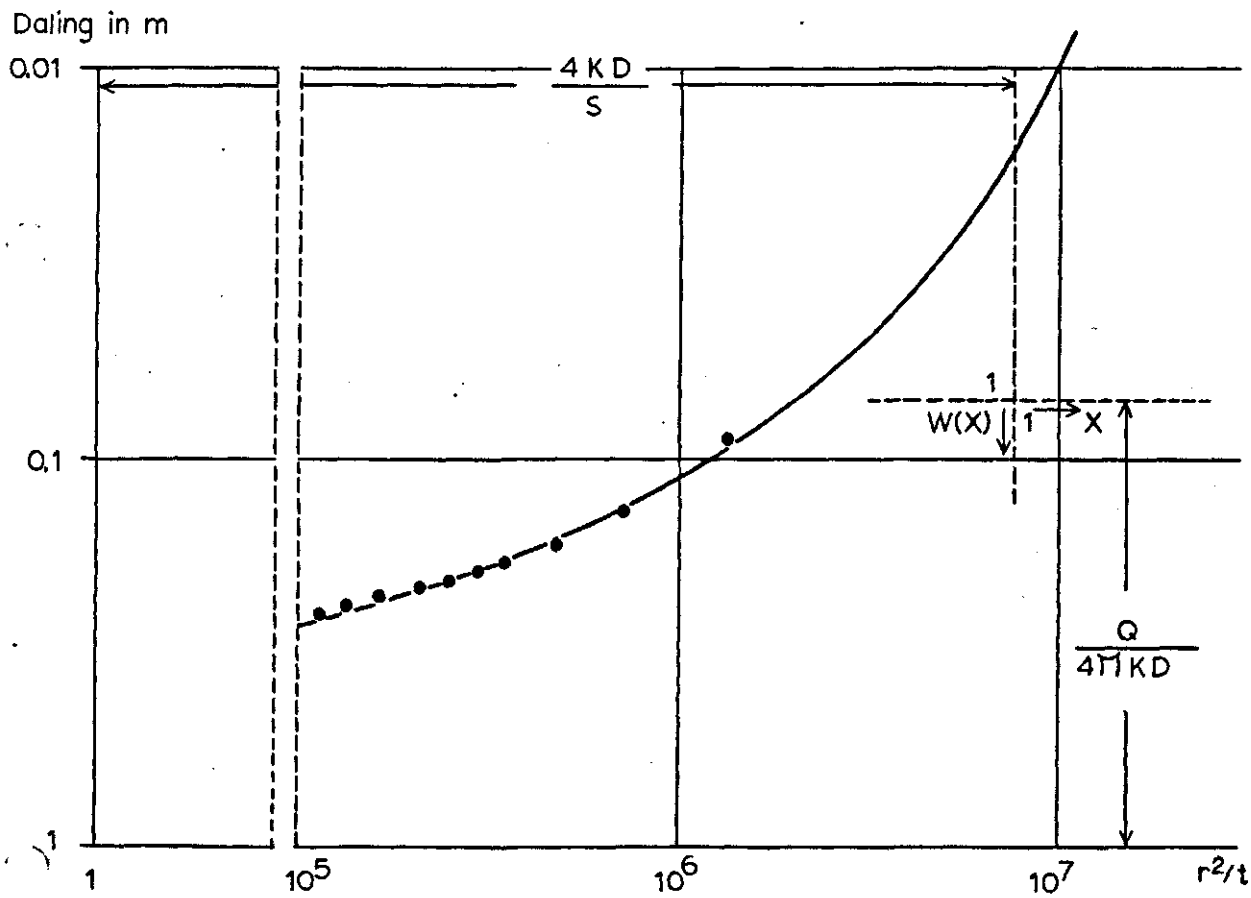
63c.31.6/7b

Fig.5 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE HYDROLOGISHE GESTELDHEID



63c. 31.1 /7b

Fig.6 AFPOMPINGSKROMME VAN PEILFILTER I EN III VAN H 15



63c.31.7/7b

Fig.7 AFPOMPINGSKROMME VOOR HET BEPALEN VAN DE INTREDE WEERSTAND VAN HET POMPFILTER

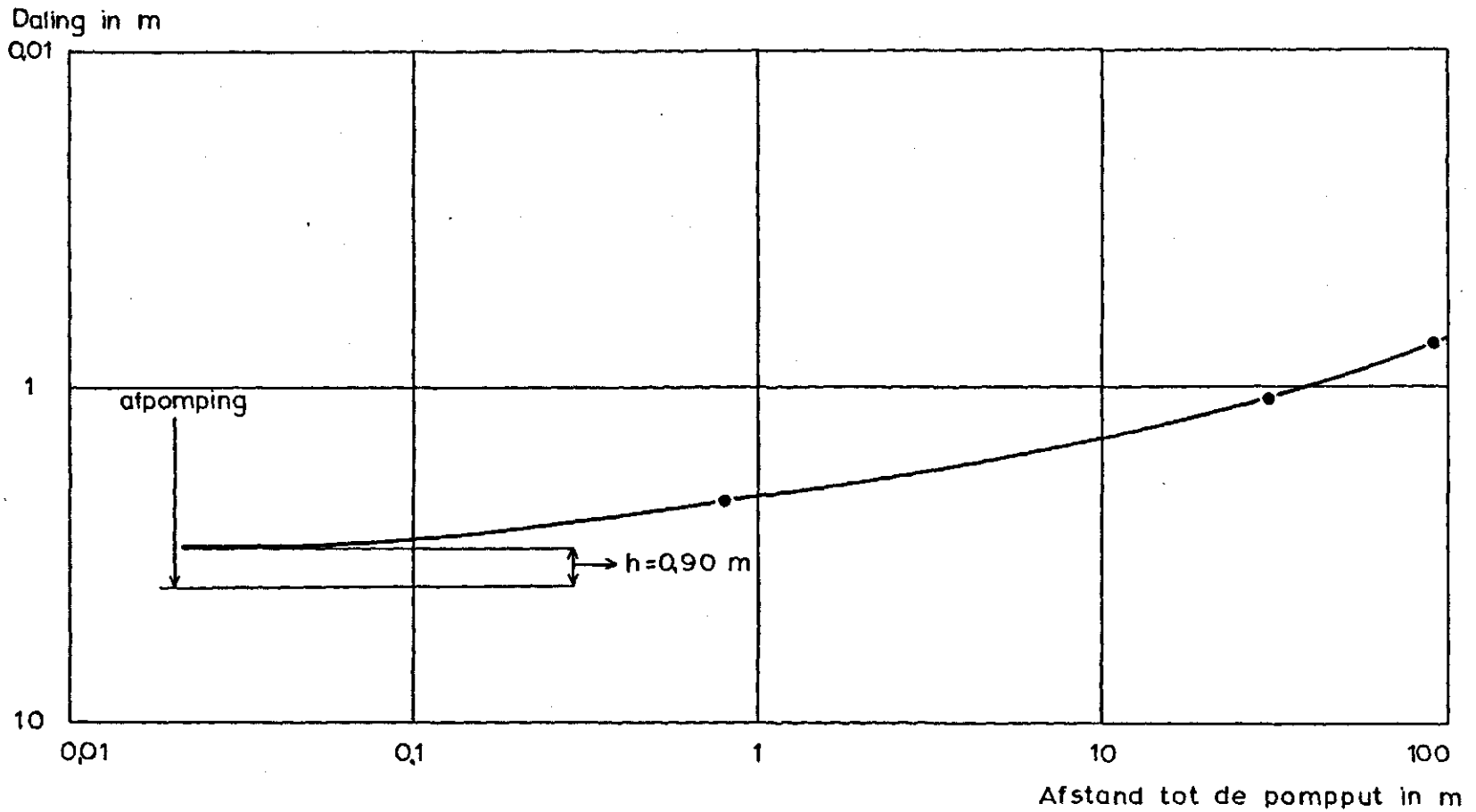
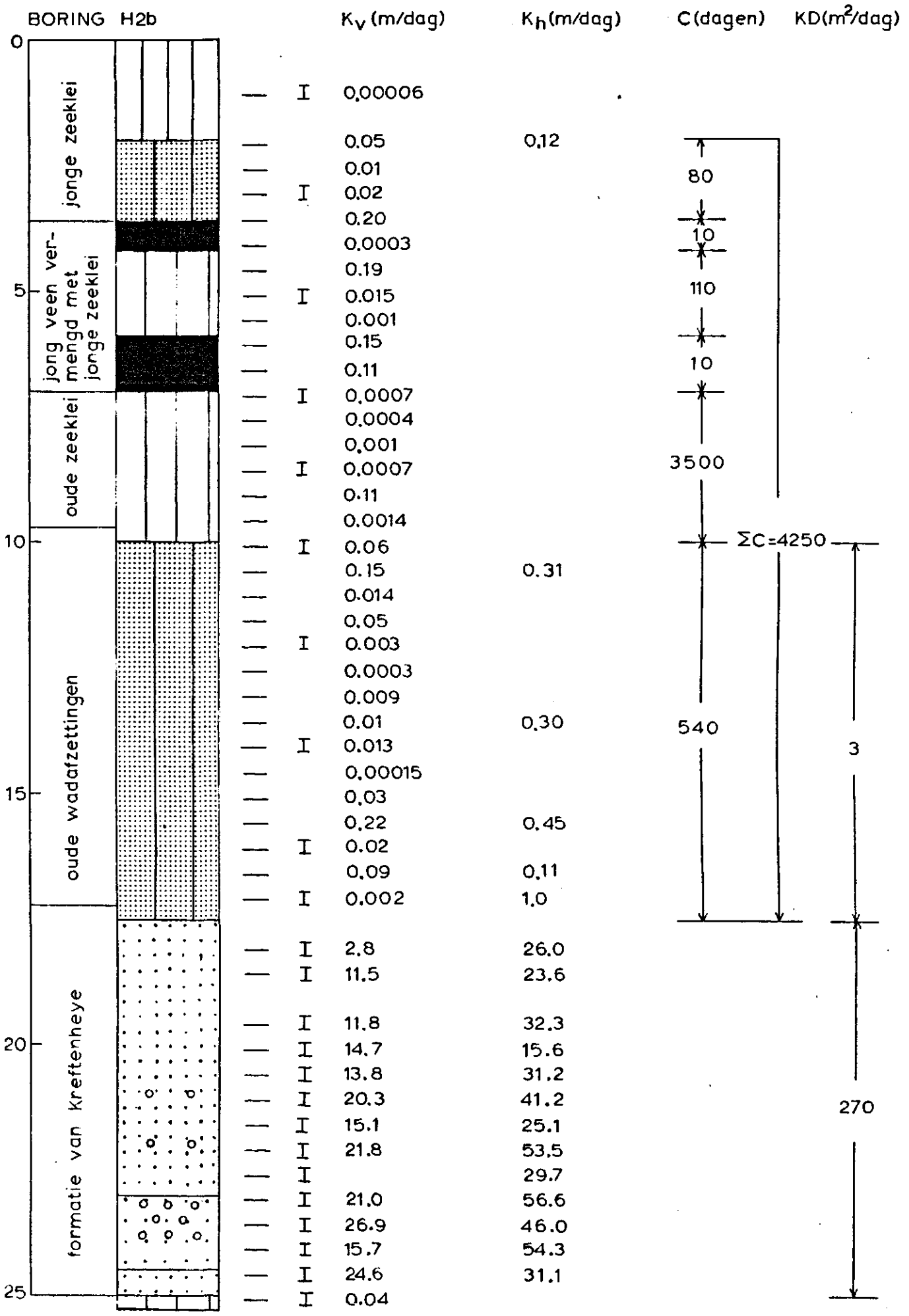


Fig.8 KERNBORING H2b MET DE GEMETEN HORIZONTALE (K_h) EN DE VERTIKALE (K_v) DOORLAATFACTOREN



I monster waarvan de granulometrische samenstelling is bepaald

u 20_30 middelgrof zand

u 30_50 matig grof zand

u 50_80 matig fijn zand

u 80_120 middelfijn zand

slibgehalte in %

5 _10

10_25

25_40

veen

grint

63a.55.10/7b

Fig.9 LITHOLOGISCH PROFIEL POMPPROEF H32

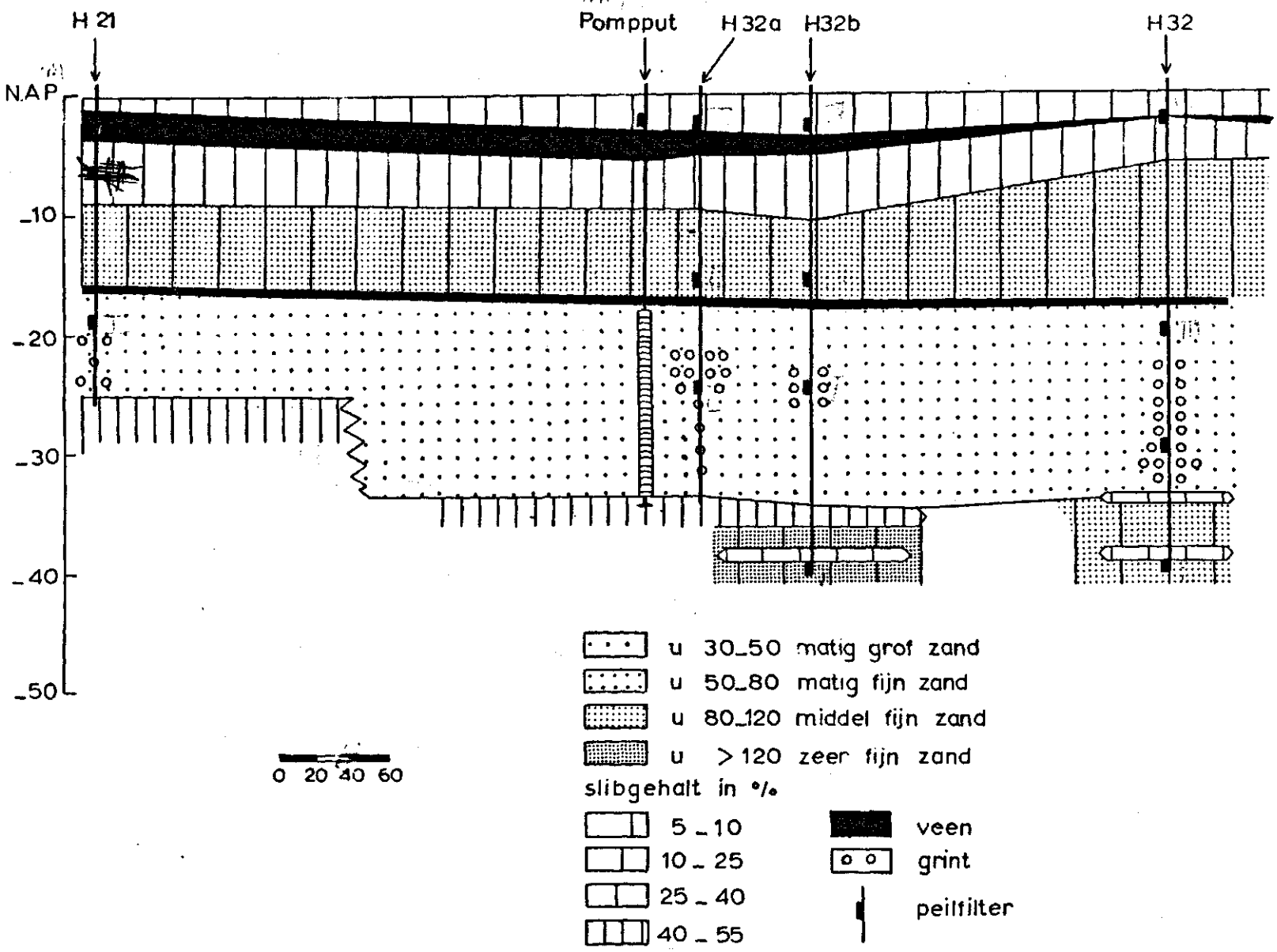
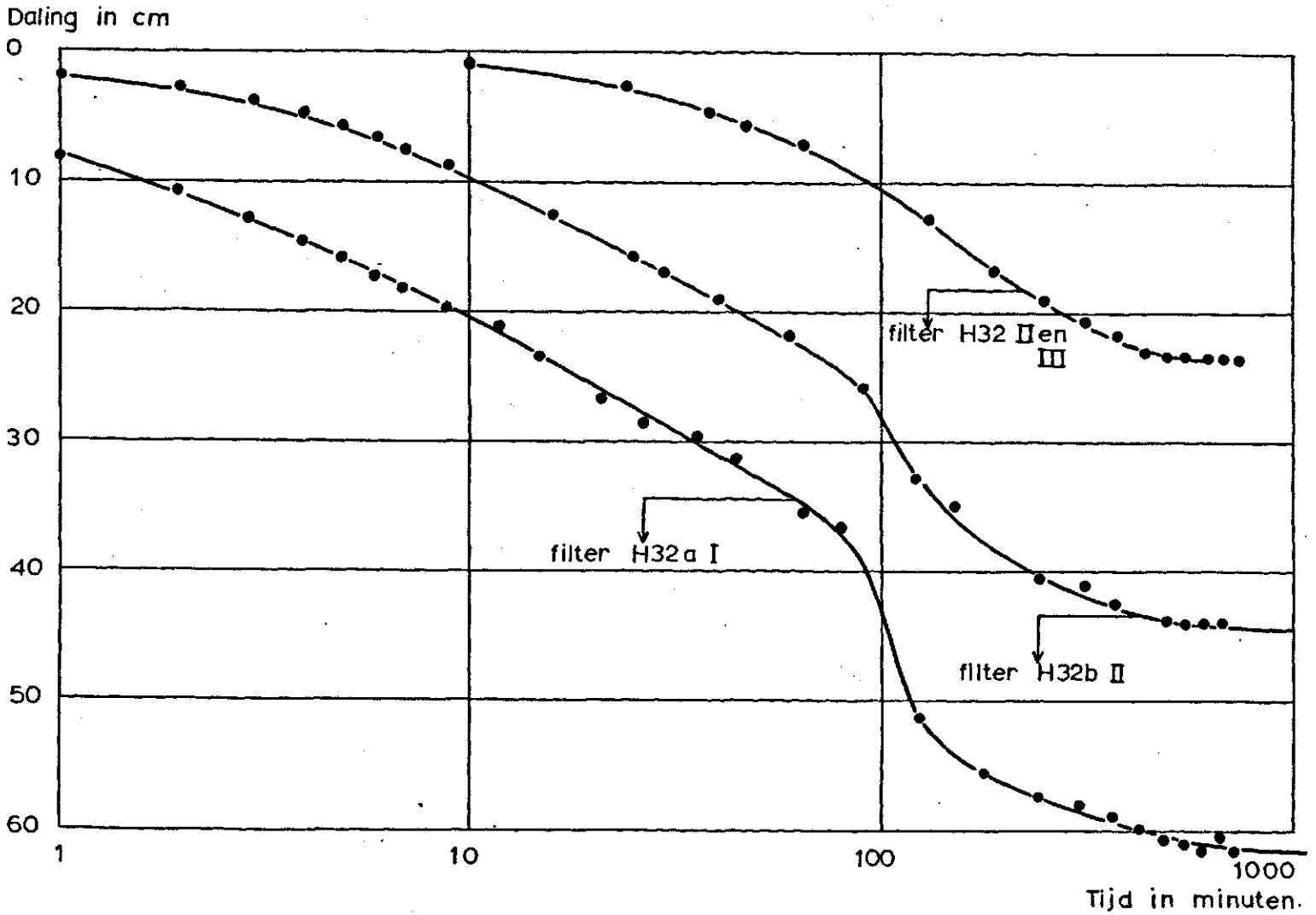


Fig.10 TIJD-POTENTIAALKROMMEN



63C.31.3/7b

Fig.11 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE HYDROLOGISCHE GESTELDHEID

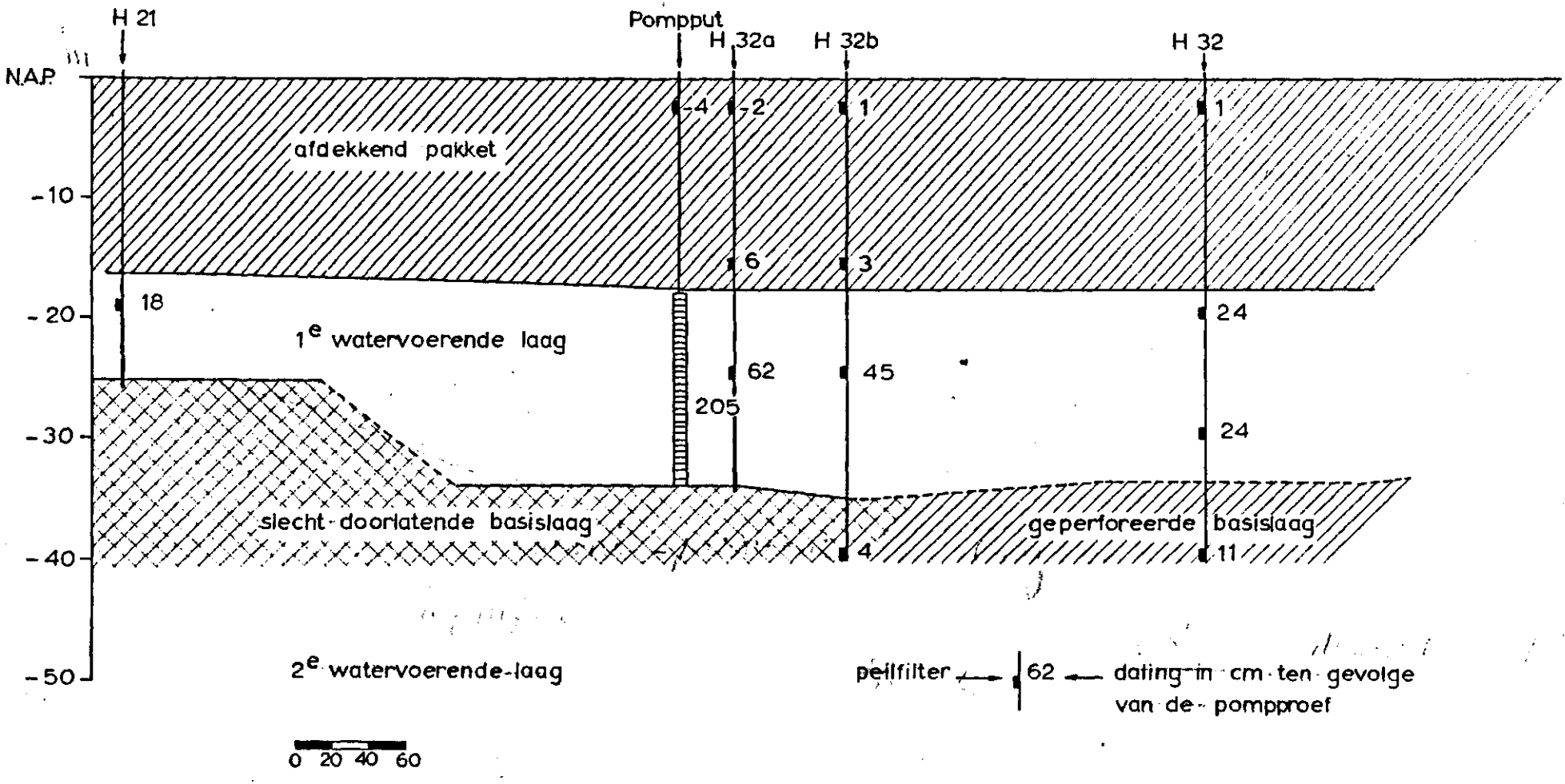
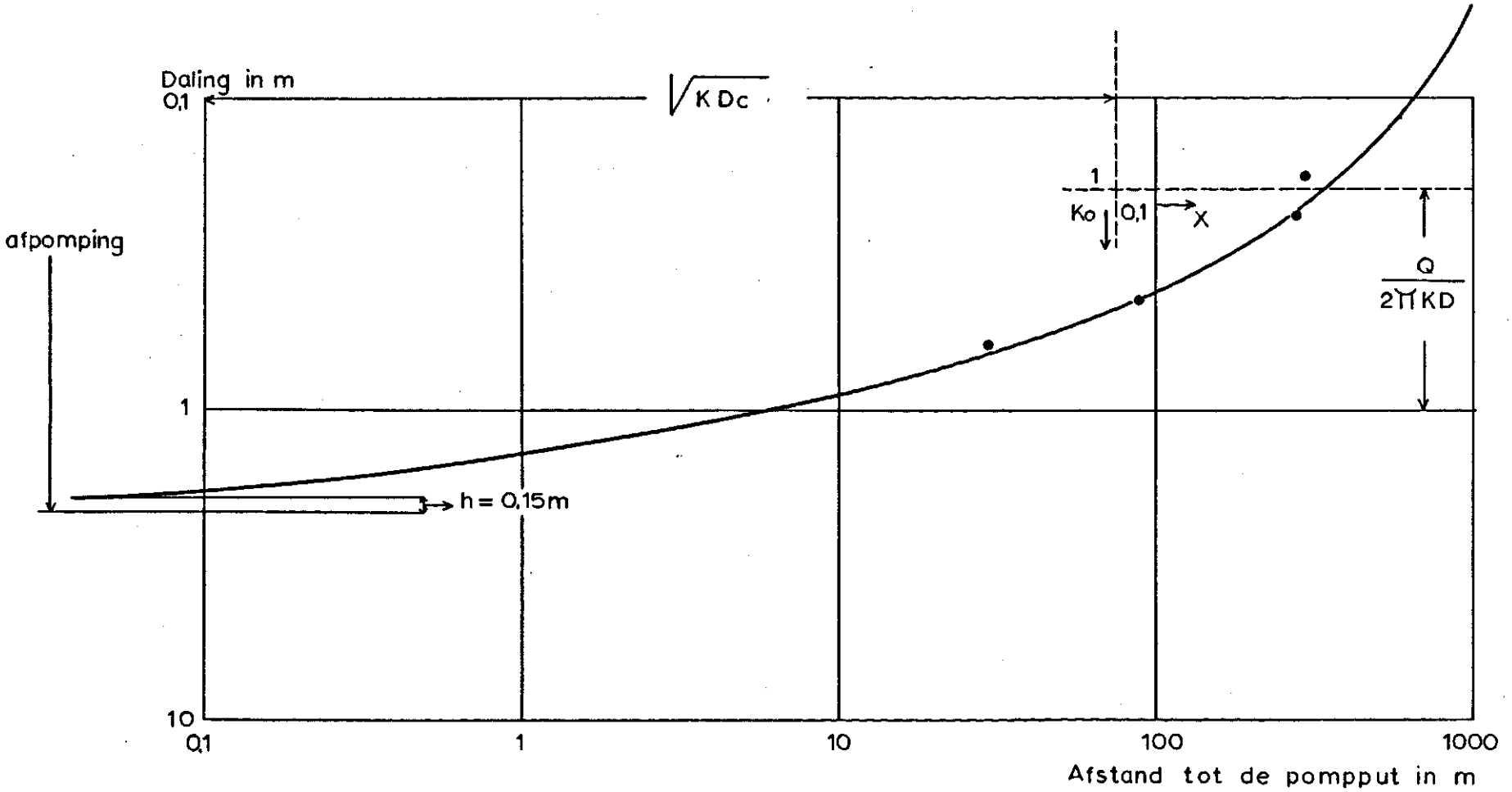
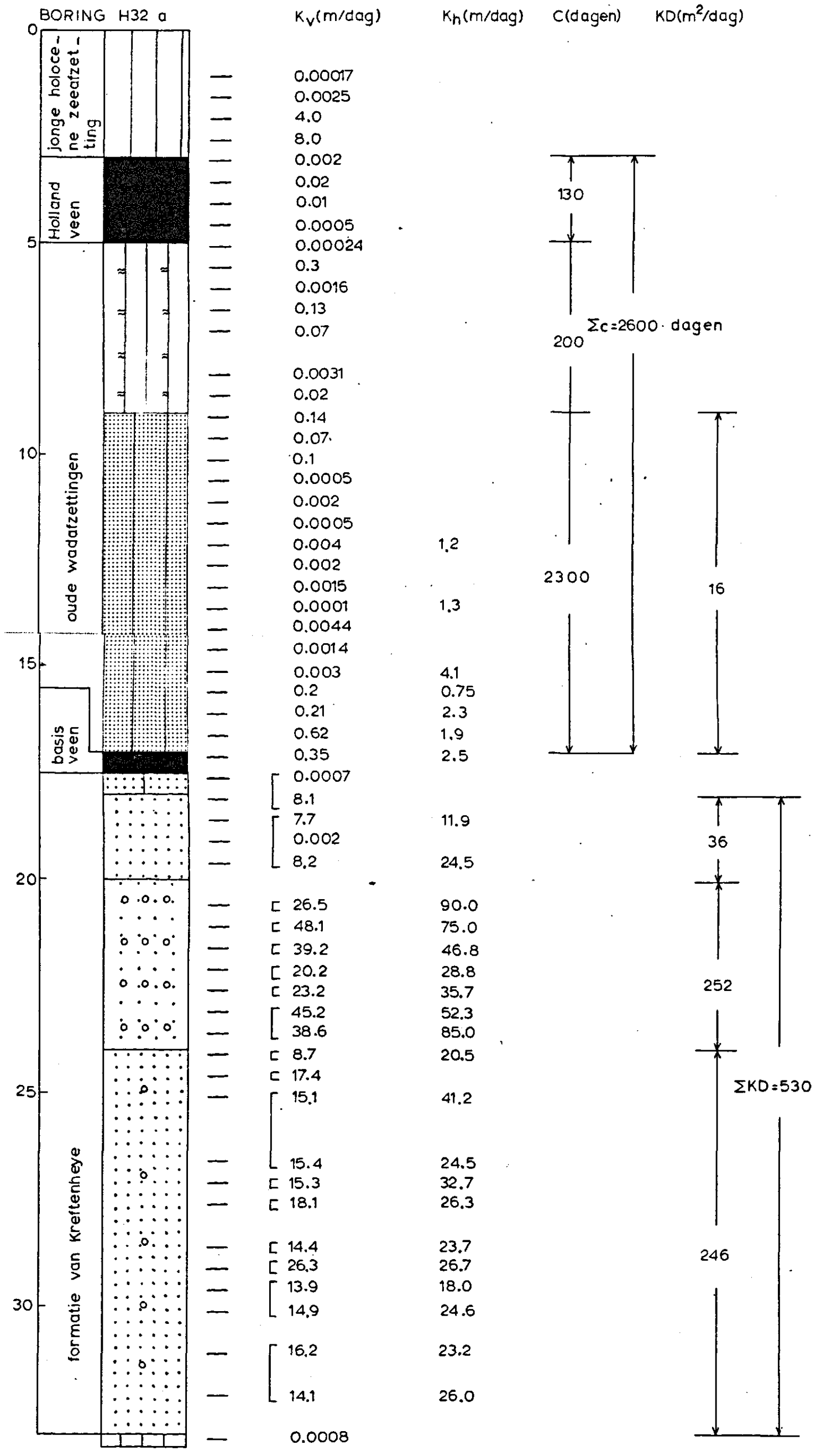


Fig.12 AFPOMPINGSKROMME



63 c. 31. 8/7b

Fig.13 KERNBORING H32a, MET DE GEMETEN HORIZONTALE (K_h) EN DE VERTIKALE (K_v) DOORLAATFACTOREN



[monster waarvan de granulometrische samenstelling is bepaald

u 20_30 middelgrof zand

u 30_50 matig grof zand

u 50_80 matig fijn zand

u 80_120 middelfijn zand

slibgehalte in %

2 _ 5

5 _10

10_25

25_40

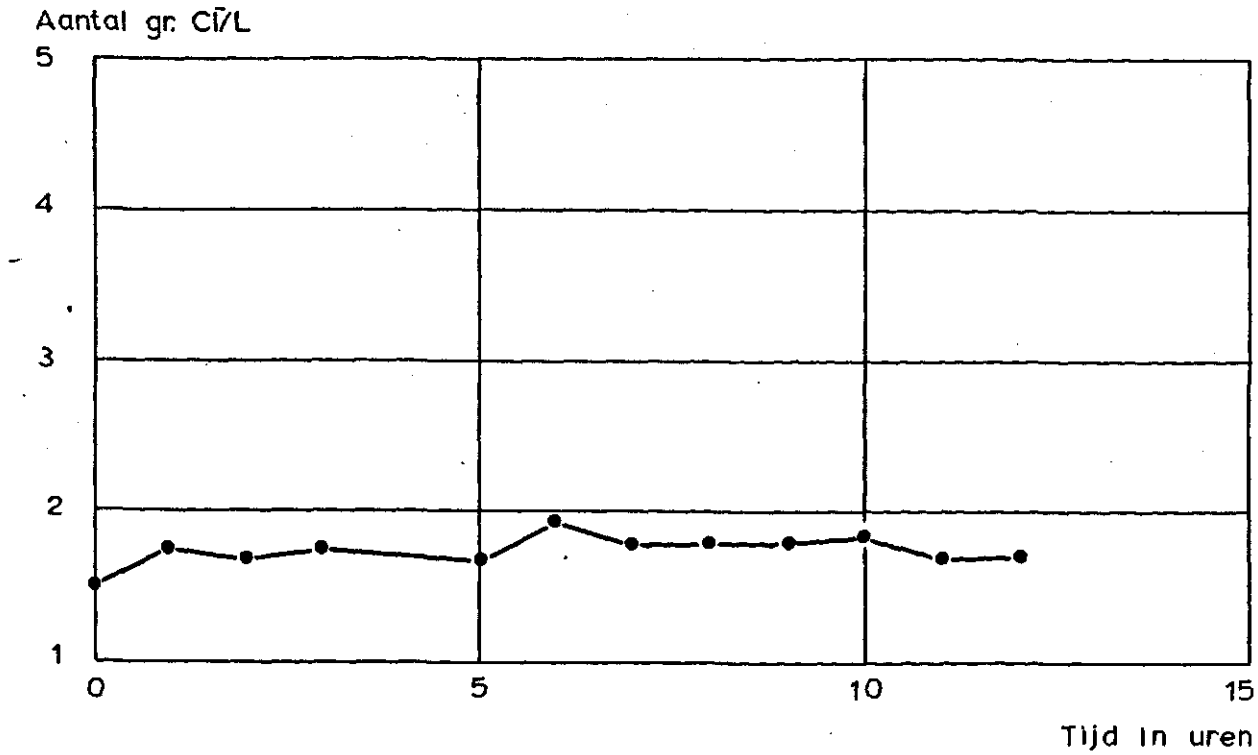
veen

grint

venig

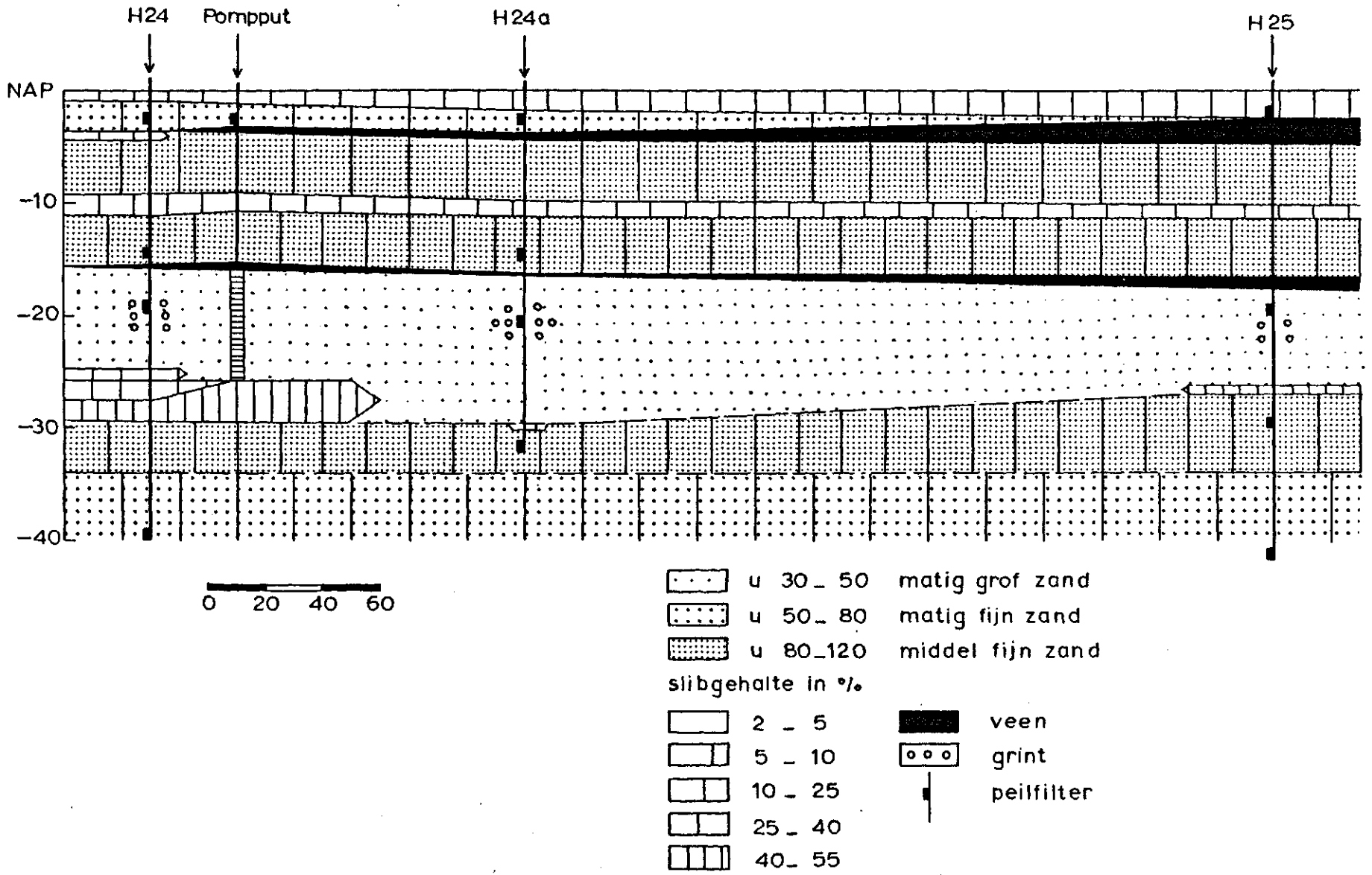
fig. 13 b.

Fig.14 HET CHLOORGEHALTE VAN HET OPGEPOMPTE WATER



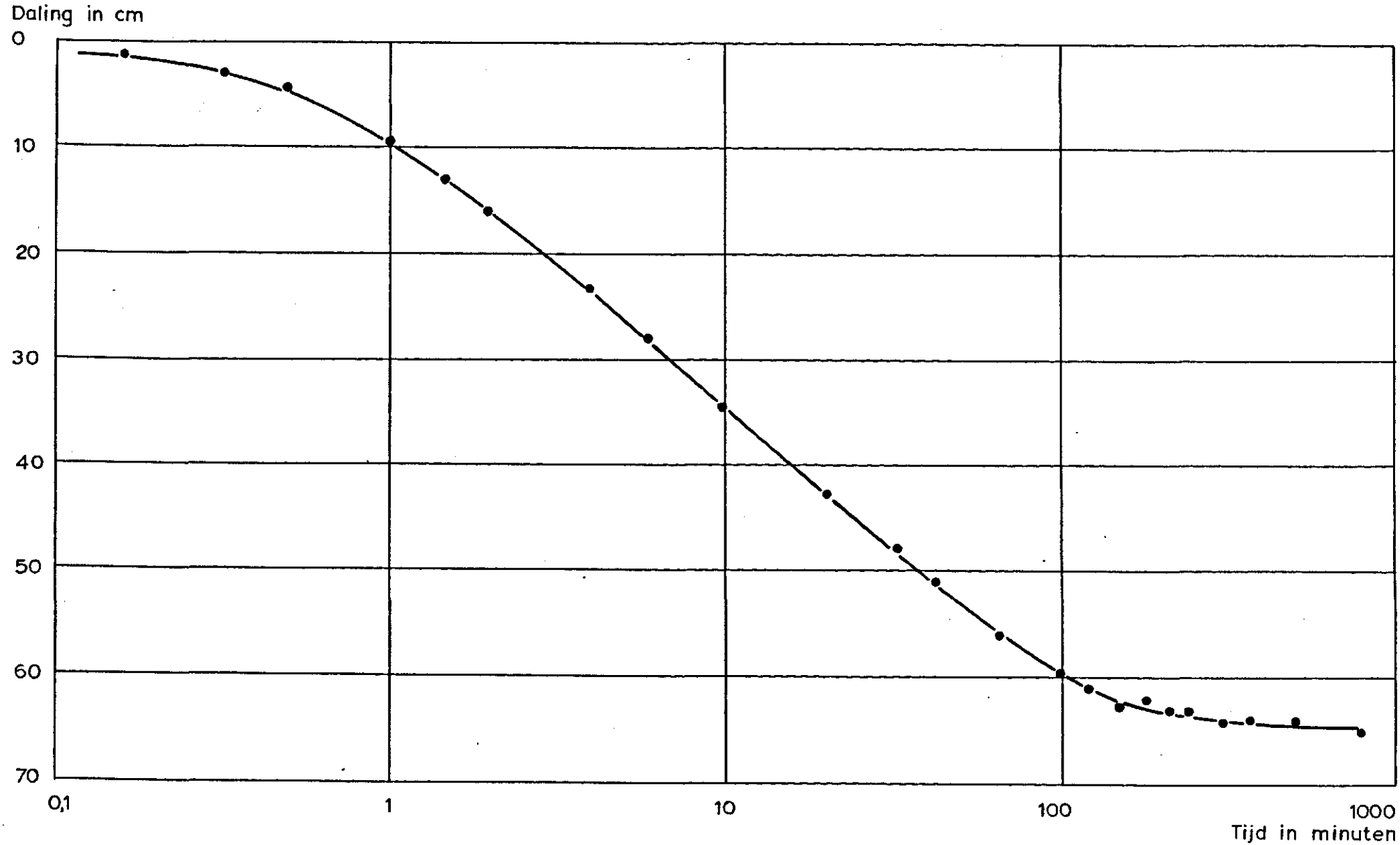
63c.31.9/7b

FIG.15 LITHOLOGISH PROFIEL POMPPROEF H 24



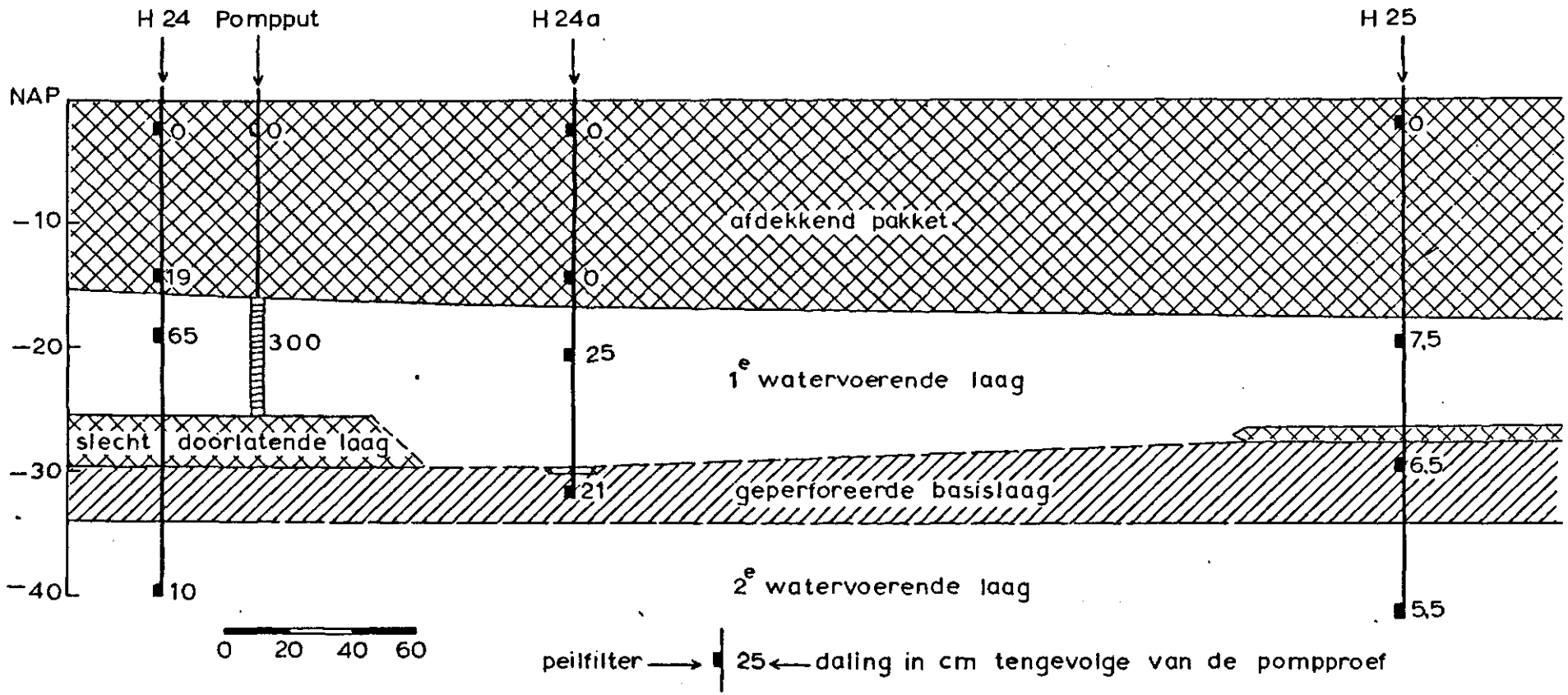
63c. 42. 8/7b

Fig.16 TIJD-POTENTIAALKROMME VAN HET FILTER II (DIEPTE 18 m) VAN H 24



63c.31.4

FIG.17 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE HYDROLOGISCHE GESTELDHEID



63c.42.10/7b

FIG.18 KERNBORING H24a MET DE GEMETEN HORIZONTALE (K_h) EN DE VERTIKALE (K_v) DOORLAATFACTOREN

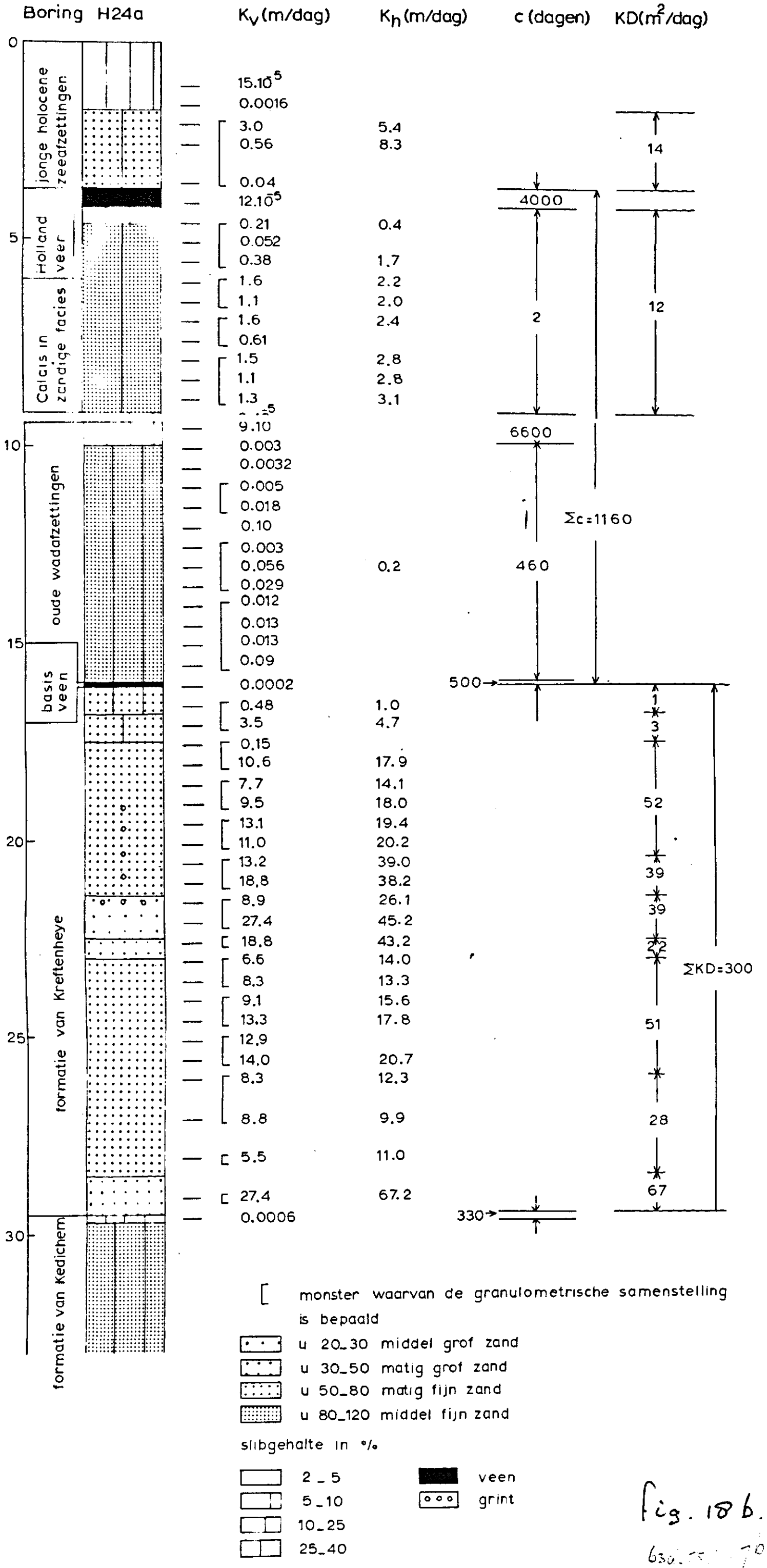
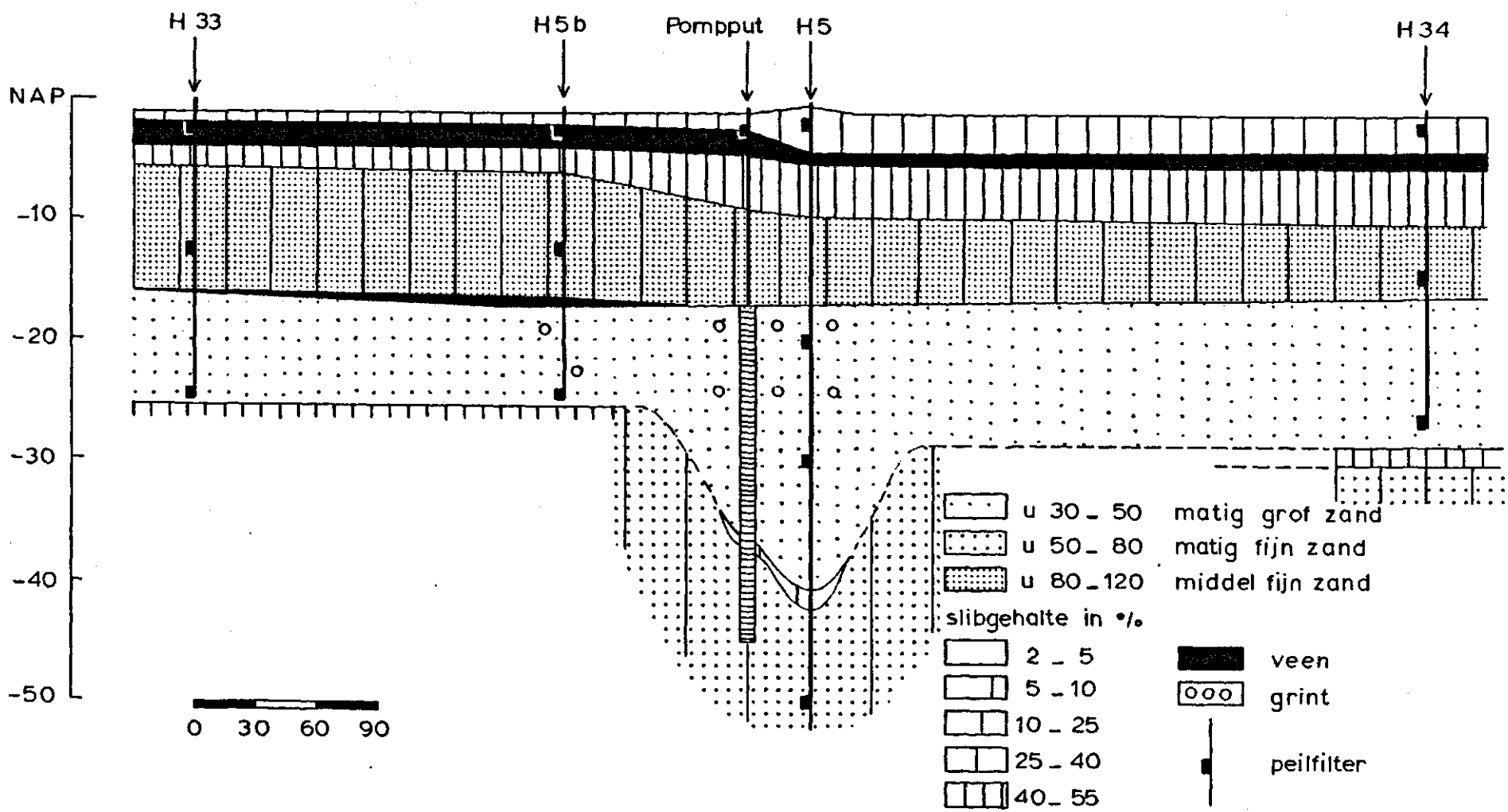


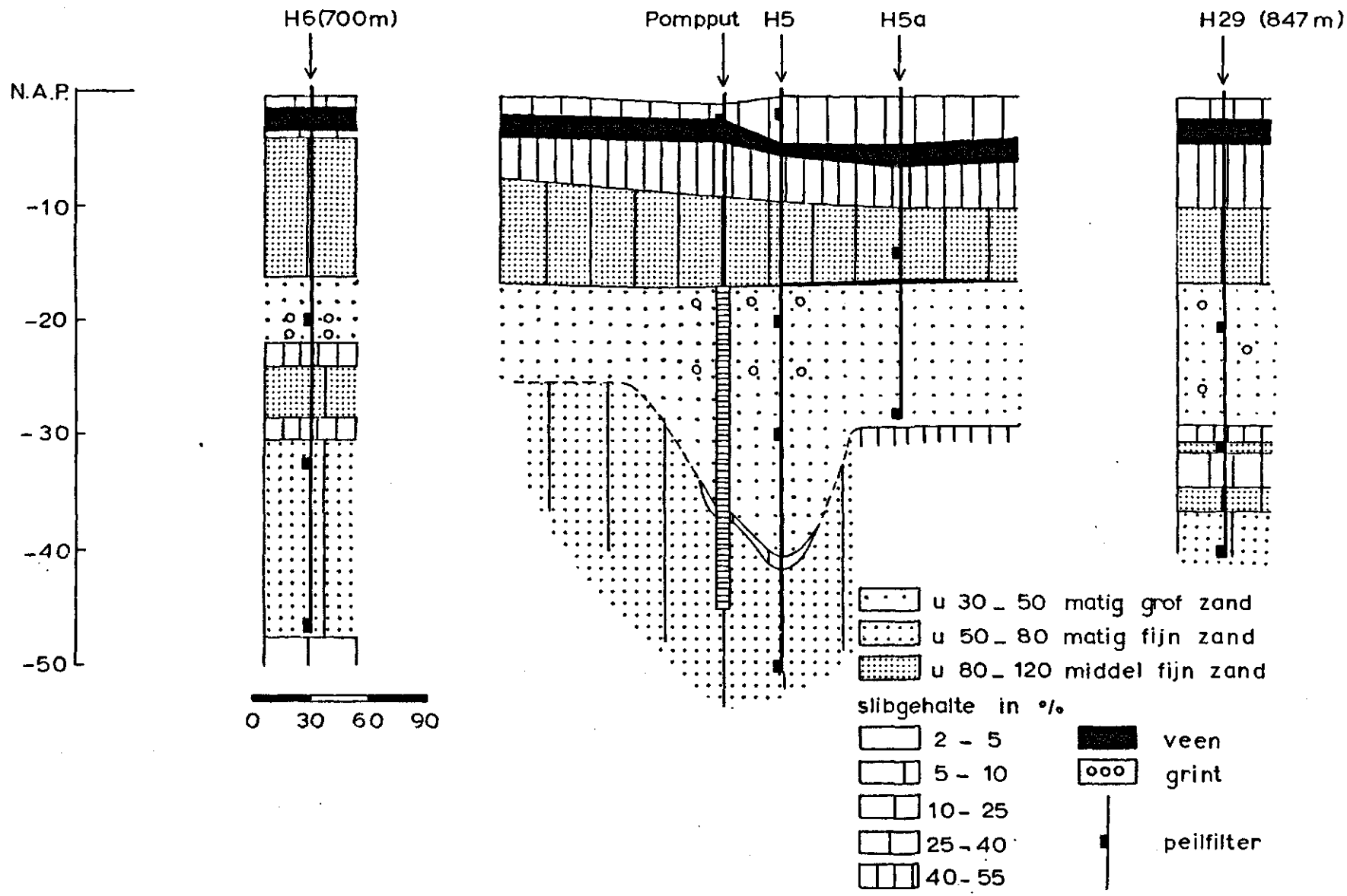
fig. 18 b.

FIG.19 LITHOLOGISCH PROFIEL POMPPROEF H5



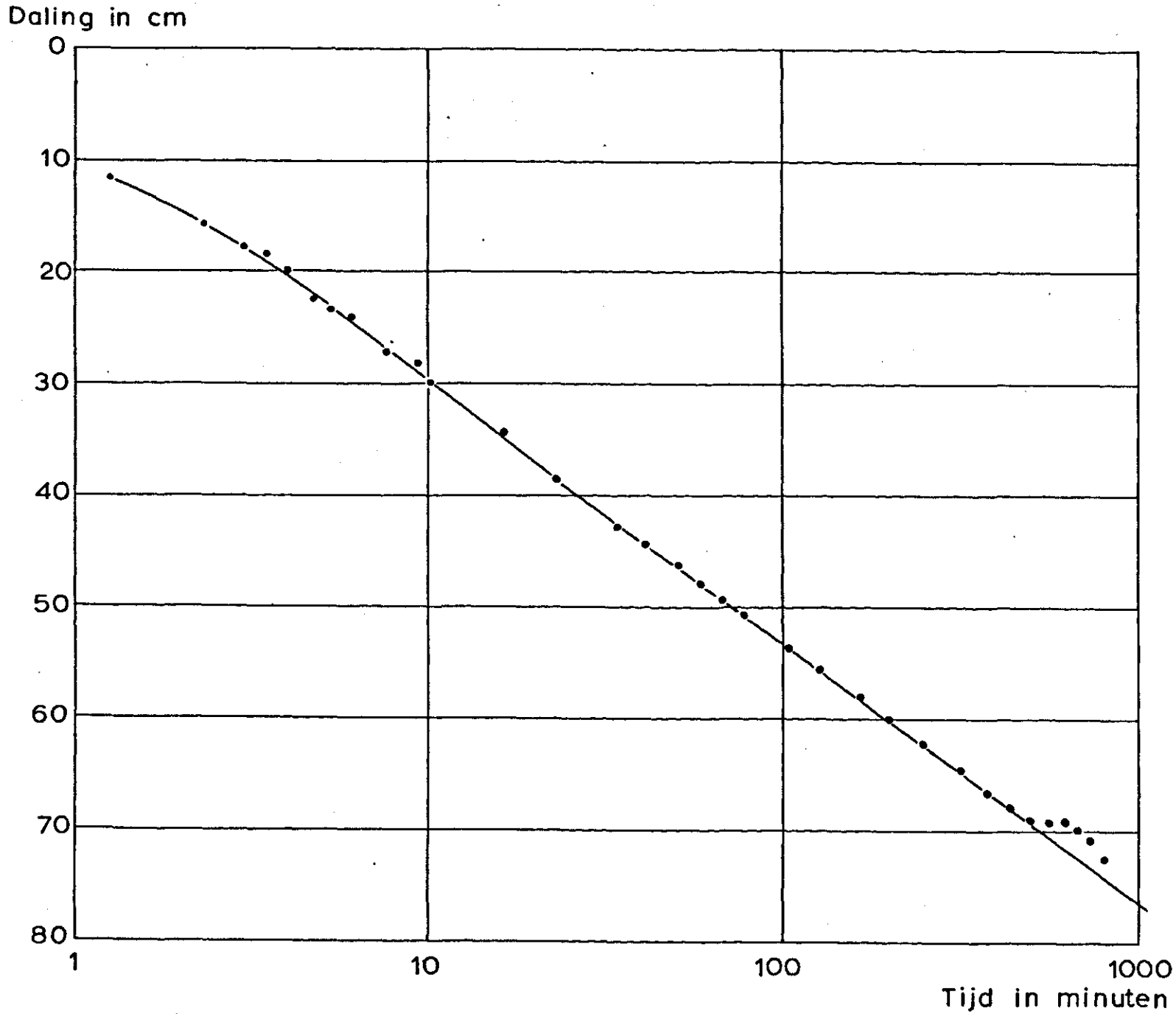
63c.55.2/7b

FIG.20 LITHOLOGISCH PROFIEL POMPPROEF H 5



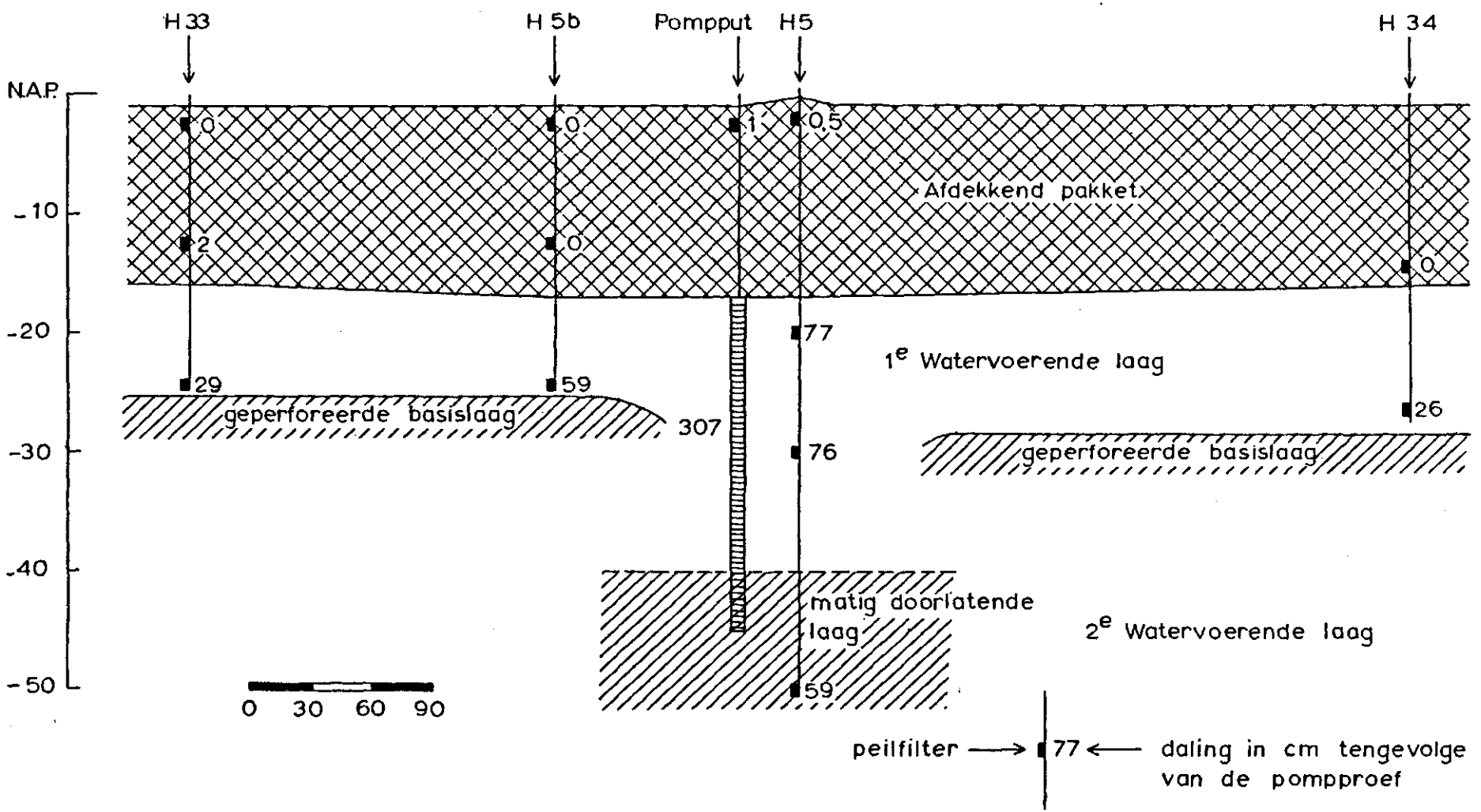
63c.55.3/7b

FIG.21 TIJD-POTENTIAALKROMME VAN DE FILTERS II EN III VAN H5



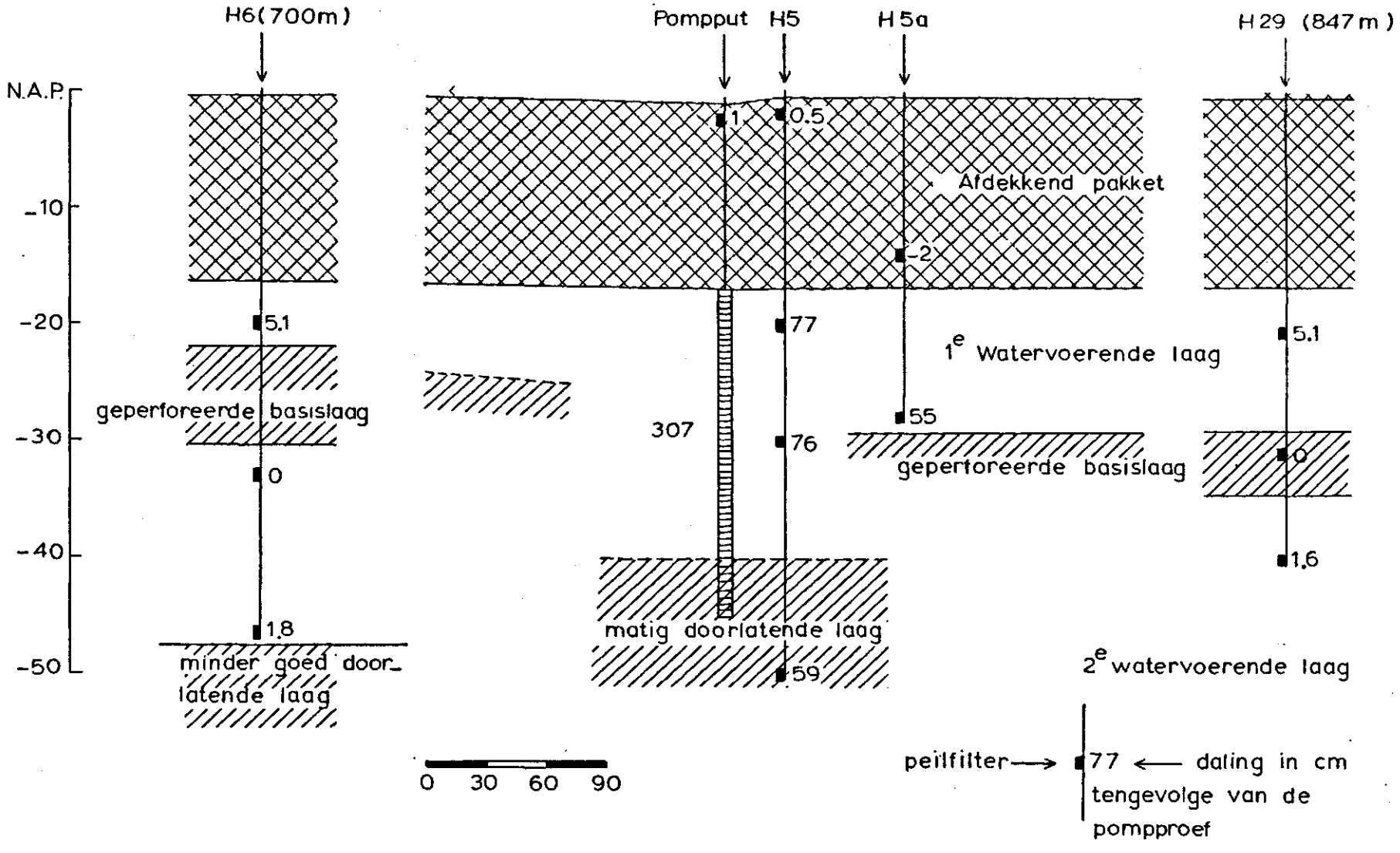
63c.55.5/7b

FIG 22 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE HYDROLOGISCHE GESTELDHEID



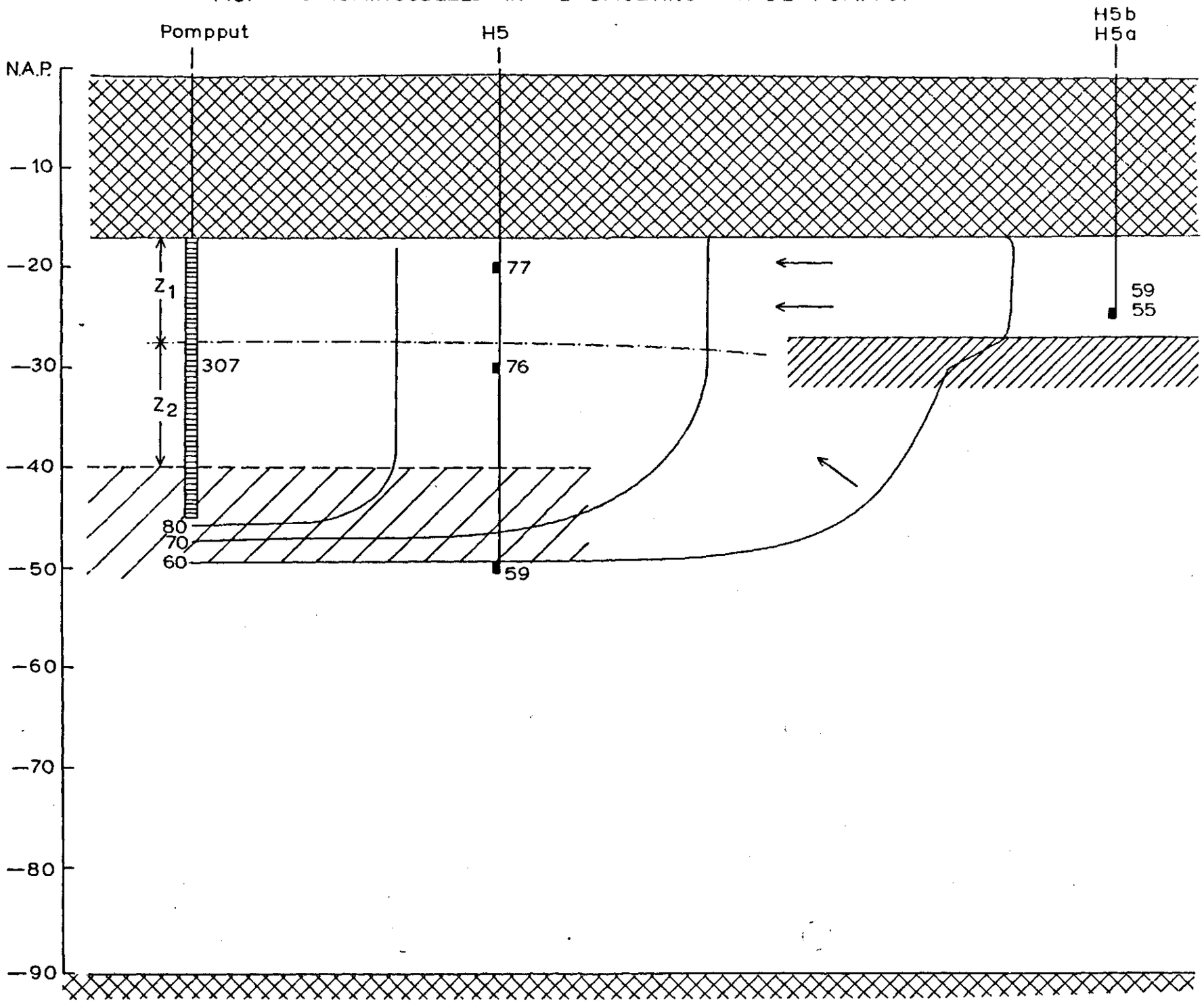
63c 55 8/7b

FIG.23 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE HYDROLOGISCHE GESTELDHEID



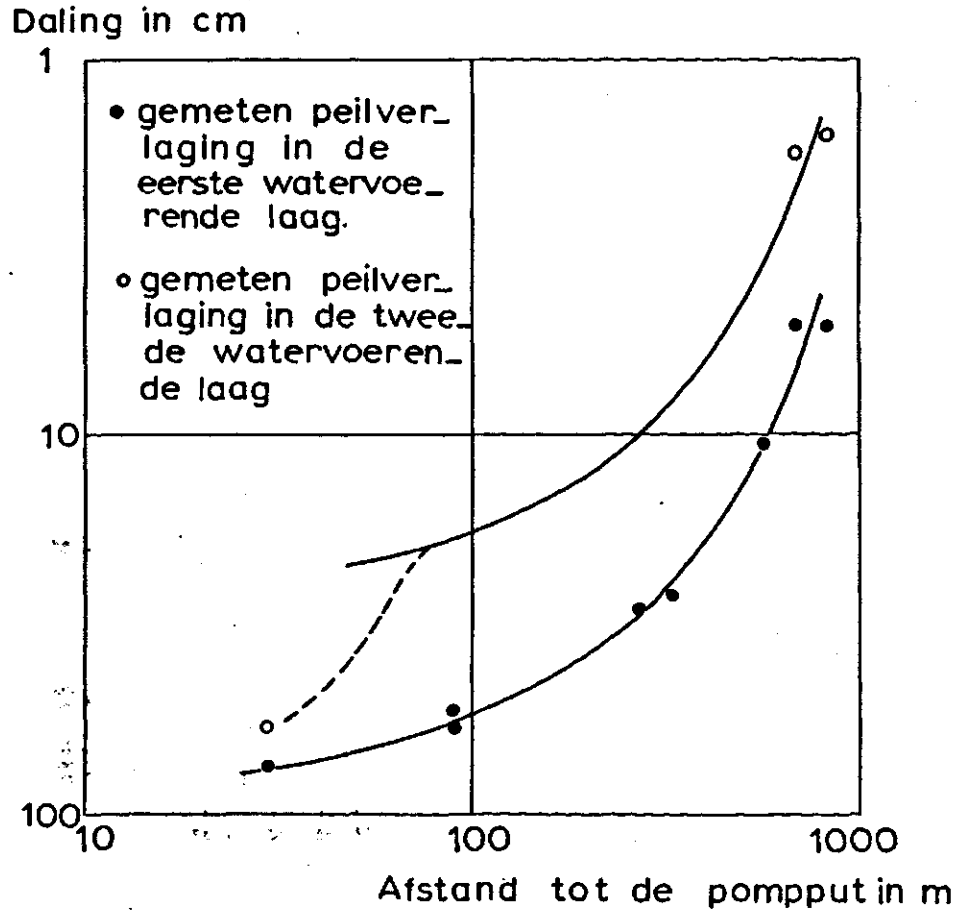
63c.55.1/7b

FIG. 24 STROMINGSBEELD IN DE OMGEVING VAN DE POMPPUT



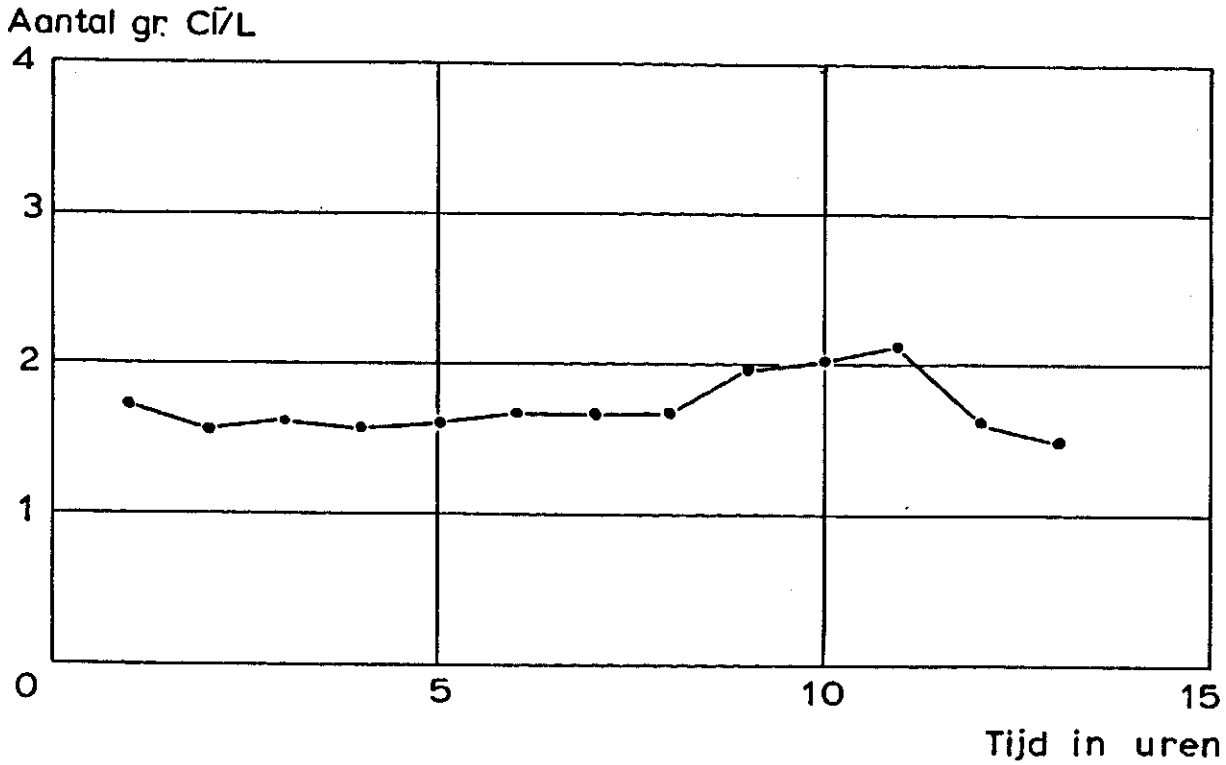
63c.55.7/7

FIG.25 AFPOMPINGSKROMMEN



63c.55.4/7b

FIG 26 HET CHLOORGEHALTE VAN HET OPGEPOMPTE WATER



63c.55.6/7b

FIG. 27

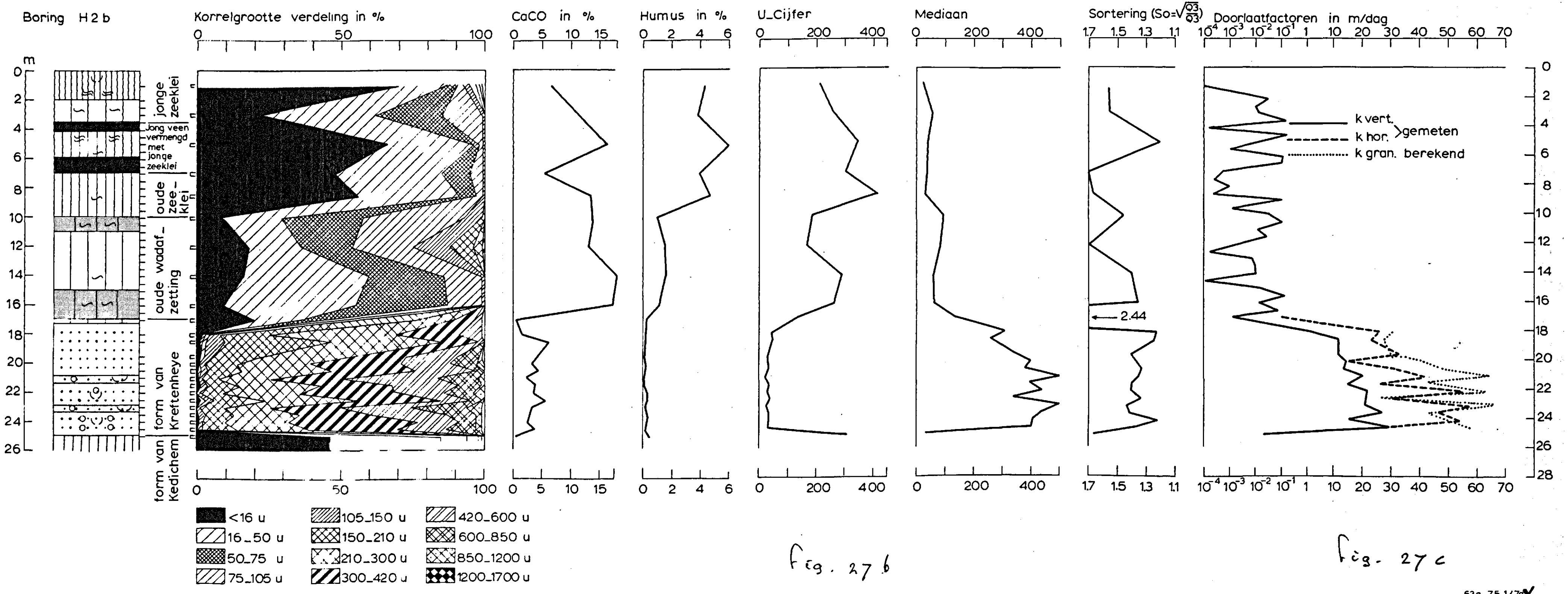


fig. 27 b

fig. 27 c

63a. 75.1/7a X

FIG. 28

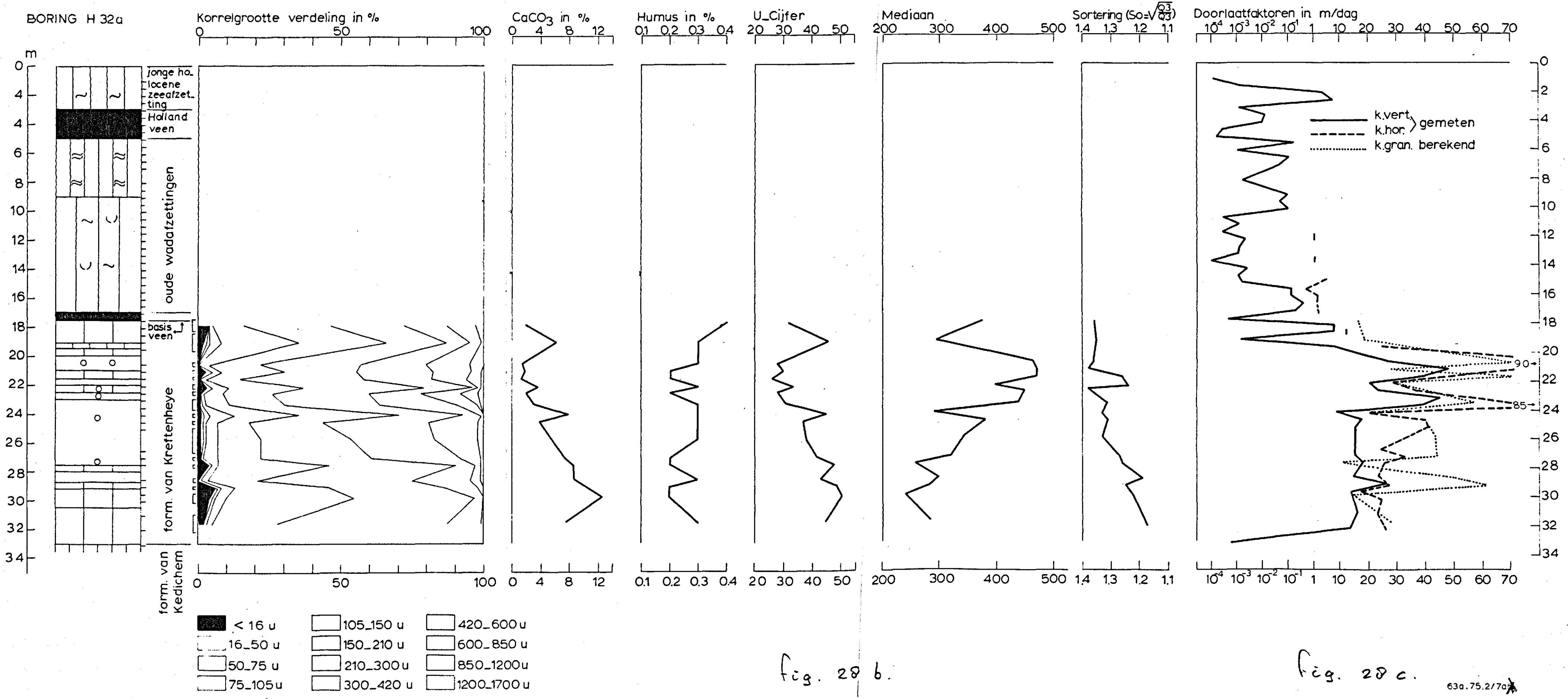


fig. 28 b.

fig. 28 c.

63a.75.2/7a

FIG. 29

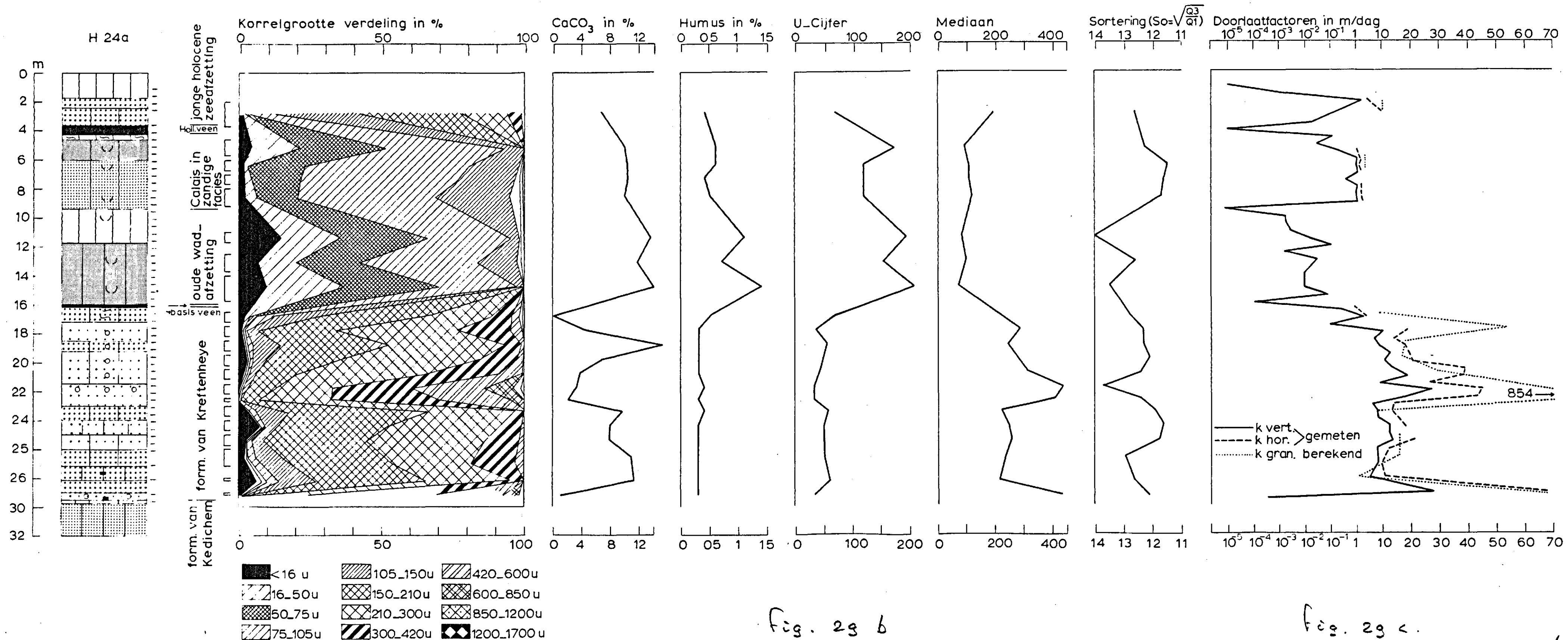
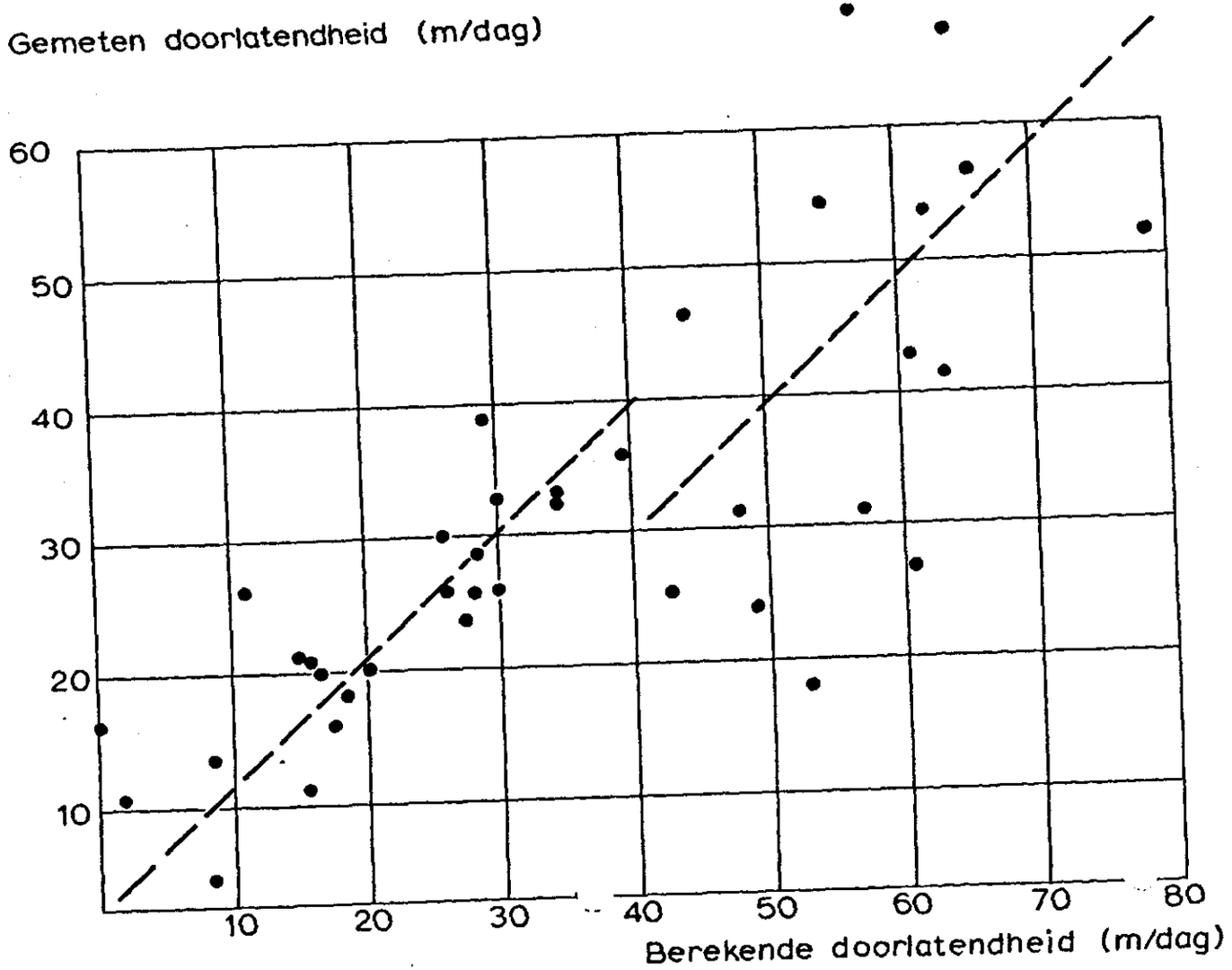


fig. 29 b

fig. 29 c.

63a.75.3/7a

FIG 30 HET VERBAND TUSSEN DE BEREKENDE EN DE GEMETEN DOORLAATFAKTOREN



63 c. 75.4/7a