

Bepaling van de doorlatendheid op  
 vier proefplekken in de Achterhoek

K.E.Wit

Als aanvulling op een geo-hydrologisch onderzoek in het proefgebied Groenlo - Eibergen, was het gewenst enig inzicht te verkrijgen omtrent de doorlatendheid van de hoogterras-afzettingen, die ten zuiden van Eibergen op het Mioceen liggen. Deze hoogterras-afzettingen variëren plaatselijk in laagdikte van 1 tot 15 m, en worden gekarakteriseerd door een zeer heterogene profielopbouw, in tegenstelling tot het Mioceen, dat veelal is samengesteld uit slibhoudend fijnzandig materiaal.

In figuur 1 zijn de proefplekken aangegeven.

Bij I en II was het mogelijk de doorlatendheid te bepalen met de boorgatenmethode, daar het Mioceen hierop een diepte van respectievelijk 1,7 m en 1,9 m werd aangetroffen. Bij III en IV was het nodig een pompproef uit te voeren.

Plek I

profiel 0- 20 cm humeus zand  
 20- 65 cm grijsbruin zand, U 30, veel grind, lemig  
 65-165 cm leem met dunne zandlensjes  
 165-170 cm zandig laagje, U 30  
 170- cm Mioceen, zandig, U 50 - 80, 10-20% slib

Toepassing van de boorgatenmethode leverde voor de doorlatendheid  $k = 0,18$  m/dag. De grondwaterstand was 105 cm - m.v. Voor de KD-waarde wordt dan gevonden  $\approx 0,12$  m<sup>2</sup>/dag.

Plek II

0- 5 cm humeus zand  
 5- 90 cm geel zand, sterk roestig, U 30 - 50  
 90-130 cm zand U 30, grof grind  
 130-190 cm leem  
 190 cm Mioceen

Voor de doorlatendheid werd met de boorgatenmethode 0,14 m/dag gevonden. De grondwaterstand was 95 cm - m.v., zodat de KD-waarde kan worden gesteld op  $\approx 0,05$  m<sup>2</sup>/dag.



### Plek III (pompproef G II)

#### Uitvoering

Aan weerszijden van de pompput zijn filters geplaatst op afstanden van 3,10 en 30 m. In de oost-raai is op een afstand van 50 m nog een filter geplaatst.

Het aan het pompfilter onttrokken water is door een 150 m lange leiding afgevoerd om rondpompen te verhinderen.

In figuur 2 is de plaats en de diepte van het pompfilter en de peilfilters aangegeven en tevens een schematische voorstelling van de geohydrologische gesteldheid.

Uit de gemeten grondwaterstanden in ongestoorde toestand blijkt, dat boven de leem geen freatisch water aanwezig is. We kunnen het water in de watervoerende laag kwalificeren als freatisch water.

In figuur 2 is bij elk filter de grondwaterstand in ongestoorde toestand ten opzichte van een horizontaal vlak aangegeven. De grondwaterspiegel helt af van oost naar west; het valt echter op dat in de omgeving van de pompput relatief grote druk-verschillen optreden, zowel in verticale richting tussen filter W3 I en W3 II als in horizontale richting tussen de pompput en filter W3 I. Bovenstaande zou kunnen wijzen op een storende laag, zoals die in figuur 2 is aangegeven. Deze laag zou ook van invloed zijn op de peilverlagingen in de filters van de west-raai tengevolge van de pompproef; deze zouden kleiner moeten zijn dan die in de oost-raai. Het merkwaardige is echter dat juist het omgekeerde is waargenomen. Dit houdt in dat filter W30 een even goede verbinding heeft met het pompfilter als filter O 30, uitgaande van een even grote doorlatendheid.

Uit bovenstaande volgt, dat het profiel een zeer gecompliceerde samenstelling heeft, die met de beschikbare gegevens niet duidelijk tot uiting is te brengen.

De berekende bodemconstanten moeten dan ook als een globale uitkomst worden beschouwd.

Gedurende 8 uren is met een debiet van 3,5 m<sup>3</sup>/uur water uit het filter gepompt.

In de figuren 3 en 4 zijn de tijd-potentiaal krommen weergegeven van de filters in de oost- en west-raai.

Toepassing van de formule van Thiem geeft voor  $t = 500$  minuten:

a. de oostraai

1. voor  $r_1 = 0,04$  en  $r_2 = 3$  m

De afpompings in de pompput bedraagt 88 cm, de intrede weerstand kan bij benadering op 5 cm worden gesteld.

$$kD = \frac{84}{6,28(0,83-0,39)} \ln \frac{3}{0,04} \approx 130 \text{ m}^2/\text{dag}$$

2. voor  $r_1 = 3$  m en  $r_2 = 10$  m

$$kD = \frac{84}{6,28(0,39-0,13)} \ln \frac{10}{3} \approx 60 \text{ m}^2/\text{dag}$$

3. voor  $r_1 = 10$  m en  $r_2 = 30$  m

$$kD = \frac{84}{6,28(0,13-0,06)} \ln \frac{30}{10} \approx 210 \text{ m}^2/\text{dag}$$

b. de westraai

1. voor  $r_1 = 10$  m en  $r_2 = 30$  m

$$kD = \frac{84}{6,28(0,15-0,10)} \ln \frac{30}{10} \approx 290 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Voor kleine waarden voor  $r$  en grote waarden voor  $t$  is door JACOB een eenvoudige grafische oplossing gegeven van de formule van Theis.

$$kD = \frac{2,3 Q}{4\pi\Delta h}$$

waarin  $\Delta h$  de helling voorstelt van de raaklijn aan de tijd-potentiaalkromme over één logaritmischeperiode.

Voor filter O10, O3 en W10 is voor  $\Delta h$  respectievelijk 0,08; 0,09 en 0,08 m gevonden, waaruit voor het doorlatendvermogen volgt:

$$kD = \frac{2,3 \times 84}{4\pi (0,08 \text{ tot } 0,09)} \approx 170 \text{ tot } 190 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Uit bovenstaande berekeningen komt de heterogeniteit van de watervoerende laag duidelijk tot uiting. Als gemiddelde  $kD$ -waarde zou 180  $\text{m}^2/\text{dag}$  kunnen worden aangehouden.

## Plek IV (pompproef G I)

### Uitvoering

Bij deze pompproef zijn in twee kruisraaien filters geplaatst op afstanden van 3, 10 en 30 m tot de pompput; in de zuidraai is op 50 m afstand nog een filter gesteld.

Het aan het pompfilter onttrokken water is door een 150 m lange leiding afgeleverd.

In figuur 5 is de plaats en de diepte van de peilfilters en het pompfilter, alsmede een schematische voorstelling van de geo-hydrologische gesteldheid aangegeven.

Voor het verkrijgen van een goede voorstelling omtrent de hydrologische gesteldheid zijn de volgende gegevens gebruikt:

- a. boorgegevens
- b. grondwaterstanden in ongestoorde toestand ten opzichte van een horizontaal vlak
- c. de invloed van de pompproef
- d. een hevige, kortstondige regenbui aan het einde van de pompproef
- e. een natuurlijke stijging als gevolg van veel regen in de nacht na de pompproef

Uit de boorgegevens volgt, dat het profiel als volgt schematisch kan worden voorgesteld:

0-0,4 m zwart humeus zand, U30  
0,4-1,2 m matig grof zand  
1,2-2,0 m leem  
2,0-4,9 m matig grof zand met grind  
> 4,9 m Mioceen

Bij W10 en W30 is geen leem aangeboord.

In figuur 5 is bij elk filter de grondwaterstand ten opzichte van een horizontaal vlak vermeld.

Hieruit valt het volgende af te leiden:

De leem in de zuidraai heeft een storende invloed op de verticale stroming. Bij Z50 is het verticaal drukverschil  $\approx 40$  cm, uitgaande van de gedachte dat in de watervoerende laag de grondwaterstand op  $\approx 240$  cm kan worden gesteld; bij Z30 is dit drukverschil veel kleiner, wat een gevolg kan zijn van een lagere verticale weerstand van de leem of wel van het feit dat het filter bijna tot aan de watervoerende laag reikt.

In de filters, gesteld op een diepte van ruim twee tot drie meter is de grondwaterstand 240 tot 243 cm, uitgezonderd het filter bij W10.

Afgaande op een helling in de grondwaterstijghoogte, welke van oost naar west afhelt, zou bij het laatste filter de grondwaterstand > 243 moeten zijn. Als oorzaak hiervoor kan worden genoemd:

1. de aanwezigheid van slecht doorlatend materiaal in de watervoerende laag tussen W3 en W10
2. de afwezigheid van leem op een diepte van 1,5 m waardoor het filter een stijghoogte aangeeft, die gelijk is aan die boven de leem.

Onder invloed van de pompproef zijn op t = 500 minuten in alle filters peilverlagingen opgetreden, zoals hieronder is weergegeven:

filter	diepte	afstand tot pompput	daling
W30	1-2 m	30 m	1,1 cm
W10	2,3-3,3 m	10 m	5,5 cm
W 3	2,5-3,5 m	3 m	103 cm
Z 3	2,2-3,2 m	3 m	99 cm
Z10	2,2-3,2 m	10 m	55 cm
Z30	0,8-1,8 m	30 m	1,5 cm
Z50	0,8-1,8 m	50 m	1,2 cm

Wanneer we allereerst de filters W10, W3 en Z10 beschouwen, dan valt direct de geringe daling bij W10 op. Immers de gemeten daling in dit filter is slechts 10% van de daling, gemeten bij Z10. Dit wijst op een storende laag in de watervoerende laag tussen W10 en W3, Z30 en Z10. Deze storende laag moet een aanzienlijke verbreiding hebben. De dalingen in de filters Z50, Z30 en W30 wijzen erop, dat we met semi-spanningswater te maken kunnen hebben, hoewel een natuurlijke drainage ook enige invloed kan uitoefenen.

Aan het eind van de pompproef is een hevige regenbui gevallen; de filters Z10, Z3 en W3 hebben hier niet direct op gereageerd. De andere filters, zoals hieronder is weergegeven, vertoonden direct peilverhogingen

Z50 2,2 cm stijging  
Z30 2,2 cm stijging  
W10 6,0 cm stijging  
W30 6,8 cm stijging

Door het bovenstaande wordt nogmaals bevestigd, dat het filter W10 praktisch freatisch water aangeeft.

In de nacht na de pompproef zijn als gevolg van veel regen grondwaterstijgingen gemeten, zoals in het onderstaande moge blijken:

filter W30	31,3 cm stijging
W10	23,3 cm stijging
W 3	5,6 cm stijging
pompput	7,6 cm stijging
Z 3	5,3 cm stijging
Z10	6,0 cm stijging
Z30	16,7 cm stijging
Z50	14,9 cm stijging

De filters W3, de pompput, Z3 en Z10 geven globaal hetzelfde beeld te zien. Bij W30 en W10 zijn de stijgingen groter dan bij Z30 en Z50 uit de veronderstelling bevestigd, dat het materiaal bij W10 en W30 zeer slecht is gesorteerd.

In het voorgaande is nogal uitvoerig ingegaan op de hydrologische gesteldheid. De directe reden hiervoor was de geringe daling bij W10 en om tot een aannemelijke verklaring hieromtrent te komen.

Gedurende de 8 uur is water aan het pompfilter onttrokken met een debiet van 1,5 m<sup>3</sup>/uur.

In figuur 6 zijn de tijd-potentiaalkrommen weergegeven van de filters W3, Z3 en Z10. Uit het verloop van de krommen van Z3 en W3 volgt, dat we met semi-spanningswater hebben te maken. De kromme van filter Z10 wijst op spanningswater.

Voor het berekenen van de bodemconstanten is de formule van Thiem toegepast voor  $r_1 = 0,04$  m,  $r_2 = 3$  m en  $r_1^1 = 3$  m en  $r_2^1 = 10$  m.

De afpomping in het pompfilter was  $\approx 3$  m;  $\Delta h_{r_1} - \Delta h_{r_2} \approx 2$  m. De intrede weerstand van het pompfilter bedraagt enkele centimeters en heeft als zodanig weinig invloed op de berekeningen.

$$kD = \frac{24 \times 1,5}{6,28 \times 2} \ln \frac{3}{0,04} \approx 12 \text{ m}^2/\text{dag}$$

voor  $r_1^1 = 3$  m en  $r_2^1 = 10$  m

$$kD = \frac{24 \times 1,5}{6,28 \times 0,55} \ln \frac{10}{3} \approx 12,5 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Stellen we de laagdikte op 3 m dan vinden we voor de horizontale doorlatendheid 4 m/dag. Deze uitkomst is veel lager dan het profiel doet vermoeden.

#### Samenvatting

In het bovenstaande zijn de resultaten weergegeven van enkele pompproeven en doorlatendheidsbepalingen met de boorgatenmethode. Als gevolg van de grote heterogeniteit zijn voor de kD-waarden sterk uiteenlopende waarden gevonden. Uit de boorgegevens is het niet altijd mogelijk geweest een juiste voorstelling te geven omtrent de lithologische opbouw. Door het nemen van ongeroerde monsters is het wellicht mogelijk hieromtrent een beter inzicht te verkrijgen, waarbij dan tevens de kD-waarden uit de pompproeven kunnen worden gecontroleerd.

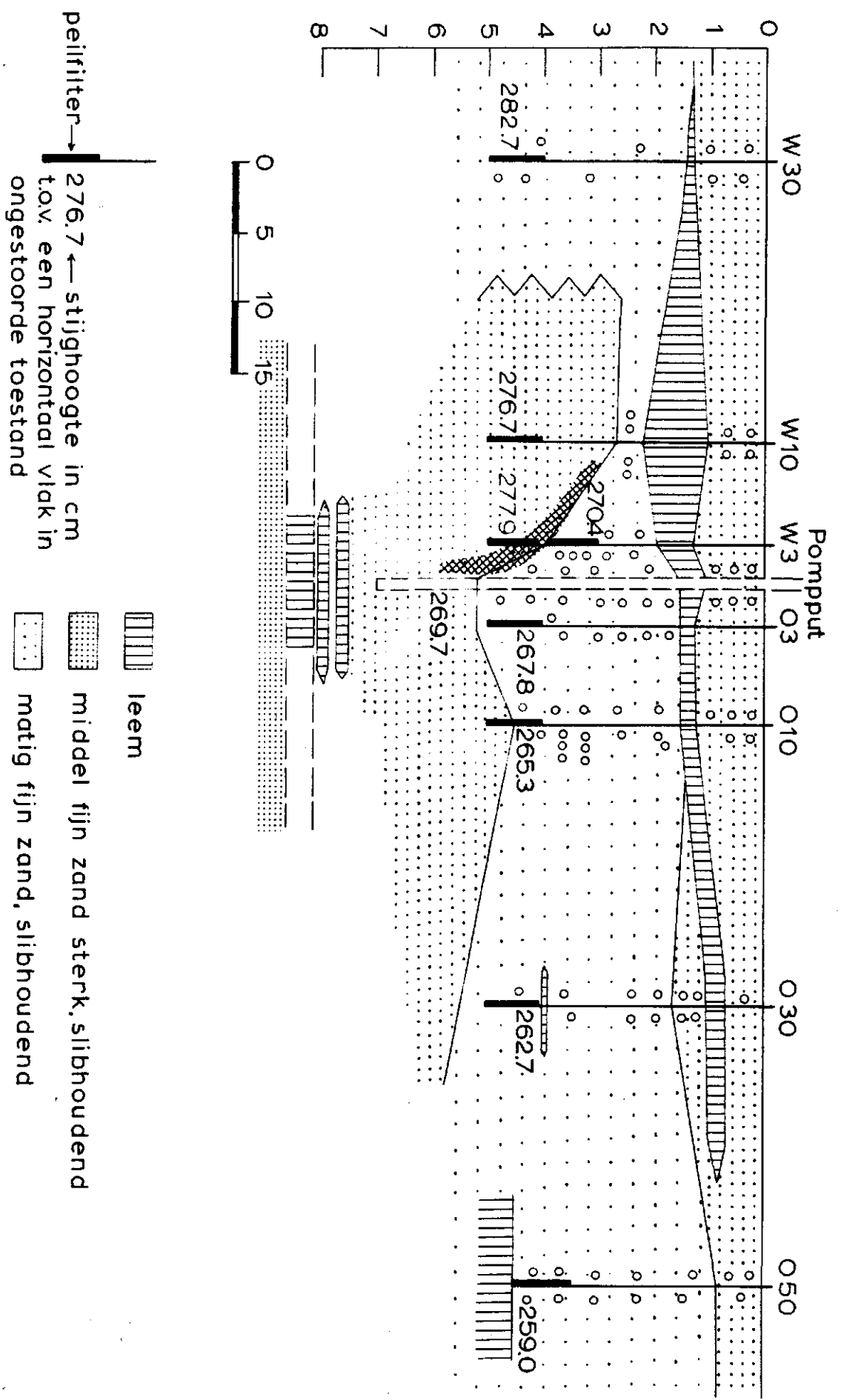
LOCATIE-KAART





POMPROEF GI (PLEK III)

fig. 2



TIJD-POTENTIALAAL KROMMEN VAN DE PEILPUTTEN IN DE OOST-RAAI (PLEK III)

fig. 3

