

NOTA 1551

augustus 1984

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ICW-nota 1551
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

HYDROLOGISCHE BODEMCONSTANTEN VERKREGEN UIT
EEN POMPPROEF IN DE OMGEVING VAN BERLICUM

ing. K.E. Wit
J.G. te Beest

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 N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. DE GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE	1
3. INRICHTING VAN POMPPROEF	2
4. UITVOERING VAN DE 'DIEPE' POMPPROEF	3
4.1. Algemeen	3
4.2. De methode Thiem	4
4.3. De methode Theis	4
4.4. De methode Walton	5
4.5. De methode de Glee	7
4.6. Overzicht resultaten	8
5. UITVOERING VAN DE 'ONDIEPE' POMPPROEF	8
5.1. Algemeen	8
5.2. De methode Thiem	9
5.3. De methode Walton	9
5.4. De methode de Glee	9
5.5. Overzicht resultaten	10
6. SAMENVATTING	10
7. SYMBOLENLIJST	11
8. LITERATUUR	12

1. INLEIDING

In het kader van de verbeteringswerkzaamheden aan de Zuid-Willemsvaart is pompproef N172 uitgevoerd. De lokatie bevindt zich in de naaste omgeving van de nieuwe sluis Berlicum in de omlegging Rosmalen (RWS ; 1978). Hierdoor kon niet alleen informatie worden verkregen ten dienste van het ontwerp van de bemaling van de nieuwe schutsluis maar tevens betreffende de geohydrologische gesteldheid en de bodemconstanten. De laatstgenoemde gegevens kunnen worden gebruikt in een grondwatermodel voor het berekenen van de grondwaterstandsveranderingen als gevolg van het nieuw te graven kanaal.

2. DE GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE

In een tweetal profielen (naar RGD, District Zuid) wordt een inzicht gegeven betreffende de geohydrologische opbouw van de ondergrond (fig. 1, 2a en 2b). In principe kunnen in hydrologische zin de volgende belangrijke onderdelen in de ondergrond worden onderscheiden:

De hydrologische basis

In het algemeen wordt hieronder de weerstandbiedende laag verstaan waarboven een directe interactie plaatsvindt tussen de hydrologische processen in de ondergrond en aan het maaiveld. Bij het onderzoek is tot dusver het kleiïg ontwikkeld gedeelte van de onder-pleistocene Formatie van Kedichem als hydrologische basis beschouwd.

Het watervoerend pakket

Dit bestaat grotendeels uit de meestal grofzandige lagen van de Formaties van Sterksel en Veghel.

De 1e scheidende laag

Hiertoe wordt in eerste instantie de 'ROSMALEN KLEI' gerekend, plaatselijk kunnen andere kleilagen in de Formatie van Veghel eveneens hiertoe worden gerekend. Aangezien het zich laat aanzien dat de 'ROSMALEN KLEI' hier als een aaneengesloten weerstandbiedende laag voorkomt was uiteraard de vraagstelling in hoeverre deze laag als hydrologische basis kan worden beschouwd.

Het afdekkend pakket

Dit pakket is samengesteld uit venige of fijnzandige lagen met plaatstelijk leemlagen, het wordt veelal aangeduid als de Nuenen Groep. Hydrologisch kunnen hierin worden onderscheiden:

- een bovenste watervoerende laag
- een weerstandbiedende laag aan het maaiveld.

Uit het bovenstaande kan met betrekking tot de te bepalen formatieconstanten het volgende schema worden opgesteld:

- Nuenen Groep: k_0 D_0 waarde; c_0 -waarde; S
- Formatie van Veghel: c_1 -waarde
'Rosmalen klei'
- Formatie van Veghel: k_1 D_1 -waarde; S
Formatie van Sterksel
- Formatie van Kedichem; c_2 -waarde

3. INRICHTING VAN DE POMPPROEF

Voor het bepalen van de in de vorige paragraaf aangegeven bodemconstanten zijn twee pompproeven uitgevoerd, te weten:

- een 'diepe' pompproef: pompfilter in het watervoerend pakket
(Formaties van Veghel en Sterksel)
- een 'ondiepe' pompproef: pompfilter in het afdekkend pakket
(Nuenen Groep).

Ten behoeve van de 'diepe' pompproef zijn één boring (N172) tot 79 m diepte en twee tot globaal 30 m (30 oost en 90 zuid) met filterstelling uitgevoerd. De eerstgenoemde boring is als pompput ingericht (fig. 3).

Voor de ondiepe pompproef zijn één boring (N172a) tot 10 m diepte en vijf boringen tot globaal 8 m (10z, 25z, 75z, 25n en 75n) met filterstelling uitgevoerd. Hierbij is N172a als pompput ingericht. Bij deze pompproef is tevens gebruik gemaakt van 90 zuid van de 'diepe' pompproef, aangegeven door 10n (fig. 4 en 5).

Landbouwbuizen zijn overwegend geplaatst bij alle uitgevoerde boringen, op één punt is het verloop van de grondwaterstand geregistreerd (fig. 4).

Aangezien de pompproef is gesitueerd in de naaste omgeving van de Wambergse Beek, de Aa en enkele plassen zijn een aantal meetpunten voor de peilen van open water ingericht (fig. 3 en 4).

Tot slot kan worden vermeld dat een regenmeter is opgesteld met als doel informatie te verkrijgen betreffende de neerslag omdat deze factor de grondwaterstand kan beïnvloeden.

Naast de hierboven genoemde meetpunten is verder gebruik gemaakt van een tweetal boringen met filters (45B/150 en 45D/103) en een aantal landbouwbuizen, reeds geplaatst in het kader van het Zuid-Willemsvaartonderzoek (fig.3).

4. UITVOERING VAN DE 'DIEPE' POMPPROEF

4.1. A l g e m e e n

Op 18 juni 10.45 uur is de pompproef gestart en op 20 juni 9.45 uur beëindigd. Het debiet was $46 \text{ m}^3/\text{uur}$, het opgepompte water is afgevoerd naar de Wambergse Beek.

De door de pompproef en eventueel andere factoren veroorzaakte grondwaterstandsverlagingen zijn in fig. 6 weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat in het waarnemingsfilter van 45B/150, gelegen op een afstand van ruim 2 km van de pompput, nog een verlaging van enkele centimeters is gemeten.

Tijdens de pompproef is geen neerslag gevallen. Omtrent het ongestoorde verloop van de grondwaterstand tijdens de pompproef is informatie verkregen uit fig. 7. Uit het verloop van de tijdstijghoogtelijnen in de periode voorafgaande aan de pompproef en erna en het verloop van de stijghoogte van de filters in het afdekkend pakket tijdens de pompproef, is een ongestoorde daling afgeleid van 5 mm/dag. Dit betekent

na twee dagen pompen een correctie van 1 cm op de gemeten verla-
 gingen.

De filters in het afdekkend pakket vertoonden geen enkele
 reactie tengevolge van de pompproef, hetgeen duidt op een afslui-
 tende werking van de Rosmalen klei.

Voor de berekening van de bodemconstanten zijn een aantal methoden
 gebruikt, die in het volgende zullen worden besproken.

4.2. D e m e t h o d e T h i e m

In een stationaire situatie geldt voor spanningswater (KRUSEMAN
 en DE RIDDER, 1970):

$$kD = \frac{Q}{2\pi(s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (1)$$

In geval er sprake is van semi-spanningswater dient afhankelijk
 van de verticale voeding en de afstand tot de pompput op Q een
 correctie te worden aangebracht. In het voorgaande is reeds opgemerkt
 dat de grondwaterstand in het afdekkend pakket door de pompproef
 praktisch niet is beïnvloed, zodat de voeding in de naaste omgeving
 van de pompput is te verwaarlozen.

In fig. 8 zijn de gecorrigeerde verlagingen aan het eind van de
 pompproef uitgezet tegen de afstand tot de pompput. Wanneer één
 logarithmische periode wordt beschouwd is (1) te vereenvoudigen tot:

$$kD = \frac{2.3 Q}{2\pi \Delta s} \quad (2)$$

Uit fig. 8 volgt voor Δs in de naaste omgeving van de pompput
 een waarde van 0,175 n. Substitutie van deze waarde en 1104 m²/dag
 voor Q in (2) en uitwerking geeft: $kD = 2310 \text{ m}^2/\text{dag}$.

4.3. D e m e t h o d e T h e i s

Voor zowel freatisch- als semi-spanningswater in een niet
 stationaire situatie kan de methode van Theis worden toegepast
 (KRUSEMAN en DE RIDDER, 1970).

De algemene oplossing is:

$$s = \frac{Q}{4\pi kD} W(u) \quad (3)$$

$$u = \frac{r^2 S}{4 kDt} \quad (4)$$

$W(u)$ wordt wel aangeduid als de 'Theis functie', soms wordt deze weergegeven door het symbool $-Ei(-u)$ (JAHNKE en EMBDE), zie verder KRUSEMAN en DE RIDDER (1970).

De verlagingen s worden op dubbel logaritmisch papier uitgezet tegen t/r^2 (fig. 9). De verkregen krommen worden zo goed mogelijk passend gelegd op de $W(u)$ functie waarbij een markant punt voor $W(u) = 1$ en $u = 1$ wordt overgenomen. In fig. 9 zijn deze punten door een + teken aangegeven voor 30 O, 90 Z en 248 N. Voor de betreffende punten geldt:

$$s = \frac{Q}{4\pi kD} \quad (5)$$

$$\frac{t}{r^2} = \frac{s}{4 kD} \quad (6)$$

Substitutie van de af te lezen waarden voor s en t/r^2 uit fig. 9 alsmede 1104 voor Q in (5) en (6) geeft na uitwerking het volgende resultaat:

Boring	$kD(m^2/dag)$	S
30 O	2660	$8,5 \times 10^{-4}$
90 Z	2660	$1,8 \times 10^{-3}$
248 N	2930	$9,4 \times 10^{-4}$

4.4. De methode Walton

Deze methode kan worden gebruikt voor semi-spanningswater in een niet stationaire situatie (KRUSEMAN en DE RIDDER, 1970). De methode Walton vertoont een mate van overeenkomst met die van Theis, zoals uit de volgende betrekking blijkt:

$$s = \frac{Q}{4\pi kD} W(u, r/L) \quad (7)$$

Waarden voor $W(u, r/L)$ voor bepaalde waarden voor r/L zijn gegeven in Annex IV van KRUSEMAN en DE RIDDER (1970). De verlagingen worden op dezelfde wijze uitgezet als bij de methode Theis, zie fig. 10 en 11. Bij de verkregen krommen wordt een zo goed mogelijk passende curve gezocht uit een set Walton curves. Uit de meest geschikte curve wordt weer een markant punt overgenomen waar $W(u, r/L) = 1$ en $\frac{1}{u} = 10^2$. In fig. 10 en 11 is dit punt door een + teken aangegeven. De betrekking (7) wordt:

$$s = \frac{Q}{4\pi kD} \quad (8)$$

en verder is:

$$\frac{t}{r^2} = \frac{S}{4kD} \times \frac{1}{10^2} \quad (9)$$

Substitutie van de waarden voor s en $\frac{t}{r^2}$ uit fig. 10 en 11 alsmede de bekende waarde voor Q in (8) en (9) geeft na uitwerking:

Boring	kD (m^2/dag)	c (dagen)	S
90 Z	2510	2020	$1,9 \times 10^{-3}$
248 N	2310	2660	$9,3 \times 10^{-4}$

De boring 30 O is bij deze methode niet gebruikt: het bleek niet mogelijk een exacte waarde voor r/L vast te stellen daar de curve praktisch samenviel met de Walton curve $r/L = 0$.

Uit de tot dusver toegepaste methoden zijn de volgende gemiddelde waarden te verkrijgen:

Boring	kD (m^2/dag)	c (dagen)	S
30 O	2600	2300	$8,5 \times 10^{-4}$
90 Z	2600	2300	$1,9 \times 10^{-3}$
248 N	2600	2300	$9,4 \times 10^{-4}$

4.5. De methode de Glee

Door substitutie van de gemiddelde bodemconstanten in (4) en (7) voor verschillende waarden voor t is de verlaging s te berekenen. De berekende verlagingen zijn tezamen met de gemeten verlaging in fig. 6 weergegeven. Om een goede overeenstemming te verkrijgen bleek het noodzakelijk om de kD -waarde voor 30 Oost te verhogen tot 2700 m^2/dag en de c -waarde voor 90 Zuid te verlagen tot 2100 dagen. Naast een toetsing van de verkregen bodemconstanten, had dit tot doel de eindverlaging in de stationaire situatie te berekenen. Voor die situatie en voor semi-spanningswater is door De Glee een oplossing gegeven (KRUSEMAN en DE RIDDER, 1970):

$$s_m = \frac{Q}{2\pi kD} K_0\left(\frac{r}{L}\right) \quad (10)$$

(Bessel functie van de orde nul, Annex III van KRUSEMAN en DE RIDDER; 1970).

De maximale eindverlaging uit fig. 6, die na ongeveer 10 dagen pompen zal worden bereikt, is op dubbel-logaritmisch papier uitgezet tegen de afstand tot de pompput (fig. 12). De verkregen afpomplingskromme wordt passend gelegd op de $K_0(x)$ functie. Hierbij wordt eveneens weer een markant punt overgenomen waar $K_0(x) = 1$ en x of $r/L = 1$. In fig. 12 is dit punt aangeduid door een + teken. Voor het betreffende punt geldt:

$$s = \frac{Q}{2\pi kD} \quad (11)$$

$$r = L = \sqrt{kDc} \quad (12)$$

Substitutie van de waarden uit fig. 12 en 1104 voor Q in (11) en (12) geeft na uitwerking:

$$kD = 2200 \text{ m}^2/dag$$

$$c = 2200 \text{ dagen}$$

4.6. Overzicht resultaten

Afhankelijk van de gebruikte methode varieert de kD -waarde van 2200 tot 2700 m^2/dag . Wordt het accent gelegd op die methoden, waarbij een groter gebied rondom de pompput wordt betrokken (DE GLEE en THIEM), dan zal als gebiedsgemiddelde een waarde van 2200 tot 2300 m^2/dag kunnen worden aangehouden.

Op grond van lithologische kenmerken van de verkregen grondmonsters van boring N172 is de kD -waarde van het watervoerend pakket getaxeerd op 2060 m^2/dag .

De c -waarde varieert van 2000 tot 2300 dagen en S van $1,9 \times 10^{-3}$ tot $8,5 \times 10^{-4}$.

5. UITVOERING VAN DE 'ONDIEPE' POMPPROEF

5.1. Algemeen

Op 13 juni 10.00 uur is de pompproef gestart en op dezelfde dag om 20.00 uur beëindigd. Het debiet was 4,9 m^3/uur , het opgepompte water is afgevoerd naar de Wambergse Beek.

De door de pompproef ontstane verlagingen zijn voor een aantal peilfilters en landbouwbuizen in fig. 13 t/m 15 weergegeven. Tijdens de pompproef is een neerslag gemeten van 3 mm, uit waarnemingen in landbouwbuizen gelegen buiten de invloedssfeer van de pompproef volgde dat de gevallen neerslag geen merkbaar effect had op het verloop in deze buizen van de grondwaterstand. De grondwaterstand bleef praktisch onveranderd tijdens het pompen, zodat geen correctie voor het ongestoorde verloop behoeft te worden toegepast.

De filters in het watervoerend pakket vertoonden geen enkele reactie tengevolge van de pompproef, dit is in overeenstemming met een soortgelijke opmerking bij de 'diepe' pompproef. Hierbij moet echter worden bedacht dat door een veel grotere kD -waarde van het watervoerende pakket hier niet direct de conclusie aan kan worden verbonden dat de Rosmalen Klei als hydrologische basis kan worden beschouwd.

Evenals bij de 'diepe' pompproef zijn een aantal methoden toegepast voor het berekenen van de bodemconstanten.

5.2. De methode Thiem

In fig. 16 is de verlaging aan het eind van de pompproef uitgezet tegen de afstand tot de pompput. Vanwege het feit dat voeding plaatsvindt van freatisch water is deze methode toegestaan in de directe omgeving van de pompput.

Uit fig. 16 volgt voor Δs een waarde van 0,74 m. Substitutie van deze waarde alsmede $118 \text{ m}^3/\text{dag}$ voor Q in (2) geeft na uitwerking voor kD : $58 \text{ m}^2/\text{dag}$.

5.3. De methode Walton

In de fig. 17 en 18 is de daling s uitgezet tegen t/r^2 . Volgens is dezelfde procedure gevolgd, zoals is aangegeven in par. 4.4. Dit leidde tot het volgende resultaat:

Boring	$kD \text{ (m}^2/\text{dag)}$	$c \text{ (dagen)}$	S
10 Zuid	63	17	$7,1 \times 10^{-4}$
25 Zuid	144	69	$8,6 \times 10^{-4}$

5.4. De methode De Glee

Uit fig. 13 t/m 15 volgt dat globaal een stationaire situatie is bereikt. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat bij een langer durende pompproef een aantal sloten zullen droogvallen en de daling van de grondwaterstand, gemeten in de landbouwbuizen, mettertijd zal naderen tot de daling in de peilfilters. Er wordt derhalve niet exact voldaan aan de randvoorwaarde dat het niveau van waaruit voeding plaatsvindt, constant blijft.

In fig. 19 zijn de verlagingen aan het eind van de pompproef weergegeven. Toepassing van dezelfde procedure als in par. 4.5 geeft als uitkomst:

$$kD = 51 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = 23 \text{ dagen}$$

5.5. O v e r z i c h t r e s u l t a t e n

Met uitzondering van de berekende kD-waarde voor 25 Zuid volgens de methode Walton blijkt deze formatieconstante te variëren van 51 tot 63 m²/dag. Een gemiddelde waarde van 57 m²/dag lijkt voor de Nuenen Groep acceptabel.

Voor het bovenste watervoerende pakket is op grond van lithologische kenmerken een kD-waarde getaxeerd van 123 m²/dag.

Ten aanzien van de c-waarde valt 25 Zuid eveneens uit de toon. De relatief grote verlaging in de landbouwbuis wijst eerder op een lagere dan hogere c-waarde. Een gemiddelde c-waarde van 20 dagen lijkt aannemelijk. De c-waarde geeft aan dat bovenin de Nuenen Groep toch enigszins minder goed doorlatende lagen aanwezig zijn. Uit de boringen komt dit fenomeen niet tot uiting.

De S-waarde varieert van $7,1 \times 10^{-4}$ tot $8,6 \times 10^{-4}$.

6. SAMENVATTING

In de directe omgeving van een nieuw te bouwen sluis in de omlegging Rosmalen bij Berlicum is een tweedelige pompproef uitgevoerd.

Bij de eerste pompproef aangeduid als 'diepe' is water onttrokken aan het grofzandig watervoerend pakket, behorend tot de Formaties van Veghel en Sterksel.

De tweede pompproef aangeduid als 'ondiepe' is uitgevoerd in de Nuenen Groep.

Met betrekking tot de geohydrologische opbouw van de ondergrond ter plaatse en de hydrologische bodemconstanten is de volgende informatie verkregen:

- de Formatie van Kedichem kan als hydrologische basis worden beschouwd, deze conclusie is voornamelijk gebaseerd op de reacties van de filters in 45B/150, die boven en onder deze formatie zijn gesteld;
- de kD-waarde van het watervoerend pakket (Formaties van Veghel en Sterksel) bedraagt 2300 m²/dag, de S-waarde kan worden gesteld op $1,2 \times 10^{-3}$;
- de verticale weerstand van de 1e scheidende laag 'Rosmalen Klei' kan worden gesteld op 2300 dagen. Gezien deze waarde kan deze laag in

meer of mindere mate de functie van hydrologische basis van de
 Formatie van Kedichem overnemen;

- in de Nuenen Groep komen bovenin enkele minder goed doorlatende
 lagen voor waarvan de c-waarde 20 dagen bedraagt. De kD-waarde
 kan worden gesteld op $57 \text{ m}^2/\text{dag}$ en de S-waarde op $7,9 \times 10^{-4}$.

7. SYMBOLENLIJST

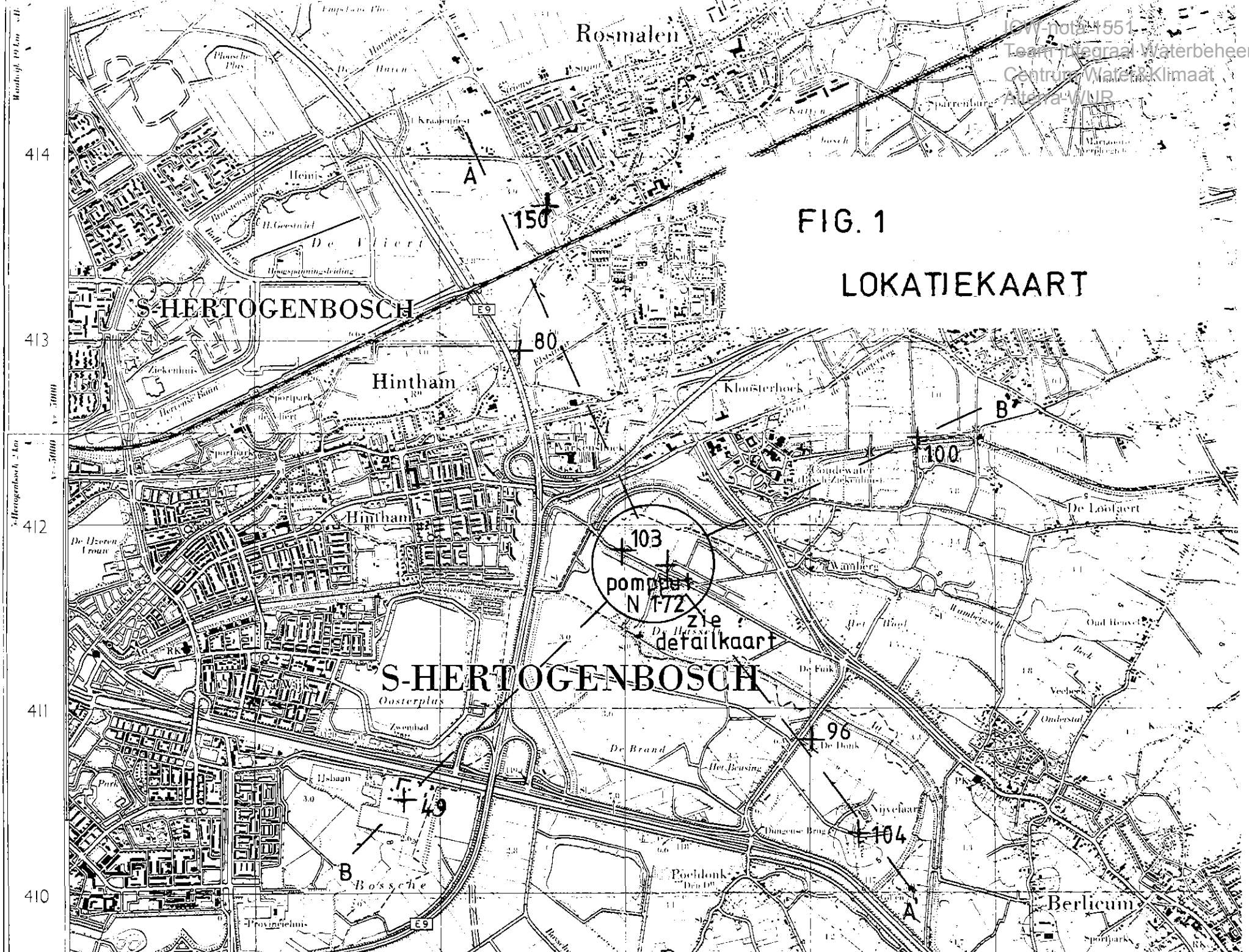
Symbool	Betekenis	Dimensie
c	weerstand van een moeilijk doorlatende laag	T
D	dikte van een watervoerende laag	L
k	doorlatendheidscoëfficiënt van een watervoerende laag	LT^{-1}
L	spreidingslengte	L
Q	debiet	$L^3 T^{-1}$
r	afstand	L
s	daling van de grondwaterspiegel	L
S	uitleveringsfactor	-
t	tijd	T

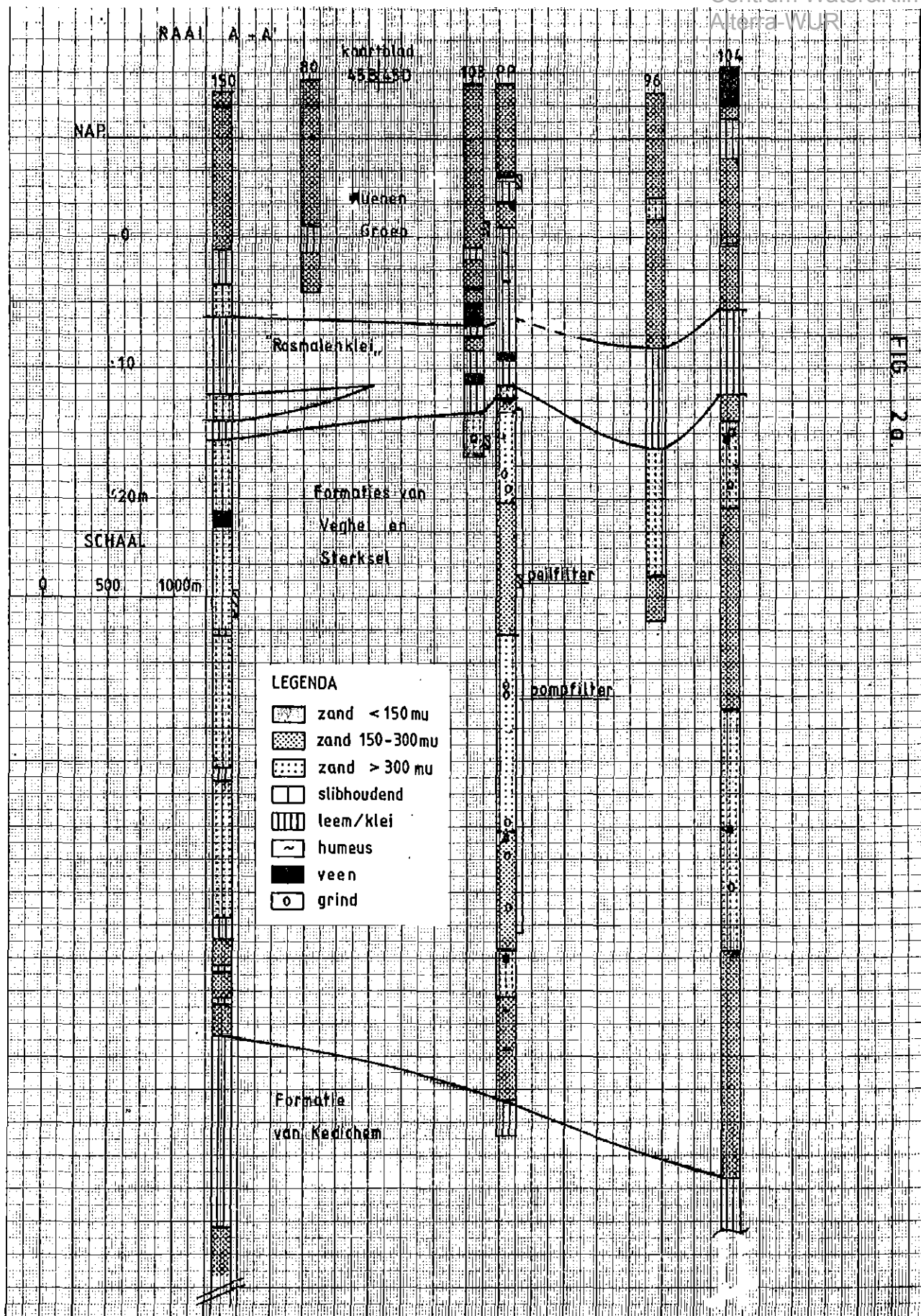
8. LITERATUUR

- JANHKE, E. and F. EMBDE, 1945. Tables of functions with formulas and curves. Dover Publ., New York
- KRUSEMAN, G.P. and N.A. DE RIDDER, 1970. Analysis and evaluation of pumping testdata. Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Bull. 11, Wageningen
- RIJKSWATERSTAAT, 1978. Analyseverbetering Brabantse en Midden-Limburgse kanalen.

FIG. 1

LOKATIEKAART





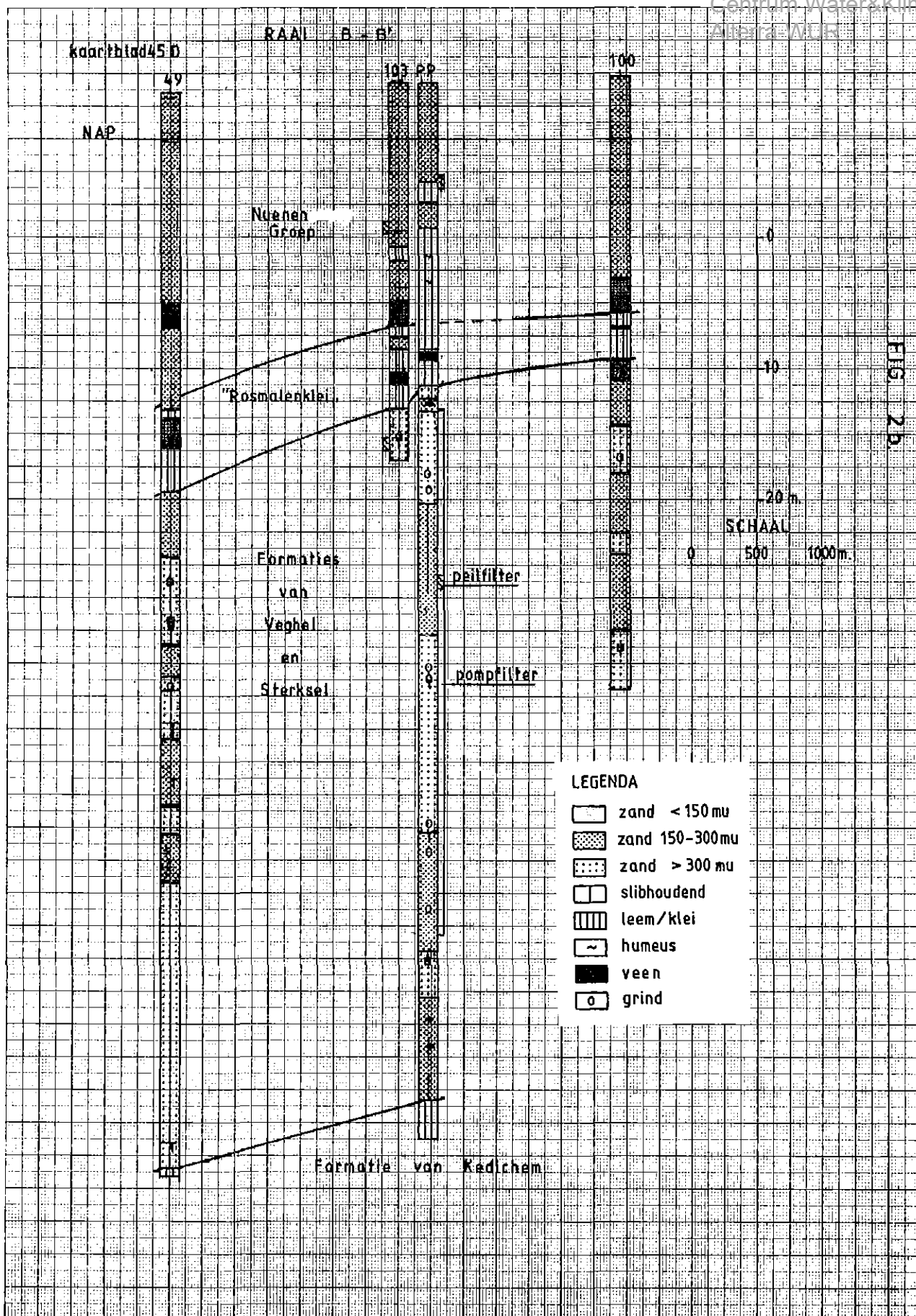


FIG. 3.

DETAILKAART
(diepe pompproef)

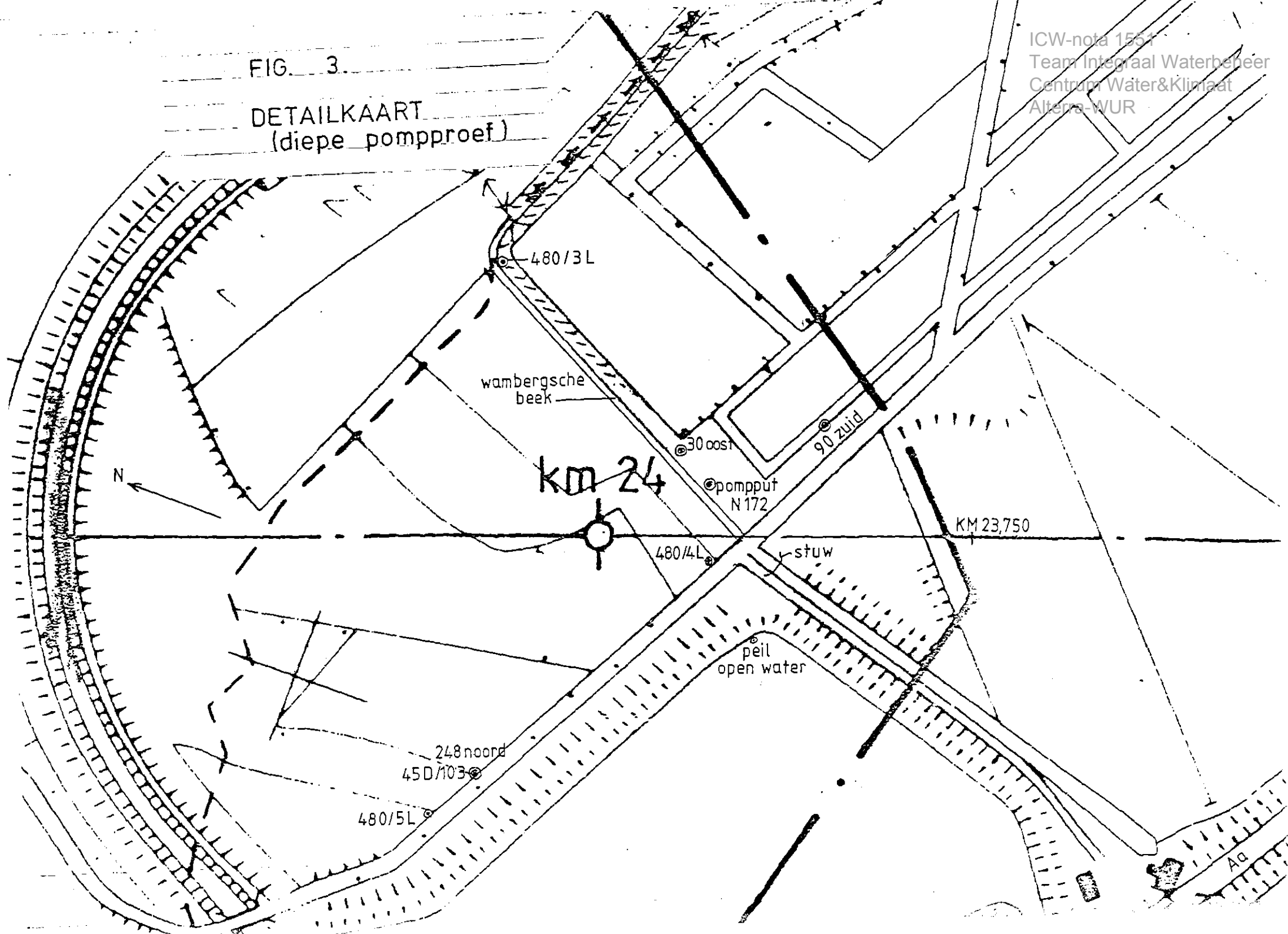
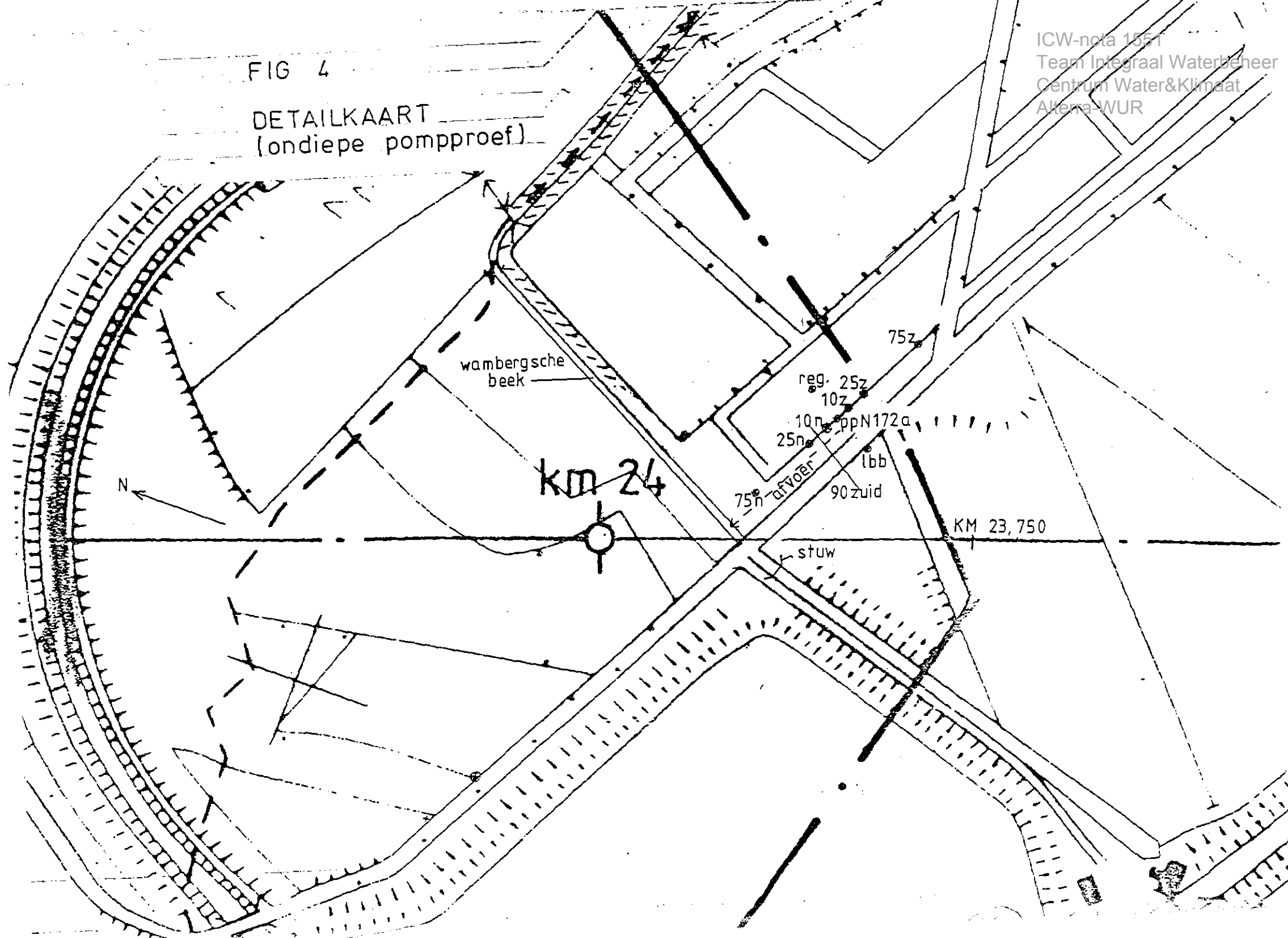
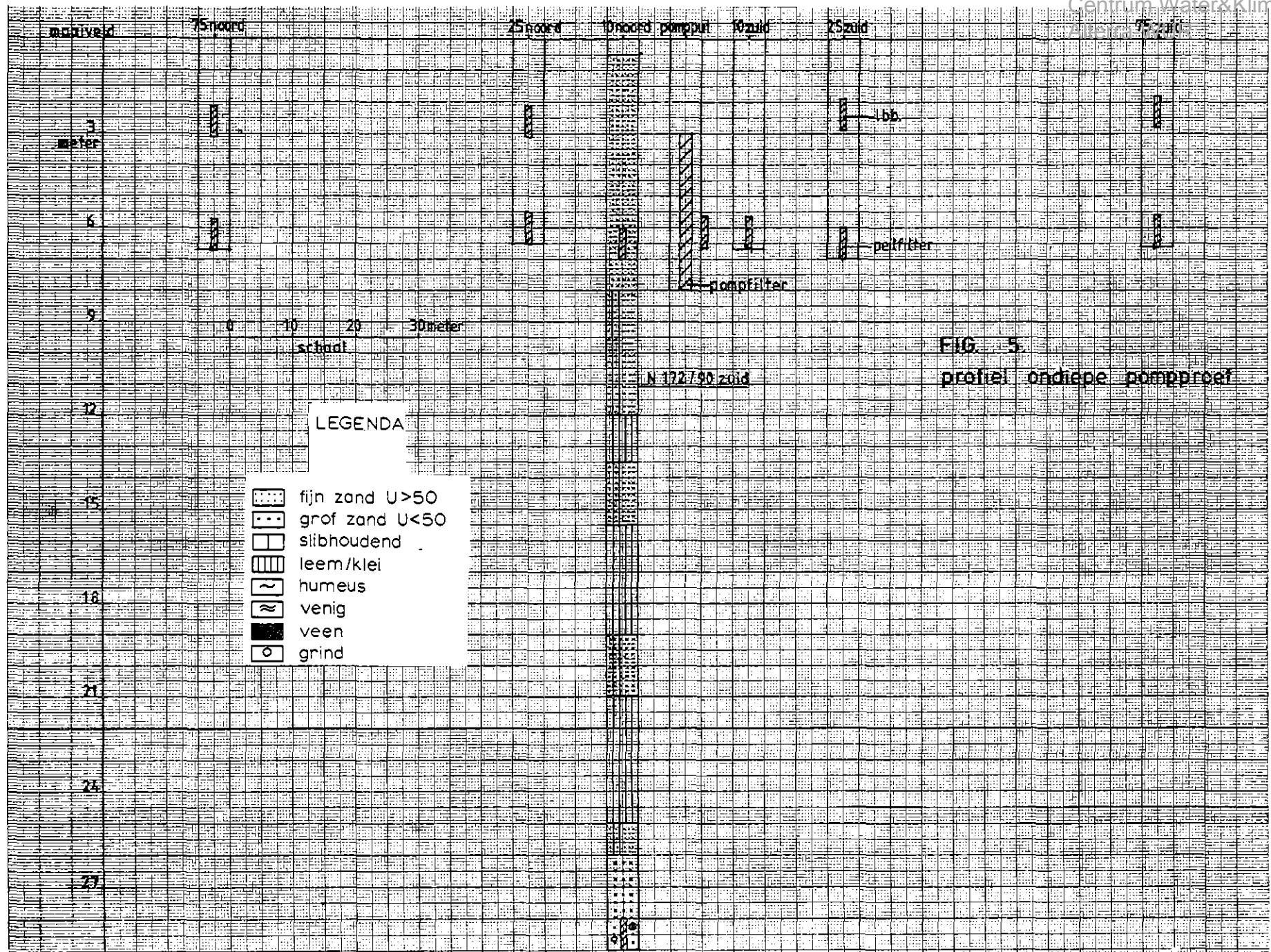


FIG 4

DETAILKAART
(ondiepe pompproef)





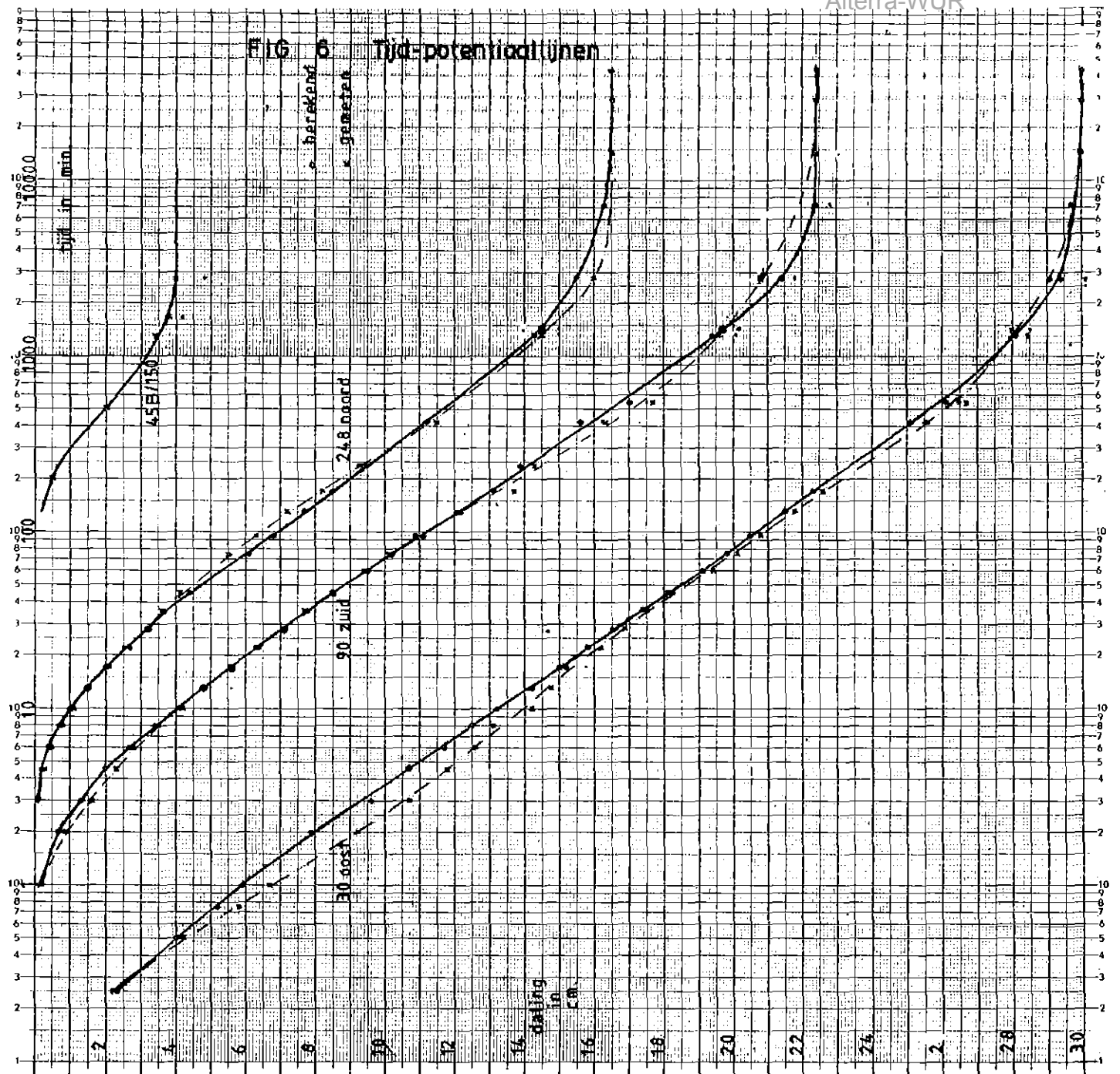


FIG. 7 TIJDSUITHOOGTELIJNEN

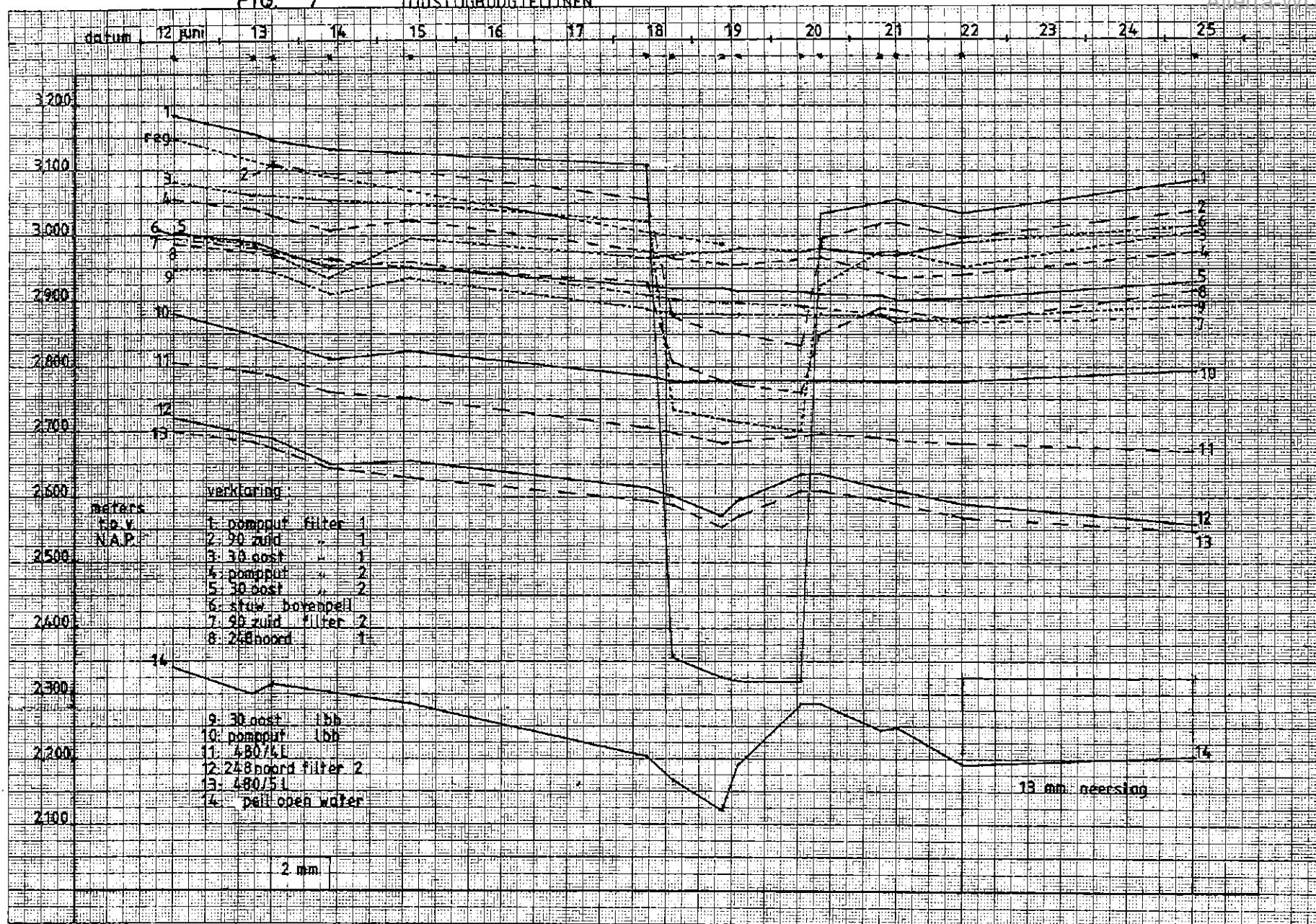


FIG. 8. Afpompingskromme

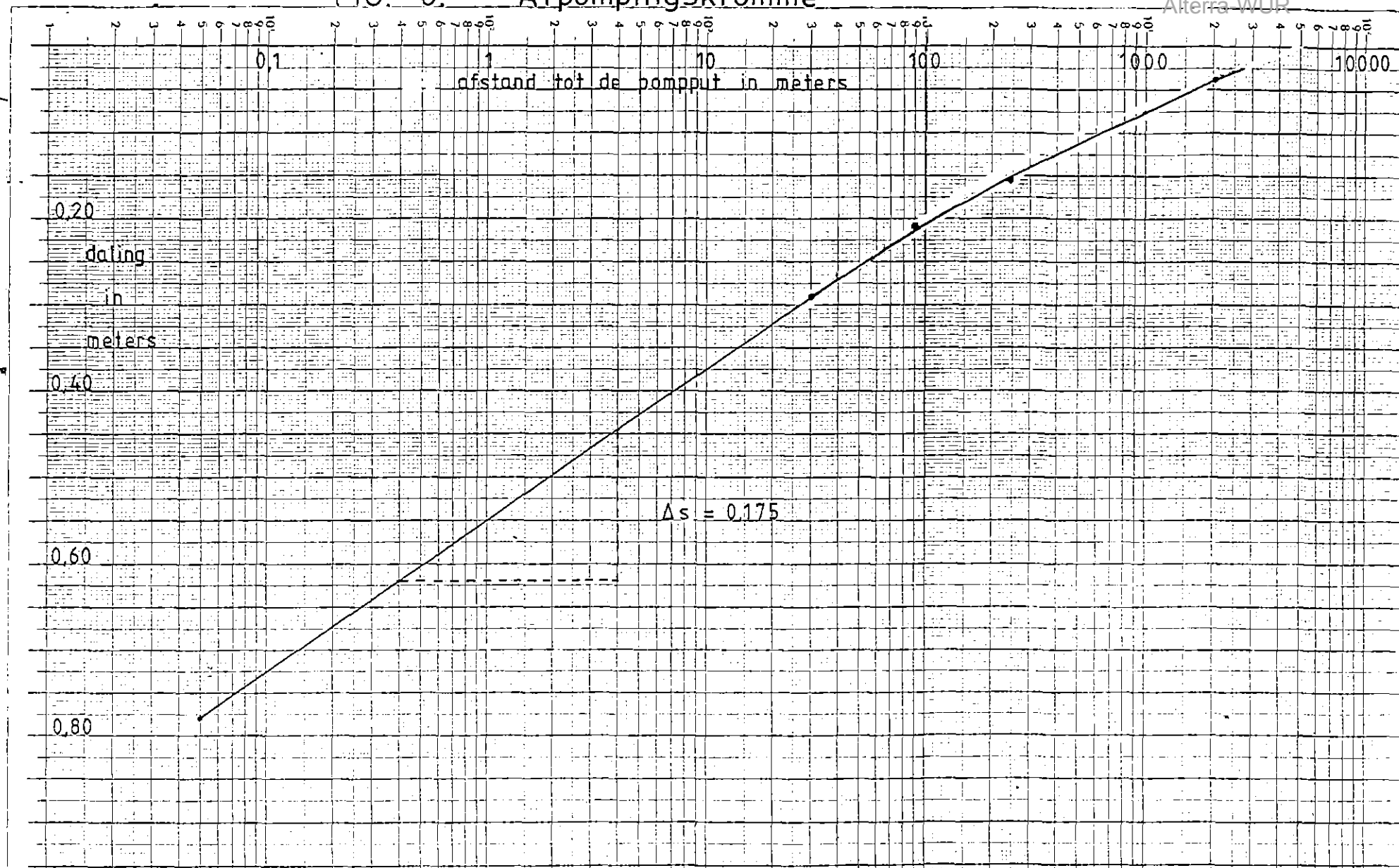


FIG. 9. Afpompingskromme (methode Theis)

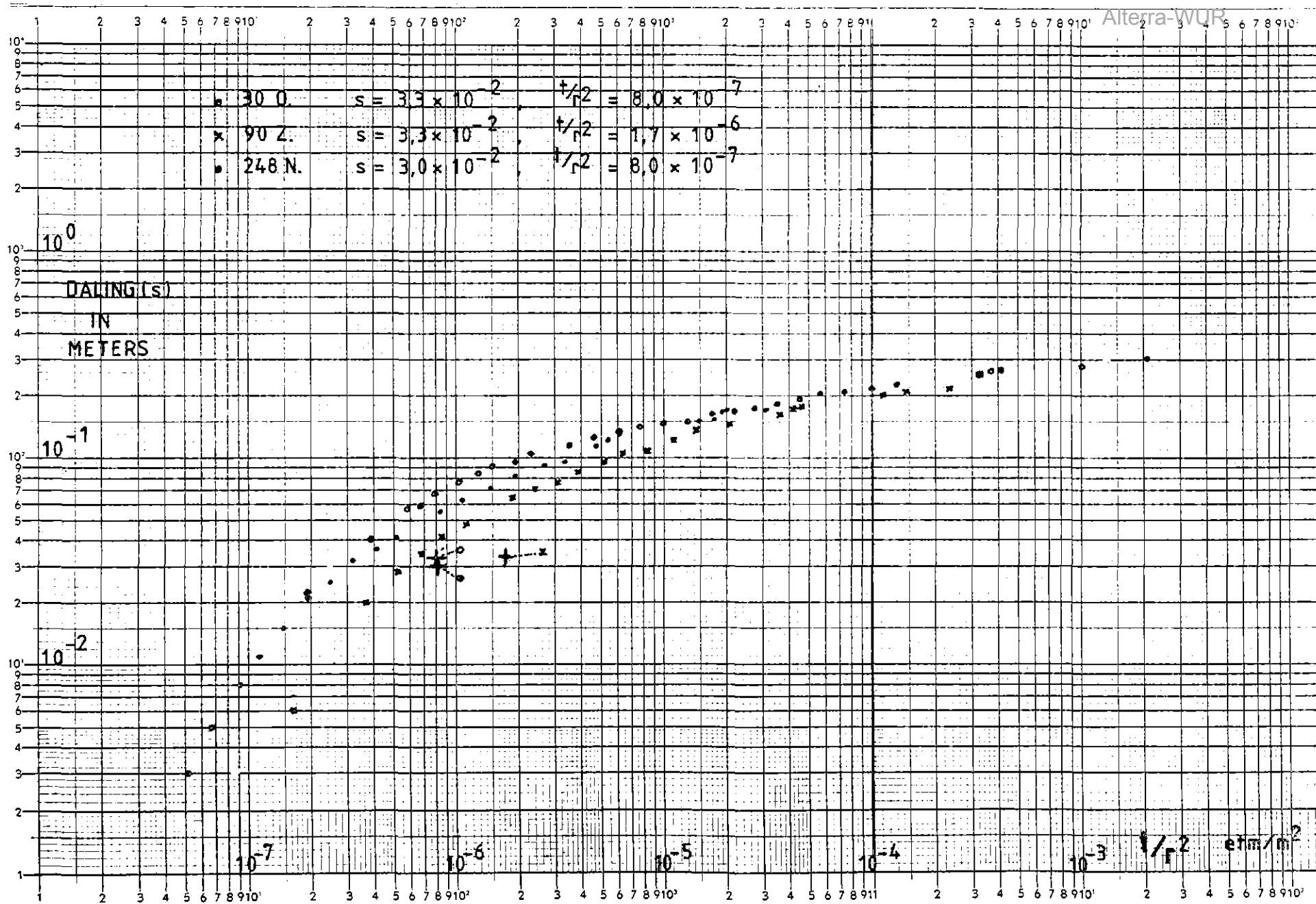


FIG. 10. Afpompingskromme (methode Walton).

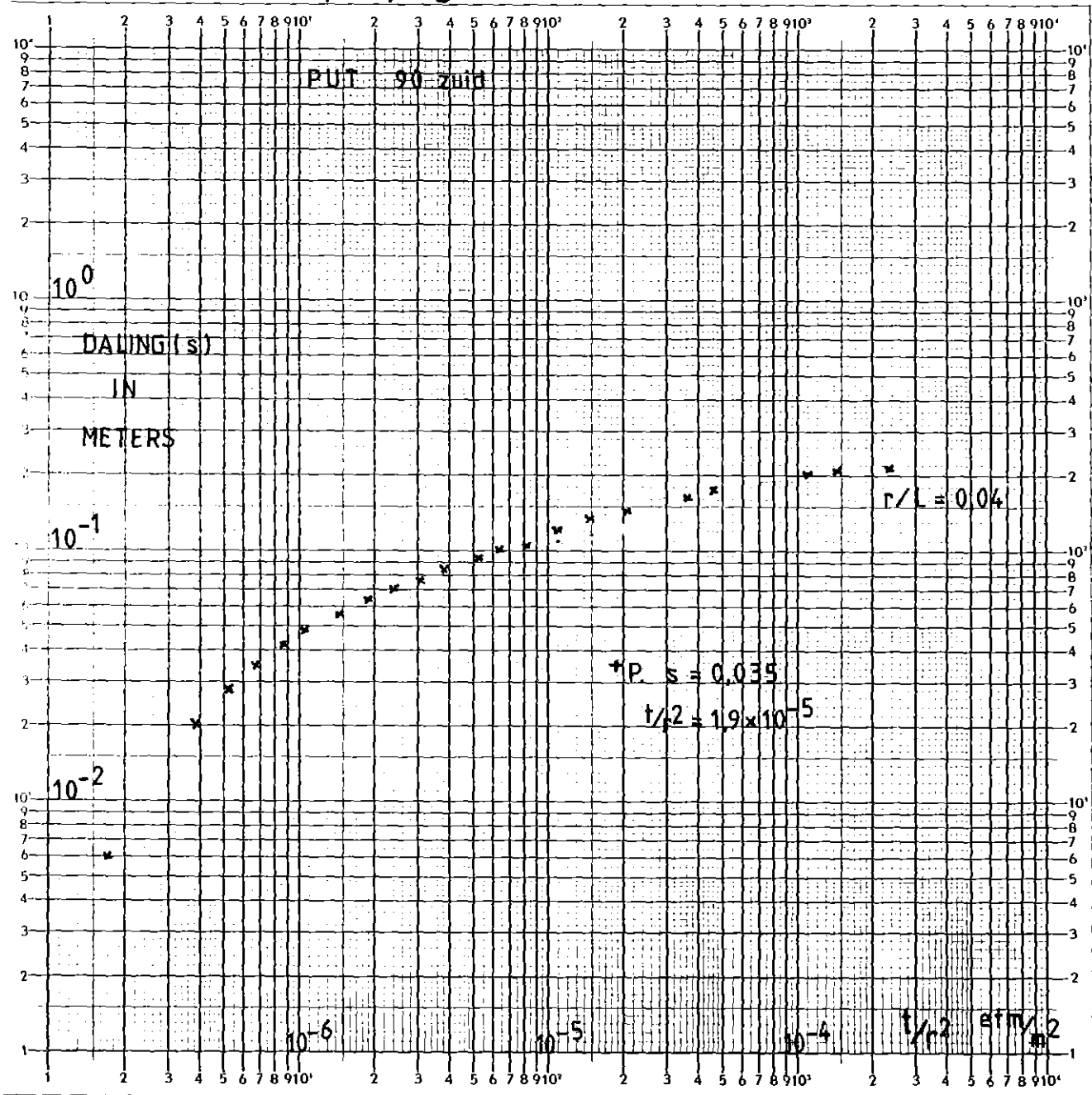


FIG. 11. Afpompingskromme (methode Walton)

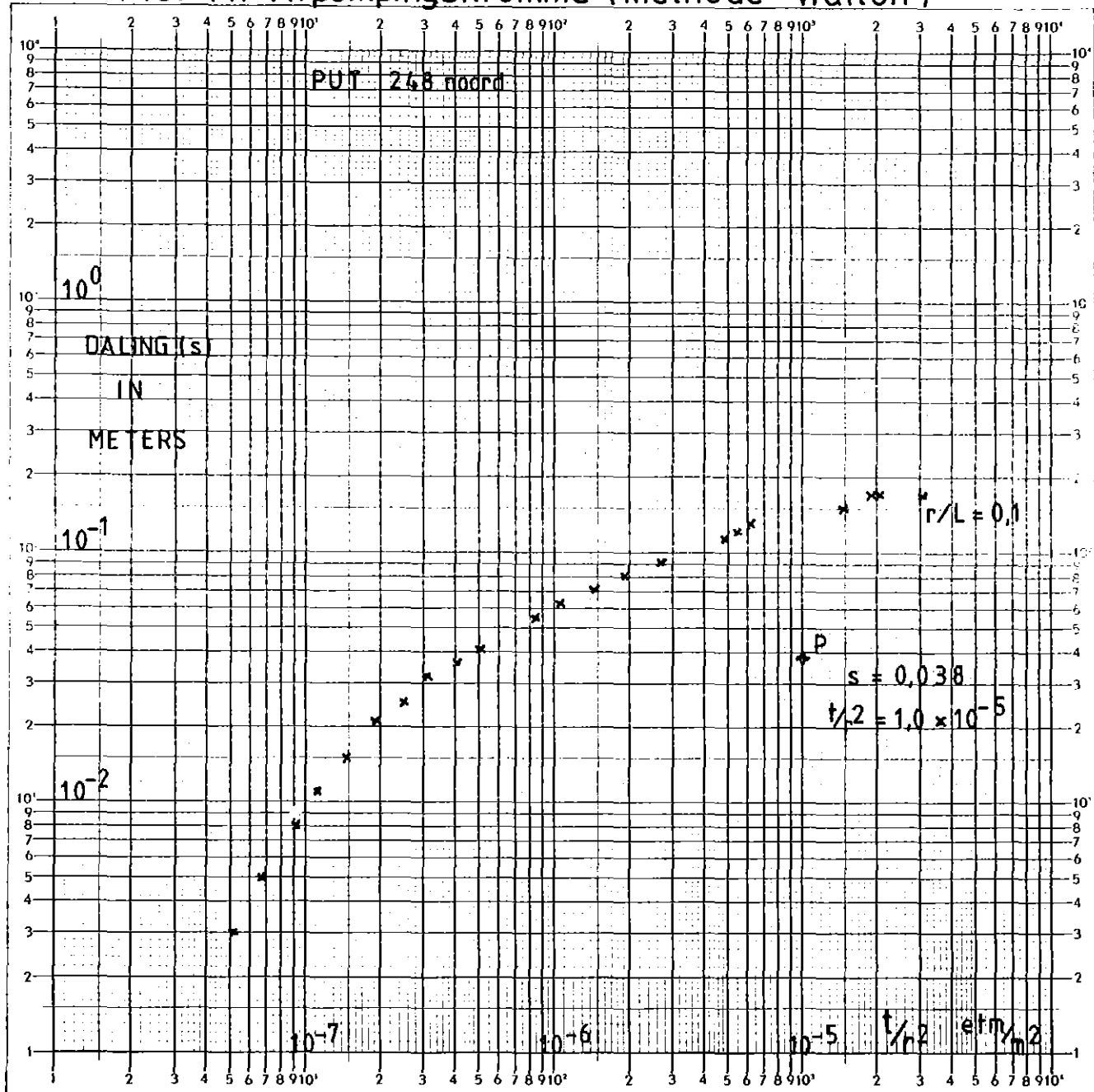


FIG. 12 · Afpompingskromme (methode de Glee)

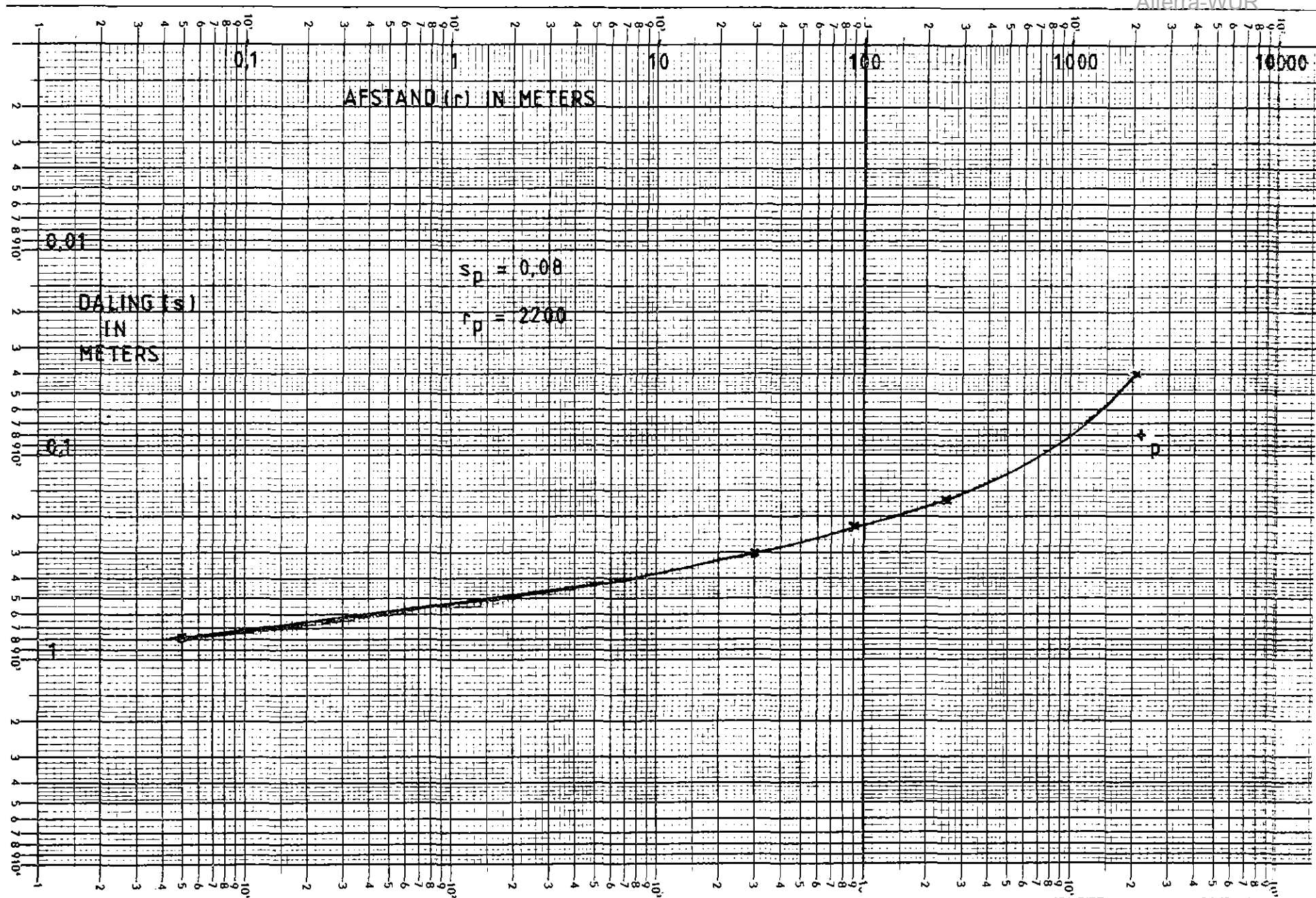


FIG. 13 Tijd - potentiaalijnen

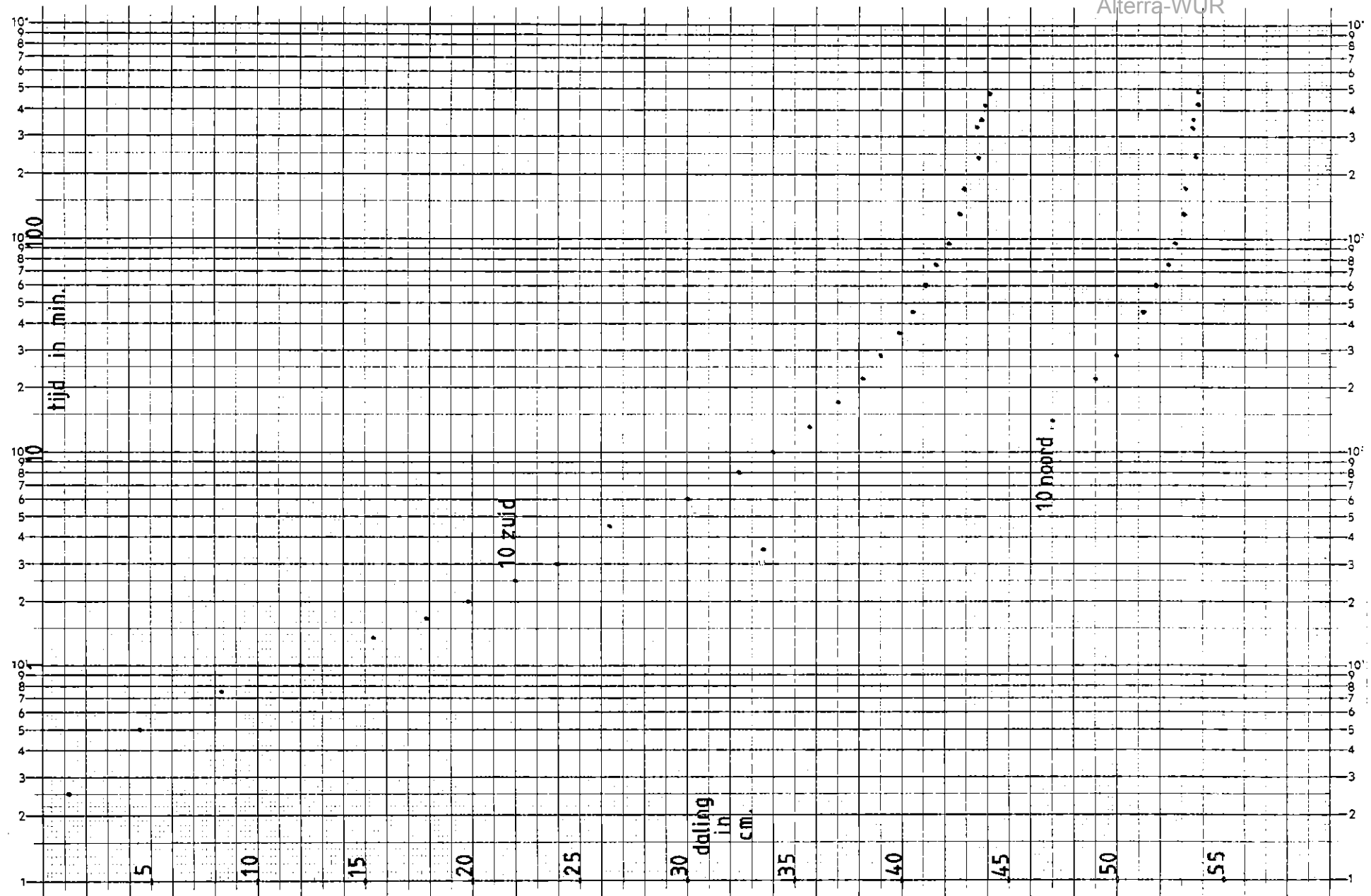


FIG. 14 Tijd-potentiaallijnen

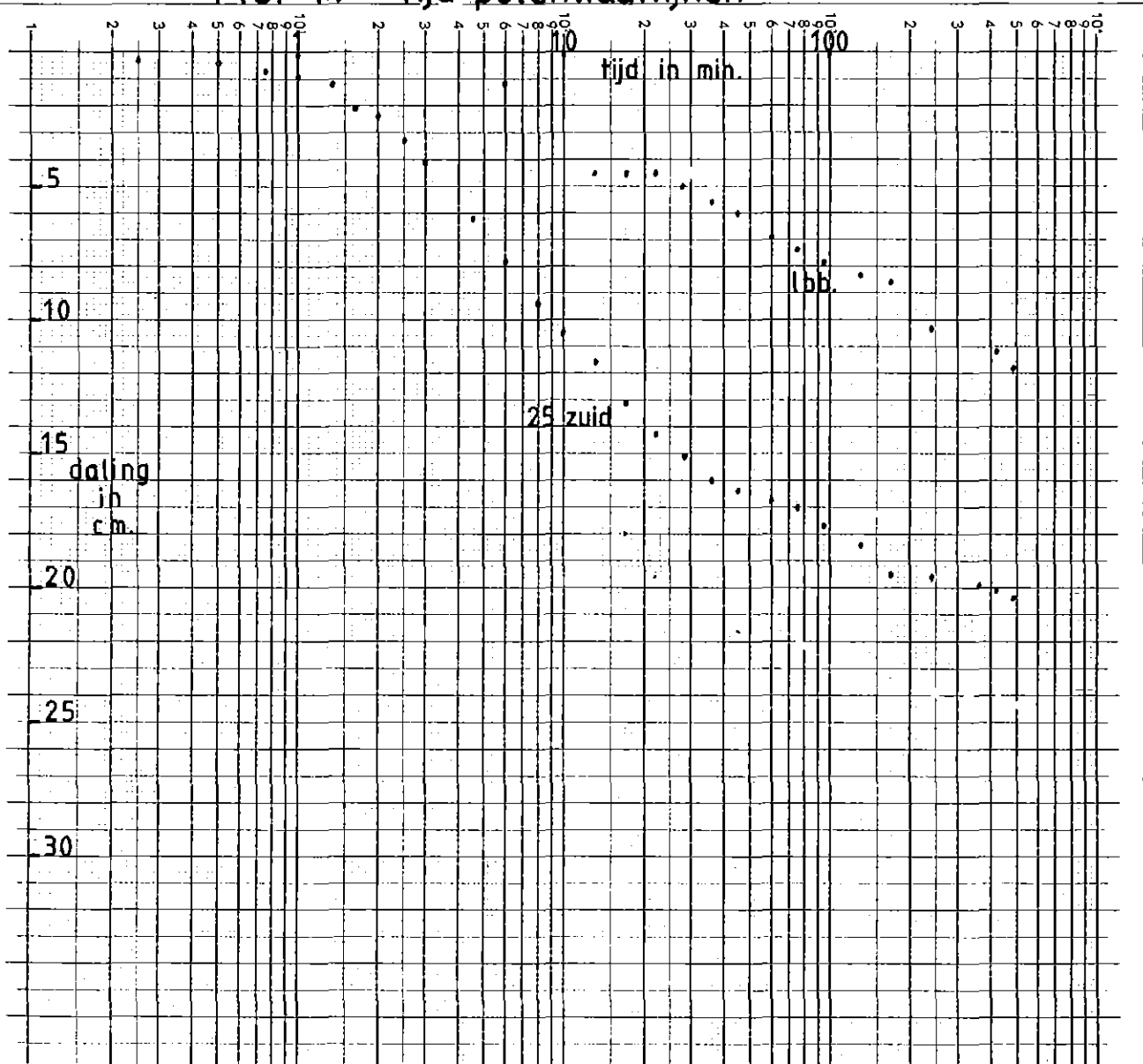
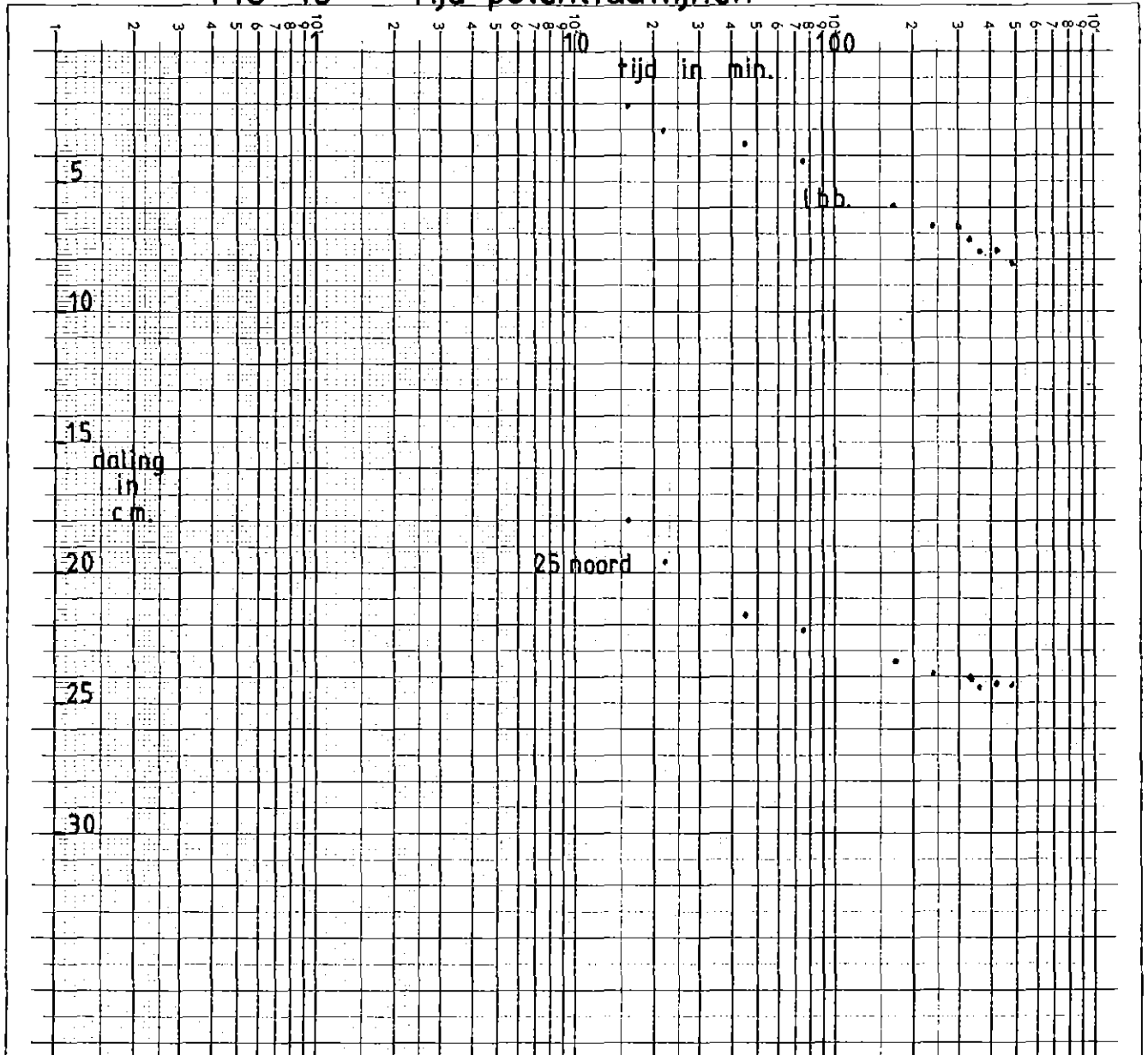


FIG 15 Tijd-potentiaallijnen



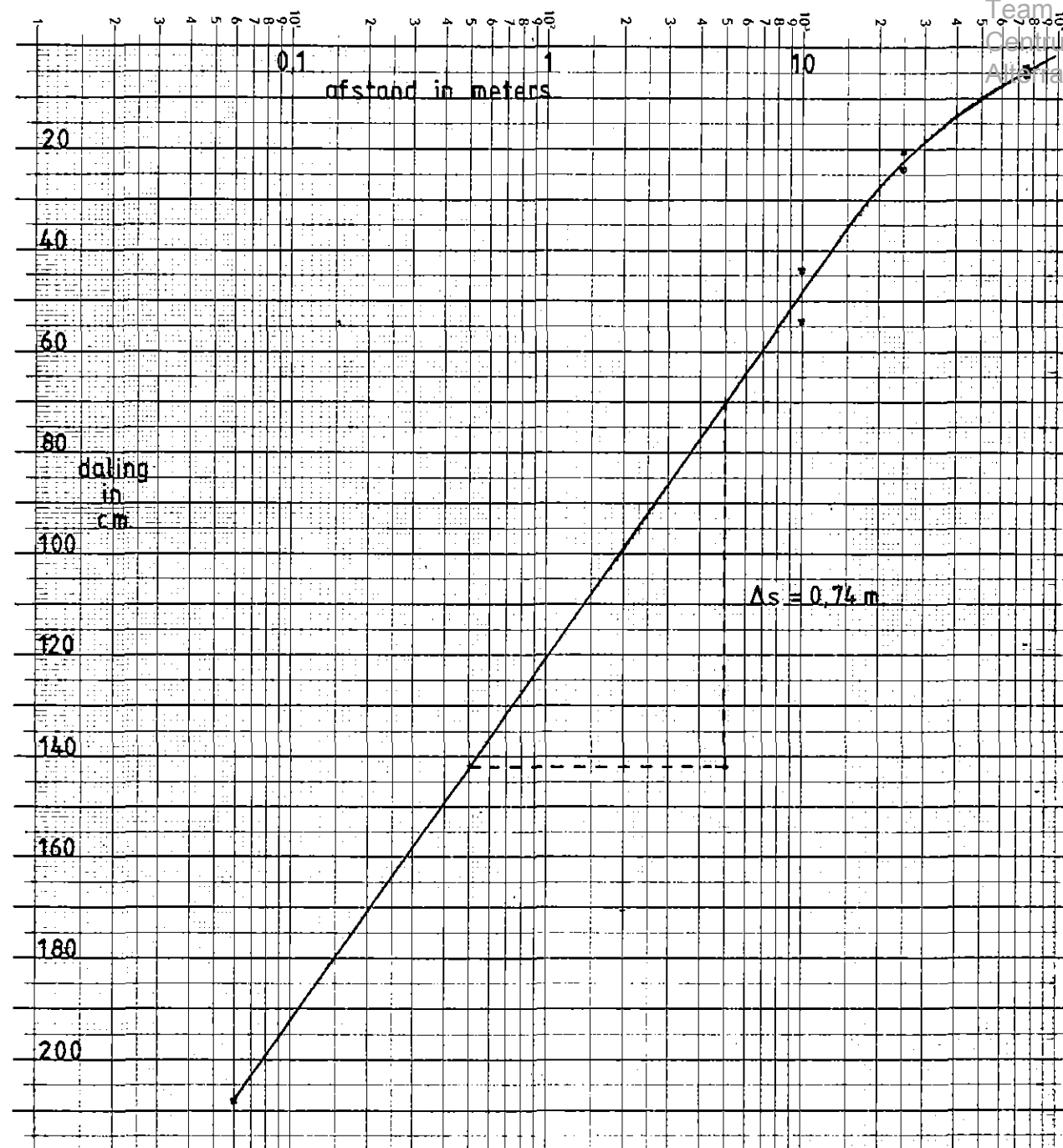


FIG. 16 Afpompingskromme

FIG. 17 Afpompingskromme (methode Walton)

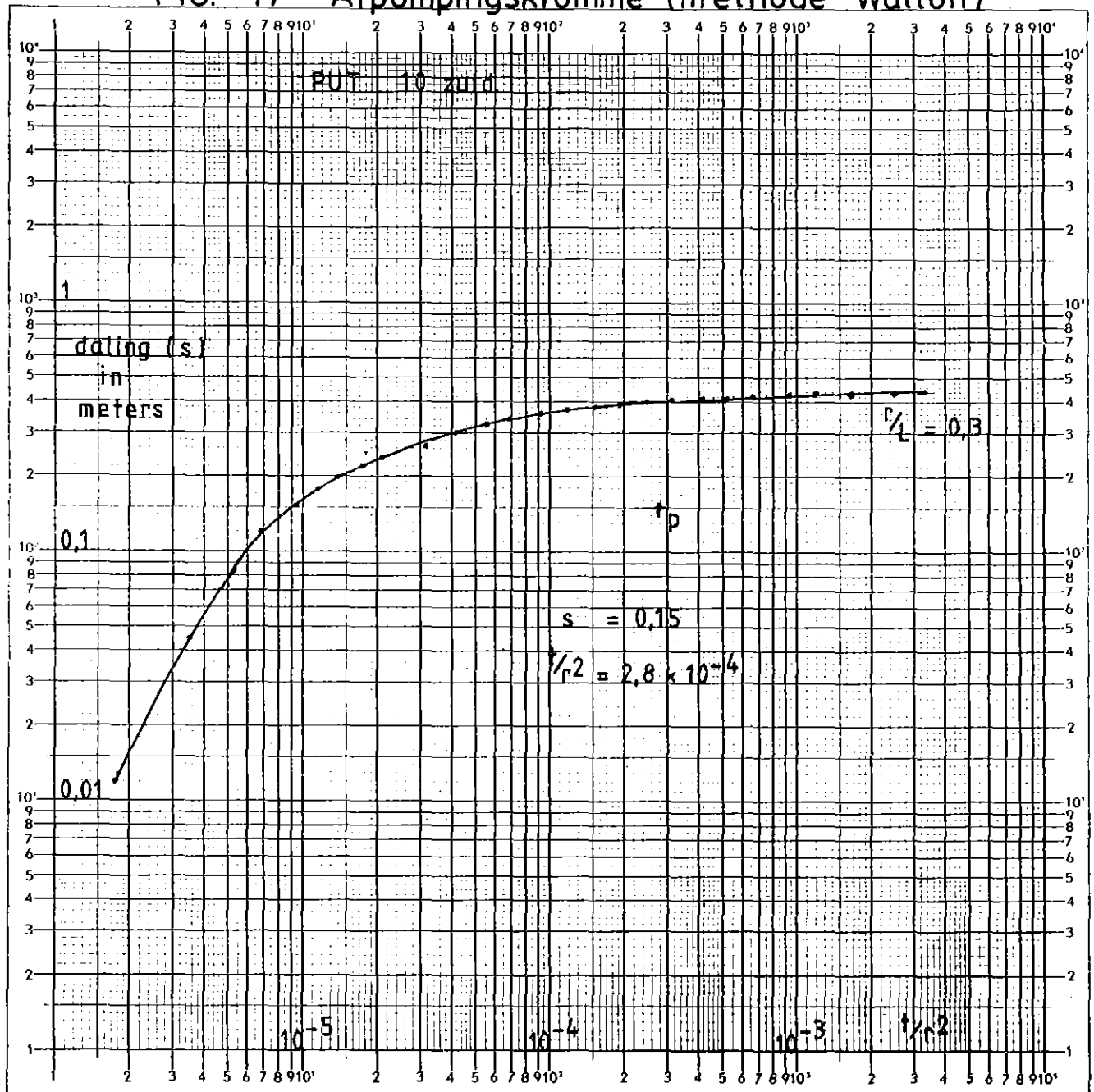


FIG. 18 Afpompingskromme (methode Walton)

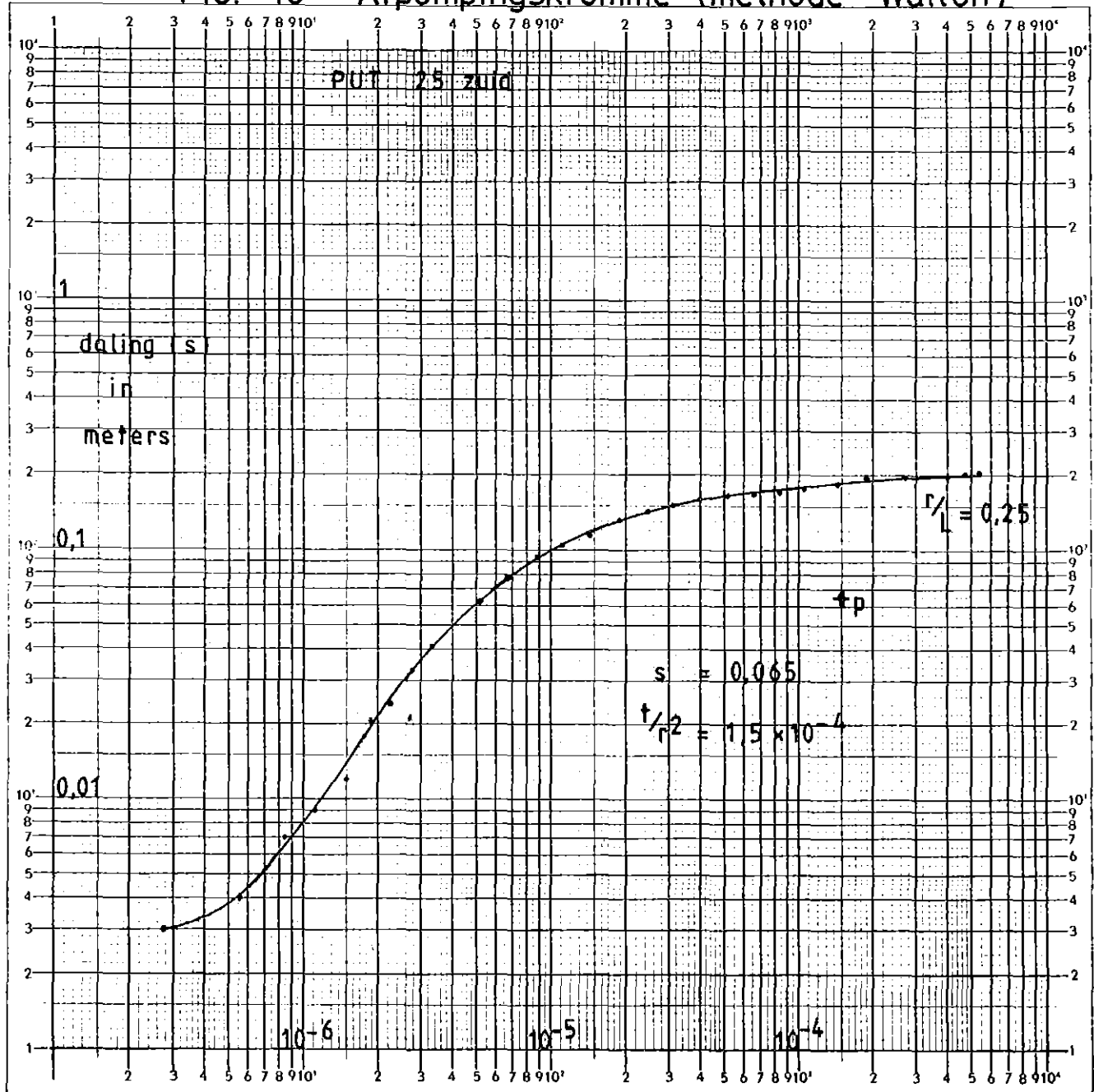


FIG. 19 Afpompingskromme (methode de Glee)

