

NOTA 1379

oktober 1982

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BODEMCONSTANTEN IN DE OMGEVING VAN DE
ZUID-WILLEMSVAART TUSSEN 's HERTOGENBOSCH EN DONK

ing. E. van Rees Vellinga, H. Witt en ing. K.E. Wit

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

	B1z.
1. INLEIDING	1
2. DE GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE	2
3. HYDROLOGISCHE CONSTANTEN	4
3.1. Toegepaste methoden	4
3.2. Taxatie van k-waarden op grond van lithologische kenmerken	4
3.3. Pompproeven	5
4. SAMENVATTING	11
LITERATUUR	11

1. INLEIDING

Door de Directie Noord-Brabant van de Rijkswaterstaat zijn plannen ontworpen ter verbetering van de Zuid-Willemsvaart. Het betreft hier voornamelijk verbreding en verdieping van het kanaalprofiel, terwijl de oude sluizen zullen worden vervangen door een kleiner aantal nieuwe sluizen. Deze maatregelen zullen hun invloed uitoefenen op het grondwaterregime in de omgeving van het kanaal met als gevolg dat daar schade kan optreden voor landbouw, natuurterreinen en bebouwing. Ten behoeve van het geohydrologisch onderzoek dat de grootte van de peilveranderingen en de daaruit voortvloeiende schade moet voorspellen, wordt in deze nota verslag uitgebracht van de onderzoeken die zich speciaal hebben gericht op het aspect van het doorlaatvermogen (kD) in de watervoerende pakketten in de ondergrond, en de weerstand (c) tegen grondwaterstroming in de onregelmatig voorkomende kleilagen.

Basis voor de berekening van deze grootheden is de globale geologische situatie zoals medegedeeld door de Rijks Geologische Dienst (RGD).

Bij de bepaling van het doorlaatvermogen in de ondergrond werd in hoofdzaak gebruik gemaakt van boorbeschrijvingen, waaruit aan de hand van het aangetroffen materiaal een schatting werd gedaan van de doorlaatfactor, waarna de kD-waarde kon worden gevonden door verrekening met de dikte van de lagen. Op twee plaatsen konden deze waarden worden getoetst aan de resultaten van een pompproef. Bovendien was van enkele boringen een granulaire analyse beschikbaar, waaruit de kD-waarde kon worden berekend.

Voor het vaststellen van de verticale weerstand (c) van de afdekende lagen - een waarde die in het onderzoek van zeer groot belang is - stonden alleen de resultaten uit de twee pompproeven ter beschik-

king. De gegevens uit het onderzoek van de RGD zullen moeten worden gebruikt om een - zeer globale en weinig betrouwbare - indruk te geven van de orde van grootte van deze bodemconstante over het gehele gebied.

2. DE GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE

Om een enigszins betrouwbare indruk te krijgen van het grondwater-regime, zoals dit in een gebied zijn invloed uitoefent op de situatie aan het aardoppervlak - en beïnvloed kan worden door ingrepen aan het maaiveld - is een gedegen kennis van de geologische opbouw van de ondergrond onontbeerlijk. Immers, de stroming van het water is in belangrijke mate afhankelijk van de eigenschappen van de grondlagen waardoor het stroomt.

In principe worden in hydrologische zin 4 belangrijke onderdelen in de ondergrond onderscheiden:

1. De hydrologische basis. Hieronder wordt verstaan de weerstand biedende laag waarboven het hydrologisch gebeuren dat zijn invloed van het maaiveld uitoefent (of wordt beïnvloed), plaats vindt.
2. Het watervoerend pakket. Dit is het complex van grofzandige lagen waarin de grondwaterstroming plaats vindt. Het kan - naar gelang van de plaatselijke situatie - worden onderverdeeld in meer dan één watervoerend pakket.
3. Het afdekkend pakket. Dit zijn fijnzandige, kleiïge of venige afzettingen aan het aardoppervlak, die een meer of minder afscher-mende functie kunnen hebben tussen de waterstroming in de onder-grond en die aan het maaiveld.
4. Weerstand biedende (klei-, veen-)lagen in het watervoerend pakket, die het doorlaatvermogen of de grondwaterstroming (eventueel stroom-richting) kunnen beïnvloeden.

Ad 1. Aangenomen wordt dat in het onderzochte gebied als hydrologische basis kan worden beschouwd het kleiïg ontwikkelde gedeelte van de onder-pleistocene Formatie van Kedichem (RGD). In enkele boringen (b.v. 45D/10) komt deze klei niet voor, reden waarom toch nog enige voorzichtigheid is geboden met de uitspraak dat

hier sprake zou zijn van één aaneengesloten ondoorlatende basislaag. In de praktijk zal echter blijken dat dit in dit speciale gebied wel een acceptabele aanname is. Voor een weergave van de diepte van de hydrologische basis, aangegeven door de RGD (met enkele wijzigingen a.g.v. nieuwe gegevens) wordt verwezen naar fig. 1.

- Ad 2. Het watervoerend pakket in het onderzochte gebied bestaat grotendeels uit de meestal grofzandige lagen van de Formaties van Sterksel en Veghel. Uit hydrologisch oogpunt is het niet interessant deze twee midden-pleistocene formaties van elkaar te onderscheiden. Plaatselijk wordt een eventueel aansluitend grofzandig deel van de Nuenen Groep bij het watervoerend pakket gerekend. De dikte van het pakket varieert in orde van grootte van 50 tot 80 m. In enkele delen van het gebied lijkt op eenzelfde niveau (fig. 3 en 14) steeds een kleiïge horizont voor te komen (b.v. boringen 45G/32, 33, 34,1; 45D/26, 82, 83), waarbij dan moet worden gedacht aan de Mineraalzone van Rosmalen (DE RIDDER and ZAGWIJN, 1962). Het moet niet uitgesloten worden geacht dat deze klei - mogelijk alleen plaatselijk - invloed heeft op de grondwaterstroming; in de twee uitgevoerde pompproeven bleek deze invloed echter gering.
- Ad 3. Als afdekkend pakket wordt beschouwd het complex van kleiïge, venige of fijnzandige lagen, voorkomende in de Nuenen Groep. Vooral de hierin veelvuldig voorkomende Brabantleem zou hier een slecht doorlatende rol kunnen spelen. Het onregelmatig voorkomen van deze lagen zal het vaststellen van een eventuele verticale weerstand zeer bemoeilijken; hier en daar loopt het watervoerend pakket zelfs ongestoord door tot aan het maaiveld.
- Ad 4. In het watervoerende pakket komen geregeld kleilagen voor, vermoedelijk slechts geringe en lokale invloed uitoefenend op de hydrologische bewegingen. Een uitzondering vormt mogelijk de reeds genoemde Mineraalzone van Rosmalen, waaraan wat meer betekenis zal moeten worden toegekend.

3. HYDROLOGISCHE CONSTANTEN

3.1. Toegepaste methoden

Voor de bepaling van de hydrologische constanten zijn een aantal methoden toegepast, die elkaar enerzijds overlappen en anderzijds aanvullen. Ze zijn als volgt te karakteriseren:

- taxatie van k-waarden aan de hand van boorbeschrijvingen c.q. boormonsters;
- pompproeven.

3.2. Taxatie van k-waarden op grond van lithologische kenmerken

Aan de hand van boorbeschrijvingen (deels van nieuw uitgevoerde boringen, deels beschikbaar gesteld door de RGD) werd een taxatie uitgevoerd van het doorlaatvermogen in de ondergrond van de omgeving van de Zuid-Willemsvaart tussen 's Hertogenbosch en Donk. Bij de bewerking van de gegevens bleek dat slechts weinig boorbeschrijvingen een goede mogelijkheid bieden een enigszins redelijke taxatie van het aangeboorde materiaal te maken, en wel om de volgende twee redenen: Veel beschrijvingen zijn dermate globaal en onvolledig, dat geen duidelijk beeld is te vormen van de aardlagen; veel boringen zijn niet diep genoeg, dat wil zeggen de hydrologische basis is niet bereikt.

De vast te stellen kD-waarde wordt aldus altijd een compromis tussen de bestaande mogelijkheden en de tolerantie die men aan het gegeven wil toekennen.

In het geval van een slecht beschreven boring bestaat er geen soelaas: men moet het met het gegeven zo goed mogelijk doen. In het geval van een te ondiepe boring kan gebruik gemaakt worden van extrapoleren met behulp van gegevens uit boringen in de omgeving, die wèl diep genoeg zijn. Het spreekt vanzelf dat het resultaat dan wel aan betrouwbaarheid inboet.

Ten einde deze extrapolatie zo goed mogelijk toe te passen, zijn over het gebied 4 profielen geconstrueerd (profiel A-A' t/m D-D').

Hierin werd over de verschillende trajecten kD in de bekende boringen vastgesteld, waarna op basis hiervan een gemiddelde doorlaatfactor ($\bar{k}$) werd bepaald. Deze $\bar{k}$ werd vervolgens gebruikt voor de extrapolatie van boringen die niet tot de hydrologische basis reikten

Van de genoemde profielen is A-A' het interessantste, daar dit evenwijdig loopt met de Zuid-Willemsvaart. Globaal kan worden gezegd, dat de kD -waarde van het watervoerend pakket in de directe omgeving van het kanaal varieert van 1000 tot 2700 m^2/dag (fig. 1), waarbij in het noordelijkste deel de waarden beneden de 2000 liggen, bij N161 en 45G/109 bijna 2700 werd berekend, in de buurt van Veghel 1000-1600 m^2/dag voorkomt, terwijl in de omgeving van Donk zowel hoge als lage waarden voorkwamen. Op grotere afstand van het kanaal komen sterk afwijkende kD -waarden voor.

3.3. Pompproeven

Het verkrijgen van informatie omtrent het voorkomen van extreme c -waarden in de Nuenen Groep was overwegend de aanleiding tot het uitvoeren van een tweetal pompproeven. De lokaties zijn vastgesteld aan de hand van een verbreidings- en diktekaart van de Brabantse leem (RGD). Pompproef N160 is uitgevoerd in een gebied waar deze leem niet voorkomt, terwijl pompproef N161 is gesitueerd in een gebied waar plaatselijk leemlagen van meer dan 3 m zijn aangetroffen. Naast c -waarden hebben de pompproeven bijgedragen tot:

- de toetsing van de in het voorgaande beschreven methode ter vaststelling van kD -waarden uit lithologische parameters;
- de verdieping aan inzicht omtrent de geohydrologische gesteldheid;
- informatie betreffende bergingscoëfficiënten.

Pompproef N160

a. Inrichting. In fig. 2 is de ligging van de waarnemingspunten weergegeven. Ten behoeve van de pompproef zijn twee boringen (026 en 0171) tot globaal 25 m en één boring (N160) tot ruim 65 m diepte uitgevoerd. Laatstgenoemde boring is ingericht als pompput en de twee eerstgenoemde als waarnemingsputten. Voor de waarnemingen is verder gebruik gemaakt van een drietal beregeningsputten (W79, 093

en 0740). Landbouwbuizen zijn geplaatst bij de waarnemingsputten en in een aantal raaien rondom de pompput (nr 6 t/m 17).

b. Hydrologische gesteldheid. In fig. 3 is de lithologie van de ondergrond weergegeven op grond van de uitgevoerde boringen. Dit gegeven alsmede metingen (grondwaterstanden, neerslag), voorafgaande aan de pompproef en terreinkenmerken zoals het afwateringssysteem, leiden tot de volgende opmerkingen:

- . in de Nuenen Groep komen plaatselijk dunne leemlaagjes voor (fig. 3);
- . er bestaat een grote mate van overeenstemming in fluctuatie tussen landbouwbuizen en peilfilters (fig. 4 en 7);
- . geringe verticale stijghoogteverschillen komen voor tussen landbouwbuizen en peilfilters (fig. 5 en 6); in de omgeving van de pompput komt infiltratie bij 0740 kwel voor.
- . de afvoer van neerslag (fig. 7) in een straal van 300 tot 500 m rondom de pompput is ondergronds.

Voorlopige conclusie: er is praktisch sprake van één watervoerend pakket vanaf maaiveld tot de basis (Formatie van Kedichem), met als beperkende factor enige weerstand biedende lagen in de Nuenen Groep.

c. Uitvoering. Op 7 juli 10.00 uur is de pompproef gestart en op 8 juli 16.00 uur beëindigd. Het debiet was $42 \text{ m}^3/\text{uur}$, het opgepompte water is door een 470 m lange leiding afgevoerd (fig. 2).

De door de pompproef en eventueel andere factoren ontstane grondwaterstandsveranderingen zijn in fig. 8 en 9 aangegeven, zie ook fig. 7. Uit het stijghoogteverloop bij 0740, die gezien de invloedssfeer van de pompproef (fig. 11) als referentieput is gebruikt voor natuurlijke invloeden, en de correlaties uit fig. 4, zijn correcties afgeleid voor fig. 8 en 9.

In fig. 10 zijn de meetresultaten van de landbouwbuizen weergegeven, de buizen nr 6, 12 en 16 in de naaste omgeving van de pompput vertonen de grootste daling. De daling kan maar voor een deel worden toegeschreven aan de uitgevoerde pompproef. Buis nr 15 lijkt het meest representatief voor de ongestoorde invloeden.

In fig. 11 zijn de gecorrigeerde dalingen aan het eind van de pompproef uit fig. 8 en 9 weergegeven.

Voor berekening van de kD-waarde is de formule van Thiem gebruikt:

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

waarbij: kD = doorlaatvermogen (m²/dag)
 Q = debiet (m³/dag)
 r₁ = afstand pompput (m)
 r₂ = afstand pompput (m)
 φ_{r₁} = stijghoogteverlaging op afstand r₁ (m)
 φ_{r₂} = stijghoogteverlaging op afstand r₂ (m)

Wordt in fig. 11 één logarithmische periode beschouwd en het daar-
 bij behorende stijghoogteverschil: Δh, dan kan (1) worden vereenvou-
 digd tot:

$$kD = \frac{2,3Q}{2\pi\Delta h} \quad (2)$$

Substitutie van de bekende waarden in (2) geeft:

$$kD = 2310 \text{ m}^2/\text{dag}$$

De gemeten verlaging bij 026 I ligt in fig. 11 boven de afpompings-
 kromme, dit kan met grote zekerheid worden toegeschreven aan een
 heterogeniteit in de watervoerende laag.

De bepaling van de c-waarde in de Nuenen Groep is op twee manieren
 uitgevoerd. Bij de eerste bepaling is gebruik gemaakt van bergings-
 coëfficiënten, daling freatisch vlak tengevolge van de pompproef en
 de hierbij corresponderende stijghoogteverschillen. De tweede methode
 berust op het berekenen van de voeding van freatisch water tengevolge
 van de pompproef in een gebied rondom de pompput en het gemiddeld
 verticaal stijghoogteverschil, waarbij deze plaats vindt.

Voor het verkrijgen van de benodigde gegevens omtrent bergings-
 coëfficiënten (μ) is in de omgeving van de pompput (N160) een onge-
 stoorde grondkolom ter lengte van 1 m en doorsnede van 10 cm tot op
 een diepte van 1,4 m beneden maaiveld genomen. De grondkolom is in

het laboratorium onder veldomstandigheden gebracht wat betreft het aanbrengen van een grondwaterspiegel. Door drainage van de kolom is vervolgens fig. 12 verkregen. Voor twee trajecten is zo een waarde voor μ berekend. Een andere mogelijkheid voor deze bepaling biedt fig. 7. Uit neerslaggegevens en grondwaterstandsveranderingen (berging, afvoer) is eveneens een waarde voor μ berekend, zie fig. 12. De verkregen waarden lopen uiteen van 0.043 tot 0.115; voor de verdere berekeningen is 0,10 aangehouden.

Voor de buizen 6, 7, 8, 12, 13, 14 en 16 zijn c-waarden berekend, uiteenlopend van 40 tot 100 dagen en met als gemiddelde een waarde van 65 dagen.

Uit fig. 7 is uit het stijghoogteverloop van l.b.b. en I tijdens de pompproef een c-waarde van 20 dagen berekend.

Voor een gebied met een straal van 120 m rondom de pompput leverde toepassing van de tweede methode rond 65 dagen op.

Als gemiddelde c-waarde lijkt 65 dagen het meest aannemelijk.

Pompproef N161

a. Inrichting. In fig. 13 zijn de waarnemingspunten weergegeven. Ten behoeve van de pompproef zijn drie boringen (W44, W142 en W408) tot globaal 25 m diepte en één boring (N161) tot ruim 65 m uitgevoerd. N161 is ingericht als pompput, in de W-boringen zijn peilfilters gesteld. Bij de boringen en verder bij 5 tot en met 11 zijn landbouwbuizen geplaatst.

b. Hydrologische gesteldheid. De lokatie van de pompproef is gesitueerd in een gebied met enkele meters dikke leemlagen, in het lithologisch profiel (fig. 14) komt dit tot uiting.

In fig. 15 zijn de tijdstijghoogtelijnen van de boringen voorafgaande aan de pompproef en daarna weergegeven; in vergelijking met fig. 4 is de overeenstemming in fluctuatie tussen landbouwbuizen en peilfilters minder duidelijk. Daar tijdens de werkzaamheden geen neerslag is gevallen zou een tendens van gelijkmatige daling mogen worden verwacht. De buizen W44 en W142 vertonen echter ook stijgingen, naderhand zal blijken dat dit moet worden toegeschreven aan het tijdstip van peiling, de extreme verdamping en het feit dat de buizen naast een sloot staan.

In fig. 16 en 17 is respectievelijk de stijghoogte van het freatisch vlak en de eerste watervoerende laag weergegeven en in fig. 18 het verschil van deze twee kaartbeelden.

Uit de laatste drie figuren zou de conclusie mogen zijn dat oorspronkelijk in het gebied alleen kwel voorkwam, maar dat door het opzetten van het beekpeil, wellicht in combinatie met een verlaging van de stijghoogte in de eerste watervoerende laag als gevolg van grondwateronttrekking, een smalle strook met infiltratie langs de open leidingen is ontstaan.

De aanwezigheid van de leemlagen manifesteren zich duidelijk in het grondwaterregime, zodat de hydrologische gesteldheid kan worden geschematiseerd tot één watervoerend pakket, ingesloten tussen de Formatie van Kedichem aan de basis en een afdekkend pakket aan de bovenkant.

c. Uitvoering. Op 21 juli 10.00 uur is de pompproef aangevangen en op 23 juli 09.00 uur gestopt. Het debiet was $36 \text{ m}^3/\text{uur}$, het opgepompte water is afgevoerd naar de Biezenloop (fig. 13).

In fig. 19 tot en met 23 zijn de meetresultaten tijdens de pompproef op verschillende wijzen weergegeven. Voor het elimineren van storende invloeden was oorspronkelijk een peilput in Eerde in het meetprogramma opgenomen. Gezien het afwijkend grondwaterregime aldaar, in vergelijking met dat ter plaatse van de pompput, waren deze verkregen gegevens echter niet bruikbaar. Uit het totaalbeeld van de metingen tijdens de pompproef en fig. 15 is een curve geconstrueerd voor de ongestoorde invloeden.

De in fig. 19 tot en met 21 gecorrigeerde verlagingen aan het einde van de pompproef zijn in fig. 24 weergegeven. De afwijking van W44 I kan worden toegeschreven aan een heterogene laagopbouw.

Substitutie van de bekende waarde in (2) geeft een kD -waarde van $2430 \text{ m}^2/\text{d}$.

Op grond van de veronderstelling dat sprake is van semi-spanningswater, is de grafische methode van De Glee toegepast (zie fig. 25); een eerste poging geeft een kD -waarde van $2870 \text{ m}^2/\text{dag}$ en een c -waarde ≈ 0 . Daar aan de voorwaarde van de grafische oplossing, namelijk geen beïnvloeding van het freatisch vlak, niet wordt voldaan, is er

een correctie van 1 cm toegepast. Een tweede poging levert nu een kD-waarde van $2370 \text{ m}^2/\text{dag}$ en een c-waarde van 130 dagen.

Om de c-waarde te berekenen zoals bij N160 is eveneens aan een ongestoorde grondkolom de relatie bepaald tussen grondwaterstands-daling en afvoer (fig. 26). Voor de bergingscoëfficiënt is 0,025 aangehouden.

Voor de buizen 4, 7, 8 en 9 zijn c-waarden berekend van 120 tot 140 dagen met een gemiddelde waarde van 130 dagen. Bij een aantal buizen, 5, 4 en N161 (fig. 22), werd praktisch geen c-waarde gevonden. Deze buizen vertoonden dezelfde verlaging als in de watervoerende laag. Na de pompproef vertoonden ze dezelfde tendens van stijging zoals uit een vergelijking van fig. 22 en 23 volgt. De stijging van buis nr 8 is in zekere tegenspraak met de berekende c-waarde.

Uit de voeding van freatisch water tengevolge van de pompproef in een gebied met een straal van 230 m rondom de pompput en een gemiddeld stijghoogteverschil, is een c-waarde berekend van rond 70 dagen.

Evenals bij N160 is een spreiding in de berekende c-waarden aanwezig, waarbij bij N161 het niveau hoger ligt. Een gemiddelde c-waarde van 130 dagen lijkt acceptabel.

Ten aanzien van de veenlaagjes in fig. 14, hiervoor zijn geen aanwijzingen gevonden dat deze een stagnerende invloed hebben, zie fig. 23, W44 I en II, W408 I en II.

Het golvend karakter van enige tijdstijghoogtelijnen in fig. 22 en 23 is allereerst toe te schrijven aan de omstandigheid dat ze in de naaste omgeving van open water staan. Overdag weegt de aanvoer vanuit open water niet op tegen de relatief hoge verdamping, waardoor grondwaterstands-daling optreedt. 's Nachts is daarentegen de aanvoer groter met als gevolg stijging. De fluctuaties wijzen op lage bergingscoëfficiënten.

4. SAMENVATTING

Aan de hand van door de RGD verstrekte boorbeschrijvingen is in een strook langs de Zuid-Willemsvaart tussen 's Hertogenbosch en Donk een kD-waardenkaart samengesteld.

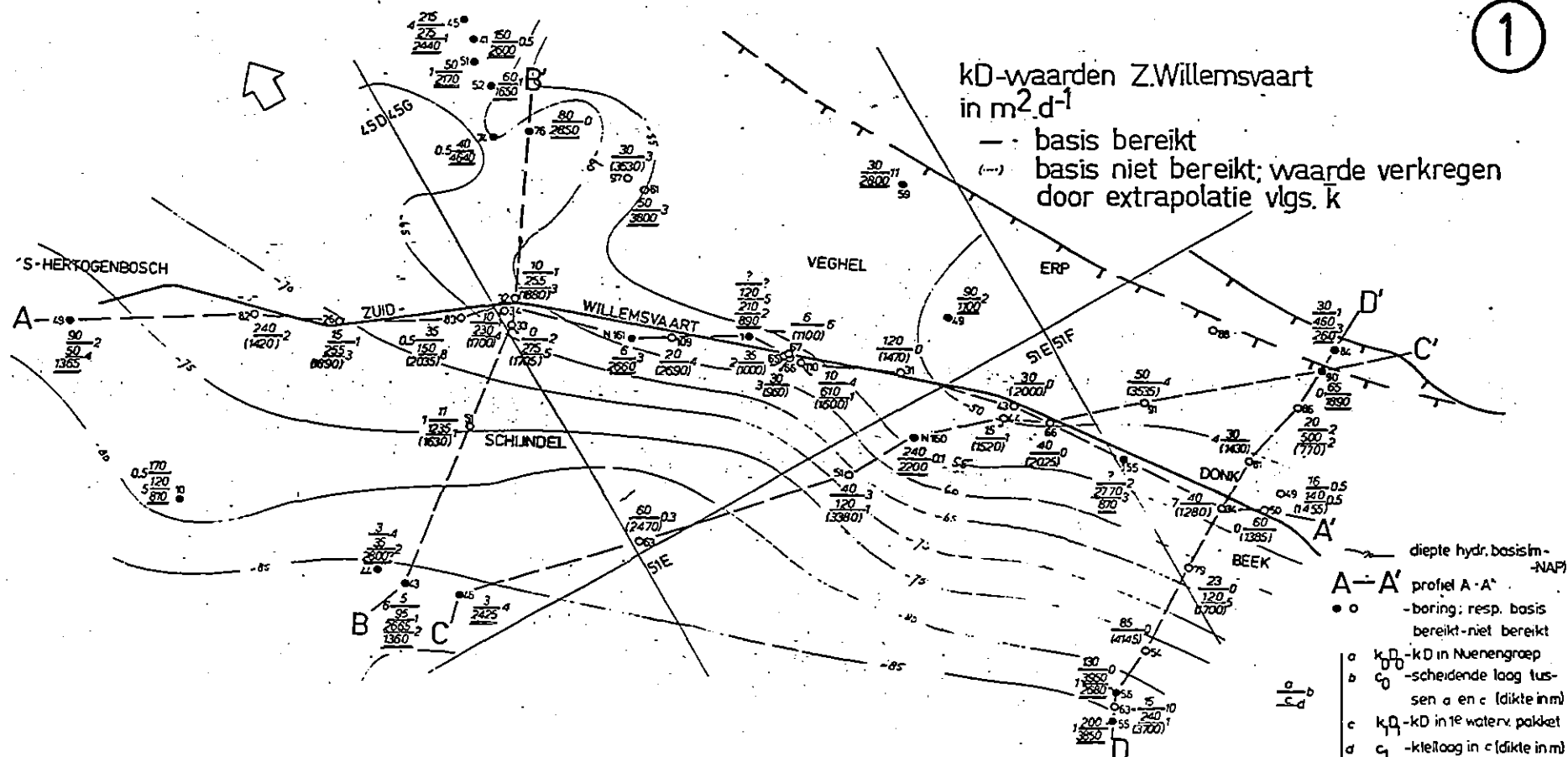
De resultaten van de gehanteerde methode zijn getoetst aan de uitkomsten van twee pompproeven, N160 en N161, waarbij tussen beide benaderingswijzen een goede overeenstemming bleek te bestaan (fig. 1, 3 en 14).

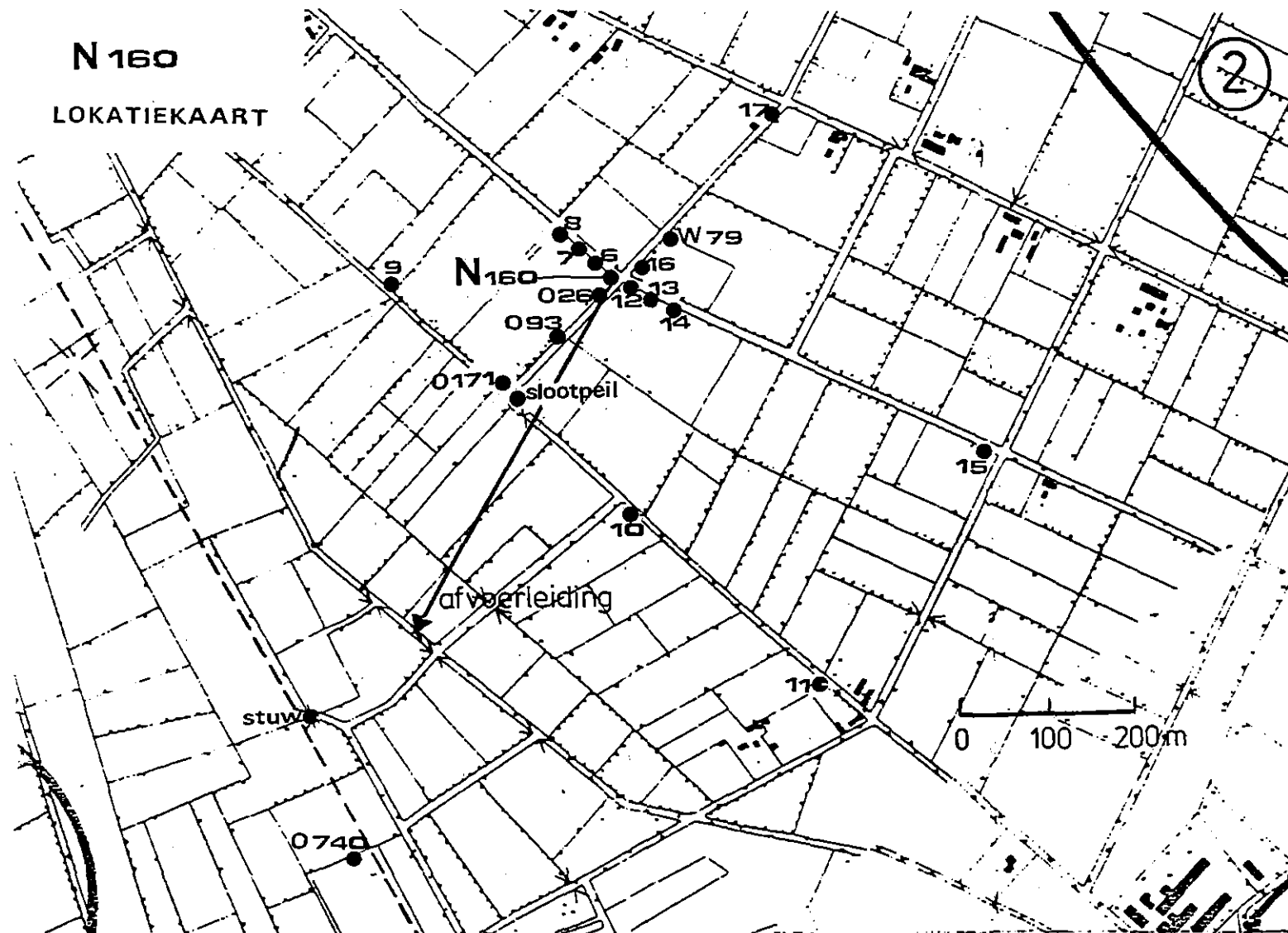
De uit de pompproeven verkregen c-waarden bleken niet zoveel te verschillen als oorspronkelijk werd verwacht op grond van de gekozen lokaties. Voor een goed inzicht in de waarde van de verticale weerstand over het gehele gebied, zal nader onderzoek noodzakelijk zijn. Hiervoor zal allereerst een inventarisatie van alle voorkomende leemlagen in de Nuenen Groep dienen te worden gemaakt.

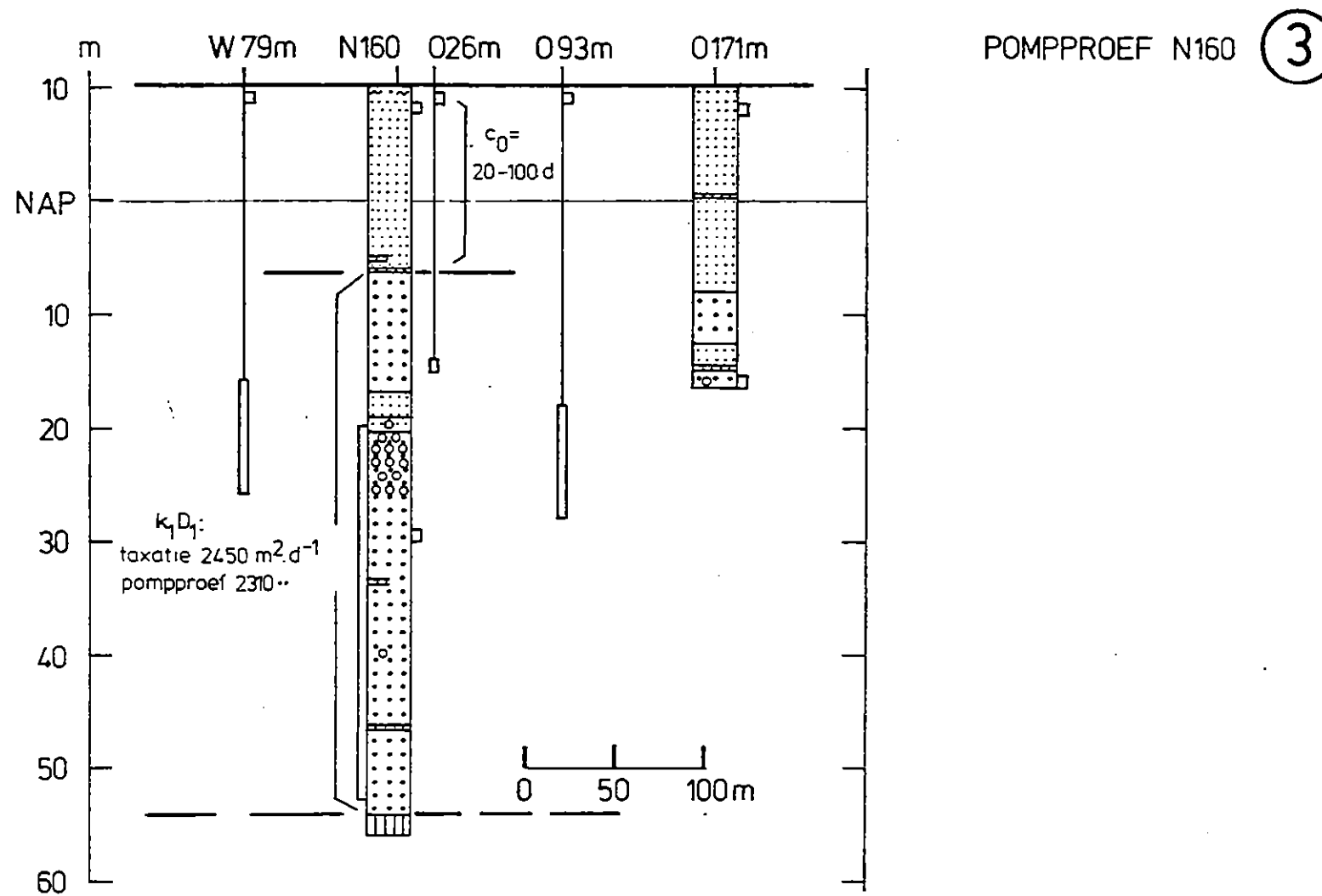
LITERATUUR

- KRUSEMAN, G.P. and N.A. DE RIDDER, 1970. Analysis and evaluation of pumping test data. Int. Inst. for Land Reclam. and Improvem., Wageningen, 200 p.
- RIDDER, N.A. DE and W.H. ZAGWIJN, 1962. A mixed Rhine-Meuse deposit of Holsteinian age from the southeastern part of the Netherlands. Geol. en Mijnbouw, 41; pp. 125-130.

1

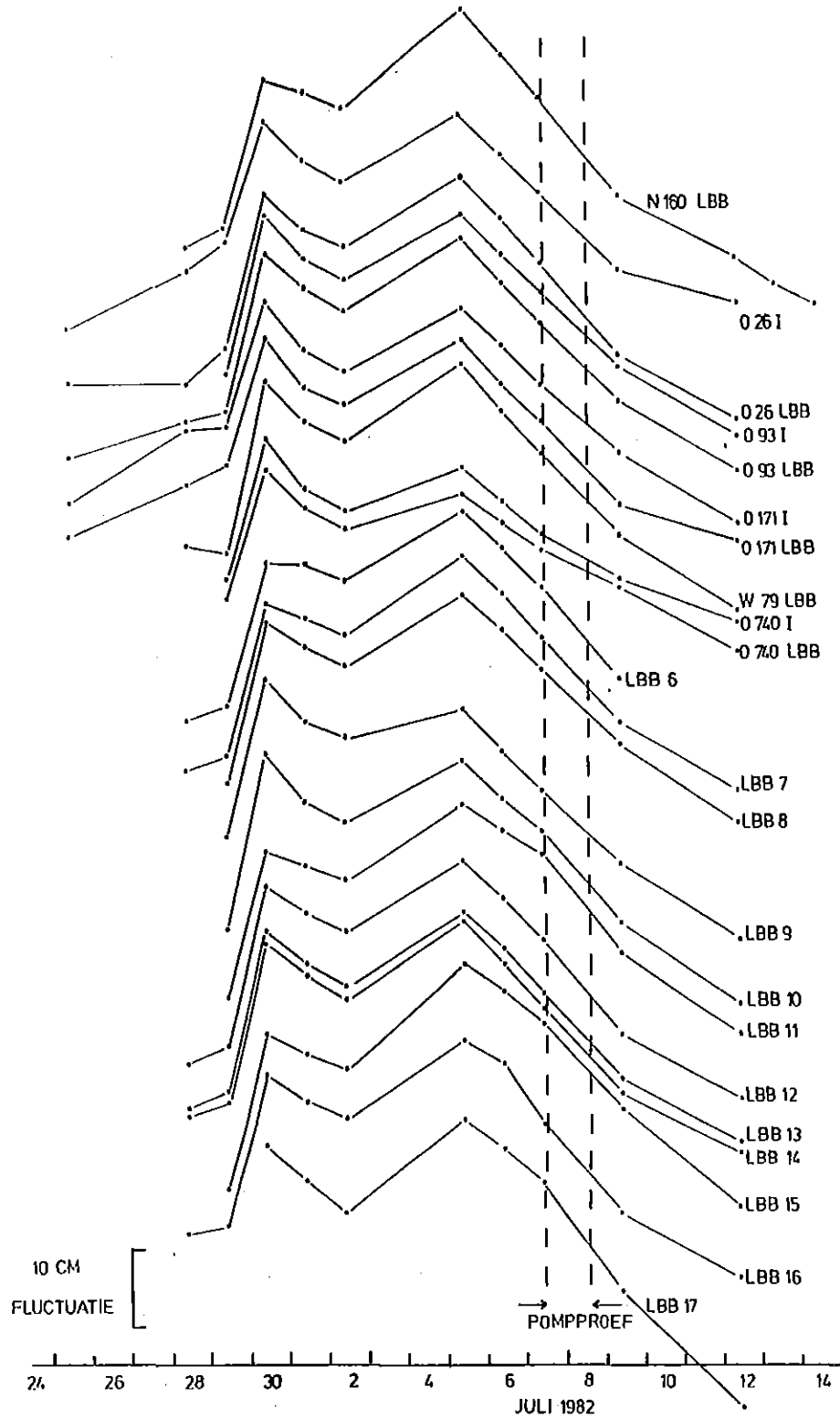


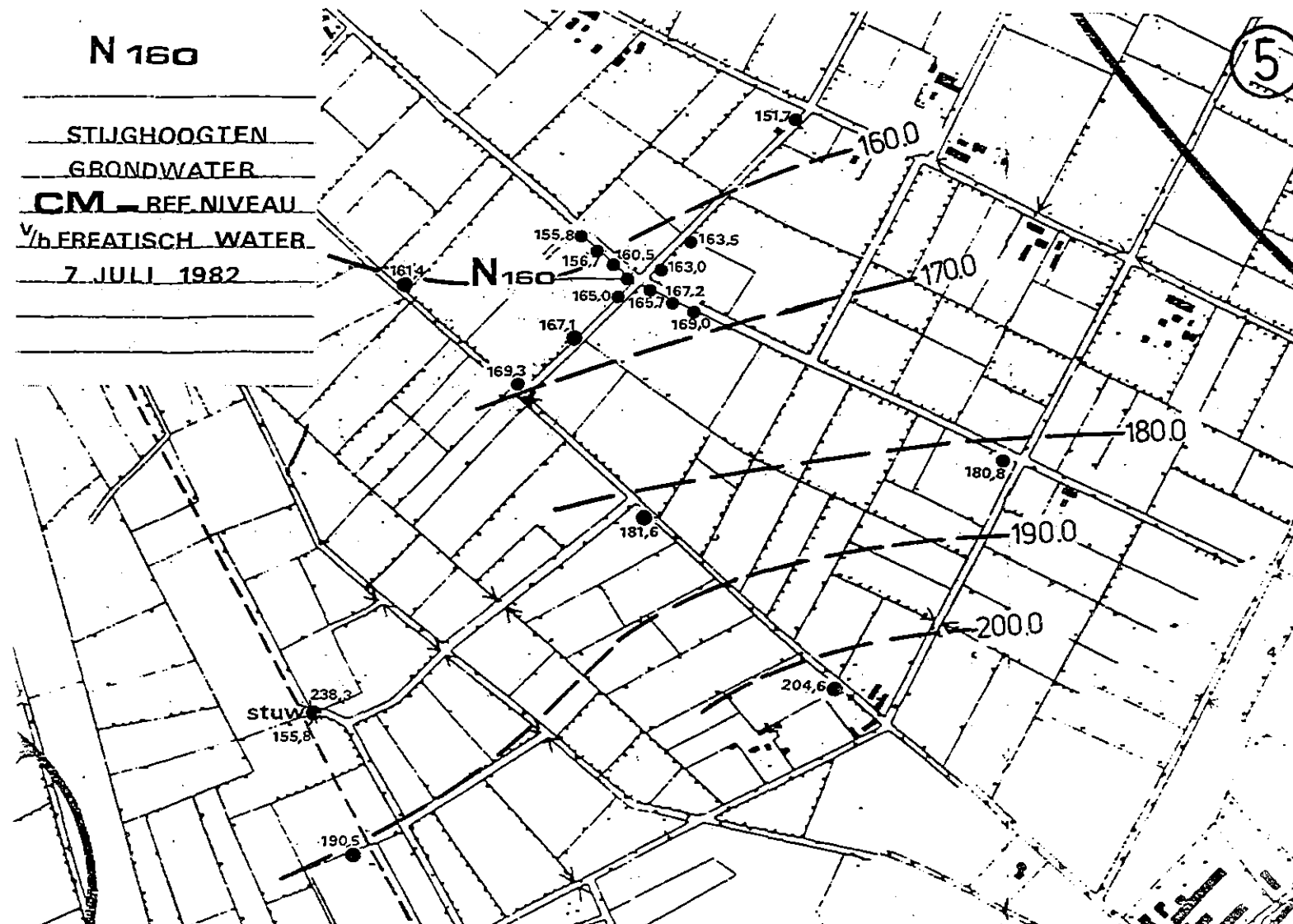


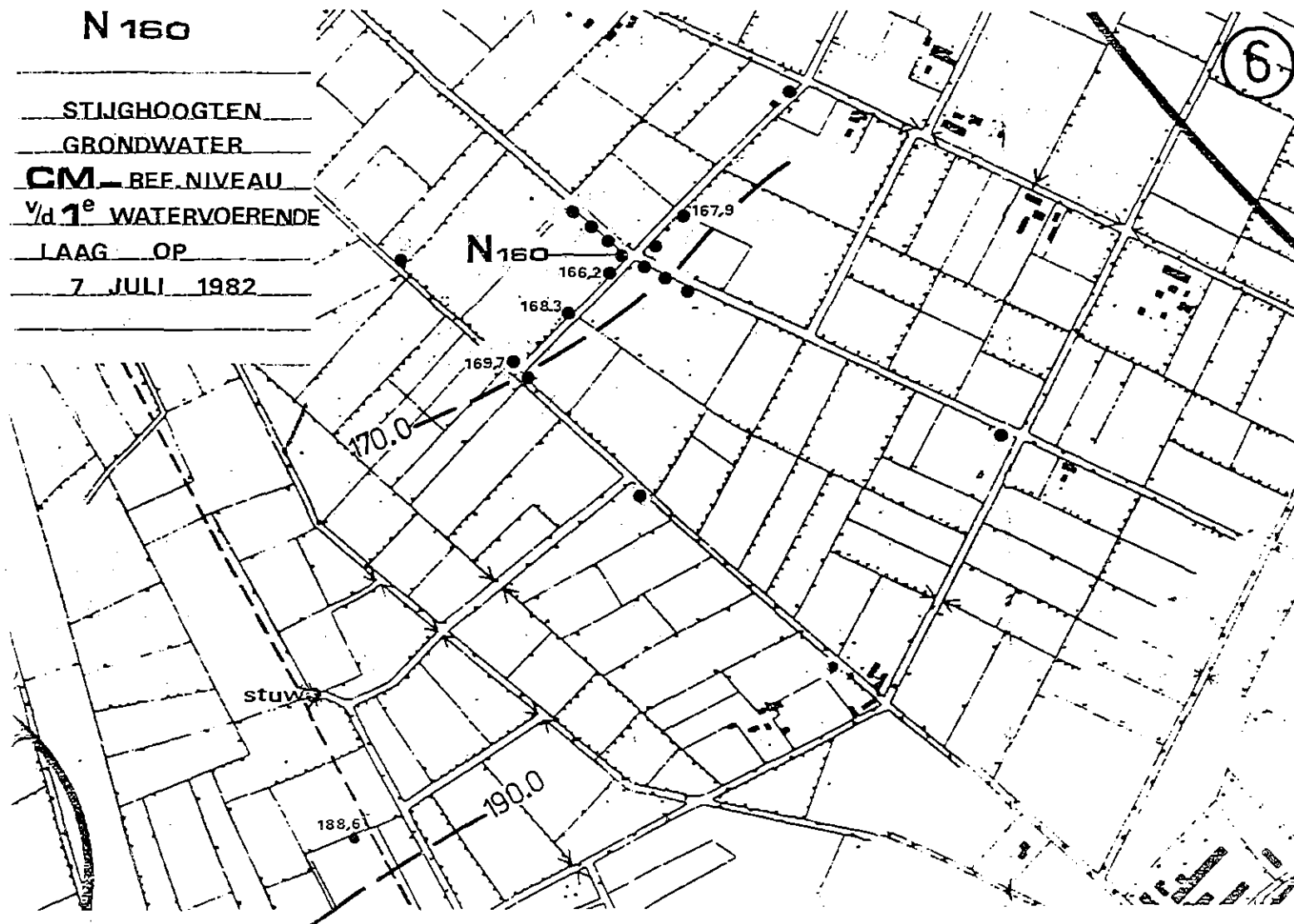


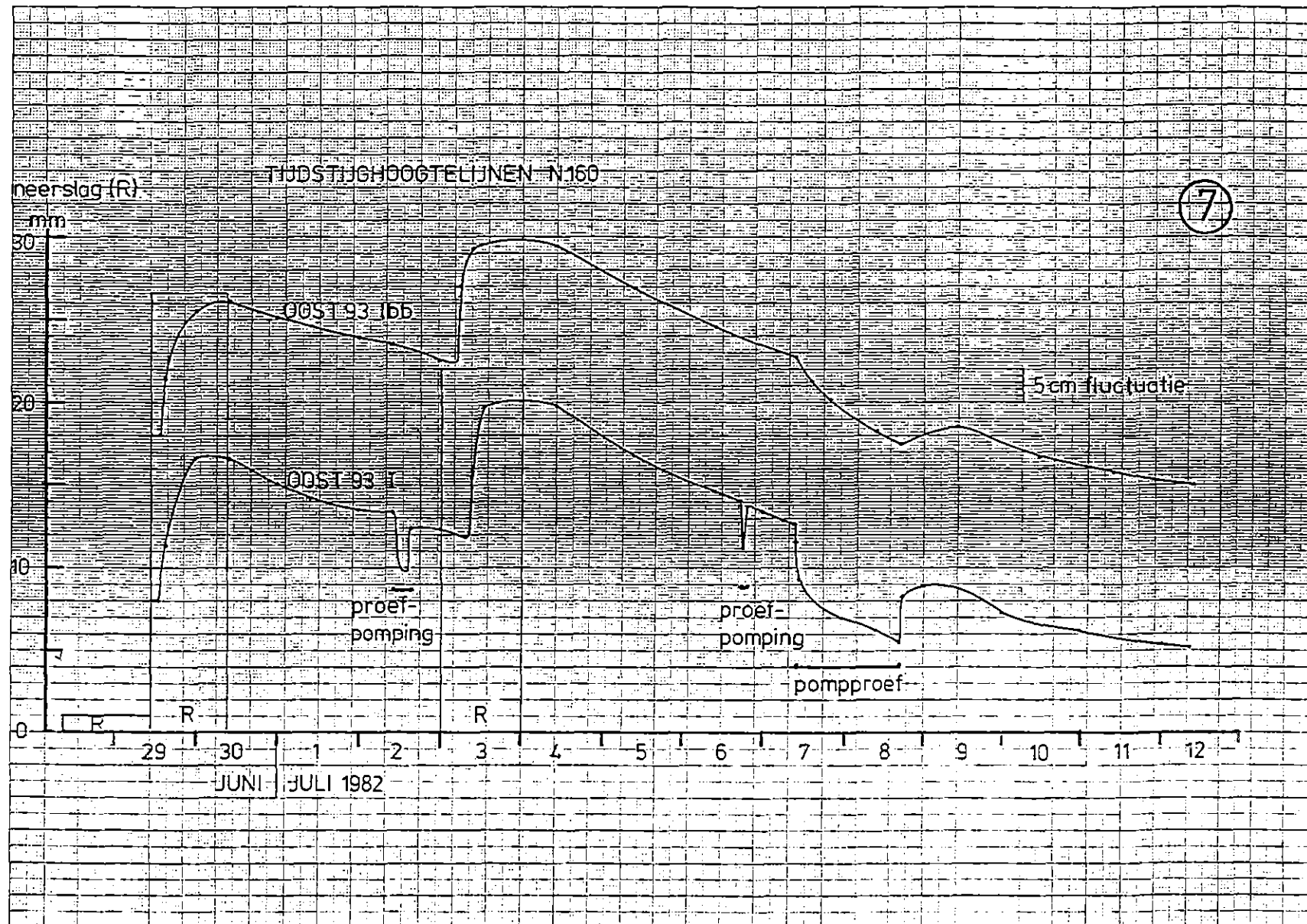
4

TIJDSTIJGHOOGTELIJNEN N160

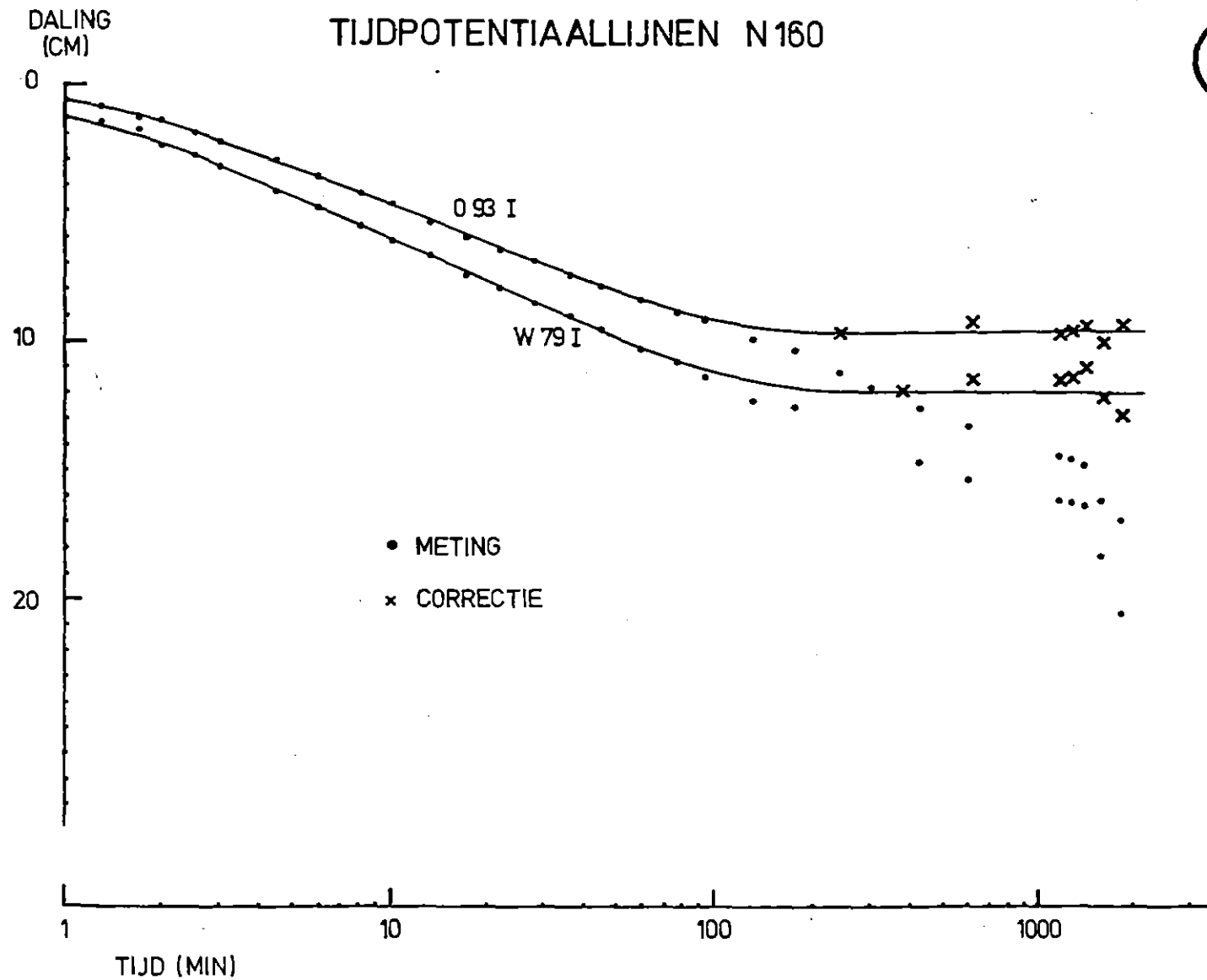


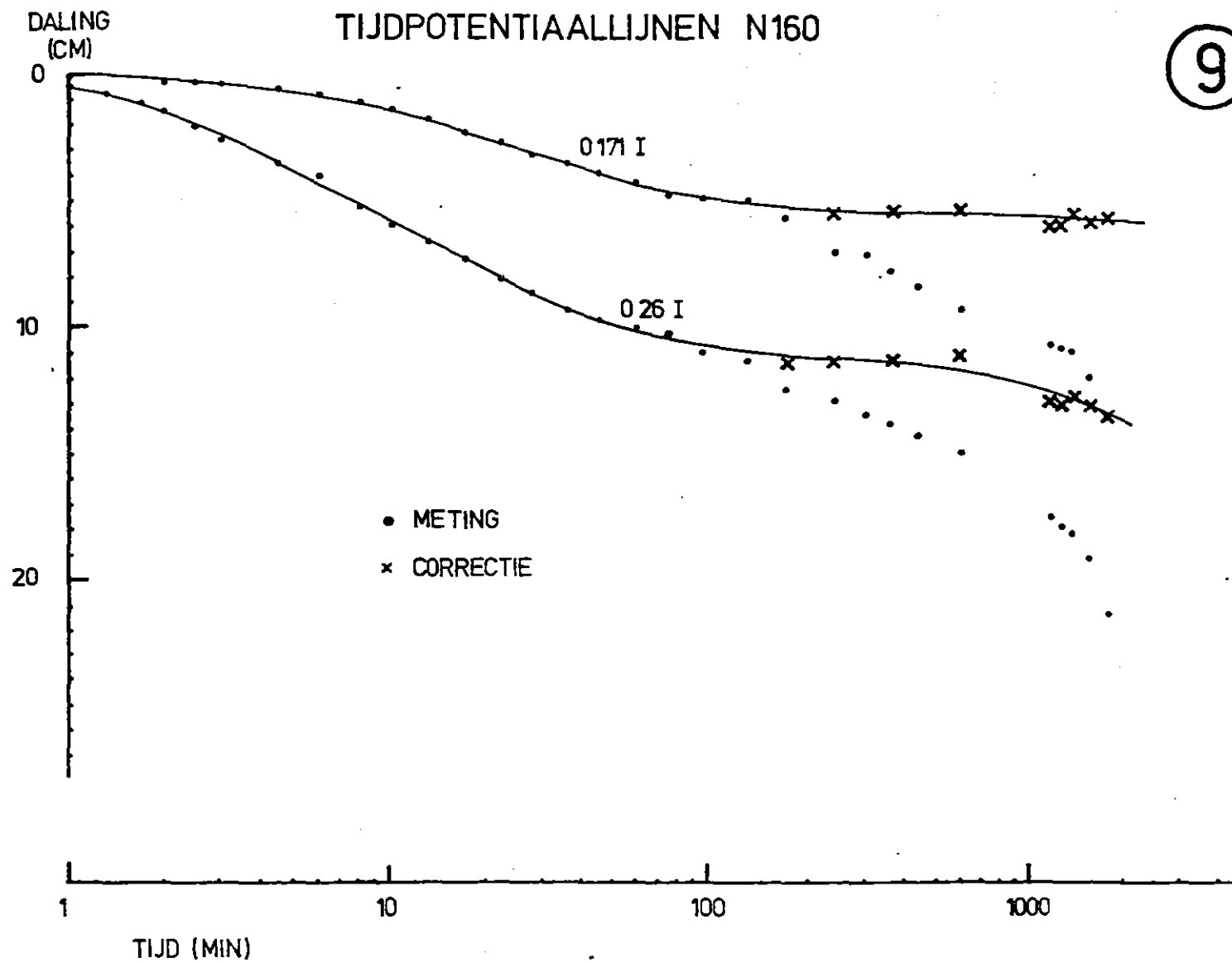






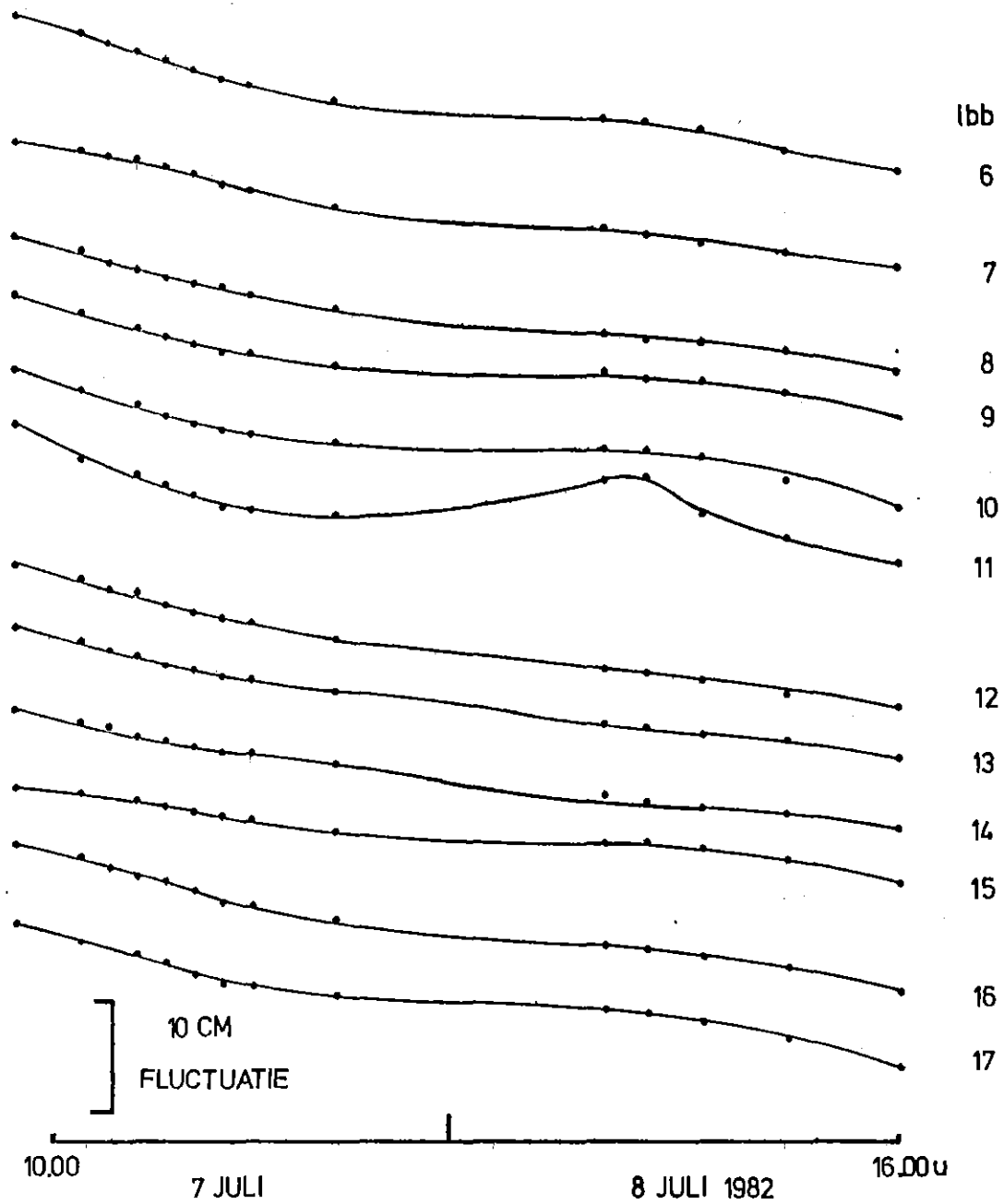
8



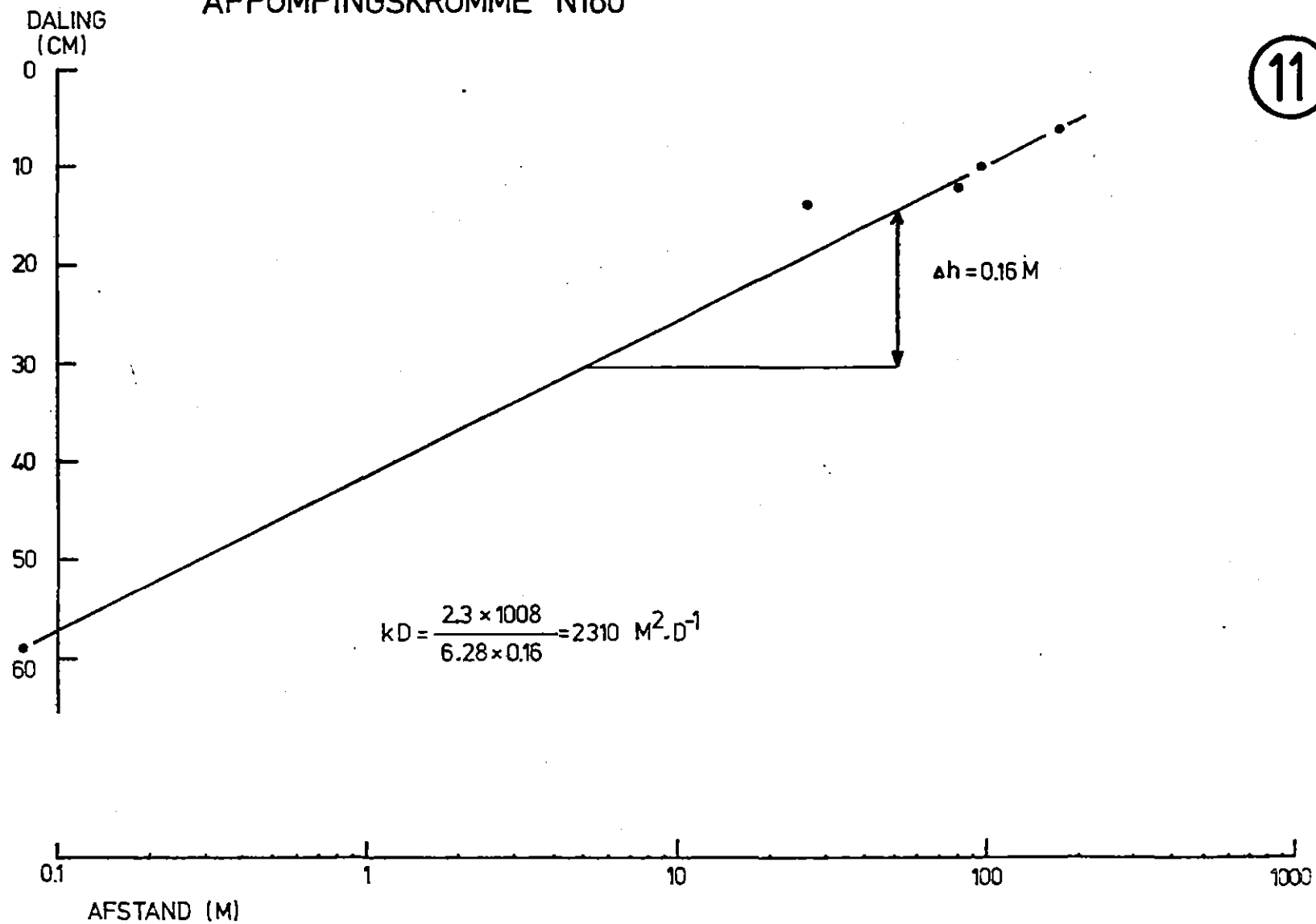


TIJDPOTENTIALIALLIJNEN N 160

10

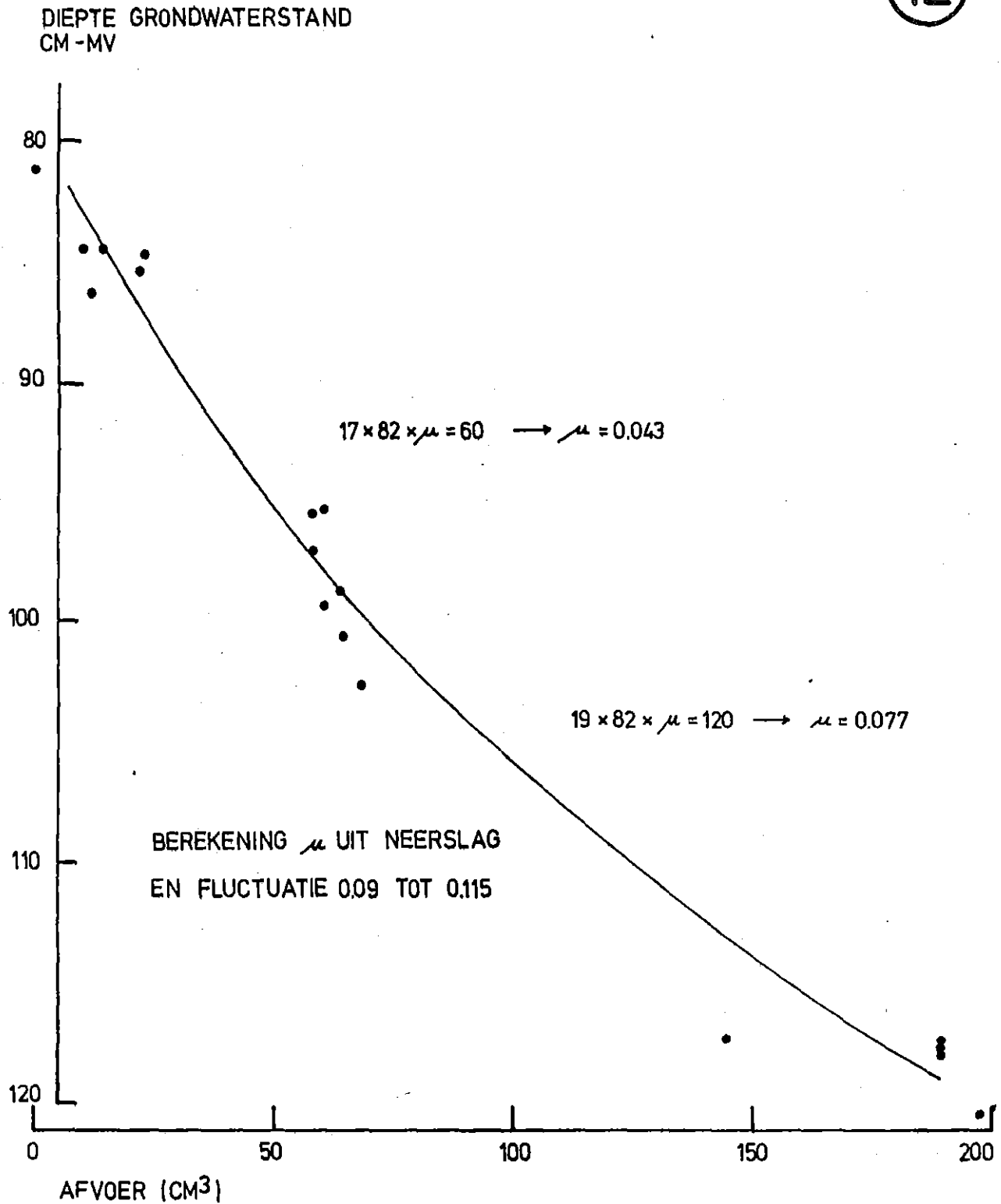


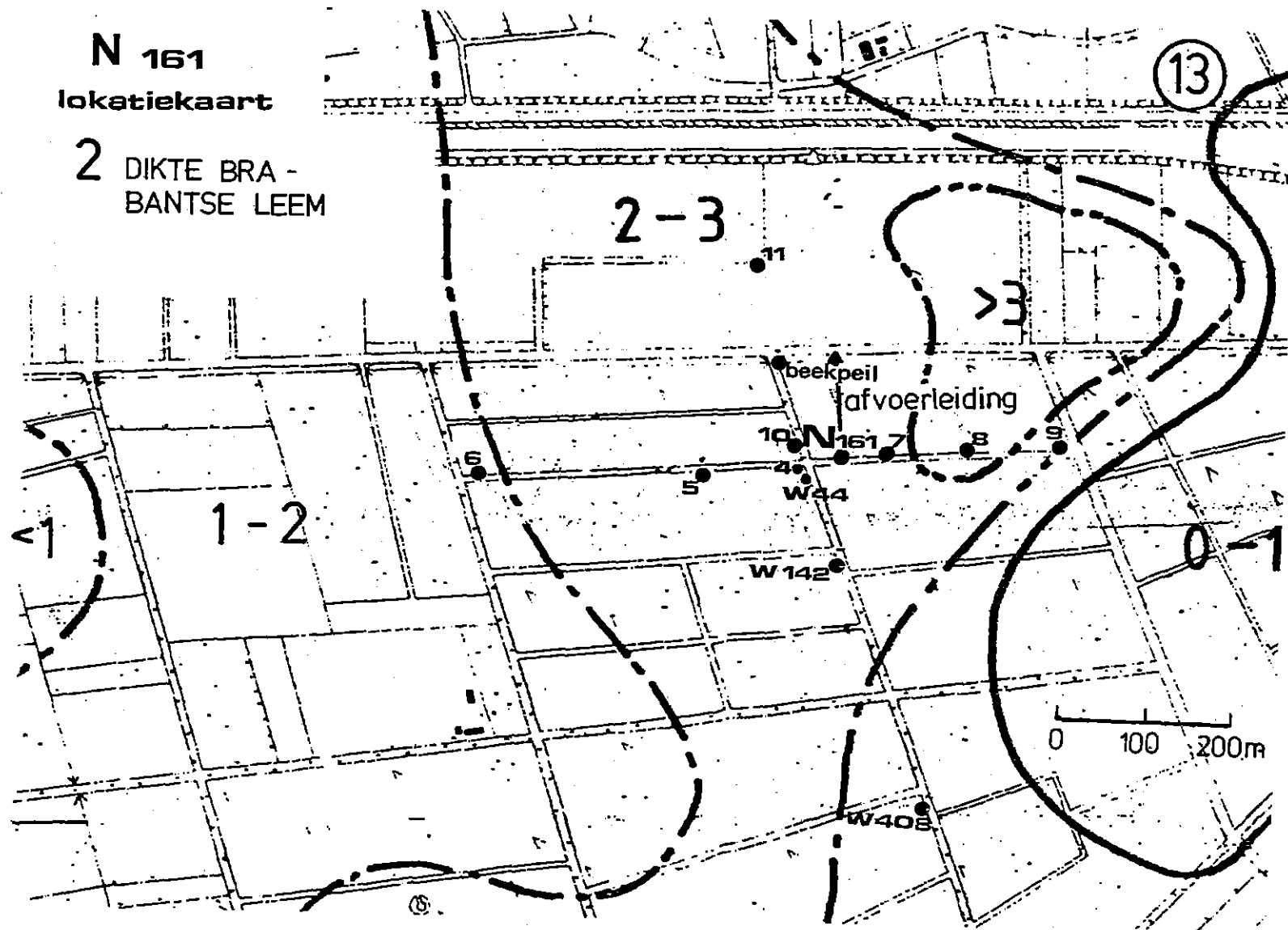
AFPOMPINGSKROMME N160

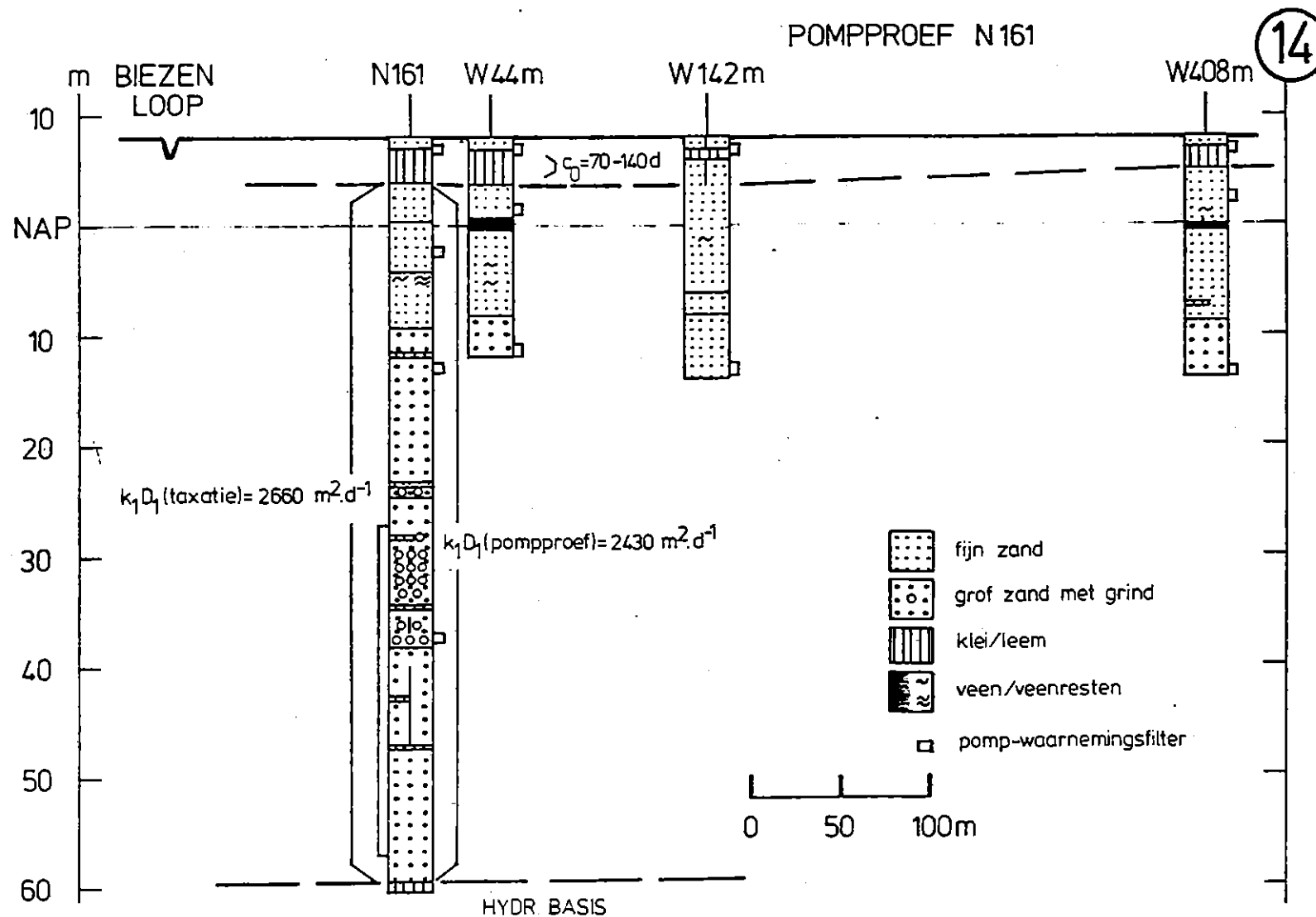


BEPALING μ N 160

12

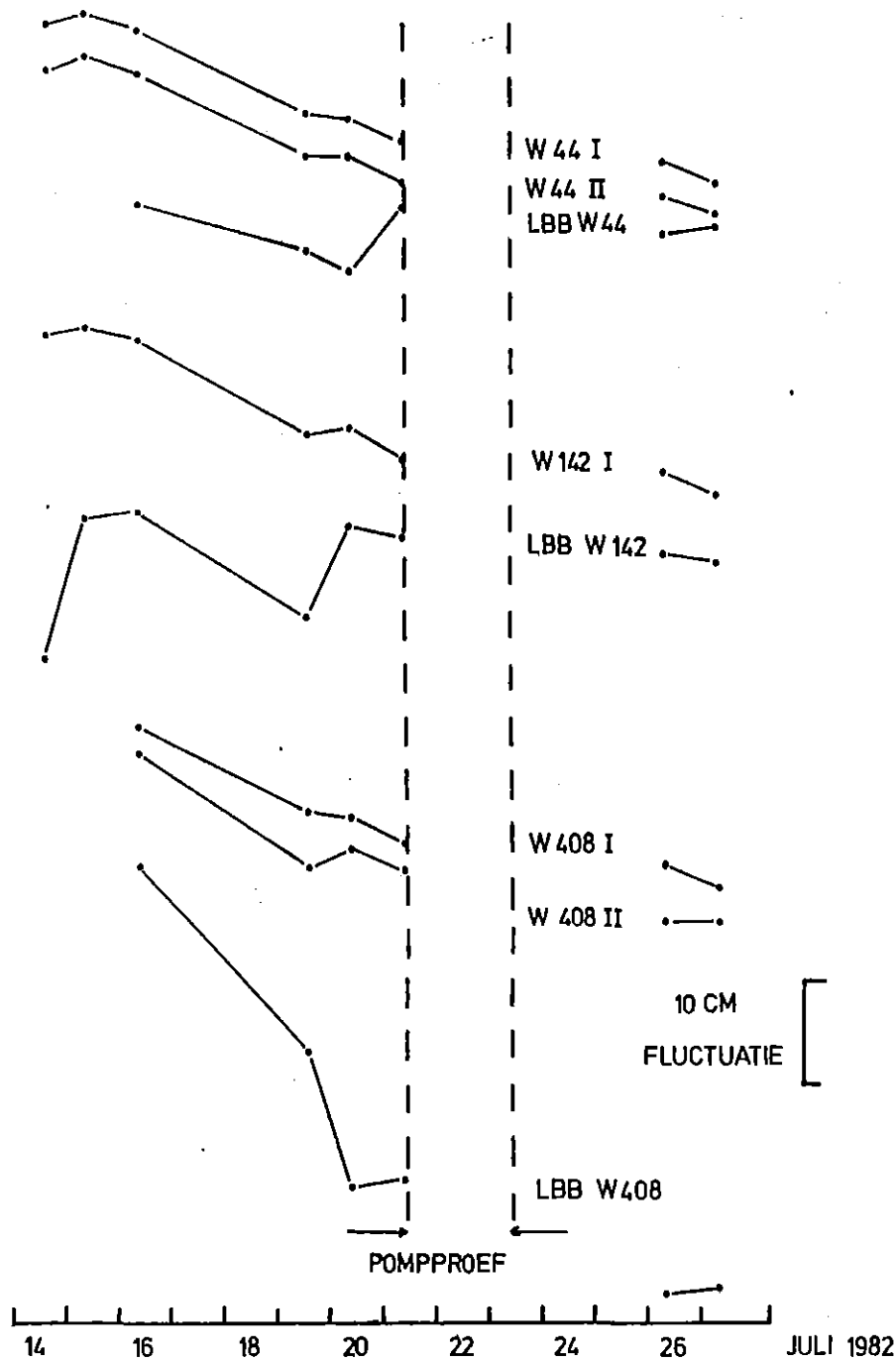


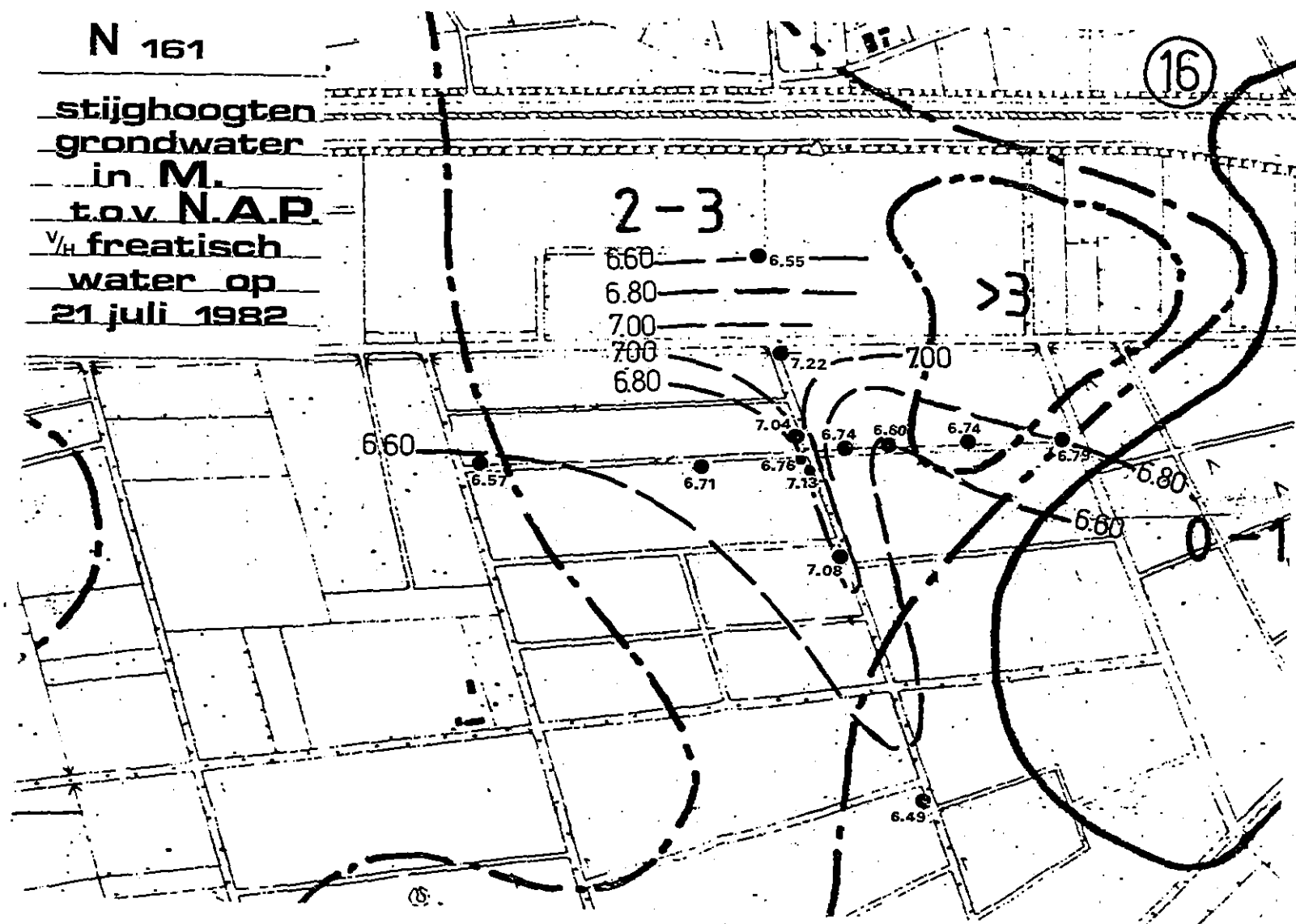


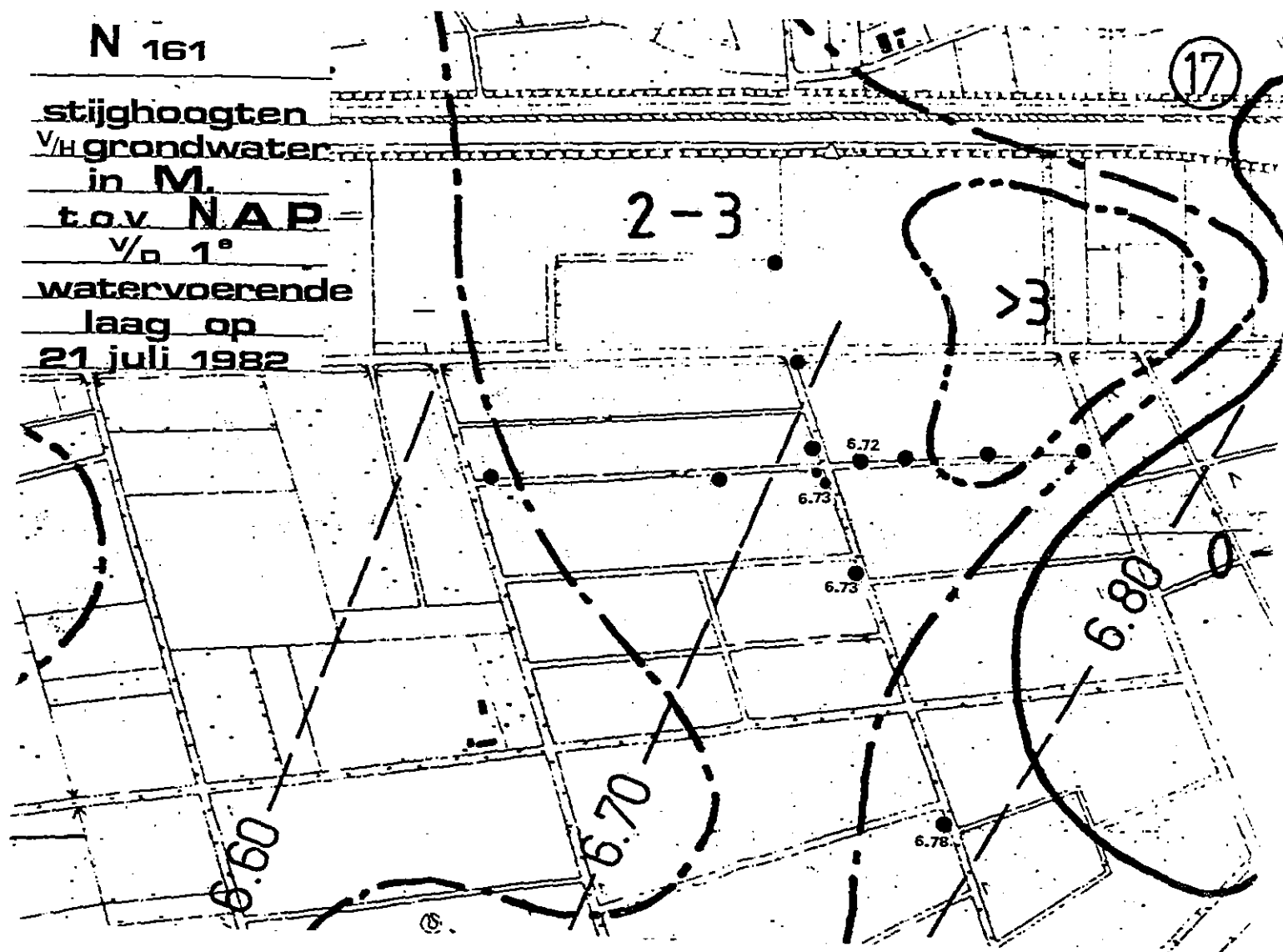


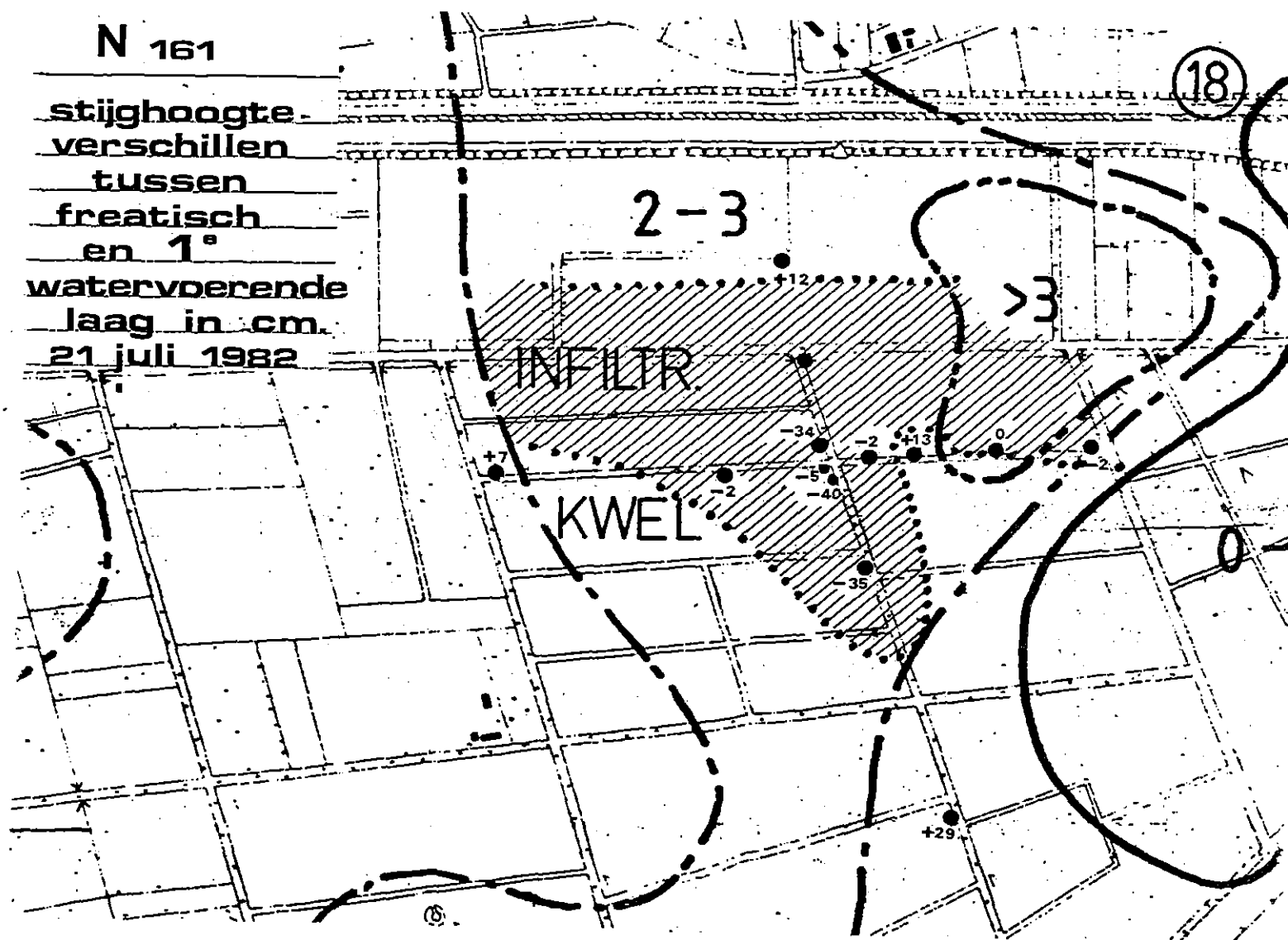
15

TIJDSTIJGHOOGTELIJNEN N 161

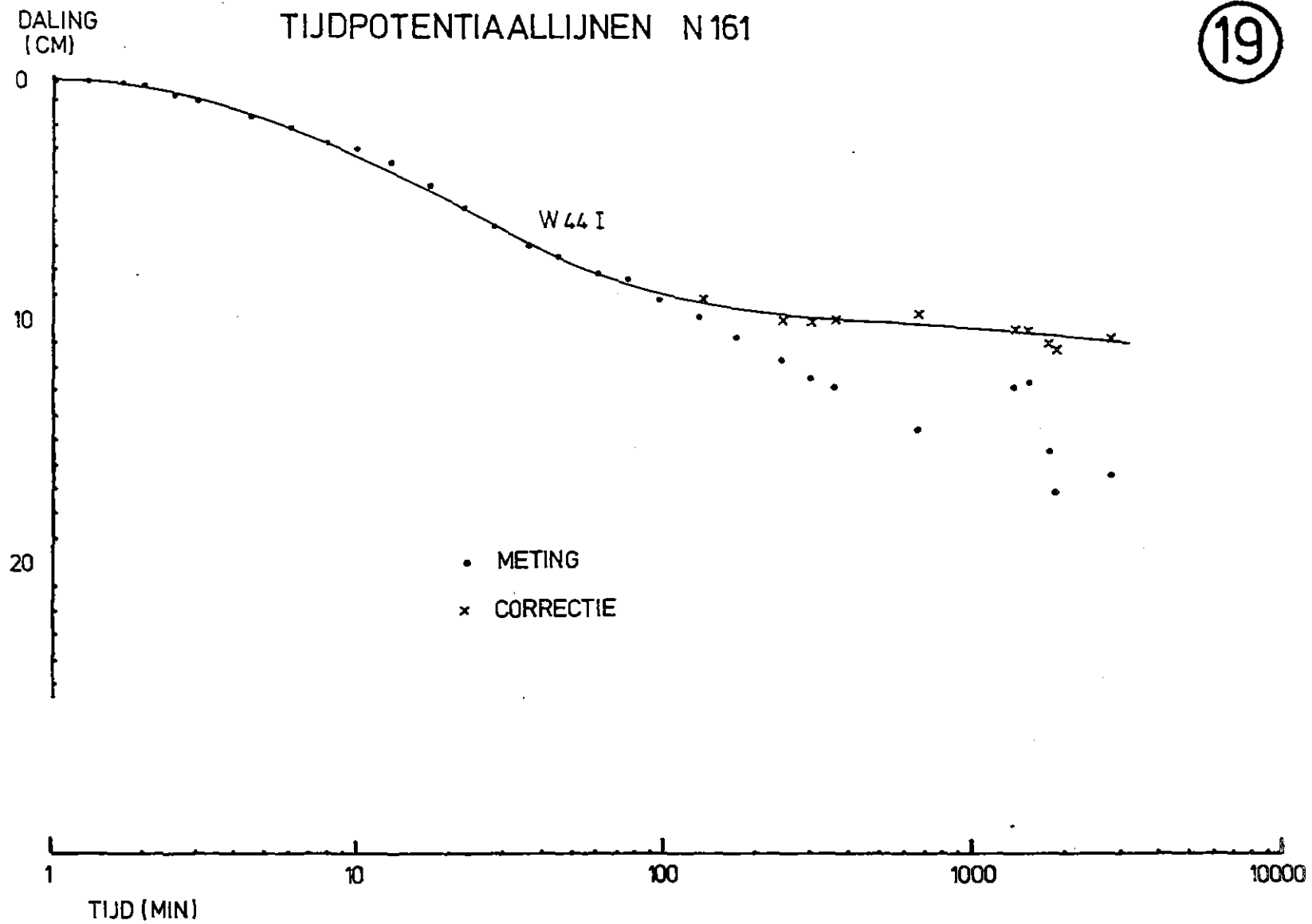




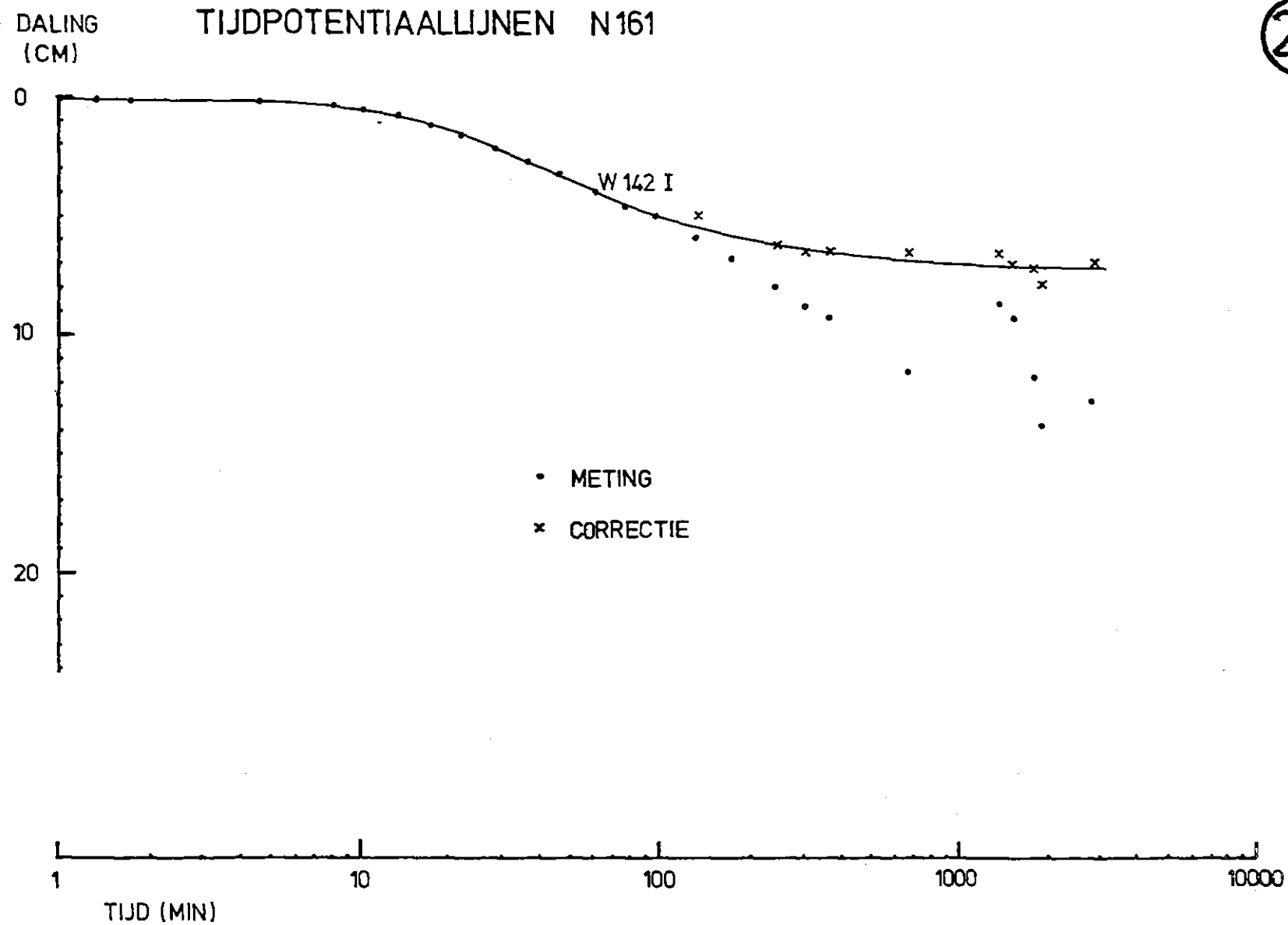




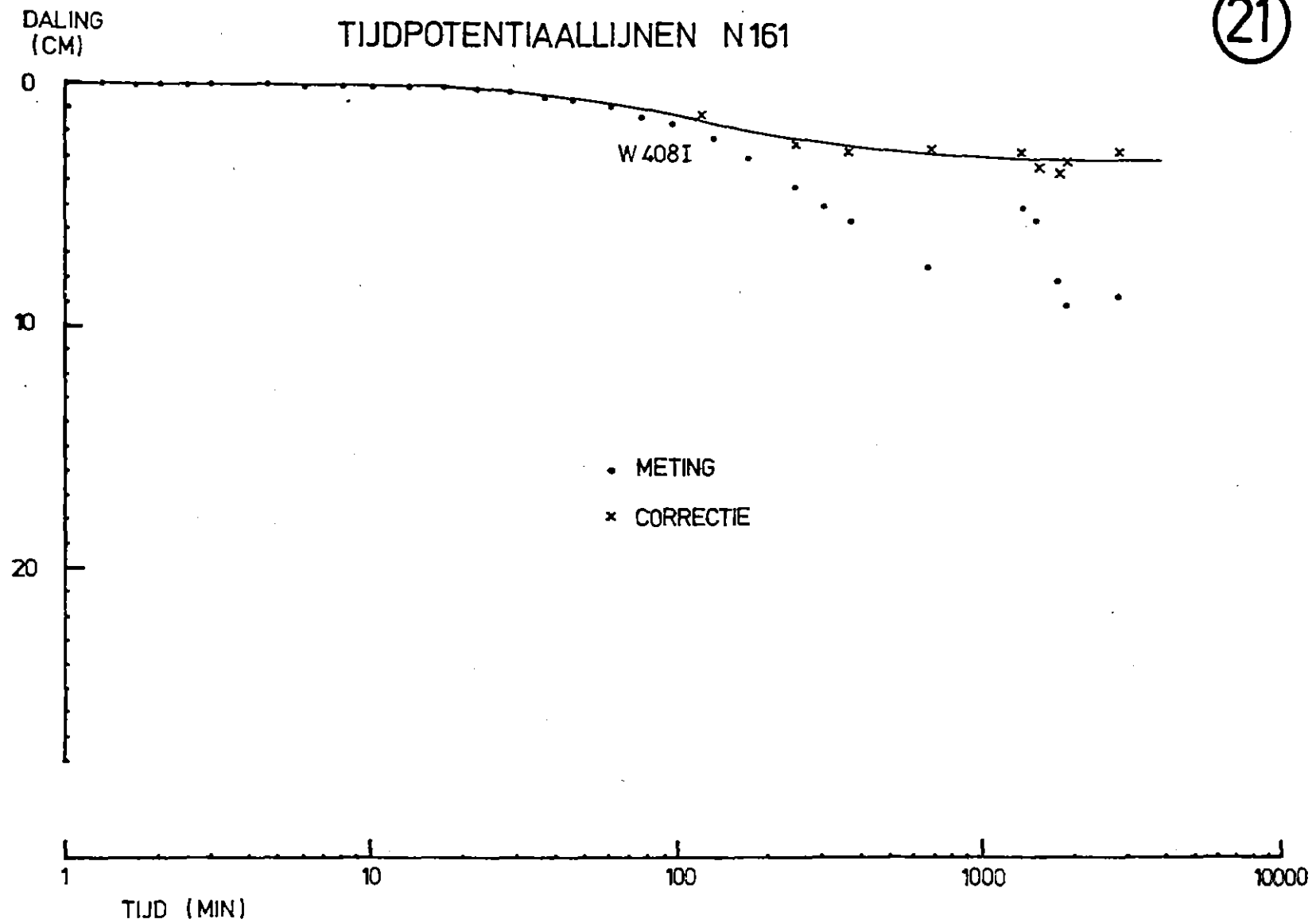
19



20

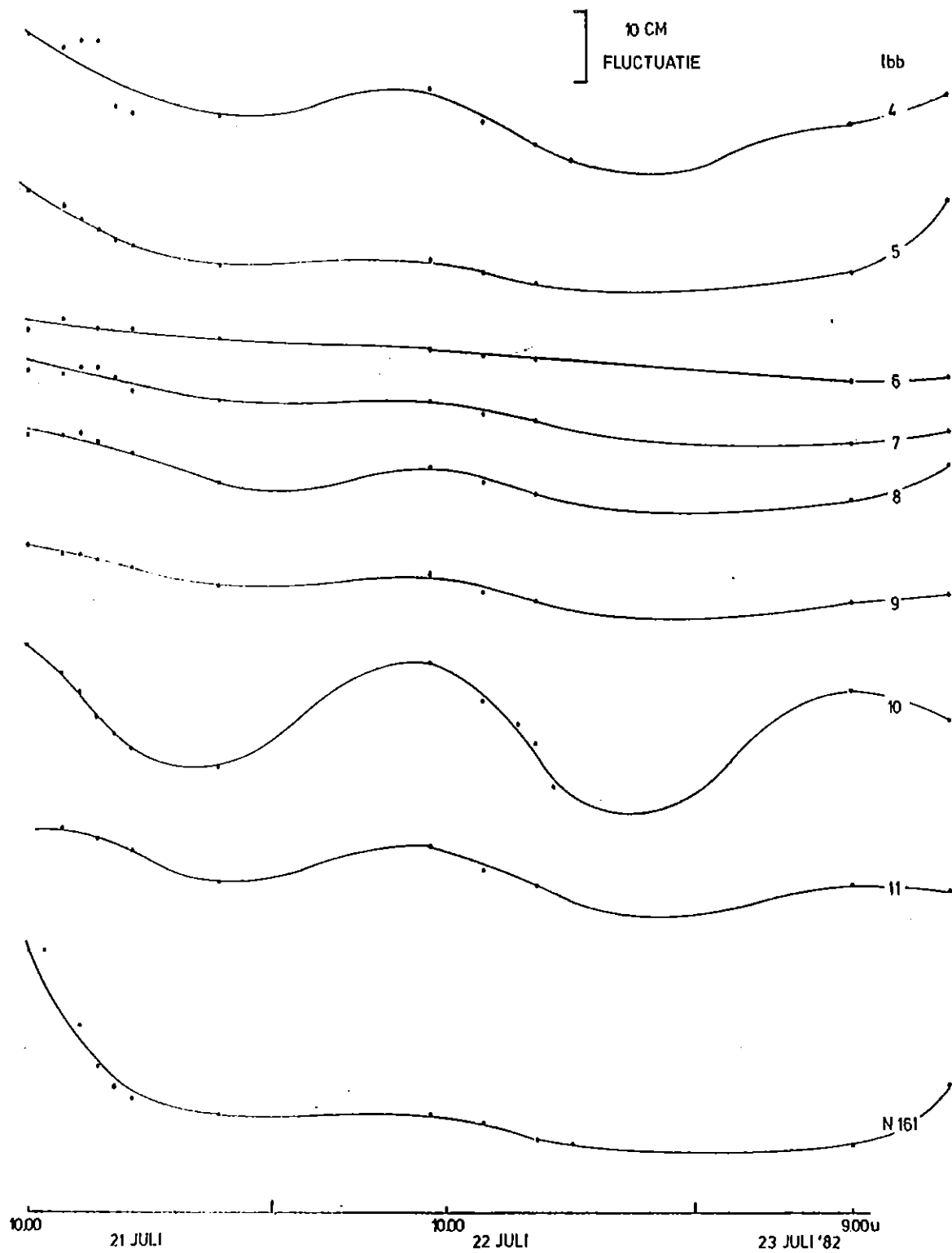


21



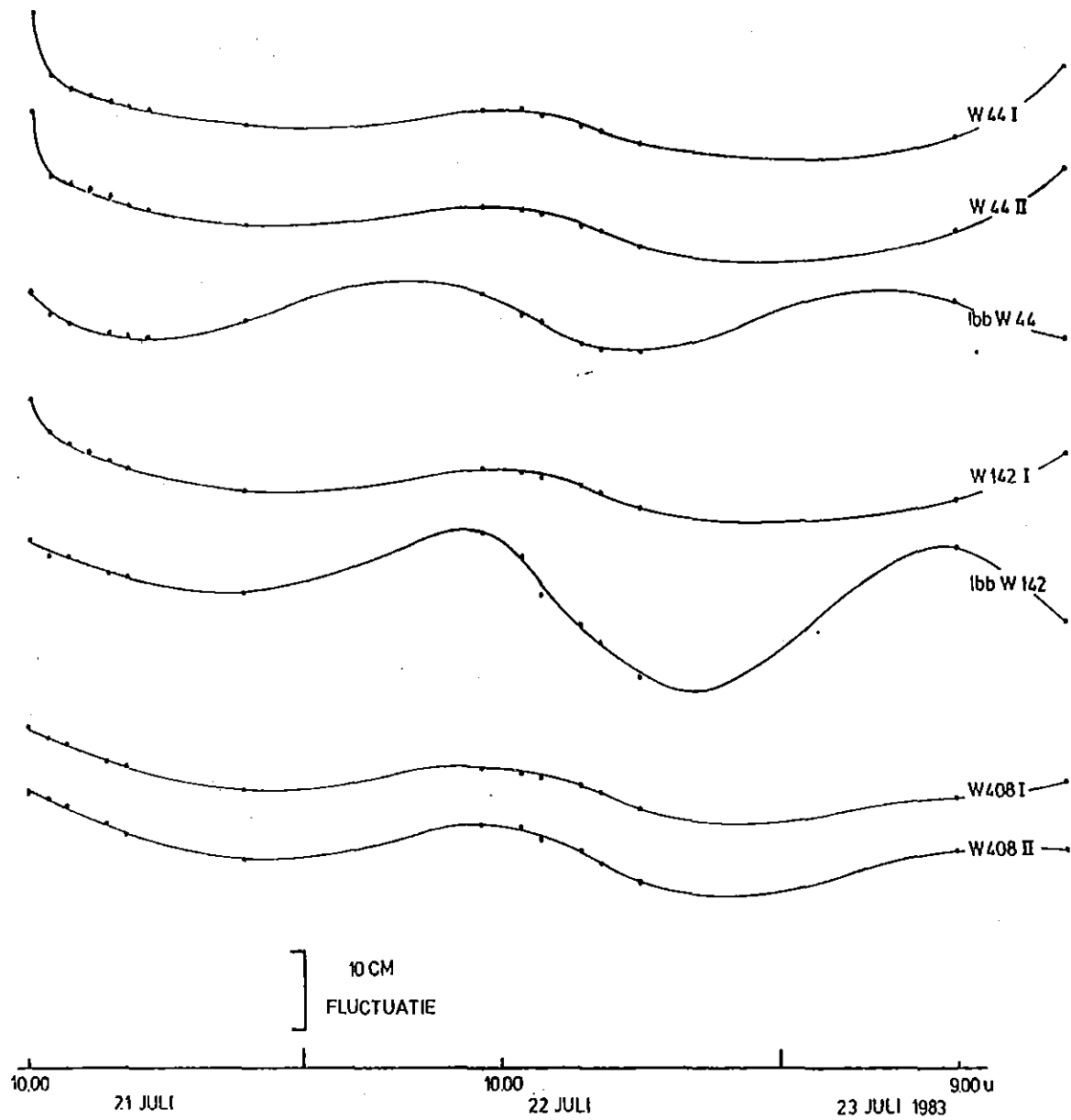
TIJDPOTENTIALIEN N161

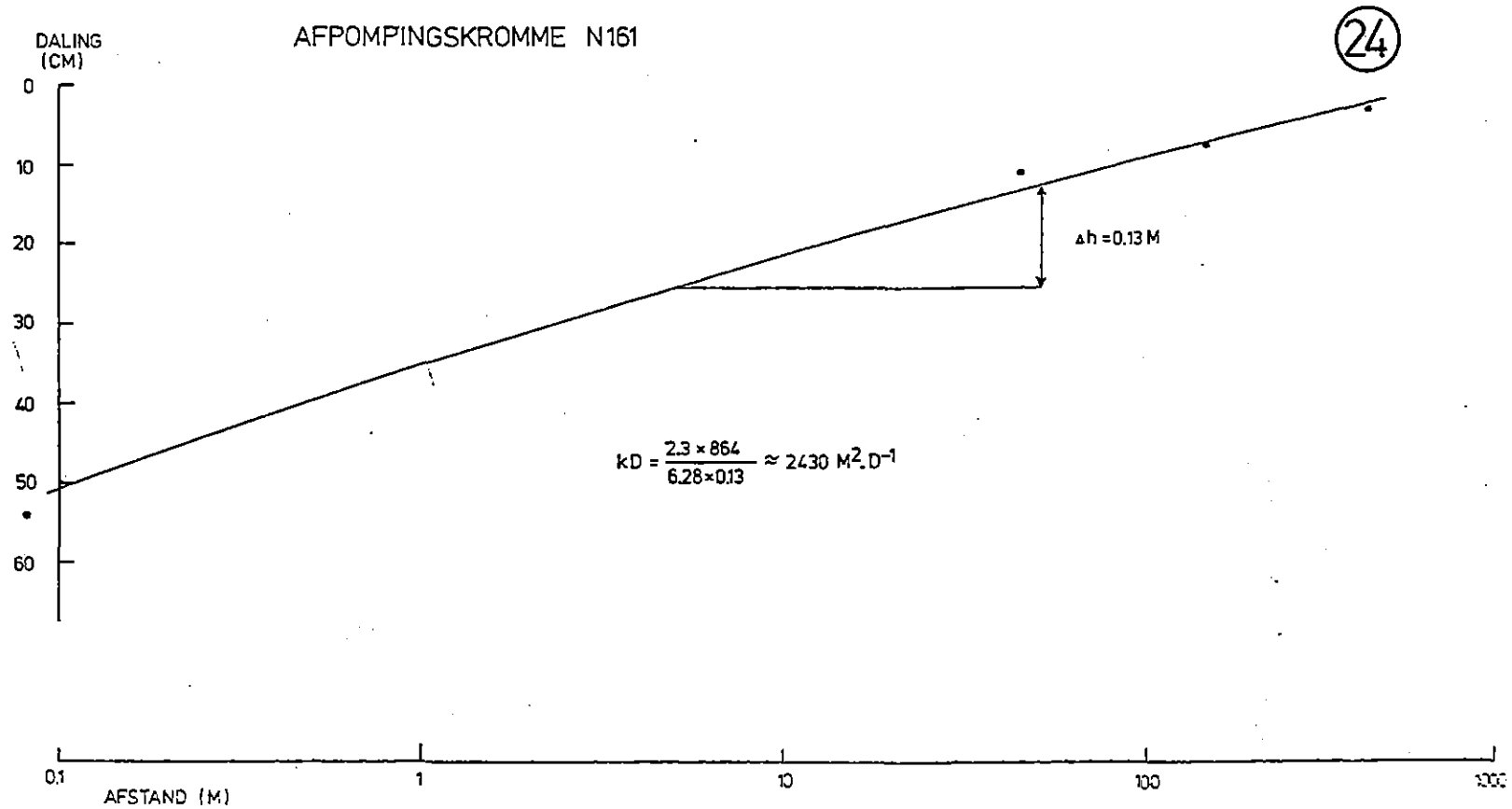
22

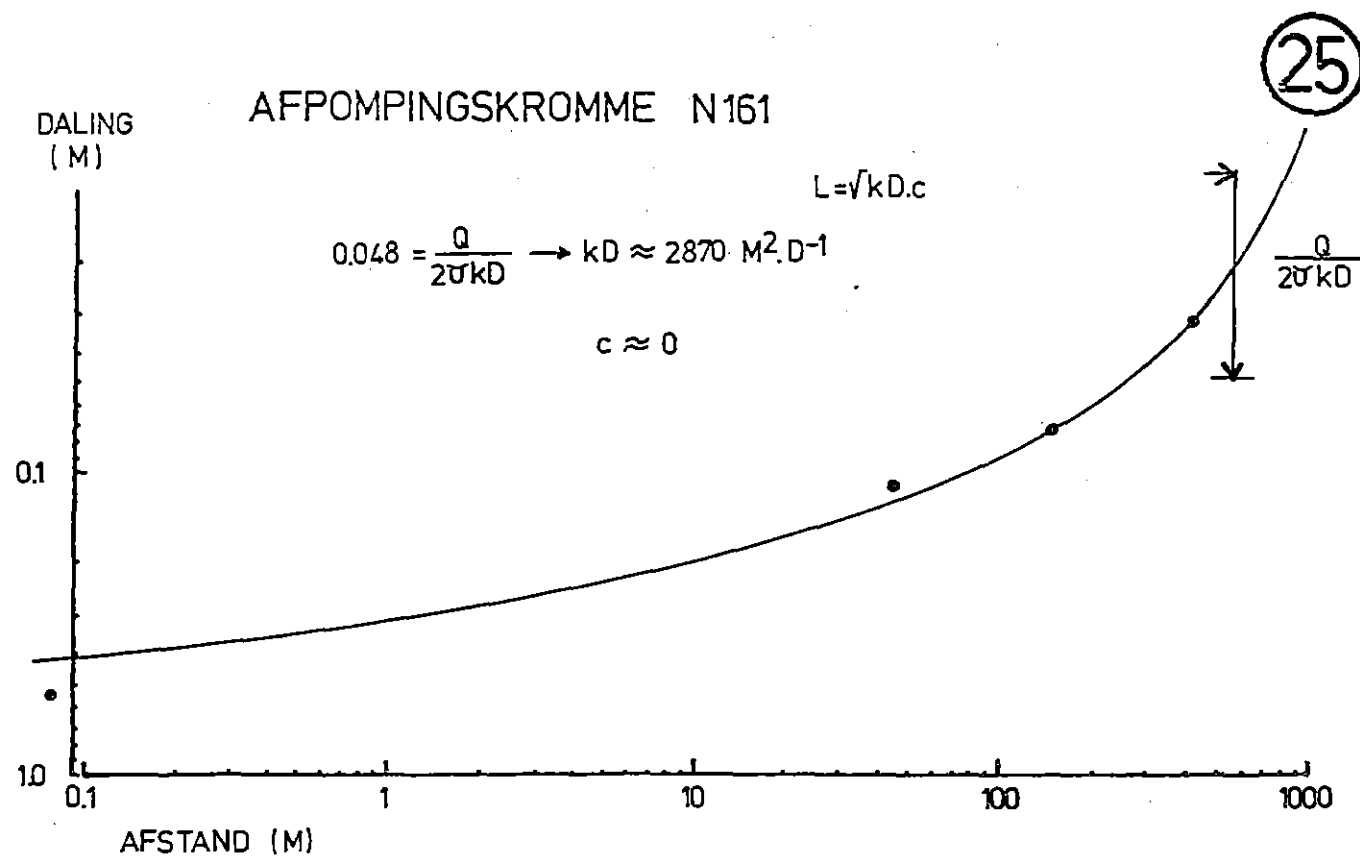


TIJDPOTENTIAALLIJNEN N161

23







correctie Δh met 0.01m wegens niet voldoen aan randvoorwaarde

∞ freatisch = 0, geeft

$$kD \approx 2370 \text{ M}^2 \cdot \text{D}^{-1}$$

$$c \approx 130 \text{ D.}$$

BEPALING μ N161

26

