

DI: 65982



waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

handboek ontgroningen

heranalyse tijd/ontgrondingsformule M 648/M 863

verslag bureaustudie

Q 647

oktober 1987

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015-699111,

5 FEB. 1988

handboek ontgrondingen

heranalyse tijd/ontgrondingsformule M 648/M 863

verslag bureaustudie

Q 647

oktober 1987

INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
1.1 Algemeen.....	1
1.2 Korte samenvatting resultaten.....	1
2. <u>Gebruik van dimensieloze parameters bij 2-dimensionaal ontgrond-... ingsonderzoek (schaalregels, interpretatie modelresultaten)</u>	3
2.1 Analyse van de tijdsfactor t_1	3
2.2 Aanzethellingen.....	6
2.3 Conclusies uit de algemene analyse.....	7
3. <u>Opstellen nieuwe tijds/ontgrondingsrelatie</u>	8
3.1 Zoekstrategie.....	8
a. Selectie van proeven	
b. Selectie type formule	
c. Relatie met $V/\sqrt{\Delta gh_o}$	
d. Relatie met $V/\sqrt{\Delta gd}$ en d_* (grafisch)	
3.2 Tijds/ontgrondingsrelatie in formulevorm.....	11
3.3 Spreidingstoets in vergelijking met M648/863 formule.....	12
3.4 Extrapolatie naar prototype.....	12
4. <u>Analyse aanzethellingen</u>	14

TABELLEN

FIGUREN

APPENDIX

TABELLEN

Tabel 1 : Proefresultaten M648/863 2-dimensionaal

Tabel 1a : serie 8 t/m 13

1b : serie 14 t/m 16A (ged)

1c : serie 16A t/m 17B (ged)

1d : serie 17B t/m 22

1e : serie 23 t/m 37.

Tabel 2 : Dimensieloze grootheden t.b.v. fig. 1 (opgesplitst in 2a t/m 2d).

Tabel 3 : Doorsnijdingen (uit fig. 1) met constante $V_o / \sqrt{\Delta g d_{50}}$

met : tabel 3a = serie 8 (uit fig. 1a)

: tabel 3b = serie 11 (uit fig. 1b)

: tabel 3c = serie 13 (uit fig. 1c)

: tabel 3d = serie 14 (uit fig. 1d)

: tabel 3e = serie 19 (uit fig. 1e)

: tabel 3f = serie 20 (uit fig. 1f)

: tabel 3g = serie 22 (uit fig. 1g)

Tabel 4 : Hulptabel om de macht β te bepalen.

Tabel 5 : Berekening spreiding t_1 met methode M648/863 en met nieuwe aanpak

Tabel 5a : serie 8

5b : serie 15

5c : serie 16/16A

5d : serie 17A/B

5e : series 19, 20 en 22

Tabel 6 : Vergelijking spreiding volgens beide methoden.

Tabel 7 : Berekening t_1 waarden in prototype met beide methoden.

FIGUREN

Figuur 1 : Dimensieloze presentatie meetgegevens

1a	: $\log (h_o / T_1 V_0) = f (\log V_0 / \sqrt{\Delta g d_{50}})$	serie 8
1b	: ,, ,,	serie 11
1c	: ,, ,,	serie 13
1d	: ,, ,,	serie 14
1e	: ,, ,,	serie 19
1f	: ,, ,,	serie 20
1g	: ,, ,,	serie 22

Figuur 2 : De afhankelijkheid van de liquefactieparameter.

2Aa	: $\log (h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$ met $b/h = 1,67$	serie 8 ($d_* = 11,3$)
2Ab	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$ met $b/h = 3,33$	serie 8 ($d_* = 11,3$)
2B	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_{y_o}})$	serie 11 ($d_* = 11,3$)
2C	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$	serie 13 ($d_* = 11,3$)
2D	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$	serie 14 ($d_* = 11,3$)
2Ea	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$	serie 19 ($d_* = 5,08$)
2Eb	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$	serie 19 ($d_* = 11,3$)
2F	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$	serie 20 ($d_* = 5,08$)
2J	: $\log(h_o / V_0 T_1) = f(\log(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})$	serie 22 ($d_* = 5,08$)

Figuur 3 : De afhankelijkheid van de bodemschuifspanning.

3a	: $\log \left\{ \frac{h_o / V_0 T_1}{(V_0 / \sqrt{\Delta g h_o})^{2.4}} \right\} = \log f(V_0 / \sqrt{\Delta g d})$	serie 8
3b	: ,, ,,	serie 11
3c	: ,, ,,	serie 15
3d	: ,, ,,	serie 16A
3e	: ,, ,,	serie 17A
3f	: ,, ,,	serie 17B
3g	: ,, ,,	serie 19
3h	: ,, ,,	serie 22

Figuur 4 : A_o en correctiefactor

Figuur 5a : Begin van bewegen berekend uit Shieldskromme: $d_{90} = d_{50}$.
5b : Begin van bewegen berekend uit Shieldskromme: $d_{90} = 2d_{50}$.

Figuur 6 : De lijnen met $d_* = 2,7$ en 20 beschreven met een tgh-functie.

Figuur 7 : De horizontale verschuiving in fig. 6 afhankelijk van d_* .

Figuur 8 : De totale correctieformule grafisch weergegeven.

APPENDIX : Bepaling en vergelijking van de spreiding van de meetresultaten
ten opzichte van de aanpak Breusers
(M648/863)

Symbolen

A	= geometrieafhankelijke parameter
$d = d_{50}$	= korreldiameter grond (m)
d_{90}	= zeefgrootte waar 90% van het materiaal doorheen gaat (m)
d_*	= sedimentologische diameter = $(d \sqrt{\Delta g d} / \nu)^{2/3}$ (m)
g	= zwaartekrachtsversnelling (m s^{-2})
h_{max}	= maximale kuildiepte (m)
h_0	= waterdiepte in de aanstroming (m)
T_1, t_1	= tijd waarin erosiekuildiepte is h_0 is (s)
V, V_0 of \bar{V}_0	= gemiddelde aanstroomsnelheid (m s^{-1})
\bar{V}_{cr}	= waarde van \bar{V}_0 bij begin van bewegen (m s^{-1})
w	= valsnelheid deeltjes (m s^{-1})
α	= geometrieafhankelijke parameter
β	= machtsfactor; hellingshoek aanzethelling
Δ	= $(\rho_k - \rho_w) / \rho_w$
ρ_k	= dichtheid korrelmateriaal (kg m^{-3})
ρ_w	= dichtheid water (kg m^{-3})

Q647.03 Handboek ontgrondingen. Heranalyse tijd/ontgrondingsformule M648/683.

1. Inleiding

1.1 Algemeen

In december 1986 is in opdracht van de RWS, dienst Weg- en Waterbouwkunde, een analyse uitgevoerd om na te gaan of het mogelijk is om de M 648/863 resultaten in dimensieloze vorm te gieten. Hoewel het aanvankelijk in de bedoeling lag hiervoor zowel de helling van de kuilaanzet als de ontgrondingstijd te nemen is uiteindelijk alleen de laatste parameter gekozen, omdat de helling in de kuil te weinig variatie gaf om per "geometrie" (van drempel en stortebed) geanalyseerd te kunnen worden. Omdat het resultaat van de voorstudie positief was is de studie voortgezet met het opstellen van een nieuwe formule.

De analyse gaf als resultaat dat het in principe mogelijk is tot een dimensieloze presentatie te komen van de tijd/ontgrondingsrelatie, waarbij blijkt dat de invloed van de viscositeit afneemt bij grotere korreldiameter van de grond. Dit klopt met wat theoretisch is te verwachten. Meer dan met de vroeger in M 648/863 voorgestelde procedure geeft de qua dimensies correcte procedure die hier wordt voorgesteld het vertrouwen dat de methode ook voor grover bodemmateriaal toepasbaar is. In het onderhavige rapport is ook de aanvullende studie opgenomen waarin de resultaten tot een fomule zijn omgewerkt. De gevonden formule is op twee manieren nog getoetst aan die van M648/863. In de eerste plaats is gekeken naar de spreiding van de metingen en in de tweede plaats is gekeken naar wat beide formules voor voorspelling geven voor het prototype. Omdat de M638/863 formule in prototype is getoetst (Brouwersdamproeven) mag de afwijking niet te groot zijn.

Het onderzoek is, in de periode Januari-September 1987, verricht door Dr. ir. P.A. Kolkman in de sector Rivieren Scheepvaart en Konstrukties. Assistentie is verleend door ir. J. Umland en ir. E. van Kleef.

1.2 Korte samenvatting resultaten

De dimensieloze formule voor de tijds/ontgrondingsrelatie ziet er voor wat betreft t_1 als volgt uit:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_o t_1} = A \left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right)^{2,4} P^{0,8} \operatorname{tgh} P^{3,5}$$

Hierin is h_o de initiële waterdiepte met \bar{V}_o als dieptegemiddelde snelheid, t_1 is de tijd waarin de diepte van de erosiekuil gelijk is aan de initiële waterdiepte. Voor meer gebruikelijke symbolen als Δ en g zie de symbolenlijst.

De factor P is als volgt samengesteld:

$$P = \frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g d_{50}}} \{0,047 + 0,073 \operatorname{tgh} (d_{*50}^{2,5}/400)\}$$

waarin:

$$d_{*50} = \left\{ \frac{d_{50} \sqrt{\Delta g d_{50}}}{\nu} \right\}^{2/3}$$

Alleen in de d_{*50} is de invloed van de waterviscositeit verdisconteerd. De nieuwe formule geeft wat meer spreiding dan de M648/863 formule: de gemiddelde verhouding (t_1 gemeten)/(t_1 berekend) wordt 1,52 in plaats van 1,40. De extrapolatie naar prototype geeft voor Nederlandse condities ongeveer gelijke t_1 waarden. Geconcludeerd wordt dat de nieuwe formule zeer acceptabel is. Omdat gevonden is dat bij $d_* > 15$ de invloed van d_* wegvalt zijn daar ook geen schaafeffekten meer te verwachten: de proeven met $d_* > 15$ kunnen voor prototypevoorspellingen met veel grotere d_* worden gebruikt. De aanzethellingen zijn vermoedelijk alleen afhankelijk van (d_{50}/h_o) en d_* , en verder als belangrijkste de geometrie. Van de constructie zelf, inclusief de lengte en zwaarte van het startebed. Alleen voor fijn zand ($d_* < 5$) wordt in M648/863 in sommige gevallen de aanzethelling gevonden die bij dezelfde geo-

metrie steiler is. Als h_0 wordt gevarieerd dan geeft voor een aantal gevallen de kleine h_0 een flauwere helling, hetgeen betekent dat voor kwantitatieve voorspelling een te klein model onveilig kan zijn. Een systematische invloed van d_{50}/h_0 kan niet worden vastgesteld.

2. Gebruik van dimensieloze parameters bij 2-dimensionaal ontgrond-
ingsonderzoek (schaalregels, interpretatie modelresultaten)

2.1 Analyse van de tijdsfactor t_1

In de WL rapporten M 648/863 "Systematisch onderzoek naar twee - en driedimen-
sionale ontgrondingen" worden alle proefresultaten met gevarieerde water-
diepte, watersnelheid, korrelgrootte en korrelmateriaal uitgewerkt in termen
van aanzethelling ($\cot \beta$) en ontgrondingstijd. Voor de ontgrondingstijd wordt
 t_1 genomen, zijnde de tijd die nodig is om een kuildiepte te bereiken van één
maal de diepte boven het einde van het stortebed en de niet geërodeerde bodem
(h_o). De proeven hebben alle betrekking op stroming met een laag Froudegetal
(nagenoeg horizontale waterspiegel).

Ook in deze studie wordt weer gekeken naar de twee grootheden die bij de
analyse van ontgrondingsproeven steeds worden uitgewerkt, de aanzethelling van
de kuil $\cot \beta$ en de tijd t_1 . De evenwichtsdiepte is niet in de studie betrokken
bij gebrek aan gegevens.

Omdat de gevonden formule voor t_1 in M648/863 betrekking heeft op parameters
in twee dimensies wordt daarvan ook in het volgende uitgegaan. Om te beginnen
worden alle onafhankelijke grootheden opgezocht. De zwaartekrachtsversnelling
komt hier als zodanig niet in voor zolang we te maken hebben met een laag
Froudegetal en dus een nagenoeg horizontale waterspiegel.

$$\left. \begin{array}{l} t_1 \\ \cot \beta \\ h_{\max, \text{ evenw.}} \end{array} \right\} = f(\text{gradatie, geometrie, korrelvorm, natuurlijk talud etc.}, \bar{v}_o, d_{50}, h_o, \Delta g, \nu, \rho_w, \rho_k) \quad (1)$$

Het analytische deel van (1) herschrijven we in dimensieloze vorm:

$$\left. \begin{array}{l} \bar{v}_o t_1 / h_o \\ \cot \beta \\ h_{\max} / h_o \end{array} \right\} = f\left(\frac{\bar{v}_o}{\sqrt{\Delta g h_o}}, \frac{\bar{v}_o}{\sqrt{\Delta g d}}, d_* , \Delta\right) \quad (2)$$

$d_* = (d \sqrt{\Delta g d} / \nu)^{2/3} = \text{sedimentologische diameter (Zanke)}$

(2) is hier niet formeel afgeleid, maar uit dimensie analyse volgt het aantal
kentallen (hier N-3). De 4 kentallen in het rechterlid zijn onafhankelijk in
te stellen, namelijk

Δ is een te kiezen materiaaleigenschap van de korrels

d_* is keuze van korreldiameter

$\bar{V}_o/\sqrt{\Delta g d}$ is dan in te stellen met de watersnelheid

$\bar{V}_o/\sqrt{\Delta g h_o}$ is dan in te stellen met de waterdiepte

De keuze van d_* is wellicht vreemd omdat deze geen fysieke betekenis heeft. We weten echter wel dat het de enige term is waarin viscositeit voorkomt en we weten dat bij grote d_* de viscositeitsinvloed verdwijnt, dus alle lijnen lopen asymptotisch naar de eindwaarde.

Een variant van (2) die bij het ordenen van meetgegevens handig kan zijn is:

$$f\left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g h_o}}, \frac{d}{h_o}, d_*, \Delta\right) \quad (3a)$$

$$\text{of } f\left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g d}}, \frac{d}{h_o}, d_*, \Delta\right) \quad (3b)$$

Vgl. 3b is ook gebruikt bij de presentatie van de kritieke snelheid waarbij begin van bewegen optreedt. In fig. 5a en 5b is het resultaat te zien van een herberekening uitgaande van de Shieldskromme zoals in M648/863 te vinden en het Moody diagram. De gebruikelijke procedure is om

\bar{V}_{cr} uit beide diagrammen samen te bepalen via een interactief proces van aflezen en berekenen. Uit fig. 5 kan met éénmaal aflezen \bar{V}_{cr} bepaald worden. In tegenstelling tot vgl. 3b ontbreekt in figuur 5 de Δ . Dit is fysisch juist zolang er nog juist geen korrel beweegt en alleen de stabiliteit van de korrels een rol speelt. Dan speelt alleen de verhouding van het gewicht van de korrel onder water, proportioneel aan $\Delta \rho g$ en de hydrodynamische kracht proportioneel aan ρV^2 , zodat alleen Δg de stabiliteit bepaalt en niet Δ of g apart.

We gaan (2) nu toepassen op de t_1 formule van Breusers/Schukking:

$$t_1 = C_1 h_o^2 \Delta^{1,7} / (\alpha \bar{V}_o - \bar{V}_{cr})^{4,3} \quad (4)$$

\bar{V}_{cr} is de (diepte-gemiddelde) watersnelheid waarbij het eerste transport optreedt.

Deze formule is niet dimensieloos te schrijven tenzij we de niet gevarieerde factoren v en g erbij betrekken.

We vereenvoudigen (4) eerst door \bar{V}_{cr} eruit te laten (dus het gebied

$\alpha \bar{V}_o \gg \bar{V}_{cr}$) . In termen van (2) wordt dit:

$$\frac{\tau_1 \bar{V}_o}{h_o} = \left\{ \frac{\sqrt{\Delta g h_o}}{\bar{V}_o} \right\}^2 \times \left\{ \frac{\sqrt{\Delta g d}}{\bar{V}_o} \right\}^{1,3} \times d_*^{-0,65} \times \Delta^{0,27} \quad (5)$$

We zien dat de Δ als aparte parameter nog een geringe invloed heeft. Evenwel is de machte waarin de Δ voorkomt sterk gekoppeld aan de macht 4,3 van de snelheid, en de verwachting is dat deze macht hoger is als we de term $(\alpha \bar{V} - \bar{V}_{cr})^{4,3}$ nader analyseren.

\bar{V}_{cr} geeft in eerste instantie weer de beginsnelheid die bij vlakke bodem nodig is om korreltransport te krijgen. Groeit de kuil dan neemt de turbulentie door de stroomvertraging toe en de korrels worden enigszins geschud. Door beide factoren neemt in wezen \bar{V}_{cr} af. Om toch een zelfde soort kromme door meetpunten te krijgen moet een hogere macht worden ingevoerd. Bij een macht 5 van de snelheid wordt de macht waarin de Δ op zich geen rol speelt al gelijk aan nul. Besloten is om bij de verdere analyse er van uit te gaan dat de Δ op zich geen rol speelt (gekoppeld aan g speelt hij wel mee).

Dit weglaten mag ook als \bar{V}_{cr} nog een bepaalde rol speelt want zoals reeds gememoreerd volgt uit de analyse van de Shields- kromme:

$$\bar{V}_{cr} / \sqrt{\Delta g d} = f(d_* , d/h_o) \quad (6)$$

en ook hier zit de Δ niet expliciet in.

Δ geeft als er wel transport is, aan of bij gekromde stroombanen de deeltjes uit de bocht vliegen. Als deeltjes net niet bewegen speelt dit geen rol, en als er vooral bodemtransport is ook nog niet omdat er dan weinig kromming in de stroombanen zit.

Via deze analyse, waarin we via de empirische relatie (4) gebruik maken van experimentele gegevens komen we op een parameter minder dan uit dimensieanalyse volgt. Dit geeft een belangrijke vereenvoudiging voor de nu volgende analyse.

Nu de invloed van d_* :

We weten dat bij steeds grotere maat van de korrels de viscositeitsinvloed op het zandtransport afneemt (bij grote Renpoldsgetallen tendeert de

weerstandscoefficiënt naar een constate waarde). Ook de d_* invloed valt dus weg als d_* boven een bepaalde waarde komt.

De empirisch bepaalde functie ($d_*^{-0,65}$) (wetend dat d_* slechts binnen een bepaald gebied is gevarieerd bij de experimenten) kan bijvoorbeeld ook vervangen worden door:

$$(A + B e^{-rd_*}) \quad \text{of} \quad (A + B d_*^{-m}) \quad (7)$$

Deze functie voldoet nu wel aan de asymptoot voorwaarde (bij grote d_* wordt de limietwaarde bereikt). Voor r of m kan waarschijnlijk wel een constante worden gevonden. We zouden op deze wijze het gestelde doel, namelijk het vinden van een vergelijking type 2 of 3 wel kunnen bereiken.

Omdat fysisch op de term \bar{V}_{cr} in (4) wel wat is af te dingen is geadviseerd alle proeven met één geometrie opnieuw uit te werken met $t_1 \bar{V}_o / h_o$ als functie van d_* , $\bar{V}_o / \sqrt{\Delta gh_o}$ en $\bar{V}_o / \sqrt{\Delta gd}$, en de bestaande formule wordt dus losgelaten. Hierbij doet zich een probleem voor, er zijn geen proeven waarbij bijvoorbeeld 2 van de 3 parameters zijn vastgehouden en alleen de derde is gevarieerd. De enige die soms een aantal keren gelijk is, is de d_* waarde. Daarom is besloten eerst te werken met vgl. 3b omdat daarbij de waarde h_o/d een aantal keren is vastgehouden; zodoende zijn er proeven te selecteren met constante d_* en h_o/d waarbij $t_1 \bar{V}_o / h_o$ alleen afhangt van $\bar{V}_o / \sqrt{\Delta gd}$.

Uit deze grafieken kan dan later weer de functie bepaald worden:

$$\frac{t_1 \bar{V}_o}{h_o} = f\left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta gd}}, \frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta gh}}, d_*\right) \quad (8)$$

De uiteindelijke uitwerking van vgl. (8) geeft het meeste fysisch inzicht.

$\bar{V}_o / \sqrt{\Delta gh_o}$ is eigenlijk een liquefactie-parameter (drukgradient in het water versus grondstabiliteit).

$\bar{V}_o / \sqrt{\Delta gd}$ is een soort stabiliteitsparameter van de losse korrel t.o.v. bodemschuifspanning. Wel speelt hier d/h_o nog mee als factor in de bodemwrijving omdat deze factor het lokale snelheidsprofiel beïnvloedt.

Bij zandtransport in rivieren is bij hoge snelheden de suspensie maatgevend. Zoiets is hier ook te verwachten; de liquefactiefactor komt in (5) voor in een wat hogere macht dan de schuifspannings-factor, en wordt bij grotere snelheden dominant.

2.2 Aanzethellingen

Gevonden is in het onderzoek Q 239 dat de watersnelheid de aanzethelling niet beïnvloedt.

Aangenomen mag worden dat hier de Δ geen belangrijke parameter is want de stroombanen vlak bij de bodem zijn niet gekromd. Als bij t_1 , die te maken heeft met het totale transport, al weinig of geen invloed van Δ wordt gevonden zal dat zeker gelden voor het transport bij de bodem. We houden dus nog een geringer aantal dimensieloze parameters over. Per geometrie van de "constructie" vinden we:

$$\text{Cot } \beta = f\left(\frac{d}{h_o}, d_*$$

Omdat in M648/863 wordt aangegeven dat wellicht de valsnelheid van deeltjes belangrijk is voor de aanzethelling (trouwens dit geldt zeker voor de oplopende helling) gaan we na hoe 9 getransformeerd kan worden. Het blijkt dat de $w/\sqrt{\Delta g d}$ geschreven kan worden als een éénduidige functie van d_* (uiteraard spelen korrelvorm en concentratie ook mee). We kunnen d_* dus ook door $w/\sqrt{\Delta g d}$ vervangen.

Opmerking: Dit vervangen mag niet meer in het gebied waar $w/\sqrt{\Delta g d}$ niet meer van d_* afhangt, dus bij grote korrel.

We krijgen nu dus:

$$\text{Cot } \beta = f\left(\frac{d}{h_o}, \frac{w}{\sqrt{\Delta g d}}\right) \quad (10a)$$

of

$$\text{Cot } \beta = f\left(\frac{d}{h_o}, \frac{w}{\sqrt{\Delta g h_o}}\right) \quad (10b)$$

Vergelijking 9 is veruit het eenvoudigste in het gebruik.

Ten aanzien van modelonderzoek zal het niet mogelijk zijn zowel d_* als d/h_o

simultaan te reproduceren. Wel kunnen de systematische proeven waarbij (bij dezelfde geometrie) een variatie in β is gevonden, geanalyseerd worden op d/h_0 en d_* invloed om te zien of één van beide minder belangrijk is.

2.3 Conclusies uit de algemene analyse

- 1 Voorgesteld wordt de proeven M 648/863 nog eens te herordenen volgens de vgl. (8).
- 2 Vaststellen van vgl. (8) geeft de mogelijkheid tot extrapolatie naar grovere diameters. Wellicht is in de buitenlandse literatuur al wat hierover te vinden. Ook overwegen om meer tunnelonderzoek met grover materiaal te doen.
- 3 Bij het beschouwen of (9) of (10) mogelijkheden biedt voor kwantitatieve voorspelling van aanzethellingen uit modelonderzoek, blijkt dat dit kan als zou blijken dat de factor h_0/d geen invloed heeft op de aanzethelling. Op dit punt moet bestaand onderzoek opnieuw worden geanalyseerd. Heeft echter de d_* geen invloed dan zou ook het gebruik van fijn zand in modellen weer te overwegen zijn (voordeel van zand boven het op WL veel gebruikte polystyreen is dat de gradatie, de doorlatendheid en het natuurlijk talud ongeveer goed te krijgen zijn, nadeel dat bij zeer fijn zand cohesie op zou kunnen treden).

Het probleem dat bij toepassingen van zand in modellen te weinig erosie optreedt kan wellicht ondervangen worden door al met een kleine kuil te beginnen (dan is er meer turbulentie).

3. Opstellen nieuwe tijds/ontgrondingsrelatie

3.1 Zoekstrategie $h_o/\bar{V}_o t_1 = f(\bar{V}_o/\sqrt{\Delta gh_o}, \bar{V}_o/\sqrt{\Delta gd}, d_*)$

3a Selectie van proeven.

Omdat de belangrijkste relatie is (transport = f (liquifactie, schuifspannings-instabiliteit)

is gekozen voor het vaststellen van de volgende relatie:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_o t_1} = f\left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta gh_o}}, \frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta gd}}, d_*\right) \quad (12)$$

De factor $h_o/\bar{V}_o t_1$ is kuilgroeisnelheid ten opzichte van de watersnelheid, of ook het zandtransport ten opzichte van het waterdebiet.

Er kan worden verwacht dat bij de gevonden relatie de schuifspannings-instabiliteit van de losse korrels bepaald wordt door de $V/\sqrt{\Delta gd}$ factor maar dat in wezen d/h_o en d_* ook nog een rol kunnen spelen (zeker als V_{cr} een rol speelt) terwijl de liquifactie eenvoudiger is en alleen van $V/\sqrt{\Delta gh_o}$ afhangt.

Daarom is eerst een aantal proeven geselecteerd waarbij de moeilijkste factoren $V/\sqrt{\Delta gd}$ en d_* constant gehouden zijn (of via interpolatie naar deze constanten teruggewerkt kon worden) en waarbij de waterdiepte wel is gevarieerd.

Dit waren proef 8, 11, 13, 14, 19, 20 en 22 uit het M 648/863 rapport.

Voor de verdere uitwerking zijn gekozen proeven met gevarieerd bodemmateriaal:

proef 8, 11, 15, 16A, 17A, 17B, 19 en 22.

3b Selectie van type formule.

Na intern overleg binnen het WL is besloten de volgende vorm van formule te onderzoeken:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_o t_1} = f\left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta gh_o}}, f'\left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta gd}}, d_*\right)\right) \quad (13)$$

Omdat het niet zal lukken in korte tijd een geheel nieuwe formule te bedenken wordt in eerste instantie gewerkt met de

"vermenigvuldiginstrategie" namelijk:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_o t_1} = A \cdot \left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right)^\beta f' \left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g d}}, d_* \right) \quad (14)$$

- De invloed van d_* moet verdwijnen bij grotere d_* waarden.
- Fysisch zou de formule er wellicht anders uit moeten zien, bijvoorbeeld als twee verschijnselen onafhankelijk werken zou een optelling ontstaan:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_o t_1} = f \left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right) + f' \left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g h_o}}, d_* \right) \quad (15)$$

Deze functiebepaling zou echter bewerkelijk worden, ook al omdat ten opzichte van de bestaande formule er geen enkel punt van overeenkomst zou blijven. Een kleine poging in deze richting bleek ook weinig hoopgevend te zijn.

Conclusie: gezocht wordt naar een type relatie als (14) of (14a), waarbij bij voorkeur alleen A en eventueel ook $f'(d_*)$ geometrie-afhankelijk zijn.

3c Relatie met $\bar{V}_o / \sqrt{\Delta g h_o}$

De complete proefresultaten voor wat betreft de twee-dimensionale proeven zijn gepresenteerd in tabel 1. Deze zijn verwerkt tot dimensieloze grootheden in tabel 2.

Om in de relatie 14 eerst de β te bepalen zijn proeven eerst geordend naar geometrie en naar gelijke $\bar{V}_o / \sqrt{\Delta g d}$ en d_* . Daartoe zijn in figuren 1a t/m 1g de proeven uitgezet als $(h_o / t_1 \bar{V}_o) = f(\bar{V}_o / \sqrt{\Delta g d})$ waardoor doorsnijdingen mogelijk gemaakt worden op een paar waarden van $\bar{V}_o / \sqrt{\Delta g d}$. De gekozen doorsnijdingen zijn op de figuren aangegeven.

Vervolgens zijn de doorsnijdingen (met constante $\bar{V}_o / \sqrt{\Delta g d}$) in tabel 3 verwerkt en gepresenteerd in figuren 2A t/m 2J, geordend op geometrie en op gelijke d_* , en uitgezet op dubbellogschaal. In figuur 2 zijn de hellingen aangegeven die het best kloppen.

In tabel 4 zijn de hellingen van de lijnen vermeld en is hieruit als een soort gemiddelde is de keuze gemaakt van $\beta = 2,4$. Dit betekent dat vergelijking 14 overgaat in:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_o t_1} = A \left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right)^{2,4} \cdot f' \left(\frac{\bar{V}_o}{\sqrt{\Delta g d}}, d_* \right) \quad (16)$$

3d Relatie met $\bar{V}_0/\sqrt{\Delta g d}$ en d_*

De hierboven (in formulevorm) gevonden vergelijking 16 is te herschrijven als:

$$\frac{h_0/\bar{V} \ t_1}{(\bar{V}/\sqrt{\Delta g h_0})^{2,4}} = A \ f' \left(\frac{\bar{V}_0}{\sqrt{\Delta g d}}, d_* \right) \quad (17)$$

In figuren 3a t/m 3h zijn de resultaten grafisch weergegeven.

Het blijkt uit fig. 3 dat $\bar{V}_0/\sqrt{\Delta g d}$ en d_* steeds een zeer gelijksoortige invloed hebben bij alle proeven. Voor een aantal gevallen is nog nagegaan of (in fig. 3) lijnen met ongeveer gelijk d_* maar verschillende Δ nog sterk afwijken. Dat blijkt niet zo te zijn.

Door parallellen verschuiving in verticale zijn konden de resultaten ongeveer dekkend gemaakt worden. Dit betekent dat er een per proef (geometrie) verschillende vermenigvuldigingsfactor A_0 is.

Met de numerieke waarden van A_0 plus de correctiefactor in figuur 4 zijn alle proeven min of meer te beschrijven.

Veel spreiding heeft serie 17^B.

De formule is dus nu:

$$\frac{h_0}{\bar{V} \ t_1} = A_0 \ (V/\sqrt{\Delta g h_0})^{2,4} \ * \ \text{correctie} \quad (18a)$$

Voor de correctie geldt:

$$\text{"Correctie"} = f \left(\frac{V_0}{\sqrt{\Delta g d}}, d_* \right) \quad (18b)$$

en is samen met A_0 te vinden in figuur 4.

De conclusie van deze bewerking is dat, behalve misschien voor de proeven in figuur 17^B, de gevonden relatie vrij eenduidig is. Ook verdwijnt de invloed van d_* vanaf $d_* = 15$.

Het is interessant deze waarde van d_* te vergelijken met de d_* in de Shields-curves van figuur 5b. Het omslagpunt waar d_* veel invloed krijgt lijkt enigszins in de buurt van $d_* = 15$ te liggen.

Niet meer nagegaan is de mogelijkheid of de introductie van deze factoren nog een verbetering kan geven, maar de figuren (serie 3) lijken zonder (d/h_0) voldoende consistent te zijn.

Uit deze analyse blijkt dat in elk geval voldaan is aan de opstelling van een dimensieloze presentatie. In het volgende wordt geprobeerd hiervoor een empirische formule te vinden.

3.2 Tijds/ontgrondingsrelatie in formulevorm

De lijnen in figuur 4 zijn (via een databestand) puntgewijs gepresenteerd in fig. 6. Vele formulevormen zijn vervolgens geprobeerd, eerst van het type $Y = A X^N - B$.

Deze lijn dekt in het gebied van kleine X (dus $\bar{V}_0/\sqrt{\Delta g d}$) onvoldoende de punten voor $d_* > 15$ en bovendien leek hij voor grotere x waarden (dus $\bar{V}_0/\sqrt{\Delta g d}$) weer teveel omhoog te lopen. Gekozen is toen voor de vorm:

$$Y = A \cdot X^m \operatorname{tgh} x^n$$

Deze functie heeft voor kleine X en voor grote X elk een constante helling die volkomen te regelen is met m en n. Het resultaat is te vinden in fig. 6.

De invloed van d_* is er goed in te brengen via een horizontale verschuiving (vermenigvuldigen van X met een constante). Deze verschuiving is in fig. 7 nader geanalyseerd. Ook hier was de (tgh) functie zeer geschikt omdat voor grote d_* de invloed van d_* verdwijnt.

Hoewel bij de grafiek van fig. 6 in de formule nog een constante factor staat van 1,3 speelt deze geen rol omdat er toch een geometrie afhankelijke vermenigvuldiging is en daarin kan de factor 1,3 worden opgenomen.

De nu verkregen formule staat nog een weergegeven in fig. 8 en de verkregen formule luidt:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_0 t_1} = A_o \left(\frac{\bar{V}_0}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right)^{2,4} P^{0,8} \operatorname{tgh} P^{3,5} \quad (19a)$$

met

$$P = \frac{\bar{V}_0}{\sqrt{\Delta g d_{50}}} \{0,047 + 0,073 \operatorname{tgh} (d_{*50}^{2,5}/400)\} \quad (19b)$$

Alleen de factor A_o hangt van de geometrie van de constructie af (drempel, bestortingslengte, bestortingsruwheid etc.).

3.3 Spreidingstoets in vergelijking met M648/863 formule

Voor elke proef is uit de bekende waarde van t_1 en de gegeven testcondities de waarde A_0 bepaald. Per geometrie is A_0 gemiddeld en met dit gemiddelde is weer voor elke proef t_1 berekend. De logaritme van de verhouding (t_1 berekend)/(t_1 gemeten) is gekwadrateerd, per geometrie gesommeerd en weer gedeeld door het aantal proeven. Deze procedure komt geheel overeen met fig. 47 in het M648/863 rapport waar t_1 - gemeten uitgezet staat tegen t_1 - berekend op een dubbel-logaritmische schaal.

Door de verkregen standaarddeviatie weer terug te transformeren (via 10^σ) wordt de spreiding als standaardverhouding (t_1 gemeten)/(t_1 berekend) gegeven. Zie verder de Appendix en tabel 5. Dit zelfde is gedaan met de M648/863 formule. Alleen zijn nu per geometrie alle α waarden bepaald en toen gemiddeld. In tegenstelling tot de α bepaling in tabel I (uit het M648/863 rapport overgenomen) wordt ∇_{cr} eerst berekend via "Shields" (fig. 5a en 5b). Uit de gemiddelde α wordt weer t_1 berekend en nu wordt weer (t_1 gemeten)/(t_1 berekend) geanalyseerd. Beide methoden leveren een standaardverhouding (t_1 gemeten)/(t_1 berekend). Uit tabel 6 is te zien dat de σ bij M648/863 0,147 is en voor de nieuwe formule 0,182. Dit komt neer op een standaard fout in t_1 van een factor 1,52 ten opzichte van 1,4. Dit lijkt acceptabel.

Proef 17B is de grootste uitschieter waar de nieuwe formule slechter is. Hiervoor is geen verklaring te vinden.

De spreiding in de nieuwe formule is groter dan bij de bestaande formule. In eerste instantie lijkt dit teleurstellend. Echter gaat het om kunstmatig samengestelde formules die proberenderwijs zijn opgebouwd. Niet meer nagegaan is of de oorspronkelijke presentatie van figuur 4 betere resultaten geeft.

3.4 Extrapolatie naar prototype

Twee situaties zijn bekeken, voor alle geometrieën. De eerste met $\bar{V}_0 = 2,0$ m/s en zand van 220μ , de tweede met $1,5$ m/s en zand van 1000μ . De vergelijking is te vinden in tabel 7. De eerste toets geeft ongeveer gelijke t_1 waarden voor beide methoden; de afwijking is niet systematisch, maximaal een factor $1,60$ in t_1 hetgeen in een diepte voorspelling een factor $1,6^{0,38} = 1,21$ geeft bij gebruik van de M648/863 methodiek.

Bij de tweede toets is de grootste t_1 afwijking een factor $2,95$ (diepte voorspelling een factor $1,5$ afwijkend). De nieuwe formule geeft nu systematisch een lagere voorspelling. Niet a priori is te zeggen welke voorspelling beter is.

De M648/863 formule is enigzins getoetst bij de prototype proeven in de Brouwersdamsluis.

De goede overeenkomst met de voorspelling is dus een maat. De proef komt bijna overeen met de condities van de eerste toets zodat ook de nieuwe formule een goede voorspelling zou hebben gegeven.

Theoretisch zijn beide formules te vergelijken voor grover materiaal (geen d_* invloed meer) en grotere watersnelheid (geen invloed V_{cr} en grote $\bar{V}/\sqrt{\Delta g d}$). De nieuwe formule geeft:

$$P = 0,12 V_0 / \sqrt{\Delta g d_{50}}$$

en als $V_0 / \sqrt{\Delta g d_{50}} > 15$ dan is $P^{3,5}$ gelijk aan 1

We vinden uit 19a nu:

$$\frac{h_o}{\bar{V}_0 t_1} = A_o \left(\frac{\bar{V}_0}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right)^{2,4} \left(0,12 \frac{\bar{V}_0}{\sqrt{\Delta g d}} \right)^{0,8}$$

ofwel

$$t_1 \approx \frac{h_o^{2,2} \Delta^{1,6}}{V_o^{4,2}}$$

Uit de M648/863 formule (vgl. 4) vinden we:

$$t_1 \approx \frac{h_o^2 \Delta^{1,7}}{v_0^{4,3}}$$

De overeenkomst is dus goed.

4. Analyse aanzethellingen

In de tekst van M648/863 staat dat bij het systematisch onderzoek met één geometrie alleen het fijnste zand van 120μ te steile aanzethellingen gaf. Uit tabel 1 blijkt dat dit niet volkomen systematisch is (niet bij serie 11, wel bij 16A, 17A). Een andere invloed blijkt er ook nog te zijn nl. die van de h_0 ; bij serie 13 en 21 (met drempel) en bij 114 en 22 (vlakke bodem) geeft een kleine h_0 te flauwe aanzethellingen. Bij vele andere proeven met gevarieerde h_0 (serie 8, 11, 19 en 20) is geen verschil te constateren. Uit de dimensieanalyse in par. 2.2 volgt:

$$\text{Cot } \beta = f\left(\frac{d_{50}}{h_0}, d_*\right)$$

Het fijne zand heeft van alle onderzochte materialen de kleinste d_{50*} , nl. 2,7 en alle andere materialen hebben $d_* > 5$. Hier tussenin ligt dus een mogelijke grens voor schaaleardeffekten. De grens d/h_0 kon niet duidelijk worden vastgesteld, de verschillen treden op bij h_0 kleiner dan 40 cm, soms bij polytreen ($d_{50} = 1600\mu$) en soms bij fijn zand.

Het recent uitgevoerd Q239 onderzoek (tunnelproeven met zand bij hogere watersnelheden) gaf overigens soortgelijke resultaten; steilere aanzethelling bij fijn zand en flauwer bij kleine h_0 (maar alleen in de situatie met drempel). De resultaten manen wel tot voorzichtigheid ten aanzien van schaaleardeffekten.

Voorgesteld wordt om het onderwerp schaaleardeffekten in schaal-modellen bij onderzoek van aanzethellingen, verder te onderzoeken waarbij meer literatuur of WL-onderzoek betrokken moet worden.

serie	nr.	geometrie	materiaal - d_{50} (μm)	B (cm)	h_0 (cm)	\bar{u} (cm/s)	u_{kr} (cm/s)	t_1 (uren)	α	coëf β	bijlagen	d_{m50}
8 (B')	20	gladde vlakke bodem $l = 10 h_0$	zand-350	50	30	33	30,8	2500	2,17		II-3	7,84
	21					40	31,1	450	2,30			
	22					47	31,4	150	2,34			
	10/14					57	31,7	56	2,29			
26	25	"	bakeliet-630	"	"	26,7	16,2	210	2,09		II-4	8,50
	25					33,3	16,4	54	2,13			
	24					40	16,7	20	2,13			
64	63	"	polystyreen-1600	50	15	16	8,2	21	1,92		II-5	11,17
	61					18,7	8,3	5,8	2,07			
	62					24	8,4	1,24	2,16			
	62					28	8,4	0,46	2,26			
60	59	"	"	100	30	16,7	9,1	39	2,16		II-6	
	58					20	9,1	11	2,26			
	55					22,5	9,2	6,5	2,22			
	56					26,7	9,2	3,2	2,15			
	57					30	9,3	1,52	2,21			
	57					33,3	9,3	0,75	2,31			
(B')	31D	"	"	50	30	16,7	8,7	90	1,85	3,5	II-7	
	31A					20	8,8	34	1,83			
	33B					23,3	8,8	16	1,80			
	31C					26,7	8,8	6,7	1,85			
49	50/50A	"	"	100	60	16,7	9,5	500	1,80	3,3	II-8	
	53					20	9,6	130	1,88			
	52					21,7	9,6	80	1,89			
	51					24,5	9,6	48	1,84			
	54					25,8	9,6	32	1,88			
	54					28,3	9,6	17	1,93			
11	14A	drempel $D = 1,3 h_0$, $L = 0,7 h_0$, ruwe bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 4 h_0$ achter drempel, ervoor glad	zand-120	50	30	33,3	25,3	1000	2,27	2,8	II-9	2,69
	13B					40	25,7	315	2,29			
	12B					46,6	26,0	130	2,30			
3	1	"	zand-350	"	"	33	30,8	720	2,58	2,8	II-10	7,84
	2A					40	31,1	270	2,49			
	2A					45	31,3	150	2,44			
27	29	"	polystyreen-1600	50	30	13,3	8,6	115	2,27	2,9	II-11	11,17
	28					16	8,7	30	2,33			
	21					20	8,8	6,8	2,46			
	25					22,6	8,8	2,6	2,63			
	25					23,3	8,8	2,7	2,63			
18	15	"	"	100	60	16,7	9,5	97	2,37	2,8	II-12	
	16					20	9,6	35	2,39			
	17					22,5	9,6	18	2,40			
	17					25	9,6	10	2,42			
13	11	drempel $D = 1,2 h_0$, $L = 0,7 h_0$, ruwe bodem $d = 0,05 h_0$, $l = 4 h_0$, achter drempel, ervoor glad	polystyreen-1600	50	20	12	8,3	30	2,66	3,4	II-13	
	10					14	8,4	11	2,74			
	9					16	8,4	5,4	2,73			
	8A					18	8,5	3,0	2,72			
	7/7A					20	8,5	1,75	2,72			
	12					22	8,5	1,05	2,74			
6	5	"	"	100	40	12,5	9,2	120	2,63	2,9	II-14	
	4					15	9,3	34	2,74			
	3					17,5	9,3	14	2,76			
	2/2A					20	9,4	6,6	2,80			
	1/1A					22,5	9,4	3,9	2,75			
	1/1A					25	9,4	2,3	2,75			

D = drempelhoogte

h_0 = waterdiepte boven stortebed

d = d_{50} van stortebedsteen

l = lengte bestorting

h_m = erosiekuil diepte

B = gootbreedte

d_{50} = grondkorrel

u_{kr} = (gemiddelde) water snelheid begin van bewegen

β = aanzetting kuil

t_1 = ontgrondingstijd met $h_m/h_0 = 1$

Tabel 1 Proefresultaten M 648/863 2 dimensionaal

Tabel 1a

serie	nr.	geometrie	materiaal - d_{50} (μm)	B (cm)	h_0 (cm)	\bar{u} (cm/s)	u_{kr} (cm/s)	t_1 (uren)	α	cotg β	bijlagen	d_x
14	4 1 2 2A 3	ruwe vlakke bodem $d = 0,07 h_0$, $l = 10 h_0$	polystyreen - 1600	50	15	20	8,3	19,5	1,56	5,9	11-15	
	24					8,4	5,7	1,62				
	8 7/7A 5A 6/6A	"	"	100	30	24	9,2	27	1,61	4,9	11-16	
						28	9,2	10,5	1,63			
						32	9,3	5,0	1,65			
						36	9,3	2,5	1,68			
15	20 18 17A 19	ruwe vlakke bodem $d = 0,04 h_0$, $l = 10 h_0$	zand - 120	50	25	64	25,7	100	1,64	4,3	11-17	2,69
	72					26,0	50	1,65				
						80	26,0	27	1,67			
						88	26,4	17	1,66			
	13/13A 14/14A 15 16 41	"	zand - 280	"	"	64	31,6	175	1,58	5,8	11-18	6,27
						72	31,6	80	1,60			
						80	32,1	44	1,60			
						88	32,1	25	1,61			
						88	32,1	20	1,67			
	11 10/39 12 38 9/37	"	zand - 390	"	"	64	31,6	240	1,50	5,8	11-19	8,74
						72	31,6	80	1,60			
						80	32,0	56	1,53			
						80	32,0	50	1,56			
						88	32,0	30	1,55			
	8 5 7 6/6A	"	zand - 840	"	"	64	43,9	290	1,65	5,5	11-20	18,82
						72	43,9	125	1,65			
						80	43,9	68	1,63			
						88	43,9	39	1,62			
	4 1 2 3/40	"	zand - 1600	"	"	64	55,0	620	1,67	5,2	11-21	35,84
						72	55,0	270	1,64			
						80	55,0	110	1,66			
						88	55,0	60	1,64			
	29 30 31	"	zand - 2600	"	"	73	75,1	1125	1,65	5,0	11-22	58,24
						80	75,1	490	1,62			
						88	75,1	190	1,63			
	27 26 25	"	bakeliet - 630	"	"	48	16,4	15,5	1,74	5,4	11-23	8,5
						56	16,6	6,8	1,74			
						64	16,6	3,2	1,77			
	23A 21A 22 24A	"	bakeliet - 1900	"	"	56	26,7	15,5	1,67	5,4	11-24	25,62
						64	26,7	7,6	1,65			
						72	26,7	3,8	1,66			
						80	26,7	2,3	1,64			
	36 32 33 34 35	"	polystyreen - 1600	"	"	16	8,6	270	1,52	5,4	11-25	11,17
						20	8,7	52	1,59			
						23,2	8,7	22,5	1,59			
						27,2	8,7	9,4	1,59			
						32	8,8	3,7	1,61			
16A	13 14 15	drempel $D = 1/6 h_0$, $L = 0,7 h_0$, ruwe bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 4 h_0$ voor en achter drempel	zand - 120	50	30	53,3	26,0	310	1,73	2,8	11-26	2,69
	63,3					26,0	100	1,77				
						73,3	26,0	40	1,81			
	34 35	"	zand - 280	"	"	63,3	31,6	150	1,74	4,8	11-27	6,27
						73,3	31,6	63	1,74			
	31 30A	"	zand - 390	"	"	63,3	32,0	210	1,65	4,9	11-28	8,74
						73,3	32,0	75	1,69			
	33 32	"	zand - 1600	"	"	63,3	55,6	550	1,79	4,1	11-29	35,84
						73,3	55,6	195	1,76			

Tabel 1b

serie	nr.	geometrie	materiaal - d_{50} (μm)	B (cm)	h_0 (cm)	\bar{u} (cm/s)	u_{kr} (cm/s)	t_1 (uren)	α	$\cotg \beta$	bijlagen	d_k
(16A)	23 24	zie boven	zand - 2600	50	30	63,3 73,3	75,8 75,8	3500 900	1,79 1,74	4,4	II-30	58,24
	20 19 21 22	"	bakeliet - 630	"	"	33,3 43,3 53,3 63,3	16,4 16,8 17,0 17,0	150 34 10,4 4,3	1,78 1,79 1,82 1,82	4,5	II-31	8,50
	18 16 17	"	bakeliet - 1900	"	"	43,3 53,3 63,3	27,2 27,2 27,2	80 24 8,4	1,78 1,74 1,76	4,5	II-32	25,62
	25 26 27 28 29	"	polystyreen - 1600	"	"	16,0 18,8 22,6 26,7 30,0	8,7 8,7 8,8 8,8 8,8	300 105 34 13 6,8	1,59 1,60 1,62 1,63 1,64	4,6	II-33	11,17
16B	10 11 12/36	drempel $D = 1/6 h_0$, $L = 0,7 h_0$, ruwe bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 4 h_0$, achter drempel, ervoor glad	zand - 280	50	30	53,3 63,3 73,3	31,6 31,6 31,6	280 100 46	1,87 1,86 1,84	4,5	II-34	
	9 8 7/30A	"	zand - 390	"	"	53,3 63,3 73,3	32,0 32,0 32,0	350 115 50	1,81 1,82 1,82	4,5	II-35	
	6 5 4	"	zand - 840	"	"	53,3 63,3 73,3	43,9 43,9 43,9	400 110 56	1,99 2,02 1,94	4,3	II-36	
	3 2 1	"	zand - 1600	"	"	53,3 63,3 73,3	55,6 55,6 55,6	1450 330 125	1,91 1,91 1,87	4,3	II-37	
17A	7A 8	drempel $D = 1/3 h_0$, $L = 0,7 h_0$, ruwe bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 4 h_0$, voor en achter drempel	zand - 120	50	30	53,3 66,7	26,0 26,4	86 24	2,16 2,20	2,0	II-38	2,69
	25	"	zand - 280	"	"	66,7	31,6	40	2,07	3,0	II-39	6,27
	23A	"	zand - 390	"	"	73,3	32,0	30	1,99	3,3	II-40	8,74
	24	"	zand - 1600	"	"	66,7	55,6	110	2,10	3,3	II-41	35,84
	15	"	zand - 2600	"	"	66,7	75,8	230	2,20		II-42	58,24
	13 12 14	"	bakeliet - 630	"	"	33,3 43,3 53,3	16,4 16,8 17,0	45 11 3,8	2,20 2,21 2,21	3,8	II-43	8,5
	11 9 10	"	bakeliet - 1900	"	"	43,3 53,3 66,7	27,2 27,2 27,2	21 8,5 2,6	2,20 2,08 2,06	3,8	II-44	25,62
	20 16A 17 18 19	"	polystyreen - 1600	"	"	13,3 16,6 19,3 22,7 26,7	8,6 8,7 8,8 8,8 8,8	305 80 29 11 3,9	1,90 1,90 1,95 1,98 2,05	3,5	II-45	11,17
17B	5 6A/26	drempel $D = 1/3 h_0$, $L = 0,7 h_0$, ruwe bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 4 h_0$, achter drempel, ervoor glad	zand - 280	50	30	53,3 66,7	31,6 31,6	110 26	2,17 2,24	3,2	II-46	6,27
	4 3/23	"	zand - 390	"	"	63,3 73,3	32,0 32,0	43 19,5	2,16 2,16	3,3	II-47	8,74
	2	"	zand - 840	"	"	66,7	43,9	36	2,30	3,5	II-48	18,82

Tabel 1c

serie	nr.	geometrie	matenaal - d_{50} (μm)	B (cm)	h_0 (cm)	\bar{u} (cm/s)	u_{kr} (cm/s)	t_1 (uren)	α	cotg β	bijlagen	d_w
(17B)	1	zie boven	zand - 1600	50	30	66,7	55,6	55	2,32	3,3	11-49	35,84
	21 22	"	polystyreen - 1600	"	"	16,7 19,3	8,7 8,8	19 8	2,43 2,47	3,2	11-50	11,17
19	11 10 7A 9A 9A	ruwe vlakke bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 12 h_0$	zand - 225	50	25	55 65 80 95 110	29,0 29,2 29,3 28,5 29,7	430 165 42 16,5 7,2	1,55 1,53 1,58 1,58 1,60	4,9	11-51	5,04
	4 5/5A 6	"	"	100	50	80 95 110	31,9 32,0 32,2	170 60 31	1,61 1,63 1,60	4,9	11-52	11,17
	1 2 3	"	"	300	150	83 102 113	38,2 38,4 38,5	1800 585 290	1,58 1,56 1,60	4,9	11-53	
	20 17 21 18/18A 22	"	polystyreen - 1600	50	12,5	17,5 20 22,5 25 27,5	8,1 8,2 8,2 8,3 8,3	45 22,5 10,5 5 3	1,45 1,43 1,44 1,49 1,48	5,9	11-54	11,17
	22A 23 24 25A 26	"	"	50	25	17,5 20 22,5 25 27,5	8,6 8,7 8,7 8,7 8,7	160 75 37 20 9,5	1,50 1,50 1,50 1,50 1,57	5,9	11-55	
	D C B A	"	"	100	50	17,5 20 25 27,5	9,4 9,5 9,5 9,6	900 360 85 45	1,48 1,49 1,52 1,55		11-56	
20	9 10	drempel $D = 0,23 h_0$, $L = 0,8 h_0$, ruwe bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 6,5 h_0$ voor drempel en $4,7 h_0$ achter drempel	zand - 225	50	25	50 65	29,0 29,2	290 55	1,82 1,85	3,7	11-57	5,04
	5 4 6	"	"	100	50	65 80 95	31,6 31,8 32,0	280 58 24	1,81 1,95 1,94	3,7	11-58	
	1 2 3	"	"	300	150	72 78,5 90,7	38,0 38,2 38,4	2600 1350 550	1,71 1,75 1,77	3,7	11-59	
21	3 2 1	drempel $D = 0,33 h_0$, $L = 0,8 h_0$, ruwe bodem $d = 0,03 h_0$, $l = 6,5 h_0$ voor drempel en $4,7 h_0$ achter drempel	zand - 225	50	25	50	29,2	135	2,06	3,6	11-60	
		"	"	100	50	68	31,5	110	2,04	3,0	11-61	
		"	"	300	150	70,8	38,1	1400	1,93		11-62	
22	5 6	gladde vlakke bodem $l = 12 h_0$	zand - 225	50	25	65 80	29,4 29,6	32 10,5	2,04 2,04	5,0	11-63	5,04
	3 4	"	"	100	50	80 98	31,7 31,9	31 11	2,19 2,19	3,9	11-64	
	1 2	"	"	300	150	77,8 89,5	35,9 36,2	470 205	2,10 2,13	3,9	11-65	
	7 8 9 10/10A	"	polystyreen - 1600	50	25	15 17,5 20 22,5	8,6 8,6 8,7 8,7	190 70 26 13	1,71 1,72 1,79 1,81	4,7	11-66	11,17

Tabel 1d

serie	nr.	geometrie	materiaal - d ₅₀ (μm)	B (cm)	h ₀ (cm)	\bar{u} (cm/s)	u _{kr} (cm/s)	t ₁ (uren)	a	cotg β	bijlagen	d _w
23	6 5 4/4A 3	gladde vlakke bodem l = 2 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	14	8,6	40	2,37	3,2	II-67	11,17
						16	8,6	15	2,47			
						18	8,6	8	2,46			
						20	8,7	4,75	2,45			
24	4 3 2 1	gladde vlakke bodem l = 8 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	14	8,6	185	1,84	4,2	II-68	
						16	8,6	66	1,91			
						18	8,6	30	1,94			
						20	8,7	16	1,96			
25	4 3 2 1 5	gladde vlakke bodem l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	14	8,6	330	1,69	4,5	II-69	
						16	8,6	110	1,75			
						18	8,6	51	1,77			
						20	8,7	25	1,81			
26	3 2 1 4 5	ruwe vlakke bodem d = 0,003 h ₀ , l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	16	8,6	170	1,64	5,5	II-70	
						18	8,6	66	1,69			
						20	8,7	37	1,69			
						22	8,7	21	1,69			
27	4 3 2 1 5	ruwe vlakke bodem d = 0,006 h ₀ , l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	18	8,6	93	1,60	5,6	II-71	
						20	8,7	45	1,63			
						22	8,7	26	1,63			
						24	8,7	15,5	1,64			
28	4 3 2 1 5	ruwe vlakke bodem d = 0,01 h ₀ , l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	20	8,7	64	1,54	5,9	II-72	
						22	8,7	33	1,56			
						24	8,7	19,5	1,57			
						26	8,7	11,6	1,60			
29	5 4 3 2 1	ruwe vlakke bodem d = 0,02 h ₀ , l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	20	8,7	80	1,48	6,1	II-73	
						22	8,7	44	1,49			
						24	8,7	23	1,53			
						26	8,7	14,2	1,54			
30	5 4 3 2 1	ruwe vlakke bodem d = 0,04 h ₀ , l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	20	8,7	80	1,48	6,1	II-74	
						22	8,7	40	1,51			
						24	8,7	22	1,54			
						26	8,7	13	1,56			
31	5/5A 4 3/3A 2 1/1A	ruwe vlakke bodem d = 0,08 h ₀ , l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	20	8,7	80	1,48	6,7	II-75	
						22	8,7	41	1,51			
						24	8,7	22	1,54			
						26	8,7	13	1,56			
37	5 4 3 2 1	ruwe vlakke bodem d = 0,12 h ₀ , l = 14 h ₀	polystyreen - 1600	50	25	20	8,7	55	1,58	6,7	II-76	
						22	8,7	30	1,59			
						24	8,7	17	1,61			
						26	8,7	9	1,67			
						28	8,8	5,2	1,73			

algemeen: zand $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ $\Delta = 1,65$
bakeliet $\rho_s = 1360$ $\Delta = 0,36$
polystyreen $\rho_s = 1050$ $\Delta = 0,05$

Tabel 1e

serie	proof	$h_o/t_1 v_o$	h_o/d_{50}	d_*	$v_o/\sqrt{\Delta g d_{50}}$
8	20	.00000001	857.1429	7.921423	4.384332
8	21	.00000005	857.1429	7.921423	5.314342
8	22	.00000012	857.1429	7.921423	6.244352
8	10/14	.00000026	857.1429	7.921423	7.572937
8	26	.00000015	476.1905	8.587293	5.660506
8	25	.00000046	476.1905	8.587293	7.059732
8	24	.00000104	476.1905	8.587293	8.480158
8	64	.0000124	93.75	11.30976	5.711372
8	63	.0000384	93.75	11.30976	6.675167
8	61	.0001400	93.75	11.30976	8.567059
8	62	.0003235	93.75	11.30976	9.994902
8	60	.0000128	187.5	11.30976	5.961245
8	59	.0000379	187.5	11.30976	7.139216
8	58	.0000570	187.5	11.30976	8.031618
8	55	.0000975	187.5	11.30976	9.530853
8	56	.0001792	187.5	11.30976	10.70882
8	57	.0003337	187.5	11.30976	11.88679
8"	31D	.00000055	187.5	11.30976	5.961245
8"	31A	.0000123	187.5	11.30976	7.139216
8"	33B	.0000224	187.5	11.30976	8.317186
8"	31C	.0000466	187.5	11.30976	9.530853
8"	49	.00000020	375	11.30976	5.961245
8"	50/50A	.00000064	375	11.30976	7.139216
8"	53	.0000096	375	11.30976	7.746049
8"	52	.0000142	375	11.30976	8.745539
8"	51	.0000202	375	11.30976	9.209588
8"	54	.0000346	375	11.30976	10.10199
11	14A	.00000003	2500	2.701419	7.555742
11	13B	.00000007	2500	2.701419	9.075967
11	12B	.00000014	2500	2.701419	10.57350
11	3	.00000004	857.1429	7.921423	4.384332
11	1	.00000008	857.1429	7.921423	5.314342
11	2A	.00000012	857.1429	7.921423	5.978635
11	27	.00000054	187.5	11.30976	4.747578
11	29	.0000174	187.5	11.30976	5.711372
11	28	.0000613	187.5	11.30976	7.139216
11	21	.0001418	187.5	11.30976	8.067314
11	25	.0001626	187.5	11.30976	8.317186
11	18	.0000103	375	11.30976	5.961245
11	15	.0000238	375	11.30976	7.139216
11	16	.0000412	375	11.30976	8.031618
11	17	.0000667	375	11.30976	8.924020
13	11	.0000154	125	11.30976	4.283529
13	10	.0000361	125	11.30976	4.997451
13	9	.0000643	125	11.30976	5.711372
13	8A	.0001029	125	11.30976	6.425294
13	7/7A	.0001587	125	11.30976	7.139216
13	12	.0002405	125	11.30976	7.853137
13	6	.00000074	250	11.30976	4.462010
13	5	.0000218	250	11.30976	5.354412
13	4	.0000454	250	11.30976	6.246814
13	3	.00006842	250	11.30976	7.139216
13	2/2A	.0001266	250	11.30976	8.031618
13	1/1A	.0001932	250	11.30976	8.924020
14	4	.0000107	93.75	11.30976	7.139216
14	1	.0000305	93.75	11.30976	8.567059
14	2/2A	.0000744	93.75	11.30976	9.994902
14	3	.0002284	93.75	11.30976	11.42274
14	8	.0000129	187.5	11.30976	8.567059
14	7/7A	.0000283	187.5	11.30976	9.994902
14	5A	.0000521	187.5	11.30976	11.42274
14	6/6A	.0000926	187.5	11.30976	12.85059

Tabel 2 Dimensieloze grootheden ten behoeve van fig. 1

Tabel 2a

serie	proef	$h_0/t_1 v_0$	h_0/d_{50}	d_*	$V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}^3}$
15	20	.0000011	2083.333	2.701419	14.52155
15	18	.0000019	2083.333	2.701419	16.33674
15	17A	.0000032	2083.333	2.701419	18.15193
15	19	.0000046	2083.333	2.701419	19.96713
15	13/13A	.0000006	892.8571	6.330072	9.506584
15	14/14A	.0000012	892.8571	6.330072	10.69491
15	15	.0000020	892.8571	6.330072	11.88323
15	16	.0000032	892.8571	6.330072	13.07155
15	41	.0000039	892.8571	6.330072	13.07155
15	11	.0000005	641.0256	8.831505	8.055105
15	10/39	.0000012	641.0256	8.831505	9.061993
15	12	.0000016	641.0256	8.831505	10.06888
15	38	.0000017	641.0256	8.831505	10.06888
15	9/37	.0000026	641.0256	8.831505	11.07577
15	8	.0000004	297.6190	19.09482	5.488629
15	5	.0000008	297.6190	19.09482	6.174707
15	7	.0000013	297.6190	19.09482	6.860786
15	6/6A	.0000020	297.6190	19.09482	7.546865
15	4	.0000002	156.25	36.48845	3.976889
15	1	.0000004	156.25	36.48845	4.474001
15	2	.0000008	156.25	36.48845	4.971112
15	3/40	.0000013	156.25	36.48845	5.468223
15	29	.0000001	96.15385	59.43784	3.558441
15	30	.0000002	96.15385	59.43784	3.899661
15	31	.0000004	96.15385	59.43784	4.289627
15	27	.0000093	396.8254	8.587293	10.17619
15	26	.0000182	396.8254	8.587293	11.87222
15	25	.0000339	396.8254	8.587293	13.56825
15	23A	.0000080	131.5789	26.04152	6.836369
15	21A	.0000143	131.5789	26.04152	7.812993
15	22	.0000254	131.5789	26.04152	8.789617
15	24A	.0000377	131.5789	26.04152	9.766241
15	36	.0000016	156.25	11.30976	5.711372
15	32	.0000067	156.25	11.30976	7.139216
15	33	.0000133	156.25	11.30976	8.281490
15	34	.0000272	156.25	11.30976	9.709333
15	35	.0000587	156.25	11.30976	11.42274
16A	13	.0000005	2500	2.701419	12.09373
16A	14	.0000013	2500	2.701419	14.36272
16A	15	.0000028	2500	2.701419	16.63171
16A	34	.0000009	1071.429	6.330072	9.402606
16A	35	.0000018	1071.429	6.330072	10.88801
16A	31	.0000006	769.2308	8.831505	7.967002
16A	30A	.0000015	769.2308	8.831505	9.225612
16A	33	.0000002	187.5	36.48845	3.933392
16A	32	.0000006	187.5	36.48845	4.554781
16A	23	3.761e-8	115.3846	59.43784	3.085607
16A	24	.0000001	115.3846	59.43784	3.573064
16A	20	.0000017	476.1905	8.587293	7.059732
16A	19	.0000057	476.1905	8.587293	9.179771
16A	21	.0000150	476.1905	8.587293	11.29981
16A	22	.0000306	476.1905	8.587293	13.41985
16A	18	.0000024	157.8947	26.04152	5.285978
16A	16	.0000065	157.8947	26.04152	6.506758
16A	17	.0000157	157.8947	26.04152	7.727538
16A	25	.0000017	187.5	11.30976	5.711372
16A	26	.0000042	187.5	11.30976	6.710863
16A	27	.0000108	187.5	11.30976	8.067314
16A	28	.0000240	187.5	11.30976	9.530853
16A	29	.0000408	187.5	11.30976	10.70882

Tabel 2b

serie	proof	$h_0/t_1 v_0$	h_0/d_{50}	d_*	$V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}$
16B	10	.0000006	1071.429	6.330072	7.917202
16B	11	.0000013	1071.429	6.330072	9.402606
16B	12/36	.0000025	1071.429	6.330072	10.88801
16B	9	.0000004	769.2308	8.831505	6.708392
16B	8	.0000011	769.2308	8.831505	7.967002
16B	7/30A	.0000023	769.2308	8.831505	9.225612
16B	6	.0000004	357.1429	19.09482	4.570999
16B	5	.0000012	357.1429	19.09482	5.428597
16B	4	.0000020	357.1429	19.09482	6.286195
16B	3	.0000001	187.5	36.48845	3.312003
16B	2	.0000004	187.5	36.48845	3.933392
16B	1	.0000009	187.5	36.48845	4.554781
17A	7A	.0000018	2500	2.701419	12.09373
17A	8	.0000052	2500	2.701419	15.13417
17A	25	.0000031	1071.429	6.330072	9.907643
17A	23A	.0000038	769.2308	8.831505	9.225612
17A	24	.0000011	187.5	36.48845	4.144664
17A	15	.0000005	115.3846	59.43784	3.251342
17A	13	.0000056	476.1905	8.587293	7.059732
17A	12	.0000175	476.1905	8.587293	9.179771
17A	14	.0000411	476.1905	8.587293	11.29981
17A	11	.0000092	157.8947	26.04152	5.285978
17A	9	.0000184	157.8947	26.04152	6.506758
17A	10	.0000481	157.8947	26.04152	8.142603
17A	20	.0000021	187.5	11.30976	4.747578
17A	16A	.0000063	187.5	11.30976	5.925549
17A	17	.0000149	187.5	11.30976	6.889343
17A	18	.0000334	187.5	11.30976	8.103010
17A	19	.0000800	187.5	11.30976	9.530853
17B	5	.0000014	1071.429	6.330072	7.917202
17B	6A/26	.0000048	1071.429	6.330072	9.907643
17B	4	.0000031	769.2308	8.831505	7.967002
17B	3/23	.0000058	769.2308	8.831505	9.225612
17B	2	.0000035	357.1429	19.09482	5.720180
17B	1	.0000023	187.5	36.48845	4.144664
17B	21	.0000263	187.5	11.30976	5.961245
17B	22	.0000540	187.5	11.30976	6.889343
19	11	.0000003	1111.111	5.081106	9.113705
19	10	.0000006	1111.111	5.081106	10.77074
19	7A	.0000021	1111.111	5.081106	13.25630
19	9A	.0000044	1111.111	5.081106	15.74185
19	8A	.0000088	1111.111	5.081106	18.22741
19	4	.0000010	2222.222	5.081106	13.25630
19	5/5A	.0000024	2222.222	5.081106	15.74185
19	6	.0000041	2222.222	5.081106	18.22741
19	1	.0000003	6666.667	5.081106	13.75341
19	2	.0000007	6666.667	5.081106	16.90178
19	3	.0000013	6666.667	5.081106	18.72452
19	20	.0000044	78.125	11.30976	6.246814
19	17	.0000077	78.125	11.30976	7.139216
19	21	.0000147	78.125	11.30976	8.031618
19	18/18A	.0000278	78.125	11.30976	8.924020
19	22	.0000421	78.125	11.30976	9.816421
19	22A	.0000025	156.25	11.30976	6.246814
19	23	.0000046	156.25	11.30976	7.139216
19	24	.0000083	156.25	11.30976	8.031618
19	25A	.0000139	156.25	11.30976	8.924020
19	26	.0000266	156.25	11.30976	9.816421

Tabel 2c

serie	proef	$h_0 / t_1 v_0$	h_0 / d_{50}	d_x	$V_0 / \sqrt{A g d_{50}}$
19	D	.0000009	312.5	11.30976	6.246814
19	C	.0000019	312.5	11.30976	7.139216
19	B	.0000065	312.5	11.30976	8.924020
19	A	.0000112	312.5	11.30976	9.816421
20	9	.0000005	1111.111	5.081106	8.285186
20	10	.0000019	1111.111	5.081106	10.77074
20	5	.0000008	2222.222	5.081106	10.77074
20	4	.0000030	2222.222	5.081106	13.25630
20	6	.0000061	2222.222	5.081106	15.74185
20	1	.0000002	6666.667	5.081106	11.93067
20	2	.0000004	6666.667	5.081106	13.00774
20	3	.0000008	6666.667	5.081106	15.02933
21	3	.0000010	1111.111	5.081106	8.285186
21	2	.0000019	2222.222	5.081106	11.26785
21	1	.0000004	6666.667	5.081106	11.73182
22	5	.0000033	1111.111	5.081106	10.77074
22	6	.0000083	1111.111	5.081106	13.25630
22	3	.0000056	2222.222	5.081106	13.25630
22	4	.0000129	2222.222	5.081106	16.23896
22	1	.0000011	6666.667	5.081106	12.89175
22	2	.0000023	6666.667	5.081106	14.83048
23	7	.0000024	156.25	11.30976	5.354412
23	8	.0000057	156.25	11.30976	6.246814
23	9	.0000134	156.25	11.30976	7.139216
23	10/10A	.0000237	156.25	11.30976	8.031618
23	6	.0000124	156.25	11.30976	4.997451
23	5	.0000289	156.25	11.30976	5.711372
23	4/4A	.0000482	156.25	11.30976	6.425294
23	3	.0000731	156.25	11.30976	7.139216
24	4	.0000027	156.25	11.30976	4.997451
24	3	.0000066	156.25	11.30976	5.711372
24	2	.0000129	156.25	11.30976	6.425294
24	1	.0000217	156.25	11.30976	7.139216
25	4	.0000015	156.25	11.30976	4.997451
25	3	.0000039	156.25	11.30976	5.711372
25	2	.0000076	156.25	11.30976	6.425294
25	1	.0000139	156.25	11.30976	7.139216
25	5	.0000225	156.25	11.30976	7.853137
26	3	.0000026	156.25	11.30976	5.711372
26	2	.0000058	156.25	11.30976	6.425294
26	1	.0000094	156.25	11.30976	7.139216
26	4	.0000150	156.25	11.30976	7.853137
26	5	.0000241	156.25	11.30976	8.567059
27	4	.0000041	156.25	11.30976	6.425294
27	3	.0000077	156.25	11.30976	7.139216
27	2	.0000121	156.25	11.30976	7.853137
27	1	.0000187	156.25	11.30976	8.567059
27	5	.0000281	156.25	11.30976	9.280980
28	4	.0000054	156.25	11.30976	7.139216
28	3	.0000096	156.25	11.30976	7.853137
28	2	.0000148	156.25	11.30976	8.567059
28	1	.0000230	156.25	11.30976	9.280980
28	5	.0000354	156.25	11.30976	9.994902
29	5	.0000043	156.25	11.30976	7.139216
29	4	.0000072	156.25	11.30976	7.853137
29	3	.0000126	156.25	11.30976	8.567059
29	2	.0000188	156.25	11.30976	9.280980
29	1	.0000306	156.25	11.30976	9.994902
30	5	.0000043	156.25	11.30976	7.139216
30	4	.0000079	156.25	11.30976	7.853137
30	3	.0000132	156.25	11.30976	8.567059
30	2	.0000205	156.25	11.30976	9.280980
30	1	.0000326	156.25	11.30976	9.994902
31	5/5A	.0000043	156.25	11.30976	7.139216
31	4	.0000077	156.25	11.30976	7.853137
31	3/3A	.0000132	156.25	11.30976	8.567059
31	2	.0000205	156.25	11.30976	9.280980
31	1/1A	.0000318	156.25	11.30976	9.994902
37	5	.0000063	156.25	11.30976	7.139216
37	4	.0000105	156.25	11.30976	7.853137
37	3	.0000170	156.25	11.30976	8.567059
37	2	.0000297	156.25	11.30976	9.280980
37	1	.0000477	156.25	11.30976	9.994902

Tabel 2d

Tabel 3 : Doorsnijdingen (uit fig. 1) met constante $V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}$

Tabel 3a: Serie 8 (uit fig. 1a)

Doorsnijding 1: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0,8$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 5,92	857,1	- 0,667	1,67	7,9
II	- 5,60	476,2	- 0,539	1,67	8,6
III	- 4,595	93,75	- 0,186	3,33	11,3
IV	- 4,72	187,5	- 0,337	3,33	11,3
V	- 5,145	187,5	- 0,337	1,67	11,3
VI	- 5,405	375	- 0,487	1,67	11,3

Doorsnijding 3: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0,9$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 5,41	857,14	- 0,567	1,67	7,9
II	- 5,11	476,2	- 0,439	1,67	8,6
III	- 4,036	93,75	- 0,086	3,33	11,3
IV	- 4,252	187,5	- 0,237	3,33	11,3
V	- 4,72	187,5	- 0,237	1,67	11,3
VI	- 5	375	- 0,387	1,67	11,3

Doorsnijding 4: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0,95$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	-	857,14	- 0,517	1,67	7,9
II	-4,937	476,2	- 0,389	1,67	8,6
III	-3,757	93,75	- 0,036	3,33	11,3
IV	-4,101	187,5	- 0,187	3,33	11,3
V	-4,494	187,5	- 0,187	1,67	11,3
VI	-4,811	375	- 0,337	1,67	11,3

Tabel 3b: Serie 11 (uit fig. 1b)

Doorsnijding 2: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g}d_{50}) = 0.776$

	$\log(h_o/V_0t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g}h_o)$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	-	2500	- 0.923	1.67	2.7
II	-	857.14	- 0.691	1.67	7.9
III	- 4.654	187.5	- 0.361	1.67	11.3
IV	- 4.964	375	- 0.511	1.67	11.3

Doorsnijding 4: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g}d_{50}) = 0.882$

	$\log(h_o/V_0t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g}h_o)$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	-	2500	- 0.817	1.67	2.7
II	-	857.14	- 0.585	1.67	7.9
III	- 4.036	187.5	- 0.255	1.67	11.3
IV	- 4.496	375	- 0.405	1.67	11.3

Tabel 3c: Serie 13 (uit fig. 1c)

Doorsnijding 1: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0.7$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 4.436	125	- 0.348	2.5	11.3
II	- 4.821	250	- 0.499	2.5	11.3
III	-				

Doorsnijding 2: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0.8$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 4.018	125	- 0.248	2.5	11.3
II	- 4.304	250	- 0.399	2.5	11.3

Doorsnijding 3: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0.9$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 3.604	125	- 0.148	2.5	11.3
II	- 3.911	250	- 0.299	2.5	11.3

Tabel 3d: Serie 14 (uit fig. 1d)

Doorsnijding 1: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0.95$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 4.411	93.75	- 0.036	3.33	11.3
II	- 4.786	187.5	- 0.187	3.33	11.3

Doorsnijding 2: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 1.0$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 4.125	93.75	+ 0.014	3.33	11.3
II	- 4.536	187.5	- 0.137	3.33	11.3

Doorsnijding 3: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 1.05$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 3.714	93.75	+ 0.064	3.33	11.3
II	- 4.307	187.5	- 0.087	3.33	11.3

Tabel 3e: Serie 19 (uit fig. 1e)

Doorsnijding 1: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0.8$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	-	1111.11	- 0.723	2.0	5.08
II	-	2222.22	- 0.873	2.0	5.08
III	-	6666.667	- 1.112	2.0	5.08
IV	- 5.321	78.125	- 0.146	2.0	11.3
V	- 5.579	156.25	- 0.297	2.0	11.3
VI	- 6.036	312.5	- 0.447	4.0	11.3

Doorsnijding 3: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 0.993$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I		1111.11	- 0.530	2.0	5.08
II		2222.22	- 0.680	2.0	5.08
III		6666.667	- 0.919	2.0	5.08
IV		78.125	- 0.047	2.0	11.3
V		156.25	- 0.104	2.0	11.3
VI		312.5	- 0.254	2.0	11.3

Doorsnijding 4: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 1.139$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 5.607	1111.11	- 0.384	2.0	5.08
II	- 5.893	2222.22	- 0.534	2.0	5.08
III	- 6.554	6666.667	- 0.773	2.0	5.08
IV	-	78.125	+ 0.193	2.0	11.3
V	-	156.25	+ 0.042	2.0	11.3
VI	-	312.5	- 0.108	2.0	11.3

Tabel 3e (vervolg)

Doorsnijding 6: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 1.259$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 5.036	1111.11	- 0.264	2.0	5.08
II	- 5.375	2222.22	- 0.414	2.0	5.08
III	- 5.946	6666.667	- 0.653	2.0	5.08
IV	-	78.125	+ 0.313	2.0	11.3
V	-	156.25	+ 0.162	2.0	11.3
VI	-	312.5	+ 0.012	2.0	11.3

Tabel 3f: Serie 20 (uit fig. 1f)

Doorsnijding 1: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 1.034$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 5.704	1111.11	- 0.489	2.0	5.08
II	- 6.107	2222.22	- 0.639	2.0	5.08
III	-	6666.67	- 0.878	2.0	5.08

Doorsnijding 2: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 1.1$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	-	1111.11	- 0.423	2.0	5.08
II	- 5.661	2222.22	- 0.573	2.0	5.08
III	- 6.500	6666.67	- 0.812	2.0	5.08

Tabel 3g: Serie 22 (uit fig. 1g)

Doorsnijding 1: $\log(V_0/\sqrt{\Delta g d_{50}}) = 1.123$

	$\log(h_o/V_0 t_1)$	h_o/d_{50}	$\log(V_0/\sqrt{\Delta g h_o})$	b/h_o	d_{50}^*
grafiek I	- 5.071	1111.11	- 0.400	2.0	5.08
II	- 5.236	2222.22	- 0.550	2.0	5.08
III	- 5.875	6666.67	- 0.789	2.0	5.08
IV	-	156.25	- 0.026	2.0	11.3

serie	no	geometrie	B/h_0	d_*	$\bar{\beta}$	
	8	vlakke bodem glad $L = 10 h_0$	3.3	11.3	1,4	(fig. 2Ab)
			1.67	11,3	2,1	(fig. 2Aa)
	11	drempel $D = h/3$ ruw erna $d = 0.03 h$ glad ervoor	1,67	11.3	2,8	(fig. 2B)
	13	drempel $D = h/2$ ruw erna $d = 0.05 h$ glad ervoor	2.50	11,3	2,2	(fig. 2C)
	14	vlakke bodem ruw $L = 10h_0$ $d = 0.07$	3.33	11.3	3,0	(fig. 2D)
	19	vlakke bodem: ruw $L = 12h_0$ $d = 0.03$	A 2.0	11,3	2,6	(fig. 2Ea)
			B 2.0	5,08	2,4	(fig. 2Eb)
	20	drempel $D = 0.23h$ ruw erna $d = 0.03h$ èn ervoor	2.0	5.08	3,0	(fig. 2F)
	22	vlakke bodem: glad $L = 12h_0$	2.0	5,08	2,0	(fig. 2G)

Tabel 4 hulptabel om de macht β te bepalen.

serie	prof	delta(D)	d50	h0	d90	d90-1.5	d90/4h	u _{kr} /v _{Dgd}	u _{kr}	u _{gen}	t1	K	u _{gen}	t1b1	t1b1/t1	lg(t1/t1)	lg'2	sigma	d50	ho/uttl	u/v _{Dgd}	P	AO	AOgen	t1b2	t1b2/t1	lg(t2/t1)	lg'2	sigma
		[°]	[µm]	[m]	[µm]	[m ^{1.5}]	[°]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[s]	[°]	[m/s]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
B	20	1.65	350	.30	700	62.09	.000583	3.00	.319	.330	9,000.000	2.29	2.17	13,285.745	1.474	-.149	.0286097		7.84	.0000001	4.384	.356	.0010495	.0005069	18,433.412	2.070	-.316	-.0989005	
B	21	1.65	350	.30	700	62.09	.000583	3.00	.319	.400	1,820.000	2.42	2.17	3,298.137	2.034	.309	.0932888		7.84	.0000005	5.314	.407	.0013262	.0005069	4,238.292	2.614	-.418	-.1744531	
B	22	1.65	350	.30	700	62.09	.000583	3.00	.319	.470	540.000	2.48	2.17	1,153.401	2.136	.330	.1086274		7.84	.0000012	6.244	.478	.0011508	.0005069	1,225.913	2.270	-.356	-.1267830	
B	10/14	1.65	350	.30	700	62.09	.000583	3.00	.319	.570	201.600	2.41	2.17	361.553	1.793	.254	.0443542		7.84	.0000026	7.573	.580	.0007018	.0005069	279.083	1.384	-.141	-.0199496	
B	26	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.267	756.000	2.51	2.17	2,133.086	2.822	-.450	.2029382		8.50	.0000015	5.661	.465	.0010182	.0005069	1,518.545	2.009	-.303	-.0917519	
B	25	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.333	194.400	2.49	2.17	437.349	2.354	-.372	.1381917		8.50	.0000046	7.060	.580	.0007269	.0005069	278.775	1.434	-.157	-.0245105	
B	24	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.400	72.600	2.45	2.17	145.414	2.020	-.305	.0931925		8.50	.0000104	8.480	.697	.0004875	.0005069	69.246	.962	-.017	-.0002870	
B	44	.05	1600	.15	1600	37.35	.002467	3.15	.088	.160	75.600	2.05	2.31	38.468	.509	-.293	.0860936		11.17	.0000124	5.711	.593	.0004190	.0004564	69.404	.918	-.037	-.0013794	
B	63	.05	1600	.15	1600	37.35	.002467	3.15	.088	.187	20.880	2.20	2.31	14.260	.779	-.109	.0117962		11.17	.0000384	6.675	.693	.0004443	.0004564	21.241	1.017	-.907	.0000553	
B	61	.05	1600	.15	1600	37.35	.002467	3.15	.088	.240	4.464	2.30	2.31	4.386	.983	-.008	.0000587		11.17	.0001400	8.567	.890	.0003544	.0004564	3.467	.777	-.110	-.0120622	
B	62	.05	1600	.15	1600	37.35	.002467	3.15	.088	.280	1.854	2.40	2.31	2.015	1.217	.085	.0072693		11.17	.0003255	9.995	1.038	.0003571	.0004564	1.296	.782	-.107	-.0113641	
B	60	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.167	140.400	2.29	2.31	134.044	.955	-.020	.0004022		11.17	.0000128	5.961	.619	.0007477	.0004564	230.010	1.638	-.214	-.0459583	
B	59	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.200	39.600	2.40	2.31	49.214	1.253	.094	.0089109		11.17	.0000379	7.139	.742	.0006804	.0004564	59.032	1.491	-.173	-.0300644	
B	58	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.225	23.400	2.36	2.31	26.240	1.121	.050	.0024752		11.17	.0000570	8.032	.834	.0004878	.0004564	25.010	1.069	-.029	-.0008350	
B	55	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.267	11.520	2.28	2.31	10.827	.840	-.027	.0007251		11.17	.0000975	9.531	.990	.0003141	.0004564	7.928	.688	-.162	-.0263371	
B	56	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.300	5.280	2.34	2.31	4.022	1.079	.033	.0010951		11.17	.0001792	10.709	1.112	.0003313	.0004564	4.050	.726	-.139	-.0193661	
B	57	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.333	2.700	2.45	2.31	3.594	1.331	.124	.0154239	.1158664	11.17	.0003337	11.887	1.235	.0004080	.0004564	2.414	.894	-.049	-.0023672	
B	310	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.167	324.000	1.99	2.17	191.003	.990	-.230	.0526729		11.17	.0000055	5.961	.619	.0003240	.0005069	207.082	.639	-.194	-.0379923	
B	31A	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.200	122.400	1.96	2.17	68.803	.562	-.250	.0425856		11.17	.0000123	7.139	.742	.0002201	.0005069	53.148	.434	-.362	-.1312599	
B	33B	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.233	57.600	1.92	2.17	30.167	.524	-.281	.0789009		11.17	.0000224	8.317	.864	.0001549	.0005069	17.599	.306	-.515	-.2651677	
B	31C	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.267	24.120	1.98	2.17	14.818	.614	-.312	.0447637		11.17	.0000466	9.531	.990	.0001500	.0005069	7.138	.296	-.529	-.2766536	
B	49	.05	1600	.60	1600	37.35	.000667	3.75	.105	.167	1,800.000	1.94	2.17	897.189	.498	-.302	.0914389		11.17	.0000020	5.961	.619	.0002680	.0005069	951.500	.529	-.277	-.0766536	
B	30/50A	.05	1600	.60	1600	37.35	.000667	3.75	.105	.200	448.000	2.02	2.17	312.237	.467	-.176	.0308919		11.17	.0000064	7.139	.742	.0002645	.0005069	244.202	.522	-.282	-.0798043	
B	53	.05	1600	.60	1600	37.35	.000667	3.75	.105	.217	286.000	2.03	2.17	197.704	.486	-.163	.0266907		11.17	.0000096	7.746	.805	.0002362	.0005069	134.177	.466	-.332	-.1100337	
B	52	.05	1600	.60	1600	37.35	.000667	3.75	.105	.245	172.800	1.97	2.17	102.122	.591	-.228	.0521783		11.17	.0000142	8.746	.909	.0001680	.0005069	57.276	.331	-.480	-.2299861	
B	51	.05	1600	.60	1600	37.35	.000667	3.75	.105	.258	115.200	2.02	2.17	77.545	.673	-.172	.0275497		11.17	.0000202	9.210	1.027	.0001792	.0005069	40.732	.354	-.452	-.2038426	
B	54	.05	1600	.60	1600	37.35	.000667	3.75	.105	.283	61.200	2.07	2.17	47.748	.781	-.108	.0118810	.2670644	11.17	.0000346	10.102	1.049	.0001917	.0005069	23.148	.378	-.422	-.1782903	
11	14A	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.333	3,600.000	2.47	2.58	2,672.968	.742	-.129	.0167207		2.69	.0000003	7.556	.371	.0016504	.0014289	4,158.302	1.155	-.063	-.0039205	
11	13B	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.400	1,134.000	2.47	2.58	864.592	.762	-.118	.0138773		2.69	.0000007	9.076	.446	.0012783	.0014289	1,014.478	.895	-.048	-.0021397	
11	12B	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.466	448.000	2.46	2.58	358.216	.763	-.116	.0134973		2.69	.0000014	10.574	.520	.0009577	.0014289	71.7	.670	-.174	-.0301860	
11	3	1.65	350	.30	700	62.09	.000583	3.00	.319	.330	2,592.000	2.73	2.58	3,744.991	1.443	-.160	.0225541		7.84	.0000004	4.384	.336	.0026443	.0014289	6,410.837	2.550	-.407	-.1633410	
11	1	1.65	350	.30	700	62.09	.000583	3.00	.319	.400	972.000	2.62	2.58	1,066.697	1.097	.040	.0016301		7.84	.0000008	5.314	.407	.0022104	.0014289	1,503.662	1.547	-.189	-.0359402	
11	2A	1.65	350	.30	700	62.09	.000583	3.00	.319	.450	540.000	2.57	2.58	521.804	.966	-.015	.0002214		7.84	.0000012	5.979	.458	.0016077	.0014289	607.602	1.125	-.051	-.0026240	
11	27	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.133	414.000	2.40	2.58	262.299	.834	-.198	.0392847		11.17	.0000054	4.748	.493	.0014500	.0014289	420.118	1.015	-.006	-.0000406	
11	29	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.160	108.000	2.80	2.58	90.472	.838	-.077	.0059150		11.17	.0000174	5.711	.593	.0013476	.0014289	101.860	.943	-.025	-.0006462	
11	28	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.200	24.480	2.63	2.58	26.988	1.102	.042	.0017946		11.17	.0000613	7.139	.742	.0011006	.0014289	18.856	.770	-.113	-.0128525	
11	21	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.226	9.360	2.81	2.58	14.289	1.527	-.184	.0357931		11.17	.0001418	8.067	.838	.0011816	.0014289	7.741	.827	-.083	-.0068072	
11	25	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.233	7.920	2.81	2.58	12.222	1.543	-.188	.0354947		11.17	.0001624	8.517	.864	.0011264	.0014289	6.244	.788	-.103	-.0106683	
11	18	.05	1600	.60	1600	37.35	.000667</																						

serie	prof	delta(D)	d50	h0	d90	d90/1.5	d90/4h	ukr/Dgd50	uqm	ti	sk	Qgen	tib1	tib1/ti	lqbt1/ti	lq 2	sigma	d50	ho/ut1	u/Dgd50	P	40	uqgen	tib2	**2/ti	lqbt2/ti	lq 2	sigma
		(-)	(um)	(m)	(um)	(m*1.5)	(-)	(-)	(m/s)	(s)	(-)	(-)	(s)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(s)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
15	20	1.65	120	.25	240	12.47	.000240	4.45	.277	.640	360.000	1.75	1.69	436.441	1.212	-.084	.0049928	2.69	.0000011	14.522	.714	.0000745	.0000591	453.811	1.261	-.101	-.0101148	
15	18	1.65	120	.25	240	12.47	.000240	4.45	.277	.720	180.000	1.76	1.69	223.881	1.244	-.095	.0089766	2.69	.0000019	16.337	.803	.0000624	.0000591	190.255	1.057	-.024	-.0005791	
15	17A	1.65	120	.25	240	12.47	.000240	4.45	.277	.800	97.200	1.78	1.69	125.639	1.293	-.111	.0124232	2.69	.0000032	18.152	.892	.0000550	.0000591	90.453	.931	-.031	-.0009762	
15	19	1.65	120	.25	240	12.47	.000240	4.45	.277	.880	61.200	1.76	1.69	75.506	1.234	-.091	.0083234	2.69	.0000006	19.967	.982	.0000467	.0000591	48.386	.791	-.102	-.0104113	
15	13/13A	1.65	280	.25	560	44.43	.000560	3.10	.295	.640	630.000	1.62	1.69	480.306	.762	-.118	.0138821	6.27	.0000004	9.507	.614	.0000795	.0000591	848.432	1.347	-.129	-.0167124	
15	14/14A	1.65	280	.25	560	44.43	.000560	3.10	.295	.720	288.000	1.65	1.69	242.981	.844	-.074	.0054495	6.27	.0000012	10.695	.691	.0000712	.0000591	347.310	1.206	-.081	-.0066136	
15	15	1.65	280	.25	560	44.43	.000560	3.10	.295	.800	158.400	1.65	1.69	134.950	.852	-.070	.0048816	6.27	.0000020	11.883	.748	.0000591	.0000591	158.368	1.000	-.000	0.7444-9	
15	16	1.65	280	.25	560	44.43	.000560	3.10	.295	.880	90.000	1.66	1.69	80.452	.894	-.049	.0023721	6.27	.0000003	13.072	.845	.0000522	.0000591	79.515	.884	-.054	-.0028935	
15	41	1.65	280	.25	560	44.43	.000560	3.10	.295	.880	72.000	1.73	1.69	80.452	1.117	-.048	.0023238	6.27	.0000039	13.072	.845	.0000652	.0000591	79.515	1.104	-.043	-.0018592	
15	11	1.65	390	.25	780	73.04	.000780	2.85	.320	.640	864.000	1.58	1.69	551.854	.639	-.195	.0379039	8.74	.0000005	8.055	.679	.0000381	.0000591	557.846	.444	-.190	-.0360998	
15	10/39	1.65	390	.25	780	73.04	.000780	2.85	.320	.720	288.000	1.68	1.69	273.475	.950	-.022	.0005051	8.74	.0000012	9.062	.744	.0000475	.0000591	221.409	.804	-.095	-.0090274	
15	12	1.65	390	.25	780	73.04	.000780	2.85	.320	.800	201.600	1.61	1.69	149.581	.742	-.130	.0147998	8.74	.0000016	10.049	.849	.0000317	.0000591	108.053	.536	-.271	-.0733616	
15	38	1.65	390	.25	780	73.04	.000780	2.85	.320	.800	180.000	1.64	1.69	149.581	.831	-.080	.0064635	8.74	.0000017	10.049	.849	.0000355	.0000591	108.053	.600	-.222	-.0491223	
15	9/37	1.65	390	.25	780	73.04	.000780	2.85	.320	.880	108.000	1.63	1.69	88.129	.816	-.088	.0077974	8.74	.0000026	11.076	.934	.0000308	.0000591	56.312	.521	-.283	-.0799609	
15	8	1.65	840	.25	1680	230.87	.001680	2.45	.404	.640	1,044.000	1.66	1.69	909.021	.871	-.060	.0036152	18.82	.0000004	5.489	.658	.0000359	.0000591	624.859	.608	-.216	-.0466721	
15	5	1.65	840	.25	1680	230.87	.001680	2.45	.404	.720	450.000	1.67	1.69	416.258	.925	-.034	.0011458	18.82	.0000008	6.175	.741	.0000344	.0000591	262.015	.582	-.235	-.0551715	
15	7	1.65	840	.25	1680	230.87	.001680	2.45	.404	.800	244.800	1.66	1.69	214.980	.878	-.056	.0031826	18.82	.0000013	6.861	.823	.0000293	.0000591	121.258	.495	-.305	-.0930889	
15	6/6A	1.65	840	.25	1680	230.87	.001680	2.45	.404	.880	140.400	1.65	1.69	121.258	.864	-.064	.0040520	18.82	.0000020	7.547	.905	.0000262	.0000591	62.340	.444	-.353	-.1243259	
15	4	1.65	1600	.25	3200	606.90	.003200	2.40	.546	.640	2,232.000	1.72	1.69	2,489.696	1.115	-.047	.0022517	35.84	.0000002	3.977	.477	.0000659	.0000591	2,491.312	1.116	-.048	-.0022785	
15	1	1.65	1600	.25	3200	606.90	.003200	2.40	.546	.720	972.000	1.69	1.69	947.933	.975	-.011	.0001186	35.84	.0000004	4.474	.537	.0000613	.0000591	1,008.311	1.037	-.016	-.0002537	
15	2	1.65	1600	.25	3200	606.90	.003200	2.40	.546	.800	396.000	1.72	1.69	431.052	1.089	-.037	.0013568	35.84	.0000008	4.971	.597	.0000671	.0000591	450.663	1.137	-.056	-.0030889	
15	3/40	1.65	1600	.25	3200	606.90	.003200	2.40	.546	.880	216.000	1.70	1.69	221.512	1.026	-.011	.0001198	35.84	.0000013	5.468	.656	.0000596	.0000591	217.858	1.009	-.064	-.0000138	
15	29	1.65	2600	.25	5200	1257.19	.005200	2.40	.696	.730	4,050.000	1.61	1.69	2,441.186	.603	-.220	.0483359	58.24	.0000001	3.558	.427	.0000374	.0000591	2,566.387	.634	-.198	-.0392566	
15	30	1.65	2600	.25	5200	1257.19	.005200	2.40	.696	.800	1,744.000	1.60	1.69	1,040.697	.590	-.229	.0525208	58.24	.0000002	3.900	.468	.0000425	.0000591	1,268.970	.719	-.143	-.0204625	
15	31	1.65	2600	.25	5200	1257.19	.005200	2.40	.696	.880	684.000	1.62	1.69	465.828	.681	-.167	.0278325	58.24	.0000004	4.290	.515	.0000527	.0000591	610.099	.892	-.050	-.0024457	
15	27	.36	630	.25	1260	70.04	.001260	2.40	.173	.480	55.800	1.85	1.69	89.011	1.595	.203	.0411313	8.50	.0000093	10.176	.837	.0001102	.0000591	104.160	1.867	.271	-.0734763	
15	26	.36	630	.25	1260	70.04	.001260	2.40	.173	.560	24.480	1.85	1.69	38.963	1.592	.202	.0407404	8.50	.0000182	11.872	.976	.0000888	.0000591	36.804	1.503	.177	-.0313573	
15	25	.36	630	.25	1260	70.04	.001260	2.40	.173	.640	11.520	1.88	1.69	19.490	1.692	.228	.0521487	8.50	.0000339	13.568	1.115	.0000869	.0000591	16.948	1.471	-.168	-.0281145	
15	23A	.36	1900	.25	3800	366.84	.003800	2.20	.255	.560	55.800	1.73	1.69	62.767	1.125	.051	.0026110	25.42	.0000080	6.836	.820	.0000702	.0000591	66.356	1.189	.075	-.056622	
15	21A	.36	1900	.25	3800	366.84	.003800	2.20	.255	.640	27.360	1.71	1.69	29.147	1.065	.027	.0007847	25.42	.0000143	7.813	.938	.0000570	.0000591	26.403	.965	-.015	-.0002389	
15	22	.36	1900	.25	3800	366.84	.003800	2.20	.255	.720	13.680	1.73	1.69	15.205	1.111	-.046	.0021058	25.42	.0000254	8.790	1.055	.0000552	.0000591	12.778	.934	-.030	-.0008767	
15	24A	.36	1900	.25	3800	366.84	.003800	2.20	.255	.800	8.280	1.71	1.69	8.441	1.044	-.019	.0005434	25.42	.0000377	9.766	1.172	.0000520	.0000591	7.290	.880	-.055	-.0005089	
15	36	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.180	972.000	1.64	1.69	774.539	.797	-.099	.0097265	11.17	.0000016	5.711	.593	.0001003	.0000591	1,649.991	1.698	-.230	-.0528151	
15	32	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.200	187.200	1.70	1.69	192.512	1.028	.012	.0001477	11.17	.0000047	7.139	.742	.0000964	.0000591	305.436	1.632	-.213	-.0452050	
15	33	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.232	81.000	1.70	1.69	81.507	1.006	.003	.0000073	11.17	.0000133	8.281	.840	.0000760	.0000591	104.226	1.287	-.109	-.0119885	
15	34	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.272	33.840	1.70	1.69	33.883	1.001	.001	.0000003	11.17	.0000057	11.423	1.009	.0000639	.0000591	36.607	1.082	-.034	-.0011654	
15	35	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.320	13.320	1.72	1.69	14.329	1.076	.032	.0010062	11.17	.0000082	1078425	1.187	.0000649	.0000591	15.092	1.133	-.054	-.0029429	1595381

Tabel 5b

serie	prof	delta(D)	d50	nu	d90	d90/1.5	d90/4h	ukr/√(d90)	ukr	u _{gen}	t1	α	α _{gen}	tib1	tib1/t1	lqtib1/t1	lg √	sigma	d+50	ho/ut1	u/√(d90)	P	A0	A0gen	tib2	tib2/t1	lqtib2/t1	lg √	sigma
		[-]	[um]	[m]	[um]	[m ^{-1.5}]	[-]	[-]	[m/s]	[m/s]	[ks]	[-]	[-]	[ks]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[ks]	[-]	[-]	[-]	[-]
16A	13	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.533	1,116,000	1.86	1.85	1,153.393	1.034	.014	.0002049	2.69	.0000005	12.094	.595	.0001435	.0001120	1,429.863	1.281	.108	.0115843		
16A	14	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.633	360,000	1.90	1.85	421.881	1.172	.069	.0047454	2.69	.0000013	14.363	.706	.0001207	.0001120	388.081	1.078	.033	.0010440		
16A	15	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.733	144,000	1.94	1.85	186.830	1.297	.113	.0127879	2.69	.0000028	16.632	.818	.0001024	.0001120	131.672	.914	-.039	.0015107		
16A	34	1.65	280	.30	560	44.43	.000467	3.20	.305	.633	540,000	1.80	1.85	467.896	.866	-.062	.0038743	4.27	.0000009	9.403	.608	.0001507	.0001120	726.586	1.346	.129	.0166135		
16A	35	1.65	280	.30	560	44.43	.000467	3.20	.305	.733	226,800	1.81	1.85	203.503	.897	-.047	.0022159	4.27	.0000018	10.888	.704	.0001181	.0001120	239.068	1.054	.023	.0005234		
16A	31	1.65	390	.30	780	73.04	.000650	2.90	.326	.633	756,000	1.74	1.85	520.570	.689	-.162	.0262578	8.74	.0000006	7.967	.672	.0000707	.0001120	477.354	.631	-.200	.0398727		
16A	30A	1.65	390	.30	780	73.04	.000650	2.90	.326	.733	270,000	1.79	1.85	222.157	.823	-.085	.0071747	8.74	.0000015	9.226	.778	.0000663	.0001120	159.774	.592	-.228	.0519190		
16A	33	1.65	1600	.30	3200	606.90	.002667	2.45	.558	.633	1,980,000	1.86	1.85	2,071.550	1.046	.020	.0003853	35.84	.0000002	3.933	.472	.0001208	.0001120	2,134.947	1.078	.033	.0010707		
16A	32	1.65	1600	.30	3200	606.90	.002667	2.45	.558	.733	702,000	1.83	1.85	866.093	.949	-.023	.0005199	35.84	.0000006	4.555	.547	.0001105	.0001120	692.218	.986	-.006	.0000371		
16A	23	1.65	2600	.30	5200	1257.19	.004333	2.50	.725	.633	12,600,000	1.78	1.85	8,214.018	.652	-.186	.0345272	58.24	3.761e-8	3.086	.370	.0000538	.0001120	6,054.877	.481	-.318	.1012927		
16A	24	1.65	2600	.30	5200	1257.19	.004333	2.50	.725	.733	3,240,000	1.74	1.85	1,840.825	.568	-.246	.0602862	58.24	.0000001	3.573	.429	.0000677	.0001120	1,958.216	.604	-.219	.0478229		
16A	20	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.333	540,000	2.12	1.85	1,379.527	2.555	.407	.1659230	8.50	.0000017	7.060	.580	.0002617	.0001120	1,261.636	2.336	.369	.1358218		
16A	19	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.433	122,400	2.06	1.85	240.251	1.963	.293	.0857804	8.50	.0000037	9.180	.755	.0001587	.0001120	173.440	1.417	.151	.0229125		
16A	21	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.533	37,440	2.06	1.85	69.581	1.858	.269	.0724449	8.50	.0000150	11.300	.929	.0001193	.0001120	39.888	1.045	.028	.0007567		
16A	22	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.633	15,480	2.04	1.85	26.621	1.720	.235	.0554350	8.50	.0000306	13.420	1.103	.0001024	.0001120	14.154	.914	-.039	.0015135		
16A	18	.36	1900	.30	3800	366.84	.003167	2.30	.266	.433	288,000	1.84	1.85	280.633	.974	-.011	.0001267	25.62	.0000024	5.286	.634	.0001380	.0001120	354.743	1.232	.091	.0081940		
16A	16	.36	1900	.30	3800	366.84	.003167	2.30	.266	.533	86,400	1.82	1.85	78.134	.904	-.044	.0019073	25.62	.0000065	6.507	.781	.0000969	.0001120	74.774	.865	-.063	.0039389		
16A	17	.36	1900	.30	3800	366.84	.003167	2.30	.266	.633	30,240	1.84	1.85	29.200	.966	-.015	.0002312	25.62	.0000157	7.728	.927	.0000828	.0001120	22.356	.739	-.131	.0172091		
16A	25	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.140	1,080,000	1.71	1.85	660.275	.611	-.214	.0456673	11.17	.0000017	5.711	.593	.0001348	.0001120	1,299.343	1.203	.080	.0064481		
16A	26	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.188	378,000	1.72	1.85	245.922	.651	-.187	.0348945	11.17	.0000042	6.711	.697	.0001132	.0001120	382.017	1.011	.005	.0000211		
16A	27	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.224	122,400	1.73	1.85	85.502	.699	-.156	.0242732	11.17	.0000108	8.067	.858	.0000904	.0001120	98.739	.807	-.093	.0087032		
16A	28	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.247	46,800	1.75	1.85	34.495	.737	-.132	.0175536	11.17	.0000240	9.531	.990	.0000773	.0001120	32.303	.690	-.181	.0259224		
16A	29	.05	1600	.30	1600	37.35	.001333	3.40	.095	.300	24,480	1.75	1.85	18.690	.763	-.117	.0137663	11.17	.0000408	10.709	1.112	.0000755	.0001120	16.502	.674	-.171	.0293310		

Tabel 5c

refl#	prof	delta(D)	d50	h0	d90	d*90	1.5	d90/4h	ukr / Dgd 90	ukr	ugem	t1	σ	σgem	tib1	tib1/t1	lgtb1/t1	lg 2	sigma	σ50	h0/ut1	u / Dgd50	P	R0	R0gem	tib2	tib2/t1	lgtb2/t1	lg 2	sigma
		(-)	(um)	(m)	(um)	(m 1.5)	(-)	(-)	(-)	(m/μm)	(m/μm)	(mm)	(-)	(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
17A	7A	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.533	309.400	2.32	2.24	379.047	1.224	.088	.0077250		2.69	.0000018	12.094	.595	.0005173	.0004016	398.802	1.288	.110	.0120905		
17A	8	1.65	120	.30	240	12.47	.000200	4.55	.284	.667	86.400	2.35	2.24	111.237	1.287	.110	.0120422		2.69	.0000052	15.134	.744	.0003404	.0004016	73.242	.848	-.072	.0051485		
17A	25	1.65	280	.30	560	44.43	.000467	3.20	.305	.667	144.000	2.16	2.24	119.983	.833	-.079	.0062794		6.27	.0000031	9.908	.640	.0003795	.0004016	136.055	.945	-.025	.0006075		
17A	23A	1.65	390	.30	780	73.04	.000650	2.90	.326	.733	108.000	2.10	2.24	77.648	.719	-.143	.0205327		8.74	.0000038	9.226	.778	.0001657	.0004016	44.563	.413	-.384	.1478050		
17A	24	1.65	1600	.30	3200	606.90	.002667	2.45	.558	.667	396.000	2.18	2.24	356.322	.849	-.071	.0050325		35.84	.0000011	4.145	.497	.0004040	.0004016	398.312	1.006	.003	.0000064		
17A	15	1.65	2600	.30	5200	1257.19	.004333	2.50	.725	.667	828.000	2.22	2.24	787.864	.952	-.022	.0004656		58.24	.0000005	3.251	.390	.0005476	.0004016	1,128.936	1.363	.135	.0181277		
17A	13	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.333	162.000	2.56	2.24	378.126	2.334	.368	.1355136		8.50	.0000056	7.060	.580	.0008723	.0004016	351.882	2.172	.337	.1134896		
17A	12	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.433	39.600	2.51	2.24	76.696	1.937	.287	.0824139		8.50	.0000175	9.180	.755	.0004906	.0004016	48.374	1.222	.087	.0075548		
17A	14	.36	630	.30	1260	70.04	.001050	3.70	.247	.533	13.680	2.48	2.24	24.019	1.756	.244	.0597635		8.50	.0000411	11.300	.929	.0003266	.0004016	11.125	.813	-.090	.0080603		
17A	11	.36	1900	.30	3800	366.84	.003167	2.30	.266	.433	75.600	2.29	2.24	86.356	1.142	.058	.0033374		25.62	.0000092	5.286	.634	.0005256	.0004016	98.941	1.309	.117	.0136550		
17A	9	.36	1900	.30	3800	366.84	.003167	2.30	.266	.533	30.600	2.18	2.24	26.288	.859	-.066	.0043521		25.62	.0000184	6.507	.781	.0002737	.0004016	20.855	.682	-.167	.0277240		
17A	10	.36	1900	.30	3800	366.84	.003167	2.30	.266	.667	9.360	2.16	2.24	7.869	.841	-.075	.0056794		25.62	.0000481	8.143	.977	.0001908	.0004016	4.446	.475	-.323	.1045326		
17A	20	.05	1800	.30	1800	37.35	.001333	3.40	.095	.133	1,098.000	2.05	2.24	635.481	.579	-.237	.0564061		11.17	.0000021	4.748	.493	.0005467	.0004016	1,494.701	1.361	.134	.0179431		
17A	18A	.05	1800	.30	1800	37.35	.001333	3.40	.095	.166	288.000	2.04	2.24	166.716	.579	-.237	.0563666		11.17	.0000063	5.926	.616	.0003816	.0004016	273.631	.950	-.022	.0004941		
17A	17	.05	1800	.30	1800	37.35	.001333	3.40	.095	.193	104.400	2.09	2.24	71.198	.682	-.166	.0276333		11.17	.0000149	6.889	.716	.0003366	.0004016	87.501	.838	-.077	.0058807		
17A	18	.05	1800	.30	1800	37.35	.001333	3.40	.095	.227	39.600	2.12	2.24	29.639	.748	-.126	.0158337		11.17	.0000334	8.103	.842	.0002707	.0004016	26.690	.674	-.171	.0293601		
17A	19	.05	1800	.30	1800	37.35	.001333	3.40	.095	.267	16.940	2.19	2.24	12.742	.708	-.042	.0017748	1716940	11.17	.0000800	9.531	.990	.0002577	.0004016	9.010	.642	-.193	.0371187	.1798036	
17B	5	1.65	280	.30	560	44.43	.000467	3.20	.305	.533	396.000	2.26	2.40	281.539	.711	-.148	.0219505		6.27	.0000014	7.917	.512	.0007670	.0007288	416.778	1.052	.022	.0004933		
17B	6A/26	1.65	280	.30	560	44.43	.000467	3.20	.305	.667	93.600	2.34	2.40	82.569	.882	-.054	.0029656		6.27	.0000048	9.908	.640	.0005838	.0007288	74.978	.801	-.096	.0092822		
17B	4	1.65	390	.30	780	73.04	.000650	2.90	.326	.433	154.800	2.28	2.40	117.813	.761	-.119	.0140603		8.74	.0000031	7.967	.672	.0003454	.0007288	73.370	.474	-.324	.1051385		
17B	3/23	1.65	390	.30	780	73.04	.000650	2.90	.326	.733	70.200	2.28	2.40	53.566	.763	-.117	.0137936		8.74	.0000058	9.226	.778	.0002549	.0007288	24.358	.350	-.456	.2080736		
17B	2	1.65	840	.30	1680	230.87	.001400	2.45	.404	.667	129.600	2.35	2.40	116.399	.898	-.047	.0021767		18.82	.0000035	5.720	.686	.0003162	.0007288	56.225	.434	-.363	.1315340		
17B	1	1.65	1600	.30	3200	606.90	.002667	2.45	.558	.667	198.000	2.42	2.40	210.288	1.062	.026	.0006838		35.84	.0000023	4.145	.497	.0008079	.0007288	219.503	1.109	.045	.0020048		
17B	21	.05	1800	.30	1800	37.35	.001333	3.40	.095	.167	68.400	2.60	2.40	108.151	1.581	.199	.0395914		11.17	.0000263	5.961	.619	.0015347	.0007288	144.046	2.106	.323	.1046172		
17B	22	.05	1800	.30	1800	37.35	.001333	3.40	.095	.193	28.800	2.64	2.40	48.629	1.688	.227	.0517556	1355440	11.17	.0000540	6.889	.716	.0012202	.0007288	48.220	1.674	.224	.0501039	.2764162	

Tabel 5d

serie	proof	delta (D) [-]	d50 [um]	h0 [m]	d90 [um]	d90/1.5 [m/1.5]	d90/4h [-]	ukr /Dgd 90 [-]	ukr [m/s]	ugem [m/s]	t1 [ks]	q' [-]	O/gem [-]	t1b1 [ks]	t1b1/t1 [-]	lgtb1/t1 [-]	lg' [-]	sigma [-]	d=50 [-]	ho/dst1 [-]	u/Dgd50 [-]	F [-]	AO [-]	Rogen [-]	t1b2 [ks]	t1b2/t1 [-]	lgtb2/t1 [-]	lg'2 [-]	sigma [-]
19	11	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.350	1,548.000	1.63	1.64	1,497.073	.967	-.015	.0002111	5.04	.0000003	9.114	.523	.0001079	.0000621	2,690.728	1.738	.240	.0576475		
19	10	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.650	594.000	1.61	1.64	535.414	.901	-.045	.0020337	5.04	.0000004	10.771	.618	.0000783	.0000621	749.228	1.261	.101	.0101682		
19	7A	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.800	151.200	1.66	1.64	162.781	1.077	-.032	.0010274	5.04	.0000021	13.256	.760	.0000644	.0000621	156.984	1.038	.016	.0002658		
19	9A	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.950	59.400	1.66	1.64	64.134	1.080	-.033	.0011090	5.04	.0000044	15.742	.903	.0000482	.0000621	46.156	.777	-.110	.0120032		
19	8A	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	1.100	25.920	1.68	1.64	29.839	1.151	-.061	.0015793	5.04	.0000088	18.227	1.045	.0000438	.0000621	18.278	.705	-.152	.0230164		
19	4	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	.800	612.000	1.68	1.64	700.358	1.144	-.059	.0015403	5.04	.0000010	13.256	.760	.0000732	.0000621	721.309	1.179	.071	.0050937		
19	3/5A	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	.950	216.000	1.71	1.64	272.017	1.259	-.100	.0100285	5.04	.0000024	15.742	.903	.0000609	.0000621	212.077	.982	-.008	.0000634		
19	6	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	1.100	111.600	1.67	1.64	125.349	1.123	-.050	.0025458	5.04	.0000041	18.227	1.045	.0000467	.0000621	83.983	.753	-.123	.0152460		
19	1	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	.830	4,480.000	1.62	1.64	4,020.343	.929	-.032	.0010210	5.04	.0000003	13.753	.789	.0000591	.0000621	4,172.488	.953	-.021	.0004458		
19	2	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	1.020	2,106.000	1.61	1.64	1,893.823	.900	-.046	.0020849	5.04	.0000007	16.902	.969	.0000439	.0000621	1,490.192	.708	-.150	.0225649		
19	3	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	1.130	1,044.000	1.65	1.64	1,093.890	1.048	-.020	.0004110	5.04	.0000013	18.725	1.074	.0000480	.0000621	807.823	.774	-.111	.0124062		
19	22A	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.175	576.000	1.62	1.64	541.786	.941	-.027	.0007073	11.17	.0000025	6.247	.649	.0000855	.0000621	793.326	1.377	-.139	.0193292		
19	23	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.200	270.000	1.60	1.64	236.652	.876	-.057	.0032780	11.17	.0000046	7.139	.742	.0000668	.0000621	290.634	1.076	.032	.0010229		
19	24	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.225	131.200	1.60	1.64	118.200	.887	-.052	.0026922	11.17	.0000083	8.032	.834	.0000574	.0000621	123.132	.924	-.034	.0011650		
19	25A	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.250	72.000	1.61	1.64	65.028	.903	-.044	.0019564	11.17	.0000139	8.924	.927	.0000513	.0000621	39.254	.827	-.082	.0067931		
19	26	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.275	34.200	1.67	1.64	38.485	1.125	-.051	.0026278	11.17	.0000266	9.816	1.020	.0000592	.0000621	32.605	.953	-.021	.0004301		
19	D	.05	1600	.50	1600	37.35	.000800	3.65	.102	.175	3,240.000	1.59	1.64	2,625.173	.810	-.091	.0083516	11.17	.0000009	6.247	.649	.0000698	.0000621	3,645.171	1.125	.051	.0026187		
19	C	.05	1600	.50	1600	37.35	.000800	3.65	.102	.200	1,296.000	1.60	1.64	1,108.102	.855	-.068	.0046274	11.17	.0000019	7.139	.742	.0000640	.0000621	1,335.403	1.030	.013	.0001692		
19	B	.05	1600	.50	1600	37.35	.000800	3.65	.102	.250	306.000	1.62	1.64	292.131	.925	-.020	.0004058	11.17	.0000065	8.924	.927	.0000555	.0000621	273.639	.894	-.049	.0023564		
19	A	.05	1600	.50	1600	37.35	.000800	3.65	.102	.275	162.000	1.65	1.64	170.571	1.053	-.022	.0005013	11.17	.0000112	9.816	1.020	.0000574	.0000621	149.814	.925	-.034	.0011534	.0984777	
20	9	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.500	1,044.000	1.91	1.90	1,069.274	1.024	.010	.0001079	5.04	.0000005	8.285	.675	.0003327	.0001857	1,670.454	1.792	.253	.0641338		
20	10	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.650	198.000	1.95	1.90	226.438	1.144	-.058	.0033970	5.04	.0000019	10.771	.618	.0002349	.0001857	250.446	1.265	-.102	.0104141		
20	5	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	.650	1,008.000	1.89	1.90	979.969	.972	-.012	.0001500	5.04	.0000008	10.771	.618	.0002120	.0001857	1,150.749	1.142	.058	.0033086		
20	4	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	.800	308.800	2.04	1.90	308.261	1.476	-.149	.0286248	5.04	.0000030	13.256	.760	.0002144	.0001857	241.114	1.155	.062	.0039052		
20	6	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	.950	86.400	2.04	1.90	124.020	1.435	-.157	.0246417	5.04	.0000061	15.742	.903	.0001524	.0001857	70.891	.821	-.086	.0073822		
20	1	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	.720	9,360.000	1.75	1.90	5,798.864	.620	-.208	.0432361	5.04	.0000002	11.931	.684	.0001178	.0001857	5,936.618	.634	-.196	.0390420		
20	2	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	.785	4,860.000	1.80	1.90	3,544.262	.729	-.137	.0187993	5.04	.0000004	13.008	.744	.0001188	.0001857	3,109.651	.640	-.194	.0376068		
20	3	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	.907	1,980.000	1.83	1.90	1,600.664	.808	-.092	.0085313	5.04	.0000008	15.029	.862	.0001026	.0001857	1,093.565	.552	-.258	.0664714	.1703907	
22	5	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.650	115.200	2.15	2.09	134.265	1.165	.067	.0044237	5.04	.0000033	10.771	.618	.0004037	.0002784	167.019	1.450	.161	.0260223		
22	6	1.65	225	.25	450	32.00	.000450	3.45	.294	.800	37.800	2.15	2.09	44.215	1.170	.068	.0046344	5.04	.0000083	13.256	.760	.0002578	.0002784	34.995	.926	-.033	.0011212		
22	3	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	.800	111.600	2.30	2.09	186.618	1.672	.223	.0498584	5.04	.0000056	13.256	.760	.0004012	.0002784	160.796	1.441	.159	.0251571		
22	4	1.65	225	.50	450	32.00	.000225	3.65	.312	.980	39.600	2.31	2.09	65.298	1.649	.217	.0471787	5.04	.0000129	16.239	.931	.0002700	.0002784	38.397	.970	-.013	.0001795		
22	1	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	.778	1,692.000	2.19	2.09	2,212.586	1.308	.116	.0135722	5.04	.0000011	12.892	.739	.0003647	.0002784	2,216.410	1.310	.117	.0137475		
22	2	1.65	225	1.50	450	32.00	.000075	4.10	.350	.895	738.000	2.23	2.09	1,040.837	1.410	.149	.0222984	5.04	.0000023	14.830	.850	.0003021	.0002784	800.781	1.085	.035	.0012572		
22	7	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.150	684.000	1.84	2.09	311.449	.455	-.342	.1167375	11.17	.0000024	5.354	.556	.0002335	.0002784	573.499	.838	-.077	.0058559		
22	8	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.175	232.000	1.85	2.09	124.351	.493	-.307	.0949355	11.17	.0000057	6.247	.649	.0001954	.0002784	176.850	.702	-.154	.0236332		
22	9	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.200	93.600	1.92	2.09	58.378	.624	-.205	.0403346	11.17	.0000134	7.139	.742	.0001927	.0002784	64.789	.692	-.160	.0255286		
22	10/10A	.05	1600	.25	1600	37.35	.001600	3.35	.094	.225	46.800	1.93	2.09	30.694	.656	-.183	.0335575	11.17	.0000237	8.032	.834	.0001633	.0002784	27.449	.587	-.232	.0536949	.1327669	

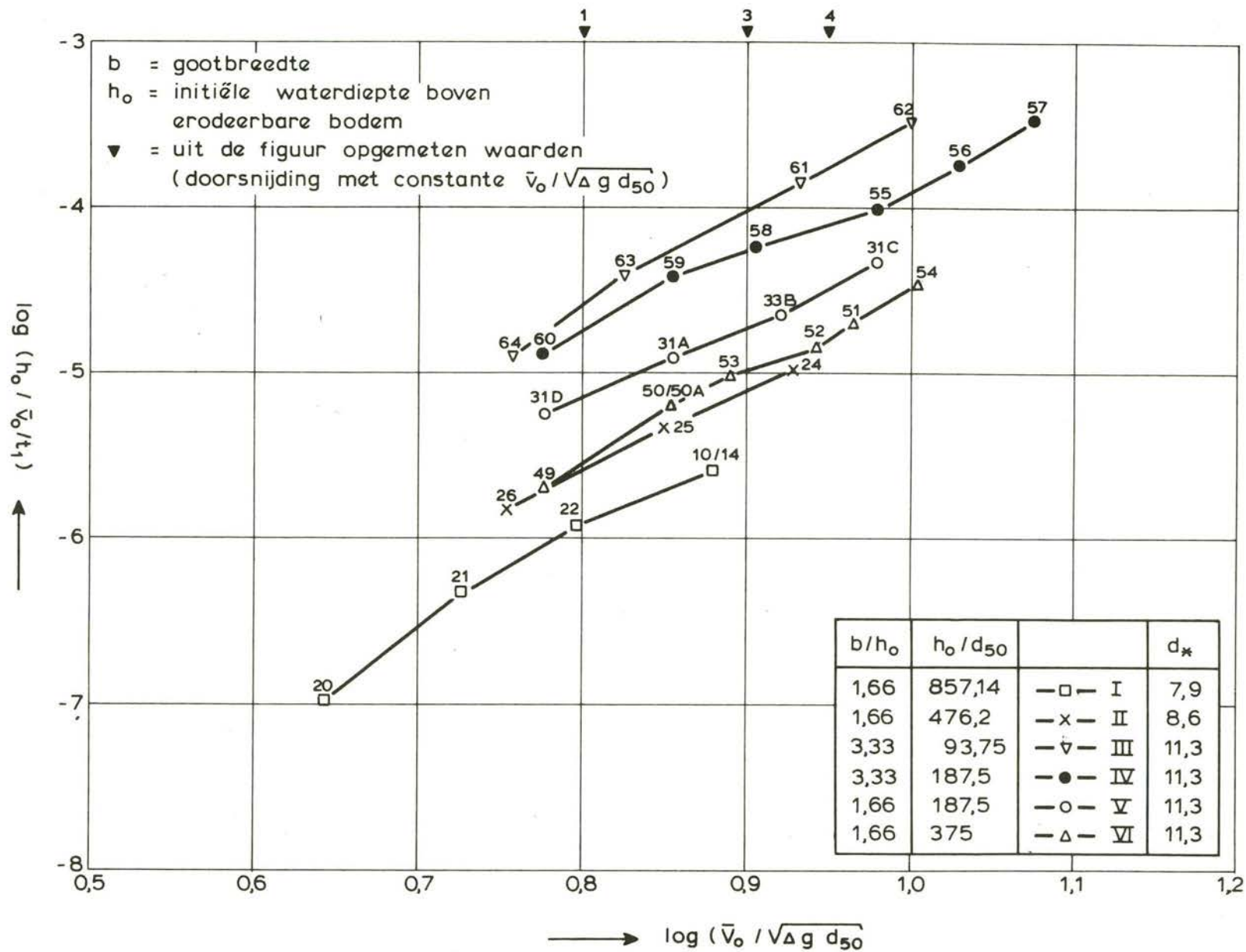
Tabel 5e

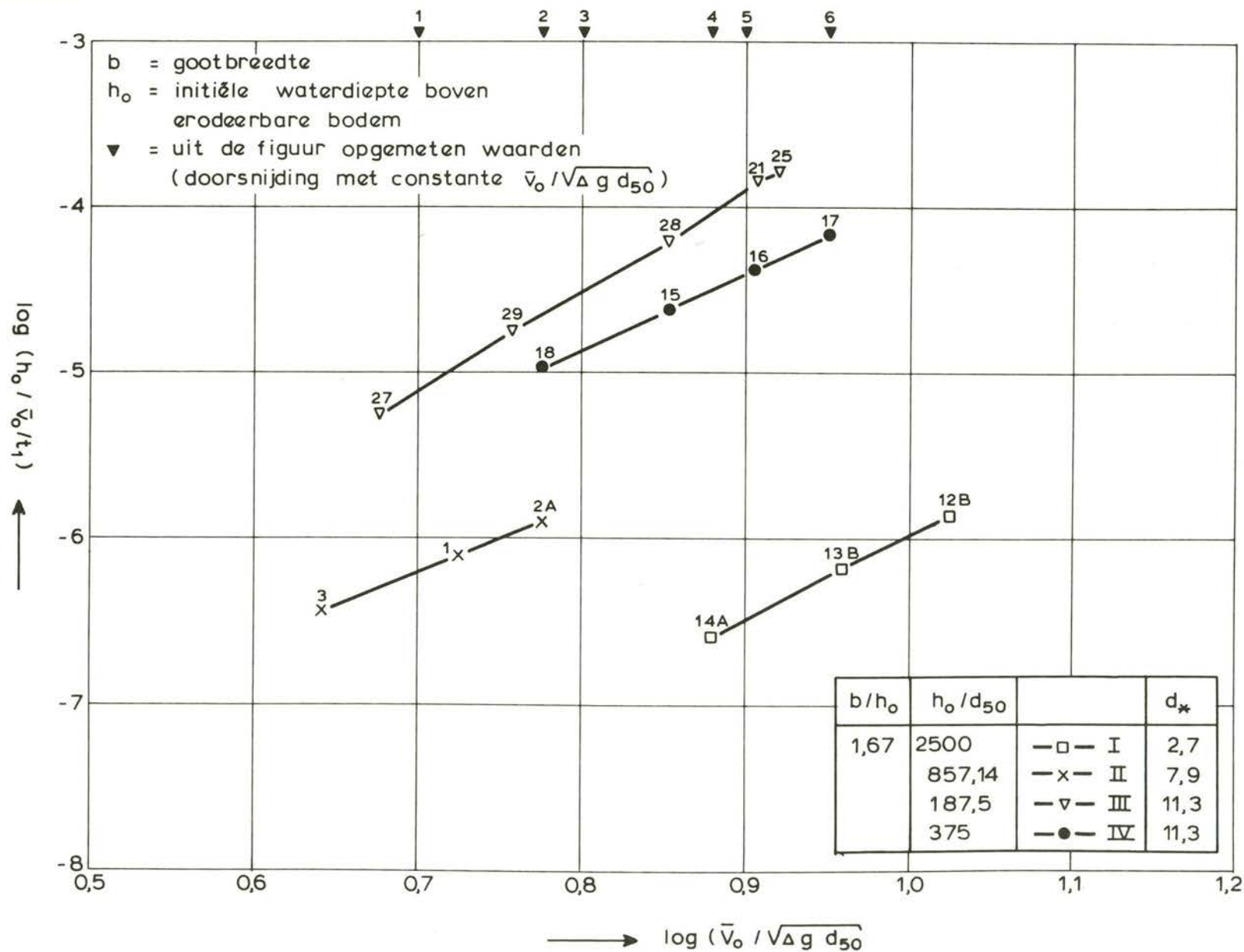
serie	B/h _o	σ_g (Br)	10^σ (Br)	σ_g (Ko)	10^σ (ko)
8	1,667	0,2671	1,8496	0,3540	2,2593
8	3,333	0,1159	1,3058	0,1224	1,3255
11	1,667	0,1124	1,2954	0,1738	1,4922
15	2,00	0,1078	1,2819	0,1595	1,4439
16A	1,667	0,1708	1,4818	0,1524	1,4203
17A	"	0,1717	1,4849	0,1798	1,5129
17B	"	0,1355	1,3663	0,2764	1,8898
19	2,00	0,0514	1,1256	0,0985	1,2545
20	"	0,1262	1,3373	0,1704	1,4804
22	"	0,2070	1,6106	0,1327	1,3575
		gem. 0,147		gem. 0,182	

Tabel 6: Vergelijking spreiding volgens beide methoden

serie	B/ho	\bar{v}_o (m/s)	ho (m)	d ₅₀ (μ)	Δ (-)	\bar{v}_{cr} (m/s)	t1Br (ks)	d*50 (-)	u//dgd50 (-)	P (-)	t1ko (ks)
8	3.333	2.0	10	220	1.65	.42	583.378	4.93	33.515	1.903	555.374
		1.5	10	1000	1.65	.63	3,162.989	22.40	11.790	1.415	1,876.753
8	1.667	2.0	10	220	1.65	.42	780.485	4.93	33.515	1.903	500.014
		1.5	10	1000	1.65	.63	4,376.363	22.40	11.790	1.415	1,689.677
11	1.667	2.0	10	220	1.65	.42	343.705	4.93	33.515	1.903	177.395
		1.5	10	1000	1.65	.63	1,763.785	22.40	11.790	1.415	599.464
15	2.000	2.0	10	220	1.65	.42	2,580.815	4.93	33.515	1.903	4,291.594
		1.5	10	1000	1.65	.63	17,129.121	22.40	11.790	1.415	14,502.399
16A	1.667	2.0	10	220	1.65	.42	1,695.218	4.93	33.515	1.903	2,262.882
		1.5	10	1000	1.65	.63	10,538.491	22.40	11.790	1.415	7,646.861
17A	1.667	2.0	10	220	1.65	.42	678.627	4.93	33.515	1.903	631.139
		1.5	10	1000	1.65	.63	3,743.066	22.40	11.790	1.415	2,132.782
17B	1.667	2.0	10	220	1.65	.42	487.934	4.93	33.515	1.903	347.810
		1.5	10	1000	1.65	.63	2,594.636	22.40	11.790	1.415	1,175.339
19	2.000	2.0	10	220	1.65	.42	3,058.053	4.93	33.515	1.903	4,083.611
		1.5	10	1000	1.65	.63	20,885.476	22.40	11.790	1.415	13,799.570
20	2.000	2.0	10	220	1.65	.42	1,480.028	4.93	33.515	1.903	1,365.039
		1.5	10	1000	1.65	.63	9,022.028	22.40	11.790	1.415	4,612.816
22	2.000	2.0	10	220	1.65	.42	942.479	4.93	33.515	1.903	910.326
		1.5	10	1000	1.65	.63	5,408.652	22.40	11.790	1.415	3,076.227

Tabel 7: Berekening t_1 waarden in prototype met beide methoden



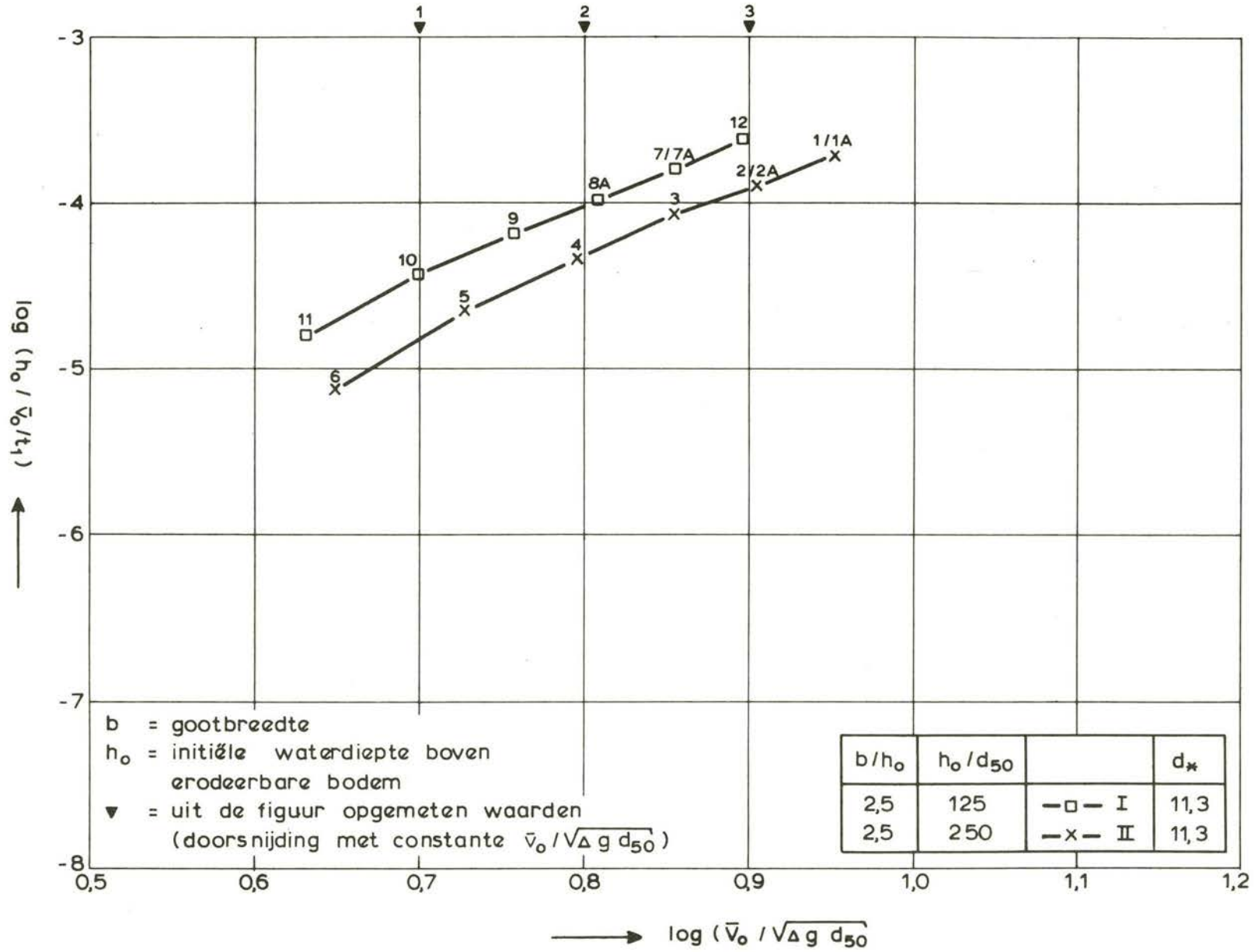


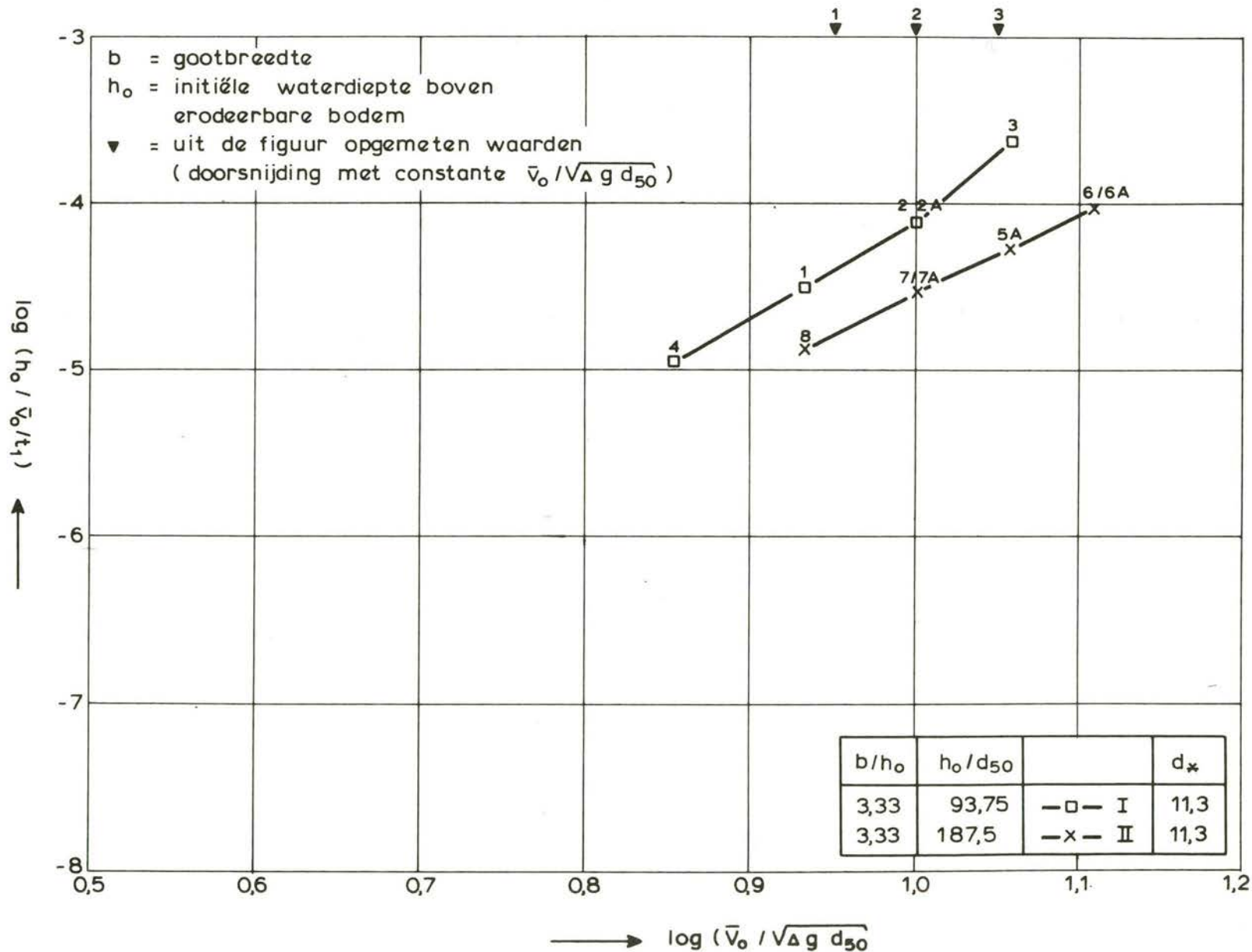
DIMENSIJLOZE PRESENTATIE MEETGEGEVENS
(SERIE 13, ZIE TABEL I)

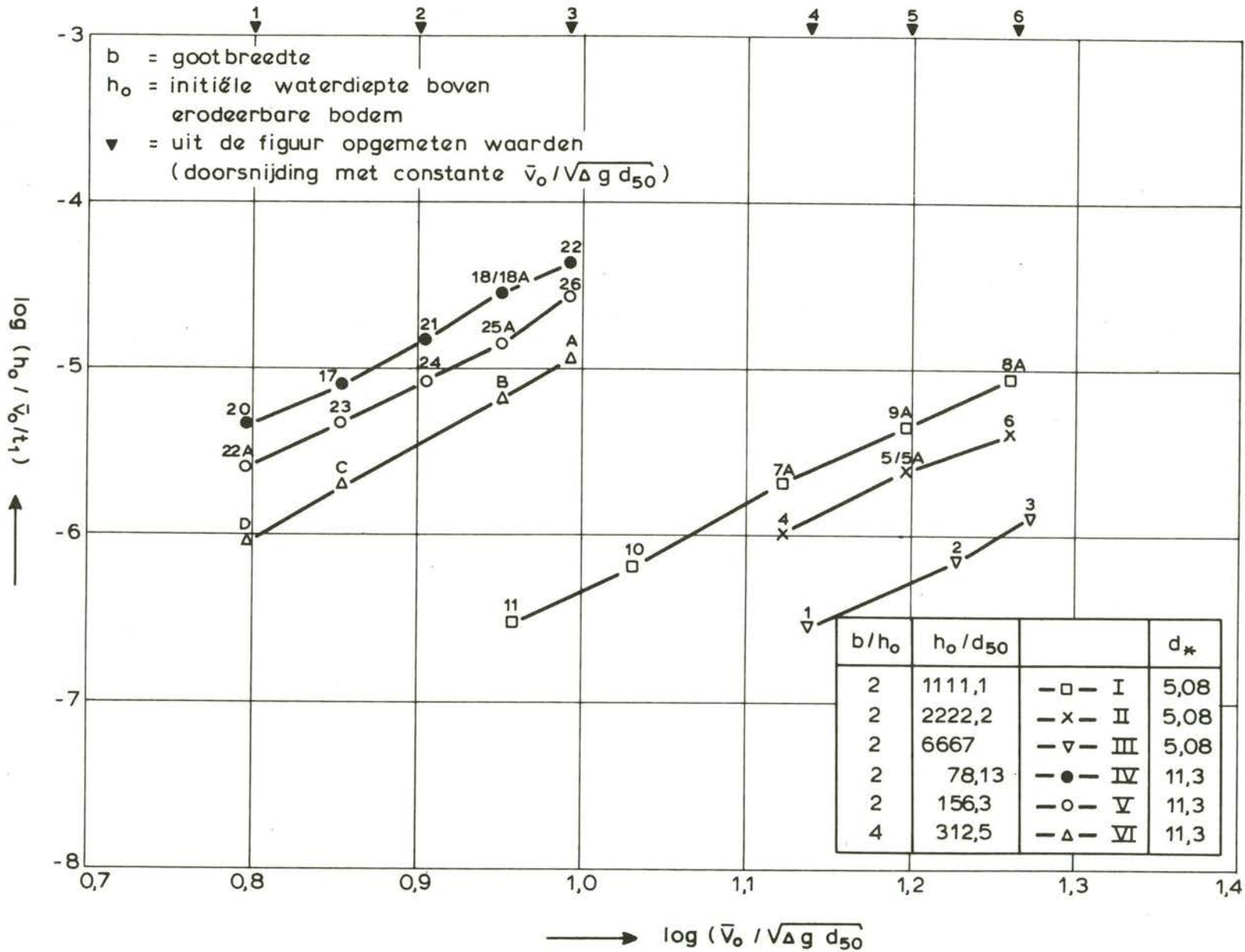
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 1c





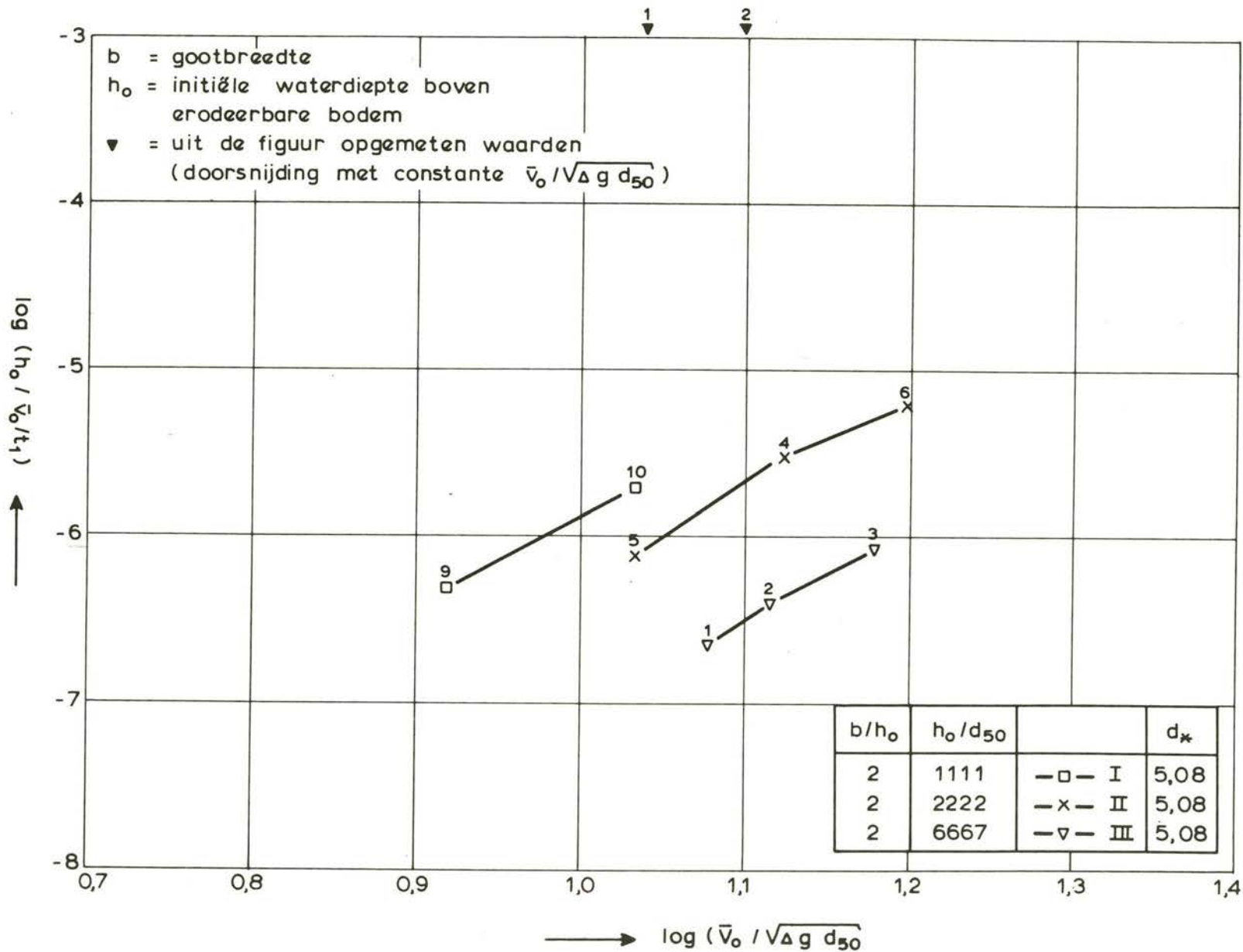


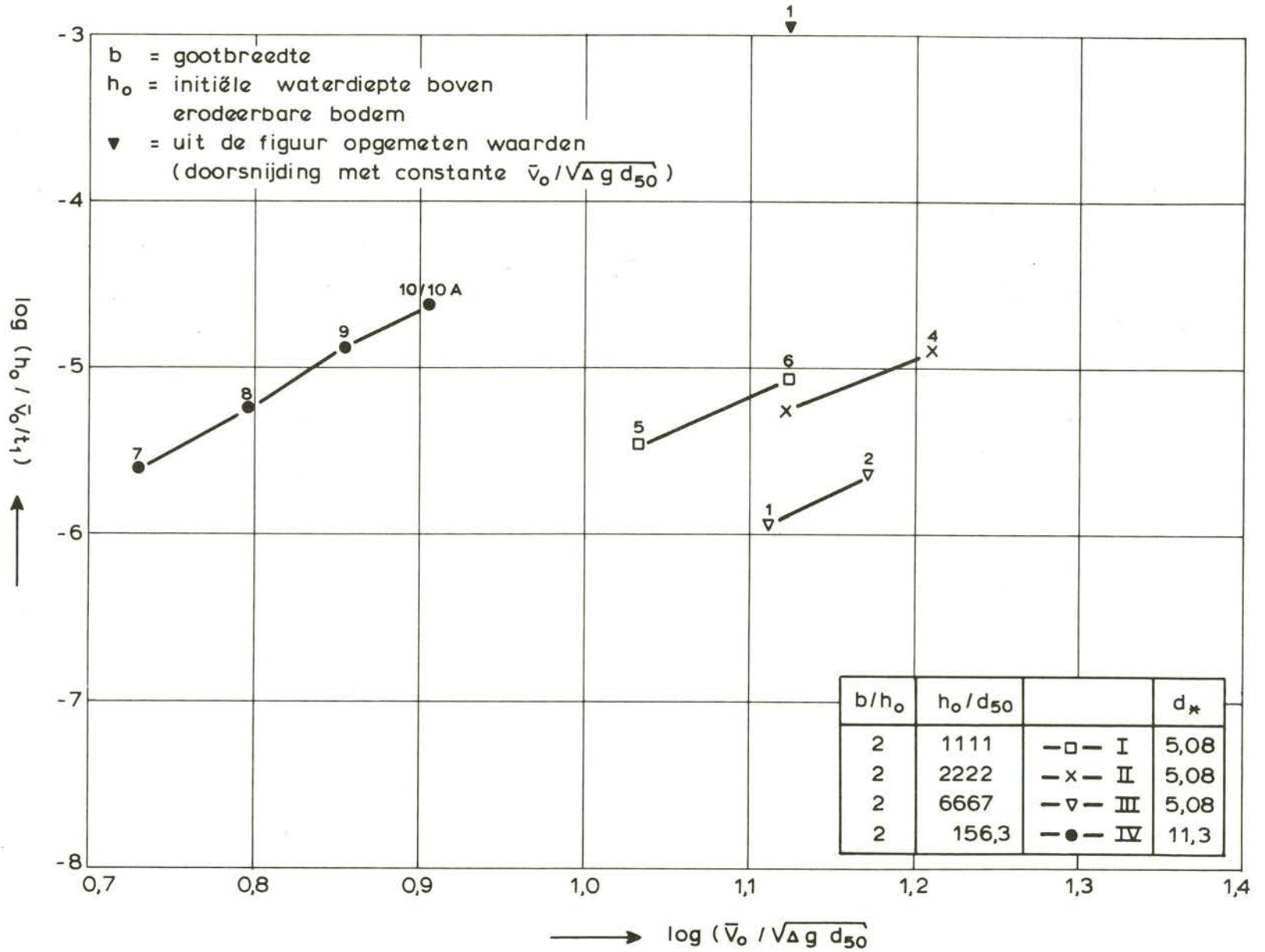
DIMENSIJLOZE PRESENTATIE MEETGEGEVENS
(SERIE 20, ZIE TABEL I)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

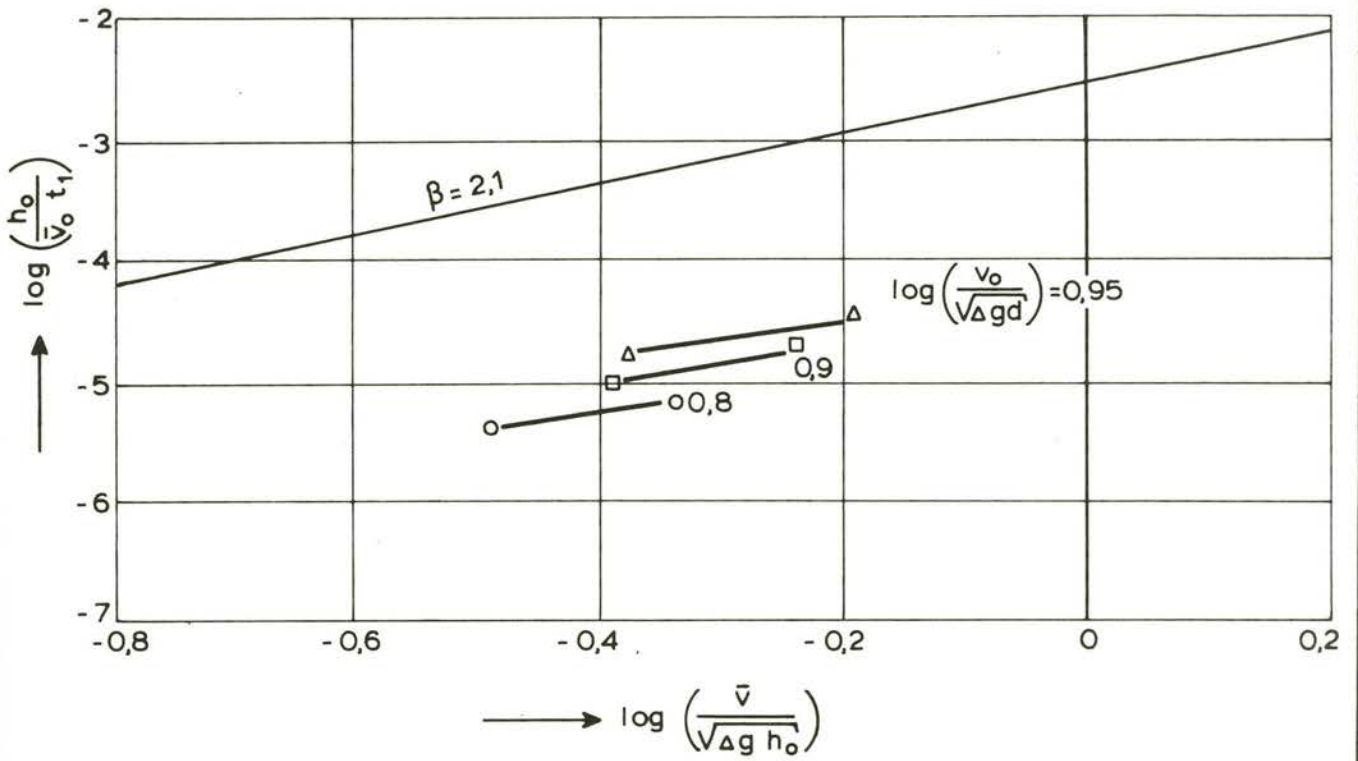
Q 647

FIG. 11





serie 8
 $d_x = 11,3$
 (uit fig. 1a, V en VI)



$B/h_0 = 1,67$

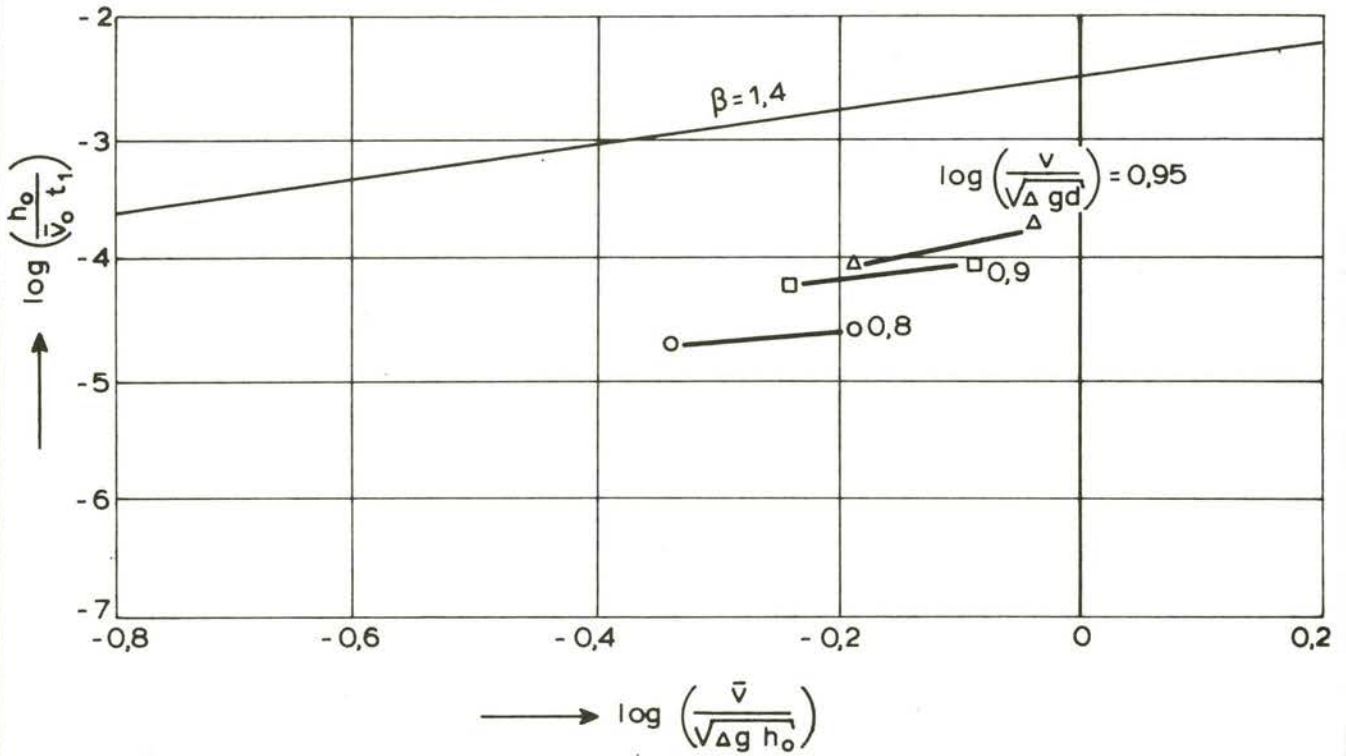
DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 2 A a

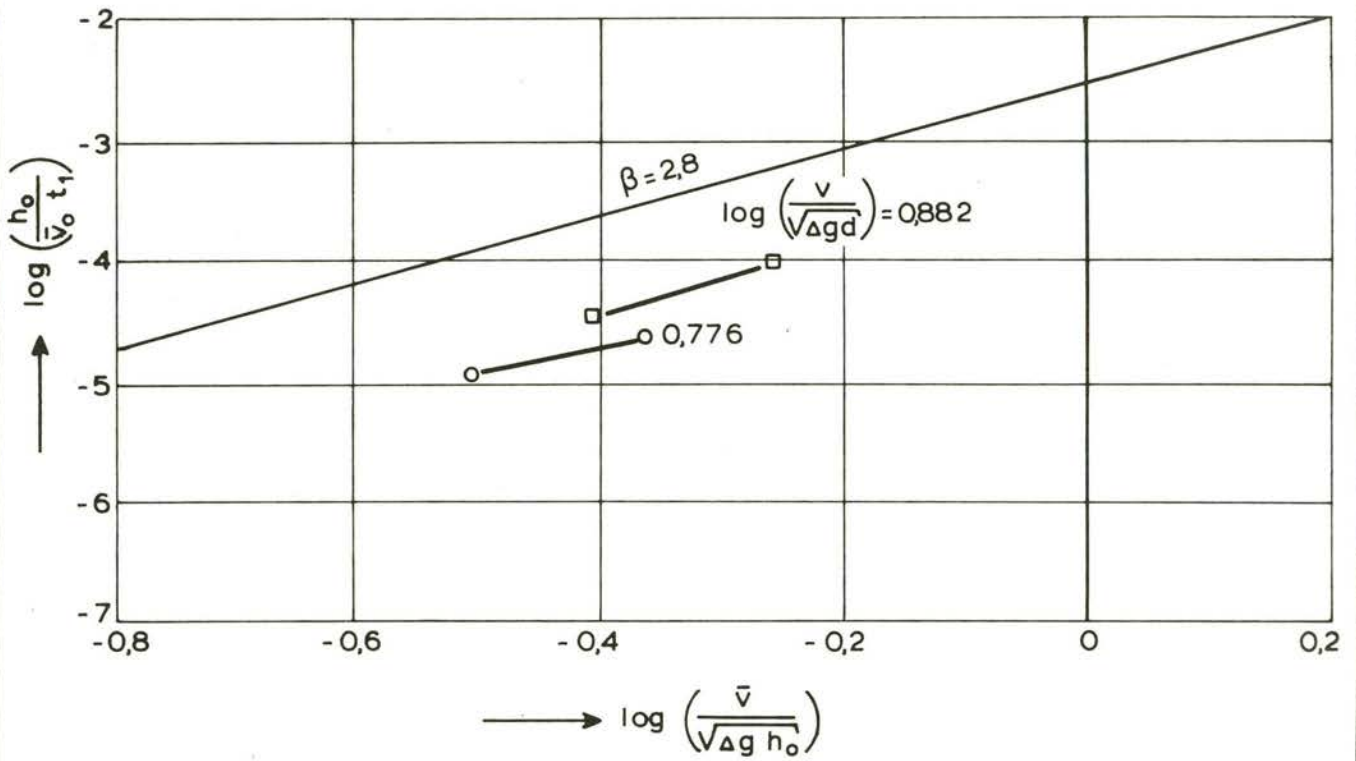
serie 8
 $d_* = 11,3$
 (uit fig. 1a, III en IV)



$B/h_0 = 3,33$

DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

serie 11
 $d_* = 11,3$
 (uit fig. 1b, III en IV)



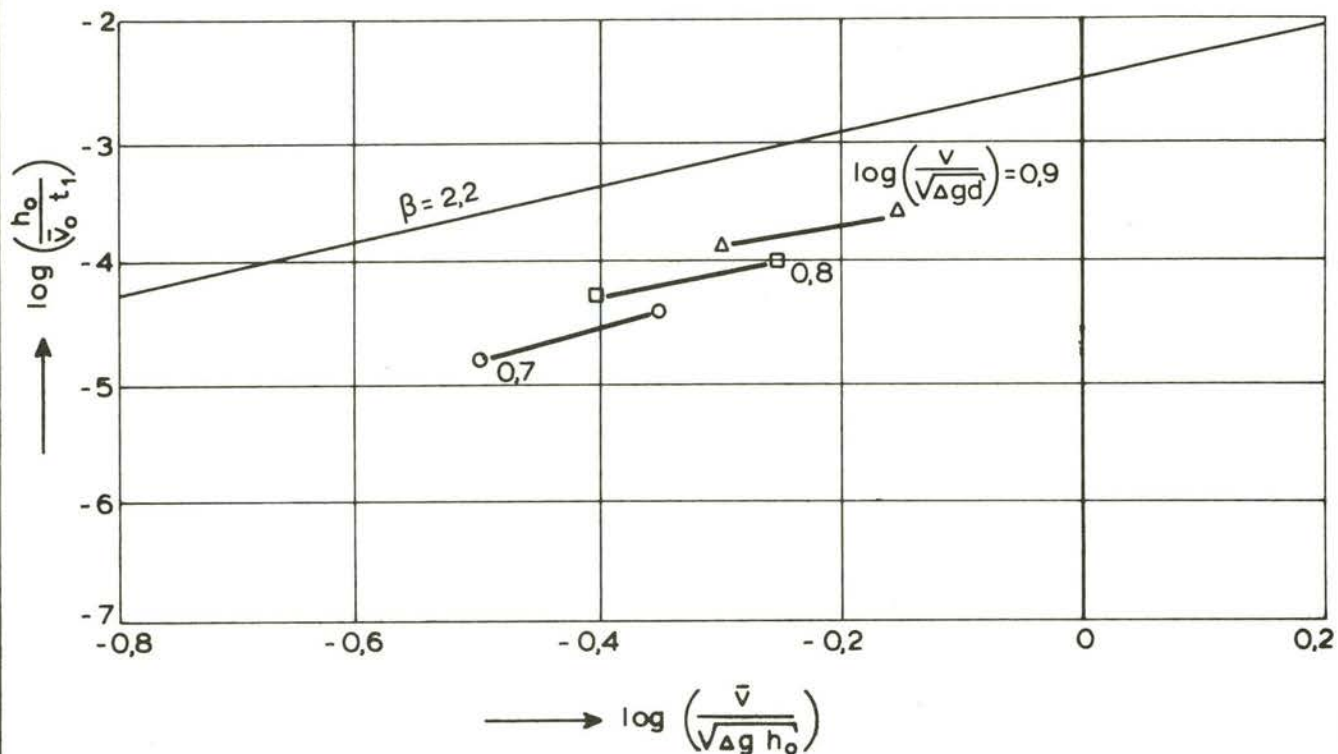
DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 2 B

serie 13
 $d_x = 11,3$
 (uit fig. 1c I en II)



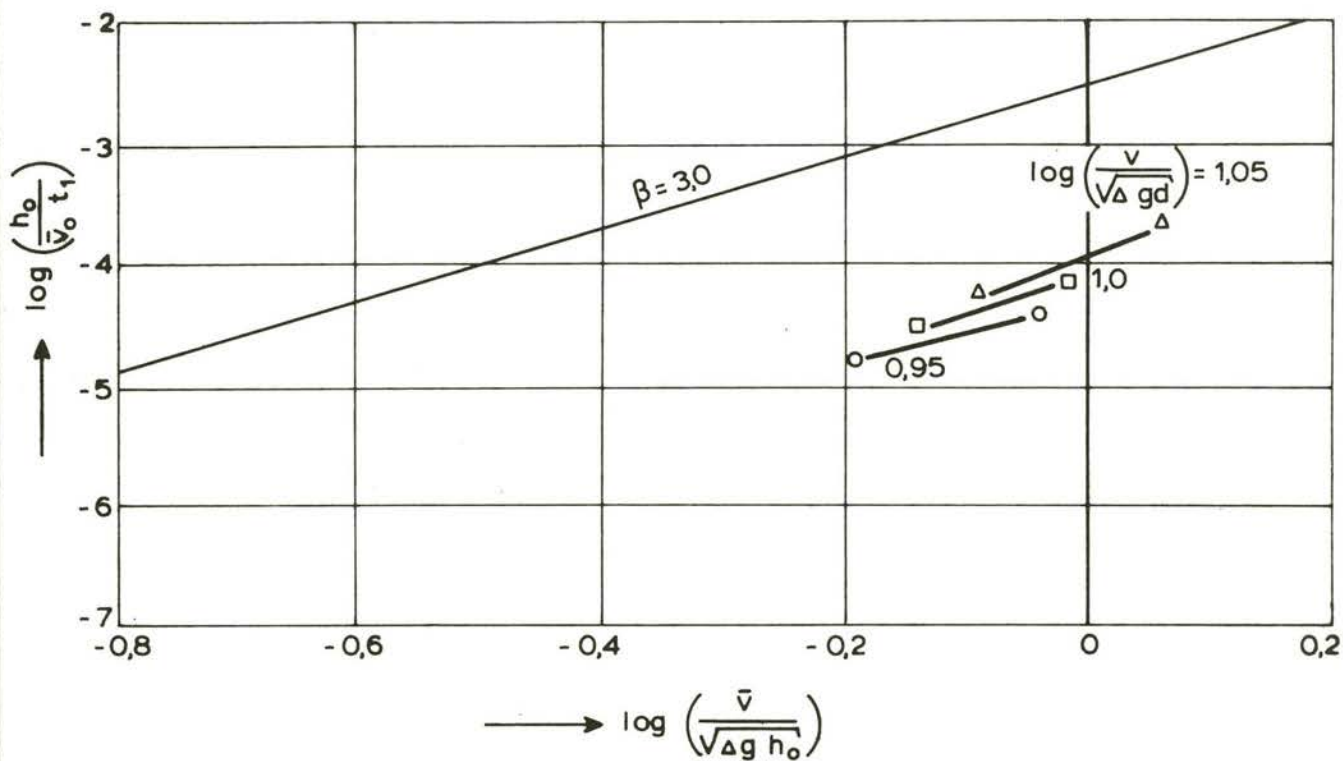
DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

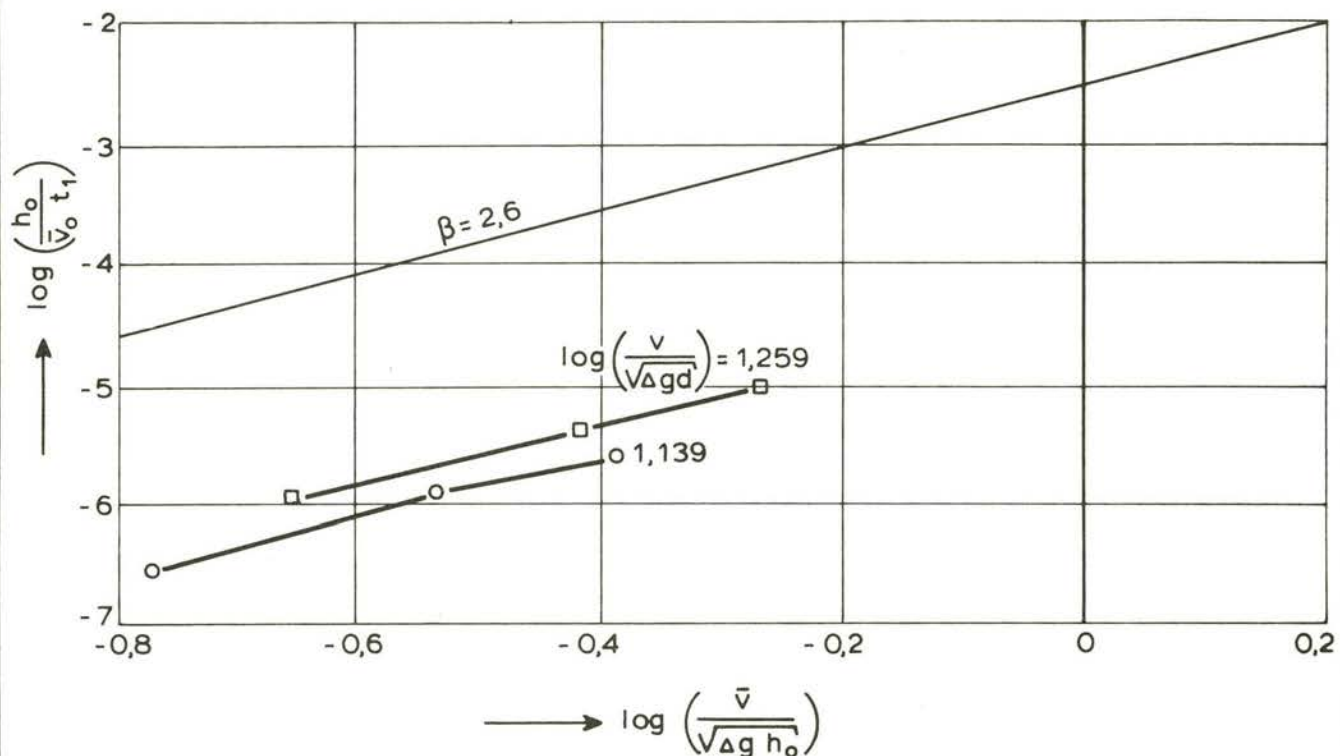
FIG. 2C

serie 14
 $d_x = 11,3$
 (uit fig 1d, I en II)



DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

serie 19
 $d_* = 5,08$
 (uit fig. 1e, I, II en III)



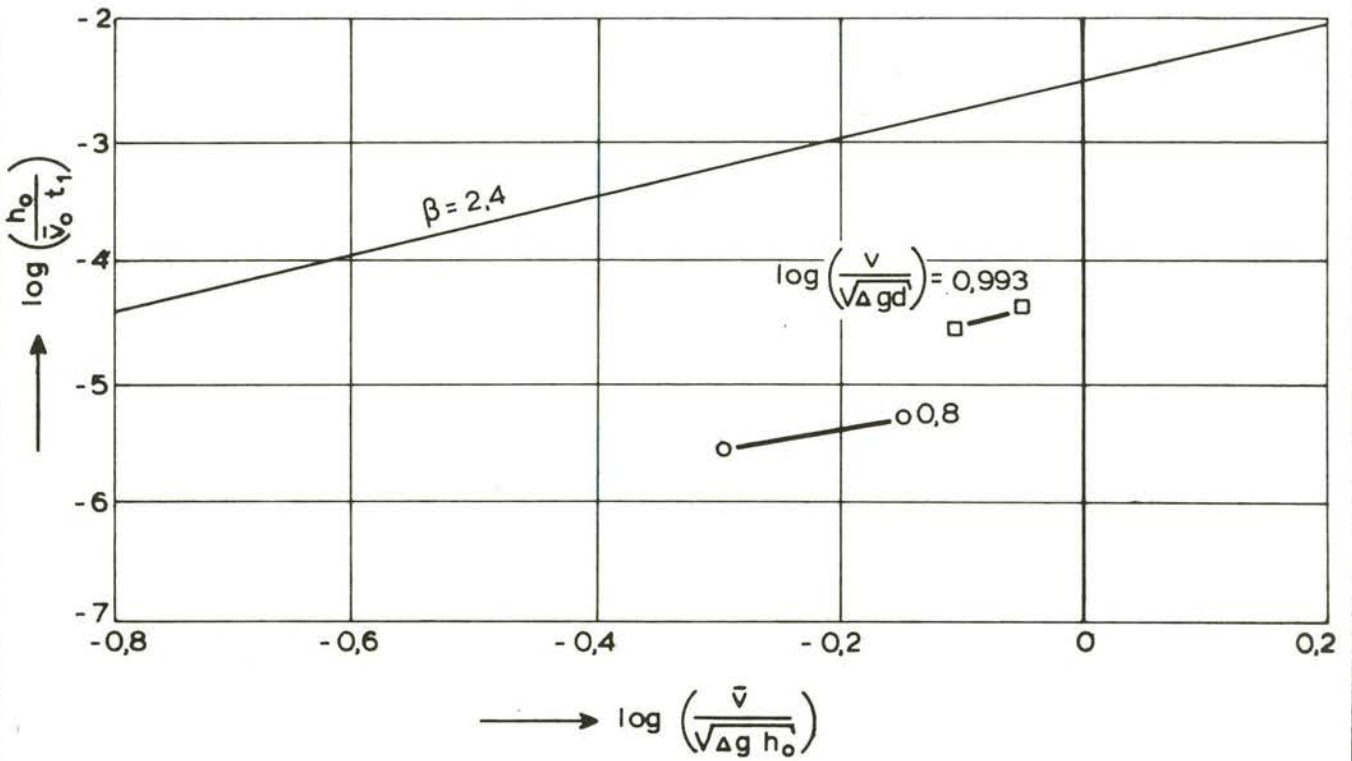
DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

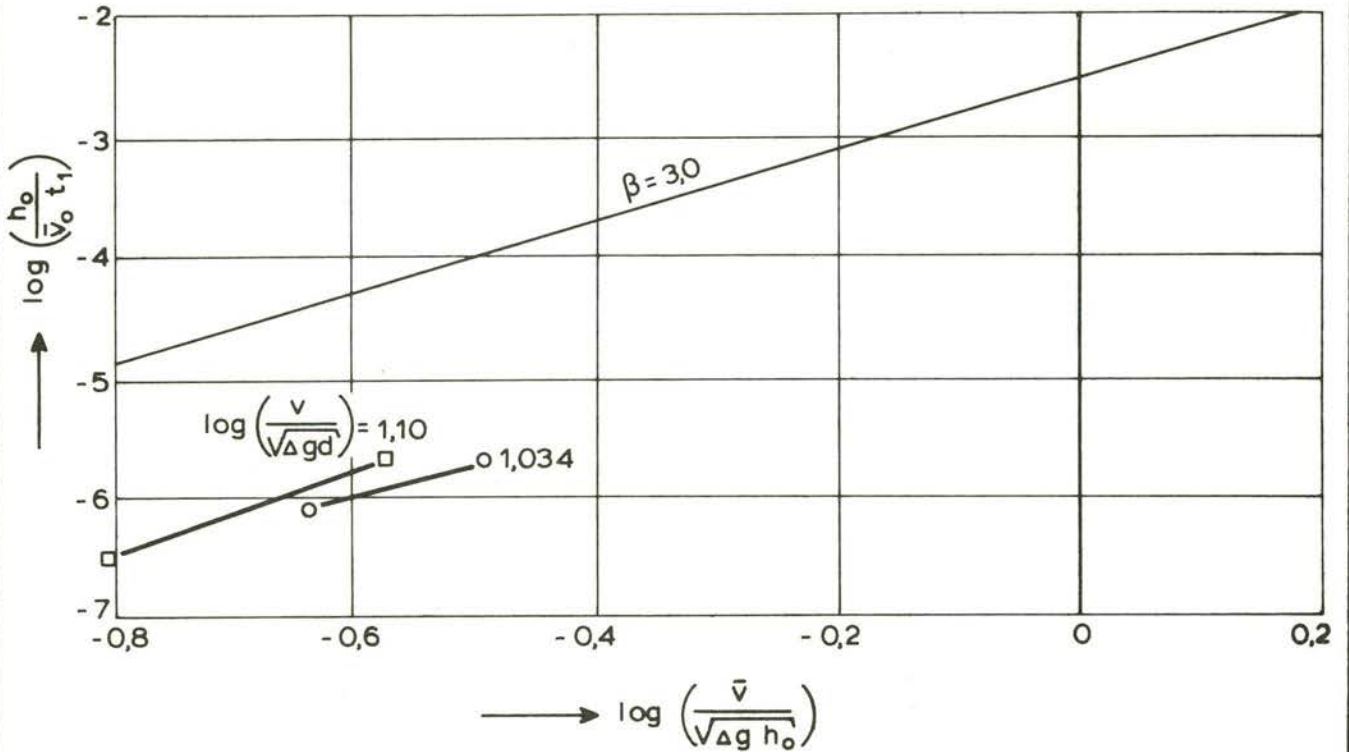
FIG. 2E a

serie 19
 $d_x = 11,3$
 (uit fig. 1e, IV en V)



DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

serie 20
 $d_x = 5,08$
 (uit fig. 1f, I, II en III)



DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
 PARAMETER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

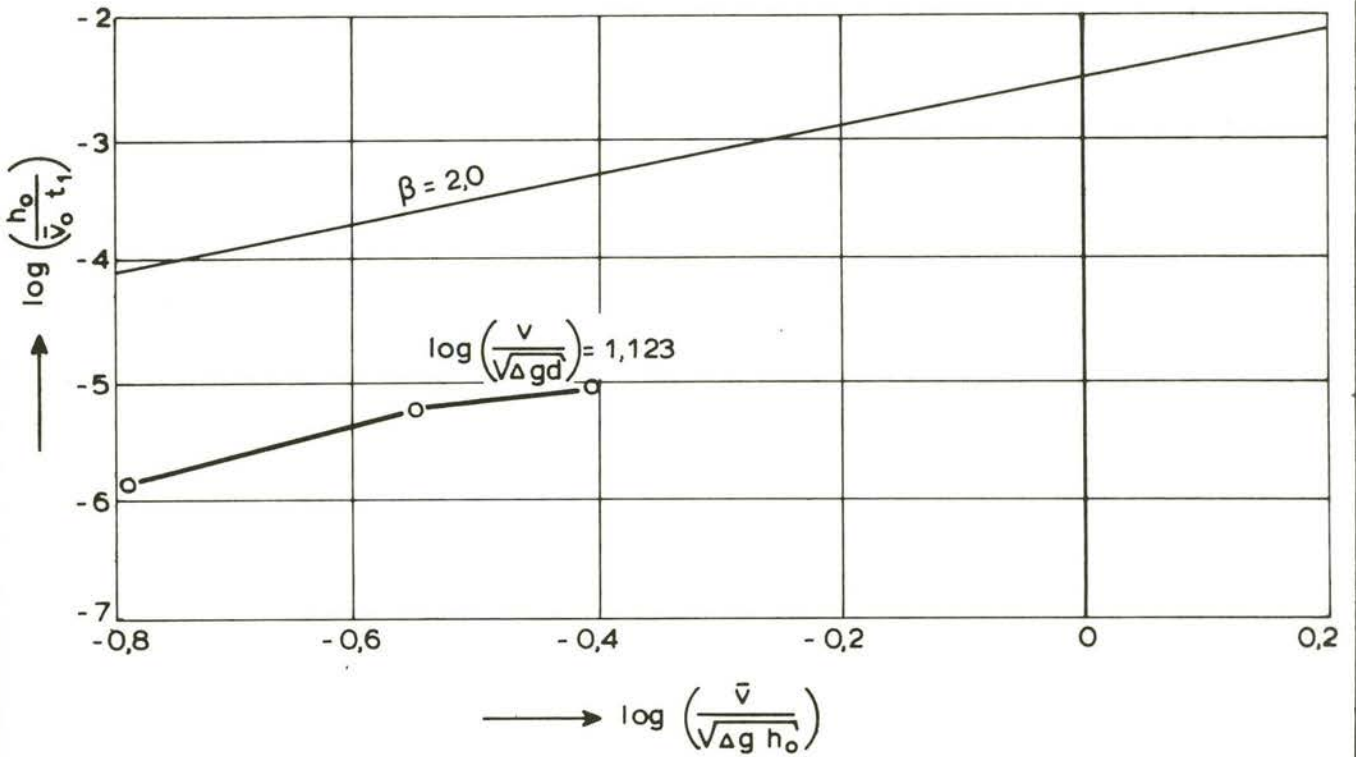
Q 647

FIG. 2F

serie 22

$d_* = 5,08$

(uit fig. 1g, I, II en III)

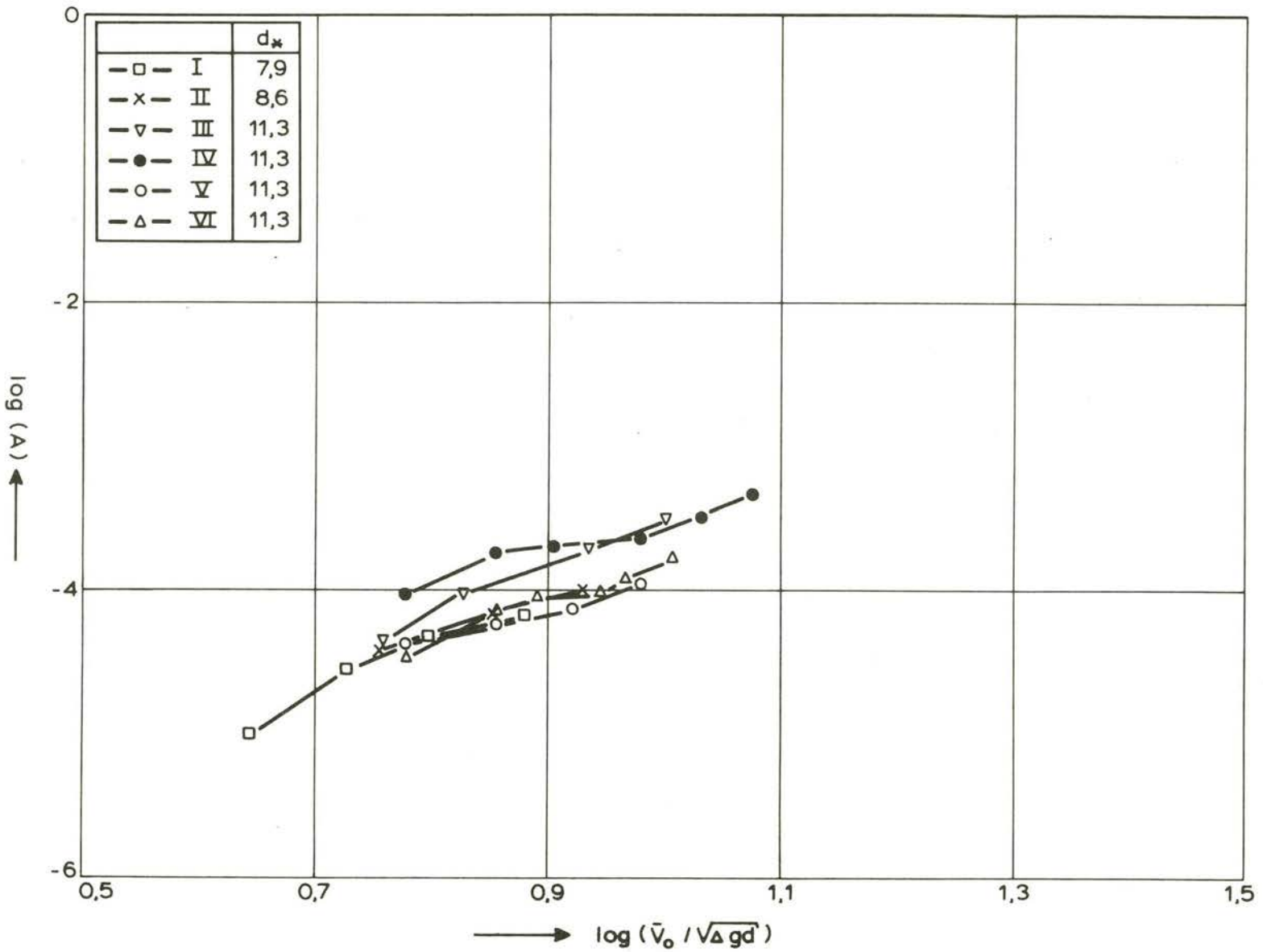


DE AFHANKELIJKHEID VAN DE LIQUIFACTIE -
PARAMETER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 2 G

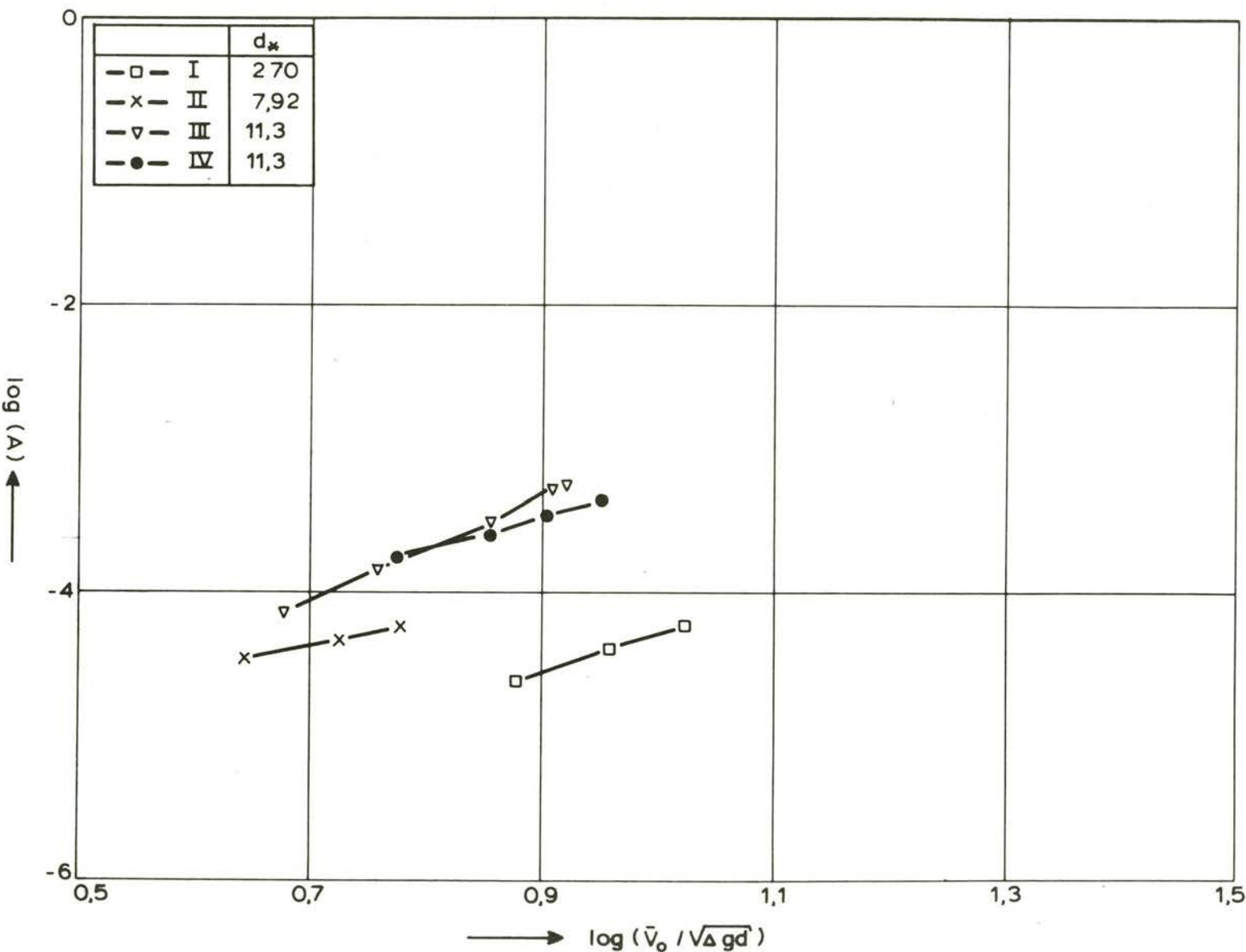


DE AFHANKELIJKHEID VAN DE
BODEMSCHUIFSPANNING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 3d

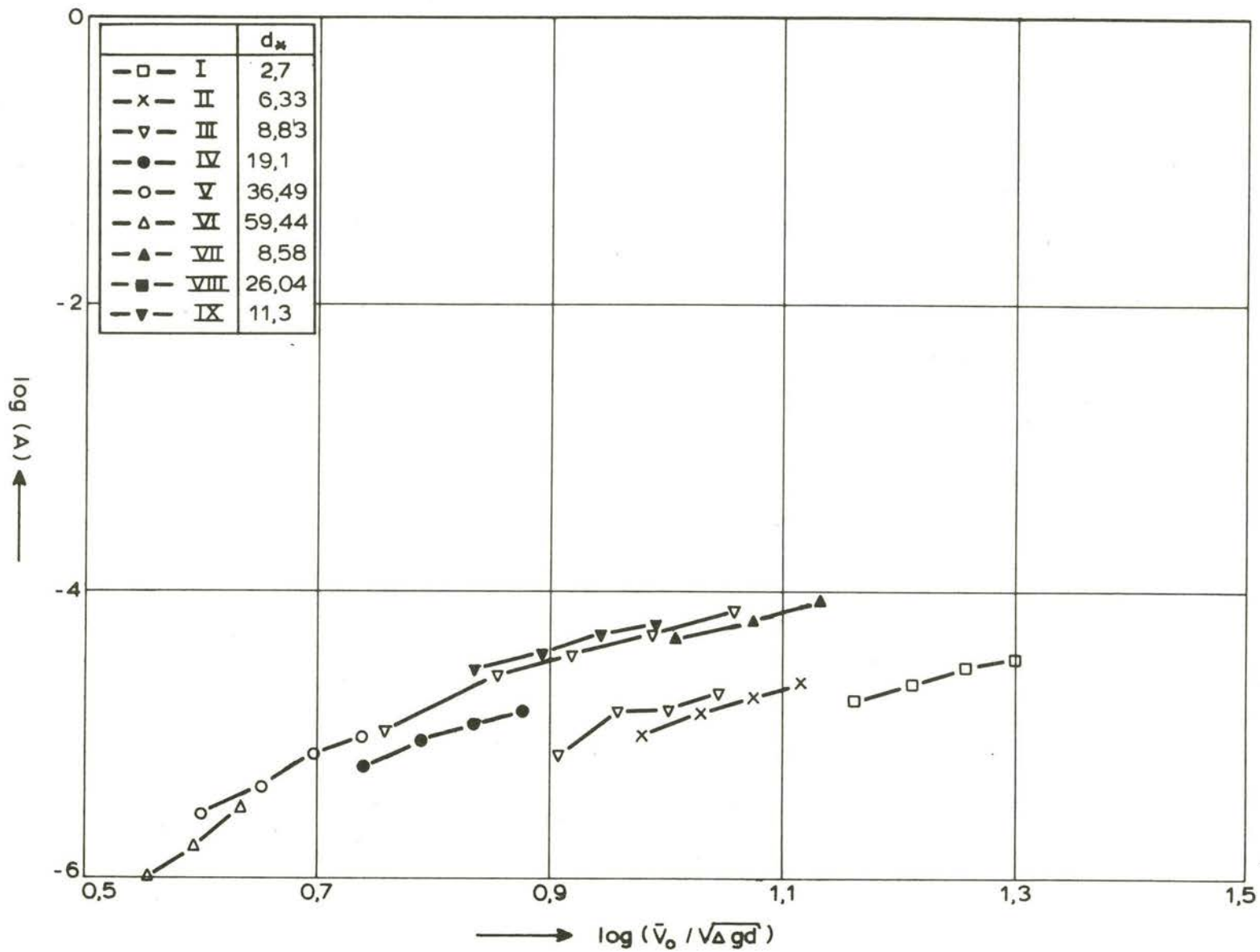


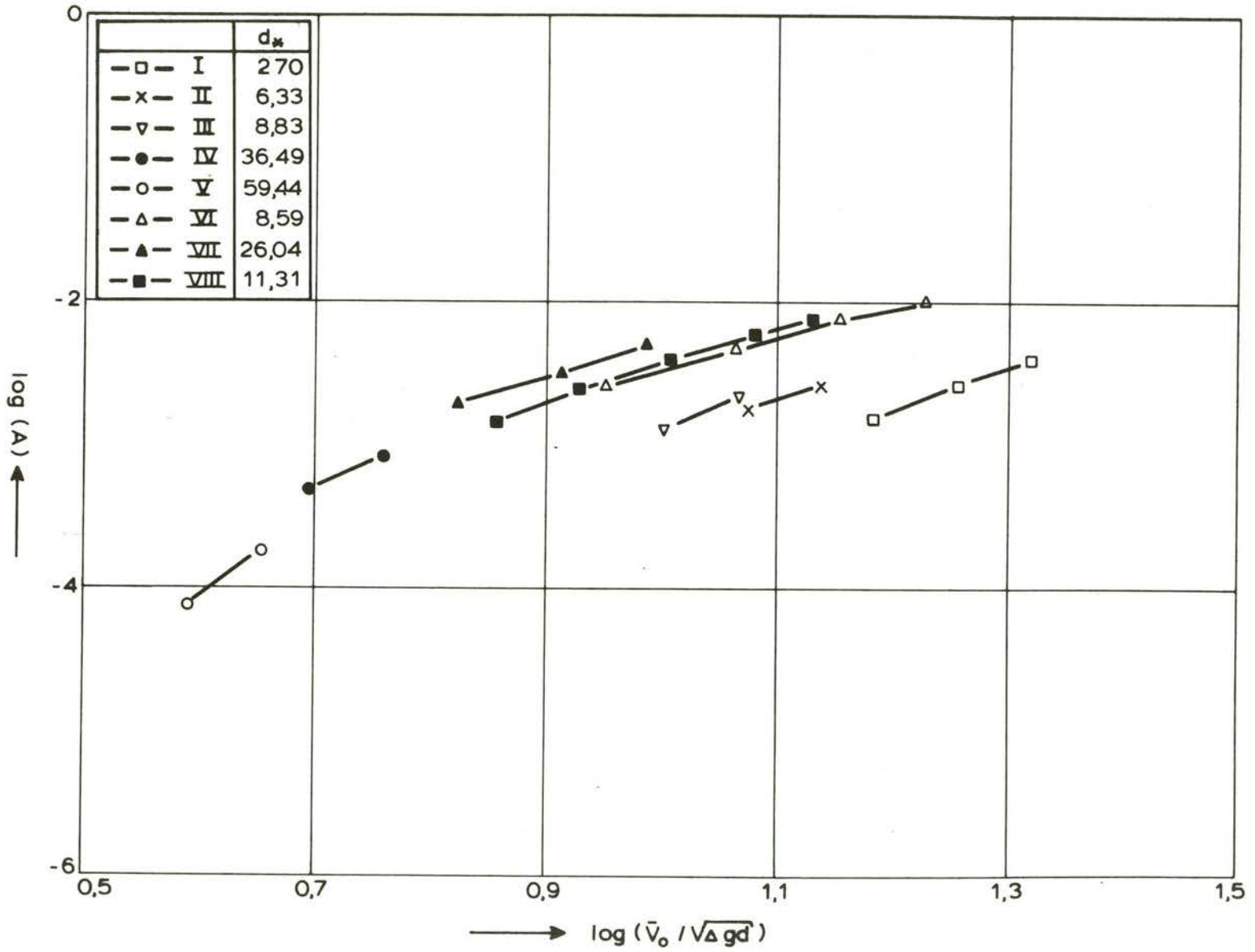
DE AFHANKELIJKHEID VAN DE
BODEMSCHUIFSPANNING

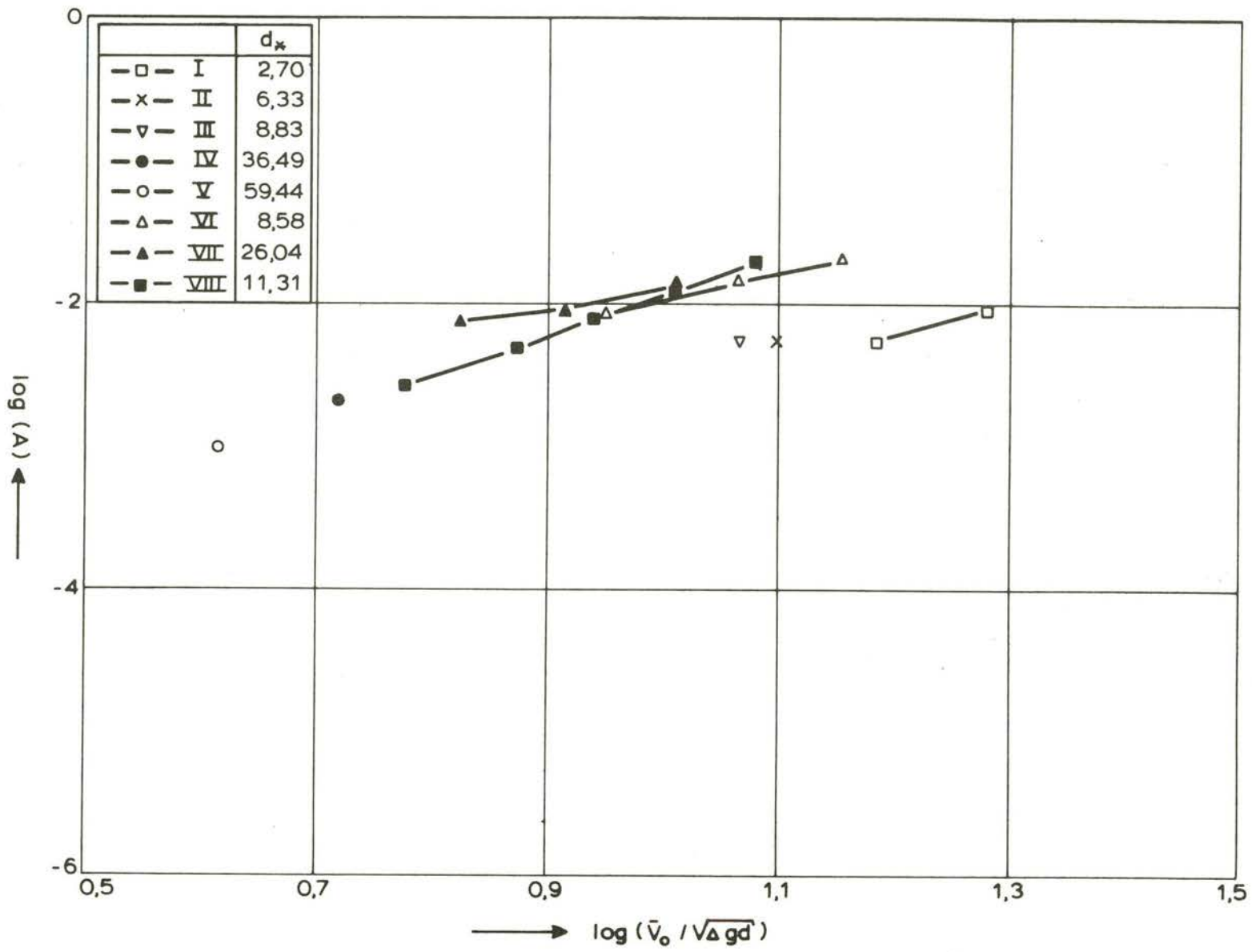
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 3b





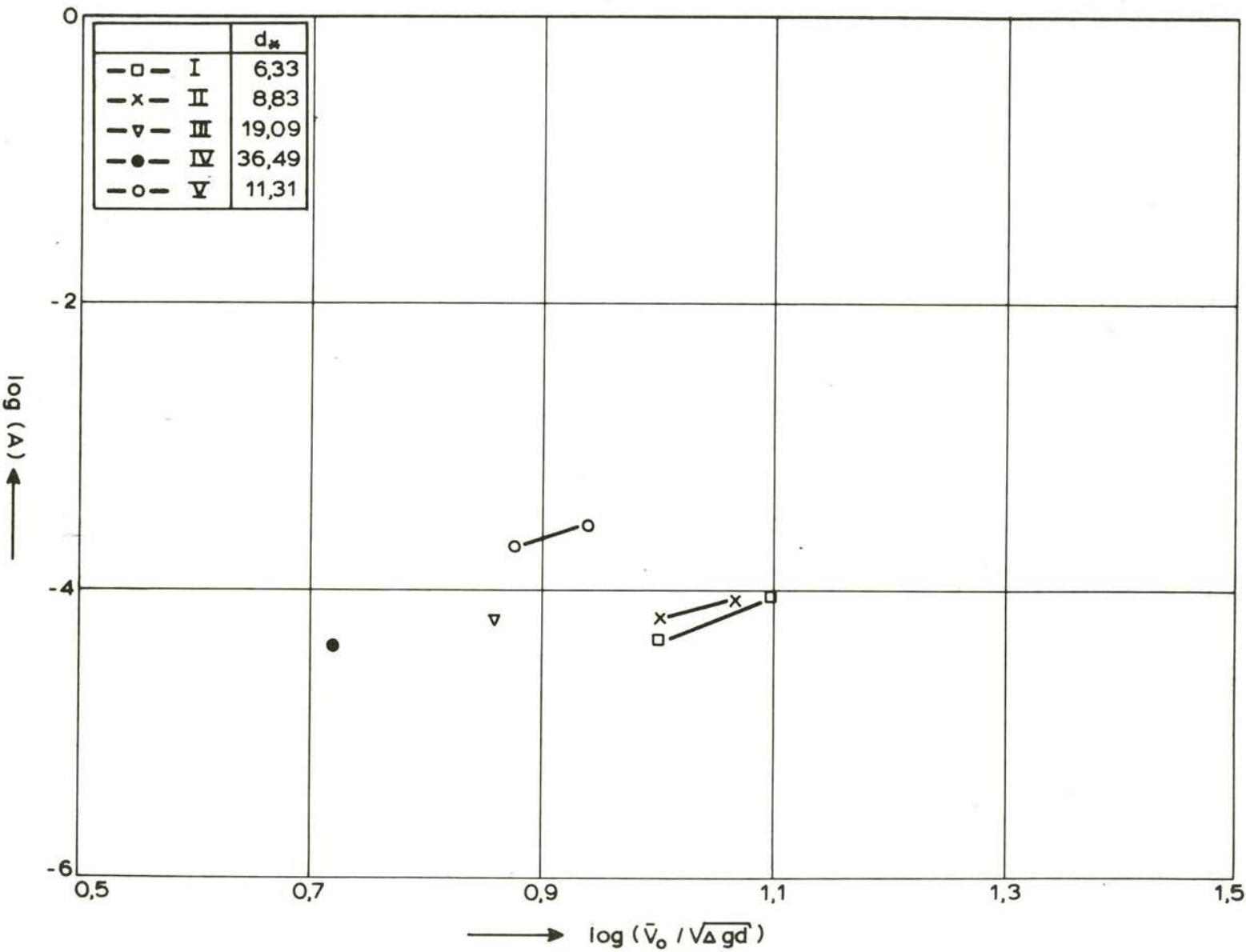


DE AFHANKELIJKHEID VAN DE
BODEMSCHUIFSPANNING

WATERLOOPKUNDE LABORATORIUM

Q 647

FIG. 3e

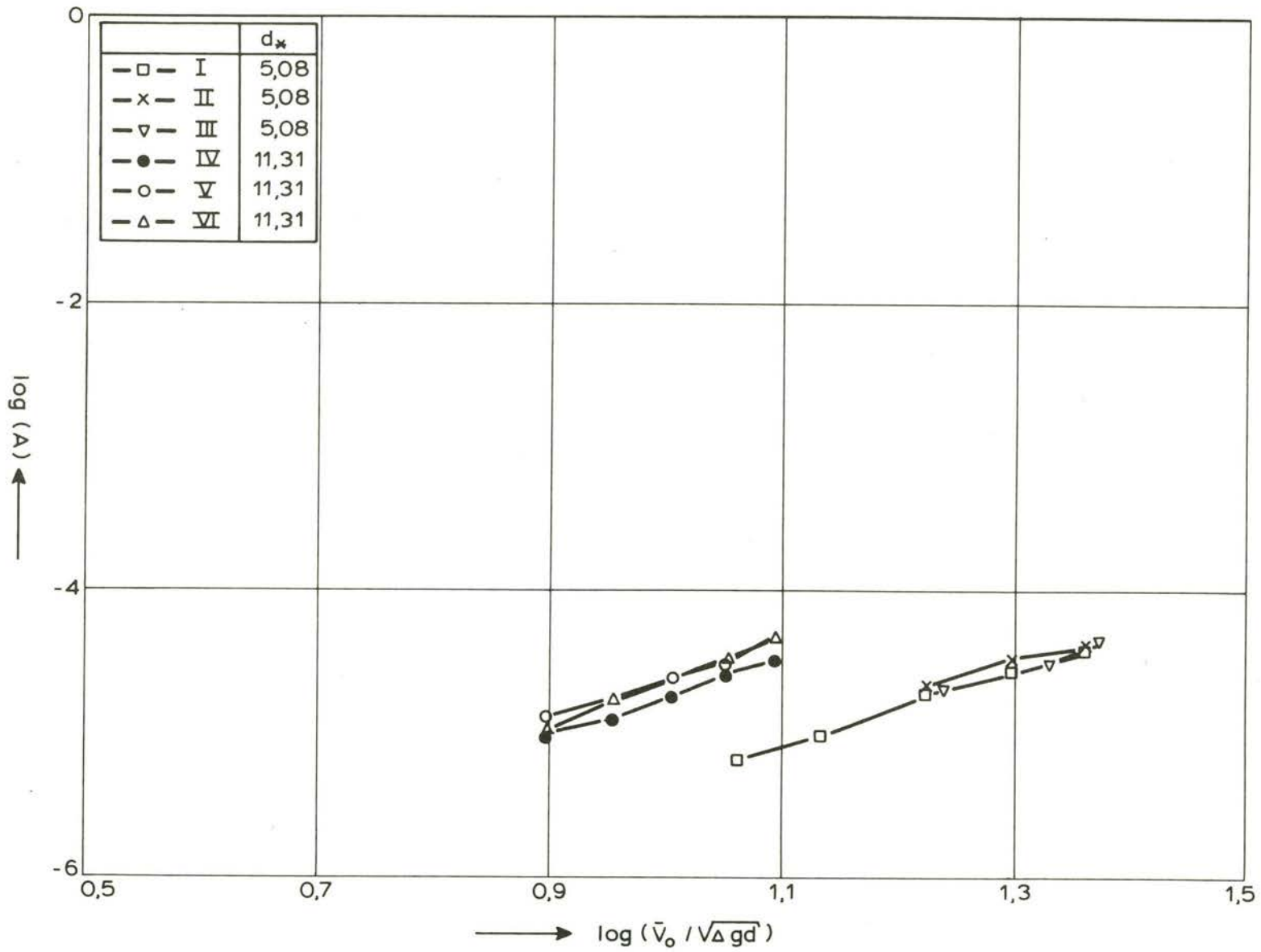


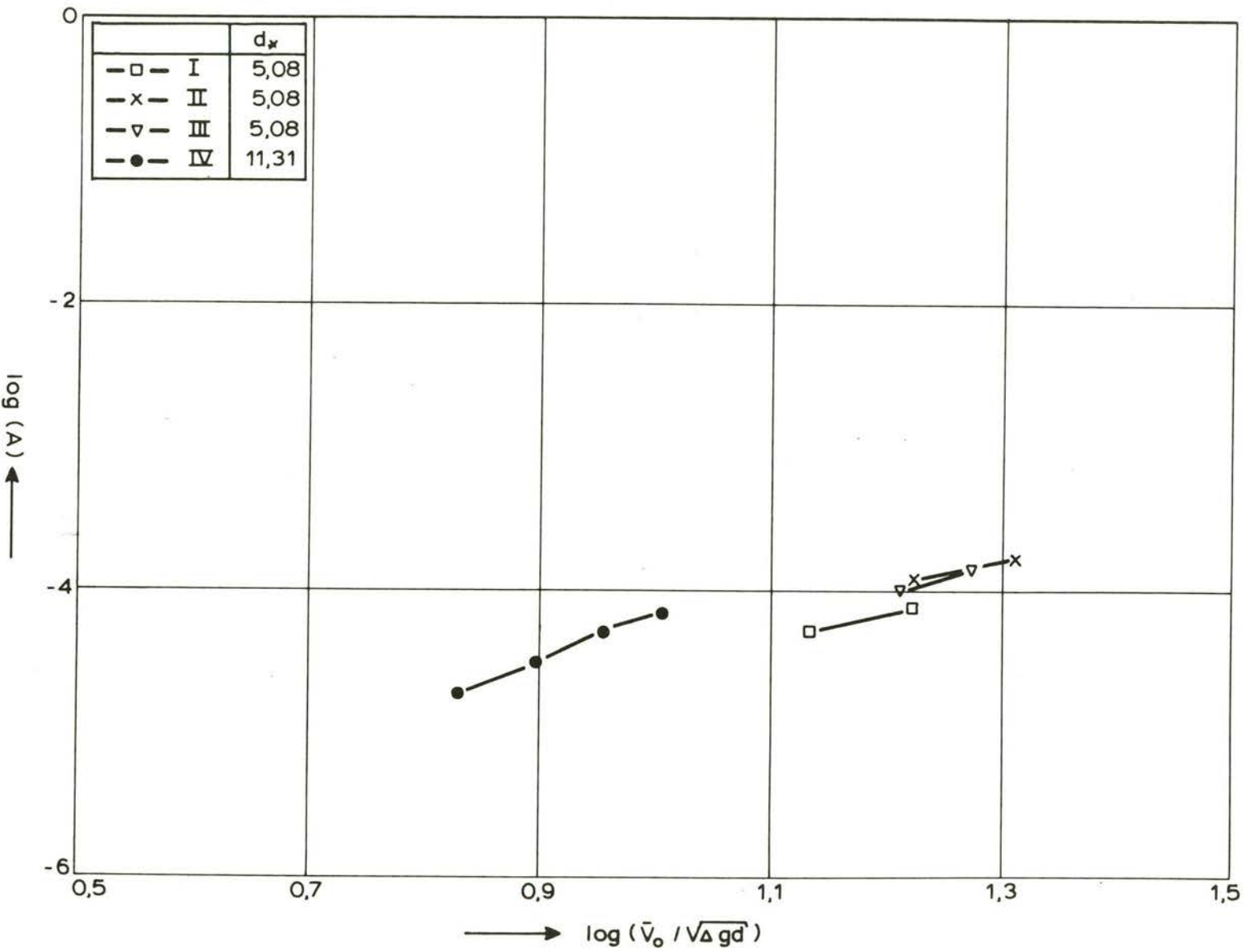
DE AFHANKELIJKHEID VAN DE
BODEMSCHUIFSPANNING

WATERLOOPKUNDE LABORATORIUM

0647

FIG 31





DE AFHANKELIJKHEID VAN DE
BODEMSCHUIFSPANNING

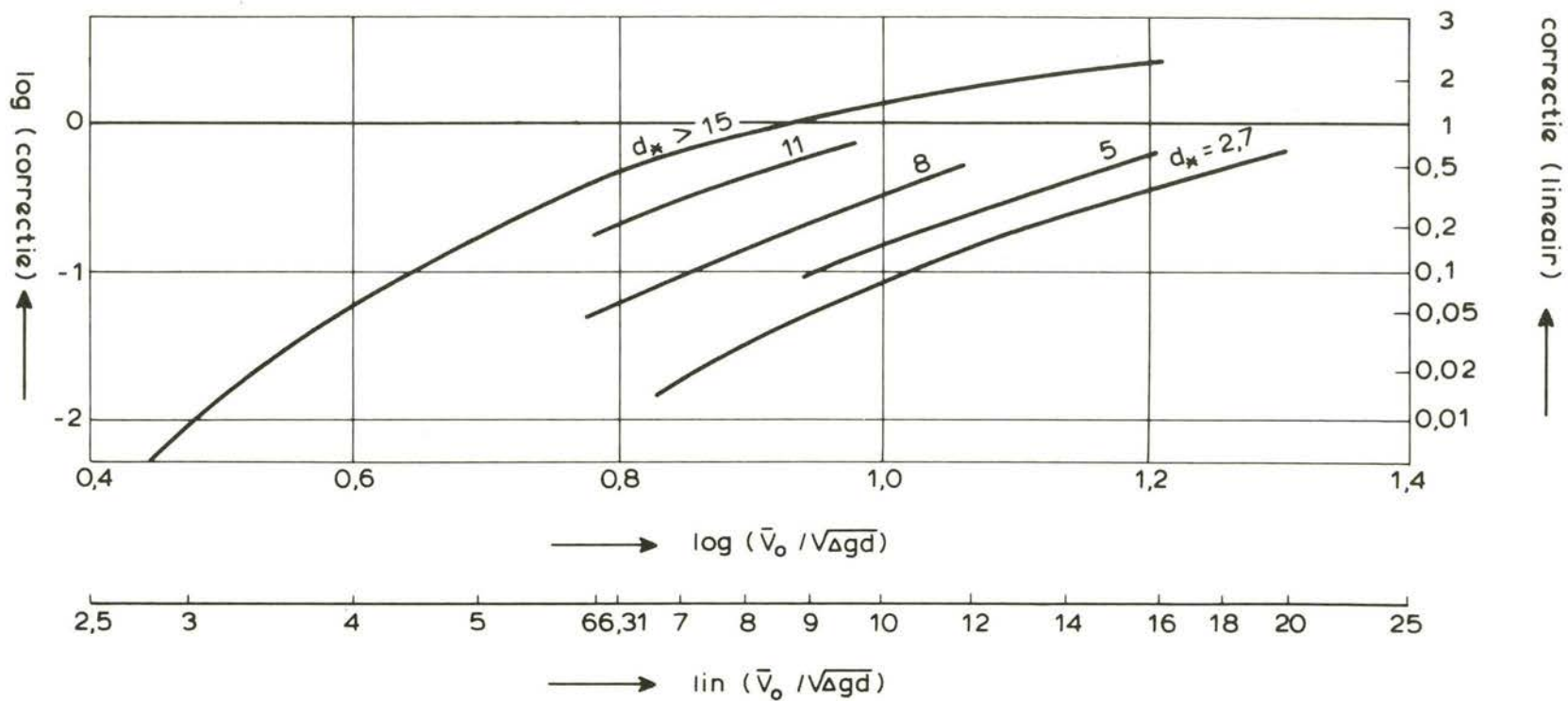
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

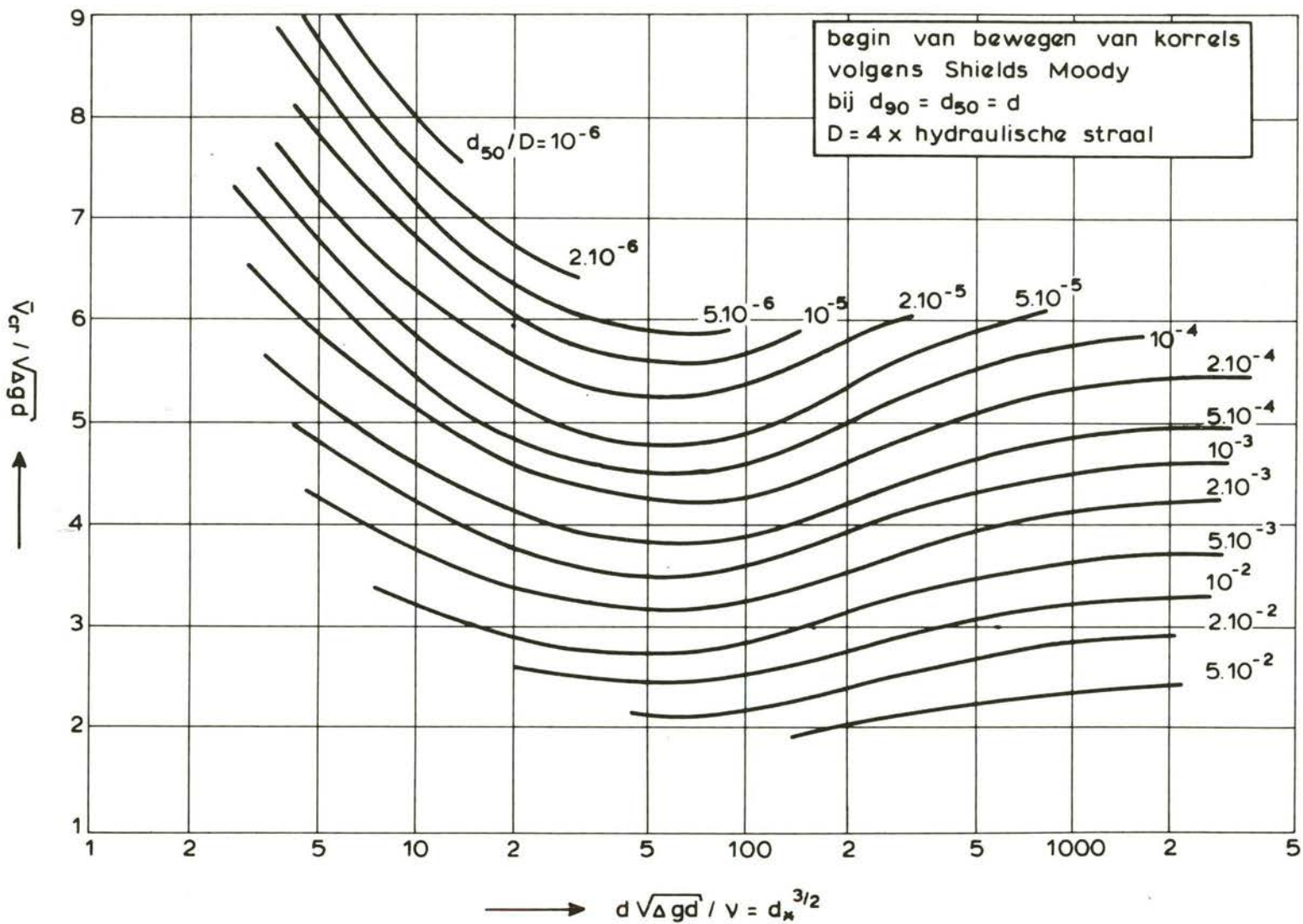
FIG. 3h

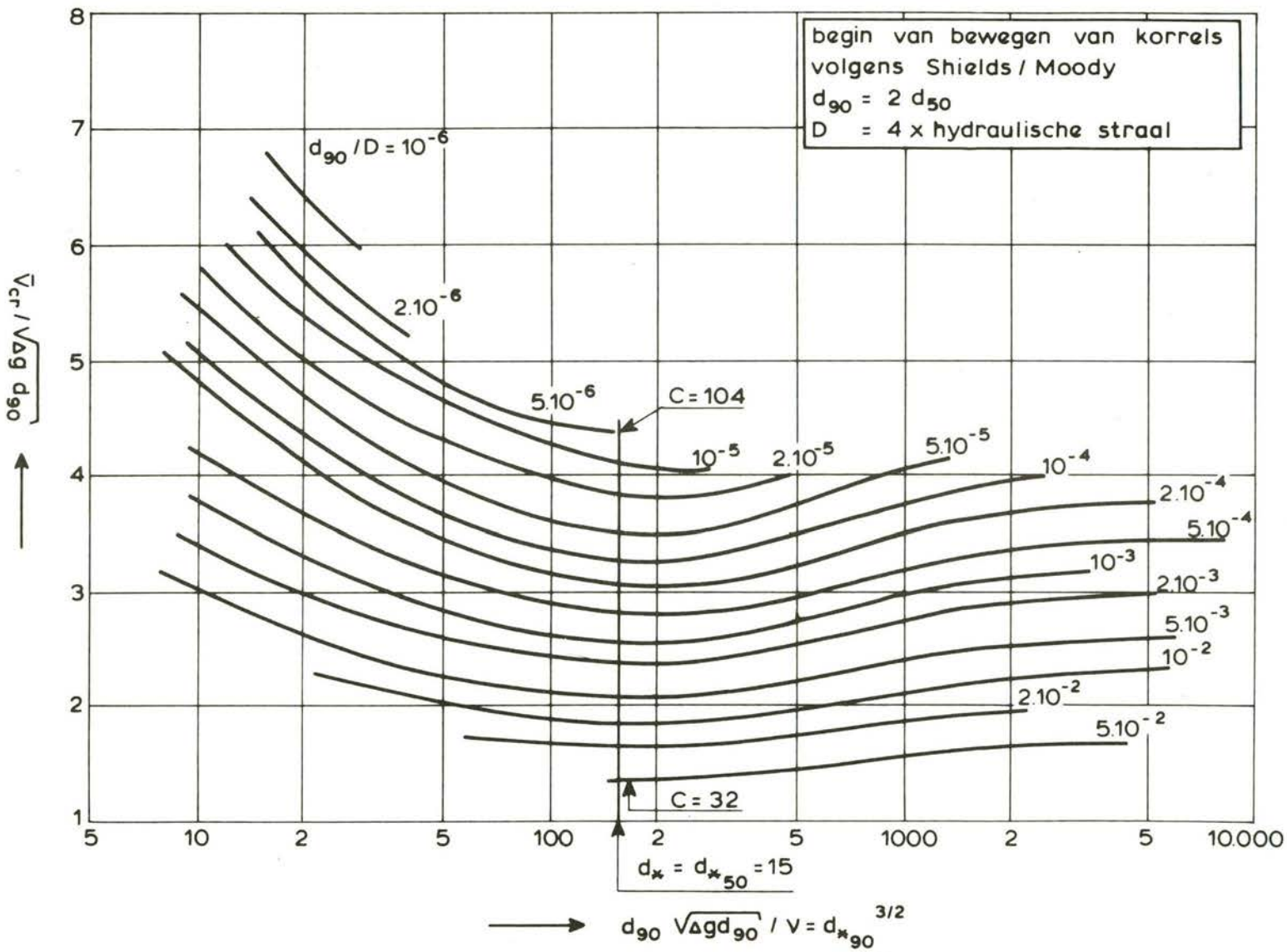
serie 8 : A₀ = 5,45 · 10⁻⁴
 11 : A₀ = 8,44 · 10⁻⁴
 15 : A₀ = 6,45 · 10⁻⁵
 16^A : A₀ = 1 · 10⁻⁴
 17^A : A₀ = 3,52 · 10⁻⁴

serie 17^B : A₀ = 8,44 · 10⁻⁴
 19 : A₀ = 5,82 · 10⁻⁵
 22 : A₀ = 2,07 · 10⁻⁴



BEGIN VAN BEWEGEN BEREKEND UIT
 SHIELDSKROMME : $d_{90} = d_{50}$





BEGIN VAN BEWEGEN BEREKEND UIT
 SHIELDSKROMME : $d_{90} = 2 d_{50}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q647

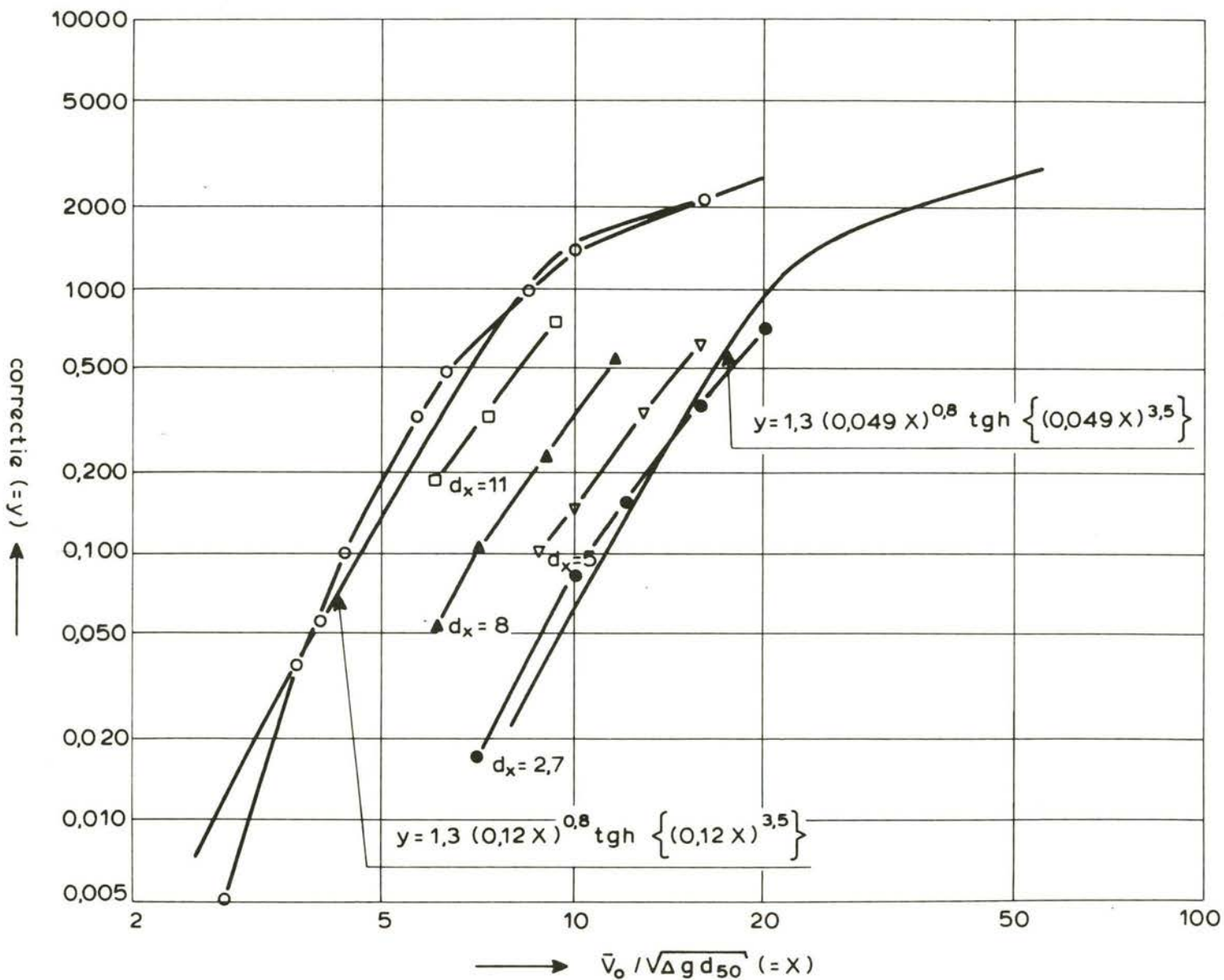
FIG. 5b

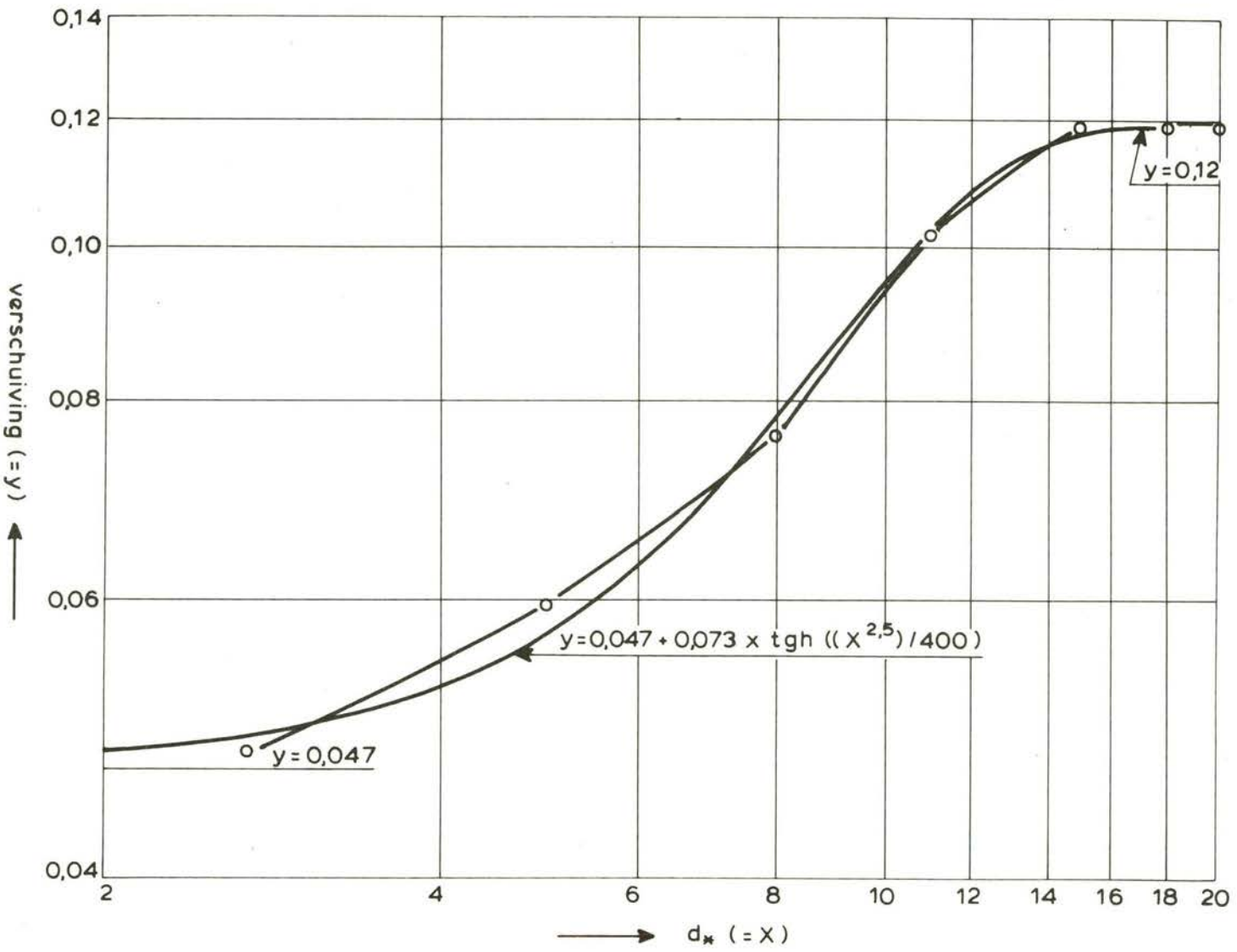
DE LIJNEN MET $d_x = 2,7$ EN 20 BESCHREVEN
 MET EEN tgh - FUNCTIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 6



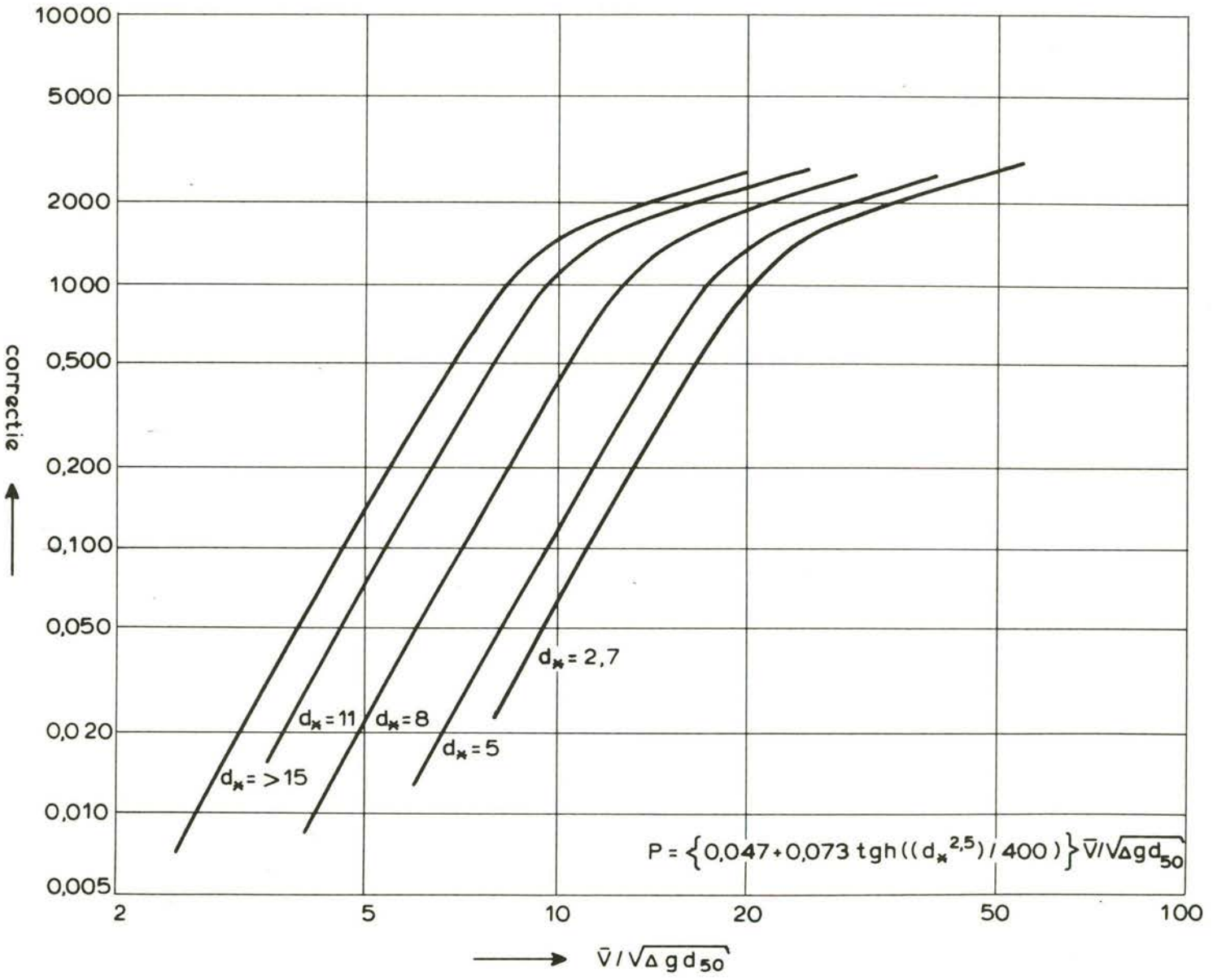


DE HORIZONTALE VERSCHUIVING IN FIG. 6
AFHANKELIJK VAN d_*

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 7



DE TOTALE CORRECTIE FORMULE GRAFISCH
WEERGEGEVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 647

FIG. 8

APPENDIX: Bepaling en vergelijking van de spreiding van de meetresultaten ten opzichte van de aanpak van Breusers (M648/863).

Inleiding

De nieuwe formule en Breusers' aanpak hebben beide een constante die geometrisch bepaald is. Daarom ontstaat spreiding alleen als binnen één geometrie de waterdiepte, de korreldiameter, de korreldichtheid en/of de watersnelheid bij de proeven is gevarieerd.

Gekozen is voor dezelfde proeven die in fig. 1 zijn geanalyseerd:

- serie 8 met $B/h_0 = 1,666$
- serie 8 met $B/h_0 = 1,333$
- serie 11
- serie 15
- serie 16A
- serie 17A
- serie 17B
- serie 19 (alleen met $B/h_0 = 2$)
- serie 20
- serie 22

Per serie wordt eerst een hulpgrootte bepaald, nl. \bar{v}_{cr} (van de Breusers formule).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
proef	Δ	d_{50}	h_0	d_{90}	$d_{90}^{3/2}$ d_{90*}	$d_{90}/4h$	$\bar{v}_{cr}/\sqrt{\Delta g d_{90}}$	\bar{v}_{cr}
	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	-	(m/s)
							af te lezen uit fig. 6a en 6b	

- Bij polystyreen (homogeen materiaal met $\Delta = 0,05$) is $d_{50} = d_{90}$, en \bar{v}_{cr} wordt afgelezen in fig. 5a. Voor de andere materialen wordt aangenomen $d_{90} = 2d_{50}$ en dan geldt fig. 5b.
- In fig. 5a en 5b wordt gewerkt met $D =$ hydraulische diameter $= 4 \times$ hydr.straal. Daarom wordt d/D nu vertaald met $d/4h_0$.

Nu wordt eerst de analyse gemaakt van de M648 proeven met de \bar{U}_k (ofwel \bar{v}_{cr}) waarden die hiervoor in kolom 9 gevonden zijn via fig. 5. Niet gewerkt wordt met de waarden direct gemeten in M648 (bij een projektgerichte toepassing wordt \bar{v}_{cr} ook niet steeds opnieuw bepaald).

10	11	12	13	14	15	16
V_0	t_1	α	t_{1bl}	t_{1bl}/t_1	$\log \left(\frac{t_{1bl}}{t_1} \right)$	spreidingsfactor
(m/s)	(s)		(s)			
		-				$10^\sigma =$
		-				
		-				

$$\alpha_g =$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \log^2}$$

- De constante in Breusers' formule van 330 wordt vervangen door 330×3600 omdat t_1 in seconden (en niet in uren) wordt gepresenteerd.
- α is te berekenen uit vgl. (4) met invullen van $C_1 = 330 \times 3600$

$$\alpha V_0 = \left\{ \frac{C_1 h_0^2 \Delta^{1,7}}{t_1^{4,3}} \right\} + \bar{v}_{cr}$$

- α_g wordt bepaald door uit alle proeven van 1 serie (met 1 geometrie) de α waarden te middelen.

t_{1bl} wordt berekend met vgl. 4.

$$t_{1bl} = \frac{330 \times 3600 h_0^2 \Delta^{1,7}}{(\alpha_g V_0 - \bar{v}_{cr})^{4,3}}$$

- De spreidingsfactor wordt gevonden door de standaardafwijking van de logaritmische weer terug te rekenen naar een vermenigvuldigingsfactor, spreiding = 10^σ .

Nu wordt een soortgelijke methodiek toegepast voor de nieuwe formule.

17	18	19	20	21	22	23	24	25
d_{*50}	$h_o/V_0 t_1$	$V_o/\sqrt{\Delta g d_{50}}$	P	A_o	t_{1b2}	t_{1b2}/t_1	$\log \left(\frac{t_{1b2}}{t_1} \right)$	spreidingsfactor
(m)	-	-	-	-	(s)	-		
								} $10^\sigma =$
							$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}} \sum \log^2$	

- $d_{*50} = (d_{50} \sqrt{\Delta g d_{50}} / v)^{2/3}$ en dit is een dimensieloze grootheid.

- De nieuwe formule luidt:

$$\frac{h_o}{V_0 t_1} = A_o \left(\frac{V_o}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right)^{2,4} P^{0,8} \operatorname{tgh} (P^{3,5})$$

$$P = \frac{V_o}{\sqrt{\Delta g d_{50}}} \left\{ 0,047 + 0,073 \operatorname{tgh} \left(\frac{d_{*50}^{2,5}}{400} \right) \right\}$$

- A_o vinden we nu uit

$$A_o = \frac{(h_o / V_0 t_1)}{\left(\frac{V_o}{\sqrt{\Delta g h_o}} \right)^{2,4} P^{0,8} \operatorname{tgh} (P^{3,5})}$$

- Voor de serie wordt het gemiddelde van alle A_o waarden (zijnde A_g) bepaald.

- Via de nieuwe formule wordt t_{1b2} berekend voor elke proef.

Tot slot wordt voor elke situatie een prototypesituatie doorgerekend met 2 randvoorwaarden (toets 1 en toets 2).

I met $d_{50} = 120\mu$, h_o van 10 m en $V = 2$ m/s

$$(\bar{v}_{cr} = 0,39 \text{ m/s})$$

II met $d_{50} = 1\text{mm}$, h_o 10 m en $V = 1,5$ m/s

$$(\bar{v}_{cr} = 0,64 \text{ m/s})$$

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
V_o	h_o	d_{50}	Δ	\bar{v}_{cr}	t_1 (Breus.)	d_{*50}	$\bar{v}_o/\sqrt{\Delta g d_{50}}$	P	t_1 (nieuw)
(m/s)	(m)	(m)	-	(m/s)	(s)	-	-		(s)
2	10	$120 \cdot 10^{-6}$	1,65	0,39					
1,5	10	10^{-3}	1,65	0,64					

Deze berekeningen worden uitgevoerd op een spreadsheetprogramma. De resultaten zijn te vinden in tabel 6 en 7.