

I R 460-VI

2e exemplaar

ASFALTMASTIEK OP ZANDBODEM
MET DUINEN

VERSLAG VOORONDERZOEK

AFGEHANDELD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
DELFT

R 460 - VI

R0460-6

22 NOV. 1972

BIBLIOTHEEK
Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177 - DELFT

2e exemplaar
IR 1972

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Asfaltmastiek op zandbodem met duinen

Verslag vooronderzoek

R 460 - VI

oktober 1972

INHOUD

	pag.
<u>1. Inleiding</u>	1
<u>2. Onderzoek en resultaten</u>	
2.1. Vorming van duinen in de goot te Lith.....	2
2.2. De stroming rond het asfaltverdeelapparaat.....	3
2.3. Het effect van de stroom op de zandbodem.....	5
<u>3. Conclusies</u>	11
<u>4. Geraadpleegde literatuur</u>	12

FIGUREN

1. Begin- en eindsituatie.
2. Zeefkrommen zand.
3. Peilingen tijdens duurproef.
4. Peilingen tijdens duurproef.
5. Opstelling asfaltverdeelapparaat in stroomgoot; opening 15 cm.
6. Opstelling asfaltverdeelapparaat in stroomgoot; opening 30 cm.

Resultaten stroomsnelheidsmetingen.

7. Opening 15 cm, gedeeltelijk zonder onderplaat.
 8. Opening 15 cm, met onderplaat.
 9. Opening 30 cm, gedeeltelijk zonder onderplaat.
 10. Opening 30 cm, met onderplaat.
-
11. Zeefkromme zand in de grote stroomgoot.
 12. Relatie bewegingsnelheid - ontgronding.

FOTO

1. Opstelling asfaltverdeelapparaat met taster tijdens de sleepproeven.

Asfaltmastiek op een zandbodem met duinen

1. Inleiding

Tijdens besprekingen met de Asfalt-Technologische Werkgroep werd aan het Waterloopkundig Laboratorium verzocht, in verband met een voorstel tot het uitvoeren van een proef in de stroomgoot te Lith, vooraf enige aspecten nader te onderzoeken.

De proef betreft het aanbrengen van asfaltmastiek op een zandbodem met duinen* , teneinde het gedrag van asfaltmastiek op een dergelijke bodem te bestuderen.

Voor een juiste interpretatie van de resultaten van de proef is het noodzakelijk dat de omstandigheden tijdens de proef overeenkomen met die in het prototype.

Deze omstandigheden betreffen:

1. De asfaltmastiek (samenstelling, viscositeit).
2. De zandbodem (korreldiameter, pakking, hoogte en hellingen van de duinen).
3. De waterbewegingen rond het asfaltverdeelapparaat.

Enige proeven ten behoeve van de aanpassing van de asfaltmastiek aan de relatief kleine waterdiepte in de goot te Lith, noodzakelijk wegens het effect van de waterdiepte (druk) op de viscositeit van asfaltmastiek, zijn verricht door Bitumarin N.V.

De mogelijkheden voor duinvorming in de goot te Lith zijn ter plaatse onderzocht. Het onderzoek naar de waterbeweging rond het asfaltverdeelapparaat is in de grote stroomgoot van het Waterloopkundig Laboratorium De Voorst uitgevoerd.

Na afloop van het laatstgenoemde onderzoek zijn enkele proeven verricht om een indruk te krijgen van eventuele ontgrondingsverschijnselen, veroorzaakt door het bewegen van het asfaltverdeelapparaat langs de bodem.

Het uitgevoerde onderzoek stond onder leiding van H. Derks, die tevens dit verslag samenstelde.

* In de literatuur over beddingvormen is het gebruikelijk ribbels met grote afmetingen ($L > 0,6$ m) "duinen" te noemen (zie verslag S 80-1, Beddingvormen, Waterloopkundig Laboratorium).

2. Onderzoek en resultaten

2.1. Vorming van duinen in de goot te Lith

De mogelijkheden voor vorming van duinen in de goot te Lith (zie figuur 1) zijn onderzocht in de loop van april 1971. Het zand dat bij het eerste gedeelte van de proef werd gebruikt, had een diameter d_{50} van 180μ . Van het later, ter aanvulling van de voorraad, aangevoerde zand, waarvan in het laatste gedeelte van de proef gebruik is gemaakt, bedroeg $d_{50} = 140 \mu$ (zie figuur 2).

Aan het stromende water werd zand toegevoerd via een pijp voorzien van een trechter. Het zand werd in de trechter gebracht via laadschop, kraantje met grijper, verstelbare trilplaat (voor dosering) en transportband. In de trechter werd het zand met water vermengd. Voor het peilen van de veranderingen in de bodemligging werd gebruik gemaakt van een echolood (frequentie 1000 Kc/s), opgesteld op een langs de goot verrijdbaar wagentje.

In eerste instantie was het onderzoek gericht op het vinden van de stroomsnelheid van het water waarbij de gewenste duinvorming optrad. De zone voor de stroomsnelheid waarbinnen deze duinvorming plaatsvindt, is voor fijne zandsoorten betrekkelijk nauw. Vastgesteld werd dat de stroomsnelheid tussen $0,70$ en $0,90 \text{ m/s}$ diende te liggen. Na het vaststellen van de juiste stroomsnelheid werd een duurproef uitgevoerd voor het bepalen van de in de evenwichtsituatie benodigde zandvoeding en de loopsnelheid, hoogte en hellingen van de duinen. In de figuren 3 en 4 zijn het gemeten bodemprofiel, de ingestelde stroomsnelheden, tijdsduur van stromen en de zandvoeding tijdens de duurproef van 69 uur voor de verschillende tijdstippen aangegeven.

De loopsnelheid van de duinen bleek ca. $0,20 \text{ m/uur}$ te bedragen bij een benodigde zandvoeding van ca. $0,25 \text{ m}^3/\text{uur}$. Het bodemtransport bedraagt ca. $1/3$ van het totale transport. Het duin kreeg een hoogte van ongeveer $0,45 \text{ m}$. De hellingen van het duin kunnen door variatie van de stroomsnelheden eveneens worden gevarieerd. Tijdens het laatste gedeelte van de duurproef werd na ruim 1 uur stromen met een relatief hoge stroomsnelheid van $0,85$ à $0,90 \text{ m/s}$ een bovenstroomse helling van maximaal $1 : 14$ en een benedenstroomse helling van maximaal $1 : 3,5$ bereikt bij een hoogte van $0,47 \text{ m}$.

2.2. De stroming rond het asfaltverdeelapparaat

Dit onderzoek is verricht met lengteschaal $n_l = 5$ en snelheidsschaal $n_v = \sqrt{5}$ volgens Froude. Het verdeelapparaat heeft een symmetrische vorm. Door voor het vlak van symmetrie de gootwand te kiezen, kon met het op schaal nabouwen van de helft van het apparaat worden volstaan. Met de gekozen lengteschaal is de breedte van het verdeelapparaat $1/5$ à $1/6$ van de aanwezige gootbreedte (3 m), waarbij de wandinvloed op het stroombeeld (tegenovergelegen wand) te verwaarlozen is.

Er zijn snelheidsmetingen uitgevoerd in de spleetvormige opening tussen de onderzijde van het verdeelapparaat en de bodem. De moeilijk bereikbare plaats maakte het gebruik van pitotbuizen noodzakelijk. Gemeten werd bij een opening van 0,15 m (hoogste tasterstand) en 0,30 m (gemiddelde tasterstand tijdens de werkgang). In de beide toestanden is gemeten bij een situatie waarbij de onderplaat van het verdeelapparaat geheel aanwezig is en bij een situatie waarbij de onderplaat ter plaatse van de aanslag van de tastercompartimenten gedeeltelijk niet aanwezig is. In het laatste geval kan water in de spleet toestromen over het tastercompartiment heen. In de figuren 5 en 6 zijn de beide toestanden met verschillende tasterstand aangegeven. De figuren 7 tot en met 10 geven de resultaten van de stroomsnelheidsmetingen weer. Tevens is het verschil in druk aan de boven- en benedenstroomse zijde van het verdeelapparaat aangegeven, gemeten op 2 plaatsen. De meetpunten voor de stroomsnelheid zijn met de cijfers 1 tot en met 7 aangegeven. De meetpunten 1, 3, 5 en 7 liggen achter een tastercompartiment, de punten 2, 4 en 6 niet. De metingen zijn uitgevoerd bij een tweetal gemiddelde aanstroomsnelheden in de goot, namelijk 1,0 en 1,5 m/s.

De belangstelling voor de resultaten van de metingen van de stroomsnelheid onder het verdeelapparaat ging voornamelijk uit naar de orde van grootte van de stroomsnelheden en de stroomsnelheidsverdeling. Ten gevolge van het om en om voorkomen van de tastercompartimenten kan een ongelijkmatige verdeling ontstaan, terwijl in de opening onder het verdeelapparaat hoge stroomsnelheden kunnen worden verwacht bij ontwikkeling van een voldoende groot drukverschil over het verdeelapparaat.

Ter plaatse van de aanslag van de taster treedt bij hoge tasterstanden een concentratie van de stroom op die mogelijk gevolgen kan hebben voor de zandbodem. De meetpunten voor de stroomsnelheden (de einden van de pitotbuis) zijn

op enige afstand benedenstrooms van de aanslag van de taster gelegen, waar reeds enige spreiding van de stroom optreedt. De gemeten stroomsnelheden zijn hierdoor niet de maximaal optredende stroomsnelheden.

De stroomsnelheden, vermeld in de figuren 7, 9 en 10 konden redelijk nauwkeurig worden bepaald. Voor de stroomsnelheden vermeld in figuur 8 was dit in mindere mate het geval. De stroomsnelheden zijn in deze situatie kleiner waardoor de snelheidshoogten waaruit de stroomsnelheden zijn herleid erg kleine waarden aannemen. De meting is niet volledig. De relatief hoge stroomsnelheden bij punt 1 kunnen zijn opgetreden doordat zijdelings water is toegevloeid. De verdeling van de stroomsnelheid is grillig. De weergegeven waarden geven slechts de orde van grootte aan.

Overigens zal deze situatie (hoogste tasterstand) tijdens de normale werkgang in het prototype weinig voorkomen.

2.3. Het effect van de stroom op de zandbodem

De aanwezigheid van het asfaltverdeelapparaat in de nabijheid van de bodem veroorzaakt een verstoring van de normale verdeling van de stroomsnelheid. Met name in de spleetvormige opening tussen het verdeelapparaat en de bodem treedt plaatselijk verhoging van de stroomsnelheid op. Bovendien is de stroomsnelheid op deze plaats niet gelijkmatig verdeeld, tengevolge waarvan onder het asfaltverdeelapparaat plaatselijke uitschuringen in de zandbodem zouden kunnen ontstaan.

Bij het uitvoeren van onderzoek naar bovengenoemde ontgrondingsverschijnselen in een model met het doel hieruit voor het prototype informatie te verkrijgen zijn twee aspecten van belang:

1. De mate waarin eventuele ontgrondingen ontstaan is afhankelijk van de grootte van de stroomsnelheden en van de tijd gedurende welke de verstoring van het stroombeeld op een bepaalde plaats aan de bodem optreedt.
2. Deze tijdsduur wordt bepaald door de voortbewegingsnelheid van het verdeelapparaat en de afstand waarover, tengevolge van de verstoring, effect op de zandbodem wordt uitgeoefend.

Bij het onderzoek in het model dient als gevolg hiervan de bewegingsnelheid van het verdeelapparaat te worden afgestemd op het ontgrondingsverloop, waarvoor kennis van het mechanisme van het ontgrondingsverloop vereist is. Deze kennis ontbreekt. Speciaal onderzoek, gericht op leren kennen van het mechanisme van het ontgrondingsverloop, viel buiten het kader van het onderzoek.

Een benadering van het probleem kan worden gevonden door gebruik te maken van de relaties die zijn bepaald uit het experimenteel onderzoek naar het ontstaan van ontgrondingen achter sluitgatdrempels. Uit dit onderzoek zijn voor permanente stroom de volgende relaties afgeleid:

$$\frac{h_{\max}(t)}{h_o} = f\left(\frac{t}{t_1}\right) \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{k \cdot \Delta^{1,7} \cdot h_o^2}{(\alpha \bar{u} - u_{kr})^{4,3}} \quad (2)$$

waarin:	$h_{\max}(t)$	= maximale ontgrondingsdiepte op tijdstip t
	h_o	= waterdiepte t.p.v. einde bodembescherming
	t	= tijd
	t_1	= tijd waarin $h_{\max} = h_o$
	Δ	= relatieve dichtheid ontgrondingsmateriaal = $\frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_w}$
	k	= constante
	\bar{u}	= gemiddelde stroomsnelheid
	u_{kr}	= kritieke stroomsnelheid
	α	= dimensieloze coëfficiënt afhankelijk van de vorm van de snelheidsvertikaal en de turbulentie-intensiteit.

De relatie is geldig voor permanente stroom. Bij het voortbewegen van het asfaltverdeelapparaat langs de bodem bestaat voor een plaats aan de bodem waar het verdeelapparaat passeert, ten aanzien van de stroomsnelheid geen permanentie. Naar mag worden aangenomen treden de grootste stroomsnelheden echter op ter plaatse van de sleetvormige opening tussen verdeelapparaat en bodem. Ter plaatse van deze opening mag worden gerekend dat over de breedte van de onderplaat (0,40 m prototype) de stroomsnelheid in de richting van de stroom weinig verandert.

Op grond hiervan zal voor een plaats aan de bodem de grootste bijdragen aan eventuele uitschuringen worden geleverd gedurende de tijd dat de onderplaat passeert, waarbij tevens een vrijwel permanente situatie ten aanzien van de stroomsnelheid bestaat.

Deze overwegingen leiden tot de conclusie dat het gebruik maken van genoemde relatie een reëel uitgangspunt is. Als benadering voor de tijdschaal van het ontgrondingsverloop geldt dus:

$$n_t = n \frac{k \cdot \Delta^{1,7} \cdot h_o^2}{(\bar{u} - u_{kr})^{4,3}} = \frac{n_l^2}{n(\bar{u} - u_{kr})^{4,3}} \quad (1)$$

Uit de voortbewegingsnelheid van het verdeelapparaat volgt:

$$n_t = n \left(\frac{L}{w} \right) = \frac{n_l}{n_w} \quad (2)$$

waarin: L = afgelegde afstand
 w = voortbewegingsnelheid verdeelapparaat

Door combinatie van (1) en (2) volgt voor de schaal van de voortbewegingsnelheid:

$$n_w = \frac{n (\alpha \bar{u} - u_{kr})^{4,3}}{n_1}$$

De nauwkeurigheid waarmee met behulp van deze relatie de voortbewegingsnelheid voor het model kan worden bepaald, wordt verkleind doordat de waarde van α onbekend is. De aanwezigheid van de verbindingspijpen tussen de tastercompartimenten kan aanleiding geven tot een hoge turbulentiegraad. Een schatting van de waarde van α van 1,5 à 3 lijkt reëel.

Voor het prototype uitgaande van een gemiddelde stroomsnelheid (\bar{u}) van 1,50 m/s en een d_{50} van het zand van 140 à 180 μ ($u_{kr} \approx 0,28$ m/s) en voor het model (met lengteschaal $n_l = 5$ en snelheidsschaal $n_v = \sqrt{5}$ volgens Froude) van een gemiddelde stroomsnelheid (\bar{u}) van 0,67 m/s en een d_{50} van het zand van 135 μ ($u_{kr} = 0,25$ m/s) wordt gevonden:

$$\text{voor } \alpha = 1,5 \qquad n_w = 12,8$$

$$\text{voor } \alpha = 3 \qquad n_w = 8,6$$

Bij een voortbewegingsnelheid in het prototype van 0,10 m/s (6 m/minuut) en $\alpha = 1,5$ à 3 volgt dus voor de bewegingsnelheid in het model: $w_m =$ circa 0,01 m/s.

Met het bij de stroomsnelheidsmetingen gebruikte model van het asfaltverdeelapparaat ($n_l = 5$) zijn in de grote stroomgoot enige sleepproeven verricht over een bed van wadzand met een d_{50} van 135 μ (zie figuur 11), aangebracht op de gootbodem in een laagdikte van 0,20 m.

Voor de voortbeweging van het verdeelapparaat langs de bodem werd gebruik gemaakt van de over de goot verrijdbare meetwagen waaraan het verdeelapparaat werd bevestigd. De kracht die door de taster op de bodem wordt uitgeoefend, is op grond van verkregen informatie van Bitumarin NV zo goed mogelijk in overeenstemming gebracht met de toestand in het prototype.

Voor de aanvang van de sleepproeven werd gedurende enige uren over het zandbed gestroomd, om in de bovenste laag door middel van transport van het zand een normale pakkingsdichtheid te bereiken.

De minimale bewegingssnelheid van de meetwagen bedroeg 0,10 m/s. Zonder extra voorzieningen was een verlaging van de bewegingssnelheid niet mogelijk. De proeven waren echter slechts bedoeld om een indruk te krijgen van het ontstaan van eventuele ontgrondingen, op grond waarvan is afgezien van proeven met lagere bewegingssnelheid.

De proeven werden uitgevoerd bij gemiddelde tasterstand (onderplaat verdeelapparaat 0,30 m van de bodem). Het apparaat werd tegen de stroomrichting in bewogen met de taster aan de bovenstroomse zijde. De maximaal ingestelde gemiddelde stroomsnelheid in het model bedroeg 0,57 m/s zodat de relatieve stroomsnelheid ten opzichte van het apparaat $0,57 + 0,10 = 0,67$ m/s bedroeg, op Froude schaal overeenkomend met 1,50 m/s prototype.

Op grond van relatie:

$$n_w = \frac{n (\alpha \bar{u} - u_{kr})^{4,3}}{n_l}$$

wordt met $n_w = 1$ en $n_l = 5$ voor \bar{u}_{prot} een waarde berekend van:

$$\text{met } \alpha = 3 : \bar{u}_{prot} = 0,85 \text{ m/s}$$

$$\text{met } \alpha = 1,5 : \bar{u}_{prot} = 0,91 \text{ m/s.}$$

Bij de uitgevoerde sleepproeven werd geen uitschuring geconstateerd. Op grond van de gedane veronderstellingen betreffende het ontgrondingsverloop, is hieruit slechts te concluderen dat in het prototype bij gemiddelde stroomsnelheden van 0,85 à 0,90 m/s geen uitschuringseffecten optreden.

Een vroeger onderzoek naar ontgrondingseffecten veroorzaakt door langs de bodem bewegende apparatuur voor het aanbrengen van asfaltmestiek (Rapport M 605, Randeffect Asfalteerapparaat, februari 1958), biedt enige informatie omtrent de samenhang van stroomsnelheid, bewegingssnelheid en ontgronding. Dit onderzoek werd uitgevoerd met een lengteschaal $n_l = 10$. De stroomsnelheid in het model bedroeg 0,50 m/s. De gemiddelde korreldiameter van het zand was 240 μ . De bewegingssnelheid werd gevarieerd van 1-6 mm/s.

Uit de relatie tussen de bewegingssnelheid en de ontgronding blijkt dat het ontstane ontgrondingsvolume per m^1 vrij nauwkeurig omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de bewegingssnelheid (zie figuur 12). De ontgronding neemt dus sterk af bij groter wordende bewegingssnelheid. Bij 6 mm/s bedroeg het ontgrondingsvolume nog slechts 3 % van het ontgrondingsvolume bij 1 mm/s. De maximale ontgrondingsdiepte in het model bedroeg 7,5 cm bij een bewegingssnelheid van 1 mm/s en 2 cm bij een bewegingssnelheid van 6 mm/s.

Bij toepassing van dezelfde uitgangspunten voor het verloop van de ontgrondingen volgt uit:

$$n_w = \frac{n (\alpha \bar{u} - u_{kr})^{4,3}}{n_l} \quad \text{en } w_{\text{prototype}} = 100 \text{ mm/s}$$

met $\bar{u}_{\text{prototype}} = 1,5 \text{ m/s}$, $u_{kr \text{ prototype}} = 0,28 \text{ m/s}$ en $\bar{u}_{\text{model}} = 0,5 \text{ m/s}$,
 $u_{kr \text{ model}} = 0,22 \text{ m/s}$

bij $\alpha = 1,5$: $n_w = 28,5$ en $w_{\text{model}} = 3,5 \text{ mm/s}$

bij $\alpha = 3$: $n_w = 18$ en $w_{\text{model}} = 5,5 \text{ mm/s}$

De berekende waarden voor de bewegingssnelheid voor het model liggen in het gebied waar de ontgrondingen gering zijn. Het asfaltverdeelapparaat dat onderzocht is in M 605 was echter niet voorzien van een bodemtaster, waardoor de waarde van α_{model} mogelijk kleiner is geweest. Daarmee wordt ook w_{model} kleiner.

Op grond van de gemaakte veronderstellingen ten aanzien van de tijdschaal voor de ontgroningen, leiden de voorgaande beschouwingen tot de conclusie dat het niet uitgesloten is dat in het prototype bij een voortbewegingsnelheid van 6 m/minuut en gemiddelde stroomsnelheden van circa 1,5 m/s ontgroningen kunnen optreden.

3. Conclusies

1. Ten aanzien van de vorming van zandduinen in de goot te Lith:
 - Het vormen van duinen met overeenkomstige vorm en afmetingen als in het prototype is mogelijk. De loopsnelheid van deze duinen is ca. 0,20 m/uur, de benodigde zandvoeding ca. 0,25 m³/uur. De bovenstroomse en benedenstroomse helling zijn in orde van grootte maximaal 1 : 15 respectievelijk 1 : 3,5 (effect van stromen in één richting). De hoogte van de duinen bedraagt ca. 0,45 m.

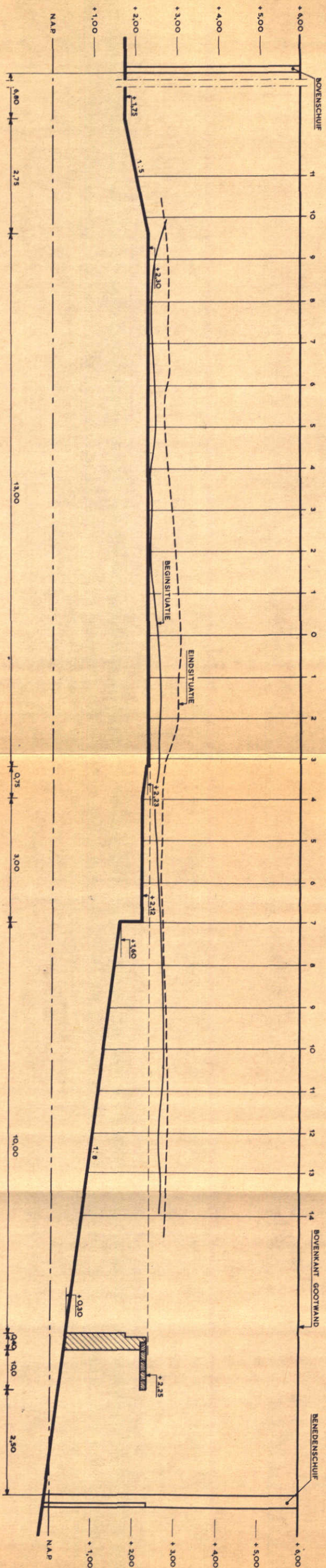
2. Ten aanzien van de stroming rond het asfaltverdeelapparaat:
 - Bij een gemiddelde tasterstand van het verdeelapparaat (opening 0,30 m) zijn de stroomsnelheden tussen de onderzijde van het verdeelapparaat en de bodem in orde van grootte gelijk aan de gemiddelde aanstroomsnelheid.
 - Ontbreken van een gedeelte van de onderplaat van het verdeelapparaat heeft bij gemiddelde tasterstand slechts een geringe invloed op de stroomsnelheidsverdeling onder het apparaat. Bij de hoogste tasterstand is deze invloed het grootst.
 - De verdeling van de stroomsnelheid onder het apparaat is ongelijkmatig. Een duidelijke samenhang hiervan met het om en om aanwezig zijn van de tastercompartimenten kan niet uit de resultaten van de stroomsnelheidsmetingen worden afgeleid.

3. Ten aanzien van de invloed op het zandbed van de onder het verdeelapparaat optredende stroom:
 - Onder de omstandigheden, waaronder de proeven zijn uitgevoerd, is van uitschuring van de bodem, al of niet plaatselijk, geen sprake.
 - Op grond van de gemaakte veronderstellingen ten aanzien van de tijdschaal voor de ontgrondingen moet onder de huidige werkomstandigheden de mogelijkheid van het optreden van ontgrondingen niet uigesloten worden geacht.

4. Geraadpleegde literatuur

Verslag S 80 - I "Beddingvormen", juli 1969, Waterloopkundig Laboratorium.

Verslag M 605 "Randeffect Asfalteerapparaat, februari 1958, Waterloopkundig Laboratorium.



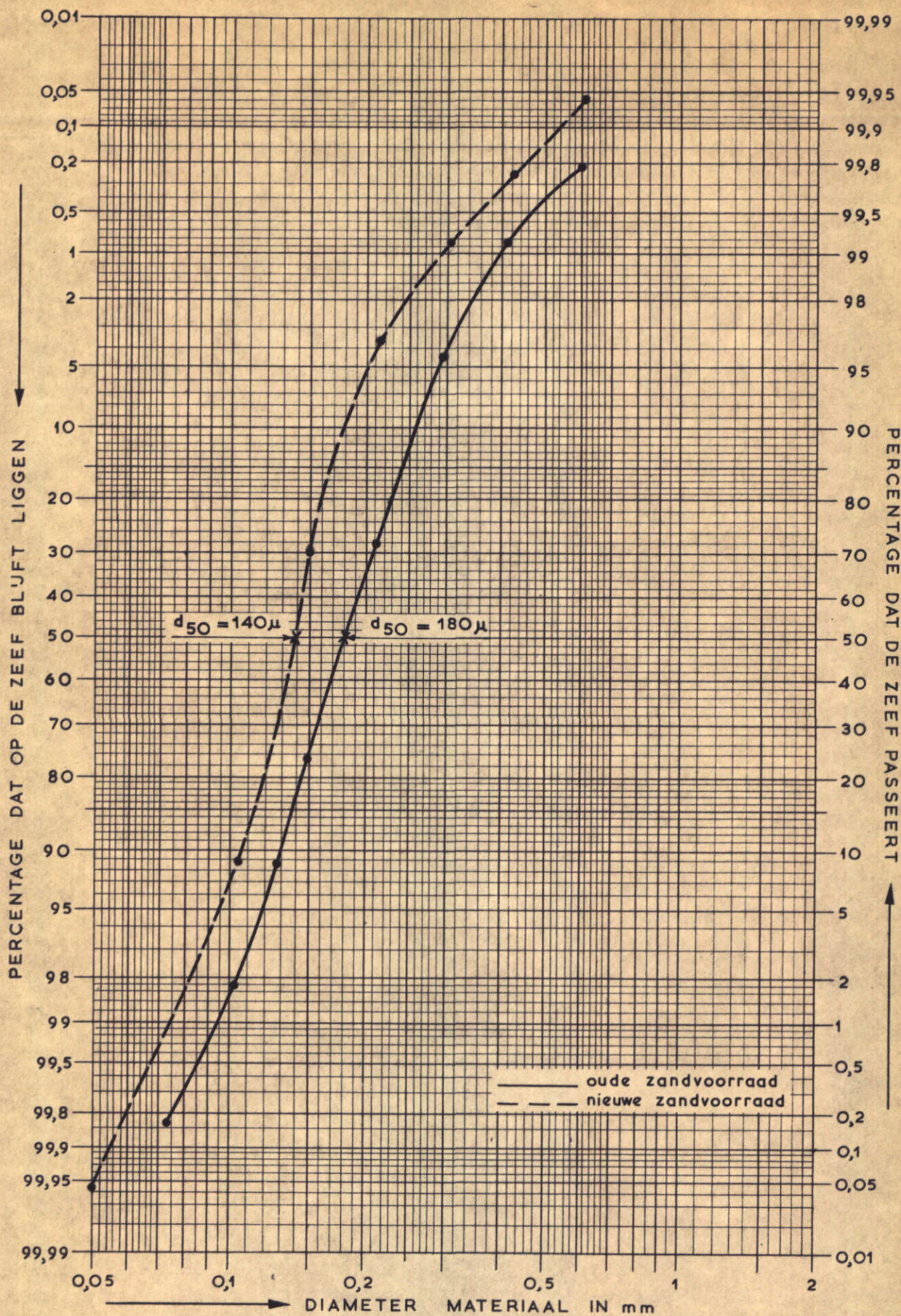
maten in meters

BEGIN - EN EINDSITUATIE

SCHAAL 1:100

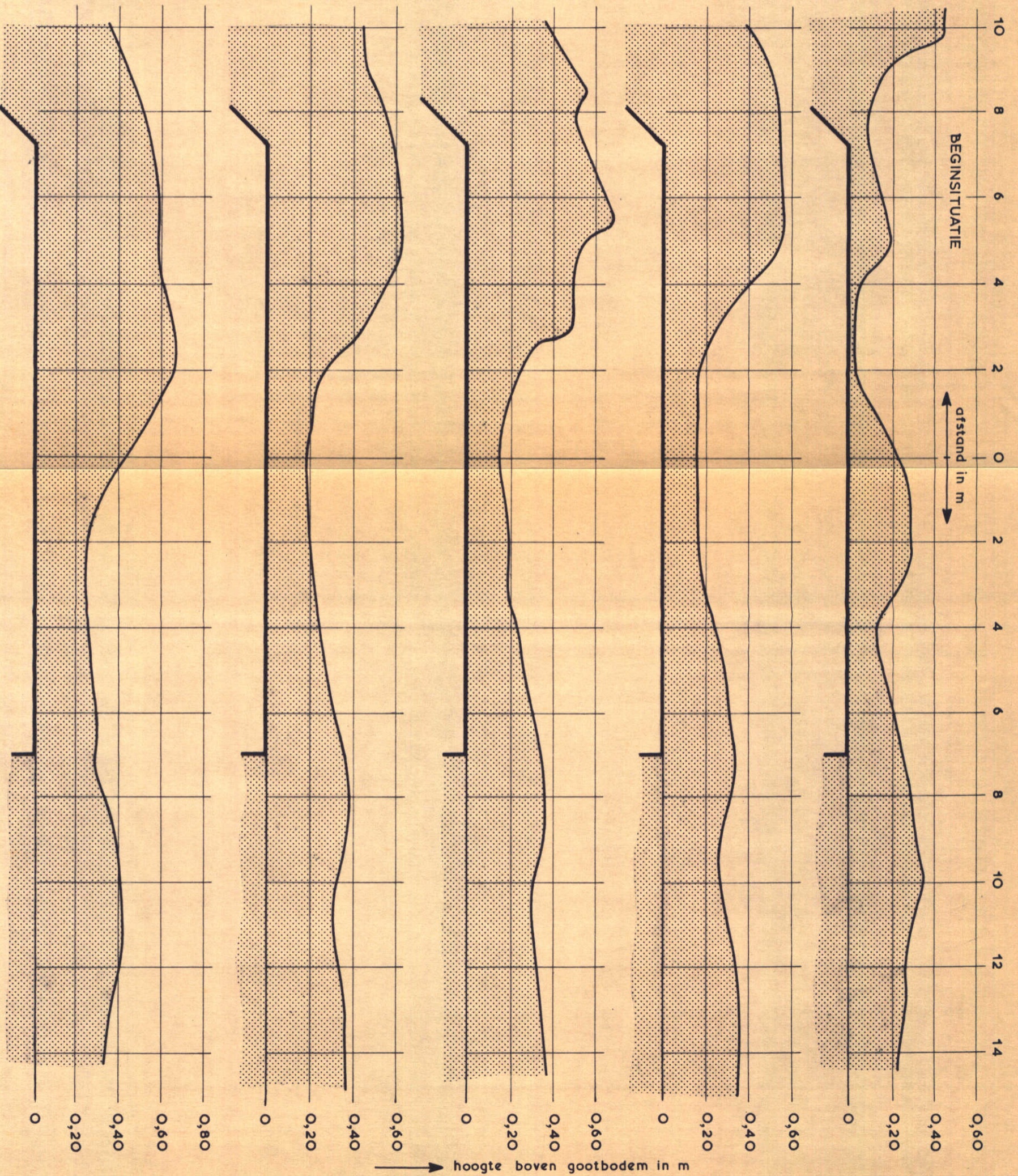
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R. 460-VI FIG. 1



ZEEFKROMMEN ZAND

NA BEGIN	NA VOORGAANDE PEILING	V	zand-voeding
uren	uren		
0	0		
23	23	0,80 m/s	$\frac{1}{2} \text{ m}^3/\text{h}$
26	3	0,90 m/s	$1 \text{ m}^3/\text{h}$
30	4	0,65 m/s	$\frac{1}{4} \text{ m}^3/\text{h}$
53	23	0,75 m/s	$\frac{1}{4} \text{ m}^3/\text{h}$

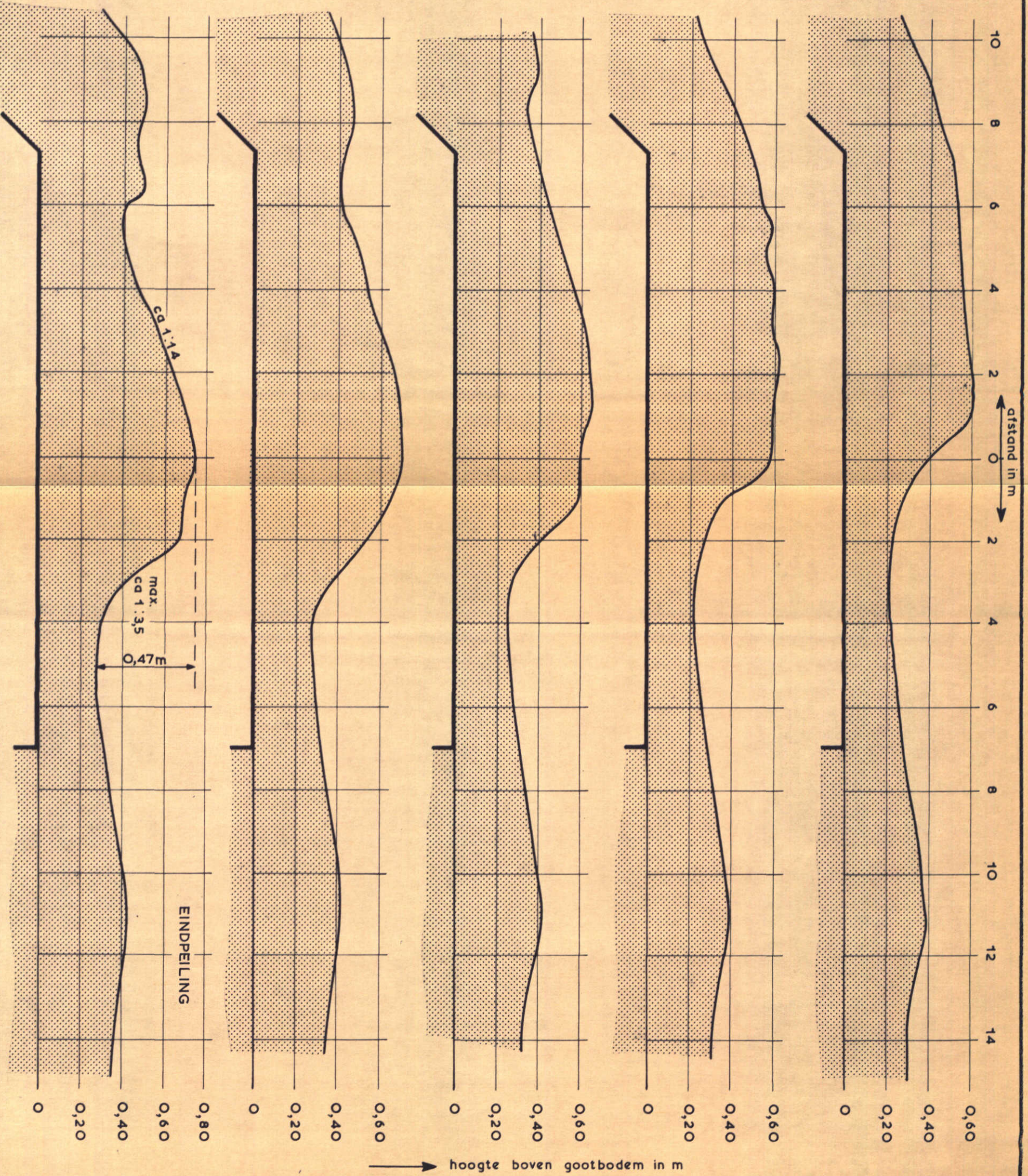


PEILINGEN TIJDENS DUURPROEF

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R. 460-VI FIG. 3

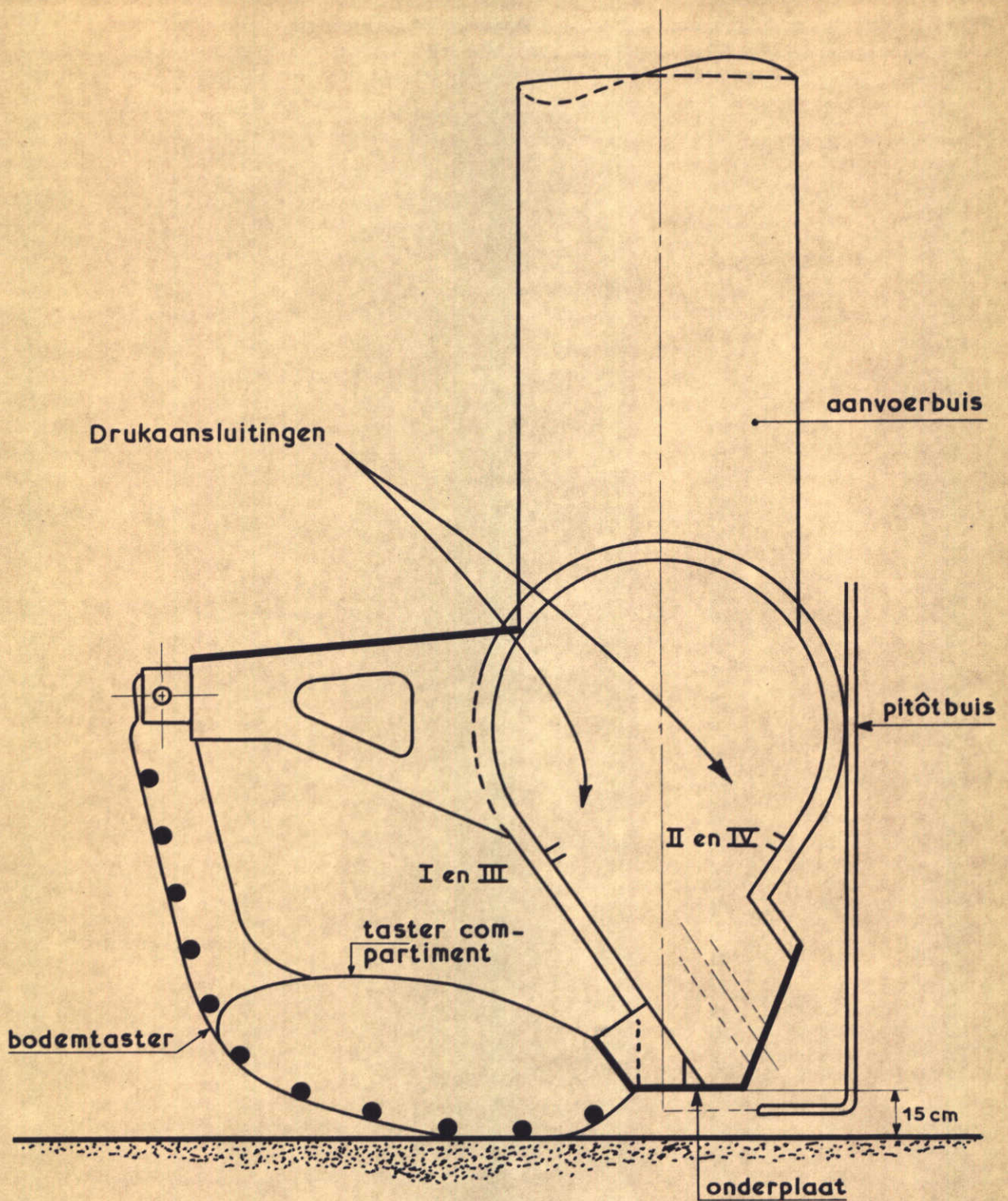
NA BEGIN	NA VOORGAANDE PELLING		
uren	uren	V	zand-voeding
55	2	0,80 m/s	$\frac{1}{4} m^3/h$
58	3	0,8 à 0,9	$1 m^3/h$
64	6	0,8 m/s	$\frac{1}{4} m^3/h$
67 $\frac{2}{3}$	3 $\frac{2}{3}$	0,8 m/s	$\frac{1}{4} m^3/h$ 1 m ³ extra
69	1 $\frac{1}{3}$	0,85 à 0,95	$\frac{1}{4} m^3/h$



PEILINGEN TIJDENS DUURPROEF

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R. 460-VI FIG. 4



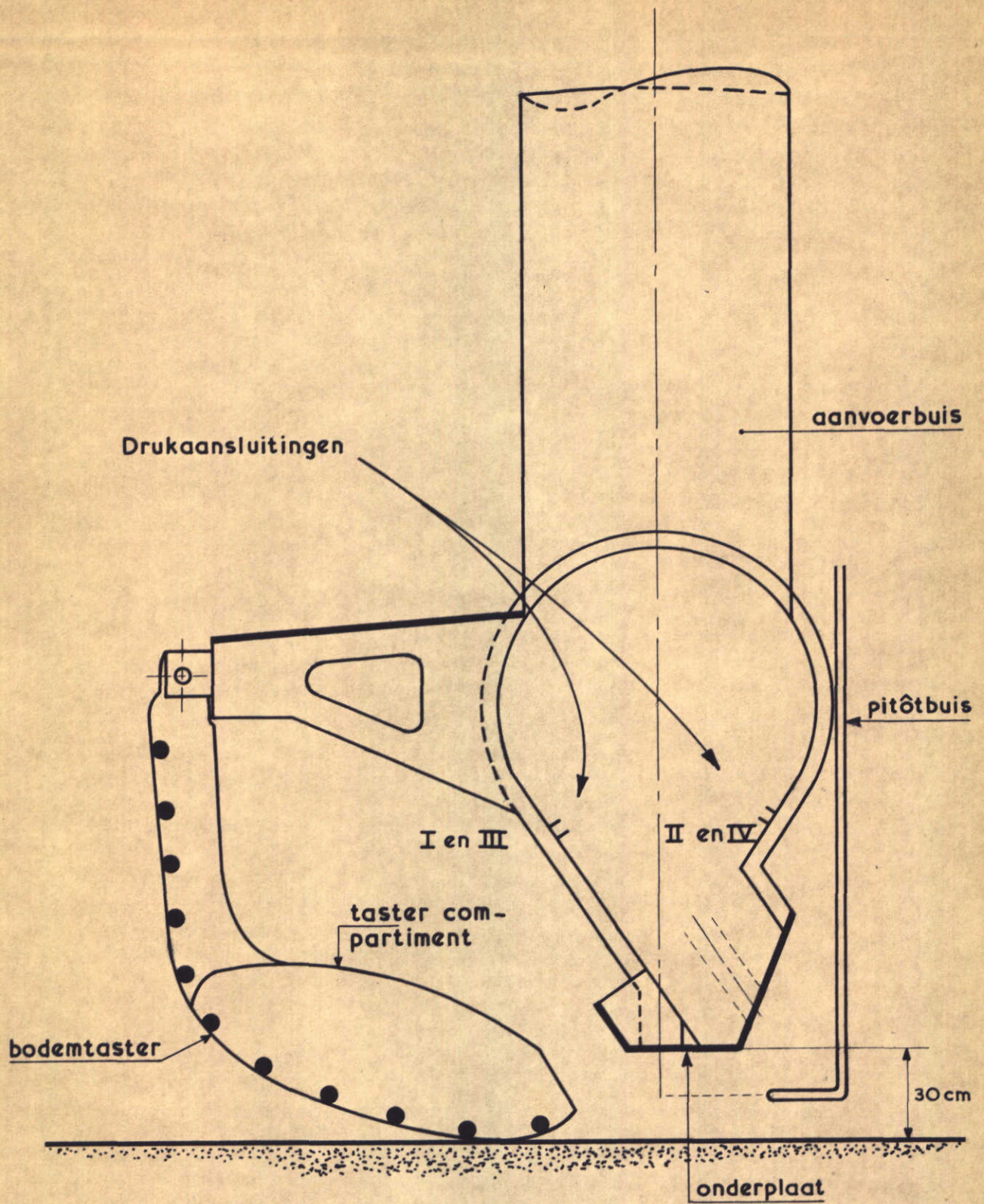
SCHAAL 1:20 prototype
1:4 model

OPSTELLING ASFALTVERDEELAPPARAAT
IN STROOMGOOT

OPENING 15 cm

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R. 460-VI FIG. 5



SCHAAL 1:20 prototype
1:4 model

OPSTELLING ASFALTVERDEELAPPARAAT
IN STROOMGOOT

OPENING 30 cm

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R. 460-VI FIG. 6

\bar{V}

Drukverschillen:

$\bar{V} = 1,0 \text{ m/s}$

$\bar{V} = 1,5 \text{ m/s}$

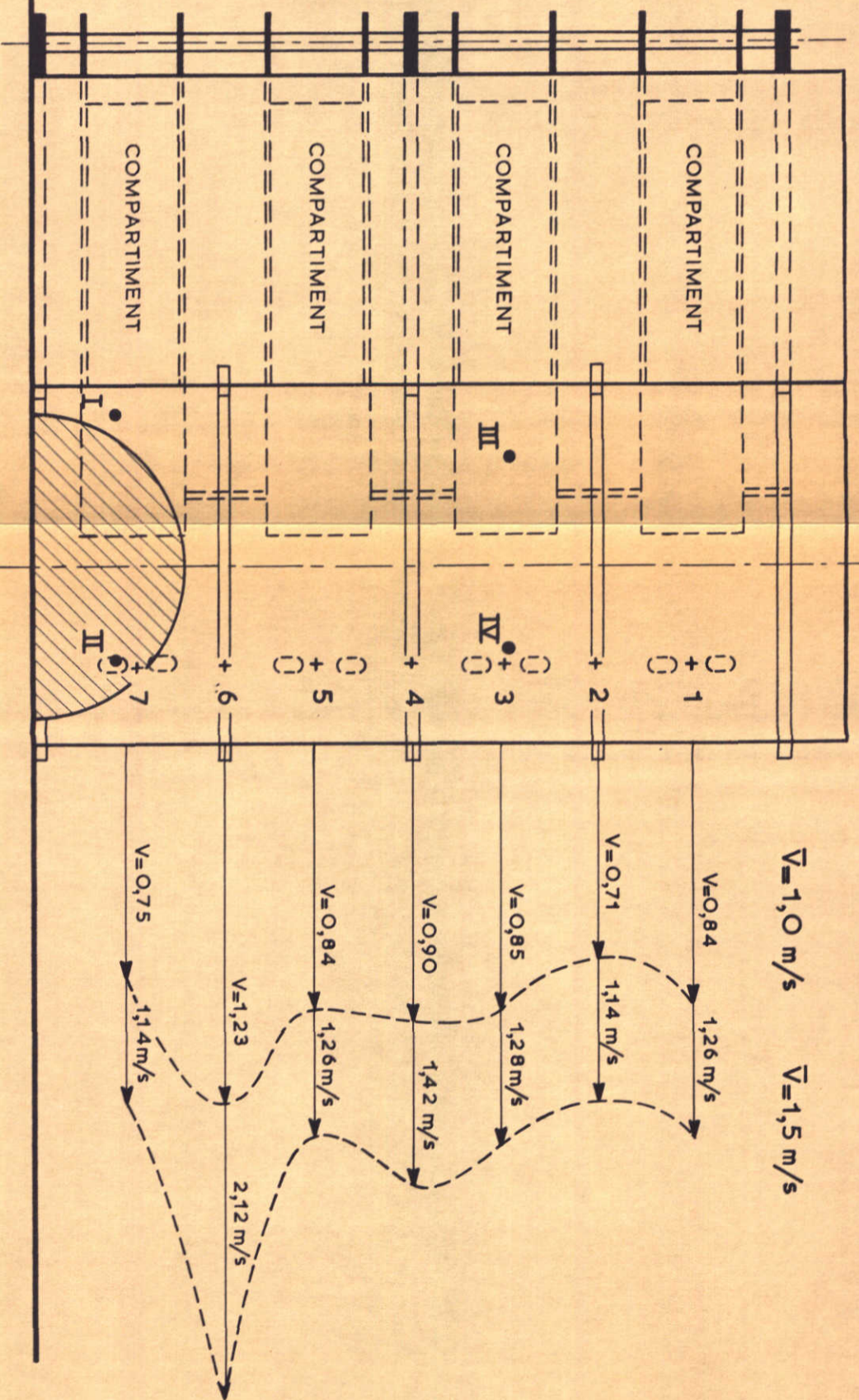
III-IV { $0,039 \text{ m}$
 $0,037 \text{ m}$

{ $0,104 \text{ m}$
 $0,095 \text{ m}$

I-II { $0,039 \text{ m}$
 $0,034 \text{ m}$

{ $0,104 \text{ m}$
 $0,087 \text{ m}$

BOVENAANZICHT

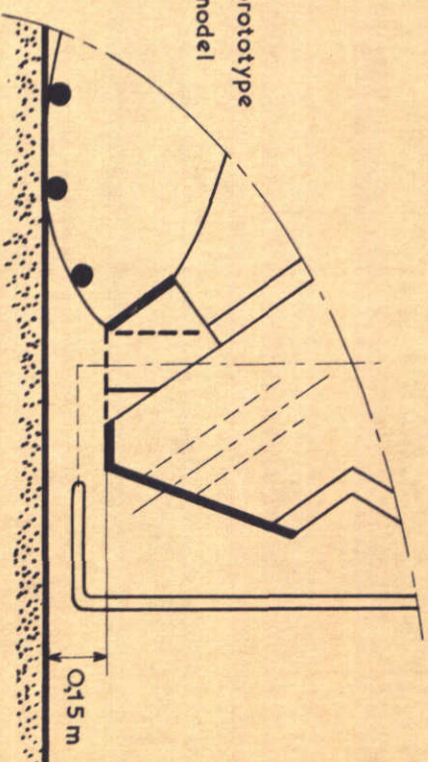


I, II, III en IV zijn drukaansluitingen
+ meetpunt stroomsnelheid
○ plaats uitstroomopeningen

RESULTATEN STROOMSNELHEIDSMETINGEN

zonder onderplaat	
OPENING 15 cm	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R. 460-VI FIG. 7

SCHAAL 1:20 prototype
1:4 model



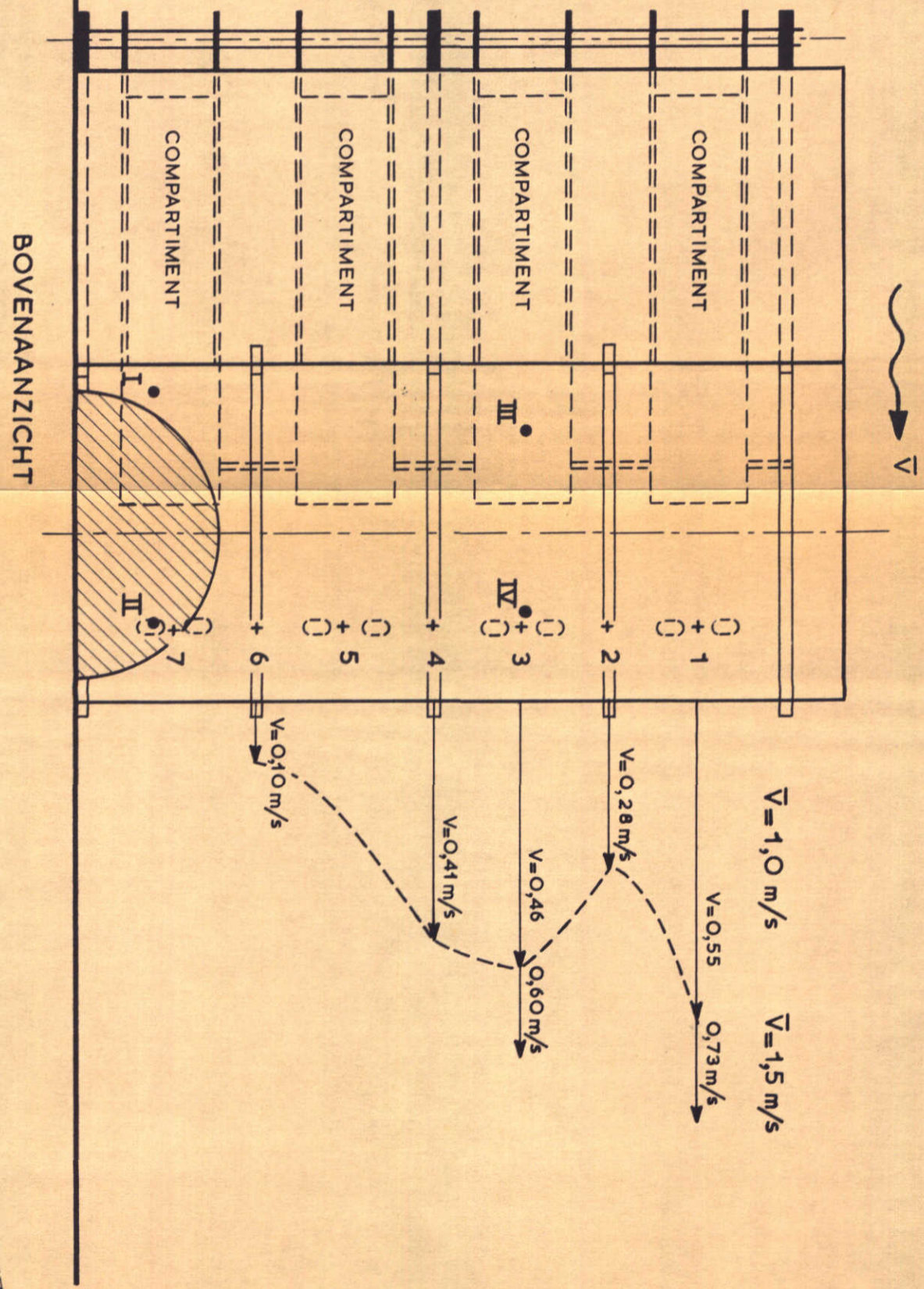
I - II { 0,044 m
0,041 m } 0,099 m }

III - IV { 0,040 m
0,040 m } 0,103 m }

Drukverschillen

$\bar{V} = 1,0 \text{ m/s}$

$\bar{V} = 1,5 \text{ m/s}$

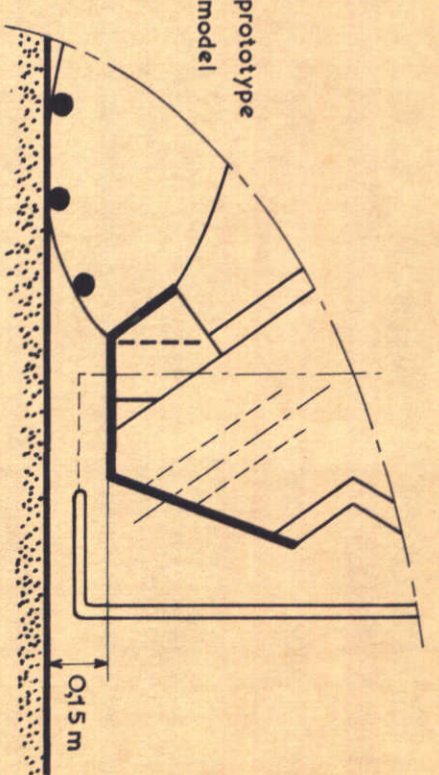


I, II, III en IV zijn drukaansluitingen
+ meetpunt stroomsnelheid
○ plaats uitstroomopeningen

RESULTATEN STROOMSNELHEIDSMETINGEN

met onderplaat	
OPENING	15 cm
R. 460 - VI	FIG. 8

SCHAAL 1:20 prototype
1:4 model

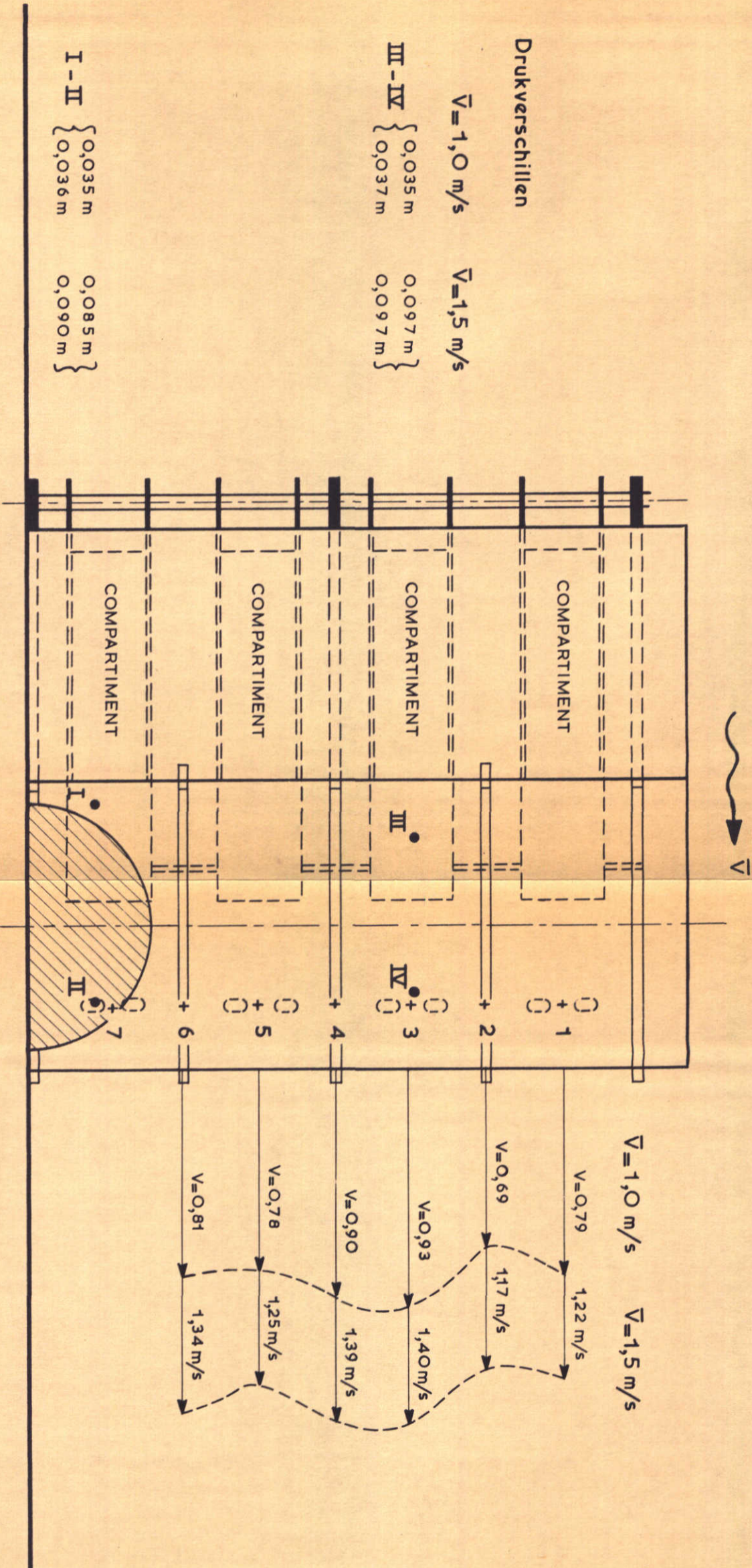


RESULTATEN STROOMSNELHEIDSMETINGEN

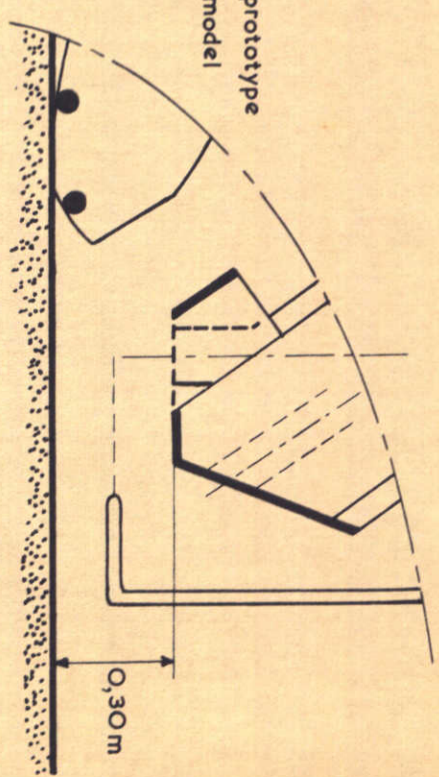
zonder onderplaat	R. 460-VI FIG. 9
OPENING 30 cm	

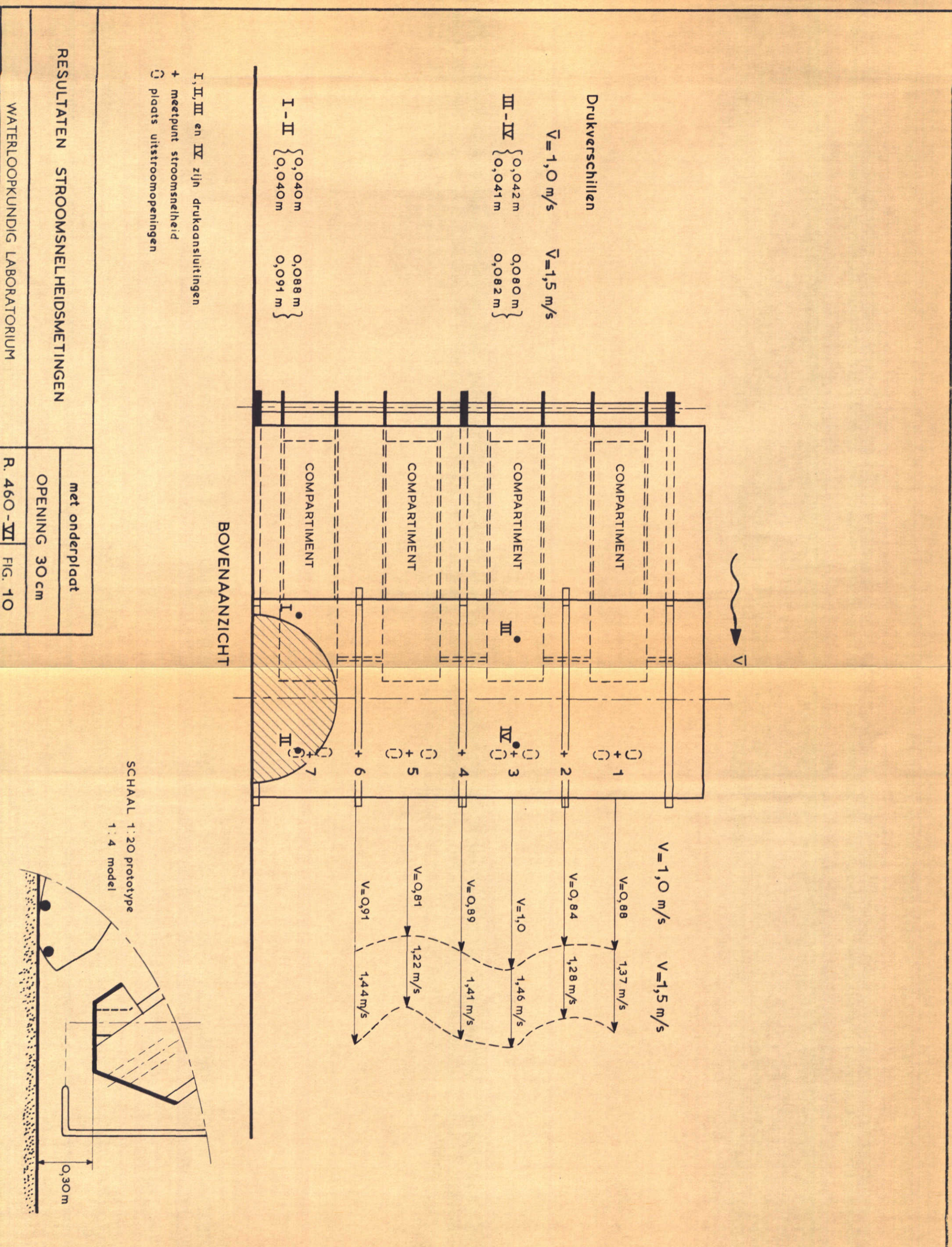
I, II, III en IV zijn drukaansluitingen
 + meetpunt stroomsnelheid
 O plaats uitstroomopeningen

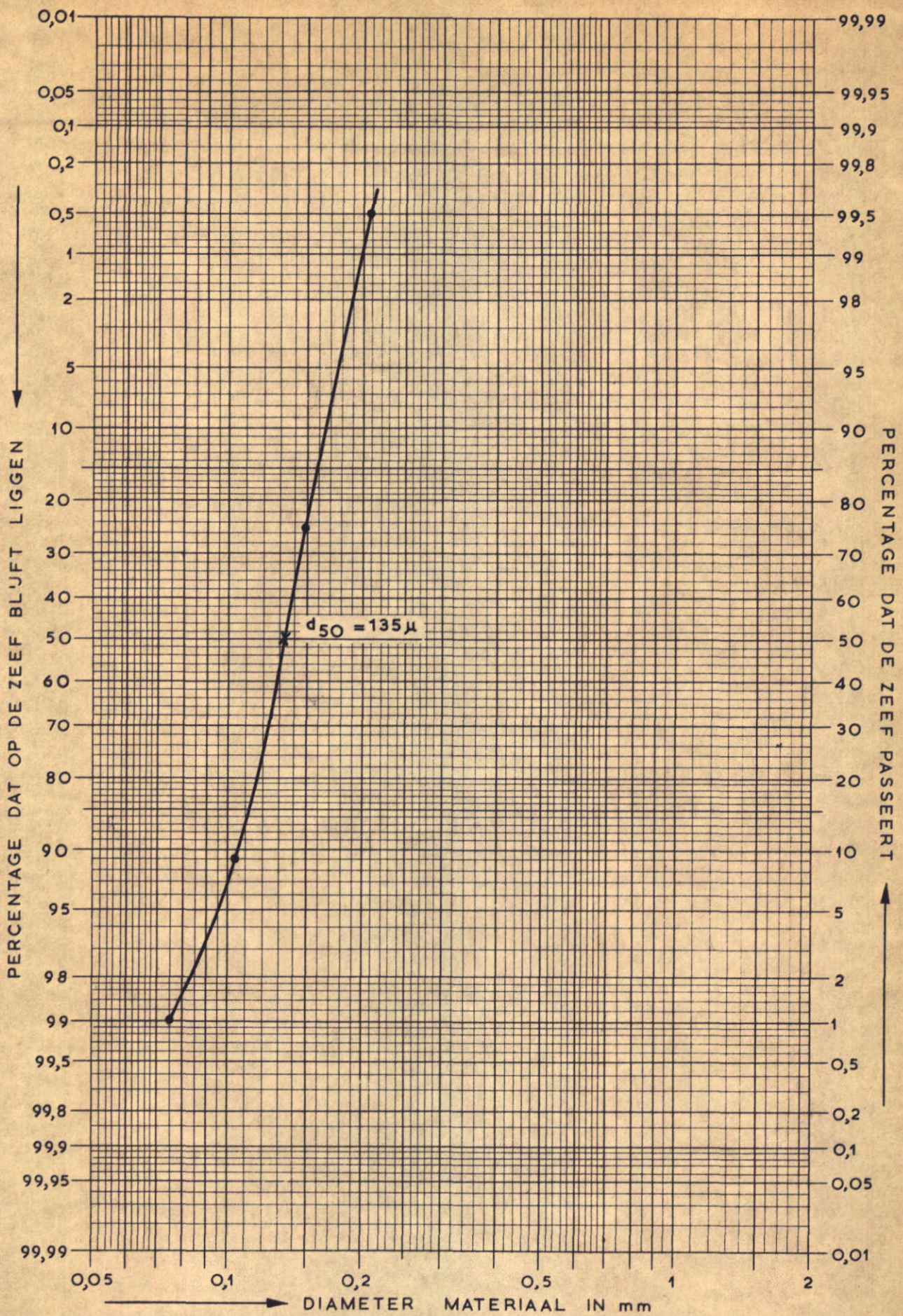
BOVENAANZICHT



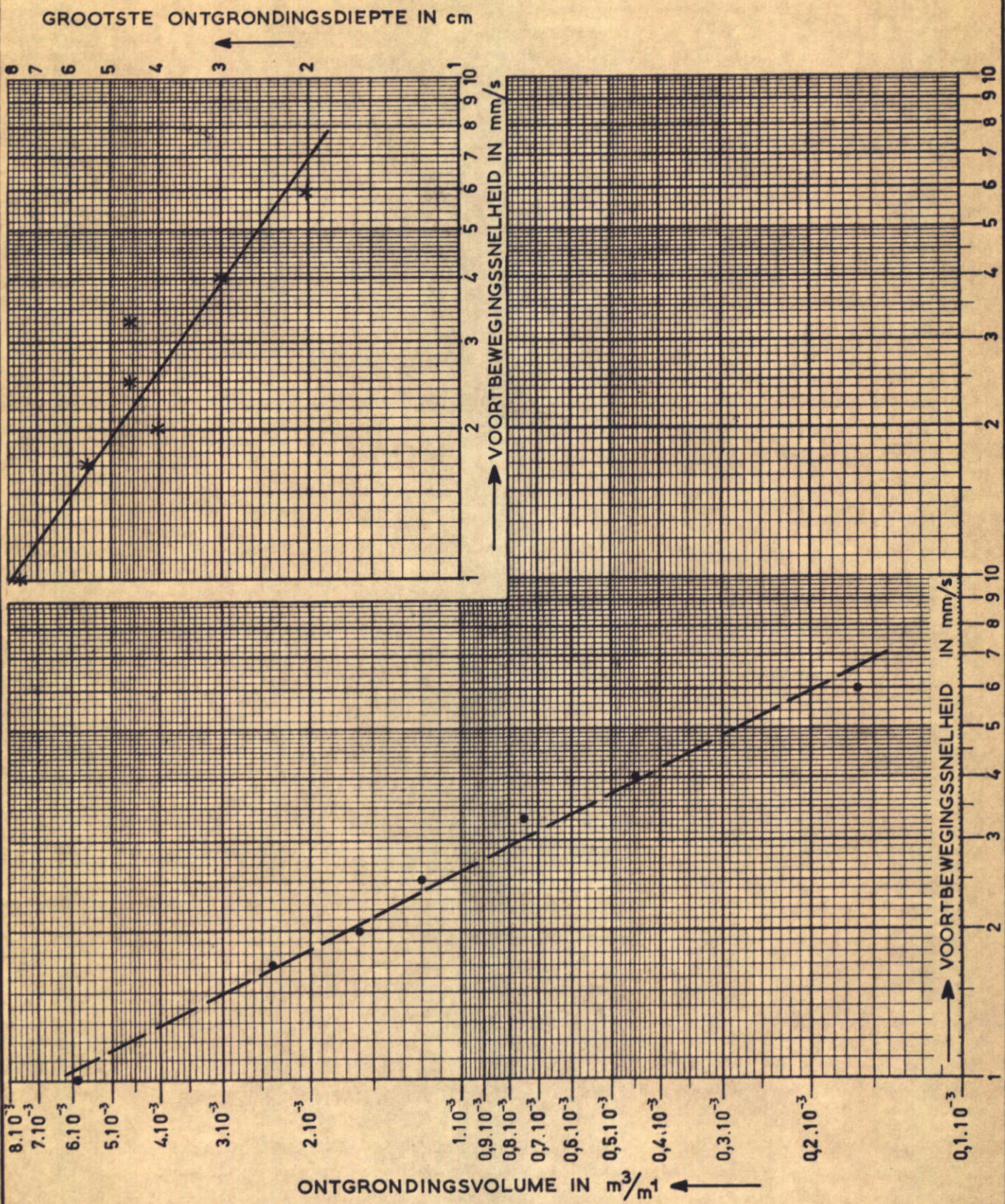
SCHAAL 1:20 prototype
 1:4 model







ZEEFKROMME ZAND IN DE GROTE STROOMGOOT



RELATIE BEWEGINGSSNELHEID-ONTGRONDING



1. Opstelling verdeelapparaat met taster bij de sleepproeven

