

AFVOERKARAKTERISTIEKEN
VOLKERAK DOORLAATCAISSONS

RAPPORT MODELONDERZOEK

EN BEREKENING

AFVOERKARAKTERISTIEKEN

VOLKERAK DOORLAATCAISSONS

Rapport Modelonderzoek
en berekening

Waterloopkundig Laboratorium
Delft M 877

Inhoud

	blz.
<u>1. Inleiding</u>	1
1.1. Opdracht	1
1.2. Gegevens	1
1.3. Onderzoek	1
1.4. Samenvatting van de resultaten	2
<u>2. Model</u>	4
2.1. Schalen	4
2.2. Uitvoering	4
2.3. Te meten grootheden	4
<u>3. Proeven en berekeningen</u>	6
3.1. Algemeen	6
3.2. Invloed tralies op totale weerstand van de caisson	7
3.3. Berekening invloed tralies op de afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson	8
3.4. Afvoercoëfficiënt van de nieuwe caisson. Invloed aanstortingen en verzakken van de caisson op de afvoercoëfficiënt. Verloop van de waterstanden en stroombeelden.	11
3.5. Afvoercoëfficiënt van de drempel zonder caisson	12
3.6. Snelheids- en turbulentieverdeling achter de caisson	13
3.7. Stabiliteit van de drempel en het stortebed achter de doorlaatcaisson.	14
<u>Appendix.</u>	

Figuren

1. Doorlaatcaisson oud ontwerp.
2. Doorlaatcaisson nieuw ontwerp en doorsnede over sluitgat.
3. Opstelling caissonmodel in stroomgoot.
4. Drempel en drempel met doorlaatcaisson in stroom.
5. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (oud ontwerp).
6. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (oud ontwerp).
7. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (oud ontwerp).
8. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (oud ontwerp).
9. Invloed tralieligger op totale weerstand van doorlaatcaisson in stroom.
10. Verval tralieliggers volgens M 652.
11. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (zonder aanstorting).
12. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (aanstorting onder helling 4:5)
13. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (aanstorting onder helling 1:2)
14. Afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson (zonder aanstortingen, caisson 0,5 m weggezakt).
15. Waterspiegel ter weerszijden van doorlaatcaisson.
16. Waterspiegel ter weerszijden van doorlaatcaisson.
17. Waterspiegel ter weerszijden van doorlaatcaisson.
18. Waterspiegel ter weerszijden van doorlaatcaisson.
19. Afvoercoëfficiënt van de drempel als functie van benedenwaterstand en verval.
20. Snelheids- en turbulentieverdeling bij $Q = 4800 \text{ m}^3/\text{sec}$ (door alle caissons) en een ben. waterstand NAP - 1,00 m.
21. Snelheids- en turbulentieverdeling bij $Q = 4800 \text{ m}^3/\text{sec}$ (door alle caissons) en een ben. waterstand NAP + 1,00 m.
22. Snelheids- en turbulentieverdeling op en benedenstreams van de drempel bij $Q = 4800 \text{ m}^3/\text{sec}$. (door alle caissons). Ben. w.st.NAP - 2,20 m.
23. Snelheids- en turbulentieverdeling op de drempel direct achter de caisson bij $Q = 4800 \text{ m}^3/\text{sec}$. (door alle caissons). Ben. w.st.NAP - 2,20 m.
24. Snelheidsregistratie op en benedenstreams van de drempel.
25. Gewichtsverdeling stortsteen zoals weergegeven in model.
26. Stabiliteit steenbestorting als functie van debiet en benedenwaterstand.

Foto's

1. Doorlaatcaisson.
2. Doorlaatcaisson in stroomgoot.
3. Stroombeeld benedenstrooms van de caisson.
4. Stroombeeld in en vlak achter de caisson. Ben. waterst. NAP - 2,50 m.
5. Stroombeeld in en vlak achter de caisson. Ben. waterst. NAP - 1,00 m.
6. Stroombeeld in en vlak achter de caisson. Ben. waterst. NAP + 0,50 m.
7. Stroombeeld in en vlak achter de caisson. Ben. waterst. NAP + 2,00 m.

Afvoercharacteristieken Volkerak Doorlaatcaissons.

1. Inleiding.

1.1. Opdracht.

Door het hoofd van de Waterloopkundige afdeling van de Rijkswaterstaat (Deltadienst) te 's-Gravenhage is per schrijven d.d. 4 augustus 1965 brief no. 4357 aan het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven een onderzoek in te stellen naar de afvoercharacteristieken van de doorlaatcaissons, welke gebruikt zullen worden bij de Volkerakafsluiting.

De proeven zijn uitgevoerd onder leiding van ir. C. Jonker, die ook het verslag samenstelde. In verband met wijzigingen in het ontwerp van de caisson na afloop van het modelonderzoek bleek een aanvullend onderzoek nodig. De resultaten van dit aanvullende onderzoek zijn in een appendix achter in het rapport samengevat. De aanvullende metingen zijn uitgevoerd onder leiding van ir. T.M. Andriessen die ook de appendix samenstelde.

1.2. Gegevens.

Aanvankelijk zijn proeven uitgevoerd met de caisson volgens fig. 1. Later is dit ontwerp gewijzigd volgens tek. V^o 646^a van de Rijkswaterstaat (fig. 2). De caisson is geplaatst op een drempel met een kruinbreedte van 40 m en taluds onder een helling van 1:6. De kruin van de drempel ligt op NAP - 7,00 m, de bodem op NAP - 9,00 m. (fig. 2). De bovenzijde van de drempel en de aansluitende stortebedden tot een totale lengte van 100 m. uit de as van de drempel zijn bestort met maassteen 80-200 kg ($\rho_{\text{maassteen}} = 2600 \text{ kg/m}^3$).

De caisson met de drempel is geheel symmetrisch gebouwd waardoor het model slechts in één richting behoefde te worden aangestroomd.

De bovenwaterstand varieert van NAP + 3,00 m tot NAP - 1,50 m.

De benedenwaterstand volgt de bovenwaterstand met een verschil dat varieert van 0,00 m tot 1,00 m.

1.3. Onderzoek.

Het onderzoek bevat de volgende onderdelen:

- a. de bepaling van de afvoercoëfficiënt van de caisson als functie van de waterstand en het verval.

Reeds tijdens de bouw van de caisson volgens fig. 1 werd bekend dat dit ontwerp gewijzigd zou worden.

Tijdens de ontwerpfase van de nieuwe caisson is de invloed van de tralies op de afvoercoëfficiënt bepaald door metingen met de caisson volgens fig. 1 met en zonder tralies.

Tevens is de invloed van de vormgeving van de tralies bepaald door deze in model te vervangen door enkele strippen.

Verder zijn de afvoercoëfficiënten bepaald van de oude caisson met het toen reeds globaal bekende, nieuwe type tralies, teneinde reeds in een vroeg stadium een indruk te verkrijgen van de afvoercoëfficiënt van het nieuwe ontwerp.

Tenslotte zijn de afvoercoëfficiënten van de nieuwe caisson gemeten, waarbij tevens de invloed van aanstortingen tegen de caisson en het inzakken van de caisson in de drempel op de afvoercoëfficiënt is bepaald.

- b. de bepaling van de afvoercoëfficiënt van de drempel (zonder caisson) als functie van waterstand en verval.
- c. de bepaling van de snelheids- en turbulentieverdelingen boven het stortebed en het verloop van de waterspiegel, dit steeds voor een paar toestanden.
- d. het onderzoek naar de stabiliteit van het stortebed.

1.4. Samenvatting van de resultaten.

Uit de metingen met de caisson met en zonder tralies is gebleken, dat de tralieliggers een belangrijke invloed uitoefenen op de grootte van de afvoercoëfficiënt[≠] (fig. 5 t/m 8). De vormgeving van de tralies blijkt weinig invloed te hebben op de afvoercoëfficiënt (fig. 6 en 7). De invloed van de tralieliggers volgens het nieuwe ontwerp op de afvoercoëfficiënt verschilt slechts weinig van die volgens het oude ontwerp (fig. 5 t/m 8).

In fig. 11 zijn de afvoercoëfficiënten gegeven voor het definitieve ontwerp van de caisson als functie van de benedenwaterstand en het verval. Fig. 12 t/m 17 toont de afvoercoëfficiënt van de caisson met respectievelijk aanstortingen onder een helling 4:5 en 1:2 en de caisson een 0,5 m in de dam gezakt. De veranderingen in afvoercoëfficiënt zijn voor alle gevallen zeer gering.

[≠] Voor de definitie van de afvoercoëfficiënt zie blz. 8.

In de fig. 15 t/m 18 is het verloop van de waterstand vanaf 90 m bovenstrooms tot 85 m benedenstrooms van de lengteas van de caisson weergegeven voor verschillende waterstanden en vervallen.

De foto's 3 t/m 7 geven voor enkele gevallen de stroombeelden in en direct benedenstrooms van de caisson weer.

In fig. 19 wordt de afvoercoëfficiënt van de drempel zonder caisson getoond. De afvoercoëfficiënt blijkt, voor het onderzochte gebied, onafhankelijk van waterstand en verval gelijk aan 1 te zijn.

Snelheids- en turbulentiemetingen achter de caisson zijn verricht bij een debiet van $400 \text{ m}^3/\text{sec}$ per caisson ($\hat{=} 4800 \text{ m}^3/\text{sec}$ voor het gehele sluitgat). Fig. 20 en 21 geven de resultaten respectievelijk voor een benedenwaterstand van NAP - 1,00 m en NAP + 1,00 m.

In fig. 26 is de stabiliteit van het stortebed (voor de gewichtsverdeling van het steenmateriaal zie fig. 25) als functie van de benedenwaterstand (85 m benedenstrooms van as drempel) en het debiet weergegeven. Aantasting treedt op nadat het stroombeeld achter de caisson omslaat en er een dekneer achter de caisson ontstaat.

Voor het omslaan van het stroombeeld trillen er reeds stenen maar een uitvoerige snelheids- en turbulentiemeting benedenstrooms van de caisson voor een dergelijk stroombeeld toonde aan (fig. 22 t/m 24) dat er dan nog geen gevaar voor aantasting bestaat.

Tenslotte is uit een proef gebleken dat ook als tijdens de sluitingsmanoeuvre van de schuiven één van de schuiven niet zou functioneren er geen gevaar voor aantasting van het stortebed bestaat.

Na afloop van het modelonderzoek zijn nog verschillende wijzigingen in het ontwerp van de caisson aangebracht. Dit leidde tot aanvullend onderzoek. De resultaten van dit aanvullende onderzoek zijn in de appendix achter in dit rapport samengevat.

2. Model.

2.1. Schalen.

De keuze van de schaal van het model is zodanig geweest dat de gemeten grootheden en waargenomen verschijnselen goed naar het prototype konden worden overgebracht en tevens van een bestaande stroomgoot gebruik kon worden gemaakt.

Gekozen is een lengteschaal = hoogteschaal $n_L = 26$; hierbij konden ook de tralieafmetingen van het oude caissonontwerp eenvoudig in model worden gerealiseerd.

Volgens de modelwet van Froude worden de andere schalen:

$$\text{snelheid: } n_v = n_L^{\frac{1}{2}} = 5,1$$

$$\text{debiet : } n_Q = n_L^{5/2} = 3510$$

2.2. Uitvoering.

Het in fig. 1. weergegeven oude ontwerp van de doorlaatcaisson is voor de helft in model gebracht. De caisson zelf is van trovidur vervaardigd terwijl de tralies in messing zijn uitgevoerd.

In fig. 2 is het nieuwe ontwerp van de caisson weergegeven. De tralies zijn als enkele strippen uitgevoerd met een breedte van 18cm prototype. Zowel de caisson zelf als de tralies zijn van trovidur vervaardigd.

De stroomgoot (fig. 3), uit baksteen vervaardigd, is ter bevordering van een goede aanstroming aan bovenstroomse zijde voorzien van een overlaat, een houten rooster en geperforeerde bakstenen.

De waterstand is regelbaar door middel van een aan benedenstroomse zijde geplaatste in hoogte regelbare overlaat. Ter weerszijden van de dam is de bodem tot op 100 m uit de as van de dam voorzien van een steenbestorting.

2.3. Te meten grootheden.

De debieten zijn gemeten met behulp van een meetoverlaat in de aanvoerleiding naar het model.

Grotere debieten zijn gemeten door middel van een in de aanvoerleiding geplaatste meetbocht.

De meetbocht is geijkt via de meetoverlaat, en via snelheidsmetingen met micromolens in de stroomgoot. Waterniveaus ter weerszijden van de caisson zijn gemeten met behulp van statische buizen. De energiehoogte bovenstrooms is bepaald door bij de gemeten waterhoogte de uit het debiet te berekenen snelheidshoogte op te tellen.

Watersnelheden en turbulenties zijn gemeten met behulp van een micromolen. Het gemeten signaal is na versterking zowel geregistreerd met een bandopnameapparaat als met een penschrijver.

3. Proeven en berekeningen.3.1. Algemeen.

Voor een overlaat (zie fig. 4^A) geldt bij verwaarlozing van de wrijving dat $H=h+ v^2/2g$ 1
 waarin:

H : energiehoogte voor en t.p.v. de dam, in m

h : waterhoogte op de dam, in m

v : watersnelheid boven de dam, in m/sec

Uit (1) volgt dat $v = \sqrt{2g(H-h)}$ of $q = h\sqrt{2g(H-h)}$ 2
 als q de afvoer per m' damlengte is.

De waterhoogte op de dam is in het algemeen moeilijk te meten, daarom wordt in de formule (2) de factor h vervangen door h_2 , terwijl de fout gecorrigeerd wordt door invoering van de afvoercoëfficiënt μ dus:

$$q = \mu h_2 \sqrt{2g(H-h_2)} \dots\dots\dots 3$$

In het gegeven geval bij verwaarlozing van de wrijving geldt dat $\mu > 1$. Wordt de wrijving in rekening gebracht dan neemt μ weer af.

Wordt op de dam een doorlaatcaisson geplaatst (fig. 4^B) dan blijft formule (3) geldig met dien verstande dat H en h_2 t.o.v. de bovenkant van de caissondrempel worden gemeten.

Formule (3) wordt:

$$\mu = \frac{Q}{F \sqrt{2gz}}$$

waarin,

Q = debiet door de caisson, in m³/sec

z = $H-h_2 = h_1 + v_1^2/2g - h_2$, in m

h_1 = waterhoogte bovenstrooms van de caisson t.o.v. bovenkant caisson-drempel, in m

h_2 = waterhoogte benedenstrooms van de caisson t.o.v. bovenkant caisson-drempel, in m


$v_1^2/2g$ = snelheidshoogte bovenstrooms van de caisson, in m

F = $h_2 \cdot l$, in m²

l = lengte van de caisson verminderd met de gesommeerde dikte van de tussenschotten, in m.

De waterhoogte h_1 is gemeten op 90 m bovenstrooms, de waterhoogte h_2 op 85 m benedenstrooms van de caisson.





3.2. Invloed tralies op totale weerstand van de caisson.

Het oorspronkelijk ontwerp van de caisson bestond uit een vloerplaat met vijf ribben dwars op de stroomrichting en twee stel tralieliggers  26. (fig. 1).





Hoewel reeds voor het begin van de proeven bekend werd dat dit ontwerp geheel gewijzigd zou worden zijn toch de afvoercoëfficiënten van dit caisson bepaald, juist om het aandeel van de tralies in de afvoercoëfficiënt te bepalen.

Daartoe zijn de afvoercoëfficiënten van de caisson gemeten met en zonder tralies. Fig. 5 t/m 8 tonen de afvoercoëfficiënt als functie van het verval en de waterstand.

Bij deze proeven was de steenbestorting slechts benedenstrooms van de drempel aangebracht. Uit de genoemde figuren blijkt dat de tralies een belangrijke invloed hebben op de grootte van de afvoercoëfficiënt. Gemiddeld is de afvoercoëfficiënt van de caisson met tralies ca 25% lager dan die van de caisson zonder tralies.

De invloed van de vormgeving van de tralies op de afvoercoëfficiënt is nagegaan door de tralies  26 te vervangen door een eenvoudige strip  26. Fig. 6 en 7 geven de meetresultaten. De afvoercoëfficiënt voor de caisson met de eenvoudige tralies  26 ligt 1 à 1,5 % lager dan die voor de caisson met de tralies  26. Dit geringe verschil was dan ook de aanleiding tot het besluit om voor het nieuwe ontwerp van de caisson in model eenvoudige strippen als tralies toe te passen.

In dit stadium van het onderzoek was reeds bekend, dat in het nieuwe ontwerp van de caisson 4 tralieliggers met een breedte loodrecht op de stroom van 18 cm, zouden worden toegepast. De h.o.h. afstand van de tralies zou worden 6,00 m - 2,35 m - 6,00 m.

Vooruitlopend op het nieuwe onderzoek, om reeds in een vroeg stadium een indruk te hebben van de afvoercoëfficiënt van het nieuwe ontwerp, zijn voor de oude caisson met 4 tralies  18 de afvoercoëfficiënten gemeten. Ook deze resultaten zijn in fig. 5 t/m 8 verwerkt. Het blijkt dat de verschillen in afvoercoëfficiënt van de caissons met tralieliggers  26 ( 26) en  18 zeer gering zijn.

In de volgende paragraaf wordt het grote verschil in afvoercoëfficiënt van de caisson met of zonder tralies nader geanalyseerd terwijl tevens het geringe verschil in afvoercoëfficiënt van de caisson met 2 tralieliggers | 26 of 4 tralieliggers | 18 wordt verklaard.

3.3. Berekening invloed tralies op de afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaisson.

Met behulp van de resultaten aangegeven in fig. 5 t/m 8 kan het aandeel van de tralies in de afvoercoëfficiënt beschouwd worden.

Volgens definitie geldt: $\mu = \frac{Q}{F\sqrt{(H-h_2)2g}}$

Bij benadering kan gesteld worden dat:

$$\mu = \frac{v}{\sqrt{2g(H-h_2)}} \quad \text{als } v \text{ de snelheid in de caisson is.}$$

$$\text{Dus } H-h_2 = \frac{1}{\mu^2} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots 1$$

Stellen we: μ = afvoercoëfficiënt van de caisson met tralies

μ_1 = afvoercoëfficiënt van de caisson zonder tralies

en $\Delta H_{\text{tralies}}$ = energiehoogteverlies ten gevolge van de tralies.

$$\text{dan geldt: } \Delta H_{\text{tralies}} = \frac{1}{\mu^2} \frac{v^2}{2g} - \frac{1}{\mu_1^2} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots 2$$

waarbij veronderstelt wordt dat de tralies geen invloed hebben op de gemiddelde snelheid in de caisson, (fig. 9^A)

$$\Delta H_{\text{tralies}} = \left(\frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{\mu_1^2} \right) v^2/2g = \xi_{\text{tr.}} v^2/2g \text{ dus}$$

$$\xi_{\text{tr.}} = \frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{\mu_1^2} \dots\dots\dots 3$$

Door substitutie van de in fig. 5 t/m 8 aangegeven waarden in (3) wordt gevonden:

Voor een bovenwaterstand NAP + 3,00 m	$\zeta_{tr.} = 0,71$
" " " NAP + 1,50 m	" = 0,76
" " " NAP	" = 0,77
" " " NAP - 1,50 m	" = 0,72.

Als gemiddelde waarde: $\zeta_{tr.} = 0,74$.

Fig. 10 geeft een uit modelrapport M 652 bepaalde grafiek weer waarin de verliescoëfficiënt van twee achter elkaar geplaatste tralieliggers is gegeven als functie van de afstand tussen de tralies.

Is d de breedte van de tralies loodrecht op de stroom en l de afstand tussen de tralies dan geldt voor $l/d > 50$ dat $\zeta_{2 \text{ tralies}} = 2 \zeta_{1 \text{ tralie}}$.

In het beschouwde geval (oude ontwerp) geldt dat $l/d = \frac{1430}{26} > 50$ dus $\zeta_{1 \text{ tralie}} = \frac{0,74}{2} = 0,37$.

Wil men nu de tralieverliezen voor de caisson met 4 tralies berekenen dan is het allereerst noodzakelijk te weten hoe deze verliezen ontstaan.

Hiertoe wordt het gezamenlijk oppervlak van de tralieliggers in het zelfde vlak geconcentreerd gedacht tot één ligger in het midden tussen twee dwarsschotten (fig. 9^B)

Uit fig. 9^B blijkt dat:

$$\Delta H_{\text{tralies}} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_3^2}{2g} - \Delta h_2 \dots\dots\dots 4$$

waarin,

v_2 = de snelheid, in de nauwste doorsnede achter de tralies (dsn. II)

v_3 = de snelheid ver benedenstrooms van de tralies. (dsn. III)

Δh_2 = drukhoogteverschil tussen dsn. III en dsn. II.

Verder geldt de continuïteitsvergelijking

$$Q = v_1 b h_1 = v_2 \cdot a \beta b h_2 \longrightarrow v_2 = \frac{h_1}{a \beta h_2} v_1 \dots\dots\dots 5$$

$$v_1 b h_1 = v_3 \cdot b h_3 \longrightarrow v_3 = \frac{h_1}{h_3} v_1 \dots\dots\dots 6$$

waarin:

Q = debiet

v_1 = snelheid bovenstrooms van de tralies (dsn. I)

b = breedte tussen de dwarsschotten

h_1, h_2 en h_3 = waterdiepte respectievelijk in dsn I, II en III.

β = verhoudingsgetal tussen breedte tussen de dwarsschotten met aftrek traliebreedte en breedte tussen de dwarsschotten.

α = contractiecoëfficiënt.

Δh_2 is te berekenen met de impulsvergelijking tussen dsn II en III

$$(\rho g \cdot \frac{1}{2} h_2^2 \cdot b - \rho g \cdot \frac{1}{2} h_3^2 \cdot b) dt = Q dt \cdot \rho v_3 - Q dt \cdot \rho v_2$$

$$\Delta h_2 = \frac{2Q}{g b (h_3 + h_2)} (v_2 - v_3) = \frac{2 v_1^2 h_1^2}{g (h_3 + h_2)} \left(\frac{1}{\alpha \beta h_2} - \frac{1}{h_3} \right) \dots \dots \dots 7$$

Substitutie van vgl 5, 6 en 7 in vgl. 4 geeft:

$$\Delta H_{\text{tralies}} = \frac{v_1^2}{2g} \left\{ \frac{h_1^2}{(\alpha \beta h_2)^2} - \frac{h_1^2}{h_3^2} - \frac{4h_1^2}{h_3 + h_2} \left(\frac{1}{\alpha \beta h_2} - \frac{1}{h_3} \right) \right\}$$

Stelt men $h_1/h_2 = p$ en $h_1/h_3 = q$ dan geldt

$$\Delta H_{\text{tralies}} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{p}{\alpha \beta} - q \right) \left(\frac{p}{\alpha \beta} + q - \frac{4pq}{q+p} \right)$$

en dus:

$$\xi_{\text{tralies}} = \left(\frac{P}{\alpha \beta} - q \right) \left(\frac{P}{\alpha \beta} + q - \frac{4pq}{q+p} \right) \quad 8$$

Ter bepaling van a wordt bij gegeven β een bepaalde stromingsconditie beschouwd.

Stel bijv.: $v_1 = 2$ m/sec en $h_1 = 5,0$ m (waterspiegel \cong NAP), $\beta = 0,885$
(dit komt overeen met het tralieliggerontwerp volgens het oude ontwerp)

de energiehogte in dsn I bedraagt:

$$H_1 = 5,0 + \frac{2^2}{2g} = 5,20 \text{ m.}$$

Voor $\beta = 0,885$ geldt dat $\xi = 0,37$ $\Delta z = 0,37 \frac{2^2}{2g} = 0,0755$

$$\therefore q = \frac{5,00}{4,925} = 1,016.$$

Via iteratie is nu m.b.v. vgl. 8 te bepalen dat $\alpha = 0,76$, waarbij behoort $h_2 = 4,64$ m.

Opm.: voor een gesloten leiding (dus $p = q = 1$ geldt dat $\alpha = 0,73$)

M.b.v. de gegevens uit het verslag M 625 van de Veerse gat caisson is te bepalen dat (voor $\beta = 0,95$) $\alpha = 0,775$ ($\xi_{\text{tralies}} = 0,15$).

Bepaald is dus dat voor $\beta = 0,95$ $a = 0,775$
 en voor $\beta = 0,855$ $a = 0,76$

In het hiernavolgende zal een berekening worden uitgevoerd ter bepaling van de verandering van de afvoercoëfficiënt van de caisson t.g.v. de verandering van het tralieontwerp.

Voor de nieuwe caisson met 4 tralieliggers geldt $\beta = 0,905$. Uit het voorgaande kan gesteld worden dat $a = 0,77$. Met de reeds genoemde stromingsconditie met $h_1 = 5,0$ m en $v_1 = 2$ m/sec kan dan via vgl. 8 afgeleid worden dat $\xi_{\text{tralies}} = 0,25$.

Dit geldt dus voor een vrijstaande tralieligger. Het totale verlies van 4 tralies tezamen kan worden bepaald met behulp van fig. 10.

De h.o.h.-afstanden van de tralies bedragen respectievelijk 6,10 m, 2,35 m en weer 6,10 m. De traliebreedte loodrecht op de stroom bedraagt 0,18 m. Hieruit volgt dat l/d respectievelijk 34, 13 en 34 is.

Het verlies over de meest bovenstroomse tralie is dan ca. 85 %, over de volgende ca. 35 %, de daaropvolgende weer 85 % en de laatste 100 % van het verlies over een vrijstaande tralie.

$$\text{Dus } \xi_{\text{tralies}} = 3,1 \cdot 0,25 = 0,763$$

Voor de oude caisson geldt dat $\xi_{\text{tralies}} = 0,74$

Wordt voor beide ontwerpen van de caissons $\mu_1 = 1$ gesteld (dit is alleen gemeten bij de eerste caisson) dan geldt voor de caisson met twee tralies ($\xi_{\text{tralies}} = 0,74$), volgens vgl. 3 dat $\mu = 0,76$.

Voor de caisson met 4 tralies ($\xi_{\text{tralies}} = 0,775$) wordt berekend dat $\mu = 0,755$.

Deze berekening bevestigt dus de meetresultaten die aantoonen dat de verschillen in afvoercoëfficiënt van beide typen caissons in de orde van de meetnauwkeurigheid liggen.

3.4. Afvoercoëfficiënten van de nieuwe caisson. Invloed aanstortingen en verzakken van de caisson op de afvoercoëfficiënt. Verloop van de waterstand Stroombeelden.

Het nieuwe ontwerp van de caisson bestaat uit een vloerplaat met 6 ribben hoog 2,00 m dwars op de stroomrichting en 4 stel tralieliggers met een breedte loodrecht op de stroom van 18 cm (in model tralies 18). De drempel met de aansluitende stortebedden tot 100 m uit de as van de drempel zijn bestort met maassteen 80 - 200 kg. (fig. 2).

In fig. 11 is de gemeten afvoercoëfficiënt uitgezet als functie van de benedenwaterstand en het verval. Voor het beschouwde gebied is de afvoercoëfficiënt onafhankelijk van het verval terwijl de invloed van de benedenwaterstand slechts gering is.

Een benedenwaterstandsvariatie van NAP - 2,50 m tot NAP + 2,75 m geeft een variatie in afvoercoëfficiënt van 0,755 tot 0,785 (variatie ca. 4 %).

Voor het oude ontwerp was de variatie in afvoercoëfficiënt voor overeenkomstige waterstanden veel groter nl. van 0,7 tot 0,8 (fig. 5 t/m 8). Het grote verschil tussen beide series metingen is hoogstwaarschijnlijk een gevolg van het verschil in bodemruwheid bovenstrooms van de drempel en het verschil in de vormgeving van de vloer van de caissons.

Voor een paar gevallen is de invloed van aanstortingen tegen de caisson en het inzakken van de caisson in de drempel op de afvoercoëfficiënt bepaald. Fig. 12 en 13 tonen de afvoercoëfficiënt voor aanstortingen onder een helling 4:5 en 1:2. Voor de lagere waterstanden neemt de afvoercoëfficiënt iets toe terwijl voor de hogere waterstanden de afvoercoëfficiënt niet verandert t.o.v. de afvoercoëfficiënt van de caisson zonder aanstortingen. De gemeten toename in afvoercoëfficiënt is echter van secundair belang.

Fig. 14 toont de afvoercoëfficiënt voor de caisson die een 0,5 m in de drempel is gezakt. Hierbij is de afvoercoëfficiënt betrokken op het vergrootte doorstromingsprofiel. Ook nu is de verandering in afvoercoëfficiënt zeer gering. In de fig. 15 t/m 18 is het verloop van de waterstand vanaf 90 m. bovenstrooms tot 85 m benedenstrooms van de lengteas van de caisson weergegeven voor verschillende waterstanden en vervallen.

De foto's 3 t/m 7 geven voor enkele gevallen de stroombeelden in en direct benedenstrooms van de caisson weer.

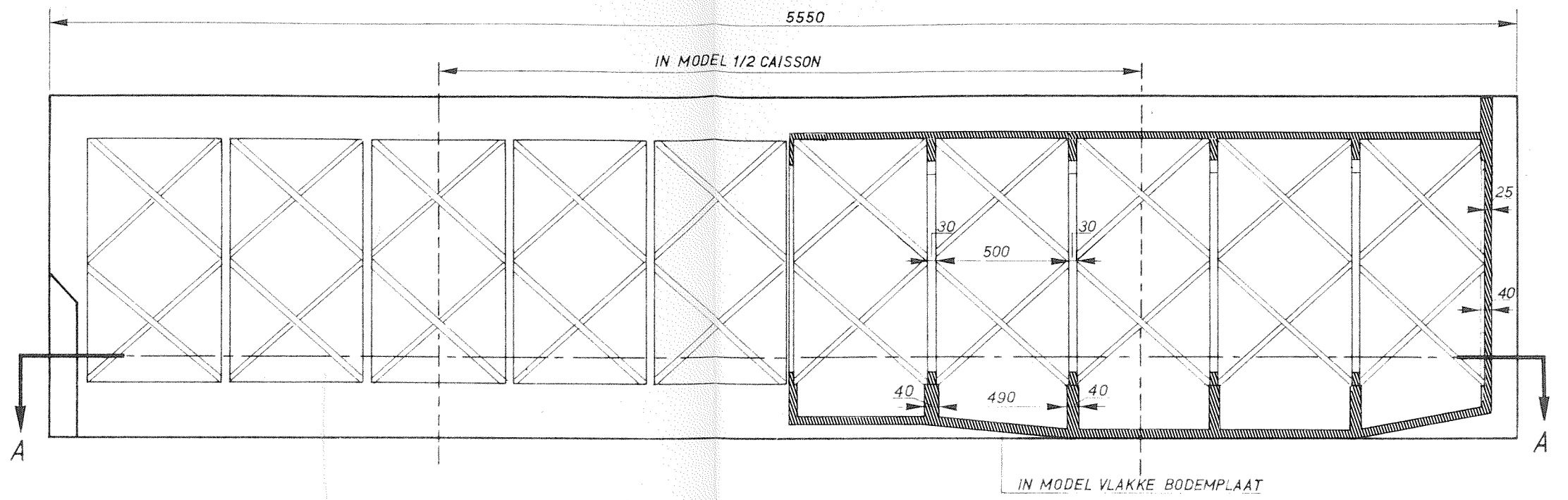
Voor de invloed van de na afloop van het onderzoek aangebrachte wijzigingen in het ontwerp van de caisson op de afvoercoëfficiënt wordt verwezen naar de appendix achter in dit rapport.

3.5. Afvoercoëfficiënt van de drempel zonder caisson.

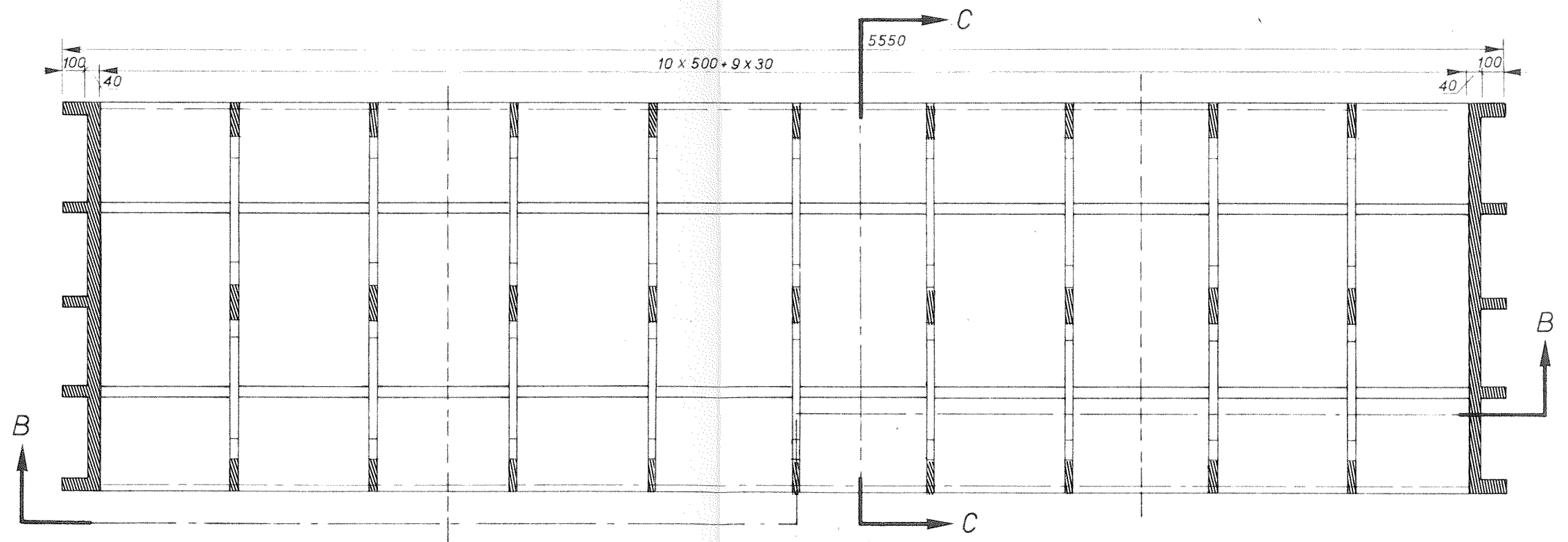
Voor de stortstenen drempel met aan weerszijden stortebedden tot 100 m uit de as van de drempel (toegepaste stortsteen 80 - 200 kg) is de afvoercoëfficiënt als functie van de waterstand en het verval bepaald.

3. caisson 0,5 m in de dam gezakt. Hierdoor ligt het niveau van de bovenkant van de onderschuif op NAP - 1,50 m.

Het blijkt, dat , bij een bovenwaterstand van NAP + 2,00 m., pas aantasting t.g.v. de duikende straal optreedt bij een benedenwaterstand lager dan NAP - 0,50 m., zodat onder de genoemde omstandigheden de stabiliteit van de drempel van het stortebed gewaarborgd is.



VERTICALE DOORSNEDE B-B

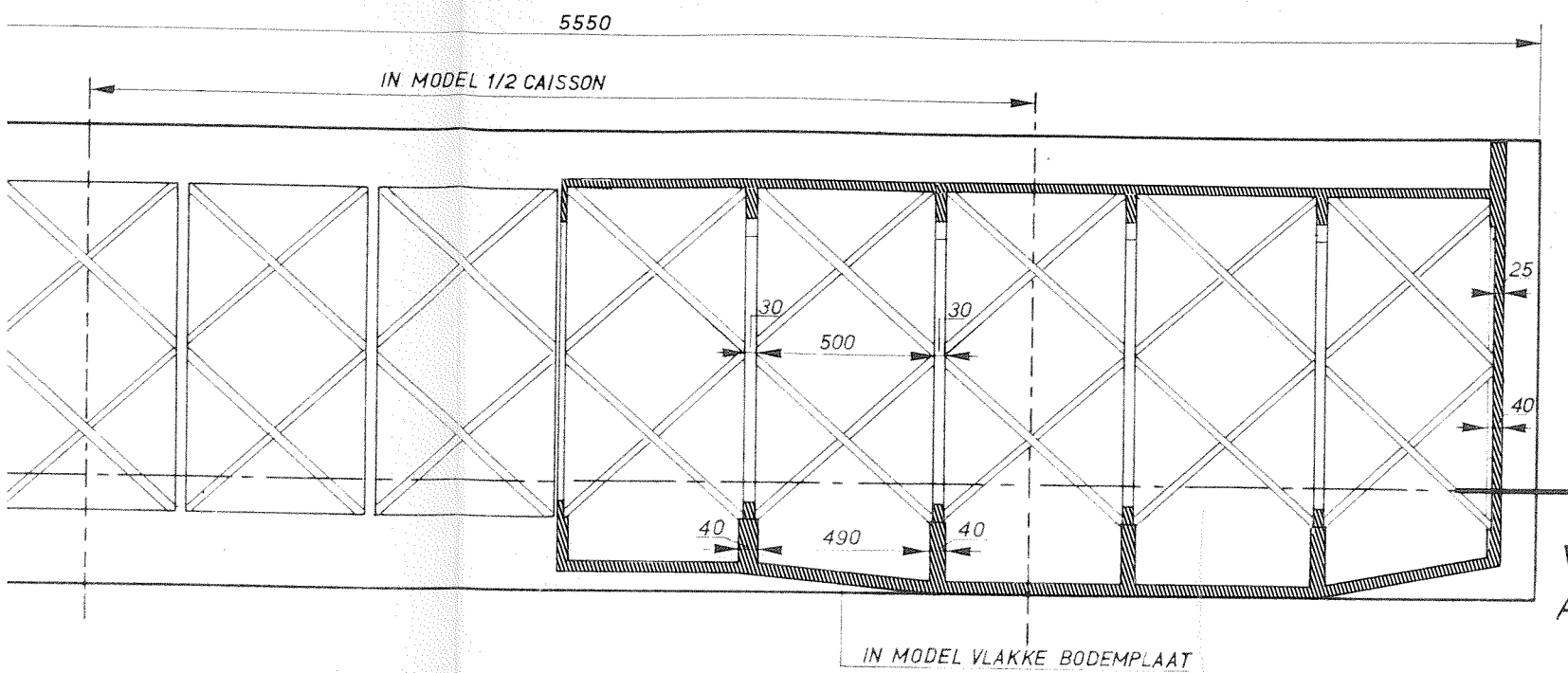


HORIZONTALE DOORSNEDE A-A

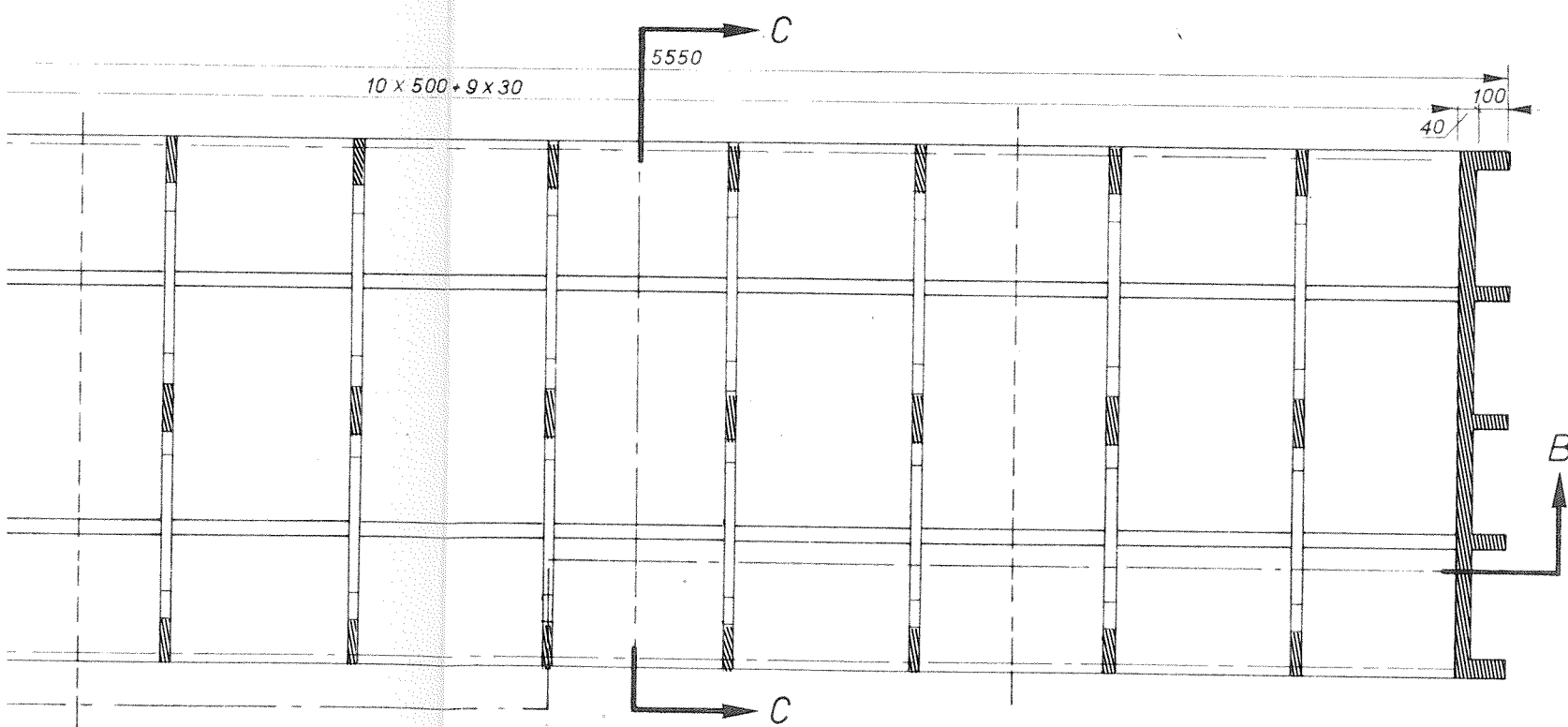
DOORLAATCAISSON OUD ONTWERP		F
	SCHAAL	A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.877-1001	FIG.1

MATEN IN cm. PROTOTYPE.

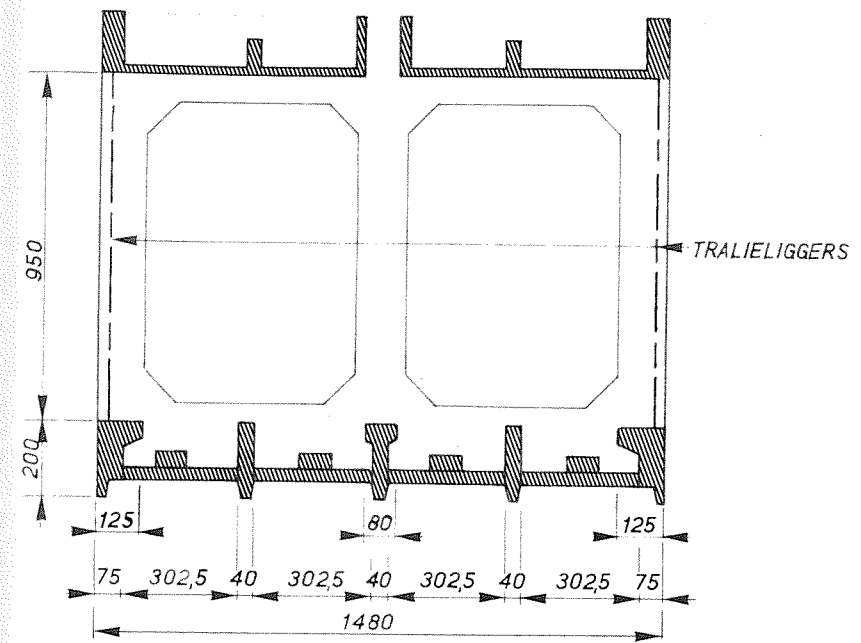
t.o.v. PROT. 1:1200, 1:10
t.o.v. MODEL 1:177, 1:0385



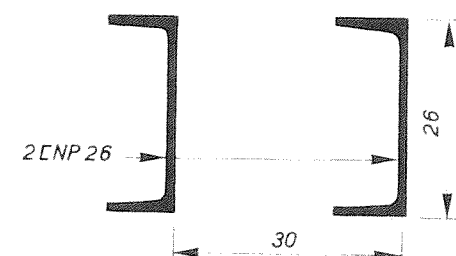
VERTICALE DOORSNEDE B-B



HORIZONTALE DOORSNEDE A-A



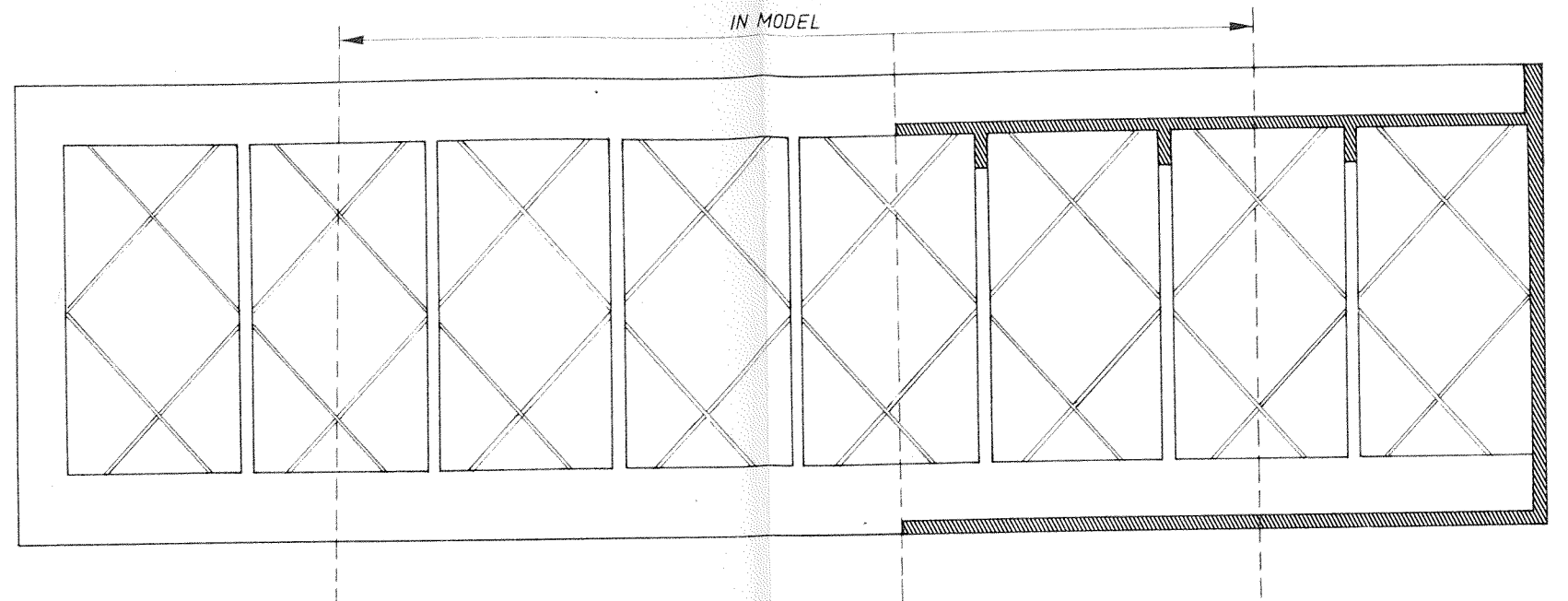
DWARSDOORSNEDE C-C



DOORSNEDE E-E

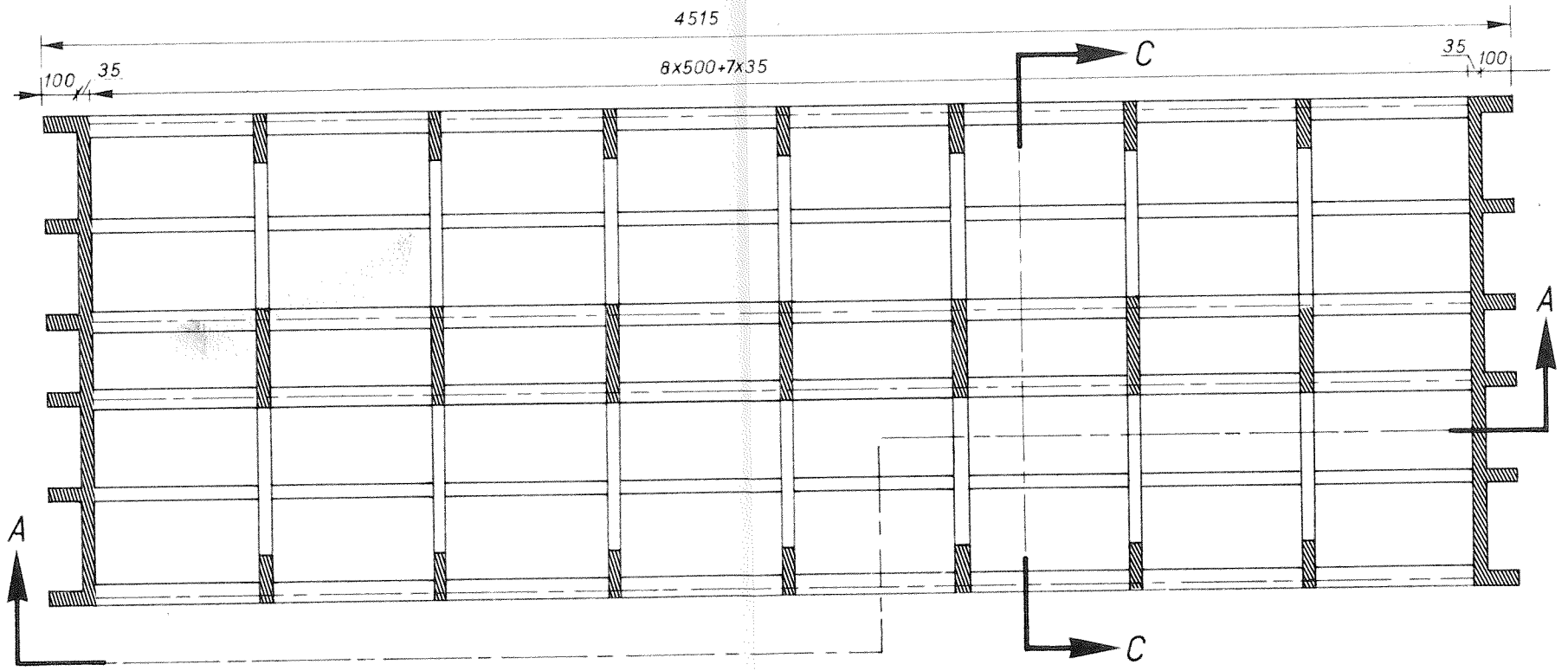
		F
SCHAAL	t.o.v. PROT. 1:1200; 1:10 t.o.v. MODEL 1:177; 1:0385	A3
M.877-1001	FIG.1	

MATEN IN cm. PROTOTYPE.



TRALIELIGG.

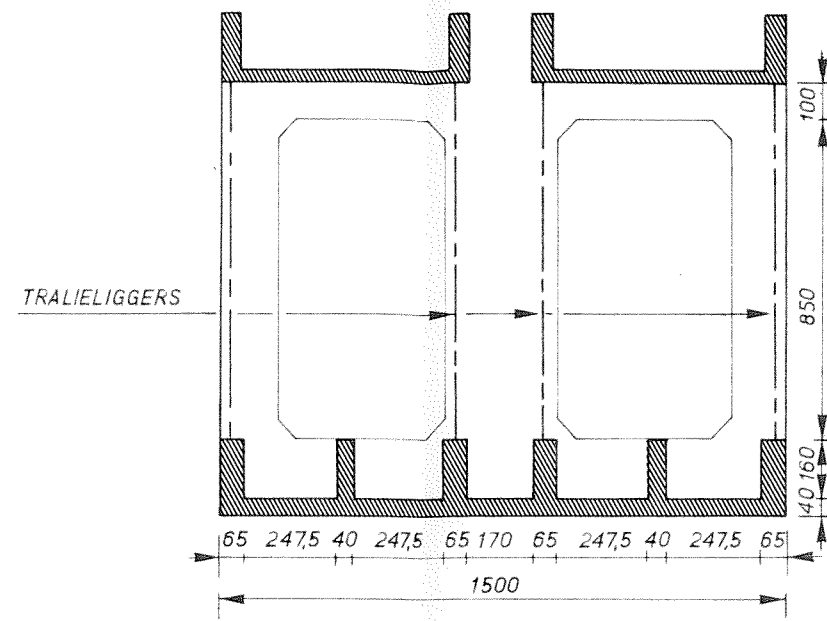
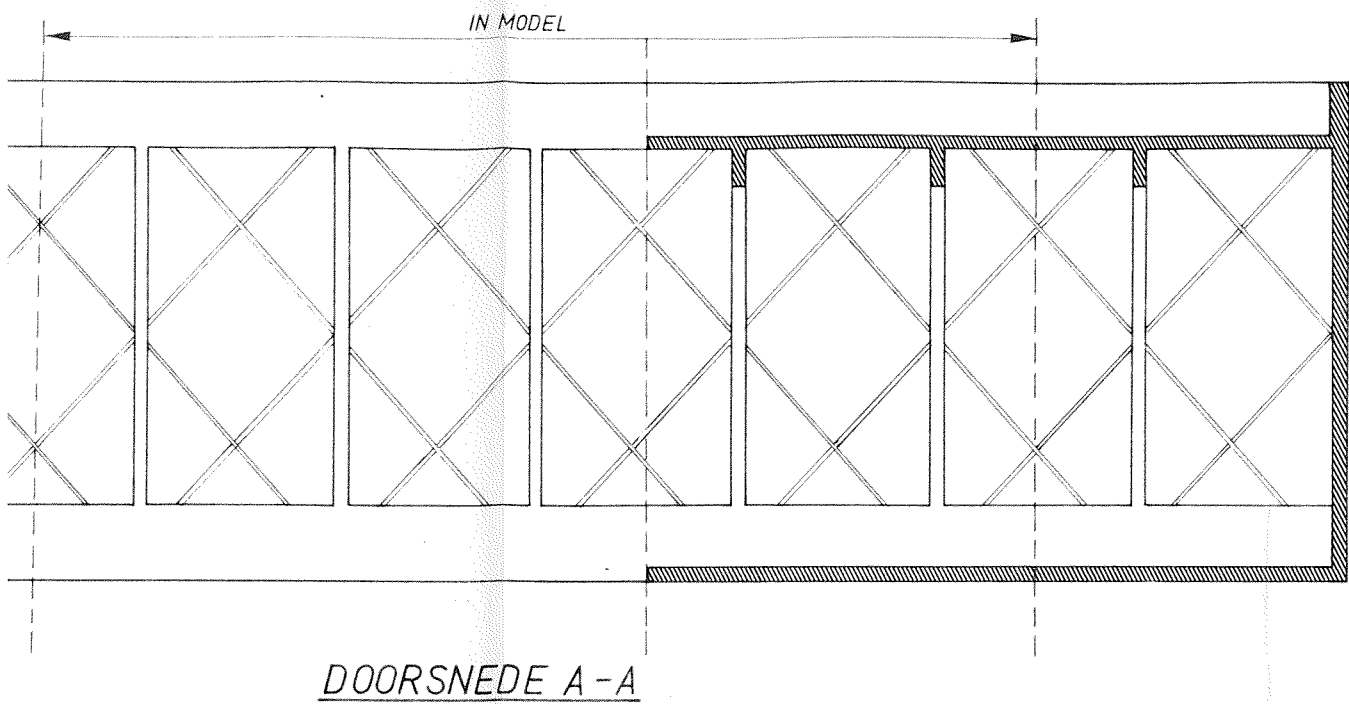
DOORSNEDE A-A



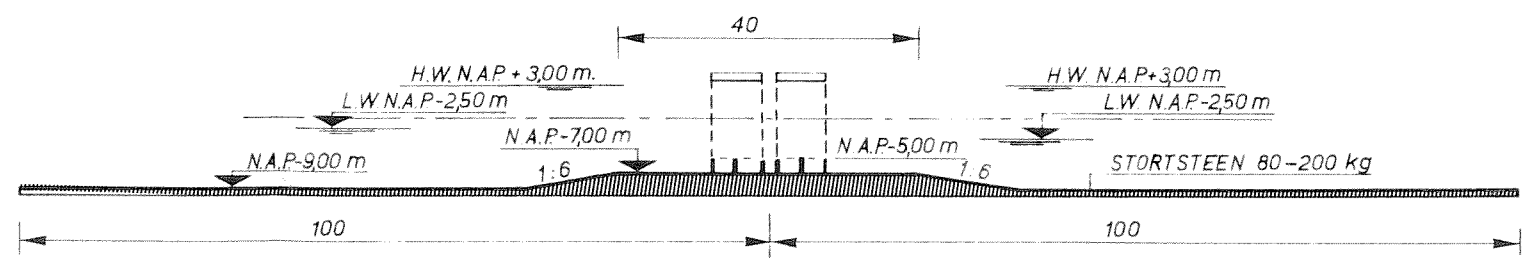
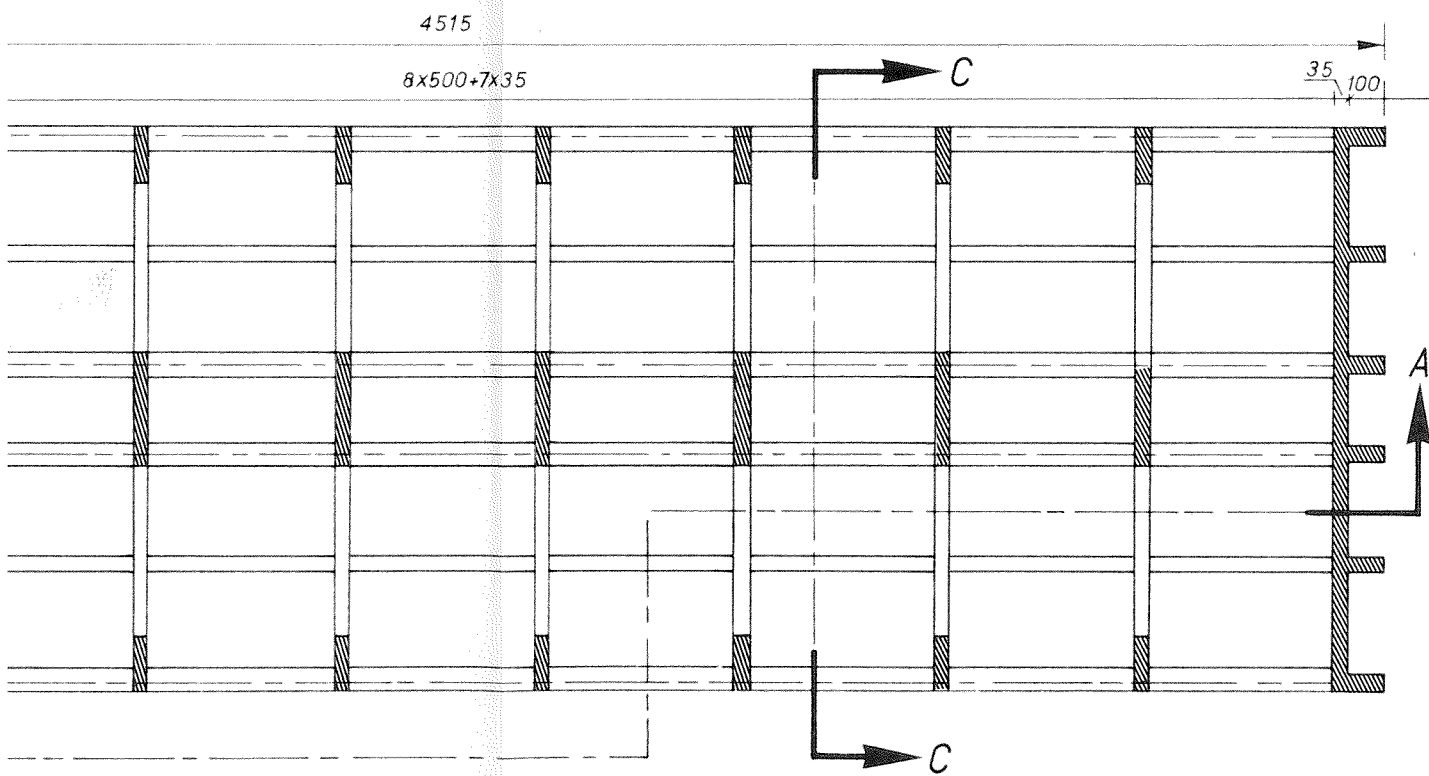
HORIZONTALE DOORSNEDE

DOORLAATCAISSON NIEUW ONTWERP EN DOORSNEDE OVER SLUITGAT			F
	SCHAAL: $\begin{matrix} \text{t.o.v. PROT 1 } 200,1000 \\ \text{t.o.v. MODEL 1,7,7,1,38,5} \end{matrix}$		A3'
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.877-1002	FIG. 2	

MATEN IN cm. PROTOTYPE

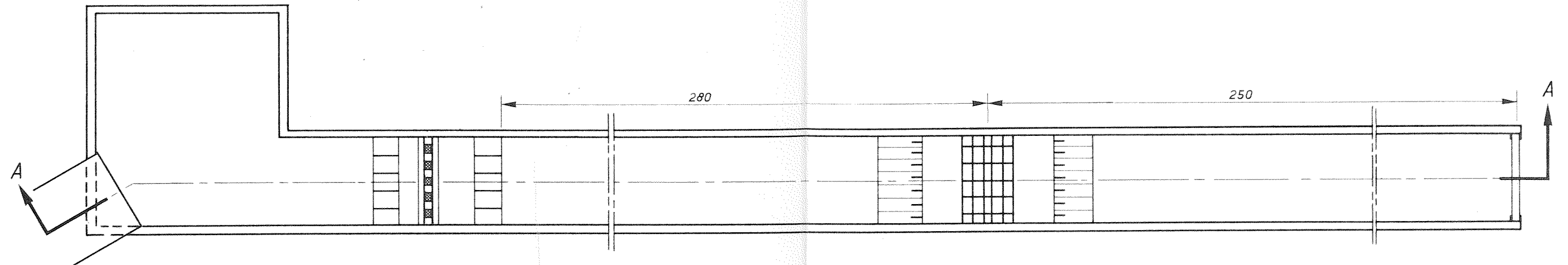


OPM.: BREEDTE TRALIELIGGER LOODRECHT OP STROOM 18cm.

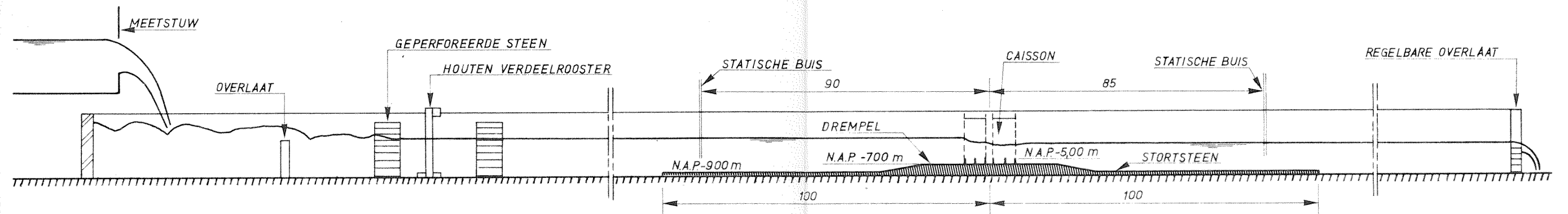


		F
SCHAAL: $\frac{1}{200,1000}$ tov. PROT 1		A3'
M.877-1002		FIG. 2

MATEN IN cm. PROTOTYPE



BOVENAANZICHT



DOORSNEDE A - A

OPSTELLING CAISSONMODEL IN STROOMGOOT

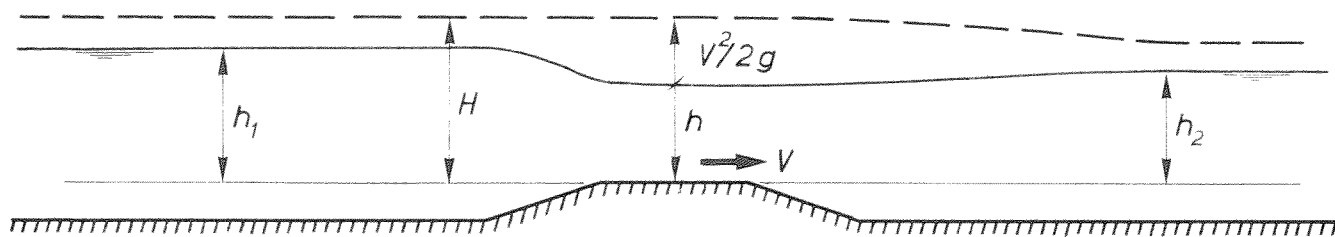
SCHAAL $\begin{matrix} \text{t.o.v. MODEL } 1:50 \\ \text{t.o.v. PROT. } 1:1300 \end{matrix}$

F MATEN IN m. PROTOTYPE

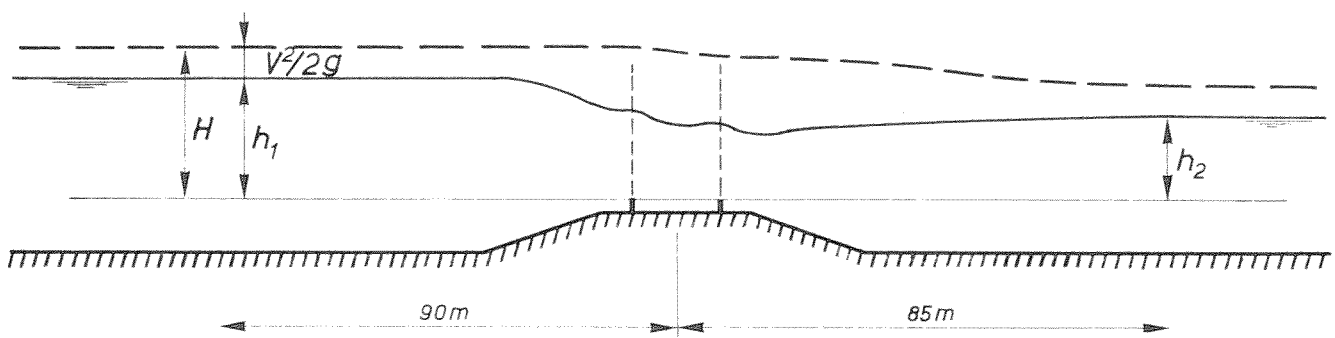
A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1003 FIG.3



DREMPEL IN STROOM



DREMPEL MET DOORLAATCAISSON IN STROOM

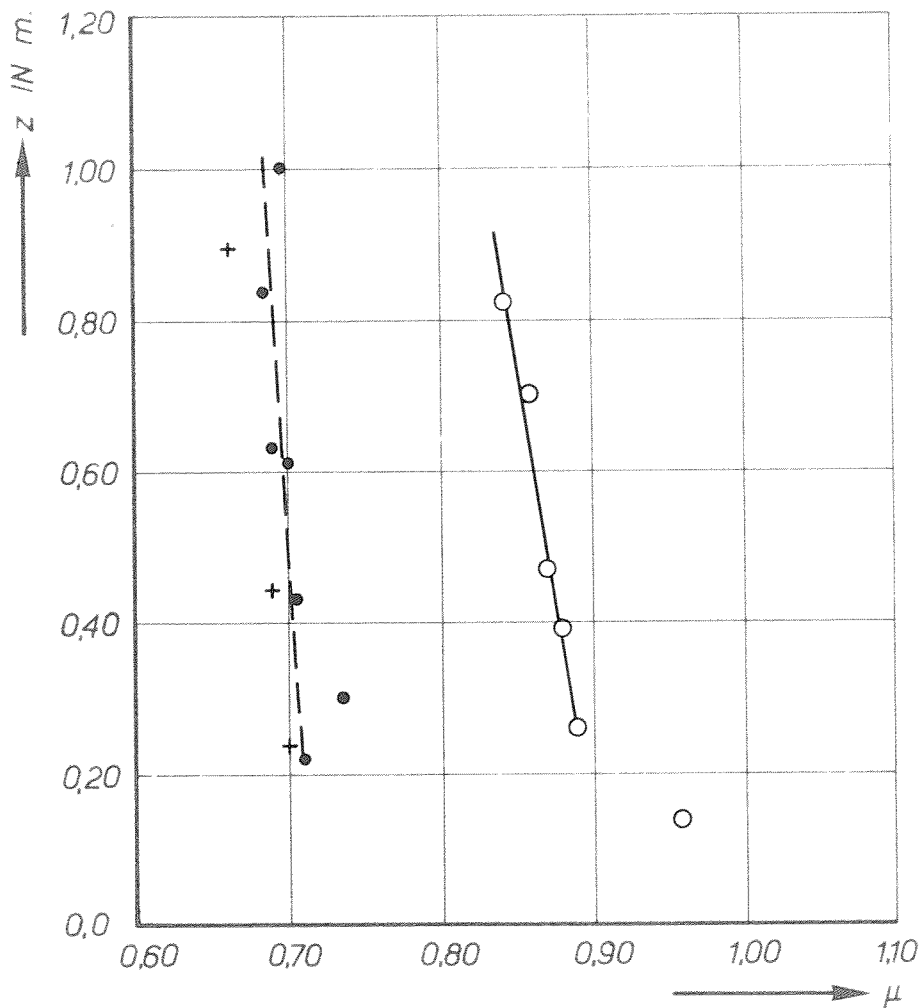
DREMPEL EN DREMPEL MET DOORLAATCAISSON IN STROOM

F

A 4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 887-1004 FIG. 4



- — ○ CAISSON ZONDER TRALIES
- - - - ● CAISSON MET TRALIES (2 STEL CC 26)
- + CAISSON MET TRALIES (4 STEL II 18)

BOVENWATERSTAND N.A.P.-1,50 m.

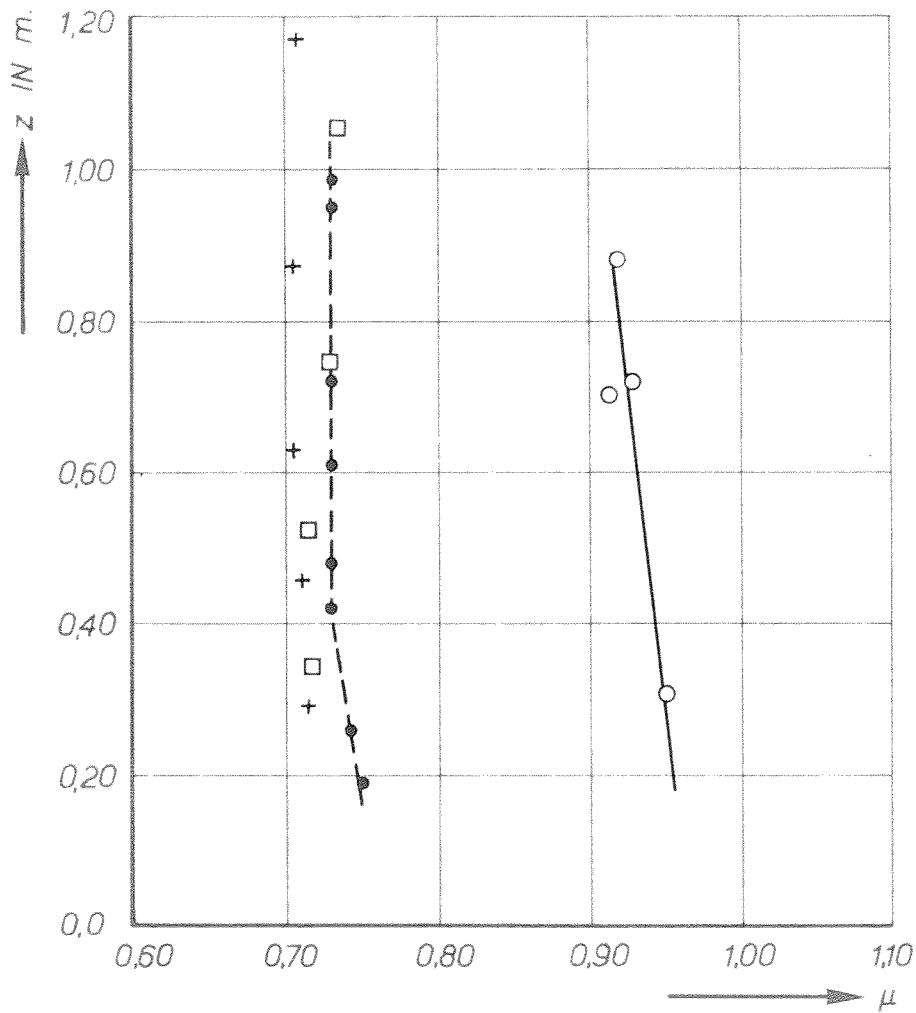
AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON
(OUD ONTWERP)

F

A 4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 877-1005 FIG. 5



- — ○ CAISSON ZONDER TRALIES
- - - - ● CAISSON MET TRALIES (2 STEL 26)
- CAISSON MET TRALIES (VEREENVOLDIGD TOT 11 26)
- + CAISSON MET TRALIES (4 STEL 11 18)

BOVENWATERSTAND N.A.P.

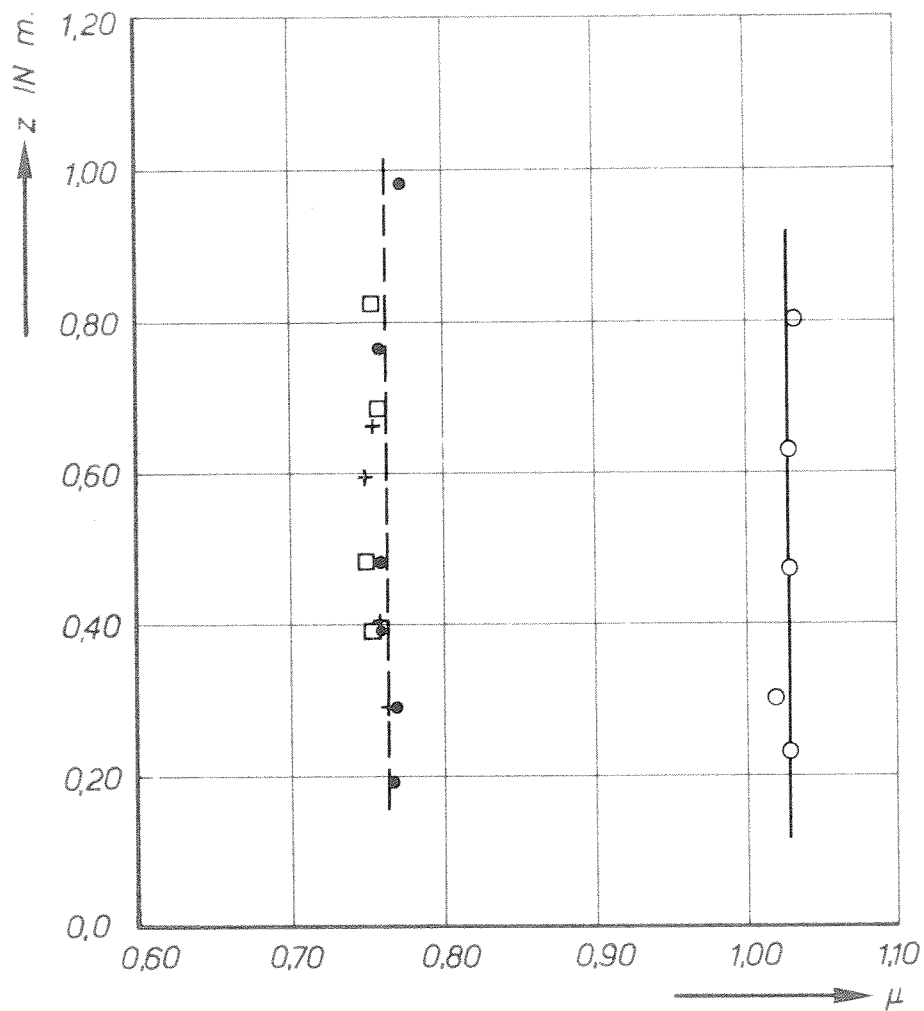
AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON
(OUD ONTWERP)

F

A 4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1006 FIG 6



○ — ○ CAISSON ZONDER TRALIES

● - - - ● CAISSON MET TRALIES (2 STEL 26)

□ CAISSON MET TRALIES (VEREENVOUDIGD TOT 11 26)

+ CAISSON MET TRALIES (4 STEL 18)

BOVENWATERSTAND N.A.P. + 1,50 m.

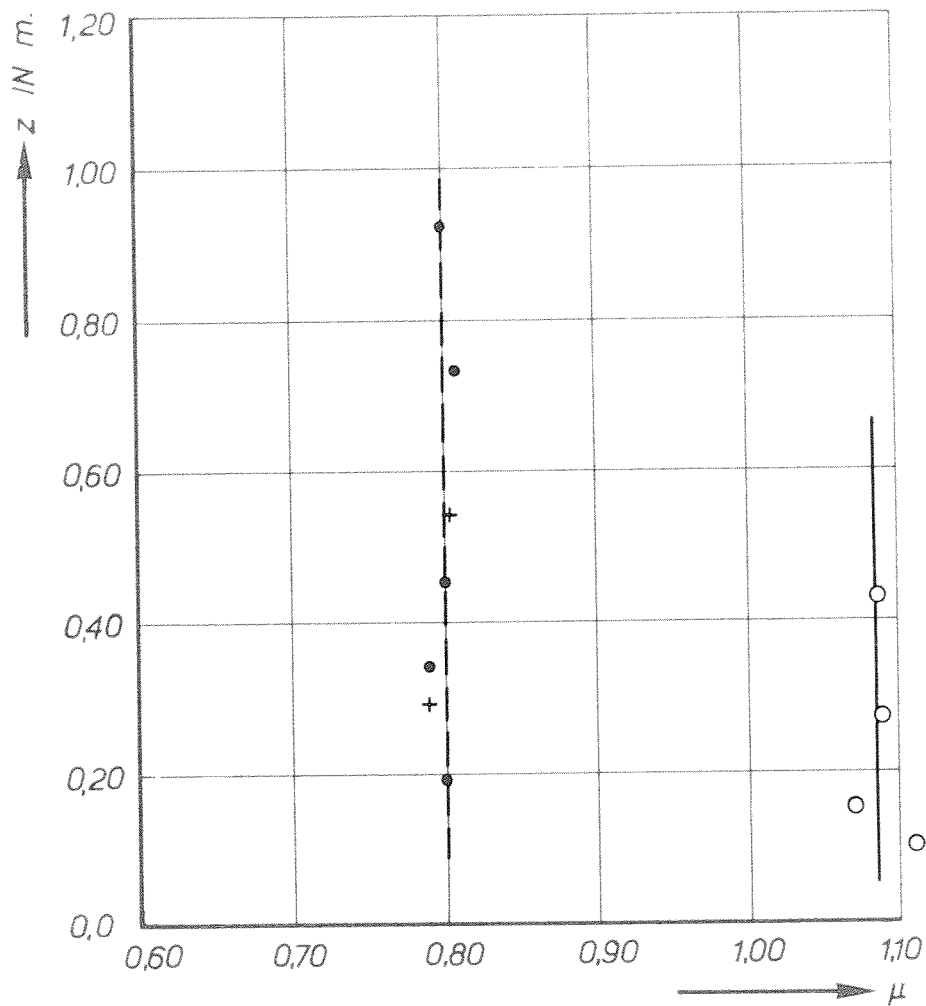
AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON
(OUD ONTWERP)

F

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 877-1007 FIG. 7



- — ○ CAISSON ZONDER TRALIES
- - - - ● CAISSON MET TRALIES (2 STEL II 26)
- + CAISSON MET TRALIES (4 STEL II 18)

BOVENWATERSTAND N.A.P. + 3,00 m.

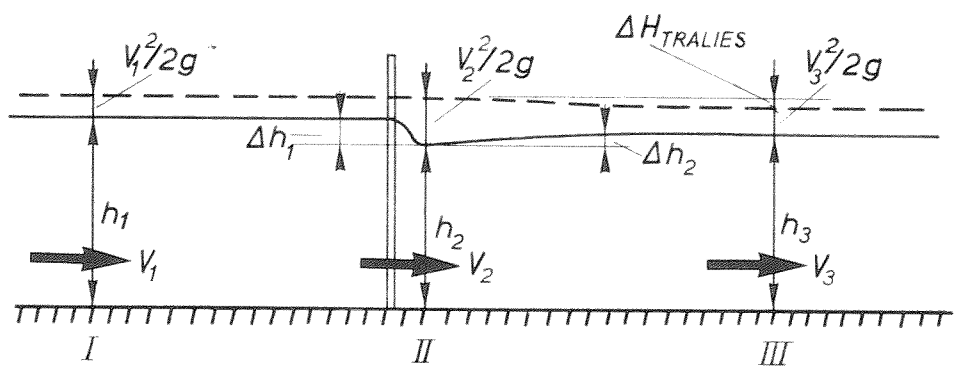
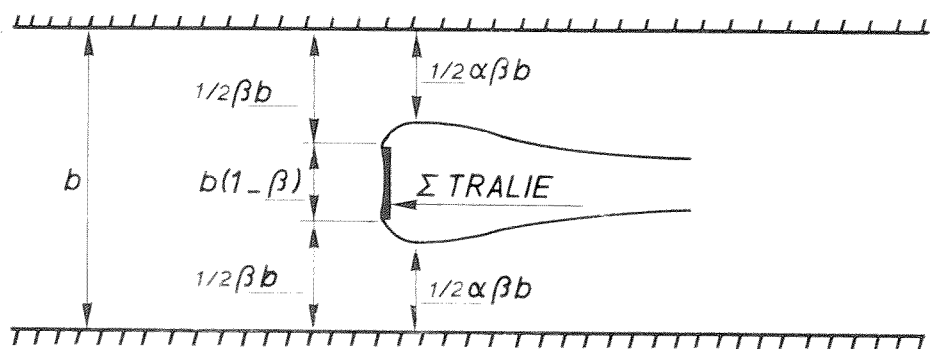
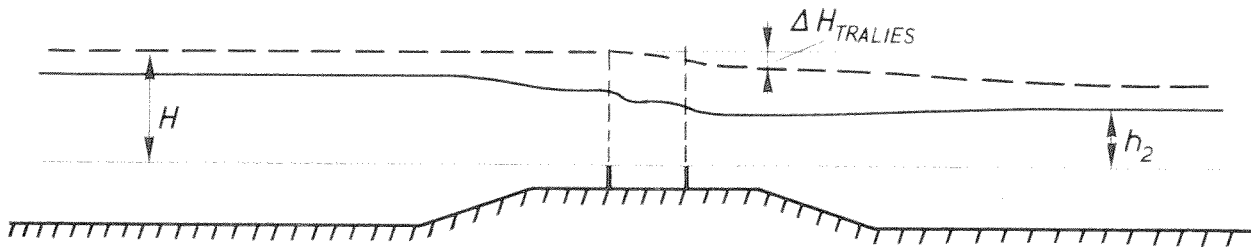
AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON
(OUD ONTWERP)

F

A 4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1008 FIG. 8

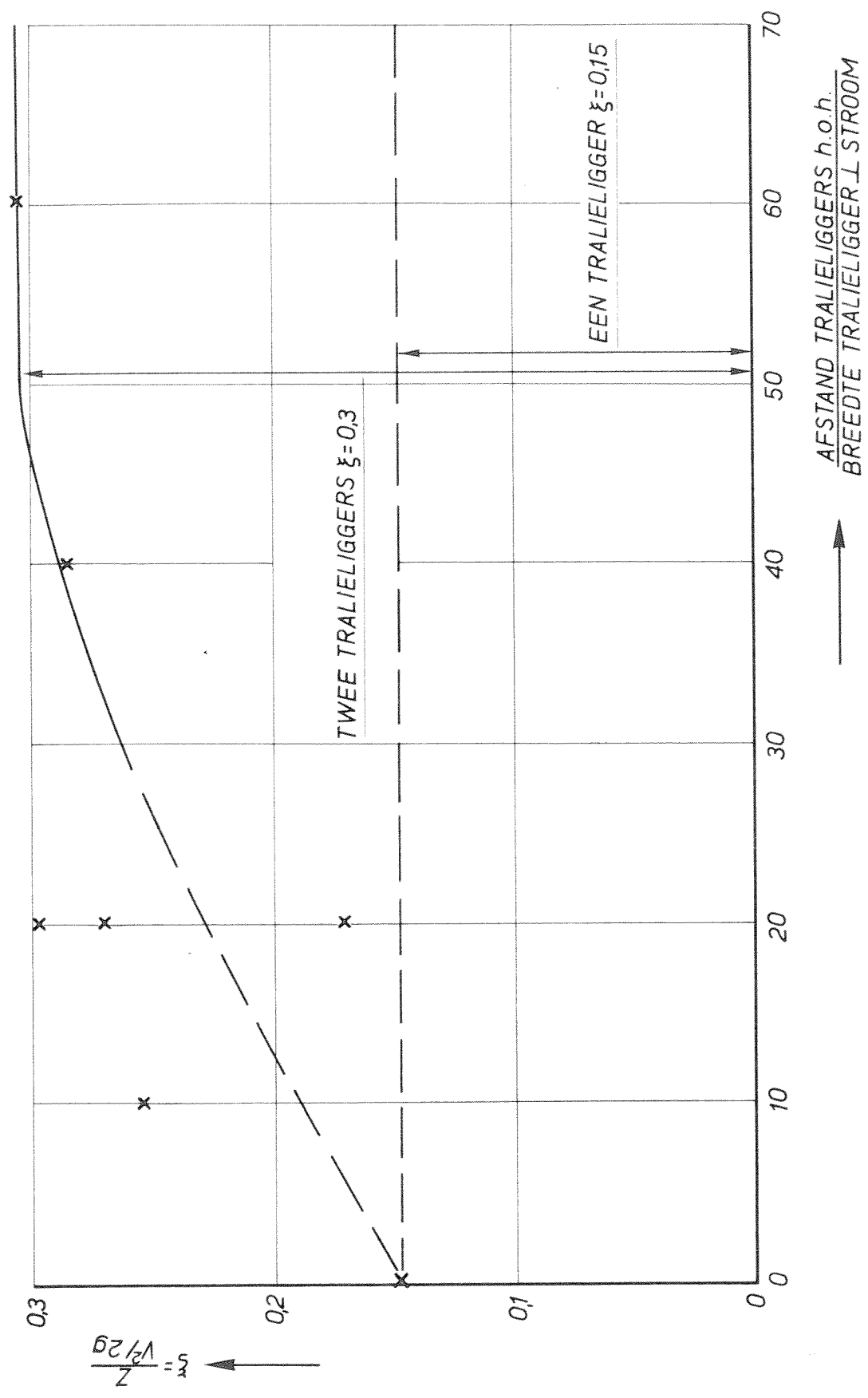


INVLOED TRALLIELIGGERS OP TOTALE WEERSTAND
VAN DOORLAADCAISSON IN STROOM

F
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1009 FIG.9

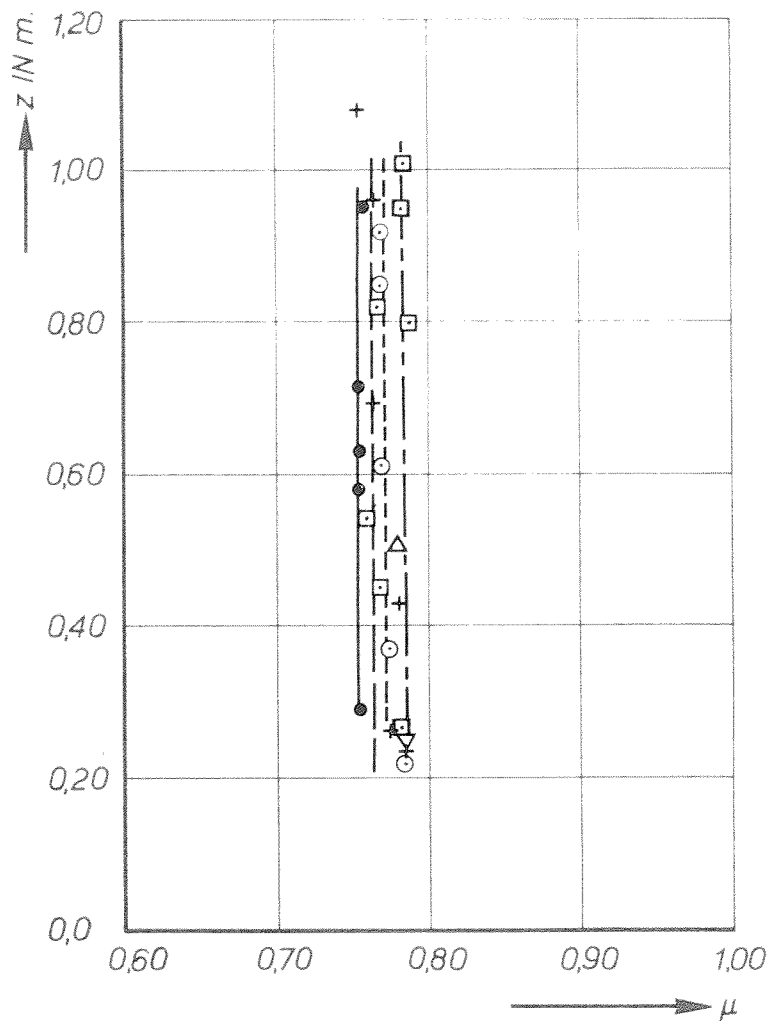


VERVAL TRALIELIGGERS VOLGENS M.652

F
A4

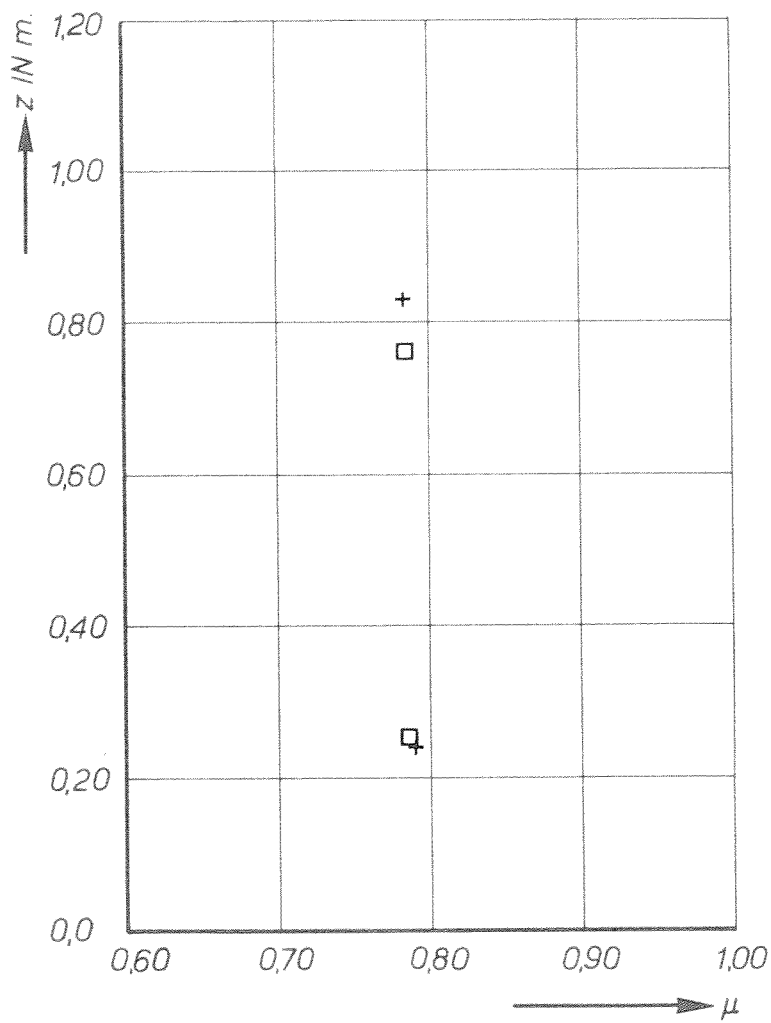
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1010 FIG.10



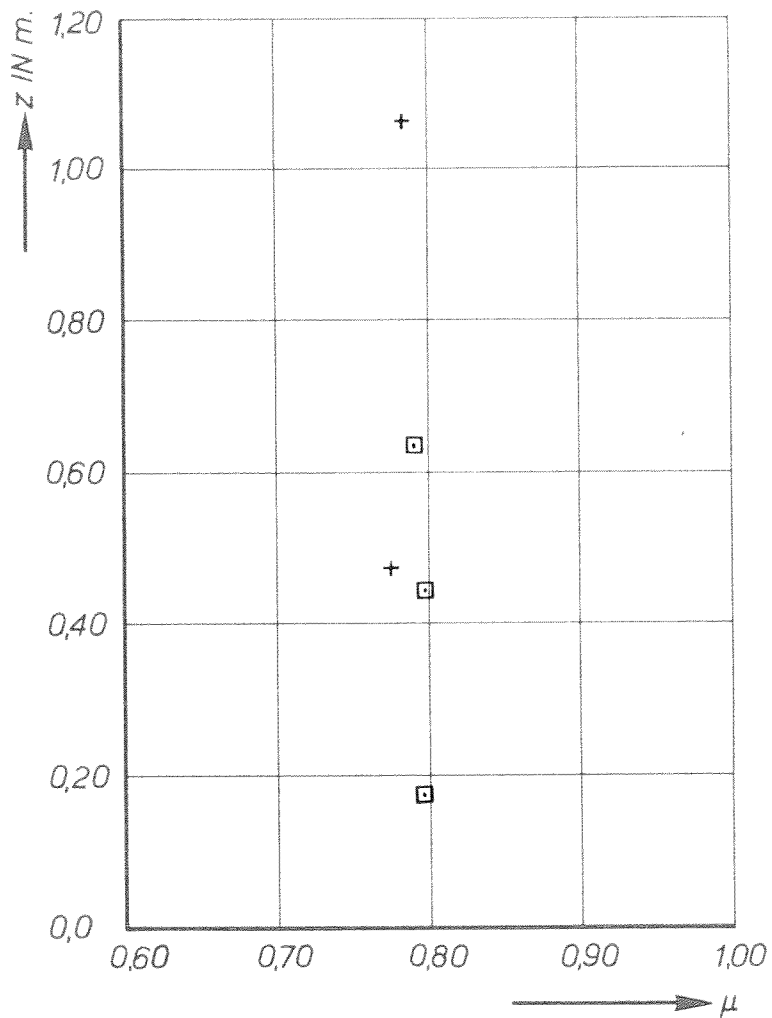
- — ● *BENEDENWATERSTAND N.A.P. -2,50 m.*
- + — + " " " *N.A.P. -1,00 m.*
- - - - ○ " " " *N.A.P. +0,50 m.*
- - - - □ " " " *N.A.P. +2,00 m.*
- △ " " " *N.A.P. +2,50 m.*
- ▽ " " " *N.A.P. +2,75 m.*

AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON ALS FUNCTIE VAN DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL. (ZONDER AANSTORTING)			F
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.877-1011	FIG.11	



+ BENEDENWATERSTAND N.A.P. -1,00 m.
 □ BENEDENWATERSTAND N.A.P. +2,00 m.

AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON ALS FUNCTIE VAN DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL. (AANSTORTING ONDER HELLING 4:5)			F
			A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.877-1012	FIG.12	



+ BENEDENWATERSTAND N.A.P. -1,00 m.
 □ BENEDENWATERSTAND N.A.P. +2,00 m.

AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON ALS
 FUNCTIE VAN DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL
 (AANSTORTING ONDER HELLING 1:2)

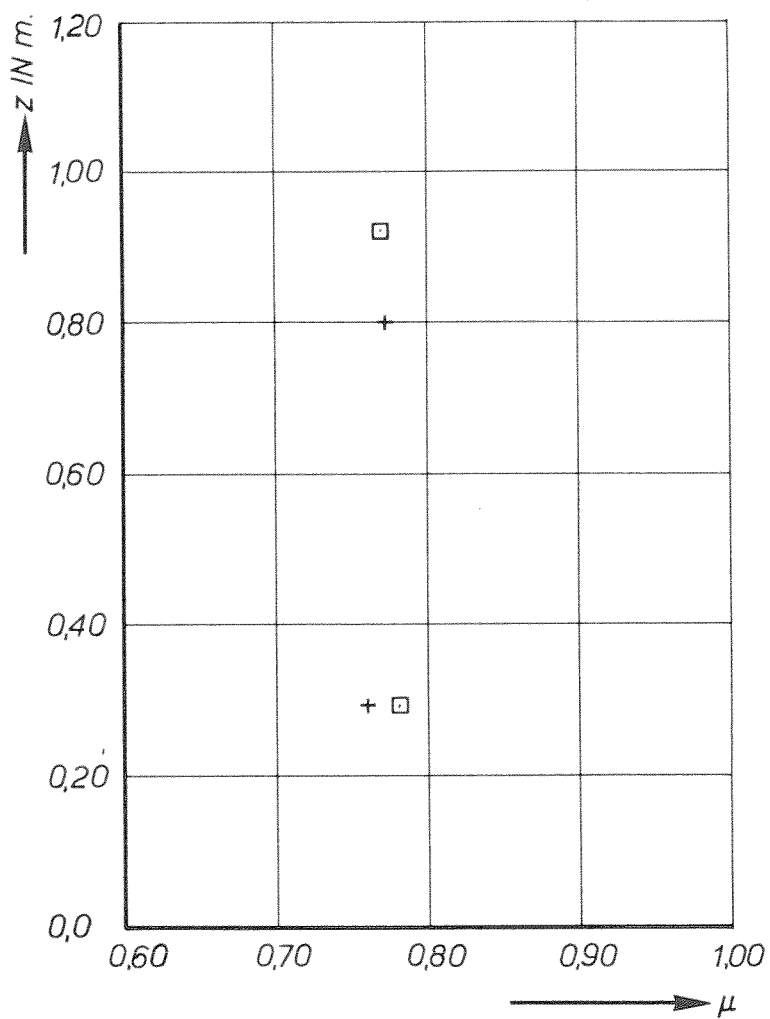
F

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1013

FIG.13



+ BENEDENWATERSTAND N.A.P. -1,00 m.
 □ BENEDENWATERSTAND N.A.P. +2,00 m.

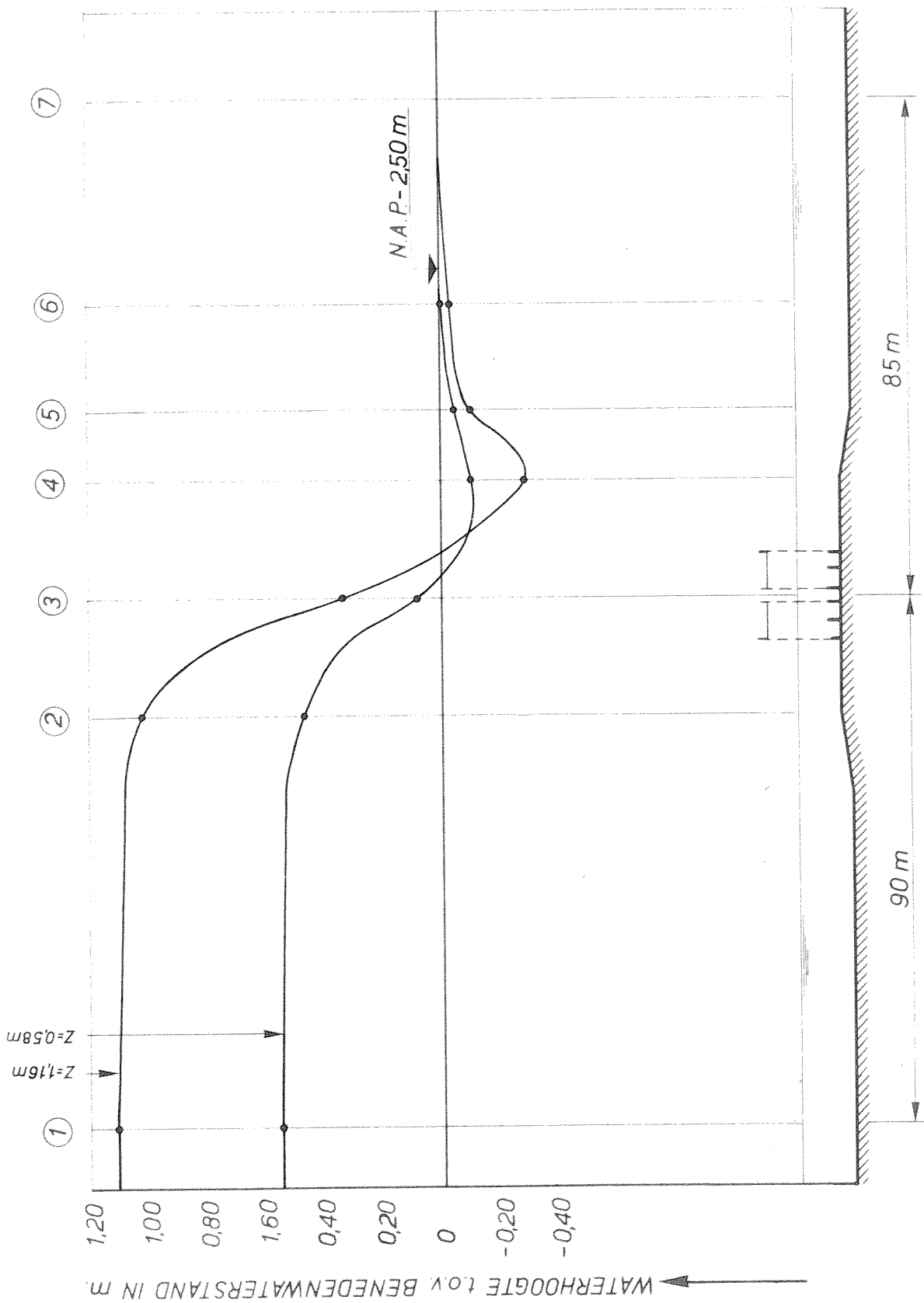
AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DOORLAATCAISSON ALS
 FUNCTIE VAN DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL.
 (ZONDER AANSTORTINGEN, CAISSON 0,5m. WEGGEZAKT)

F

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1014 FIG.14



VERHANGLIJNEN
 BENEDENWATERSTAND N.A.P. - 2,50 m

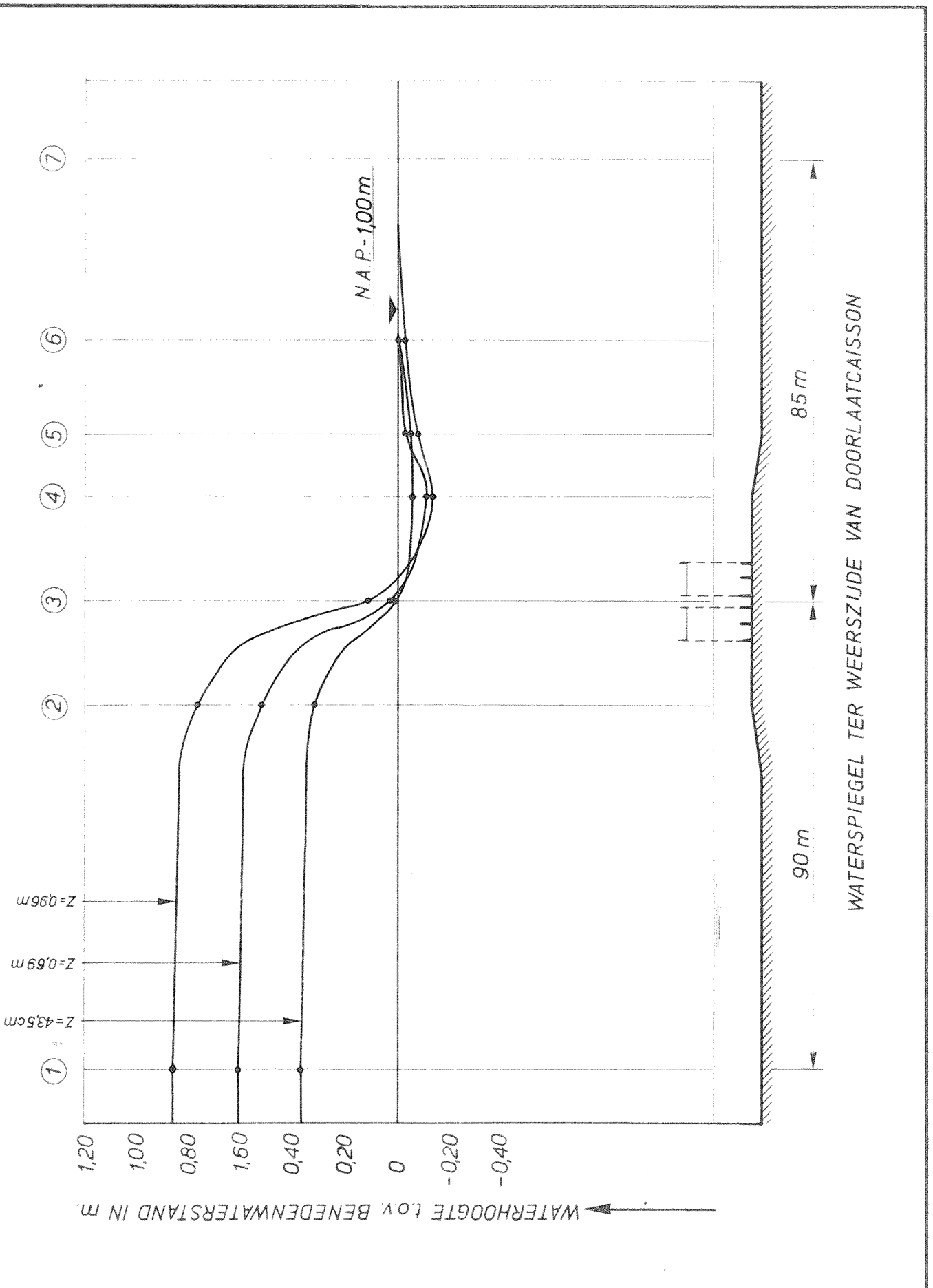
F

A4

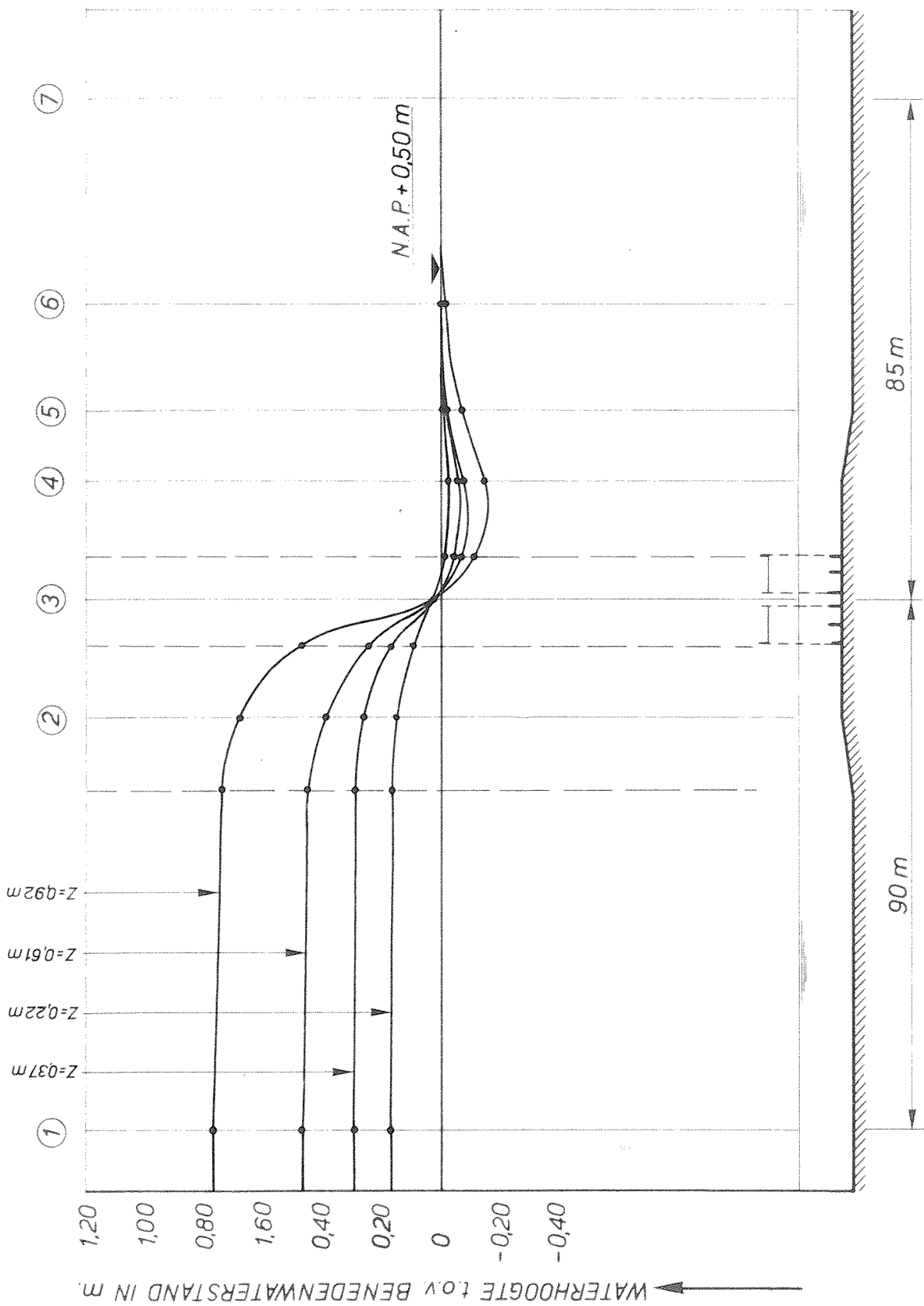
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1015

FIG 15



VERHANGLIJNEN BENEDENWATERSTAND N.A.P.-1,00 m			F
			A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.877-1016	FIG.16	



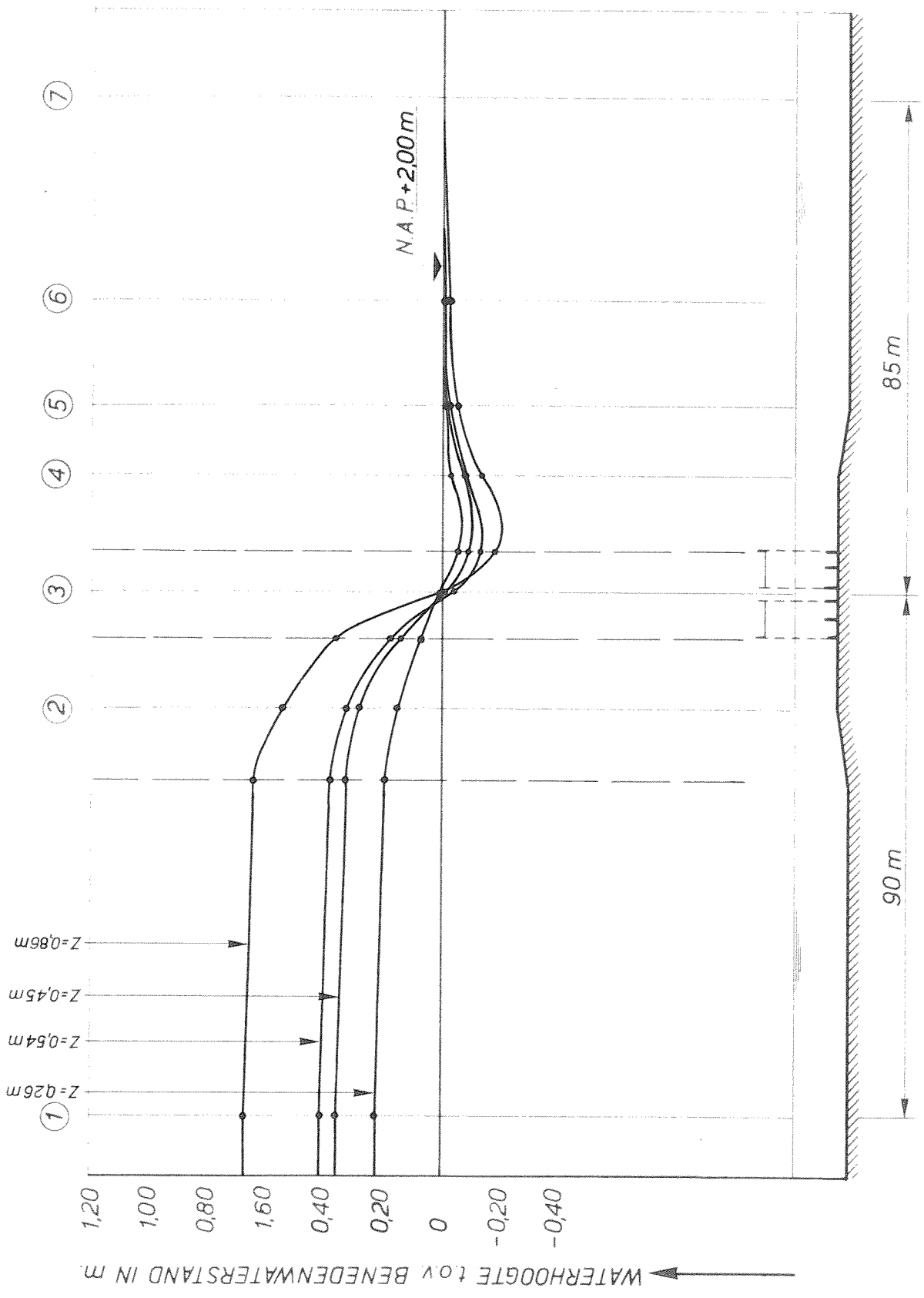
WATERSPIEGEL TER WEERSZIJDE VAN DOORLAATCAISSON

WATERHOOGTE tov. BENEDENWATERSTAND IN M.

VERHANGLIJNEN
 BENEDENWATERSTAND N.A.P.+050 m

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

		F
		A4
M.877-1017	FIG.17	

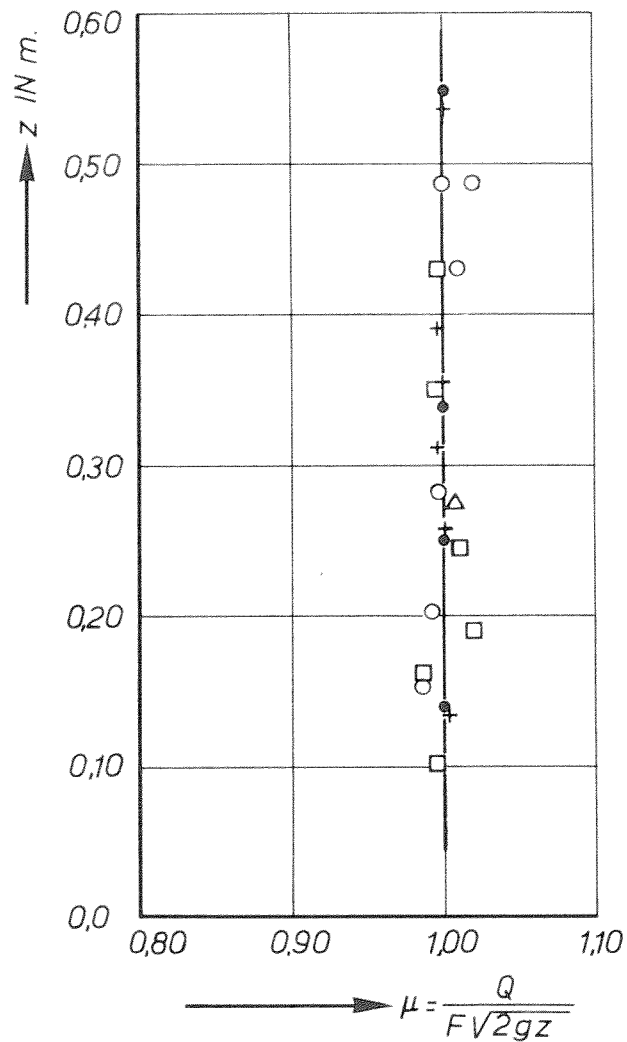


VERHANGLIJNEN
BENEDENWATERSTAND N.A.P.+2,00 m

F
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

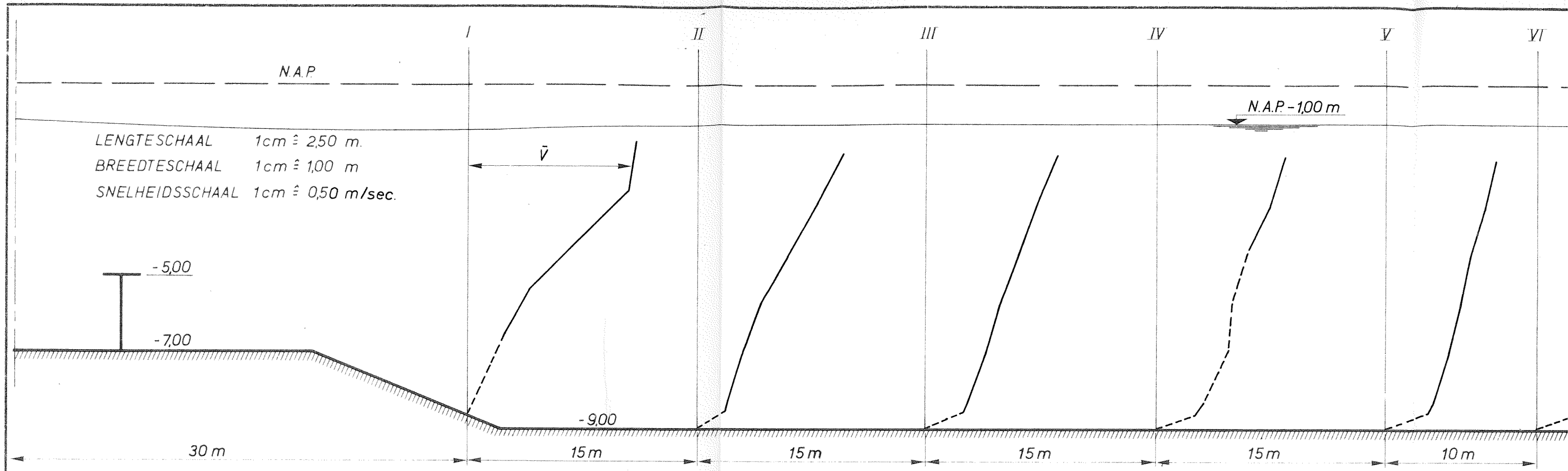
M.877-1018 FIG.18



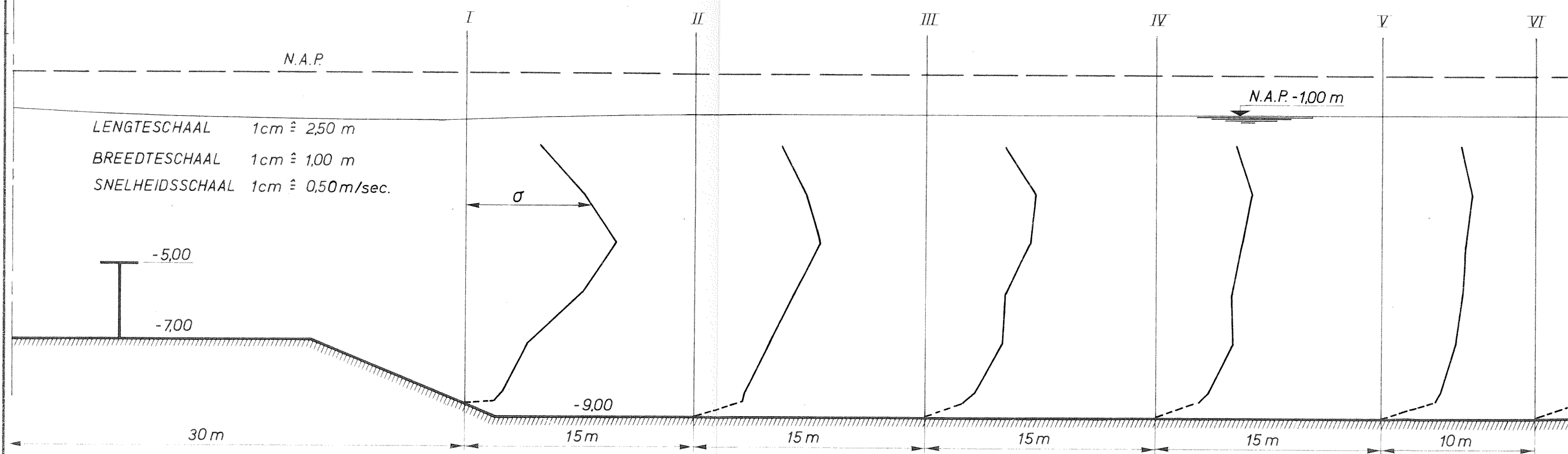
- *BENEDENWATERSTAND N.A.P. - 200 m.*
- + " " " *N.A.P.*
- " " " *N.A.P. + 100 m.*
- " " " *N.A.P. + 250 m.*
- △ " " " *N.A.P. + 275 m.*

TALUD DREMPEL 1:6

AFVOERCOEFFICIENT VAN DE DREMPEL ALS FUNCTIE VAN DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL			F
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.877-1019	FIG.19	



SNELHEIDSVERTICALEN BOVEN STORTEBED IN DE AS VAN DE GOOT

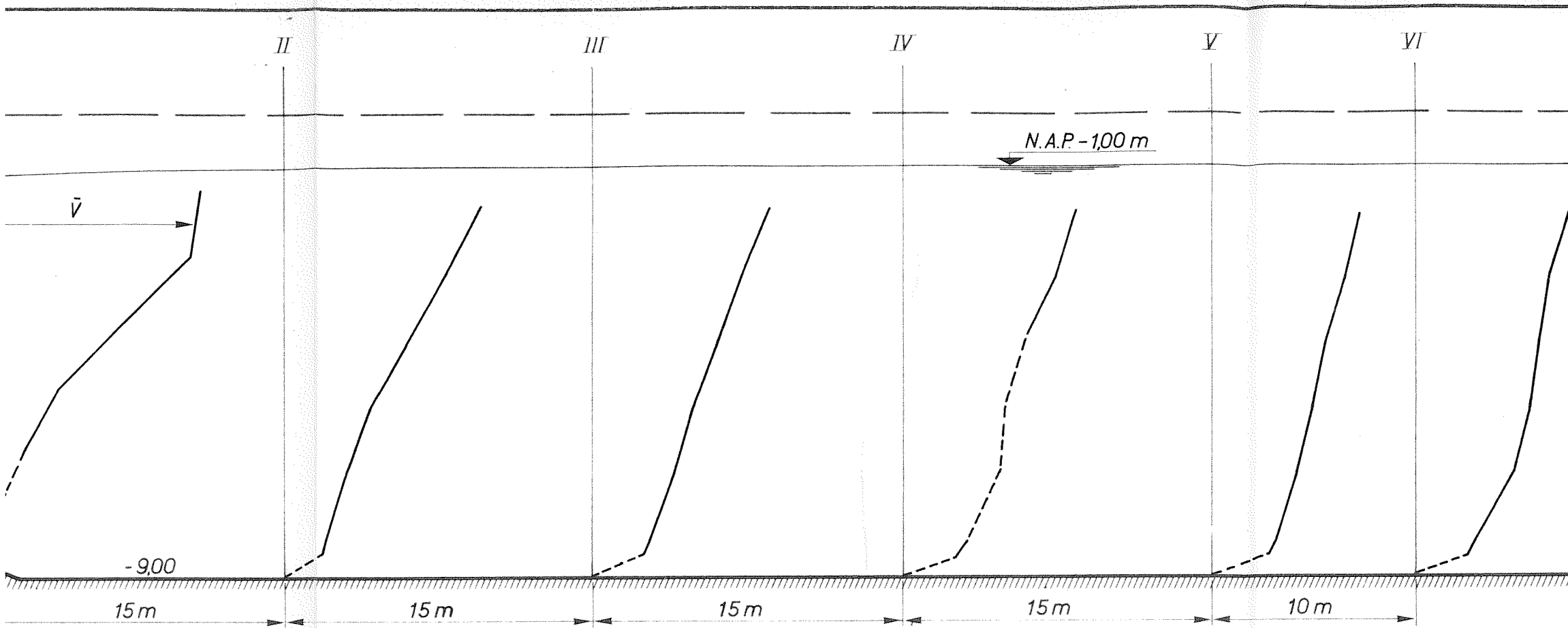


TURBULENTIEVERTICALEN BOVEN STORTEBED IN DE AS VAN DE GOOT

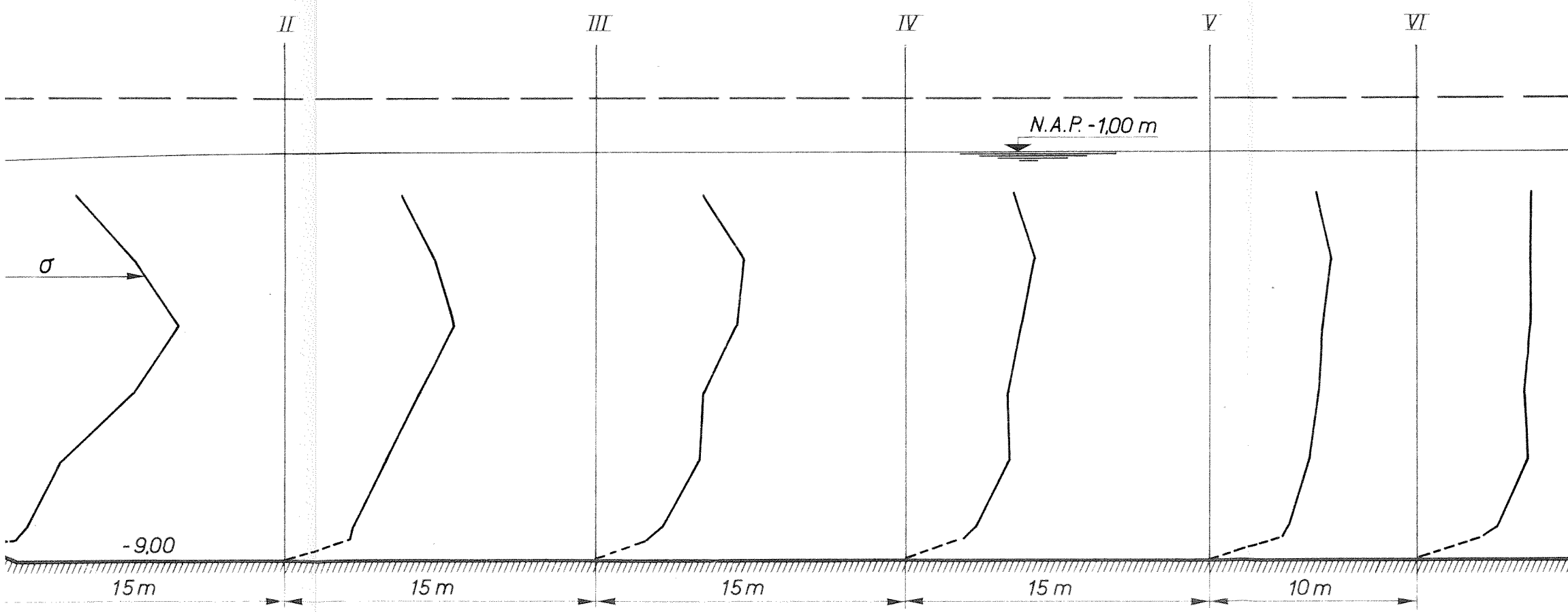
$V = \bar{V} + V'$ $\sigma = \sqrt{V'^2}$

SNELHEIDS-EN TURBULENTIEVERDELING
 BIJ EEN $Q = 4800 \text{ m}^3/\text{sec.}$ (DOOR ALLE CAISSONS)
 EN EEN BEN. WATERSTAND N.A.P.-100m.

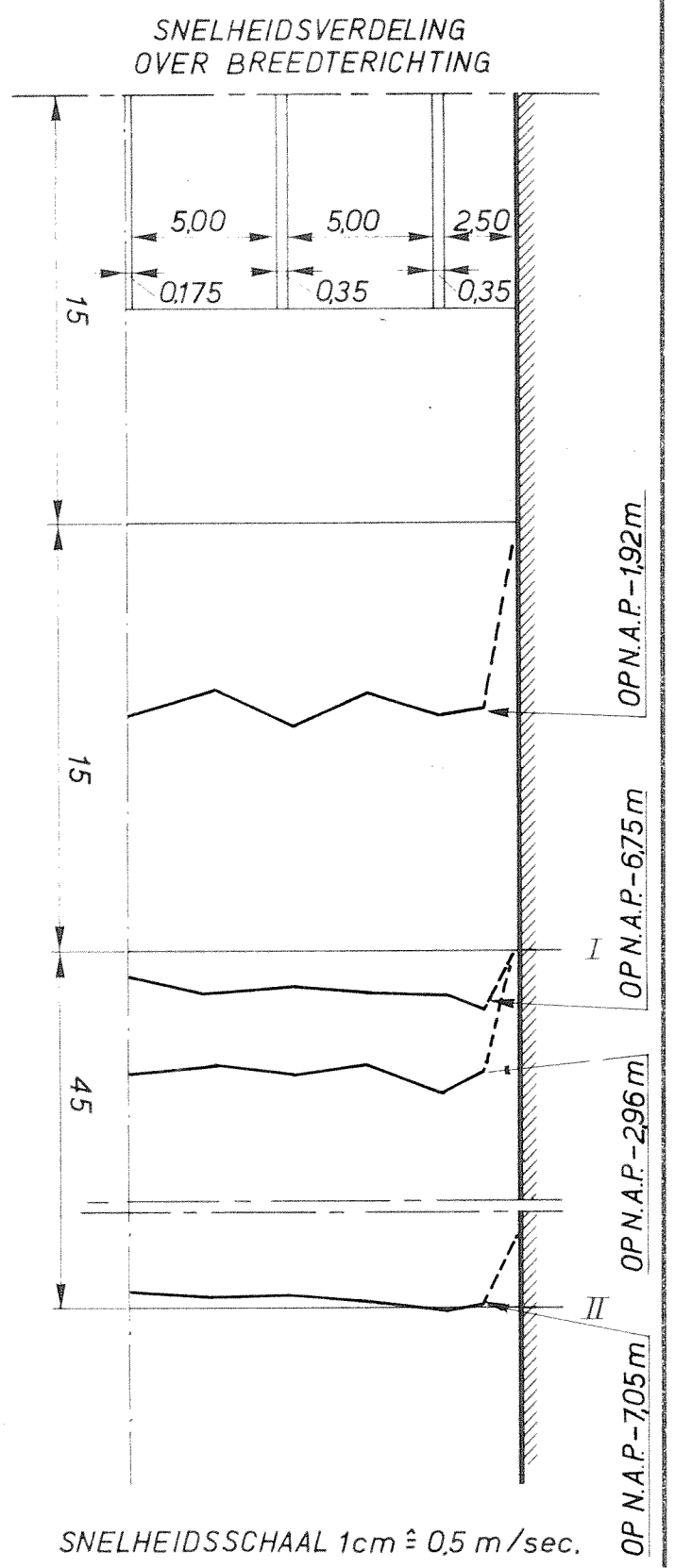
F
 A3'



SNELHEIDSVERTICALEN BOVEN STORTEBED IN DE AS VAN DE GOOT

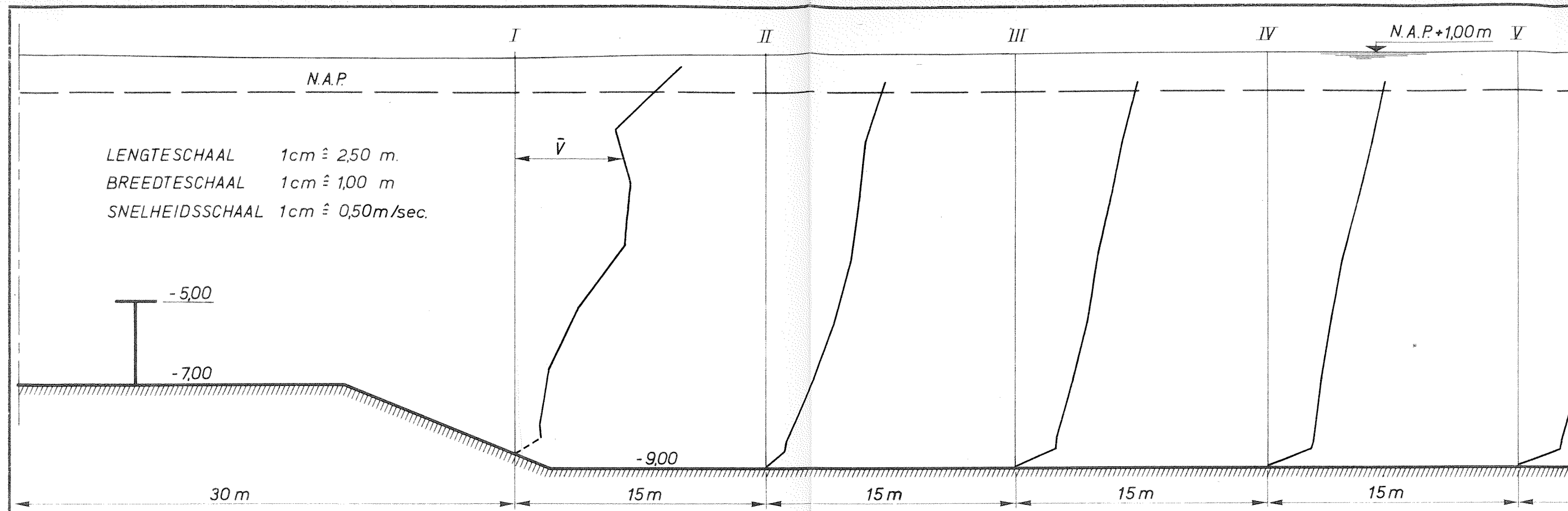


TURBULENTIEVERTICALEN BOVEN STORTEBED IN DE AS VAN DE GOOT
 $V = \bar{V} + V'$ $\sigma = \sqrt{V'^2}$

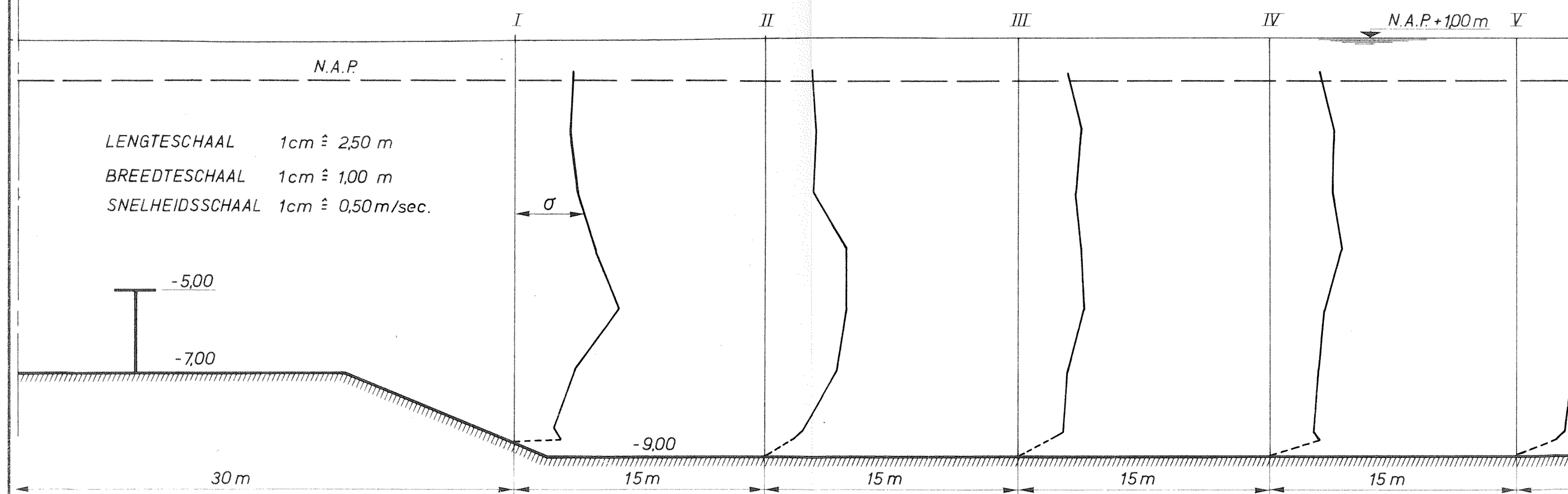


SNELHEIDSSCHAAL 1cm $\hat{=}$ 0,5 m/sec.

	F
	A3'
M 877-1020	FIG.20



SNELHEIDSVERTICALEN BOVEN STORTEBED IN DE AS VAN DE GOOT

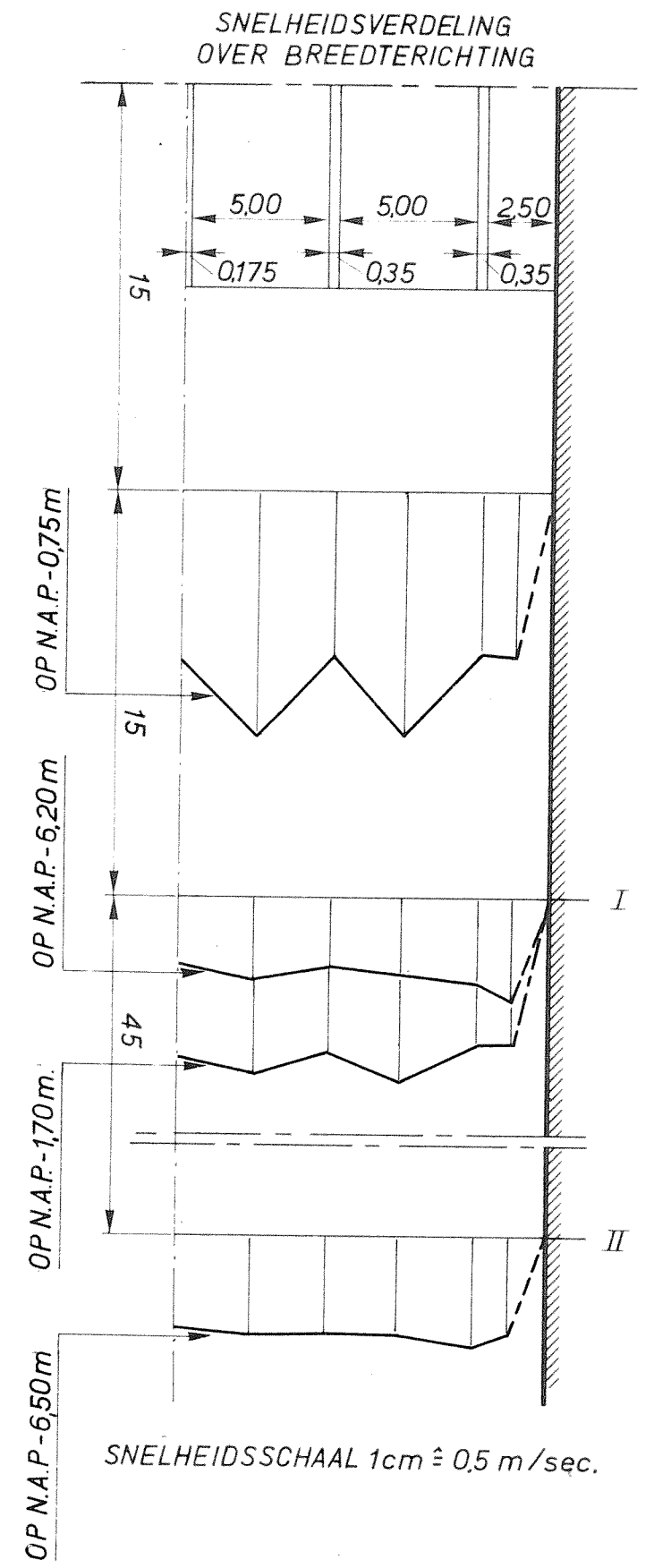
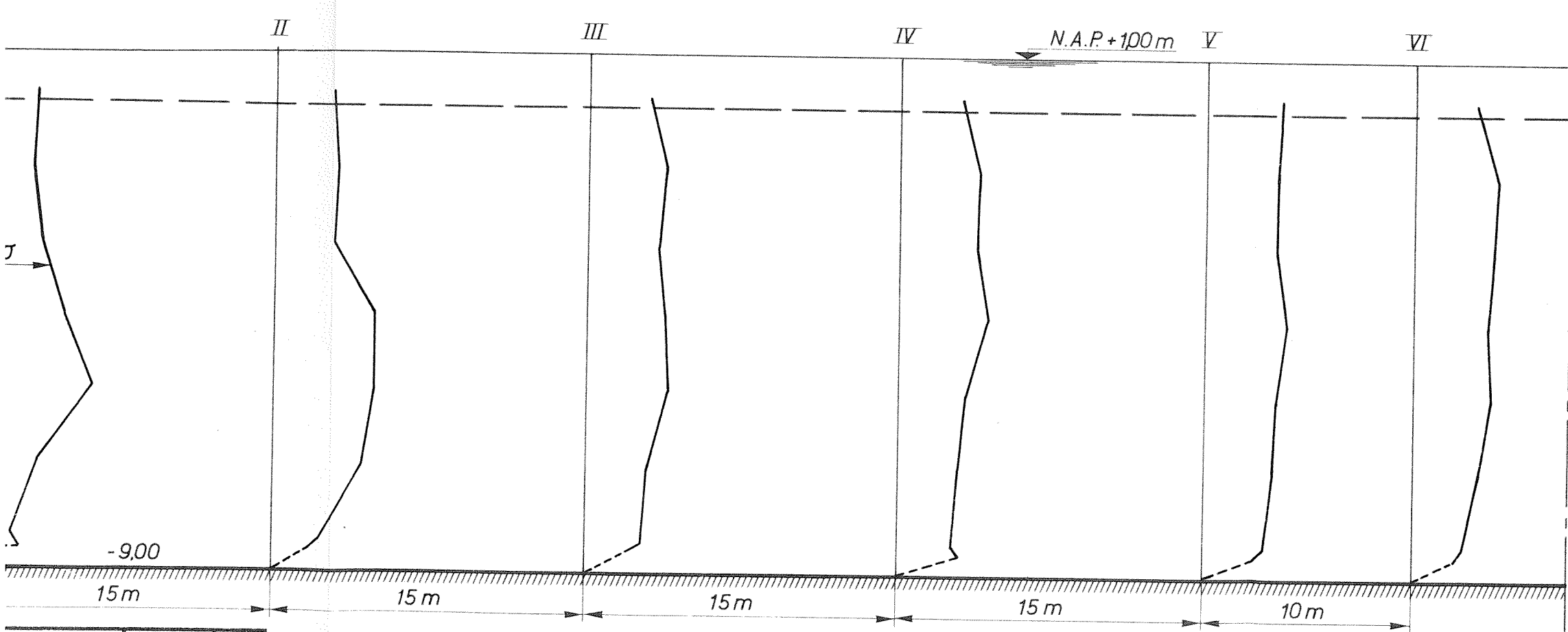
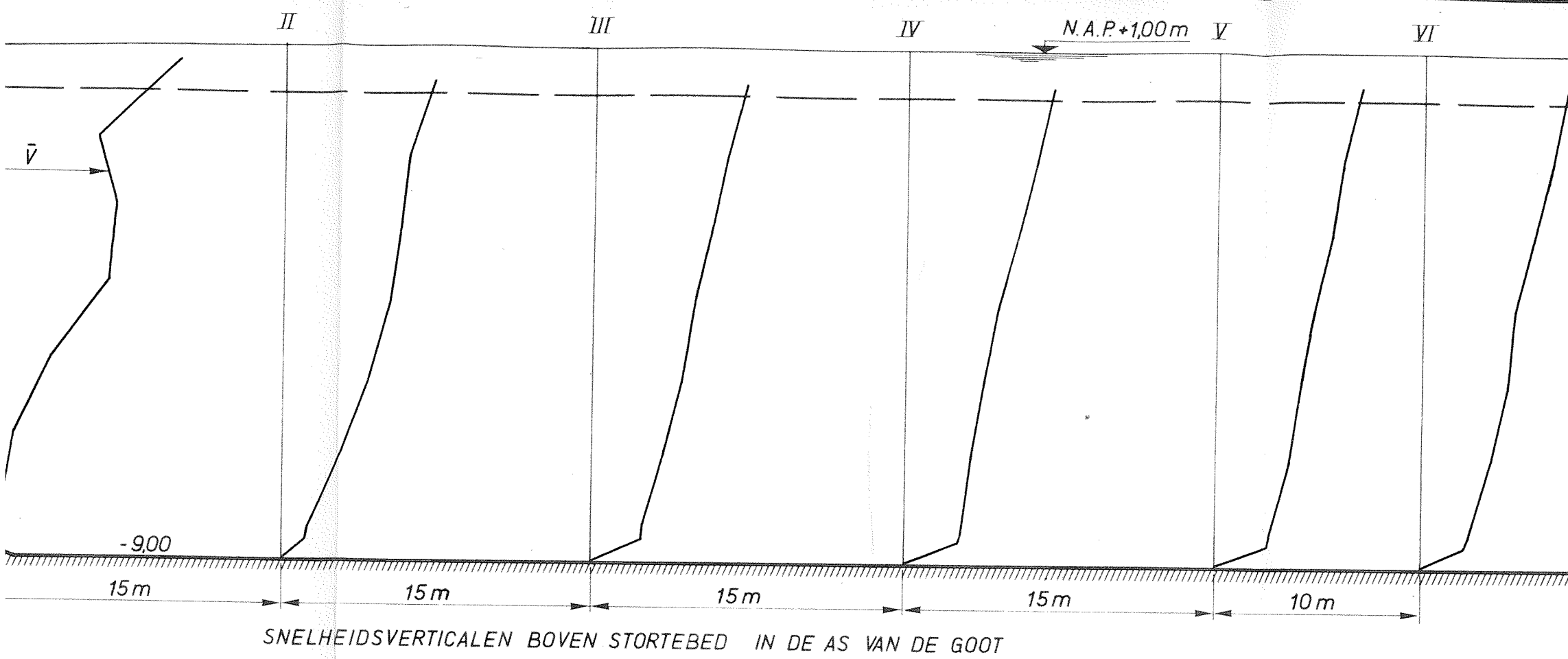


TURBULENTIEVERTICALEN BOVEN STORTEBED IN DE AS VAN DE GOOT

$V = \bar{v} + v'$ $\sigma = \sqrt{v'^2}$

SNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERDELING BIJ EEN
 $Q = 4800 \text{ m}^3/\text{sec}$. EN EEN BEN. WATERSTAND N.A.P. + 1,00 m.

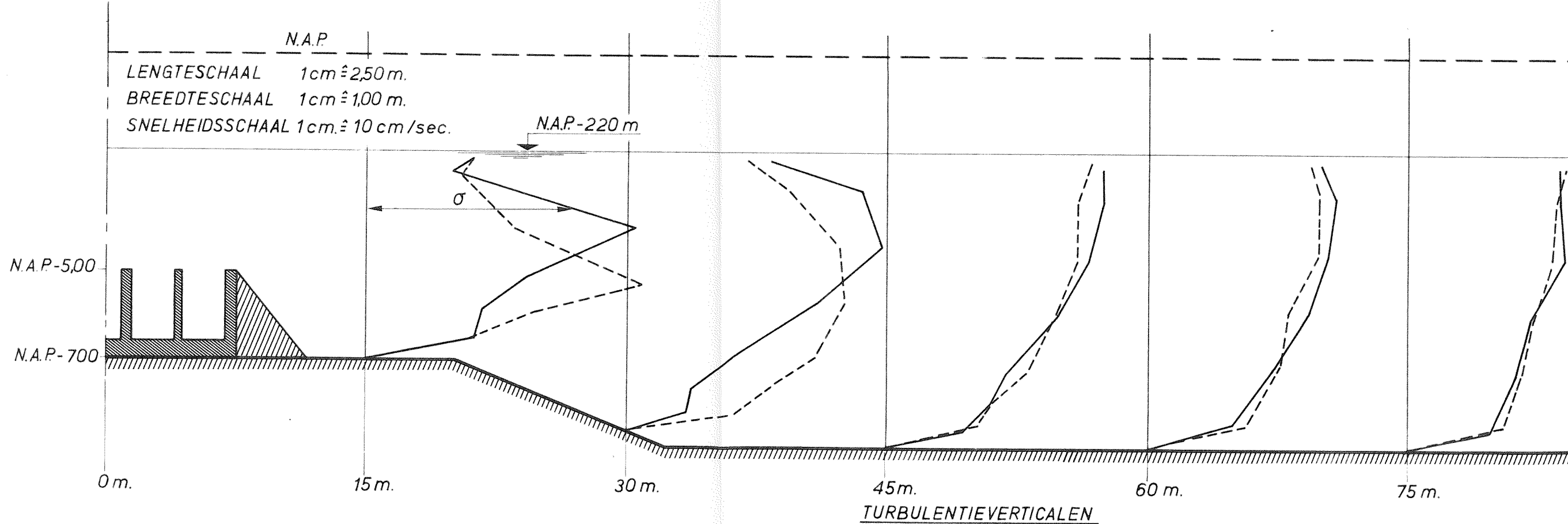
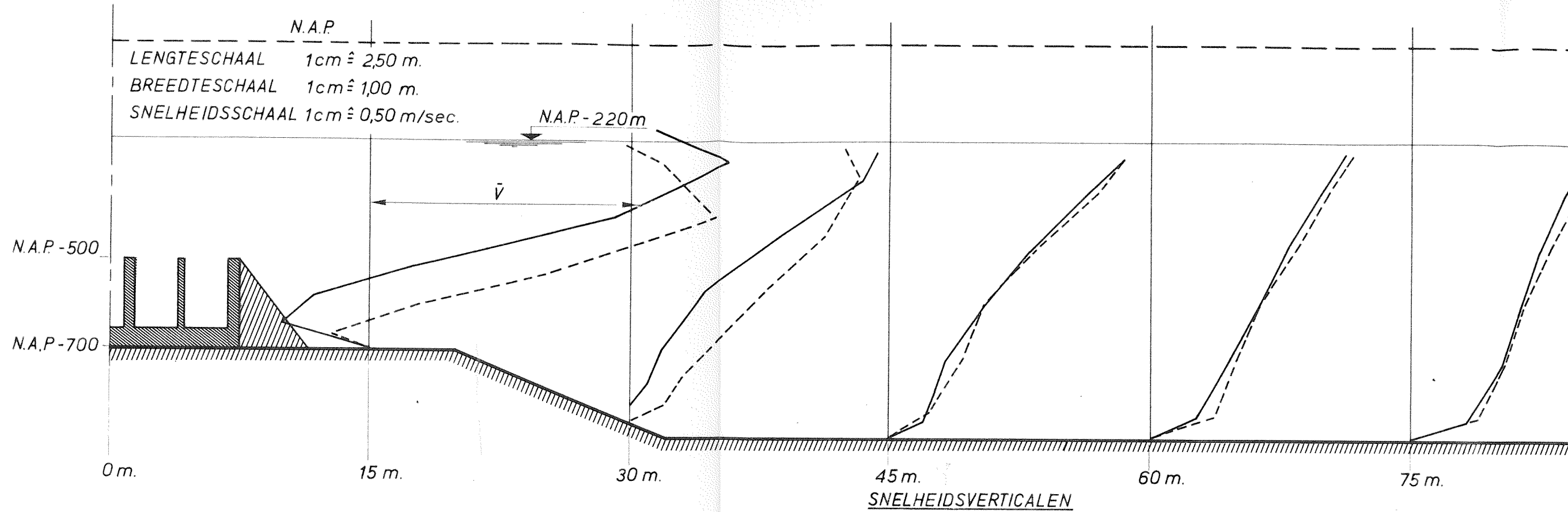
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 877-1021	FIG. 21	F
			A3'



	F
	A3'
877-1021	FIG. 21

TURBULENTIEVERTICALEN BOVEN STORTEBED IN DE AS VAN DE GOOT

$V = \bar{v} + v'$ $\sigma = \sqrt{v'^2}$



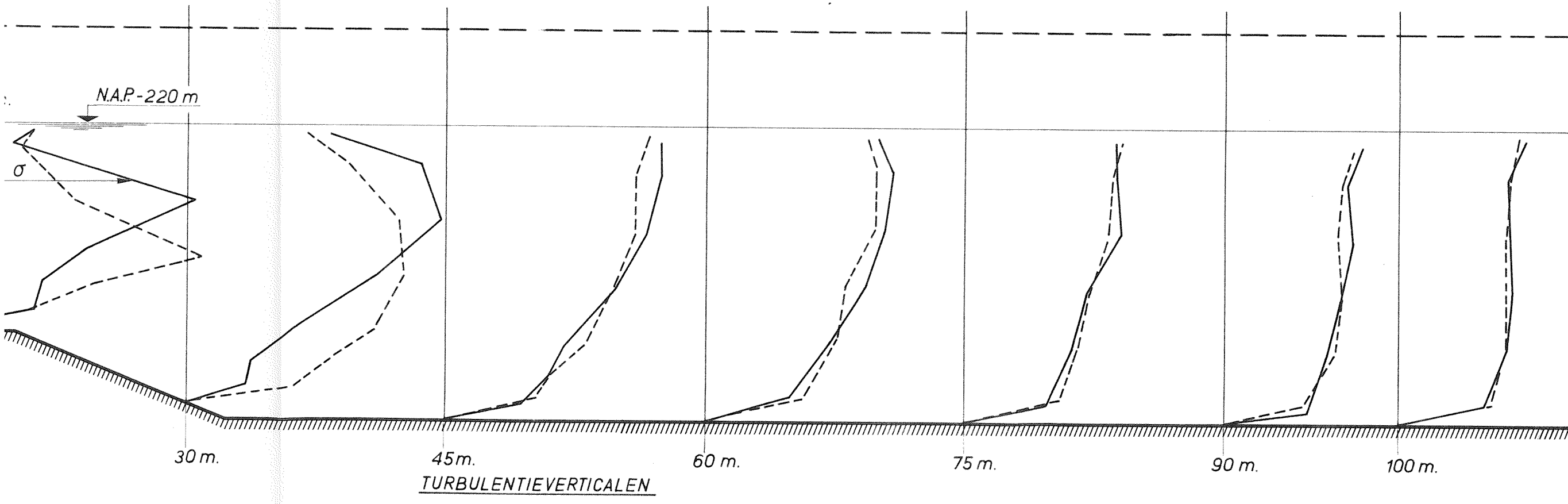
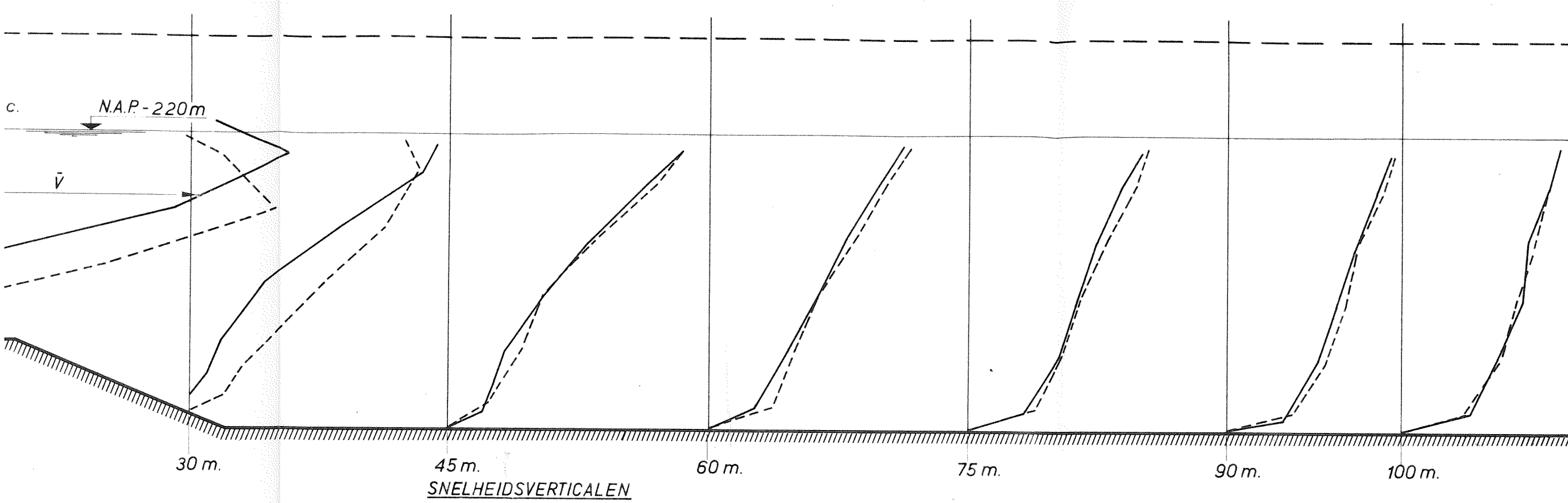
SNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERDELING OP EN BENEDEN-
 STROOMS VAN DE DREMPEL BIJ $Q = 4800 \text{ m}^3/\text{sec.}$ (DOOR
 ALLE CAISSONS) BENEDEN WATERSTAND N.A.P.-220m

		F
		A3
M.877-1022		FIG. 22

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

— VERDELING ACHTER EEN DWARSSCHOT
 - - - " MIDDEN TUSSEN TWEE DWARSSCHOTTEN

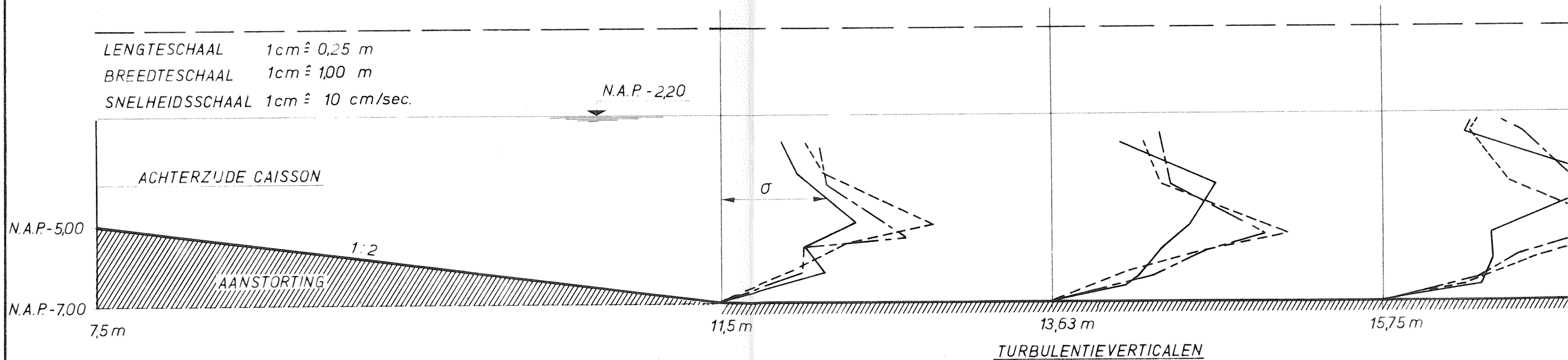
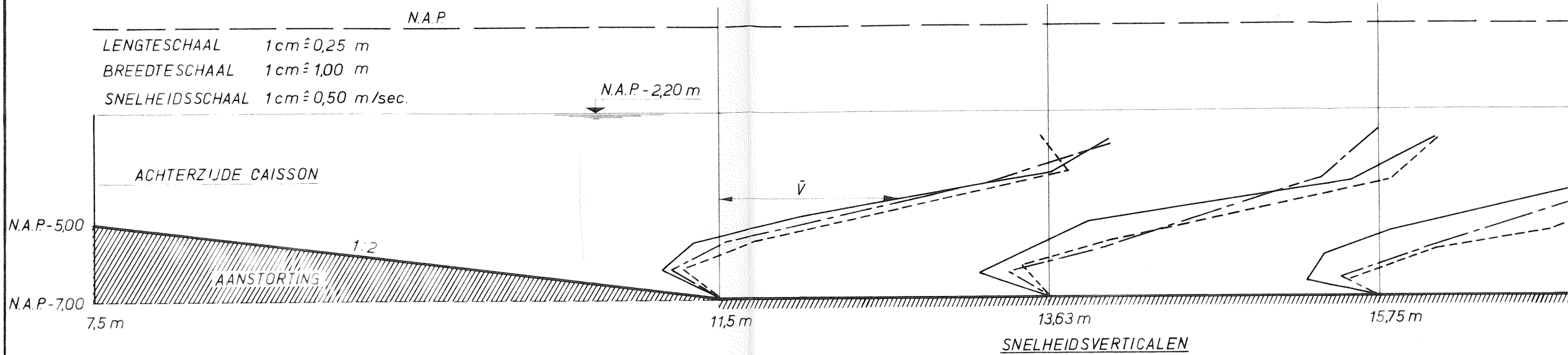
$$V = \bar{v} + v' \quad \sigma = \sqrt{v'^2}$$



— VERDELING ACHTER EEN DWARSSCHOT
 - - - " MIDDEN TUSSEN TWEE DWARSSCHOTTEN

$$V = \bar{V} + V' \quad \sigma = \sqrt{V'^2}$$

		F
		A3'
M.877-1022	FIG. 22	

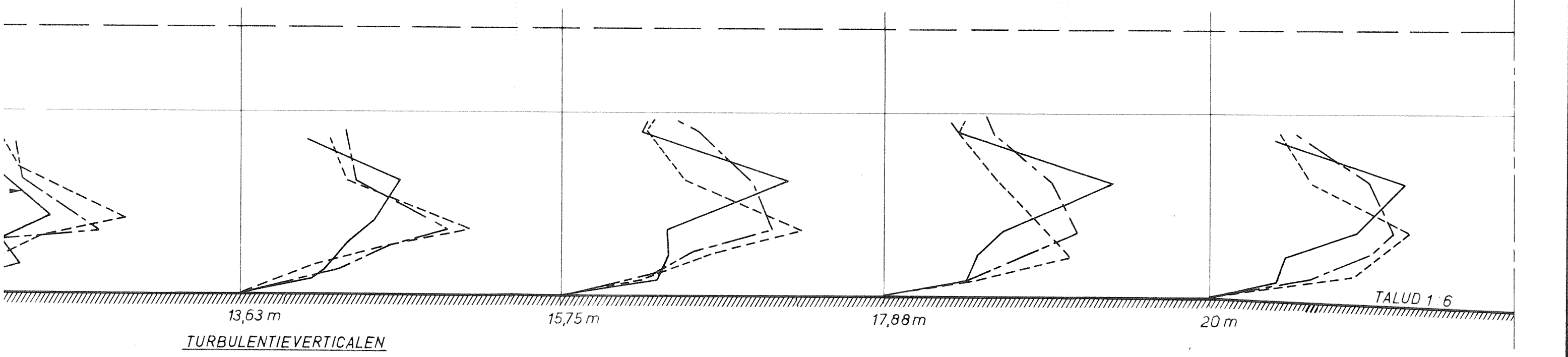
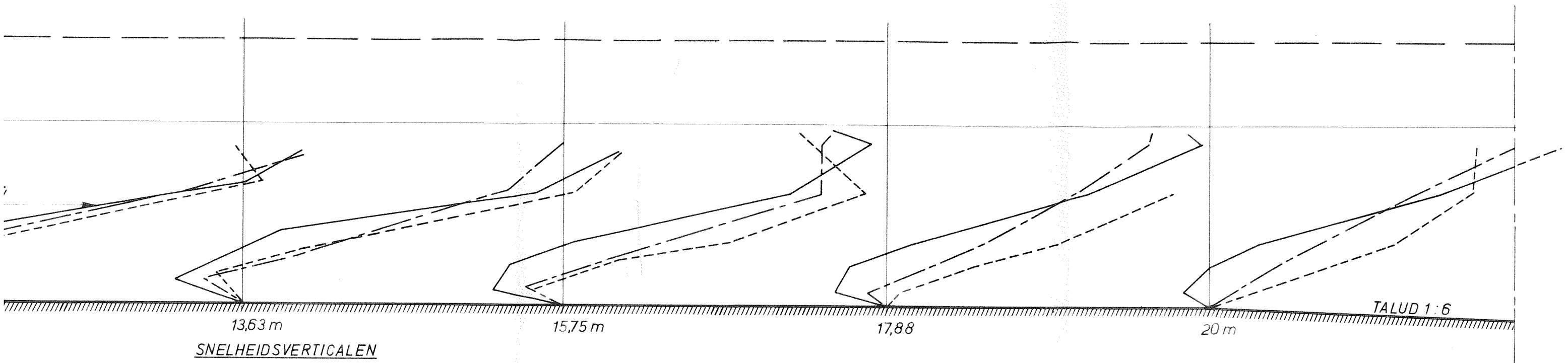


SNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERDELING OP DE DREMPEL
 DIRECT ACHTER HET CAISSON $Q=4800 \text{ m}^3/\text{sec.}$ (DOOR ALLE
 CAISSONS) BENEDEN WATERSTAND N.A.P. - 2,20 m

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM M.877-1023 FIG.23

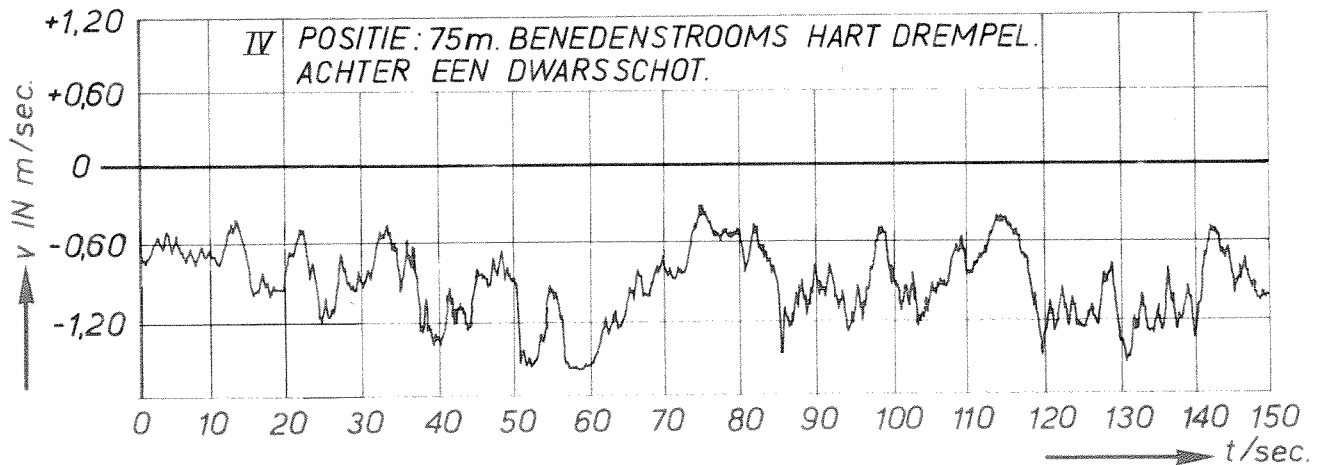
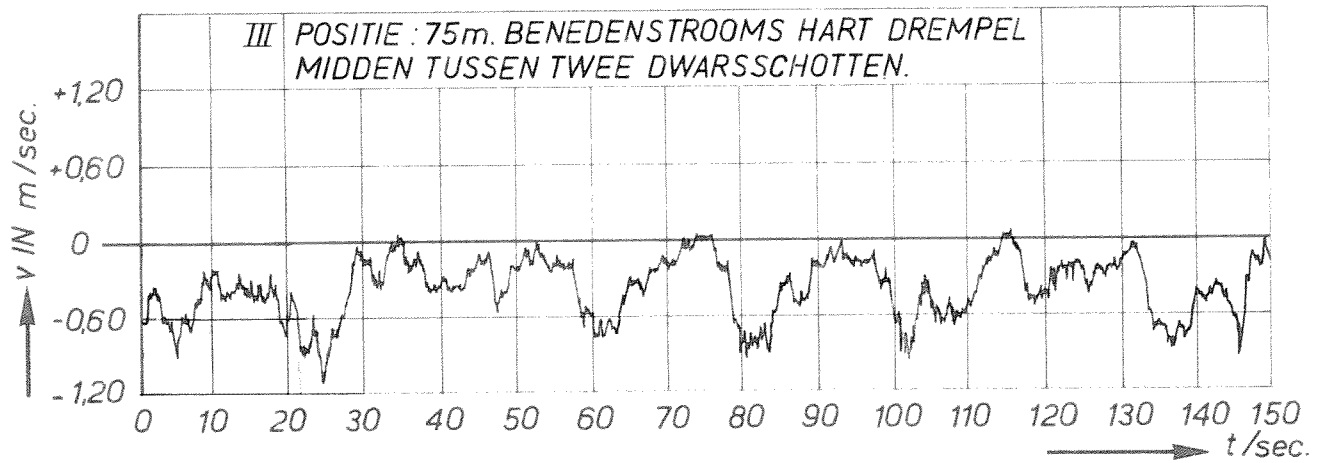
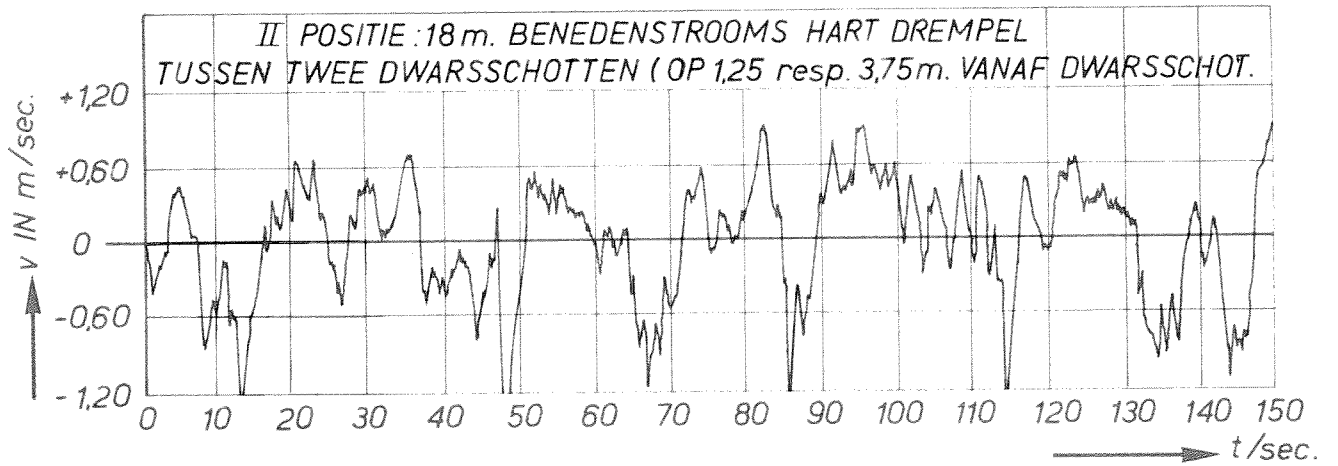
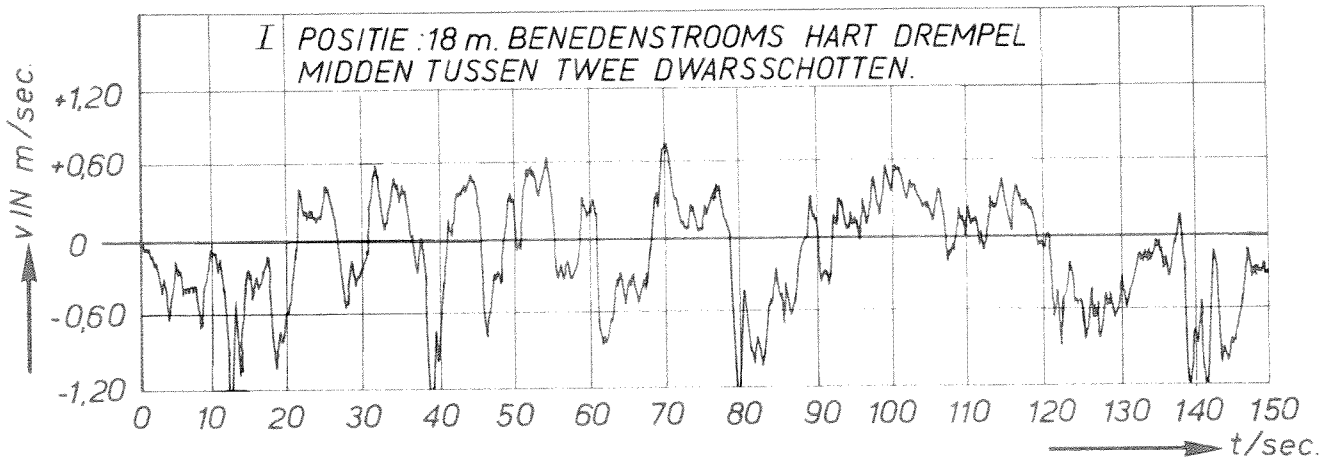
$$V = \bar{V} + V' \quad \sigma = \sqrt{V'^2}$$

- VERDELING ACHTER EEN DWARSSCHOT
- - - - - " MIDDEN TUSSEN TWEE DWARSSCHOTTEN
- · - · - " TUSSEN TWEE DWARSSCHOTTEN (OP 1,25 m.)



- VERDELING ACHTER EEN DWARSSCHOT
- - - - - " MIDDEN TUSSEN TWEE DWARSSCHOTTEN
- · - · - " TUSSEN TWEE DWARSSCHOTTEN (OP 1,25m. resp. 375m. VANUIT DWARSSCHOT)

$$\sigma = \sqrt{v'^2}$$

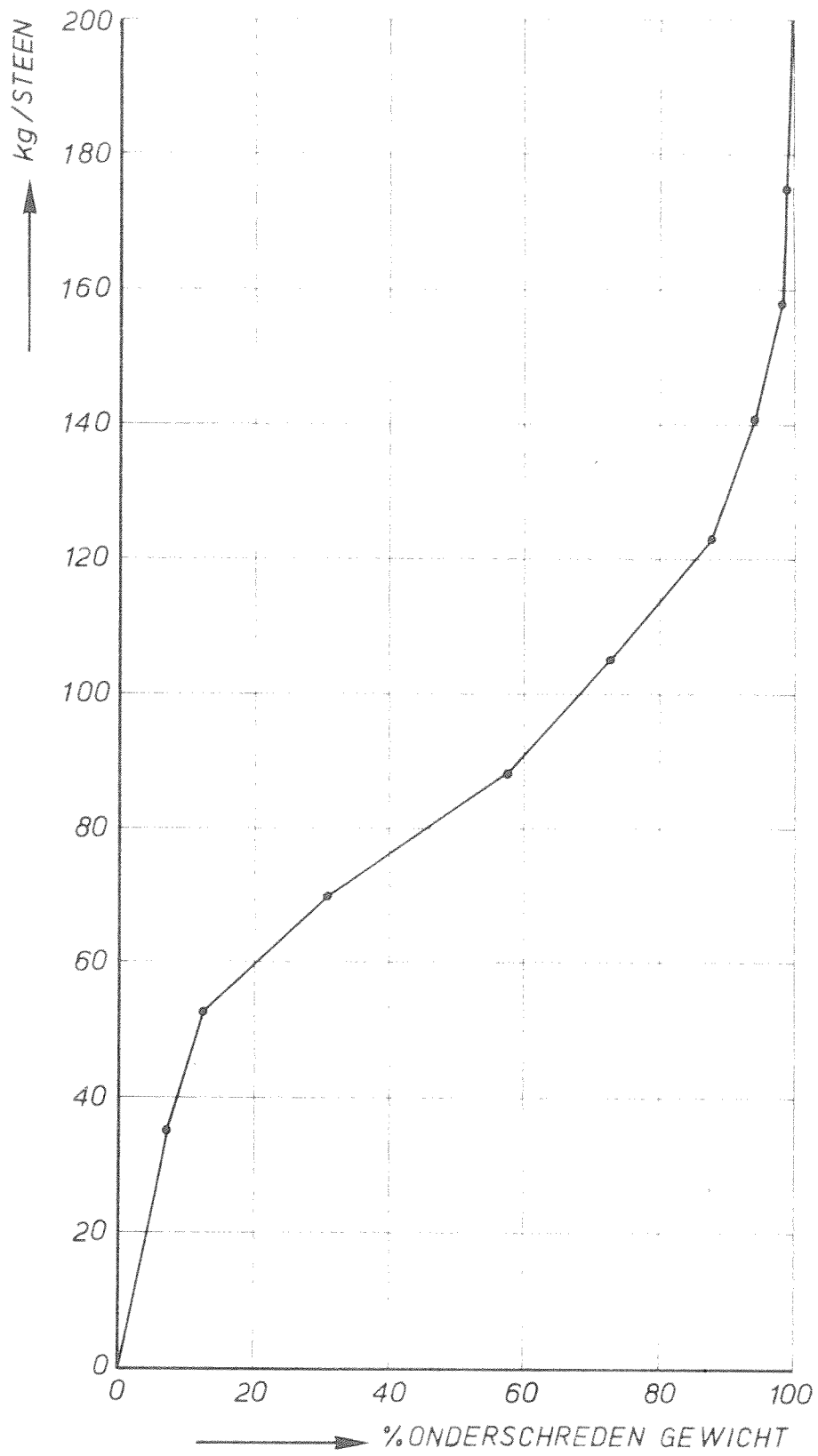


SNELHEIDSREGISTRATIES OP EN BENEDENSTROOMS
DE DREMPEL

SNELHEIDSSCHAAL 1 cm \approx 0,60 m/s
TIJDSCHAAL 1 cm \approx 10,2 sec

F

A 4



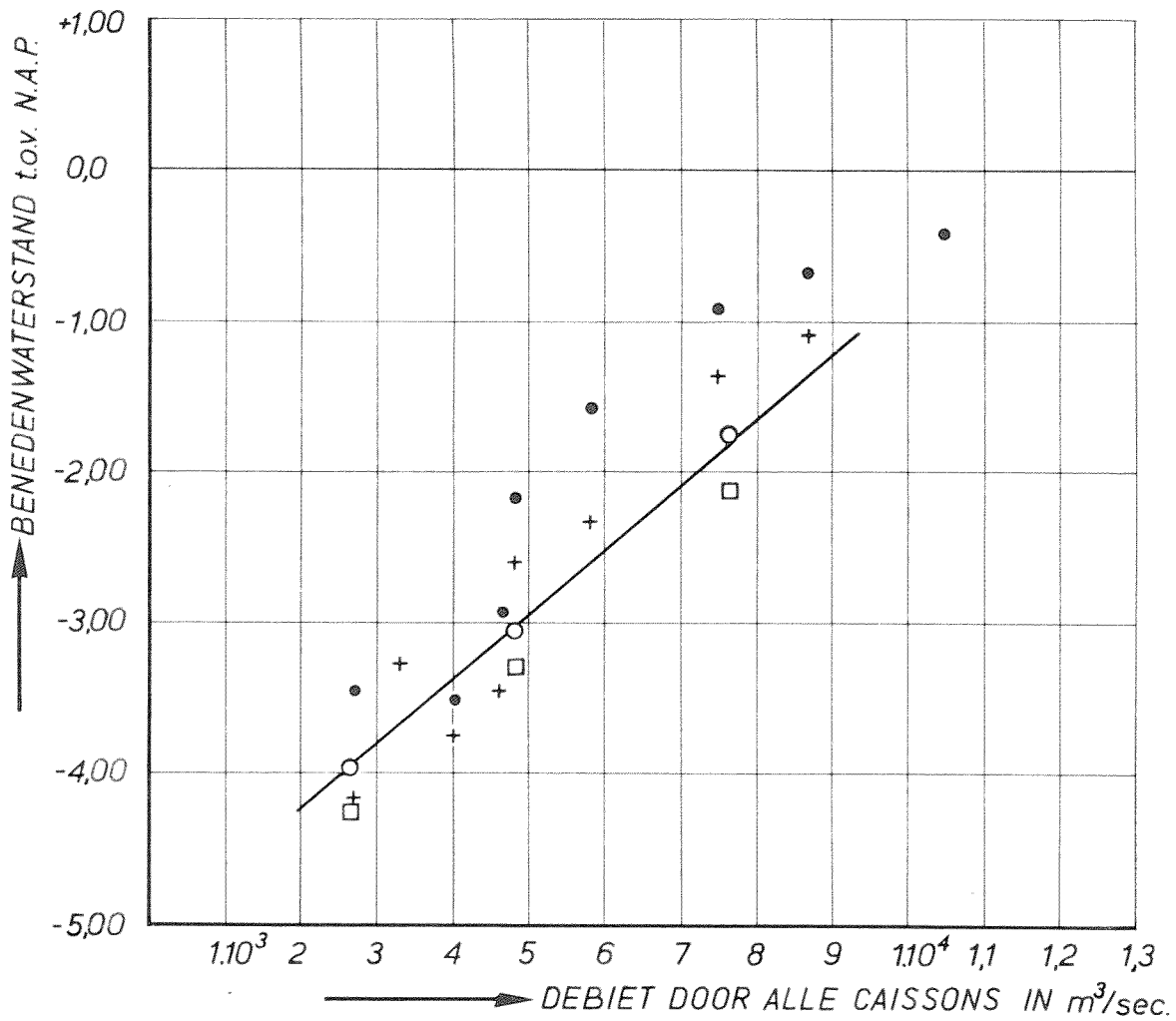
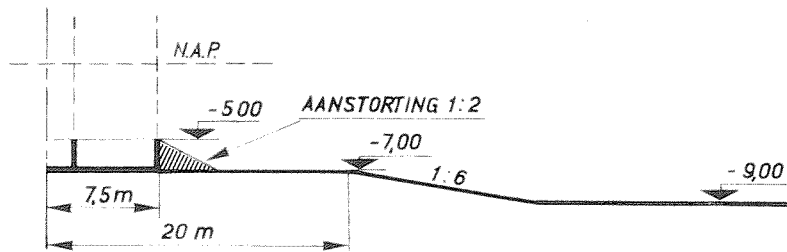
GEWICHTSVERDELING STORTSTEEN ZOALS
WEERGEGEVEN IN MODEL

F

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1025 FIG. 25



- BEGIN VAN TRILLEN | OP 5 à 12,5 m ACHTER
- + " " VERPLAATSEN | HET CAISSON
- GEEN AANTASTING
- AANTASTING

VAN 4 TOT 10 m ACHTER HET CAISSON
 (VOOR METING MET KLEINSTE DEBIET
 AANTASTING VAN 2,5 TOT 7,5 m) MAXIMALE
 AANTASTING ACHTER DE OPENINGEN
 TUSSEN DE TUSSENSCHOTTEN.
 AFZETTING VAN 9 TOT 18 m ACHTER HET
 CAISSON.

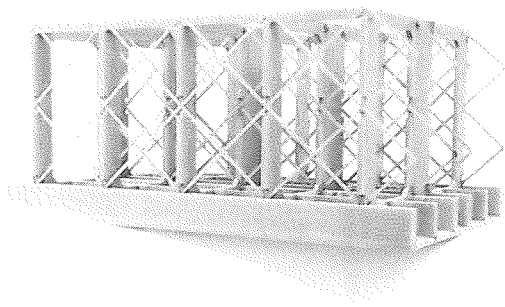
STABILITEIT STEENBESTORTING ALS FUNCTIE
 VAN DEBIET EN BENEDENWATERSTAND

F

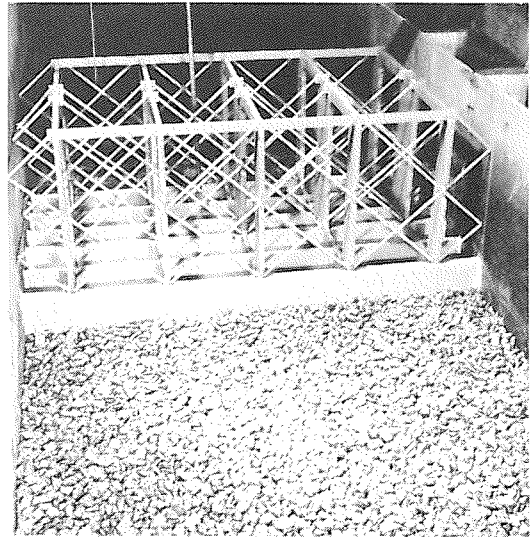
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1026 FIG. 26



1. DOORLAATCAISSON



2. DOORLAATCAISSON IN STROOMGOOT



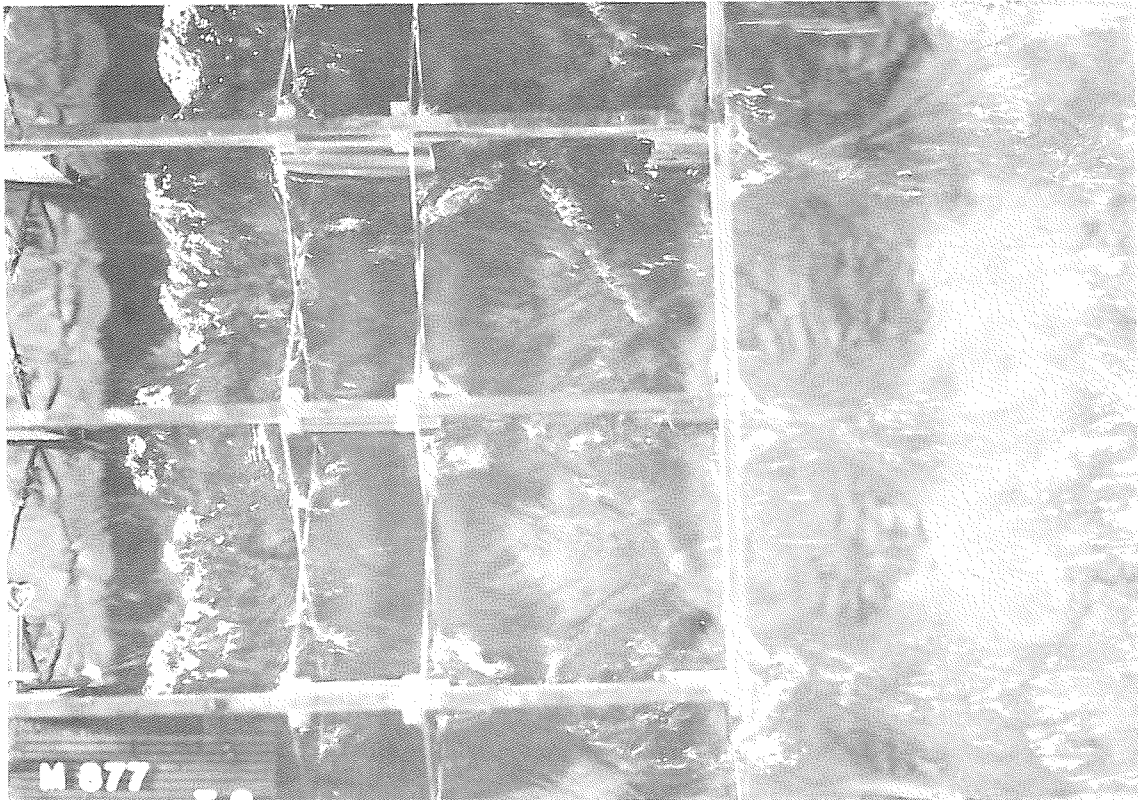
3. STROOMBEELD BENEDENSTROOMS VAN DE CAISSON



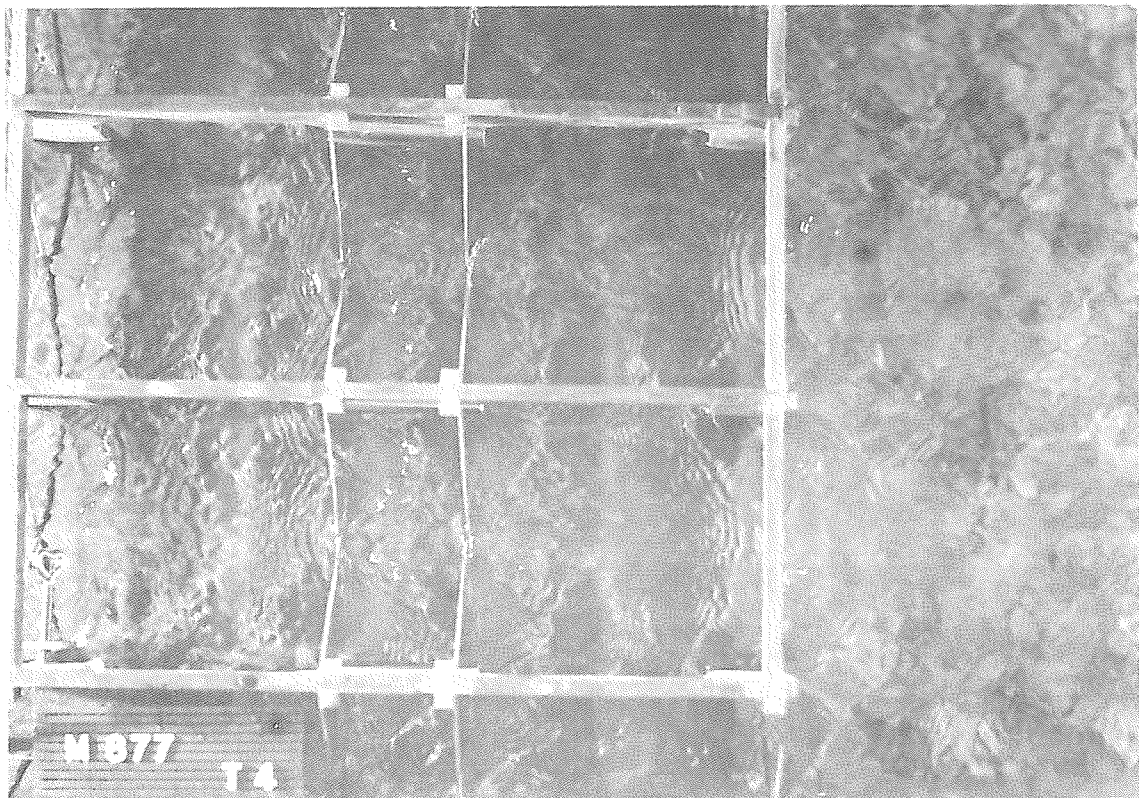
4. STROOMBEELD IN EN VLAK ACHTER DE CAISSON
BENEDENWATERSTAND N.A.P. -2,50m



5. STROOMBEELD IN EN VLAK ACHTER DE CAISSON
BENEDENWATERSTAND N.A.P. -1,00m



6. STROOMBEELD IN EN VLAK ACHTER DE CAISSON
BENEDENWATERSTAND N.A.P. +0,50m



7. STROOMBEELD IN EN VLAK ACHTER DE CAISSON
BENEDENWATERSTAND N.A.P. +2,00m

Waterloopkundig Laboratorium

Caissons Volkerak

M 877

maart 1967

Aanvullend onderzoek.Inleiding

Na beëindiging van het hiervoor beschreven onderzoek werden enige wijzigingen in het ontwerp van de caisson aangebracht; deze bestaan uit:

- 1^o. Een verzwaring van de tralies van DIE 18 tot DIE 20.
- 2^o. Het aanbrengen van schuifspinningen tussen de beide middelste tralieliggers. Deze spinningen steken 15 cm buiten het vlak van de tussenschotten uit.

Aangezien deze wijzigingen beide de weerstand van de caisson verhogen werd besloten de wijzigingen in het model aan te brengen en opnieuw de afvoercoëfficiënt μ te bepalen.

Tevens werd gevraagd de afvoercoëfficiënt te bepalen voor het geval de tralies worden voorzien van halfcirkelvormige afrondingen die tot doel hebben de weerstand van de tralies te verlagen. Dit is gedaan voor de volgende gevallen:

- A. De tralies van de middelste tralieliggers zijn aan beide zijden van afrondingen voorzien, die van de buitenste tralieliggers alleen aan de binnenzijde. In verband met de bevestiging van de drijfschotten was tussen de buitenste tralieliggers en deze drijfschotten n.l. onvoldoende ruimte voor het aanbrengen van afrondingen beschikbaar.
- B. Alle tralies zijn aan beide zijden van afrondingen voorzien. De bevestiging van de drijfschotten bleek ook in dit geval mogelijk door de afrondingen aan de buitenzijde op enkele plaatsen te onderbreken.

De metingen zijn op geheel dezelfde wijze verricht als in het voorgaande beschreven is.

4.2. Resultaten

In de figuren A1, A2 en A3 zijn de gemeten waarden van de afvoercoëfficiënten bij diverse benedenwaterstanden tegen het verval uitgezet. Deze metingen zijn verricht voor de volgende drie gevallen.

- I Caisson met tralies DIE 20 en schuifspinningen diep 0,15 m. Fig. A1.
- II Caisson met tralies en schuifspinningen als in geval I met halfcirkelvormige afrondingen op de tralies, behalve op de buitenzijde van de buitenste tralieliggers. Figuur A2.

III Caisson met tralies en schuifspanningen als in geval I met half-cirkelvormige afrondingen op beide zijden van alle tralies.

Figuur A3.

Ter vergelijking wordt verwezen naar figuur 11, waarin dezelfde meetresultaten zijn gegeven voor geval 0, de caisson met tralies DIE 18 zonder schuifspanningen.

De spreiding in de gemeten waarden behorende bij één benedenwaterstand blijkt binnen de meetnauwkeurigheid te liggen, zodat de veronderstelling, dat de afvoercoëfficiënt onafhankelijk van het verval is, gerechtvaardigd lijkt.

Als μ -waarde behorende bij een bepaalde benedenwaterstand is het rekenkundig gemiddelde van de gemeten waarden aangehouden.

In de figuren A1, A2 en A3 zijn deze door verticale rechten gegeven. Uit de figuren blijkt verder dat de μ -waarden groter worden naarmate de benedenwaterstand hoger wordt. Een uitzondering hierop zou blijken uit figuur A2 waar voor een benedenwaterstand van NAP + 0,50 m een iets kleinere gemiddelde μ is gevonden dan bij een benedenwaterstand van NAP. Het verschil van deze waarden (0,812 en 0,809) ligt echter binnen de meetnauwkeurigheid.

Het verband tussen de gemiddelde μ -waarden en de benedenwaterstand is voor de gevallen 0, I, II en III weergegeven in figuur A4, terwijl figuur A5 de invloed van de verschillende uitvoeringen van de caisson op de afvoercoëfficiënt laat zien.

Duidelijk blijkt de tralieverzwaring van DIE 18 naar DIE 20 gecombineerd met de schuifspanningen voor alle benedenwaterstanden een verlaging van de afvoercoëfficiënt te veroorzaken, terwijl het afronden van de tralies een verhoging teweegbrengt.

Wordt uit de bij de diverse benedenwaterstanden berekende gemiddelde afvoercoëfficiënten weer een gemiddelde bepaald, dat dan als de afvoercoëfficiënt voor de caisson geldt, dan volgt voor:

Geval	μ	Relatieve waarde ten opzichte van μ_I
0	0,770	1,02
I	0,755	1,00
II	0,798	1,06
III	0,822	1,09

De verzwaring van de tralies gecombineerd met het aanbrengen van schuifspanningen geeft dus een kleine verlaging van de afvoercoëfficiënt van ca. 2%.

Het afronden van de tralies volgens geval III geeft ca. 6% verhoging; worden ook de buitenzijden van de buitenste tralies afgerond, dan bedraagt de toename van de afvoercoëfficiënt ca. 9%.

Tabel I geeft een overzicht van de uit de metingen berekende gemiddelde μ -waarden bij verschillende benedenwaterstanden. Hieruit zijn de waarden μ_0 t/m μ_{III} als gemiddelde afvoercoëfficiënten voor de gevallen 0 t/m III berekend.

Tabel I Gemiddelde waarden afvoercoëfficiënt

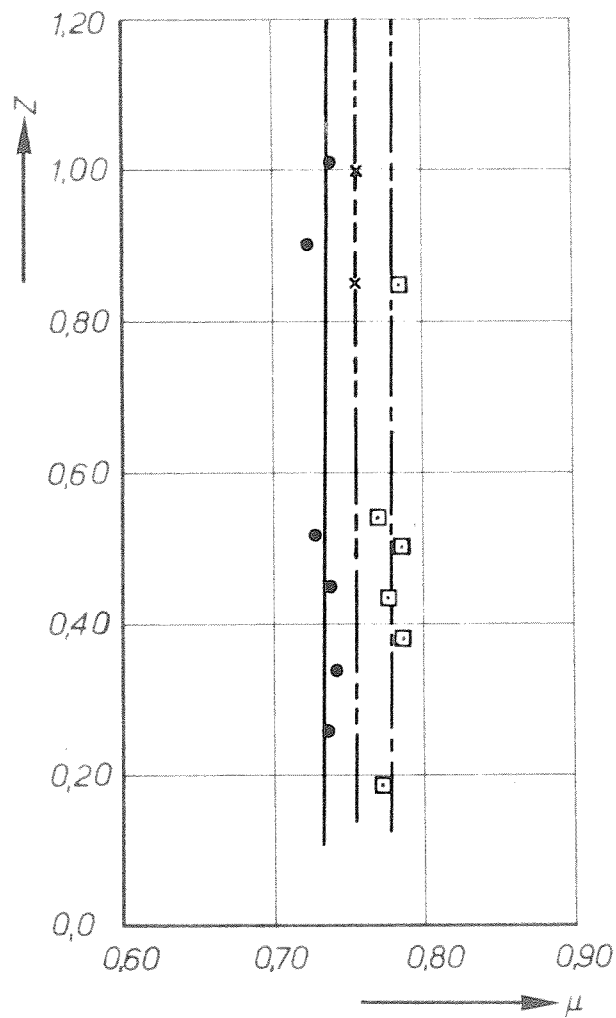
Benedenwaterstand in m + NAP	Geval 0	Geval I	Geval II	Geval III
- 2,50	0,755	0,734	0,764	0,786
- 1,00	0,765	-	0,786	0,818
0,00	-	0,754	0,812	0,828
+ 0,50	0,773	-	0,809	0,833
+ 2,00	0,785	0,778	0,820	0,846
Gemiddeld:	0,770	0,755	0,798	0,822

Geval 0 Tralies DIE 18, geen schuifspinningen, geen afrondingen.

Geval I Tralies DIE 20, schuifspinningen 15 cm, geen afrondingen.

Geval II Tralies DIE 20, schuifspinningen 15 cm, afrondingen op de tralies, behalve op buitenzijde buitenste tralies.

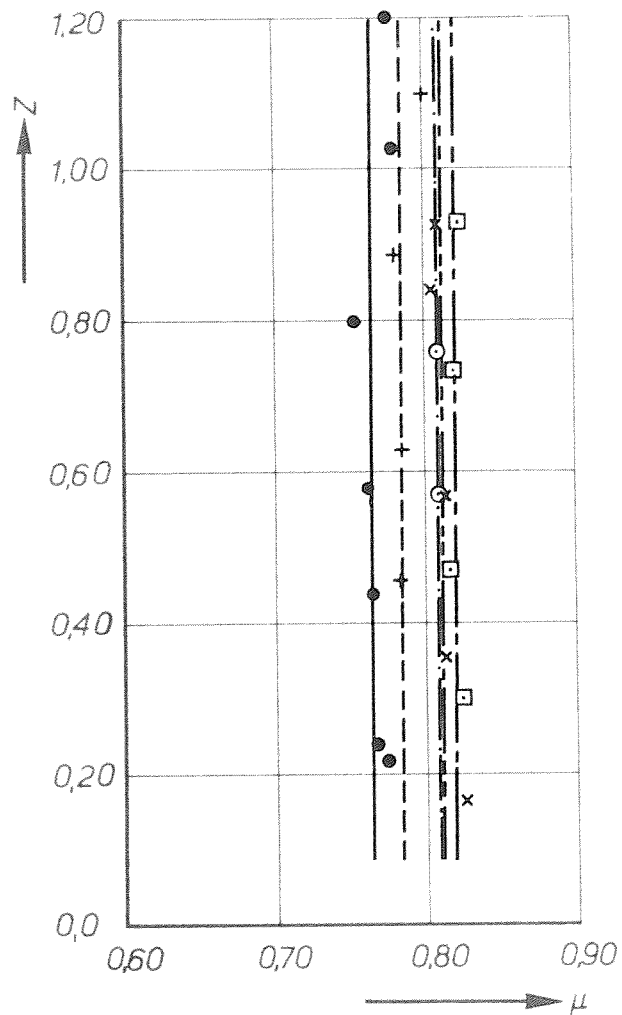
Geval III Tralies DIE 20, schuifspinningen 15 cm, afrondingen op alle tralies.



- μ gem.
- ——— ● *BENEDENWATERSTAND N.A.P.-2,50m. 0,734*
 - × ——— × " " " *N.A.P. 0,754*
 - ——— □ " " " *N.A.P.+2,00m. 0,778*

AFVOERCOEFFICIENT ALS FUNCTIE VAN
DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL. GEVAL I

F
A4

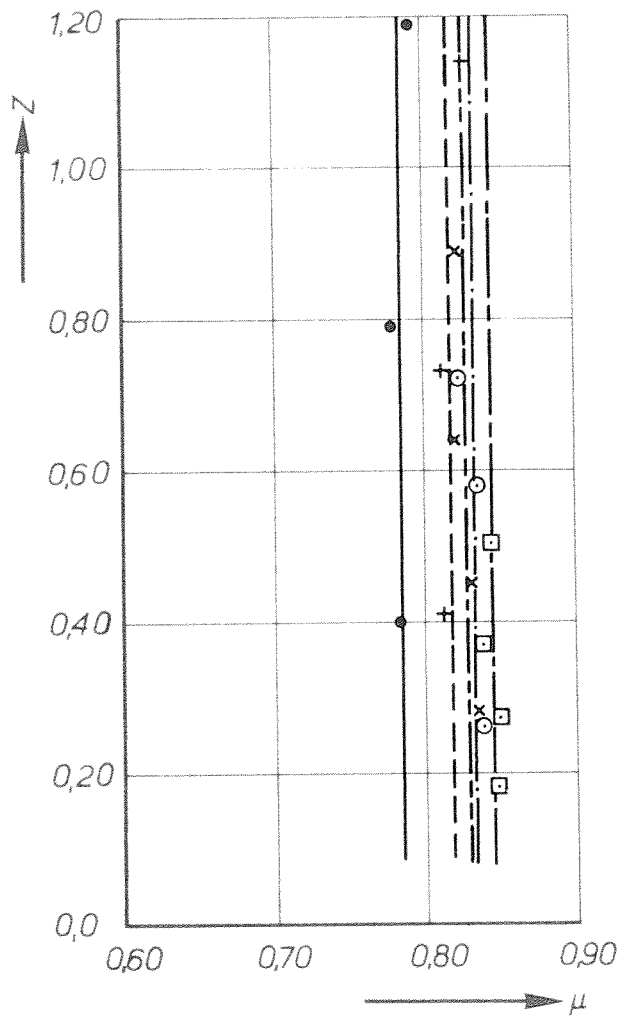


		μ gem.
● ——— ●	BENEDENWATERSTAND N.A.P. - 2,50 m.	0,764
+ - - - - +	„ „ „ N.A.P. - 1,00 m.	0,786
x - - - - x	„ „ „ N.A.P.	0,812
○ - · - · - ○	„ „ „ N.A.P. + 0,50 m.	0,809
□ - · · - · - □	„ „ „ N.A.P. + 2,00 m.	0,820

AFVOERCOEFFICIENT ALS FUNCTIE VAN
DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL. GEVAL II

F

A4

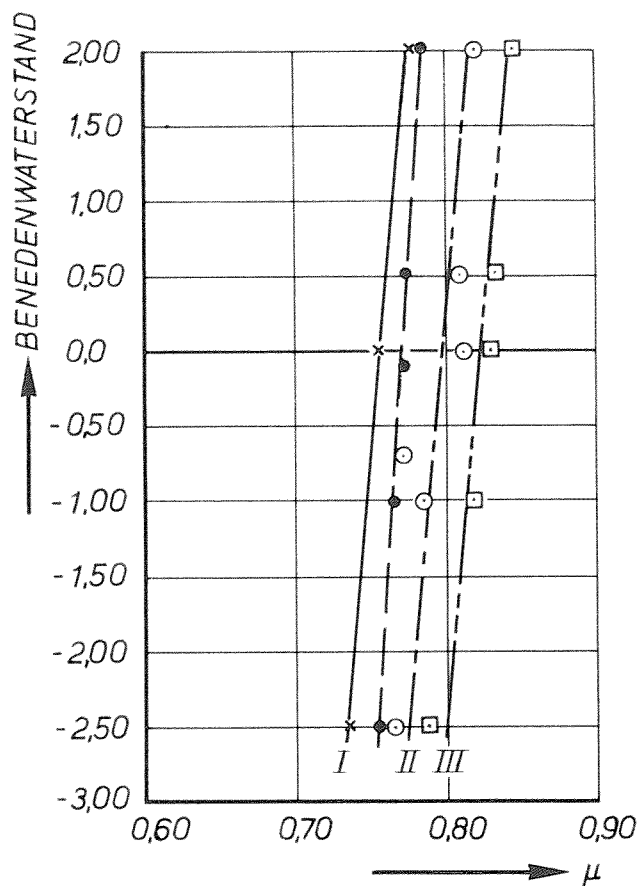


			μ gem.
● ——— ●	BENEDENWATERSTAND	N.A.P.-2,50m.	0,786
+ - - - - +	" "	" " N.A.P.-1,00m.	0,818
x - - - - x	" "	" " N.A.P.	0,828
○ - · - · - ○	" "	" " N.A.P.+0,50m.	0,833
□ - - - - □	" "	" " N.A.P.+2,00m.	0,846

AFVOERCOEFFICIENT ALS FUNCTIE VAN
DE BENEDENWATERSTAND EN HET VERVAL. GEVAL III

F

A4



GEVAL:

- I x ——— x TRALIES DIE 20 SCHUIFSPONNINGEN 15 cm.
 II ○ — — — ○ IDEM MET AFRONDINGEN OP DE TRALIES BEHALVE AAN DE BUITENZIJDEN VAN DE BUITENSTE TRALIELIGGERS
 III □ — — — □ IDEM MET ALLE TRALIES AAN BEIDE ZIJDEN AFGEROND
 0 ● — — — ● TRALIES DIE 18, GEEN SCHUIFSPONNINGEN, GEEN AFRONDINGEN

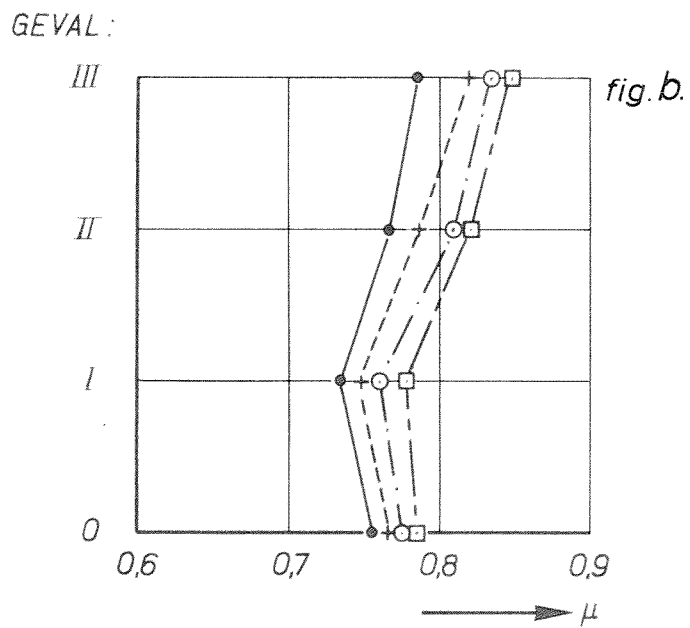
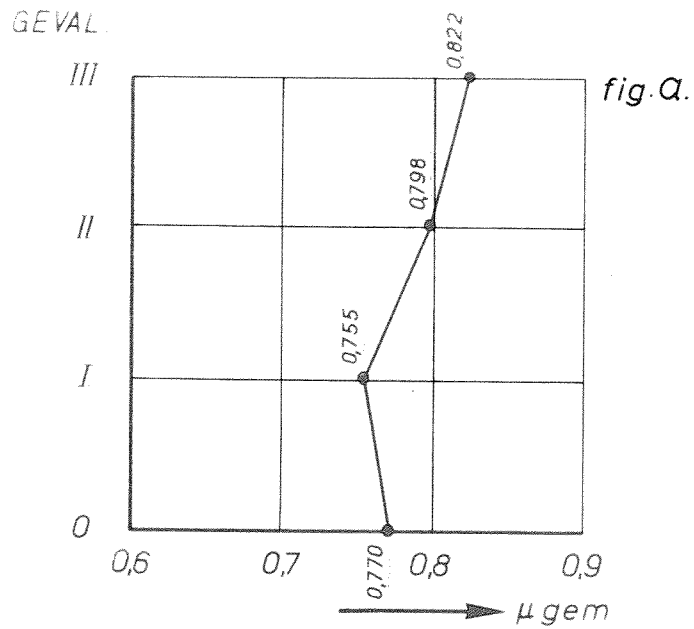
VERBAND TUSSEN AFVOERCOEFFICIENT EN
 BENEDENWATERSTAND VOOR DE GEVALLEN 0, I, II, EN III

F

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.877-1030 FIG.A4



- ——— ● *BENEDENWATERSTAND* N.A.P. -2,50 m
- + - - - - + " " " N.A.P. -1,00 m
- — · — · — ○ " " " N.A.P. +0,50 m
- — - - - □ " " " N.A.P. +250 m

AFVOERCOEFFICIENTEN BIJ DIVERSE BENEDEN WATERSTANDEN EN GEMIDDELDE AFVOERCOEFFICIENTEN VOOR DE GEVALLEN 0 I II EN III

F

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 877-1031

FIG.A5a-b

