

2e exemplaar

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

werkgroep 8

vormgeving en konstruktie sluitgaten

WL 8-44

ontgrondingen bij de putten van de
pijleroplossing

AFGEHANDELD

verslag modelonderzoek

M1385

april 1976

M1385

1976
apr.

09 APR. 1979

KAT.

stormvloedkering Oosterschelde

werkgroep 8

vormgeving en konstruktie sluitgaten

WL 8-44

ontgrondingen bij de putten van de
pijleroplossing

verslag modelonderzoek

M1385

april 1976

Voorwoord

Voor de uitvoering van de studie naar de realiseerbaarheid, de kosten en de benodigde bouwtijd ten behoeve van een stormvloedkering in de Oosterschelde werd door Rijkswaterstaat een project-organisatie in het leven geroepen met een groot aantal werkgroepen.

Het bijgaande verslag is een onderdeel van een serie verslagen, die tot stand is gekomen in het kader van de werkzaamheden van Werkgroep 8: Vormgeving en constructie sluitgaten. Om snel over verspreidbare informatie te beschikken over de vorderingen van de onderzoeken in het Waterloopkundig Laboratorium werd besloten veelvuldig tussentijds schriftelijk te rapporteren. In verband hiermee is de uitvoering van deze verslagen enigszins afwijkend van de uitvoering onder normale omstandigheden. Na afloop van de studie werd het niet nodig geoordeeld om tot wijzigingen van de opzet over te gaan, mede doordat de resultaten van het waterloopkundig onderzoek zijn samengevat in het door Rijkswaterstaat uitgebrachte verslag: Onderzoek naar de mogelijkheid van de afsluiting van de Oosterschelde met een gedeeltelijk geprefabriceerde stormvloedkering, Deelverslag no. 2: Hydraulische aspecten.

Lijst van in het kader van Werkgroep 8 uitgebrachte verslagen

<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-1	M1001	Lengteprofiel caissondrempels.
WL8-2	M1000	Damaanzet Schouwen.
WL8-3	M1001	Ontgrondingen Roompot situatie III-c.
WL8-4	M863 ^B	Aanzethellingen.
WL8-5	M1000	Plaatsen van de caissons.
WL8-6	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-7	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal varianten van de stormvloedkerende caissondam waarvan de roosters nog niet zijn geplaatst.
WL8-8	M1000	Randvoorwaarden wintersluitgatsituatie met beperkte horizontale vernauwing.
WL8-9	M1000	Onderzoek invloed doorbaggeren Hompels op stroombeeld langs de oever van damaanzet Noord-Beveland.
WL8-10	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-11	M1244	Opbouw wintersluitgatdrempel.
WL8-12	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal varianten van de stormvloedkerende caissondam met roosters.
WL8-13	M1001	Ontgrondingsonderzoek in de Roompot, invloed horizontale en verticale vernauwingen.
WL8-14	M1001	Ontgrondingsonderzoek in de Schaar, invloed horizontale en verticale vernauwingen.
WL8-15	M1001	Ontgrondingsonderzoek wintersluitgatfase Roompot, situaties 1-a en 2 ^A -a met verlaagde drempel.
WL8-16	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-17	M1001	Verlenging bodembescherming.
WL8-18	M1000	Randvoorwaarden wintersluitgatsituatie waarbij het doorstroomprofiel is aangepast aan de huidige bodemconfiguratie.
WL8-19	M1000	Stroomsnelheid ter plaatse van de laatst te plaatsen caisson bij caissons met bovenbak.
WL8-20	M1001	Ontgrondingen tijdens caissonplaatsingen in de Schaar en de Hammen.
WL8-21	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal fasen van de caissonplaatsing.
WL8-22	M1001	Ontwerp maximale horizontale vernauwingen, ontgrondingen eindfase in de Roompot.
WL8-23	M1001	Toetsing berekeningsmethode verlenging bodembescherming.
WL8-24	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal fasen van de roosterplaatsing.
WL8-25	M1001	Ontgrondingen tijdens roosterplaatsingen in de Schaar en de Hammen.

<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-44	M1385	Ontgrondingen bij de putten van de pijleroplossing.
WL8-45	R 460	Invloed van een geleidelijk in hoeveelheid afnemende bestorting benedenstrooms van een bodemverdediging op de vorming van de ontgrondingskuil.
WL8-46	M1001	Invloed geleidedam Noord-Beveland en landhoofdcaissons op de ontgrondingen in de Roompot.
WL8-47	M1000	Randvoorwaarden bij de wintersluitgatsituatie van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-48	M1000	Randvoorwaarden bij een plaatsingsfase van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-49	M1000	Plaatsingstijd caissons.
WL8-50	M1001	Ontgrondingsonderzoek pijlerplaatsingen in de Schaar en de Hammen.
WL8-51	M1382	Bepaling afvoercoëfficiënten samengetrokken en niet-samengetrokken caissons voor de brievenbusoplossing.
WL8-52	M1382	Bepaling afvoercoëfficiënten pijleroplossing.
WL8-53	M1000	Voorspelling verandering in bodemligging ten gevolge van aanpassing damkoppen.
WL8-54	M1000	Randvoorwaarden bij een tweetal eindfasen van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-55	M1001	Stroomverdeling en ontgrondingsonderzoek vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-56	M1324	Stabiliteit zij-aanstortingen caissons tijdens superstorm-omstandigheden.
WL8-57	M1324/ M1329	Stabiliteit stortebed en drempel bij het sluiten van hefschuiven in caissons (oriënterend onderzoek).
WL8-58	M1000	Randvoorwaarden bij een bouwphase van de pijlers op putten.
WL8-59	M1402	Ontgrondingen rond putten bij gedeeltelijk verdedigde bodem.
WL8-60	M1324	Stroombeelden bij enige dorpelvormen voor de toestand van weigerende schuif bij de oplossing pijlers op putten.
WL8-61	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek bij een weigerende schuif in de Roompot
WL8-62	M1329	Geconstateerde dwarsslingeringbij onderzoek naar de bouwphase van pijlers op putten.
WL8-63	M1329	Stabiliteit drempelmateriaal tijdens bouwphase van pijlers op putten.
WL8-64	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel van de pijleroplossing bij een weigerende schuif.

INHOUD

	blz.
<u>1</u> <u>Inleiding</u>	1
<u>2</u> <u>Proefopstelling</u>	1
<u>3</u> <u>Randvoorwaarden</u>	1
3.1 Waterdiepte.....	1
3.2 Kritieke stroomsnelheid \bar{u}_{krit}	2
3.3 Stroomsnelheid \bar{u}	2
3.3.1 Permanente stroomsnelheid.....	2
3.3.2 Variërende stroomsnelheid tengevolge van het getij.....	2
<u>4</u> <u>Metingen</u>	3
<u>5</u> <u>Resultaten en interpretatie</u>	4
5.1 Maximale diepte van de ontgrondingskuil als functie van de tijd.....	4
5.2 Effectieve tijd en tijdschaal.....	5
5.3 h_{max} als functie van de prototype tijd.....	6
<u>6</u> <u>Conclusies</u>	7
<u>7</u> <u>Opmerkingen</u>	7

TABELLEN

FIGUREN

FOTO'S

TABELLEN

- 1 Overzicht t_1 -waarden voor de situatie met en zonder bovenaanvoer van zand
- 2 Variatie in α , berekend uit de t_1 -waarden van tabel 1 tengevolge van variatie in K
- 3 Variatie in de effectieve tijd (van het getij volgens figuur 2) tengevolge van variatie in α

FIGUREN

- 1 Proefopstelling in de Pentagoot
- 2 Snelheidsverloop van de getijstroom
- 3 T1, langsprofielen op verschillende tijdstippen
- 4 T2, langsprofielen op verschillende tijdstippen
- 5 T3, langsprofielen op verschillende tijdstippen
- 6 T1, ontgrondingspatroon bij éézijdige aanstroming
- 7 T4, ontgrondingspatroon bij tweezijdige aanstroming
- 8 T1, dwarsprofielen op verschillende tijdstippen
- 9 T1,T2,T3, tijd-ontgrondingsrelatie voor raai 2; invloed van bovenaanvoer zand
- 10 T1,T2,T3, tijd-ontgrondingsrelatie voor drie langsraaien
- 11 T1,T2,T3, verband tussen $(\bar{\alpha}u - \bar{u}_{kr})$ en $t_1/\Delta^{1,7}h_o^2$
- 12 T4, verloop van h_{max} tengevolge van de getijstroom

FOTO'S

- 1 Ontgrondingskuil in evenwichtssituatie tengevolge van éézijdige aanstroming
- 2 Ontgrondingskuil in evenwichtssituatie tengevolge van éézijdige aanstroming
- 3 Ontgrondingskuil tengevolge van tweezijdige aanstroming (getijstroom)
- 4 Ontgrondingskuil tengevolge van tweezijdige aanstroming (getijstroom)

ONTGRONDING BIJ DE PUTTEN VAN DE PIJLEROPLOSSING

1 Inleiding

In het kader van het onderzoek naar de stormvloedkering in de Oosterschelde is, in opdracht van de Deltadienst van Rijkswaterstaat, in het Waterloopkundig Laboratorium De Voorst de ontgronding bij de putten van de pijleroplossing onderzocht, voor het geval er geen bodembescherming rondom de put wordt aangebracht.

Twee vragen zijn hierbij belangrijk:

- a Wat is de diepte van de ontgrondingskuil in de evenwichtstoestand, met andere woorden hoe groot is de evenwichtsdiepte?
- b Hoe lang duurt het voordat deze evenwichtsdiepte bereikt is?

2 Proefopstelling

Het onderzoek is uitgevoerd in de Pentagoot (figuur 1) met een lengteschaal $n_1 = 30$.

Dit is ook de diepteschaal, omdat het in beweging raken van het bodemmateriaal hoofdzakelijk toe te schrijven is aan de grote wervels, die voornamelijk door de geometrie van de constructie worden bepaald.

De put is symmetrisch in het midden van de goot geplaatst (figuur 1) op een 0,8 m dikke laag zand met een D_{50} van 135 μm . Tweezijdige aanstroming is in het model mogelijk.

De aanstroomb lengte was voldoende lang om ter plaatse van de put een redelijk gevulde zandverticaal te verkrijgen.

3 Randvoorwaarden

3.1 Waterdiepte

Uit voorgaande onderzoeken is gebleken dat bij een situatie met doorgaand materiaaltransport, de oorspronkelijke waterdiepte h_0 (de afstand van de waterspiegel tot de ongestoorde bodem) geen invloed op de evenwichtsdiepte heeft, als de verhouding tussen h_0 en de diameter van de put D groter is dan ca. 2. De waterdiepte in de sluitgaten van de Oosterschelde varieert ongeveer van

15 tot 30 m, zodat bij een diameter van de put van 18 m de waterdiepte wel een rol zal spelen.

In verband met de beschikbare tijd zijn echter alleen proeven uitgevoerd bij een waterdiepte $h_0 = 15$ m.

3.2 Kritieke stroomsnelheid \bar{u}_{krit}

Voor een situatie met doorgaand materiaal transport is de evenwichtsdiepte van de ontgrondingskuil volgens diverse onderzoeken onafhankelijk van de gemiddelde stroomsnelheid \bar{u} , als de gemiddelde stroomsnelheid \bar{u} 1,5 à 2,0 keer groter is dan de kritieke stroomsnelheid \bar{u}_{kr} , waarbij het bodemmateriaal juist in beweging komt.

De waarde van de kritieke stroomsnelheid \bar{u}_{kr} , kan worden afgeleid uit de empirische relaties tussen korreldiameter en de kritieke schuifspanningssnelheid aan de bodem u_{*krit} .

Voor het gebruikte modelzand ($D_{50} = 135 \mu\text{m}$) is \bar{u}_{krit} onder modelomstandigheden 0,3 m/s.

Voor het prototype is een \bar{u}_{kr} van 0,45 m/s aangehouden.

3.3 Stroomsnelheid \bar{u}

3.3.1 permanente stroomsnelheid

De gemiddelde stroomsnelheid \bar{u} , waarmee de proeven uitgevoerd worden, is wel belangrijk voor de tijdschaal n_t , waarop het ontgrondingsproces plaatsvindt. Op grond van de resultaten van het systematisch ontgrondingsonderzoek (M 847/ M 863) kan voor de tijdschaal worden geschreven

$$n_t = \frac{n_h^2}{n(\alpha\bar{u} - \bar{u}_{kr})^{4,3}} \quad (1)$$

waarin α een numerieke coëfficiënt is, die bepaald kan worden uit de resultaten van enkele proeven, met verschillende stroomsnelheden en gelijke geometrie.

3.3.2 variërende stroomsnelheid tengevolge van het getij

In de Pentagoot kunnen alleen proeven worden uitgevoerd met een permanente stroomsnelheid.

Hoewel de stroomsnelheden in prototype variëren met het getij (figuur 2) kan in

het model toch met een permanente stroomsnelheid gewerkt worden door voor een bepaalde eb- of vloedperiode een effectieve tijd te berekenen voor permanente omstandigheden.

De effectieve tijd kan bepaald worden met:

$$t_{\text{eff}} = \frac{1}{(\alpha \hat{u} - \bar{u}_{kr})^{4,3}} \int_0^{T/2} (\alpha \bar{u}(t) - \bar{u}_{kr})^{4,3} dt \quad (2)$$

waarin:

t alleen geïntegreerd wordt voor positieve waarden van $\alpha \bar{u} - \bar{u}_{kr}$

α een numerieke coëfficiënt is

\hat{u} de maximale stroomsnelheid voor een eb- of vloedperiode

$\bar{u}(t)$ de gemiddelde stroomsnelheid op tijdstip t (figuur 2)

T de getijperiode

Er wordt dan aangenomen dat de ontgronding na t_{eff} uur met een permanente stroomsnelheid \hat{u} m/s gelijk zal zijn aan de totale ontgronding na een eb- of vloedperiode.

4 Metingen

In T1, T2 en T3 zijn de ontgrondingen tengevolge van verschillende permanente stroomsnelheden (\bar{u}_{model} is respectievelijk 0,45 , 0,7 en 0,6 m/s) bij gelijkblijvende geometrische omstandigheden onderzocht.

Bij T1 en T2 zijn de proeven voortgezet tot een evenwichtssituatie werd bereikt. Bij T3 is de proef niet voortgezet tot de evenwichtssituatie.

De invloed van het getij op de ontgronding is in T4 onderzocht. Het hierbij gebruikte schema van eb- en vloeduur is afgeleid van de resultaten van T1 tot en met T3 (zie 5.2).

Tijdens de ontgrondingsproeven zijn peilingen uitgevoerd op een aantal tijdstippen na het aanzetten van het model. Deze peilingen zijn uitgewerkt tot langsprofielen van de ontgrondingskuil in de betreffende raai (figuren 3, 4 en 5).

Ter illustratie zijn voor T1 de dieptelijnen op een aantal tijdstippen gegeven (figuren 6 en 7). Ook zijn de dwarsprofielen op verschillende tijdstippen ge-

tekend (figuur 8). De foto's 1 t/m 4 geven een beeld van de ontgrondingskuil in de evenwichtstoestand.

5 Resultaten en interpretatie

5.1 Maximale diepte van de ontgrondingskuil als functie van de tijd

Uit de langsprofielen van de ontgrondingskuil kan de maximale diepte van de kuil h_{\max} op verschillende tijdstippen bepaald worden. Door h_{\max} uit te zetten tegen de tijd ontstaat de tijdontgrondingslijn voor de situatie met doorgaand materiaaltransport. Het verloop van de tijdontgrondingslijn zou anders zijn, wanneer er geen bovenaanvoer van zand was, dus wanneer de volle transportcapaciteit van de stroom ter beschikking van de ontgroning zou hebben gestaan, zoals bij de opstellingen bij het systematisch ontgrondingsonderzoek bij (M 863) het geval was.

Om een vergelijking tussen beide onderzoeken mogelijk te maken is voor raai 2 (zie figuur 3) uit de tijdontgrondingslijn $h_{\max}(t)$ voor de situatie met bovenaanvoer, de tijdontgrondingslijn $h_{\max}(t)$ ongereduceerd bepaald voor de situatie zonder bovenaanvoer, met behulp van de relatie (zie M 863):

$$h_{\max}(t)_{\text{ongereduceerd}} = \sqrt{h_{\max}^2(t) + \frac{T \cdot t}{a}} \quad (3)$$

waarin:

t = modeltijd na het begin van de proef

a = vormfactor afhankelijk van de vorm van de ontgrondingskuil

T = bovenstrooms transport van zand per m breedte berekend met Engelund Hansen

$$T = \frac{0,025}{\sqrt{g}} \frac{\bar{u}^5}{D_{50} C^3} \frac{1}{\Delta^2}$$

met

C = coëfficiënt van De Chézy

$\Delta = (\rho \text{ korrel} - \rho \text{ water}) / \rho \text{ water}$ (ρ = dichtheid)

Voor raai 2 zijn beide lijnen dimensieloos uitgezet in figuur 9.

Voor raai 1 en raai 3 is alleen de in tijdontgrondingslijn uitgezet voor de situatie met bovenaanvoer (figuur 10) dus zoals in model is gemeten.

De h_{\max} is langs de verticale as gedeeld door de oorspronkelijke waterdiepte h_0 , en langs de horizontale as wordt de tijd gedeeld door de t_1 -waarde, dat

is het tijdstip waarop de maximale diepte van de ontgrondingskuil gelijk is aan de oorspronkelijke waterdiepte.

De t_1 -waarde is voor de situatie met bovenaanvoer natuurlijk verschillend aan de t_1 -waarde voor het geval er geen bovenaanvoer zou zijn (zie tabel 1). Deling door de t_1 -waarde, die als een belangrijke parameter van het ontgrondingsproces wordt beschouwd, heeft als voordeel dat een bepaalde geometrie één tijdontgrondingslijn kan worden samengesteld.

Wanneer t_1 voor het prototype berekend kan worden is met figuur 9 of 10 de te verwachten ontgroning als functie van de tijd te voorspellen.

5.2 Effectieve tijd en tijdschaal

Om de ontgroning tengevolge van een met het getij variërende stroomsnelheid na te gaan moet achtereenvolgens bepaald worden:

- de effectieve tijd in prototype met behulp van vergelijking (2) voor een eb- of vloedperiode volgens het getij van figuur 2
- de tijdschaal voor een permanente stroomsnelheid in model met behulp van vergelijking (1)
- de effectieve tijd in het model door deling van de vergelijkingen (2) en (1).

In feite is alleen de effectieve modeltijd van belang, omdat deze aangeeft hoe lang er in het model met een bepaalde stroomsnelheid gestroomd moet worden om de ontgroning na een eb- of vloedperiode te verkrijgen.

In de vergelijkingen voor de effectieve tijd van een getijstroom (2) en de tijdschaal van het ontgrondingsproces (1) zit nog de onbekende geometrie coëfficiënt α , die uit de proeven met een permanente stroomsnelheid bepaald kan worden (T1 t/m T3).

Volgens het systematisch ontgrondingsonderzoek kan voor t_1 worden geschreven:

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

waarin:

$$\Delta = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w = 1,65$$

α en K numerieke coëfficiënten

Dat dit verband ook voor de onderhavige geometrie geldt volgt uit figuur 11. Voor α is hier 6,1 genomen. Andere waarden voor α geven lijnen die evenwijdig

lopen aan de lijnen uit figuur 11. Bij het systematisch onderzoek bleek een K-waarde van 250 goed te voldoen. Met deze K-waarde, de ingestelde stroomsnelheid \bar{u} , en de uit de proeven afgeleide t_1 volgt α uit vergelijking (4). Daar de onderhavige geometrie nogal afwijkt van de geometrieën in het systematische onderzoek is nagegaan welke invloed een variatie in de waarde van K op α heeft.

Het blijkt dat α bij deze geometrie evenredig is met $K^{1/5}$ (zie tabel 2). In Volgens 5.1 en tabel 1 is de t_1 -waarde voor de situatie met bovenaanvoer van zand niet gelijk aan de t_1 -waarde voor de situatie zonder bovenaanvoer.

Uit vergelijking (4) volgt dat bij gelijkblijvende K, de waarde van α voor beide gevallen ook verschillend zal zijn (zie tabel 2).

Vanwege deze onzekerheden in de α , is de invloed van de variaties in α op de effectieve modeltijd nagegaan (zie tabel 3).

Uit tabel 3 blijkt dat deze variatie in α op het uiteindelijke resultaat, de effectieve modeltijd, weinig invloed heeft.

Uitgaande van de bij het systematisch ontgrondingsonderzoek als optimaal geldende K-waarde van 250 volgt dus voor de situatie met bovenaanvoer een α van 6,3 en een effectieve modeltijd voor een eb- en vloedperiode van respectievelijk 0,53 en 0,32 uur. Opmerkelijk is dat de effectieve modeltijden voor de situatie zonder bovenaanvoer ongeveer gelijk zijn. De hogere α -waarde van 6,7 geeft echter aan dat het ontgrondingsproces in vergelijking met de situatie met bovenaanvoer nu sneller zal verlopen.

5.3 h_{\max} als functie van de prototype tijd

Door nu in model om beurten met een permanente stroomsnelheid van 0,45 m/s gedurende 0,32 uur in de ene richting (eb) en daarna 0,53 uur in de tegengestelde richting (vloed) te stromen, ontstaat het verloop van de maximale ontgrondingsdiepte tengevolge van de getijstroom, voor de situatie met bovenaanvoer van zand (zie figuur 12). De ontwikkeling van de ontgrondingskuil volgt uit figuur 7 en de foto's 3 en 4.

Uit figuur 12 volgt dat de t_1 -prototype circa 3 dagen is. Bovendien blijkt dat de getijstroom geen reducerende invloed heeft op de evenwichtsdiepte (vergeleijk de figuren 10 en 12). De evenwichtsdiepte van de ontgrondingskuil die uit de modelproeven met bovenaanvoer van zand volgt, is voor zowel een permanente, als een met het getij variërende stroomsnelheid ongeveer 22,5 m.

6 Conclusies

- Bij een oorspronkelijke waterdiepte van 15 m zal de diepte van de ontgron-
dingskuil rondom de put ten opzichte van de oorspronkelijke bodem in de
evenwichtssituatie ongeveer 22,5 m worden.
- Het te verwachten tijdstip waarop de diepte van deze kuil gelijk is aan de
oorspronkelijke waterdiepte is ongeveer 3 dagen.

7 Opmerkingen

- In de diepere delen van de sluitgaten zal de te verwachten evenwichtsdi-
pte waarschijnlijk groter zijn dan 22,5 m. Dit is niet in het model onder-
zocht, maar voorgaande onderzoeken hebben aangetoond dat bij een verhouding
 h_0/D die groter is dan 2 de te verwachten evenwichtsdiepte $1,4D = 25$ m zal
zijn.
- De invloed van scheve aanstroming is niet in het model onderzocht.

Het onderzoek vond plaats in het Laboratorium De Voorst en stond onder leiding
van ir. J.L.M. Konter, die ook dit verslag samenstelde.

proef- nummer	stroomsnelheid \bar{u} (m/s)	met bovenaanvoer M 1385 t_1 (uur)	zonder bovenaanvoer t_1 (uur)
T1	0,45	3,0	2,1
T2	0,70	0,32	0,25
T3	0,60	0,7	0,5

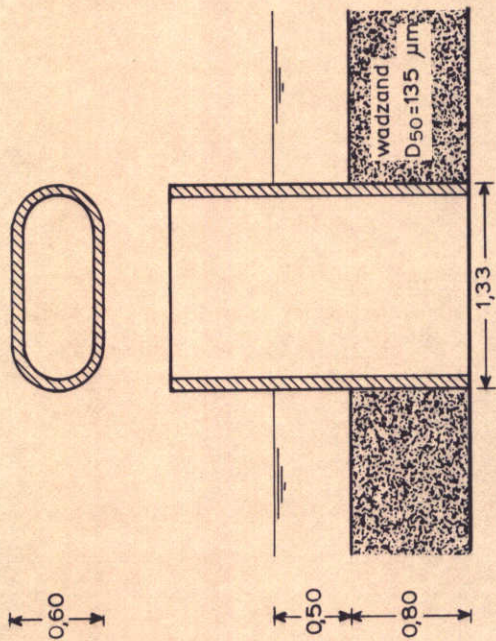
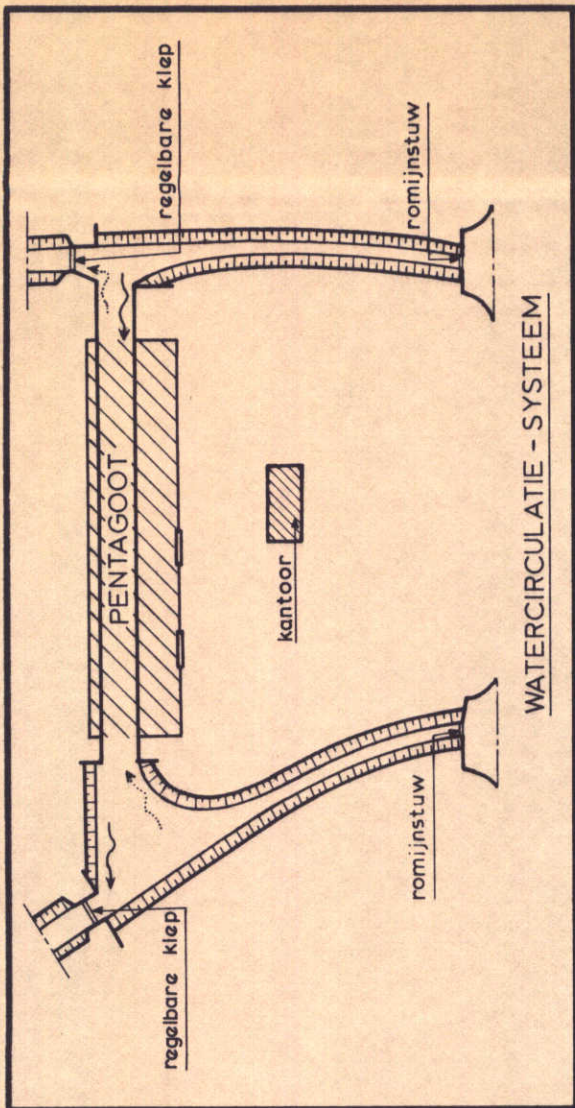
Tabel 1 Overzicht t_1 -waarden raai 2 voor de situaties met en zonder bovenaanvoer van zand

K	met bovenaanvoer M 1385 α	zonder bovenaanvoer α
100	5,2	5,5
250	6,3	6,7
500	7,3	7,8

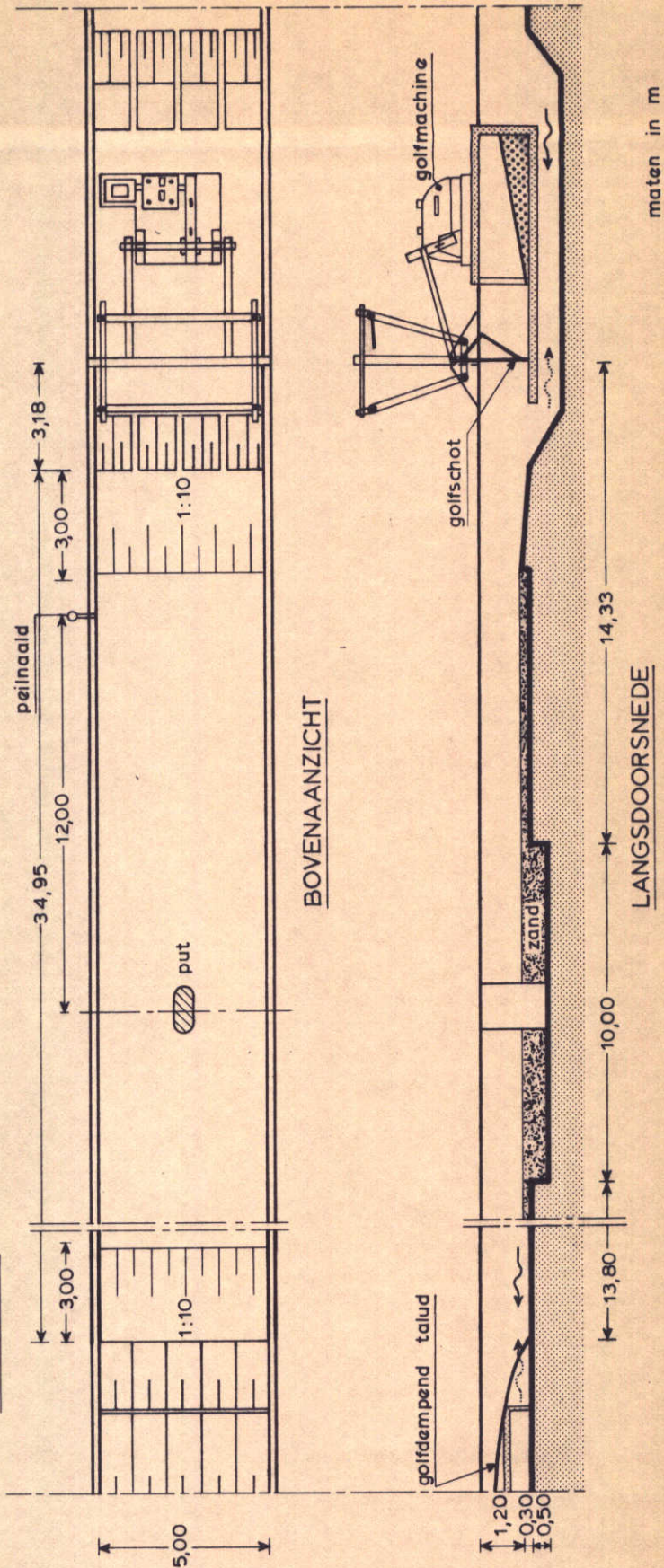
Tabel 2 Variatie in α , berekend uit de t_1 -waarden van tabel 1 tengevolge van variatie in K

α	effectieve tijd in prototype uren		tijdschaal n_t bij $\bar{u}_{\text{model}} = 0,45$ m/s	effectieve tijd in model uren	
	eb	vloed		eb	vloed
3	1,96	1,17	2,7	0,73	0,43
6	2,03	1,21	3,8	0,53	0,32
8	2,04	1,25	4,1	0,50	0,31

Tabel 3 Variatie in de effectieve tijd (van het getij volgens figuur 2) tengevolge van variatie in α



DETAIL PUT SCHAAL 1:50



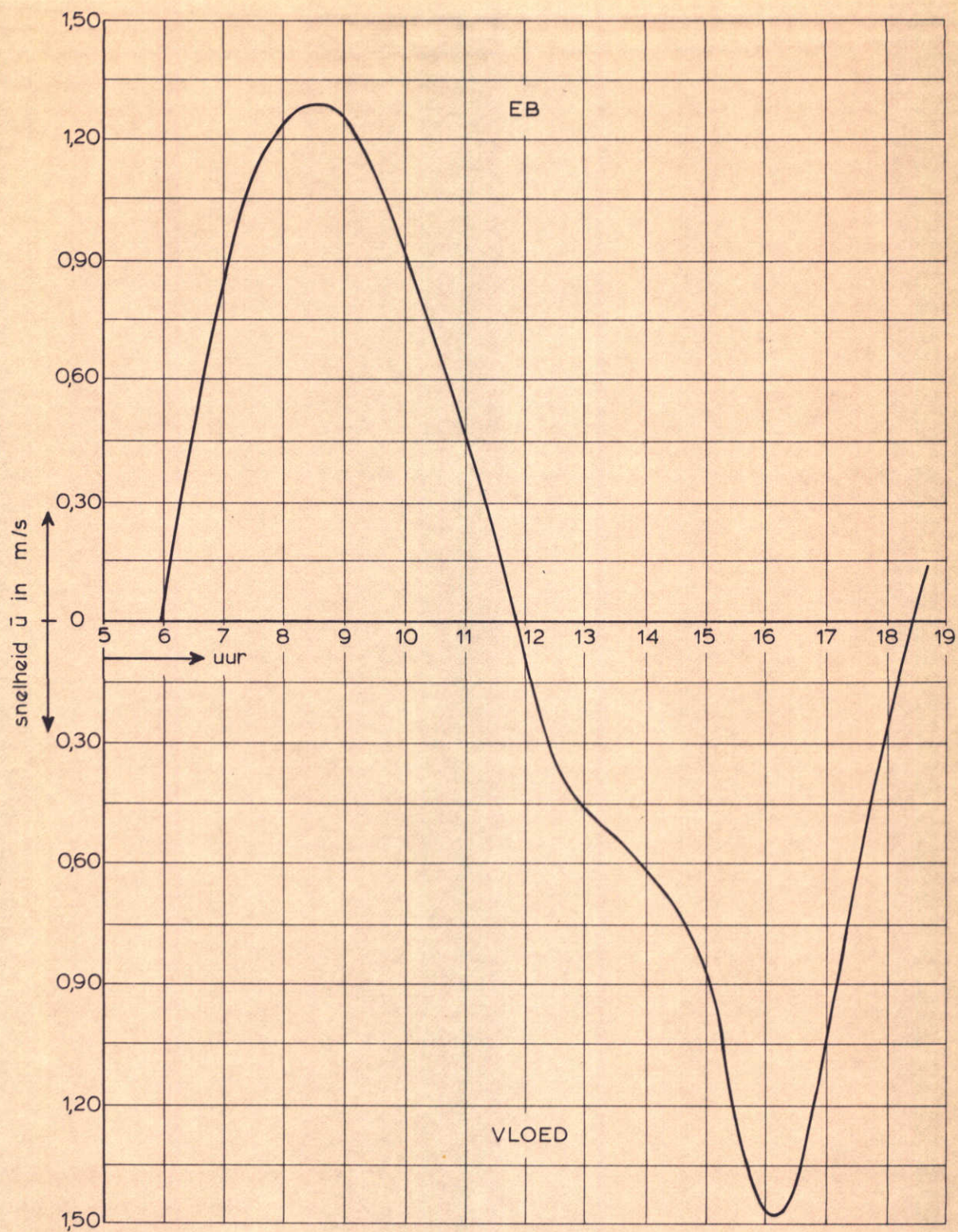
PROEFOPSTELLING IN DE PENTAGOOT

SCHAAL 1:200 t.o.v. MODEL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1385

FIG. 1



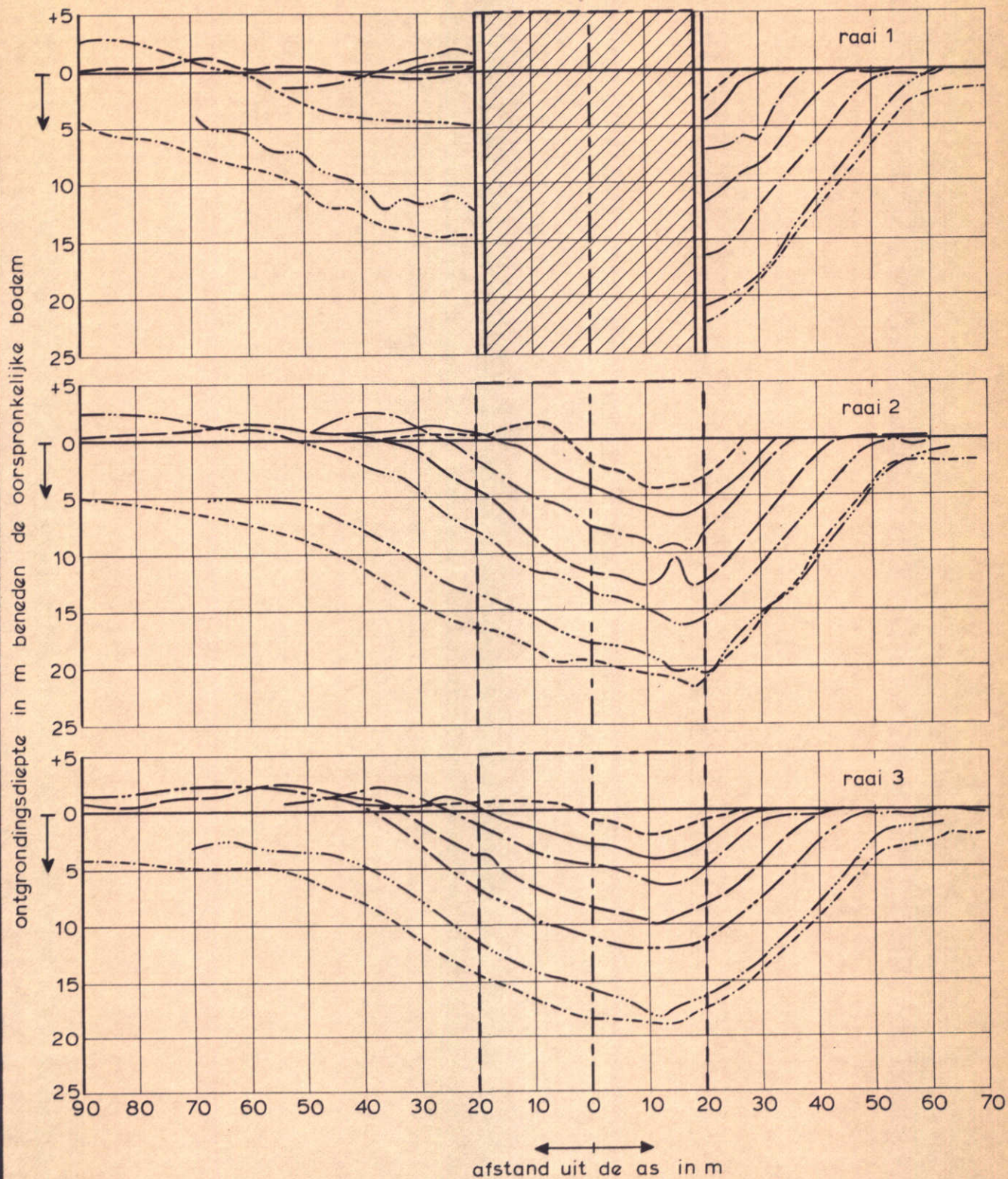
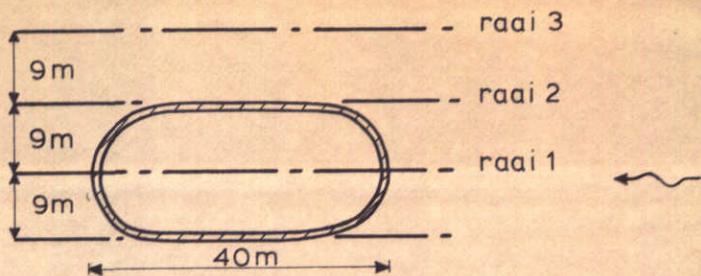
SNELHEIDSVLOED VAN DE GETIJSTROOM

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1385

FIG. 2

- na 15 min
- na 30 min
- - - na 1 uur
- - - na 2 uur
- - - na 4 uur
- - - na 16 uur
- - - na 32 uur



LANGSPROFIELEN OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN

T 1

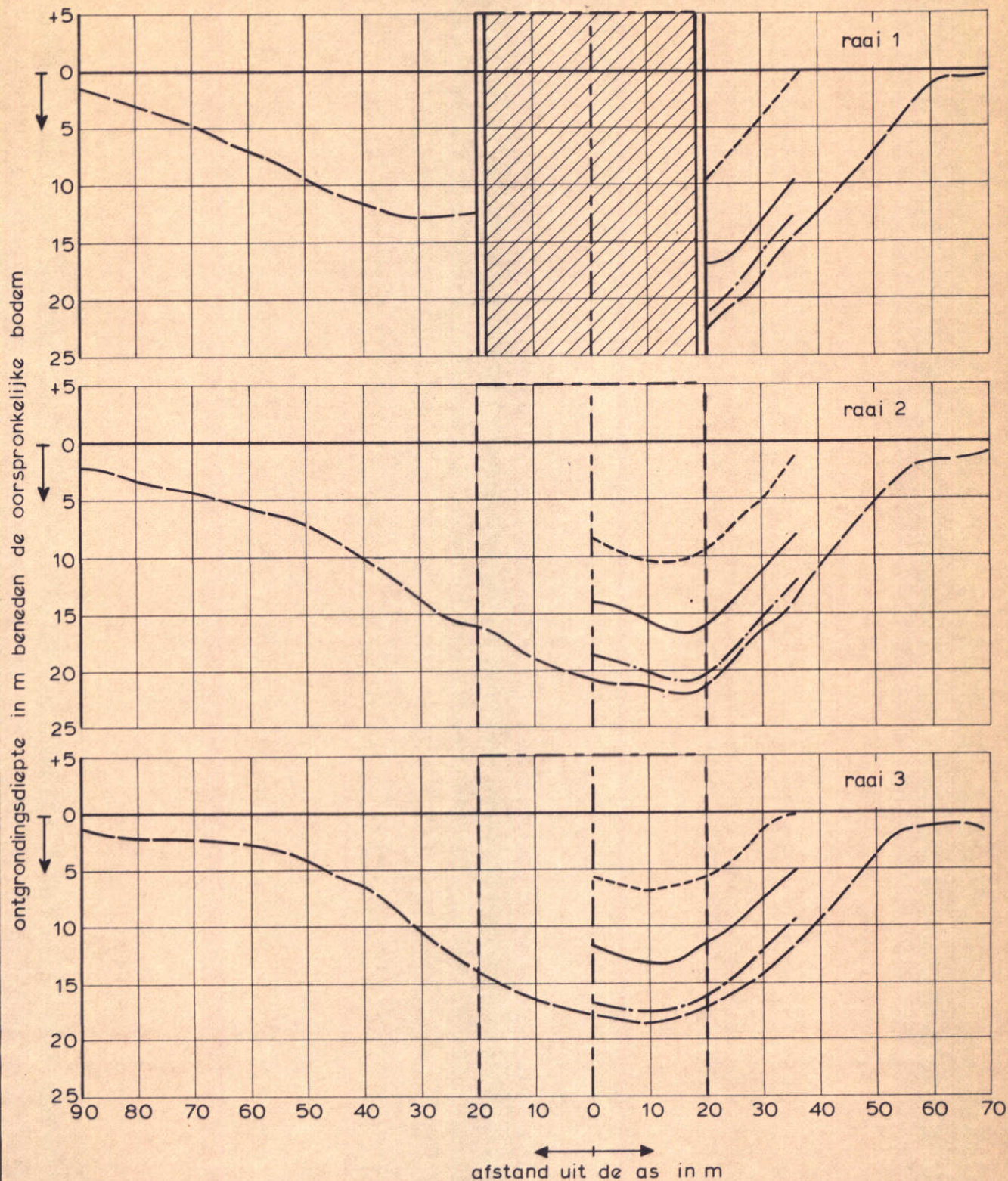
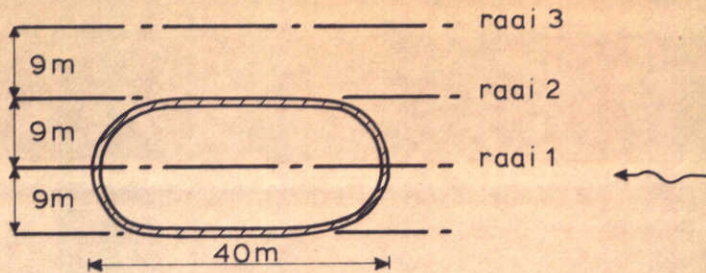
$\bar{U} \text{ model} = 0,45 \text{ m/s}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1385

FIG. 3

- na 10min
- na 30min
- · - · na 1,5uur
- na 3 uur



LANGSPROFIELEN OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN

T 2

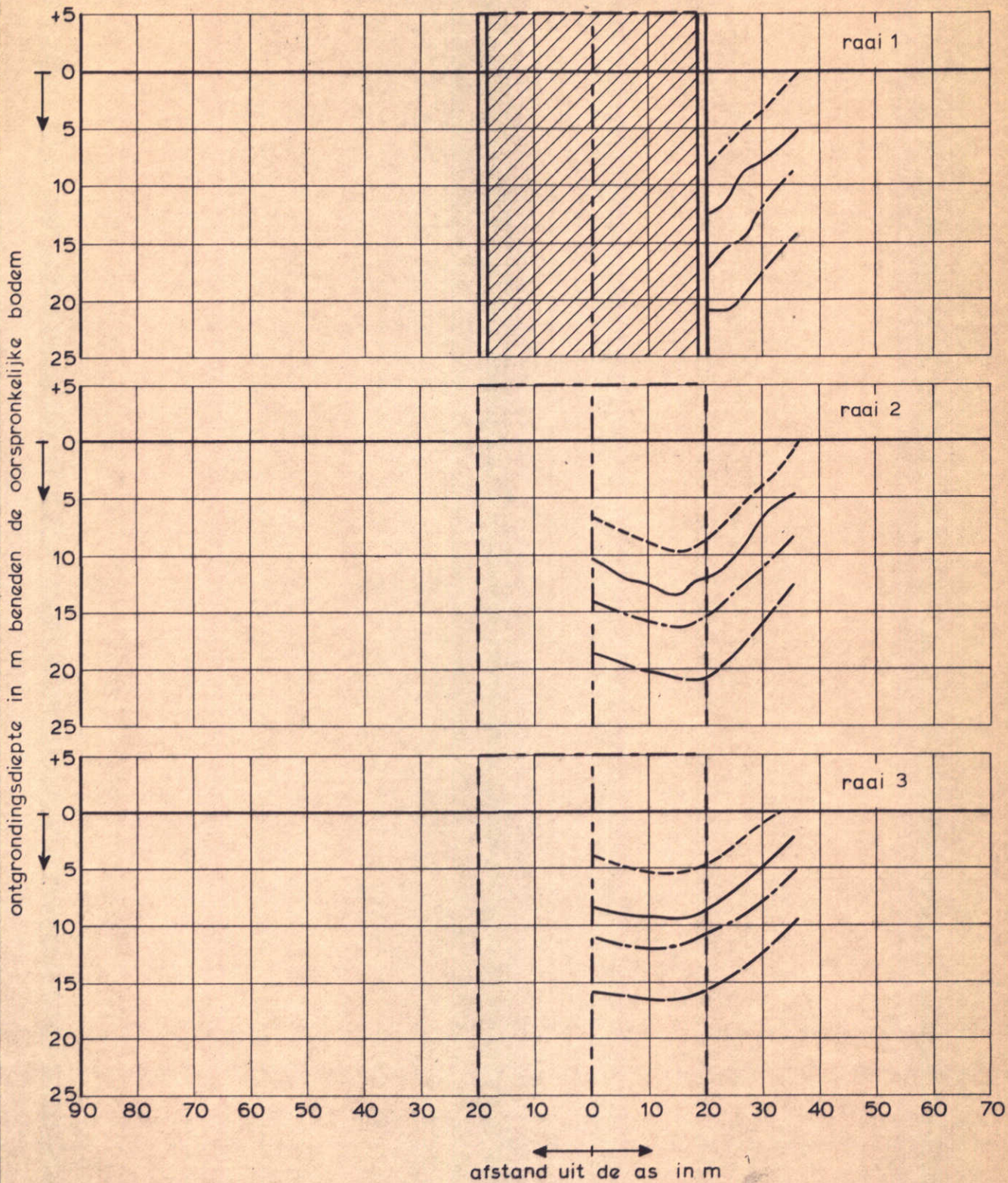
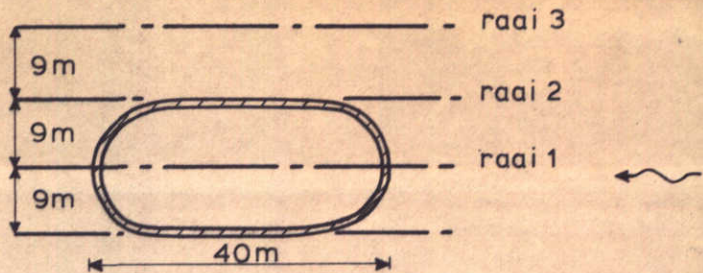
\bar{U} model = 0,7 m/s

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1385

FIG. 4

- na 15min
- na 30min
- · - · na 1uur
- na 4uur



LANGSPROFIELEN OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN

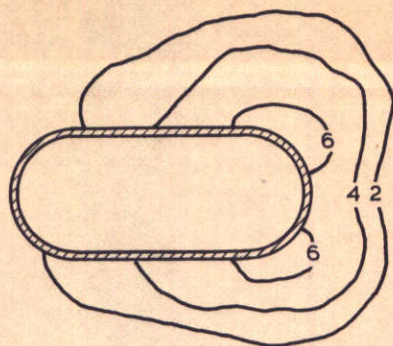
T 3

\bar{U} model 0,6 m/s

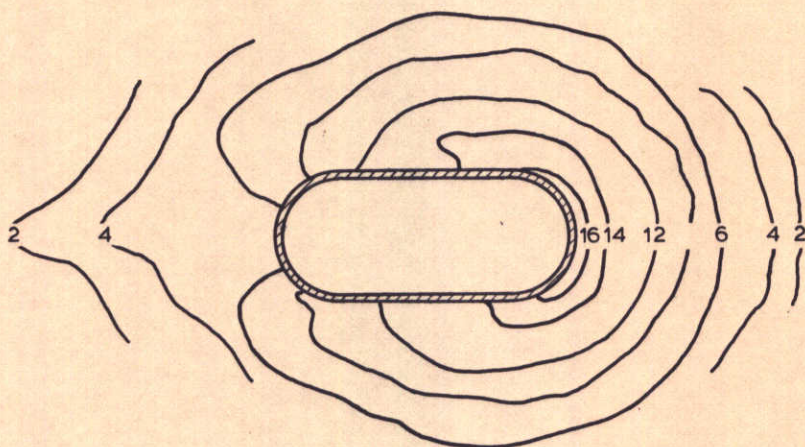
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1385

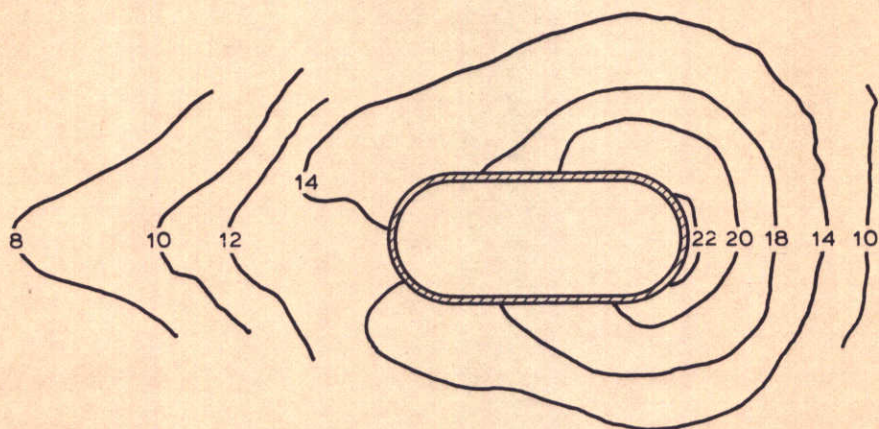
FIG. 5



ontgronding na 0,5 uur stromen



ontgronding na 4 uur stromen



ontgronding na 32 uur stromen

diepten in m in prototype

ONTGRONDINGSPATROON BIJ EENZIJDIGE
AANSTROMING OP VERSCHILLENDE
TIJDSTIPPEN IN MODEL

T 1

$\bar{U} = 0,45 \text{ m/s}$

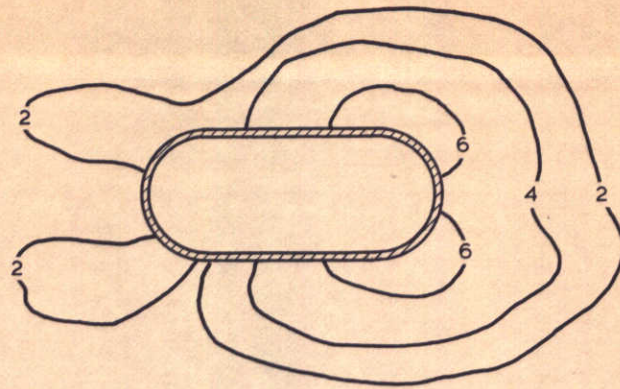
SCHAAL 1:100

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1385

FIG. 6

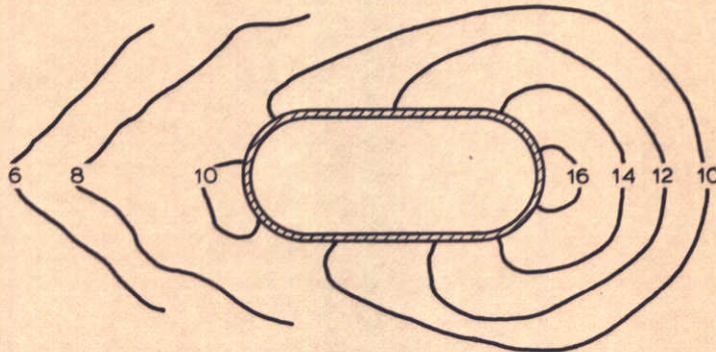
Noordzee



Oosterschelde

ontgroning na 1 eb- en vloedstroming

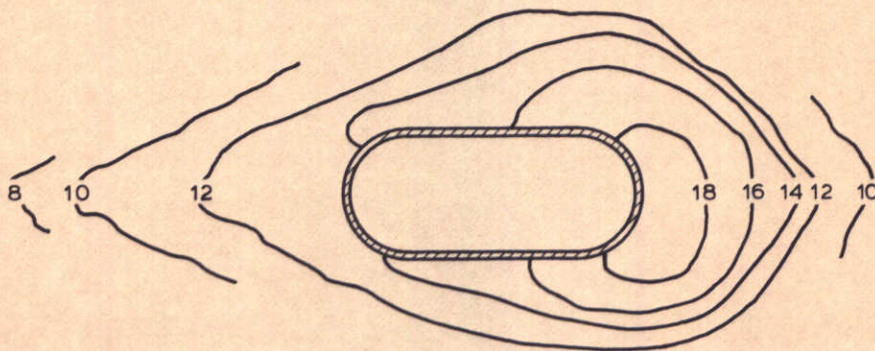
Noordzee



Oosterschelde

ontgroning na 7 eb- en vloedstromingen

Noordzee



Oosterschelde

ontgroning na 25 eb- en vloedstromingen

diepten in m in prototype

ONTGRONDINGSPATROON BIJ TWEEZIJDIGE
AANSTROMING OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN

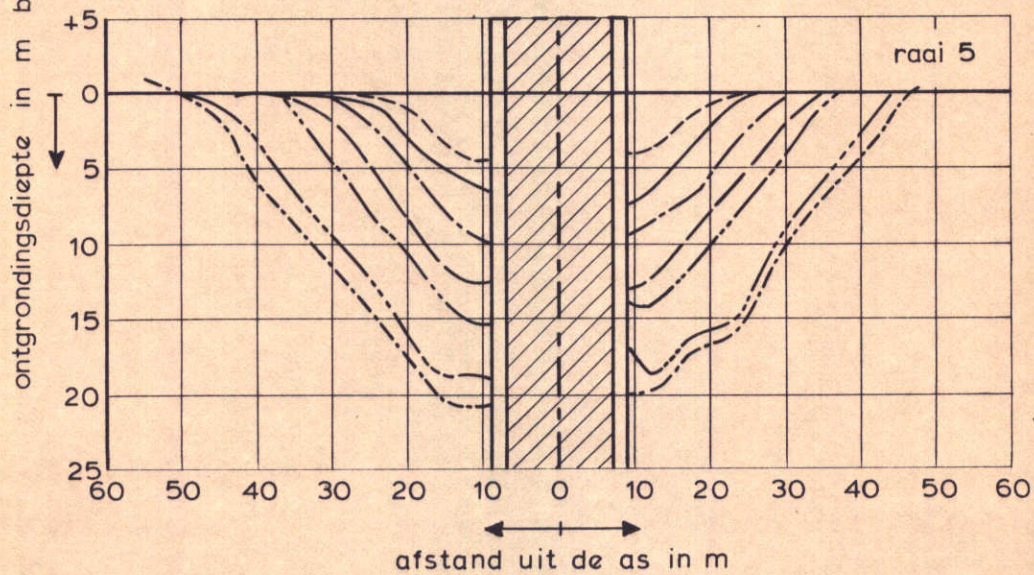
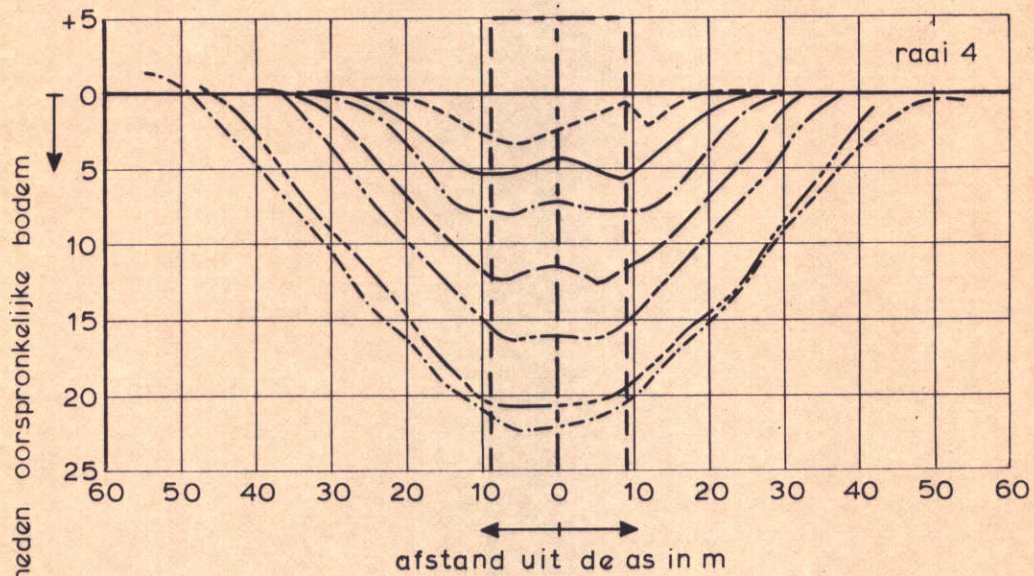
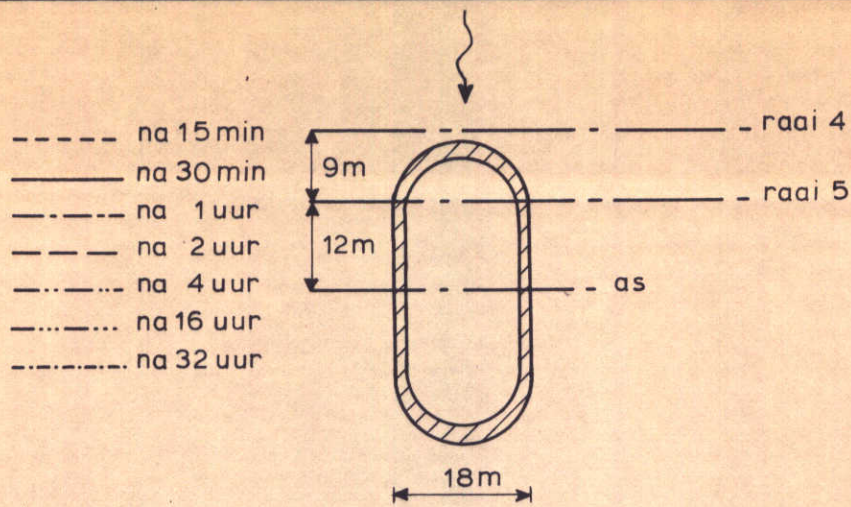
T 4

SCHAAL 1:100

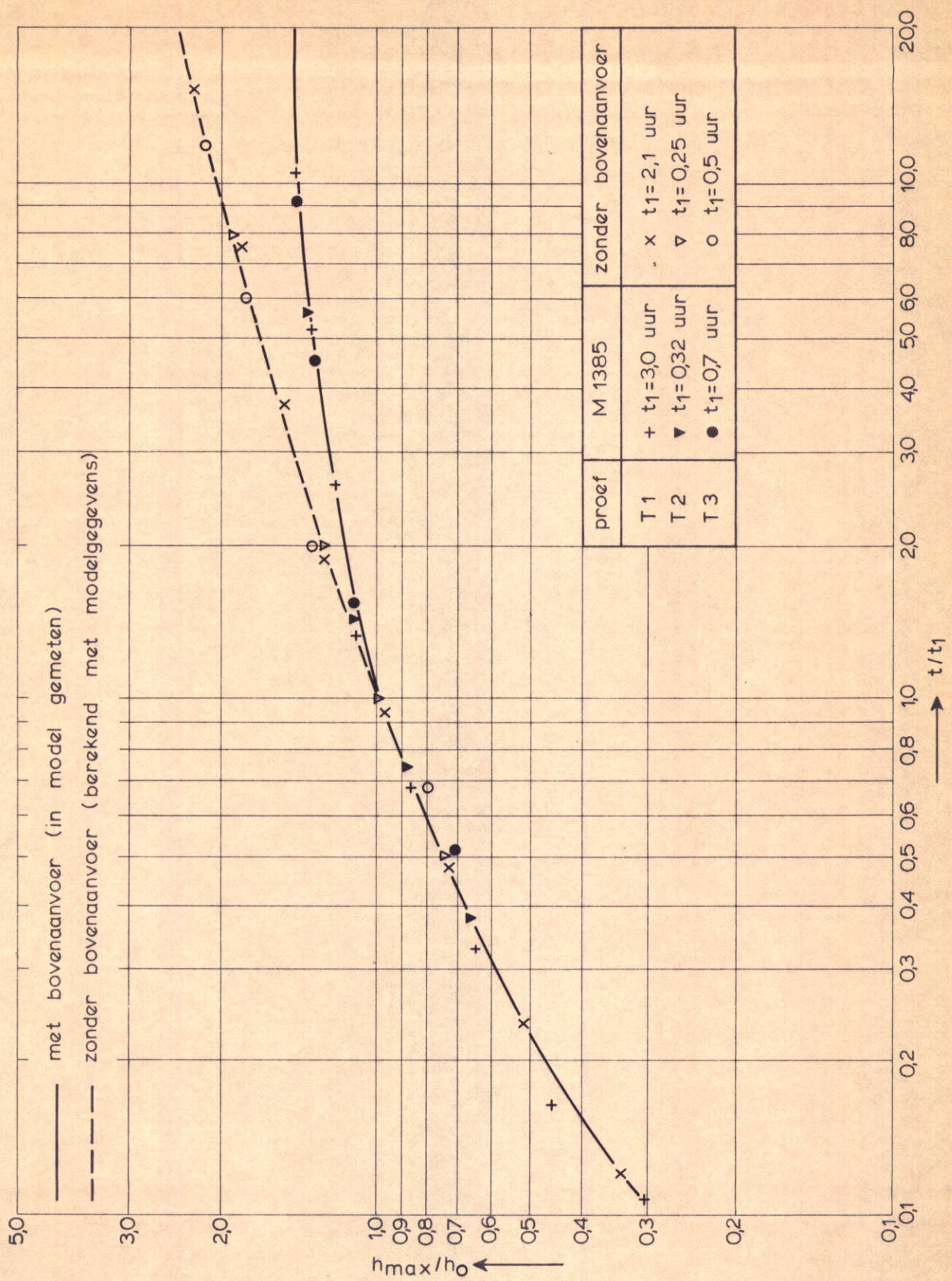
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1385

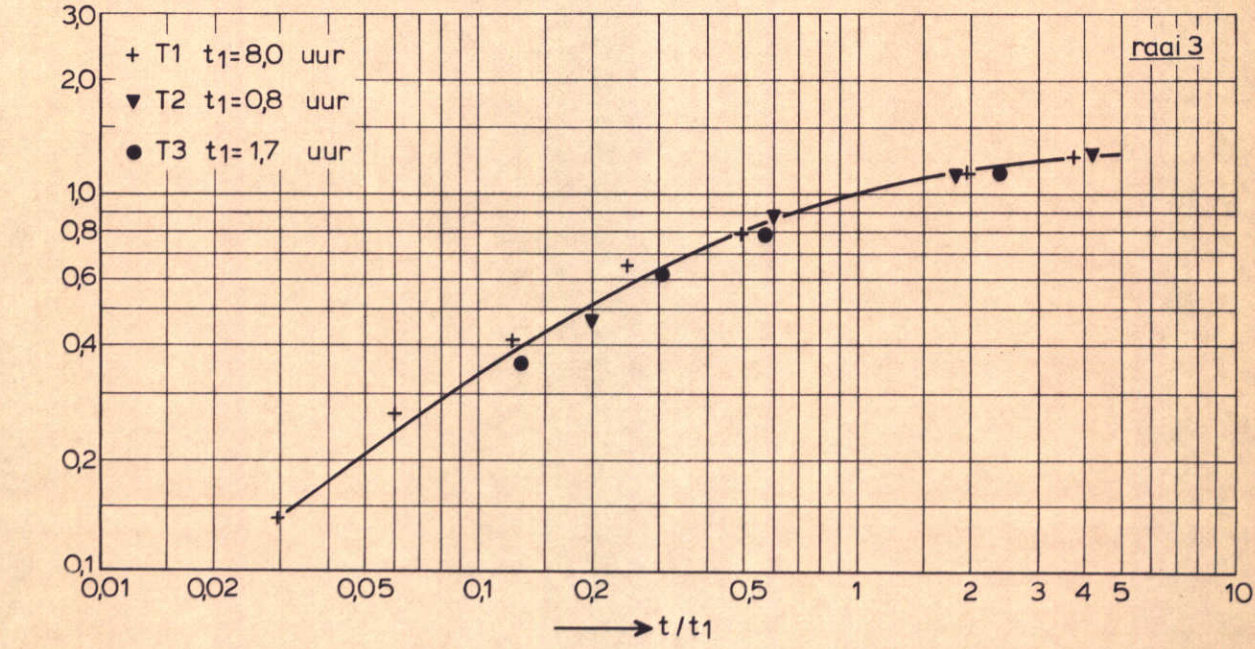
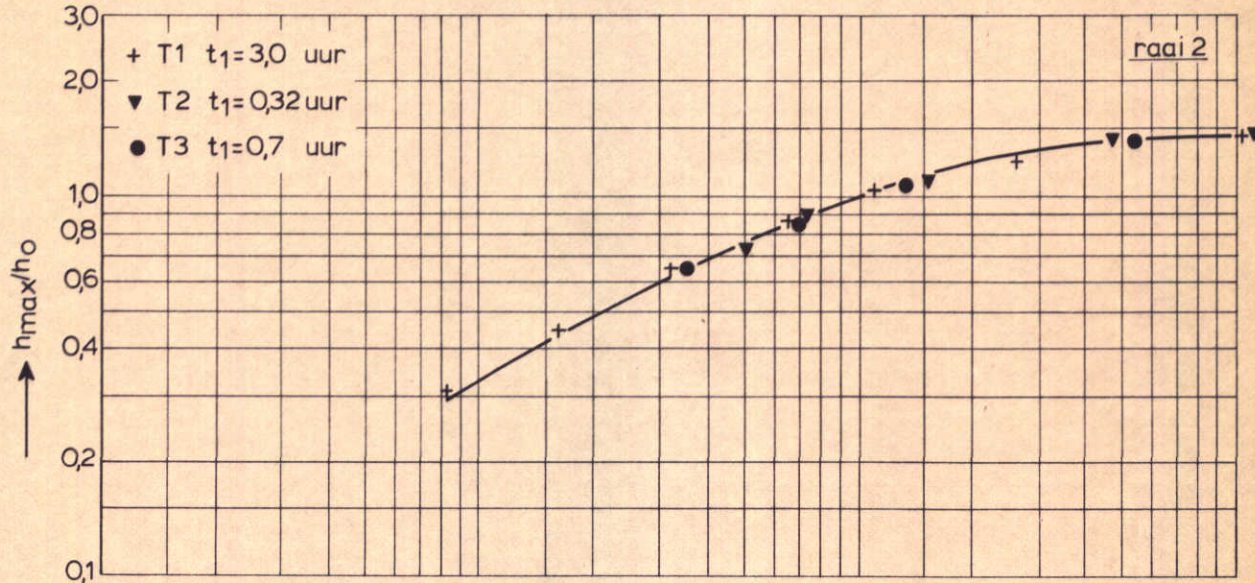
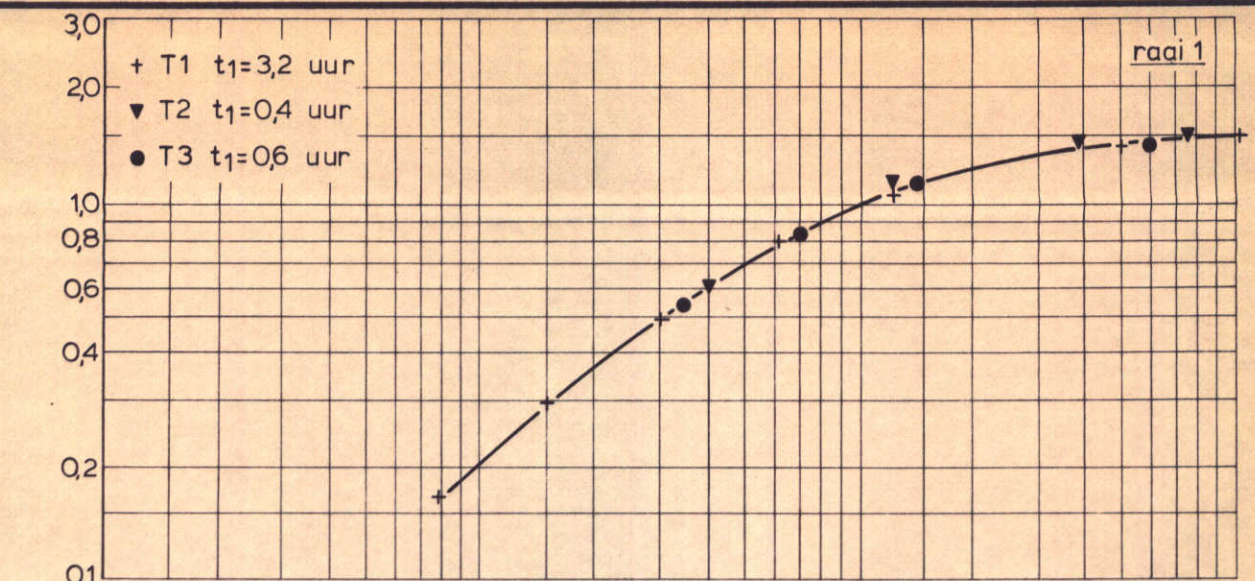
FIG. 7



DWARSPROFIELEN OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN	T 1	
	$\bar{U} \text{ model} = 0,45 \text{ m/s}$	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1385	FIG. 8

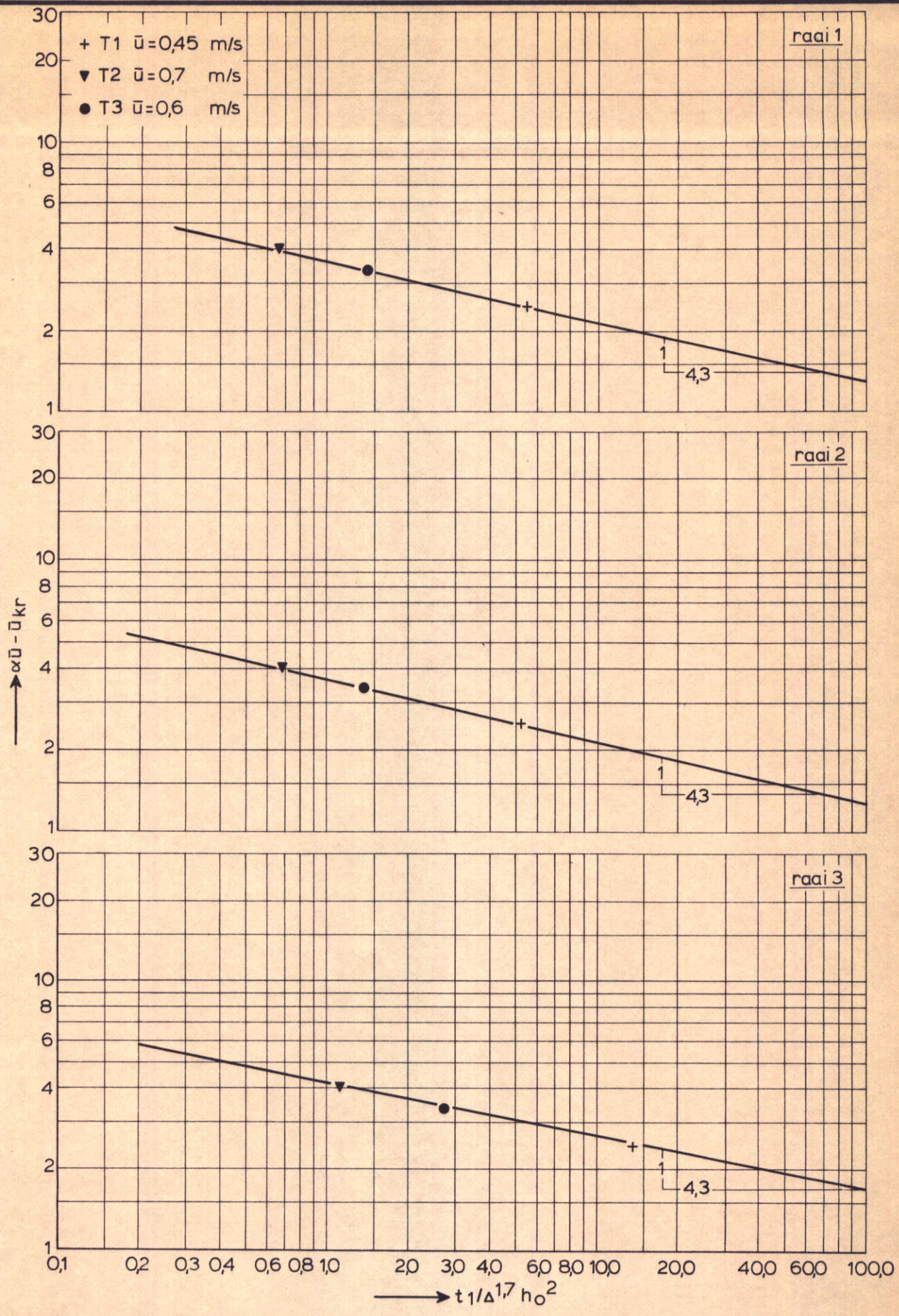


TIJD - ONTGRONDINGSRELATIE VOOR RAAI 2
 INVLOED VAN BOVENAANVOER ZAND



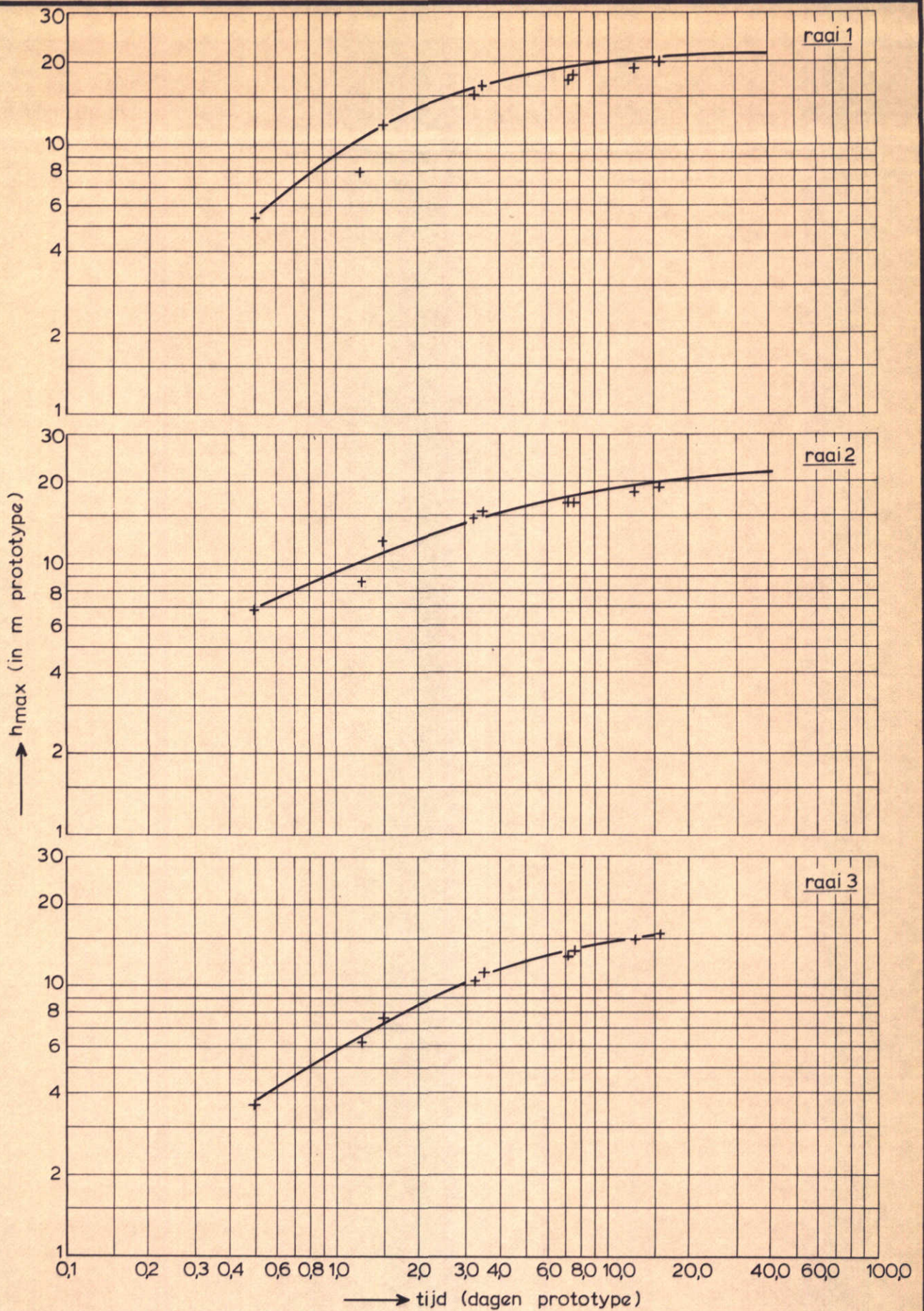
TIJD - ONTGRONDINGSRELATIE
VOOR DRIE LANGSRAAIEN

T1,T2,T3



VERBAND TUSSEN $(\alpha \bar{u} - \bar{u}_{kr})$ EN $t_1 / \Delta^{1,7} h_o^2$

T1, T2, T3

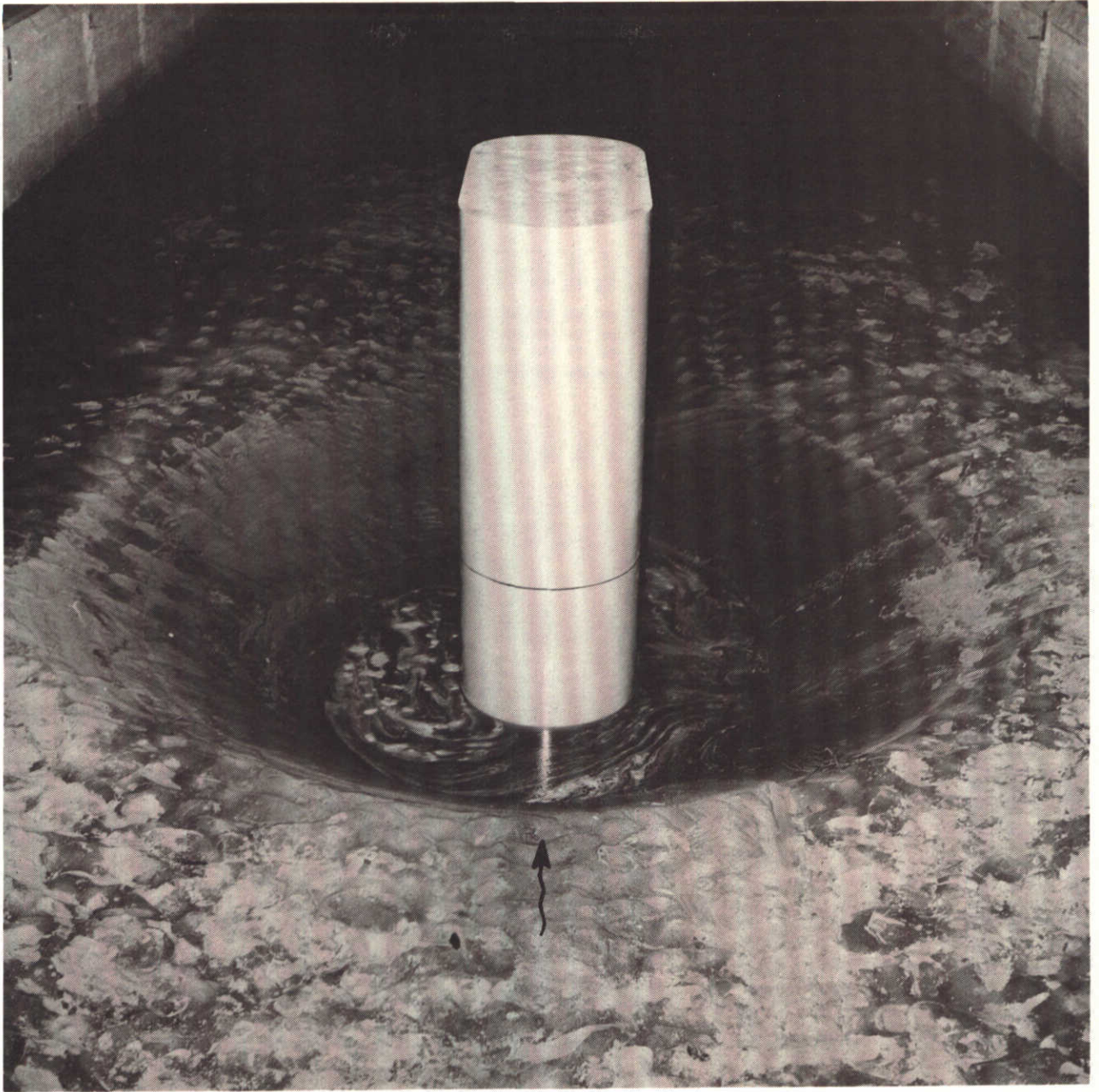




T1 $\bar{u}_{\text{model}} = 0,45 \text{ m/s}$

h_0 (prototype) = 15 m

Foto 1 Ontgrondingskuil in evenwichtssituatie tengevolge van
éénzijdige aanstroming

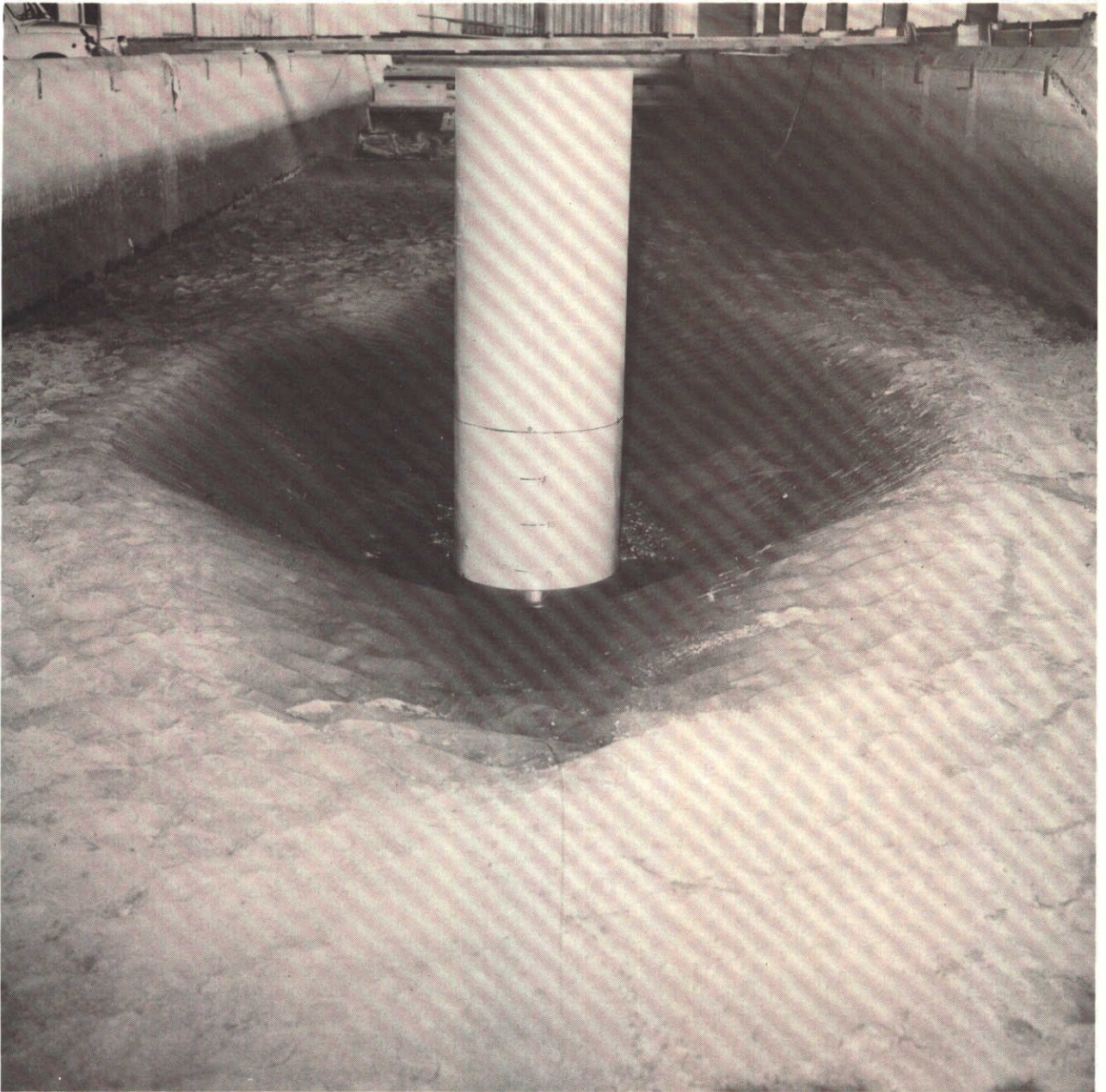


T1 $\bar{u}_{\text{model}} = 0,45 \text{ m/s}$

h_0 (prototype) = 15 m

Foto 2 Ontgrondingskuil in evenwichtssituatie tengevolge van éézijdige aanstroming

NOORDZEEZIJDE



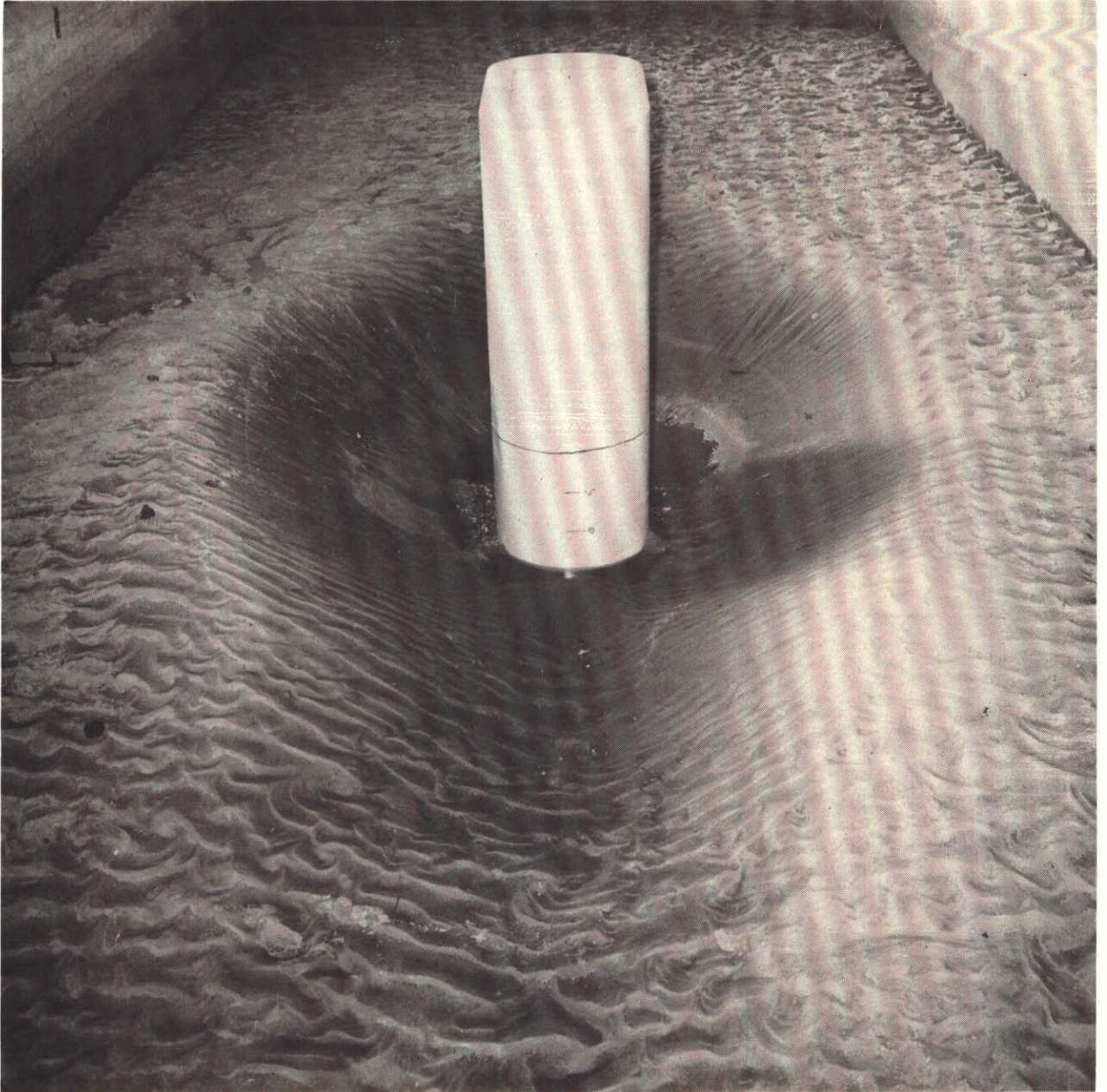
OOSTERSCHELDEZIJDE

T4 getij-invloed

h_0 (prototype) = 15 m

Foto 3 Ontgrondingskuil in evenwichtssituatie tengevolge van
tweezijdige aanstroming (getijstroom)

OOSTERSCHELDEZIJDE



NOORDZEEZIJDE

T4 getij-invloed

h_0 (prototype) = 15 m

Foto 4 Ontgrondingskuil in evenwichtssituatie tengevolge van
tweezijdige aanstroming (getijstroom)

p.o. box 177

delft

the netherlands