

2e exemplaar

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

de stabiliteit van de bestortingen in de
uitsparingen voor een putten-fundering en
van de aanstorting om de putten

AFGEHANDELD

verslag modelonderzoek

M 1408 deel III

oktober 1978

M1408-3

2e exemplaar

21 DEC. 1978

BIBLIOTHEEK
Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177 - DELFT
NEDERLAND

stormvloedkering Oosterschelde

de stabiliteit van de bestortingen in de
uitsparingen voor een putten-fundering en
van de aanstorting om de putten

verslag modelonderzoek

M 1408 deel III

oktober 1978

INHOUD

SYMBOLLEN

	blz.
<u>1 Inleiding en samenvatting</u>	1
1.1 Opdracht.....	1
1.2 Doel van het onderzoek.....	1
1.3 Konklusies.....	2
<u>2 Randvoorwaarden en meetprogramma</u>	3
2.1 Gegevens en randvoorwaarden.....	3
2.2 Meetprogramma.....	4
<u>3 Het modelonderzoek</u>	5
3.1 Schaalkeuze.....	5
3.2 De onderzoekfaciliteit.....	5
3.3 Het model.....	6
3.4 Instrumentatie en meetmethoden.....	6
<u>4 De resultaten van het onderzoek</u>	10
4.1 Bepaling van de kritieke snelheid.....	10
4.2 Invloed van tijdsduur, waterdiepte en golven.....	10
4.3 Invloed van de afmetingen van de stortsteen.....	11
4.4 Vergelijking van rechte en scheve aanstroming.....	11
4.5 Invloed van het hefschip en van het plaatsen van een put.....	12

LITERATUUR

TABELLEN

- 1 Proevenprogramma
- 2 Samenvatting van de resultaten
- 3 Uitwerking van de resultaten

FIGUREN

- 1 Afmetingen putten en pijlers
- 2 Afmetingen hefschip
- 3 Veld A
- 4 Veld B
- 5 Veld C
- 6 Zeefkrommen van modelsteenbestorting
- 7 Overzicht model
- 8 Doorsnede over hefschip met put boven veld A

Stabiliteit van veld A

- 9 T14 ($\bar{u} = 1,60$ m/s)
- 10 T14 ($\bar{u} = 2,05$ m/s) proefduur 3 uur
- 11 T14 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)
- 12 T14 ($\bar{u} = 2,50$ m/s)
- 13 T15 ($\bar{u} = 1,60$ m/s)
- 14 T15 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)
- 15 T15 ($\bar{u} = 2,50$ m/s)
- 16 T16 ($\bar{u} = 2,00$ m/s)
- 17 T17 ($\bar{u} = 1,70$ m/s)
- 18 T17 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)

Stabiliteit van veld B

- 19 T18 ($\bar{u} = 2,55$ m/s)
- 20 T19 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)
- 21 T19 ($\bar{u} = 2,50$ m/s)
- 22 T20 ($\bar{u} = 2,50$ m/s)
- 23 T22 ($\bar{u} = 1,25$ m/s)
- 24 T22 ($\bar{u} = 1,50$ m/s)
- 25 T22 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)
- 26 T23 ($\bar{u} = 1,20$ m/s)
- 27 T23 ($\bar{u} = 1,50$ m/s)

Stabiliteit van veld A

- 28 T24 ($\bar{u} = 1,60$ m/s)
- 29 T24 ($\bar{u} = 2,00$ m/s)
- 30 T25 ($\bar{u} = 1,60$ m/s)
- 31 T25 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)

FIGUREN (vervolg)

Stabiliteit van veld B

- 32 T30 ($\bar{u} = 2,10$ m/s)
- 33 T30 ($\bar{u} = 2,50$ m/s)
- 34 T31 ($\bar{u} = 1,50$ m/s)
- 35 T31 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)

Stabiliteit van veld C

- 36 T32 ($\bar{u} = 0,95$ m/s)
- 37 T32 ($\bar{u} = 1,25$ m/s)
- 38 T32 ($\bar{u} = 1,60$ m/s)
- 39 T33 ($\bar{u} = 0,90$ m/s)
- 40 T33 ($\bar{u} = 1,20$ m/s)

Stabiliteit van veld A

- 41 T34 ($\bar{u} = 1,20$ m/s)
- 42 T34 ($\bar{u} = 1,50$ m/s)
- 43 T34 ($\bar{u} = 1,75$ m/s)
- 44 T34 ($\bar{u} = 2,05$ m/s)

Snelheidsverdelingen

- 45 T14, T16
- 46 T17, T18
- 47 T20, T22
- 48 T24, T25
- 49 T30, T32
- 50 T34

Bepaling kritieke snelheid

- 51 T14, T15, T16, T17
- 52 T18, T19, T20
- 53 T22, T23, T24, T25
- 54 T30, T31, T32, T33, T34

FOTO'S

- 1 Overzicht van de proefopstelling (T17)
- 2 T34, stroombeeld zonder hefschip: maximale aanstroomhoek
- 3 T34, stroombeeld zonder hefschip: minimale aanstroomhoek
- 4 T32, schadefoto

SYMBOLLEN

D	korreldiameter	m
$\bar{H}_{z, \frac{1}{3}}$	signifikante golfhoogte	m
Re	getal van Reynolds	.
n_L	schaalfaktor van de lengte	
n_t	schaalfaktor van de tijd	
n_u	schaalfaktor van de snelheid	
\bar{u}	gemiddelde snelheid	m/s
ν	kinematische viskositeit	m ² /s

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE

De stabiliteit van de bestorting in de uitsparingen voor een putten-fundering en van de aanstorting om de putten

1 Inleiding en samenvatting

1.1 Opdracht

Nadat het aanbrengen van een deel van de bodembescherming in de sluitgaten van de Oosterschelde gereed is gekomen, zijn de plannen voor de afsluiting drastisch gewijzigd. Voor de bouw van "pijlers op putten", zoals beschreven wordt in het "eindrapport Stormvloedkering Oosterschelde", mei 1976, is het noodzakelijk, dat de bodembescherming plaatselijk wordt verwijderd. De putten-fundering moet door die uitsparingen in de bodembescherming, die bestaat uit met asfalt gepenetreerde stortsteen, naar de draagkrachtige onderlaag gebracht worden. Dit is slechts mogelijk indien de bescherming, die tijdelijk in de uitsparingen aangebracht moet worden, uit een losse steenbestorting van niet al te grote stortsteen bestaat.

Nadat de putten geplaatst zijn, kan op de tijdelijke bestorting, die nog in de ruimte tussen de put en de originele bodembescherming aanwezig is, grotere stortsteen aangebracht worden.

Bij het in dit verslag beschreven onderzoek wordt nagegaan in hoeverre de genoemde soorten steenbestorting stabiel zijn, voor de stormvloedkering in de Oosterschelde, indien deze op putten wordt gefundeerd.

De opdrachtgever van het onderzoek is de Deltadienst van de Rijkswaterstaat. Het onderzoek werd uitgevoerd in het Laboratorium De Voorst van het Waterloopkundig Laboratorium gedurende de maanden augustus en september 1976, onder leiding van ir. C. Ramkema. Het verslag werd geschreven door ing. C. van Hardeveld.

1.2 Doel van het onderzoek

De kritieke snelheid voor bodemmateriaal kan theoretisch worden bepaald als er sprake is van een ongestoorde aanstroming. Indien in de stroom een konstruktie wordt geplaatst, is deze theorie echter niet meer toepasbaar.

Om voor deze situatie toch een kritieke snelheid te kunnen bepalen, is een modelonderzoek vereist. Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de kritieke snelheid voor twee typen steenbestortingen, te weten: de bestorting, die

tijdelijk de uitsparing voor de put in de oorspronkelijke bodembescherming moet afdichten en de steenbestorting, die de ruimte tussen de geplaatste put en de oorspronkelijke bodembescherming moet bedekken.

De kritieke snelheid dient bij beide steenbestortingen te worden bepaald voor diverse in de praktijk van de afsluiting voorkomende situaties, met en zonder golven en voor rechte en scheve aanstroming.

1.3 Konklusies

- 1 Een bestorting 8/12 cm is stabiel in de uitsparing van de oude bodembescherming. Nadat hierop echter een put geplaatst is, moet zo snel mogelijk een bestorting 20/37 cm aangebracht worden, omdat de kritieke snelheid voor de bestorting 8/12 cm dan bijna gehalveerd is. Er zou al onder gebruiksomstandigheden een aanzienlijke schade bij de kop van de put ontstaan, vooral bij scheve aanstroming.
- 2 Tijdens het afzinken van een put neemt de kritieke snelheid voor de bestorting onder de af te zinken put af. Hij wordt echter niet kleiner dan de kritieke snelheid voor een bestorting van 8/12 cm rond de geplaatste put.
- 3 De nabijheid van het hefschip heeft weinig invloed op de kritieke snelheid.
- 4 Uitgaande van de gebruiksomstandigheden, zoals genoemd in paragraaf 3.1, blijkt een bestorting 20/37 cm in alle situaties stabiel. Er bewegen weliswaar enige stenen, maar er treedt geen ontoelaatbare schade op.
- 5 Bij golfomstandigheden neemt de kritieke snelheid met 10 à 15% af voor golven met een hoogte van 2,75 m bij een periode van 7 seconden.
- 6 Scheve aanstroming, onder een hoek van 30° , geeft een aanzienlijke vermindering (ongeveer 20%) van de kritieke snelheid. Voor een bestorting 8/12 cm is de situatie, waarbij het hefschip een put aan het plaatsen is, kritiek. Als de aanstroomsnelheid groter dan 1,70 m/s wordt, levert dit een zeer aanzienlijke schade op.

2 Randvoorwaarden en meetprogramma

2.1 Gegevens en randvoorwaarden

De gegevens en randvoorwaarden kunnen in twee groepen worden verdeeld: de geometrische en de hydraulische gegevens en randvoorwaarden.

Geometrische gegevens en randvoorwaarden:

- Als uitgangspunt is gekozen dat de tijdelijke bestorting ter plaatse van de put zal bestaan uit stortsteen met een diameter van 8 tot 12 cm (nader aan te duiden als 8/12 cm). De laagdikte van deze bestorting is 0,5 m.
De aanstorting van de rand tussen de put en de originele bodembescherming zou kunnen bestaan uit stortsteen met een diameter van 20 tot 37 cm (nader aan te duiden als 20/37 cm). De laagdikte van deze bestorting is 1,0 m. De bestorting 20/37 cm wordt bovenop de laag 8/12 cm aangebracht.
De dichtheid van de stortsteen is 2650 kg/m^3 .
- De afmetingen van de uitsparing in de originele bodembescherming zijn: $22 \times 50 \text{ m}^2$.
- Voor de afmetingen van putten en pijlers wordt verwezen naar figuur 1. Put (b) is een reeds geplaatste put, met daarop geschematiseerd een kuip. Deze combinatie wordt kortweg aangeduid als put. Put (c) is tijdens dit onderzoek gebruikt, hangend in het hefschip, boven de steenbestorting 8/12 cm. Pijler (a_2) is een geplaatste pijler.
- Voor de afmetingen van het hefschip wordt verwezen naar figuur 2.
- De rangschikking van pijlers, putten en hefschip is voor elke proef afzonderlijk weergegeven in de figuren 9 ... 44.

Hydraulische gegevens en randvoorwaarden:

- Bij een sterk springtij bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid in de sluitgaten circa $2,1 \text{ m/s}$.
- De waterdiepte, waarbij bovengenoemde snelheid kan optreden, is voor een bestorting 8/12 cm en zonder hefschip met put (c) gelijk aan 20 m. Voor een bestorting 20/37 cm en voor een bestorting 8/12 cm met hefschip en put (c) is een diepte van 15 m maatgevend.
- De significante golfhoogte ($\bar{H}_{z, \frac{1}{3}}$) is $2,75 \text{ m}$.
- De bij deze golfhoogte optredende periode is 7 s .
- Stroom- en golfrichting vallen samen en lopen evenwijdig aan of onder een hoek van 30° met de normaal op de as van de pijlerdam.

2.2 Meetprogramma

Het meetprogramma kan in hoofdzaak in twee delen gesplitst worden. De proeven T14 ... T25 zijn uitgevoerd ter bepaling van de kritieke stroomsnelheid bij rechte aanstroming. Uit de proeven T30 ... T34 zijn de kritieke stroomsnelheden bepaald bij aanstroming onder een hoek van 30° met de normaal op de as van de kering.

Ook kan een verdeling worden gemaakt naar de onderzochte materialen: de bestorting 8/12 cm en die van 20/37 cm. De proeven T14 ... T17, T22 ... T25, T32 ... T34 zijn uitgevoerd met een bestorting 8/12 cm en de proeven T18 ... T21, T30, T31 met een 20/37 cm bestorting.

Verder zijn in iedere groep proeven uitgevoerd met en zonder hefschip en met en zonder golven.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de proeven. Een verklaring van de tekens, die in de kolom "situatie" gebruikt worden, is onder de tabel gegeven, met een verwijzing naar de figuren, waarin de betreffende modelonderdelen worden gedetailleerd. In de laatste kolom, die alleen van toepassing is op proeven, waarbij een put in het hefschip boven een veld bestorting hangt, wordt de hoogte van de onderkant van de put ten opzichte van N.A.P. weergegeven. De gegevens en ook de modelopstellingen zijn tevens per proef weergegeven op de figuren 9 ... 44.

3 Het modelonderzoek

3.1 Schaalkeuze

De schaalfactor van de lengte is voor dit modelonderzoek $n_L = 0,33$.

Deze schaal werd reeds gekozen voor het voorafgaande modelonderzoek M 1408-I, waarbij hetzelfde model is gebruikt.

Omdat de zwaartekracht een belangrijke invloed heeft, volgt de schaalfactor van de snelheid uit de schaalregel van Froude, zodat geldt:

$$n_u = n_L^{\frac{1}{2}} = 5,74$$

De schaalfactor van de tijd $n_t = n_L^{\frac{1}{2}} = 5,74$.

Schaaleffekten tengevolge van te klein modelmateriaal treden op, indien $Re < 600$. De kleinste stortsteen (8/12 cm) heeft in het model een diameter D_{50} van 0,0033 m. De minimaal toelaatbare snelheid volgt dan uit:

$$\bar{u}_{\min} = \frac{Re \cdot \nu}{D_{50}} = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{0,0033} = 0,18 \text{ m/s}$$

In prototype komt deze snelheid overeen met $\bar{u}_{\min} = 1,05 \text{ m/s}$.

3.2 De onderzoekfaciliteit

Het onderzoek is uitgevoerd in de Golfbak, een golfbassin, op het terrein van het Laboratorium De Voorst.

Dit bassin is 27 m lang, 24,50 m breed en 1,50 m diep. Door twee muren was de breedte teruggebracht tot 9,70 m om de volgens de randvoorwaarden gewenste stroomsnelheid te kunnen instellen.

De meetopstelling was zodanig gesitueerd ten opzichte van de instroming, dat de stroomverdeling bovenstrooms binnen redelijke grenzen homogeen was in x- en in y-richting.

Boven de uitstromingsopeningen achter het model waren wervelreduktoren geplaatst om de groei van wervels tegen te gaan (zie figuur 7).

3.3 Het model

Het model bestond uit 3 pijlers, 3 putten (waarvan één met afwijkende afmetingen), een hefschip en 3 verschillende velden met 2 soorten steenbestorting. De pijlers hadden in het model een andere beëindiging (zie figuur 1: pijler (a_2)) dan de pijlers in het prototype, die een half cirkelvormige beëindiging hebben. De golfbeweging rondom de pijlers, veroorzaakt door instabiliteit van de loslatende wervels en waarover in [1] en [2] sprake is, kon bij deze aangepaste pijlerbeëindiging niet optreden, aangezien het loslaatpunt van de wervels nu was gefixeerd.

Omdat de put, die tijdens sommige proeven in het hefschip heeft gehangen, van een ander modelonderzoek afkomstig was, had deze put afmetingen, die afweken van die van de beide andere putten (vergelijk figuur 1: put (b) en put (c)). De afmetingen van het hefschip (zie figuur 2) weken enigszins af van de afmetingen volgens tekening nr. 712-14-A2 van het Bureau voor Scheepsbouw. De diepgang van het hefschip werd echter steeds zo gekozen, dat deze overeenkwam met de diepgang van het hefschip volgens bovengenoemde tekening. De velden waren ingedeeld zoals weergegeven in de figuren 3, 4 en 5, respectievelijk voorstellend veld A, veld B en veld C. Veld A werd gebruikt voor steenbestorting 8/12 cm en was verdeeld in gekleurde stroken, met daartussen grijs, ongekleurd materiaal. Veld B was alleen uit gekleurde stroken samengesteld. Veld C is later toegevoegd als een uitbreiding van veld B, met dezelfde kleurindeling.

De modelsteenbestorting bestond uit grind met een D_{10} van 0,25 cm en een D_{90} van 0,4 cm voor steenbestorting 8/12 cm en grind met een D_{10} van 0,5 cm en een D_{90} van 1,1 cm voor steenbestorting 20/37 cm. De korrelverdeling van beide soorten grind is weergegeven op figuur 6.

3.4 Instrumentatie en meetmethoden

De waterstanden werden met een nauwkeurigheid van 3,3 cm (\approx 1 mm modelwaarde) ingesteld, met behulp van een peilnaald. Deze was geplaatst op 210 m bovenstrooms van de y' -as. De waterstand was echter aan een sterke schommeling onderhevig. De fluctuatie bedroeg ongeveer 20 cm.

De golven werden gemeten met een golfhoogtemeter, bestaande uit een opnemer en een versterker. Het uitkomende signaal werd vastgelegd door middel van een pen-schrijver. De golfhoogte werd voor de aanvang van de proeven ingesteld voor een

waterdiepte van zowel 15 m als 20 m. Hierbij was geen stroming aanwezig, terwijl ook het model nog niet was ingebouwd, zodat van een ongestoorde inkomende golfhoogte gesproken kon worden. De ingestelde golfhoogte bedroeg 2,75 m. De golfperiode was 7 s. De golfhoogte werd in een vast punt gemeten. De invloed van de stroming en van de reflectie van het model op de golven is later niet verdisconteerd, zodat tijdens de proeven andere golfhoogten gemeten zijn (zie tabel 3). Hierbij is verondersteld, dat het effect van de putten en pijlers en de invloed van de stroming op de golven als representatief beschouwd mag worden voor datgene, dat in het prototype optreedt.

In tabel 3 is naast de ongestoorde golfhoogte ook gegeven: GA_{\max} en GA_{\min} (de golfhoogte, gemeten tijdens de proef in de as van de eerste open plaats naast de put) en GB_{\max} (de golfhoogte direkt voor de laatste put) (zie onder andere figuur 20).

De stroomsnelheid werd gemeten met behulp van een Ott-molen, in combinatie met een stopwatch. Dit geschiedde achtereenvolgens in acht punten in de dwarsraai op 150 m bovenstrooms van de y' -as. In elk punt werd op halve waterdiepte gedurende circa 6 min (\approx 1 minuut model) gemeten.

De gemeten stroomsnelheid is voor de verschillende proeven uitgezet tegen de afstand in de y -richting (zie de figuren 45 ... 50). Uit deze figuren blijkt, wanneer men de beide buitenste meetpunten buiten beschouwing laat, dat de snelheid redelijk gelijkmatig over het dwarsprofiel verdeeld is.

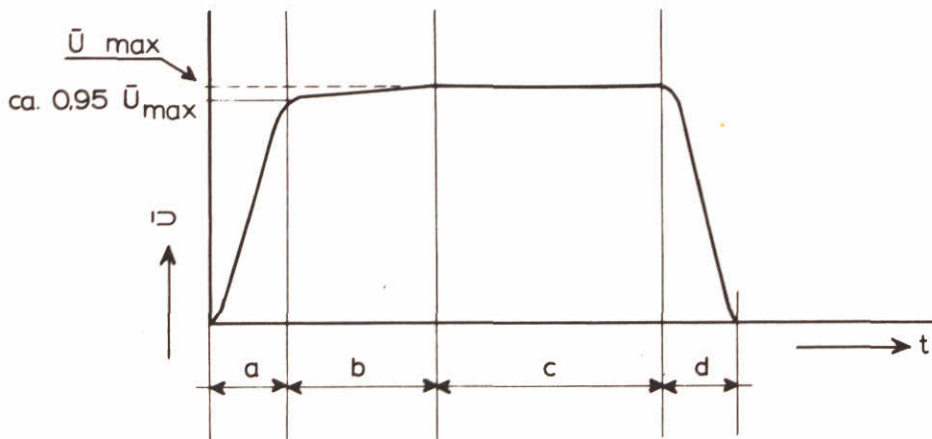
Van deze snelheden werd de gemiddelde waarde genomen (waarbij het eerste en laatste punt niet zijn meegerekend).

Ter controle zijn nog enige vertikalen doorgemeten, waaruit bleek, dat de stroomsnelheid op halve waterdiepte gemeten een redelijk goede benadering van de gemiddelde snelheid in de vertikaal leverde.

Het verloop van de snelheid als functie van de tijd

De snelheid als functie van de tijd vertoonde tijdens iedere proef een beeld als geschetst op onderstaande figuur. De snelle toename gedurende het eerste half uur (fase a) werd veroorzaakt door het instellen van het debiet. Gedurende het volgend half uur (fase b) werd de waterstand ingesteld. Dit gebeurde zodanig, dat de opgegeven waarde \bar{u}_{\max} niet werd overschreden. De eigenlijke meetduur (fase c) begon als waterstand en debiet goed waren ingesteld. De laatste fase (fase d), waarin het bassin werd geleidigd, werd uiteraard niet tot de meetduur gerekend.

Bij proeven met stroom en golf werd alleen gedurende fase c gegolfd.



snelheidsverloop

a	instellen debiet	circa 0,5 uur
b	instellen peil	0,5 à 1 uur
c	tijdsduur van de proef	1,5 of 3 uur
d	uitlooptijd	circa 0,5 uur

De stroomrichting, die 30° met de normaal op de as van de kering had moeten zijn, lag tussen de 35° en 44° , zoals blijkt uit de stroombeeldfoto's 2 en 3. Dit wordt verklaard uit het feit, dat de pijlers en de putten samen als één weerstand werkten, waardoor een gedeelte van de stroom om de putten heen werd gebogen.

De shade

De schadepatronen werden fotografisch vastgelegd ter controle van de rechtstreeks uit het model opgetekende shadeformulieren (vergelijk figuur 38 met foto 4).

De vorm van het veld, aangeduid met "veld A, veld B en veld C" (zie figuren 3, 4 en 5), houdt geen verband met de soort bestorting. Deze wordt apart per proef vermeld.

Tot slot wordt opgemerkt, dat met name bij de bestorting 8/12 cm het verschijnsel is opgetreden, dat bij de voorkant van het veld zeer sterke schade voorkwam. De schade aan de eerste strook is daarom in alle gevallen niet meegeteld bij de bepaling van de schade, zoals die op de figuren 9 ... 44 vermeld wordt. Dit wordt gemotiveerd door de overweging, dat in het model de stenen direkt op een betonnen vloer liggen en dus direkt aan de stuwdruk tengevolge van de stroomsnelheid zijn blootgesteld, dit in tegenstelling tot het prototype, waar de stenen tussen de oude bodemverdediging liggen en aldus alleen een schuifkracht ondervinden.

4 De resultaten van het onderzoek

4.1 Bepaling van de kritieke snelheid

De schade, die op de figuren 9 ... 44 is aangegeven, is het totaal van alle gekleurde stenen, die uit de vakken verplaatst zijn. Niet beschouwd is het geval, dat een steen binnen een vak van zijn plaats is gelicht en verderop in datzelfde vak bleef liggen.

De schade, die bij een bepaalde stroomsnelheid is ontstaan, is voor elke proef uitgezet (zie de figuren 51 ... 54). Door deze punten is voor elke proef een lineaire regressie-lijn getrokken. Het snijpunt van deze lijn met de lijn van geen schade is gedefiniëerd als de kritieke snelheid. De schade, die bij de verschillende proeven is ontstaan, is samengevat in tabel 2. De bijbehorende kritieke snelheden zijn weergegeven in tabel 3.

4.2 Invloed van tijdsduur, waterdiepte en golven

De tijdsduur van de proeven is voldoende lang geweest. Dit blijkt uit proef T14, waarbij de tijdsduur tweemaal zo lang is genomen. De schade nam daarbij niet noemenswaard meer toe.

Wat betreft de invloed van de waterdiepte op de kritieke snelheid is geen vergelijking mogelijk. Wel zijn er proeven met verschillende waterdiepten uitgevoerd, echter niet met dezelfde situatie (zie hoofdstuk 2).

De golfinvloed op de kritieke snelheid wordt weergegeven in de volgende tabel.

vergelijkbare proeven	diameter stortsteen	as	kritieke snelheid in m/s		verschil	
			zonder	met golven	in m/s	in %
T14 en T15	8/12 cm	y'	1,90	1,65	0,25	13
T18 en T19	20/37 cm	y'	2,25	1,90	0,35	16
T22 en T23	8/12 cm	y'	1,30	1,10	0,20	15
T30 en T31	20/37 cm	s	1,95	1,80	0,15	8
T32 en T33	8/12 cm	s	1,05	0,90	0,15	14

Vergelijking kritieke snelheden met en zonder golven

Bij alle vergelijkbare proeven is dezelfde tendens zichtbaar. De kritieke snelheid neemt gemiddelde ongeveer 13% af bij de proeven met golven. Wat nog opvalt is, dat bij de proeven T18, T19, T22 en T23, die alle vier dezelfde geometrie hebben, de afname van de kritieke snelheid procentueel praktisch gelijk is.

4.3 Invloed van de afmetingen van de stortsteen

De vergelijking van de invloed van de diameter van de stortsteen op de kritieke snelheid komt in onderstaande tabel tot uiting.

vergelijkbare proeven	as	golven - = geen + = wel	kritieke snelheid in m/s		verschil	
			20/37 cm	8/12 cm	in m/s	in %
T18 en T22	y'	-	2,25	1,30	0,95	42
T19 en T23	y'	+	1,90	1,10	0,80	42
T30 en T32	s	-	1,95	1,05	0,90	46
T31 en T33	s	+	1,80	0,90	0,90	50

Vergelijking kritieke snelheden van stortsteen 20/37 cm en stortsteen 8/12 cm

Hieruit blijkt, dat bij rechte aanstroming de kritieke snelheid 42% afneemt, bij vermindering van de stortsteendiameter van 20/37 cm tot 8/12 cm. Bij scheve aanstroming is deze vermindering iets meer. Golven hebben op de afname van de kritieke snelheid geen invloed, voor zover de golven loodrecht invallen. Bij scheef invallende golven neemt de kritieke snelheid nog meer af.

4.4 Vergelijking van rechte en scheve aanstroming

Om de invloed van de stroom- en golfrichting op de kritieke snelheid te kunnen beoordelen, is onderstaande tabel opgesteld.

vergelijkbare proeven	diameter stortsteen	golven - = geen + = wel	kritieke snelheid in m/s		verschil	
			y'-as	s-as	in m/s	in %
T18 en T30	20/37 cm	-	2,25	1,95	0,30	13
T19 en T31	20/37 cm	+	1,90	1,80	0,10	5
T22 en T32	8/12 cm	-	1,30	1,05	0,25	19
T23 en T33	8/12 cm	+	1,10	0,90	0,20	18
T17 en T34	8/12 cm	-	1,60	1,40	0,30	19

Vergelijking kritieke snelheden bij rechte en scheve aanstroming

Vergelijking van de kritieke snelheden bij rechte (y'-as) en scheve (s-as) aanstroming en golfaanval levert als resultaat, dat de kritieke stroomsnelheid gemiddeld circa 10% lager wordt bij bestorting 20/37 cm. Bij bestorting 8/12 cm is de afname van de kritieke snelheid wat groter, gemiddeld ongeveer 20%. Ook als het hefschip met een put boven de bestorting 8/12 cm ligt, neemt de kritieke snelheid met circa 20% af bij scheve aanstroming, zoals blijkt uit vergelijking van de proeven T17 en T34.

4.5 Invloed van het hefschip en van het plaatsen van een put

Indien het hefschip een put aan het plaatsen is, wijzigt de kritieke snelheid in het ernaast gelegen veld met bestorting 8/12 cm nauwelijks. Dit blijkt uit vergelijking van de kritieke snelheden, die gevonden zijn met de proeven T14 en T16, respectievelijk 1,90 m/s en 1,85 m/s.

De invloed van het hefschip op de kritieke snelheid van de bestorting eronder wordt in de volgende tabel zichtbaar.

vergelijkbare proeven	diameter stortsteen	as	kritieke snelheid in m/s		verschil	
			zonder	met hefschip	in m/s	in %
T14 en T17	8/12 cm	y'	1,90	1,60	0,30	16
T18 en T20	20/37 cm	y'	2,25	2,35	-0,10	-4

Vergelijking kritieke snelheden met en zonder hefschip

In proef T17, waar het hefschip met een put boven de bestorting 8/12 cm hangt, neemt de kritieke snelheid 16% af, als gevolg van de snelheidsverhoging en/of de turbulentieverhoging onder de put. Bij proef T20, waar het hefschip om een geplaatste put ligt boven de aanstorting 20/37 cm, neemt de kritieke snelheid toe, zij het slechts met 4%. Dit gunstige resultaat is waarschijnlijk te danken aan een stroomsnelheidsafname onder het hefschip. Door de zeer grote weerstand, die het water ondervindt van de profielvernauwing door het hefschip, dat de opening tussen de putten bijna afsluit, wordt de stroming nog meer afgebogen, om de putten heen.

In de volgende tabel wordt de invloed van het plaatsen van een put op de kritieke snelheid van de bestorting 8/12 cm weergegeven, bij rechte aanstroming (y'-as).

proef	afstand put- stortebed in m	kritieke snelheid in m/s	afname	
			in m/s	in %
T14	∞	1,90	0,00	0
T17	3,50	1,60	0,30	16
T24	2,50	1,55	0,35	18
T25	1,50	1,55	0,35	18
T22	0,00	1,30	0,60	32

Vergelijking kritieke snelheden tijdens de plaatsing van een put

Bij het afzinken van de put ontstaat geen situatie, waarbij de kritieke snelheid kleiner wordt dan bij de geplaatste put. Bij afname van de afstand van de onderkant van de put tot de bovenkant van het stortebed neemt ook de kritieke snelheid af.

LITERATUUR

- 1 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM,
Stormvloedkering Oosterschelde,
Dwarsverhangen over de putten en stroomkrachten op het hefschip bij
verschillende uitvoeringsfasen,
verslag modelonderzoek M 1408-I, november 1977

- 2 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM,
Stormvloedkering Oosterschelde,
Golfbewegingen rondom de pijlers, veroorzaakt door loslatende wervels,
verslag modelonderzoek M 1408-II, april 1978

proef nr.	stroomrichting in °	diameter bestorting in cm	waterdiepte (h) in m	golven - = geen + = wel	situatie								stromsnelheden in m/s	onderkant put t.o.v. N.A.P. in m				
					1	2	3	4	5	6	7	8						
T14	0	8/12	20	-	a ₂	a ₂	a ₂	b	b		-	-	1,60	2,05	2,05 (3 uur)	2,50		
T15	0	8/12	20	+	a ₂	a ₂	a ₂	b	b		-	-	1,60	2,05	2,50			
T16	0	8/12	20	-	a ₂	a ₂	a ₂	b			-	-	2,00					
T17	0	8/12	15	-	a ₂	a ₂	a ₂	b	b		-	-	1,60	2,05			-11	
T18	0	20/37	15	-	a ₂	a ₂	a ₂	b		-	-	-	2,55					
T19	0	20/37	15	+	a ₂	a ₂	a ₂	b		-	-	-	2,05	2,50				
T20	0	20/37	15	-	a ₂	a ₂	a ₂	b		-	-	-	2,50					
T21	0	20/37	15	-	a ₂	a ₂	a ₂			-	-	-	niet uitgevoerd					
T22	0	8/12	15	-	a ₂	a ₂	a ₂	b		-	-	-	1,25	1,50	2,05			
T23	0	8/12	15	+	a ₂	a ₂	a ₂	b		-	-	-	1,20	1,50				
T24	0	8/12	15	-	a ₂	a ₂	a ₂	b	b		-	-	1,60	2,10			-12	
T25	0	8/12	15	-	a ₂	a ₂	a ₂	b	b		-	-	1,60	2,05			-13	
T30	30	20/37	15	-	a ₂	a ₂	a ₂	b		-	-	-	2,10	2,50				
T31	30	20/37	15	+	a ₂	a ₂	a ₂	b		-	-	-	1,50	2,05				
T32	30	8/12	15	-	a ₂	a ₂	b		-	-	-	-	0,95	1,25	1,60			
T33	30	8/12	15	+	a ₂	a ₂	b		-	-	-	-	0,90	1,20				
T34	30	8/12	15	-	a ₂	a ₂	b	b		-	-	-	1,20	1,50	1,75	2,05		-11

verklaring:

stroomrichting in ° loodrecht op normaal op tracé

a₂ pijler met beëindiging

b put

hefschip

veld A

hefschip boven veld A met put c

veld B met put b

veld C met put b

- open plaats

zie figuur:

1

1

2

3

8

4

5

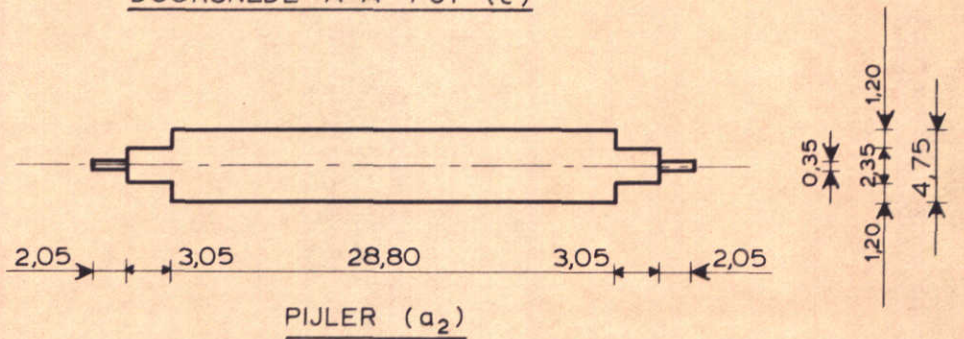
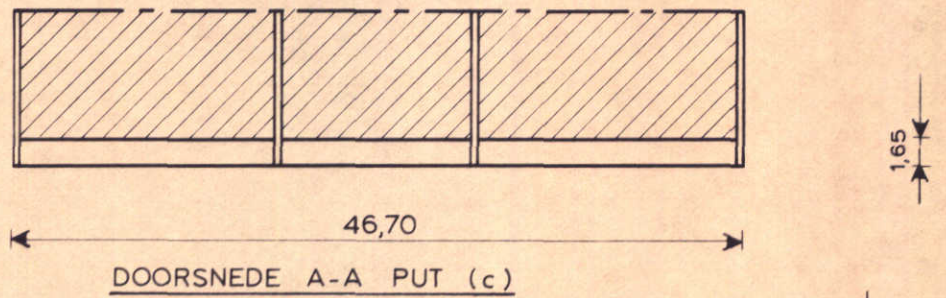
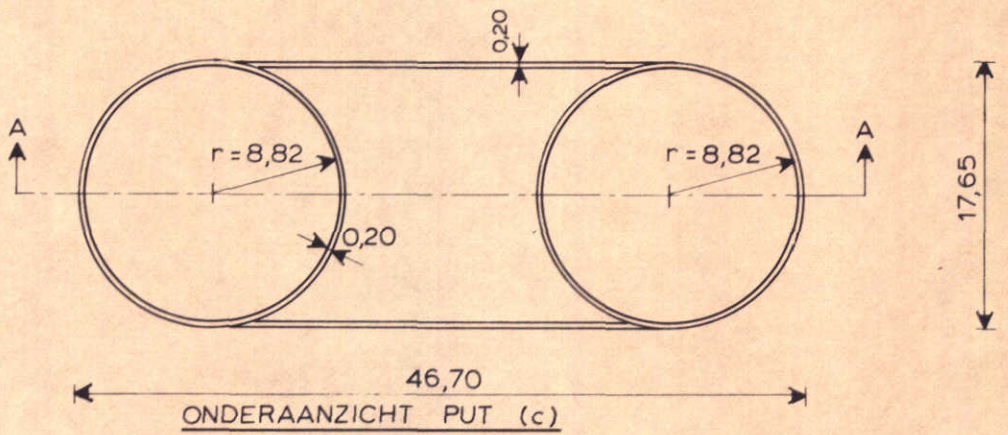
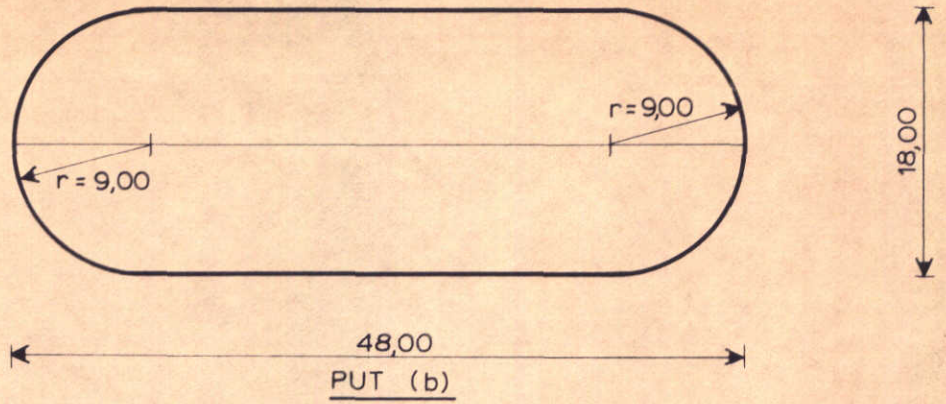
Tabel 1 Proevenprogramma

proef nr.	schade (aantal stenen), bij aangegeven stroomsnelheid in m/s												
	0,90	0,95	1,20	1,25	1,50	1,60	1,75	2,00	2,05	2,10	2,50	2,55	
T14						0			15/16		67		
T15						7			20		112		
T16								19					
T17						11			230				
T18												16	
T19									8		30		
T20											7		
T21					NIET UITGEVOERD								
T22				7	43				≈1600				
T23			17		74								
T24						37				380			
T25						29			605				
T30										88	341		
T31					0				166				
T32		52		464		∞							
T33	61		700										
T34			6		61		354		∞				

Tabel 2 Samenvatting van de resultaten

proef nr.	kritieke snelheid in m/s	golfhoogte in m				golfperiode in s
		ongestoord	GA _{max}	GA _{min}	GB _{max}	
T14	1,90					
T15	1,65	2,75	3,30	0,65	4,60	7
T16	1,85					
T17	1,60					
T18	2,25					
T19	1,90	2,75	3,70	0,35	4,00	7
T20	2,35					
T21	NIET UITGEVOERD					
T22	1,30					
T23	1,10	2,75	3,30	1,30	4,45	7
T24	1,55					
T25	1,55					
T30	1,95					
T31	1,80	2,75	3,30	0,30	3,30	7
T32	1,05					
T33	0,90	2,75	2,75	1,00	4,30	7
T34	1,40					

Tabel 3 Uitwerking van de resultaten



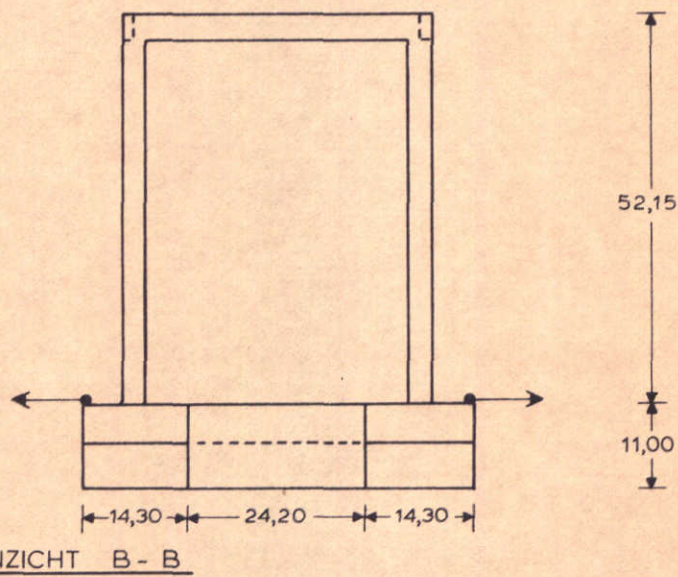
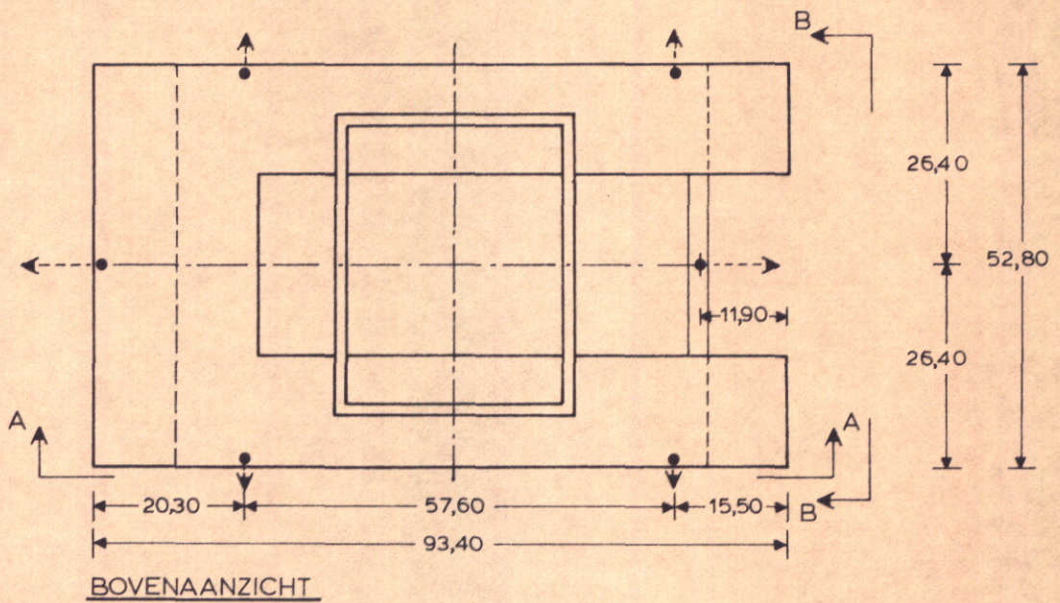
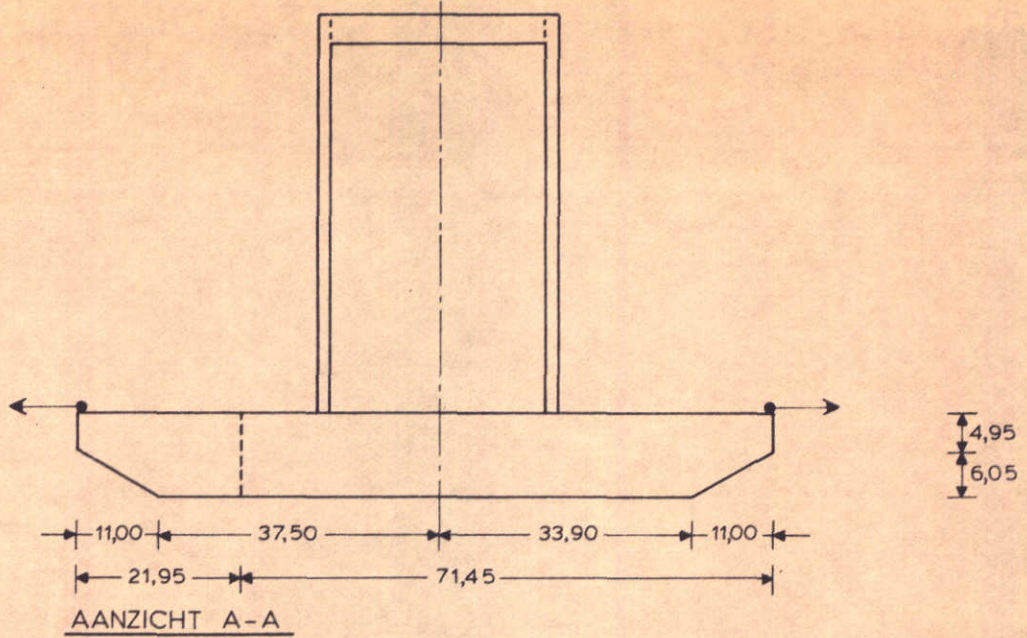
maten in m

AFMETINGEN PUTTEN EN PIJLERS

SCHAAL 1: 500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 1



maten in m

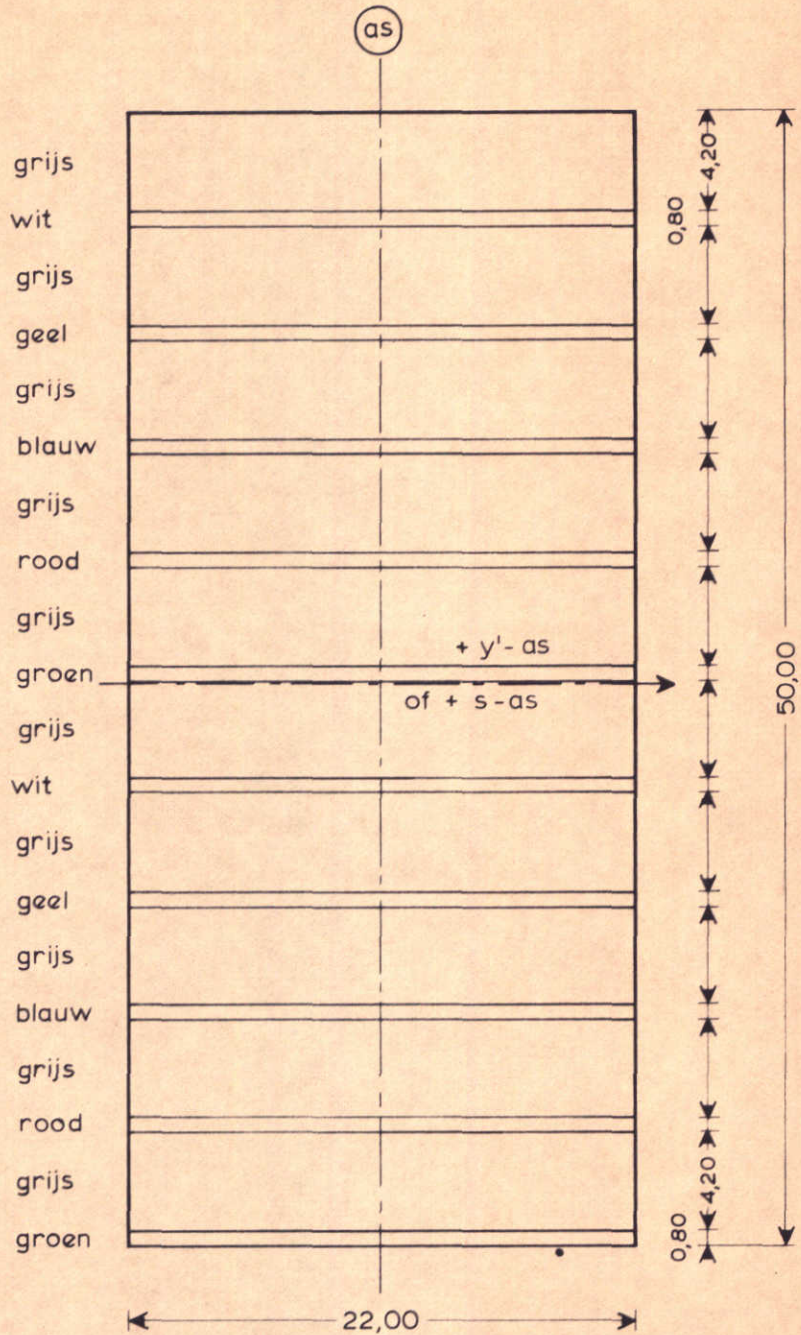
AFMETINGEN HEFSCHIP

SCHAAL 1 : 1000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 2

VELD A



veld a : stœnbestorting 8/12 cm
laagdikte 0,50 m

maten in m

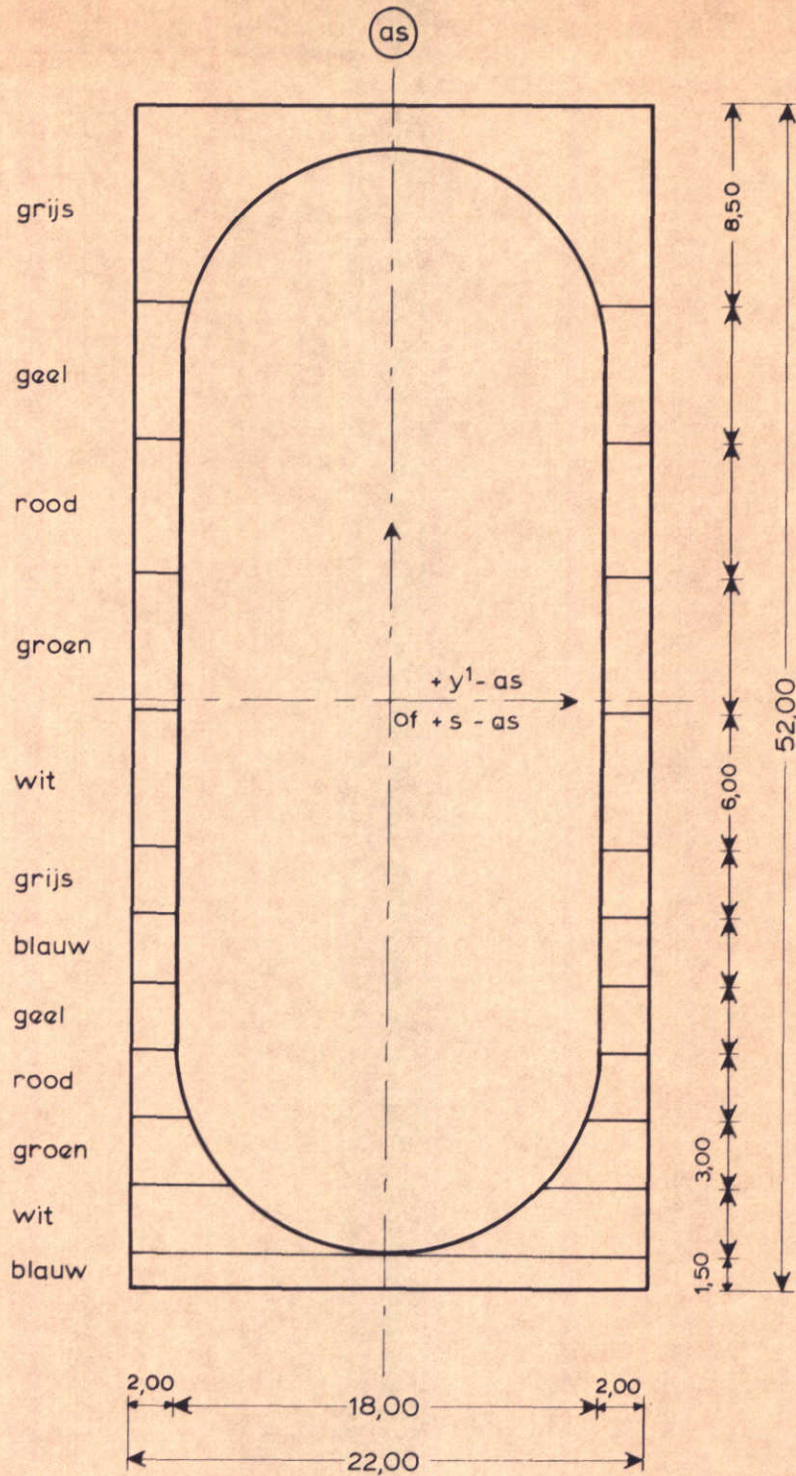
VELD A

SCHAAL 1: 330

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 3

VELD B



veld b : steenbestorting 20/37 cm
 laagdikte 1,00 m
 steenbestorting 8/12 cm
 laagdikte 0,50 m

maten in m

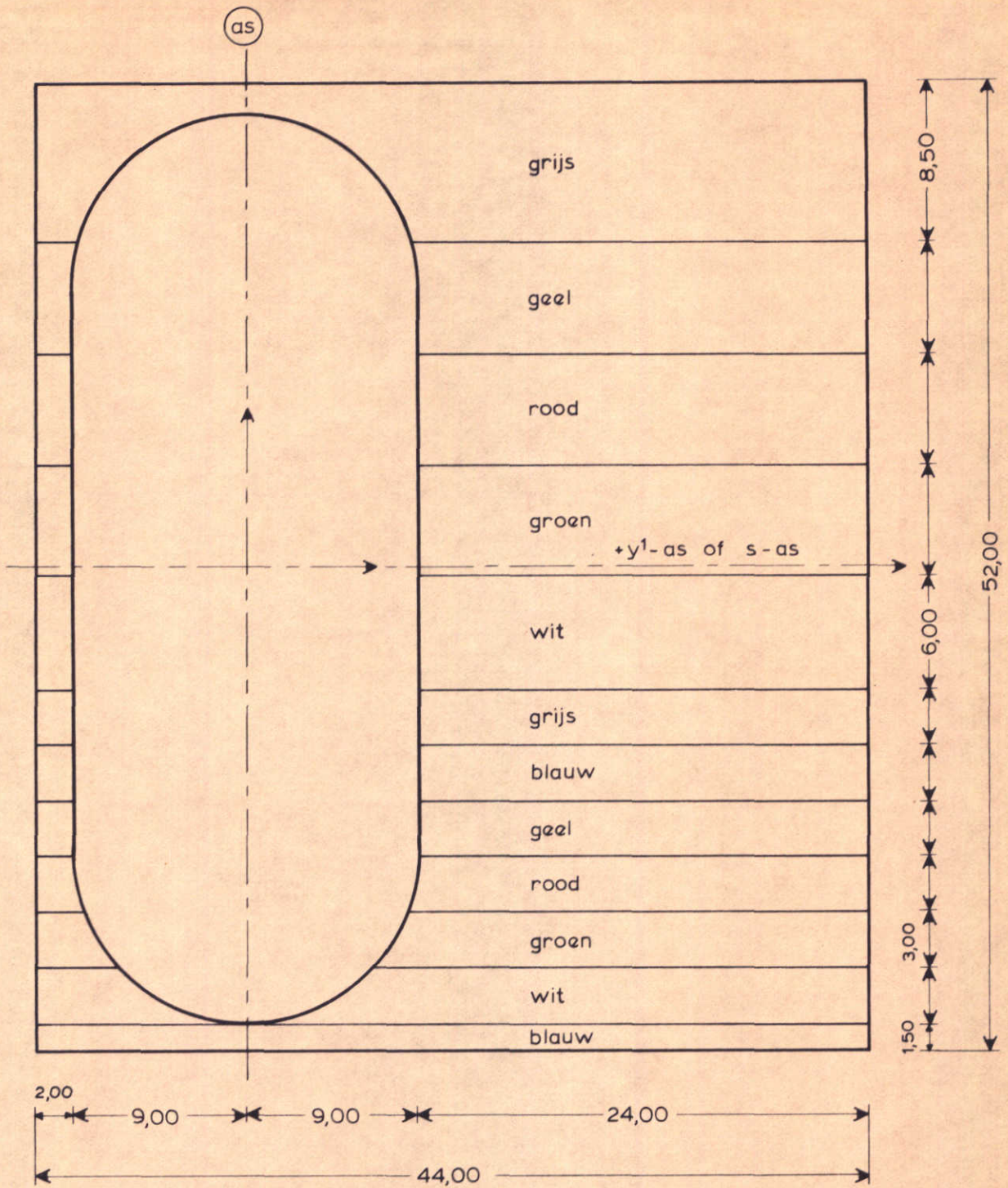
VELD B

SCHAAL 1:330

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 4

VELD C



veld c : steenbestorting 8/12 cm
laagdikte 0,50 m

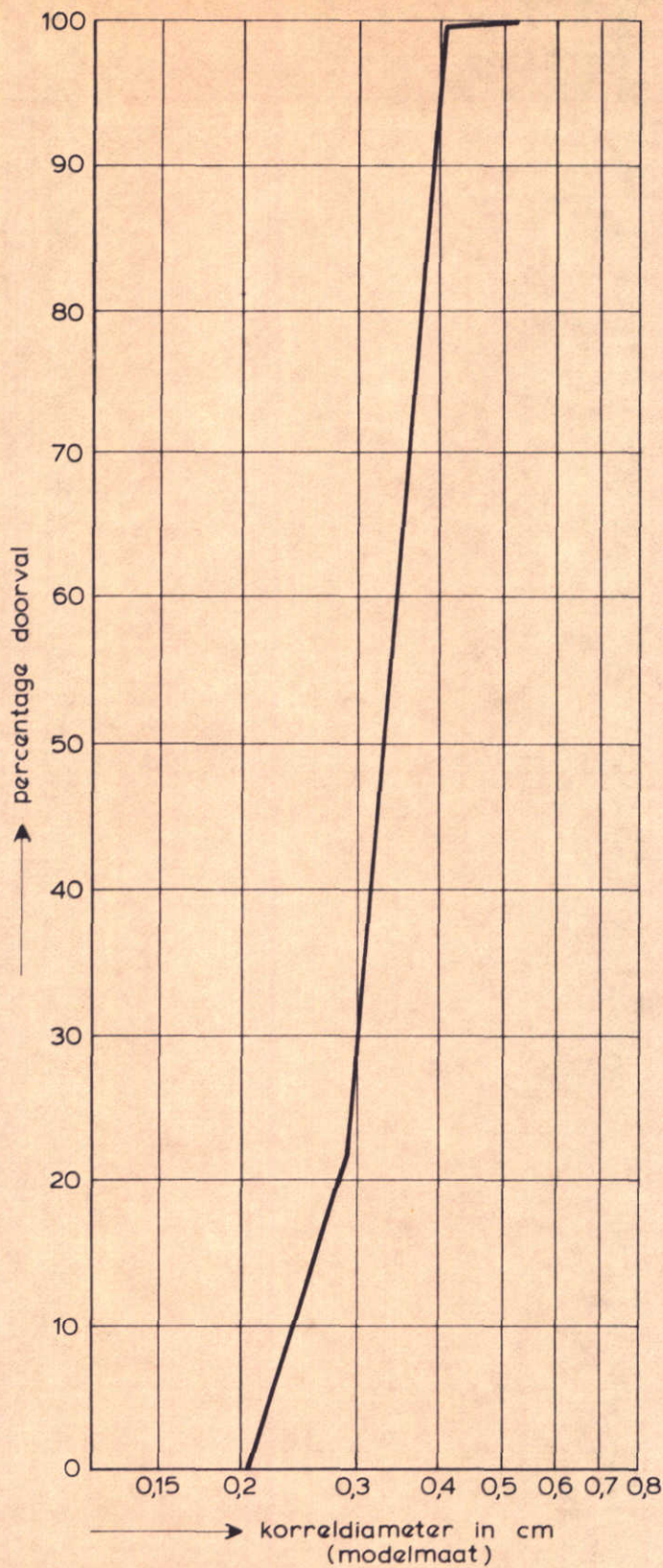
maten in m

VELD C

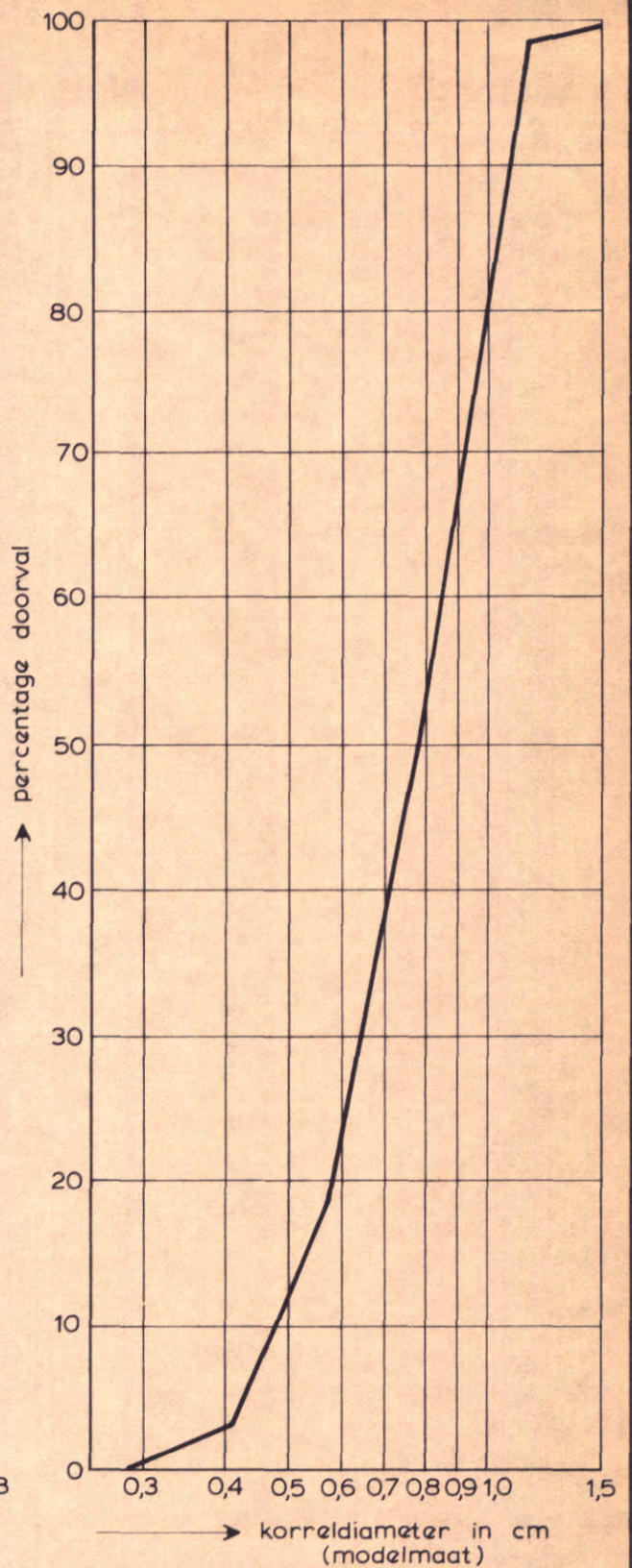
SCHAAL 1:330

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 5

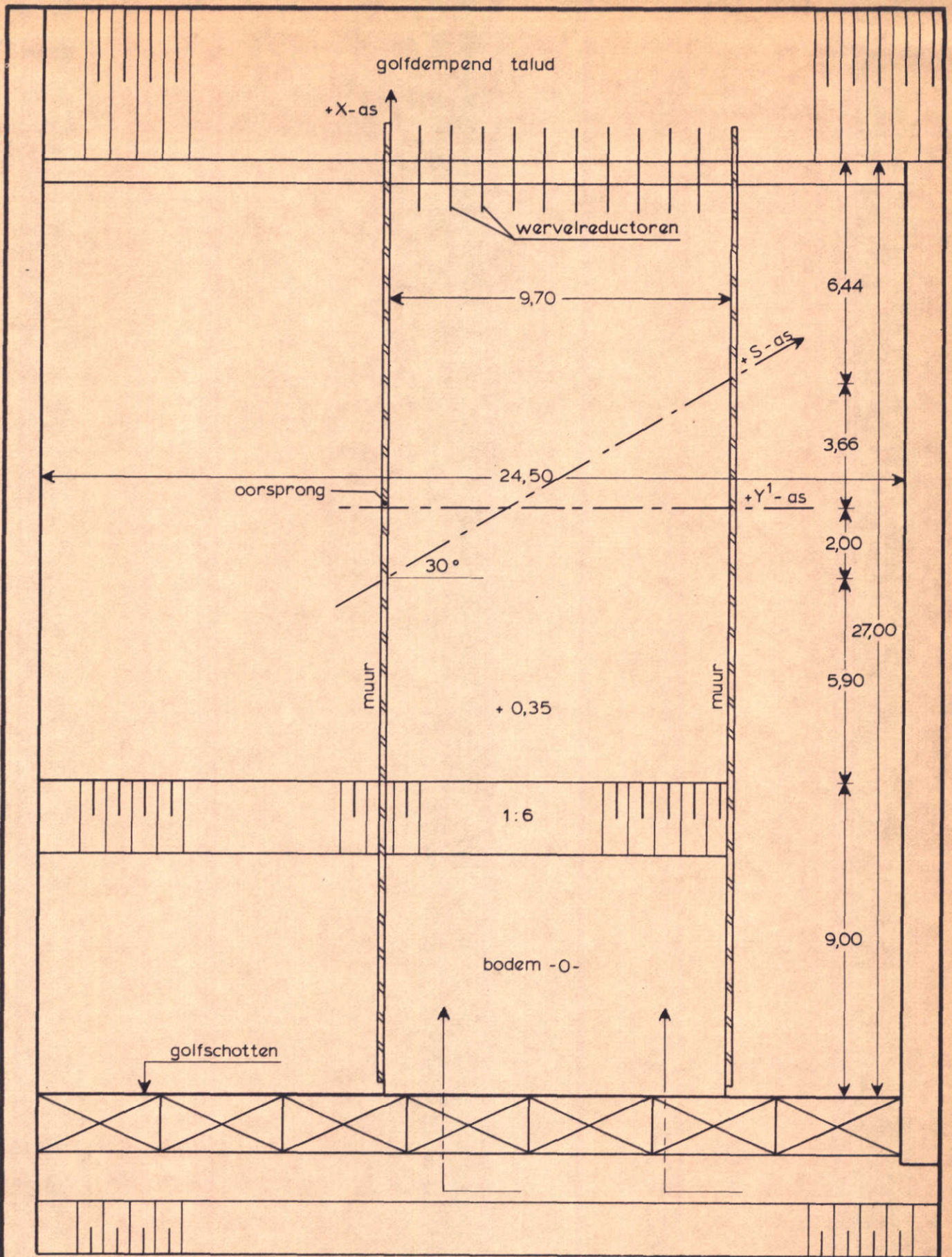


STEENBESTORTING 8/12 cm



STEENBESTORTING 20/37 cm

ZEEFKROMMEN VAN MODELSTEENBESTORTING



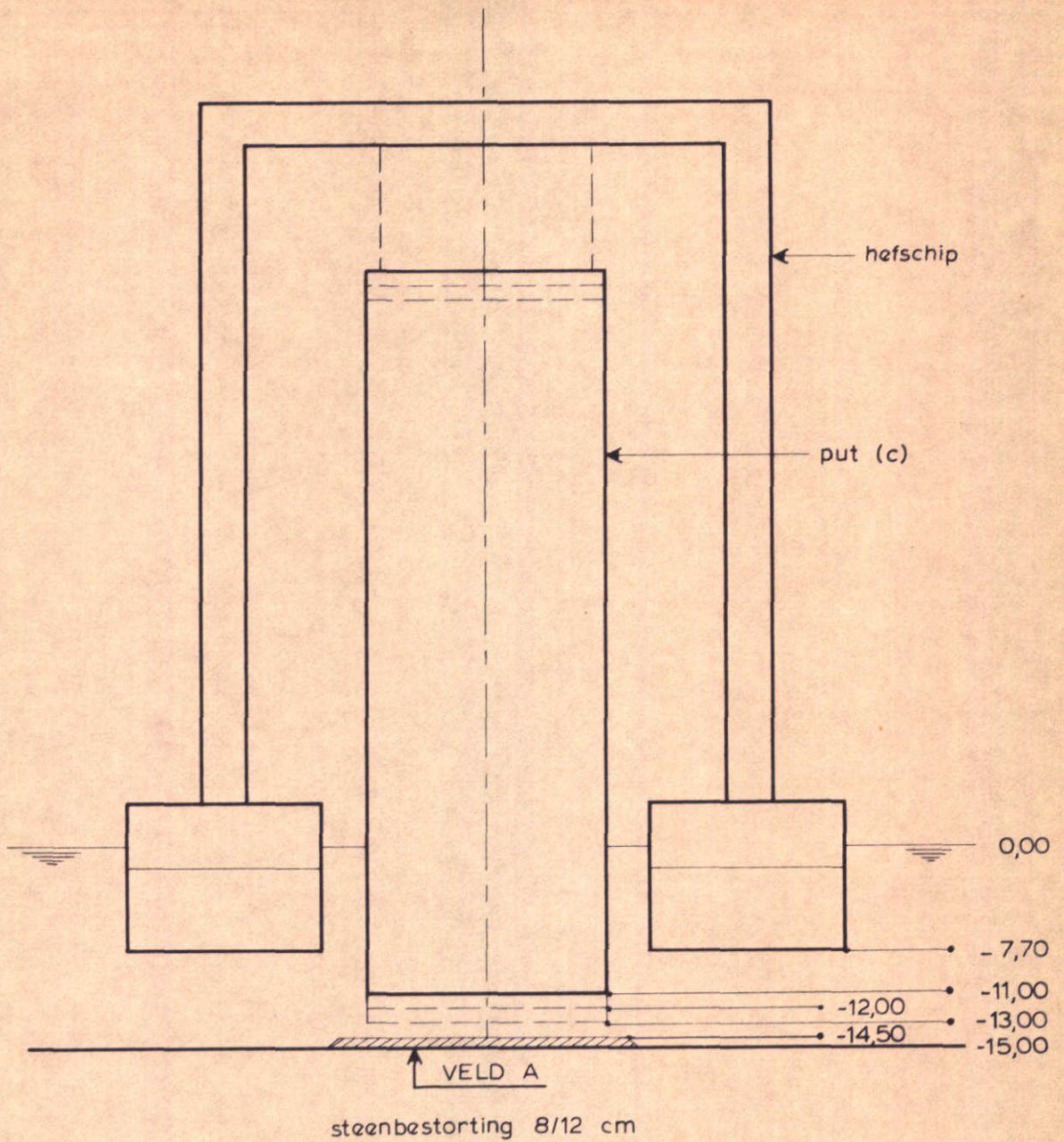
maten in m

OVERZICHT MODEL

SCHAAL 1:150

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 7



proef no.	onderkant put op
T 17	-11,00 m
T 24	-12,00 m
T 25	-13,00 m

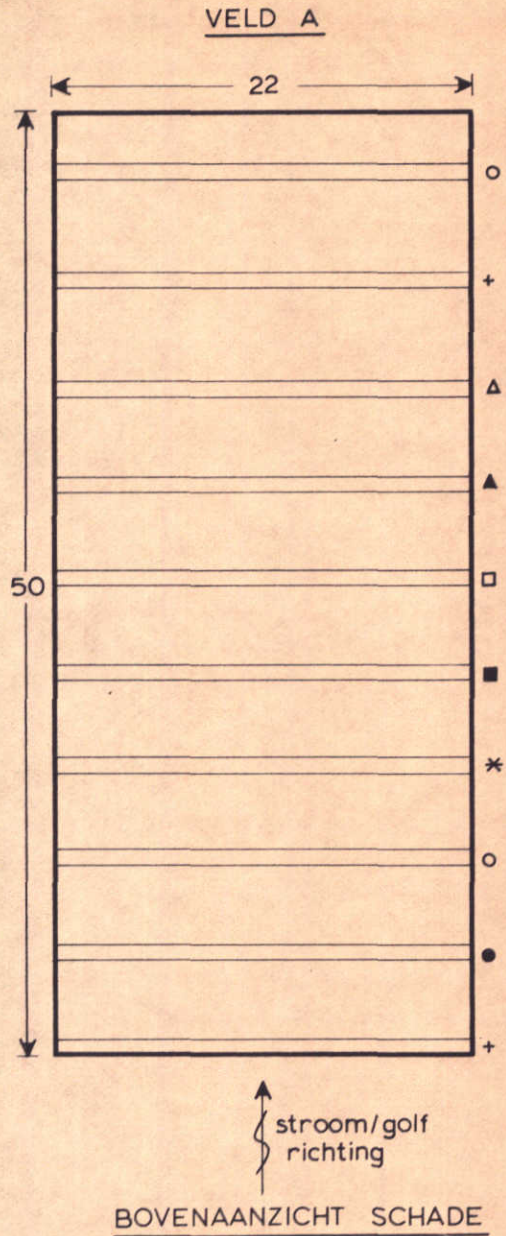
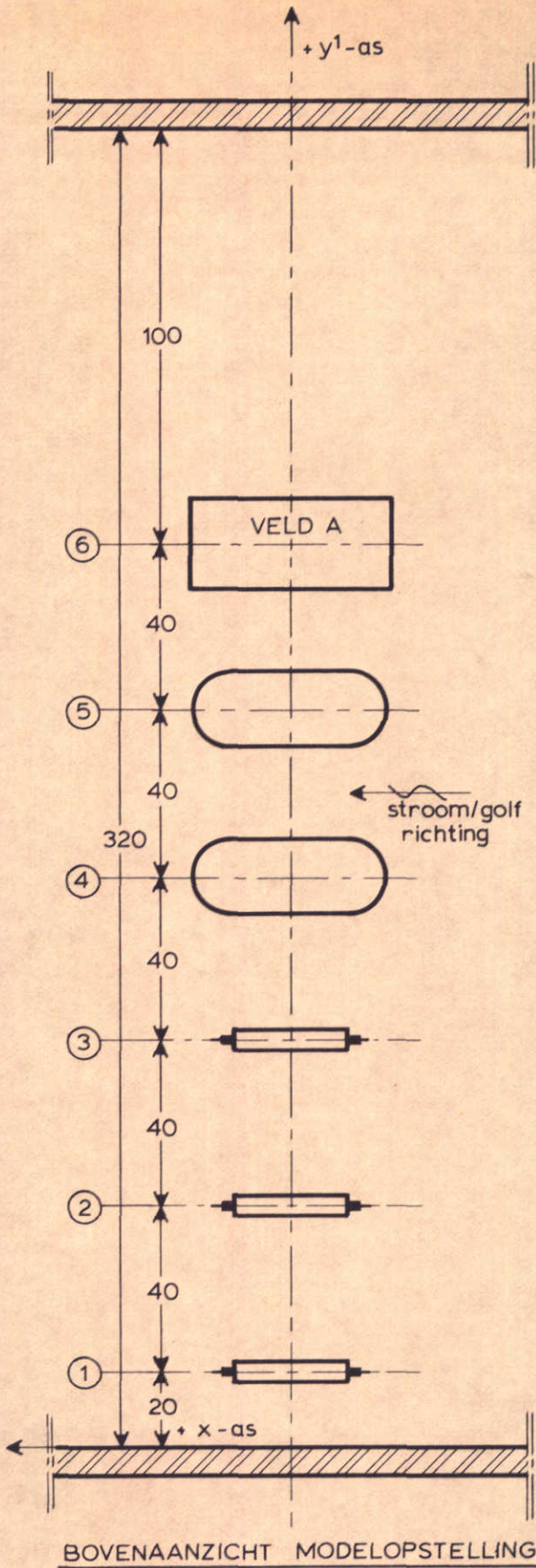
peilmaten in m t.o.v. N.A.P.

DOORSNEDE OVER HEFSCHIP
MET PUT BOVEN VELD A

SCHAAL 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 8



duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 1,60 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 geen schade
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

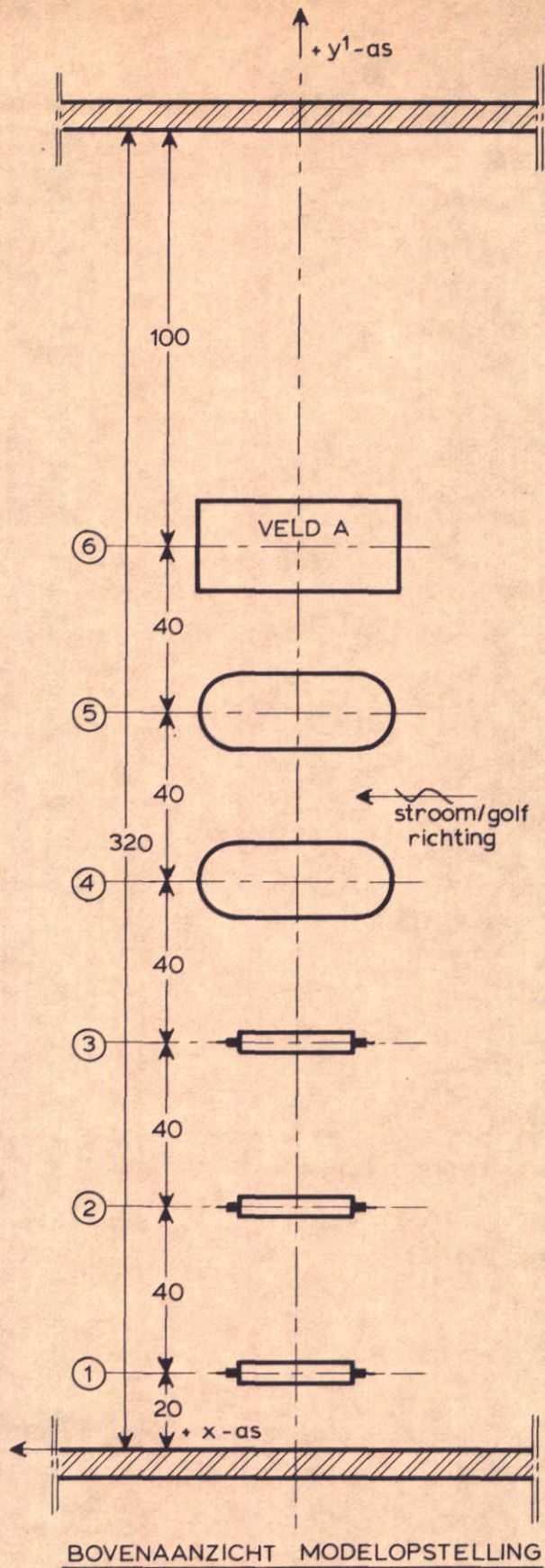
STABILITEIT VAN VELD A

T 14

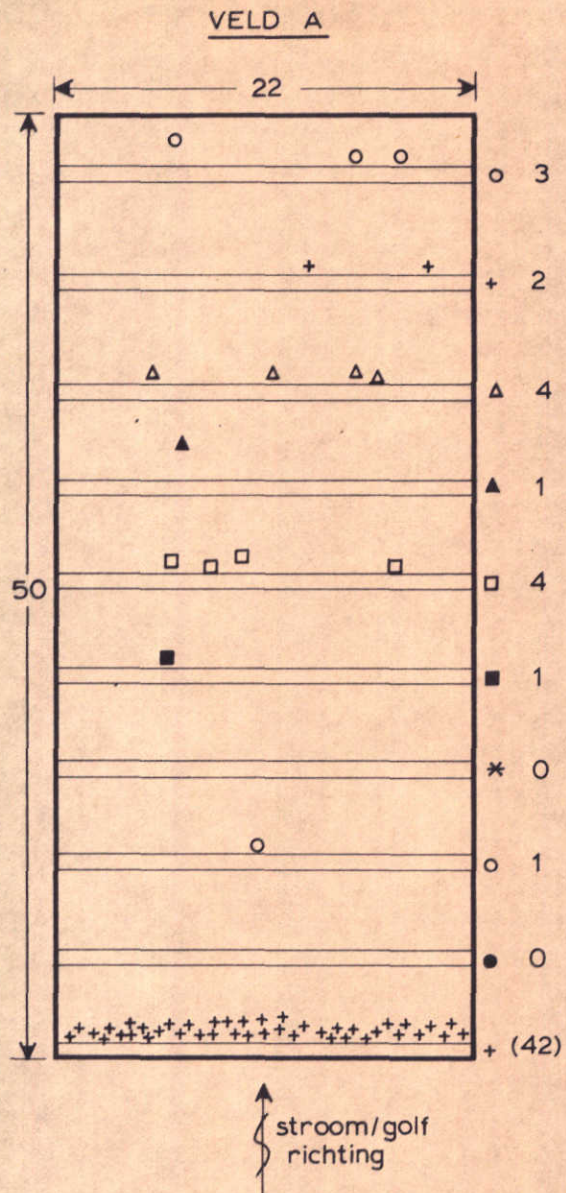
$\bar{U} = 1,60 \text{ m/s}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 9



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 3 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 2,05 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 16 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A, PROEFDUUR 3 UUR

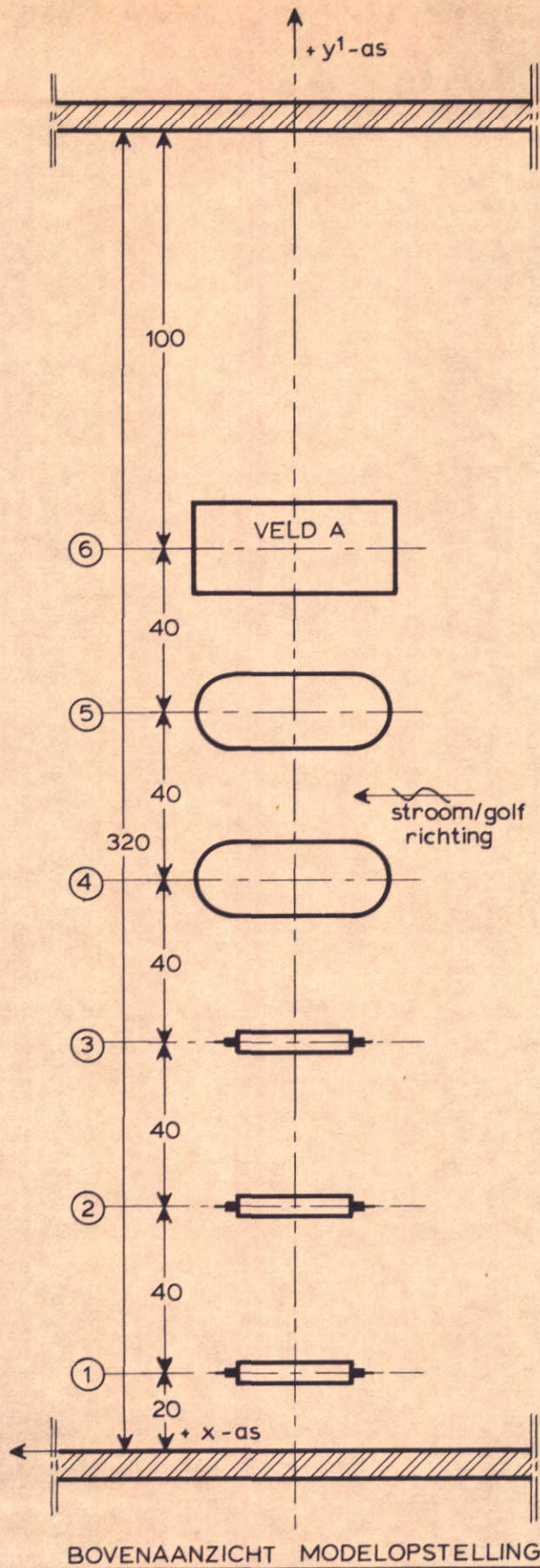
T 14

$\bar{U} = 2,05 \text{ m/s}$

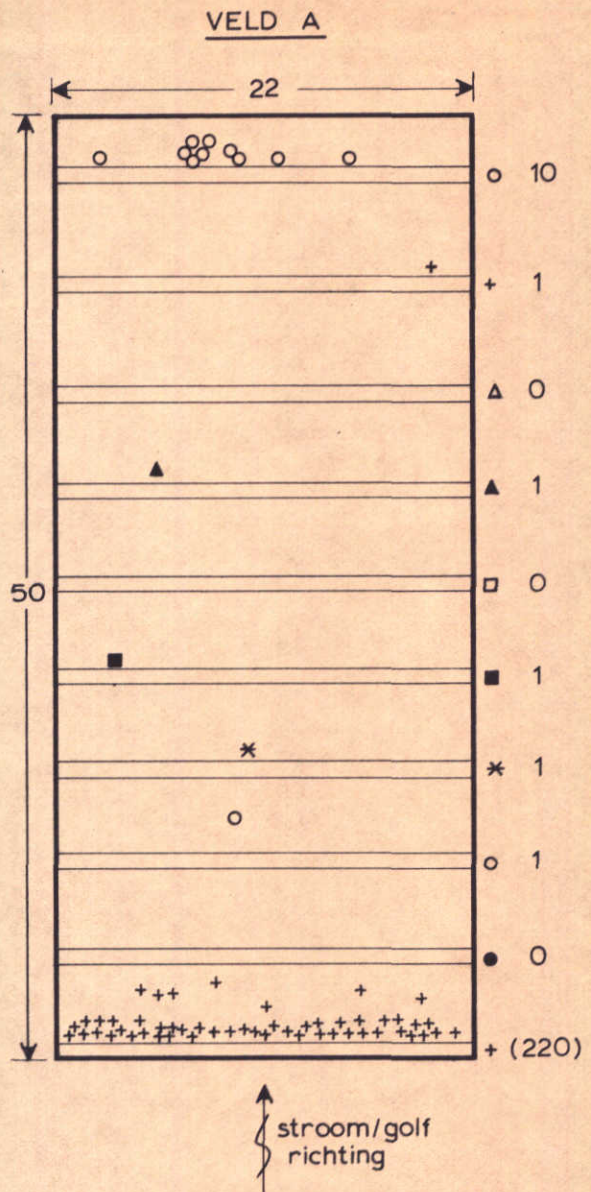
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 10



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 2,05 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 15 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A

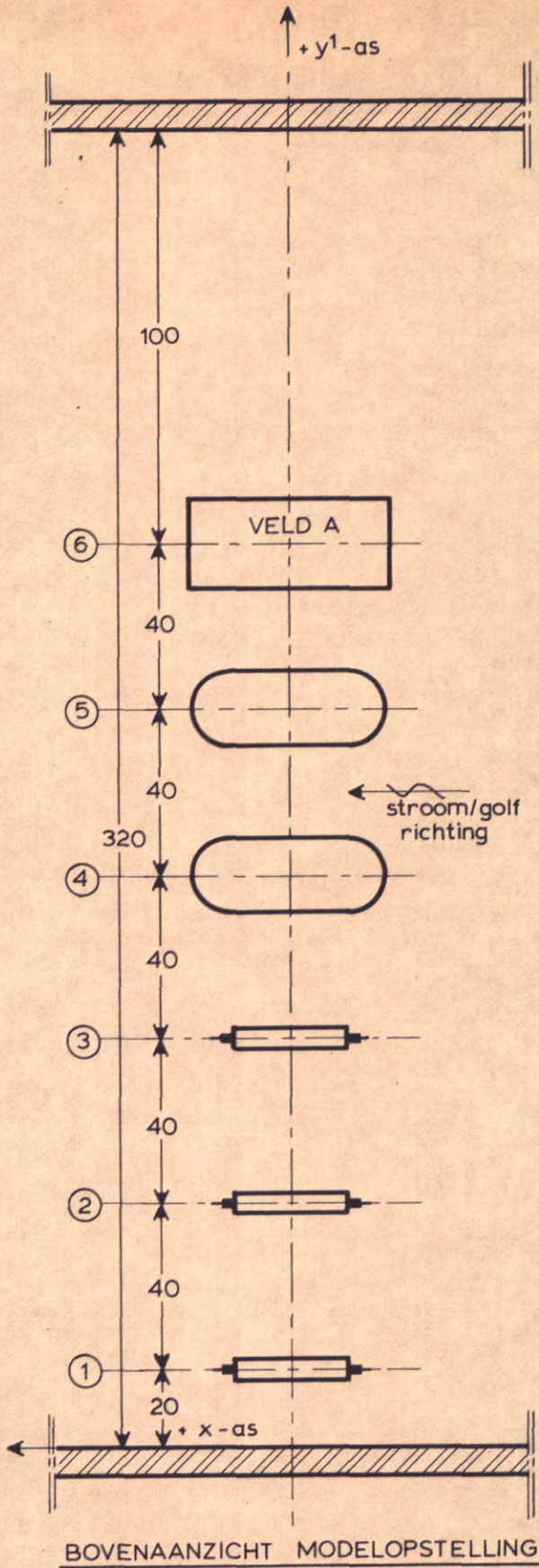
T 14

$\bar{U} = 2,05 \text{ m/s}$

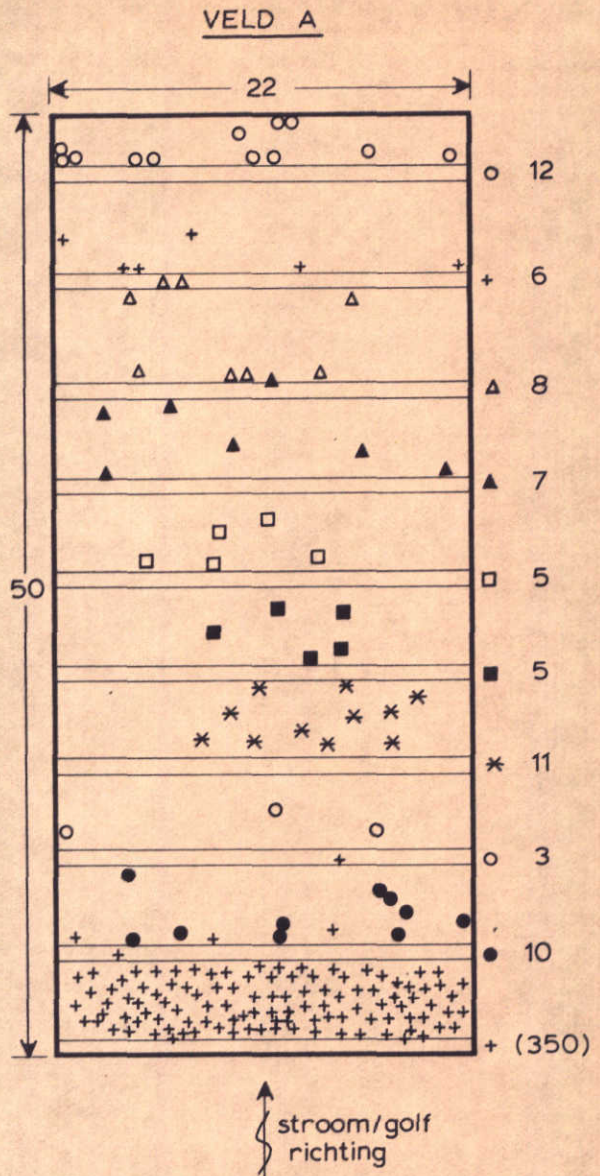
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 11



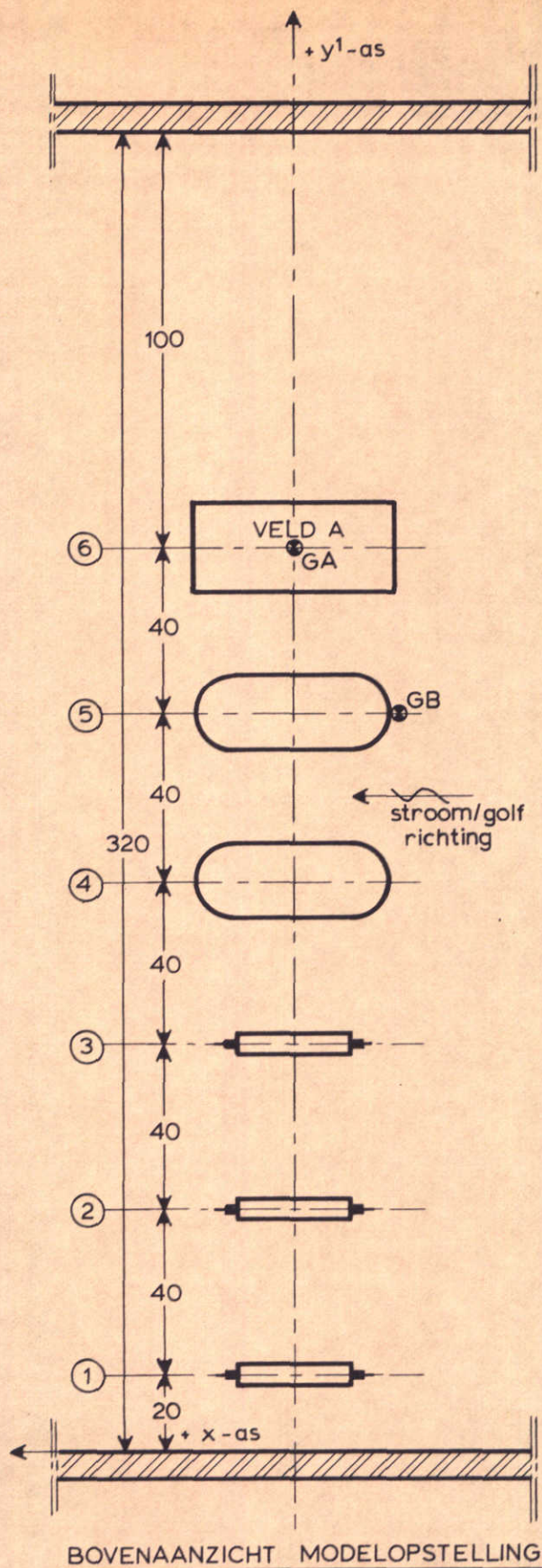
BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



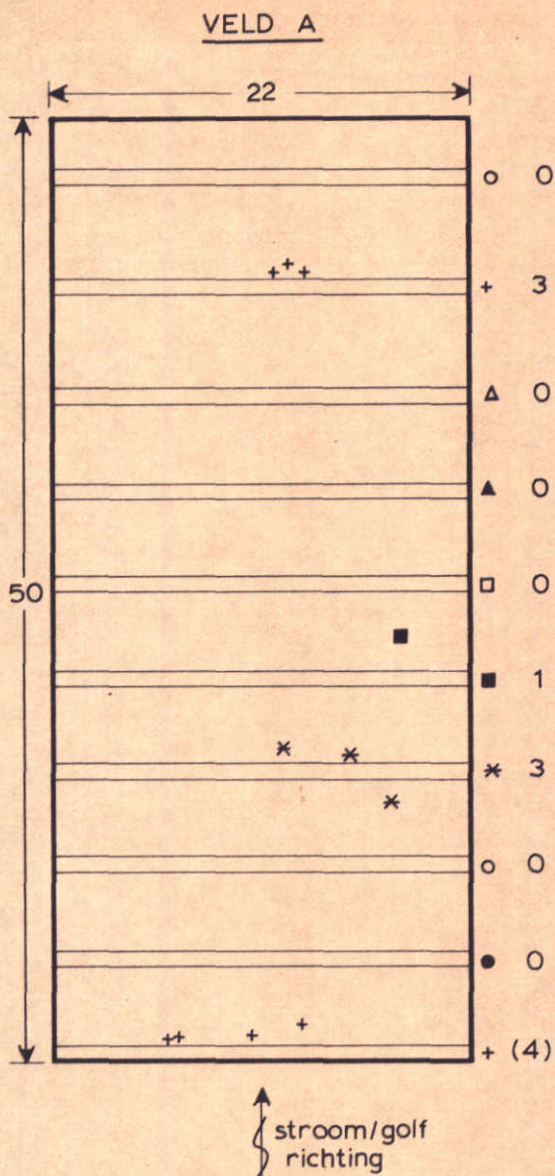
BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 2,50 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 67 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A	T 14	$\bar{U} = 2,50 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 12



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 1,60 m/s
 golfperiode 7,0 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 7 stenen
 maten in m
 ⊙ golfhoogtemeter

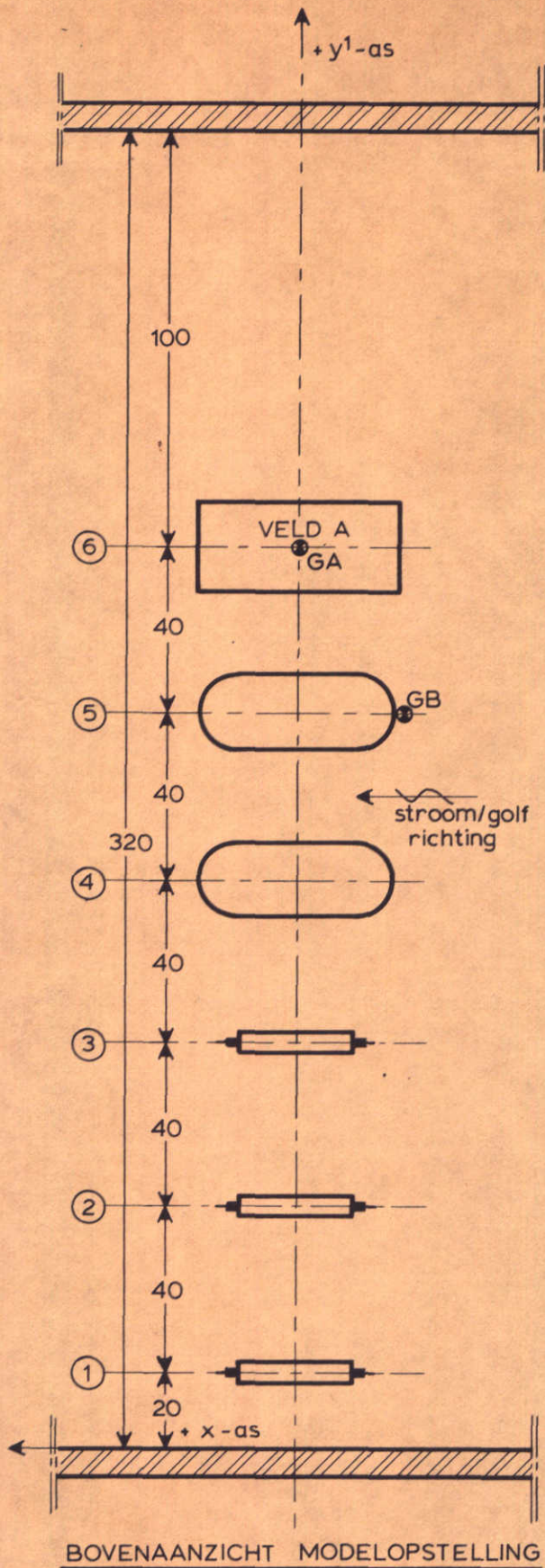
STABILITEIT VAN VELD A

T 15

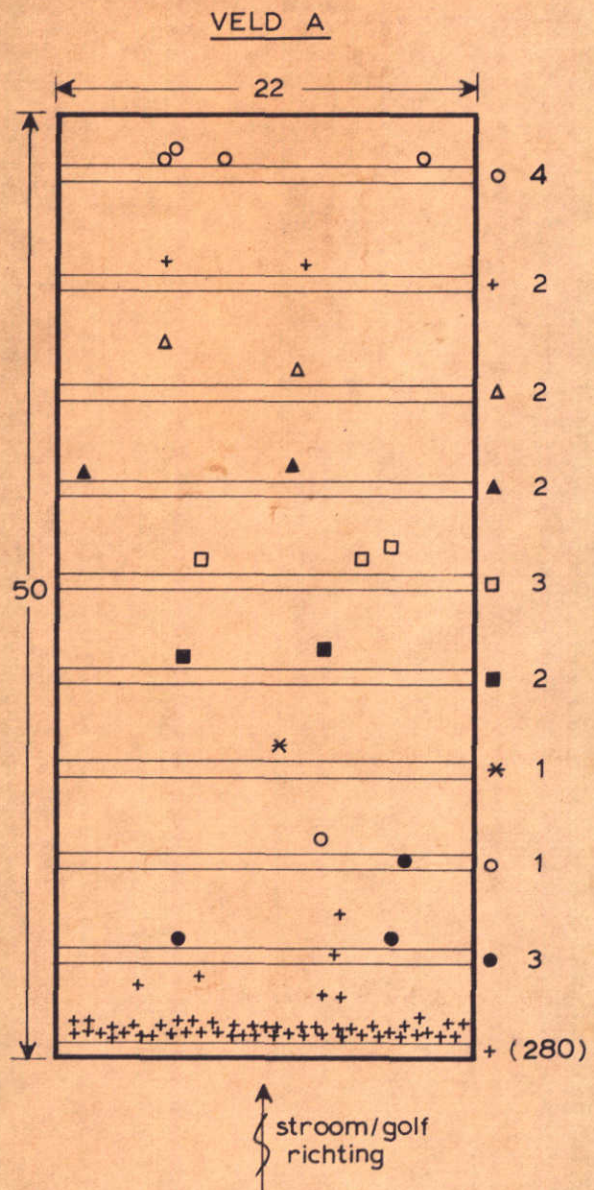
$\bar{U}=1,60$ m/s

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 13



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 2,05 m/s
 golfperiode 7,0 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 20 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A

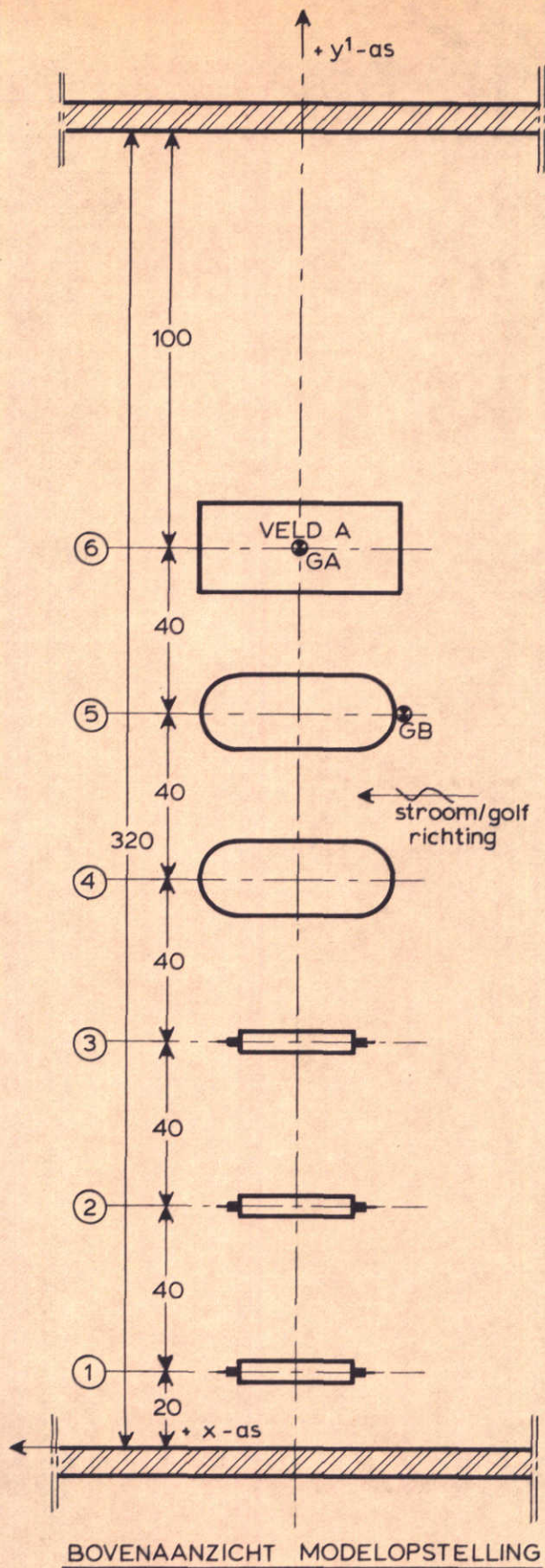
T 15

$\bar{U} = 2,05 \text{ m/s}$

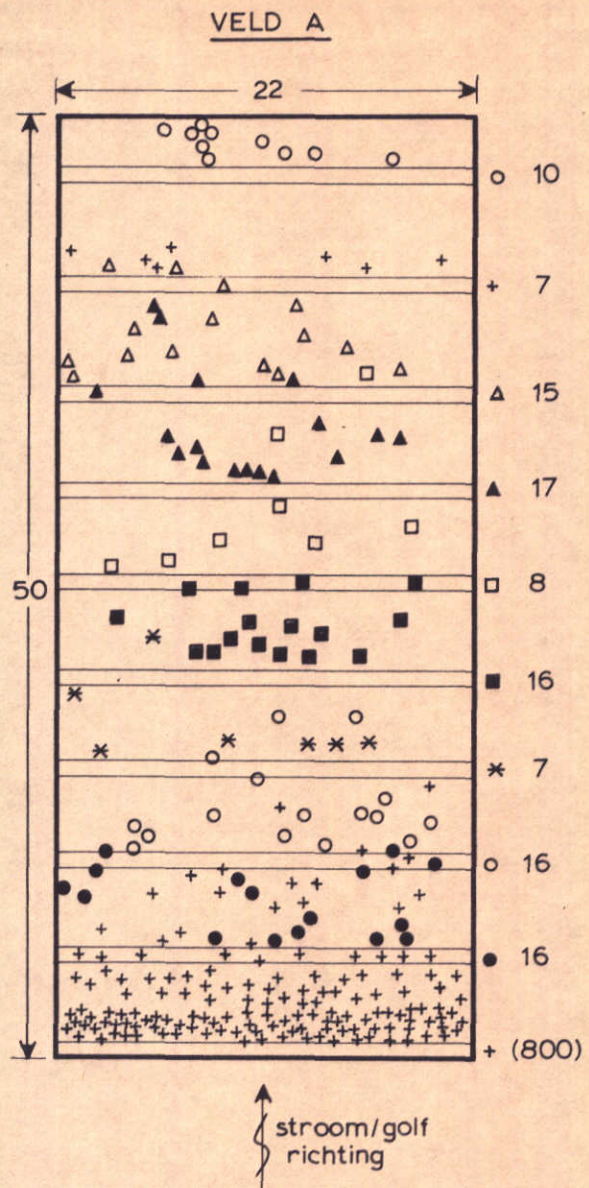
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 14



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 2,50 m/s
 golfperiode 7,0 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 112 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A

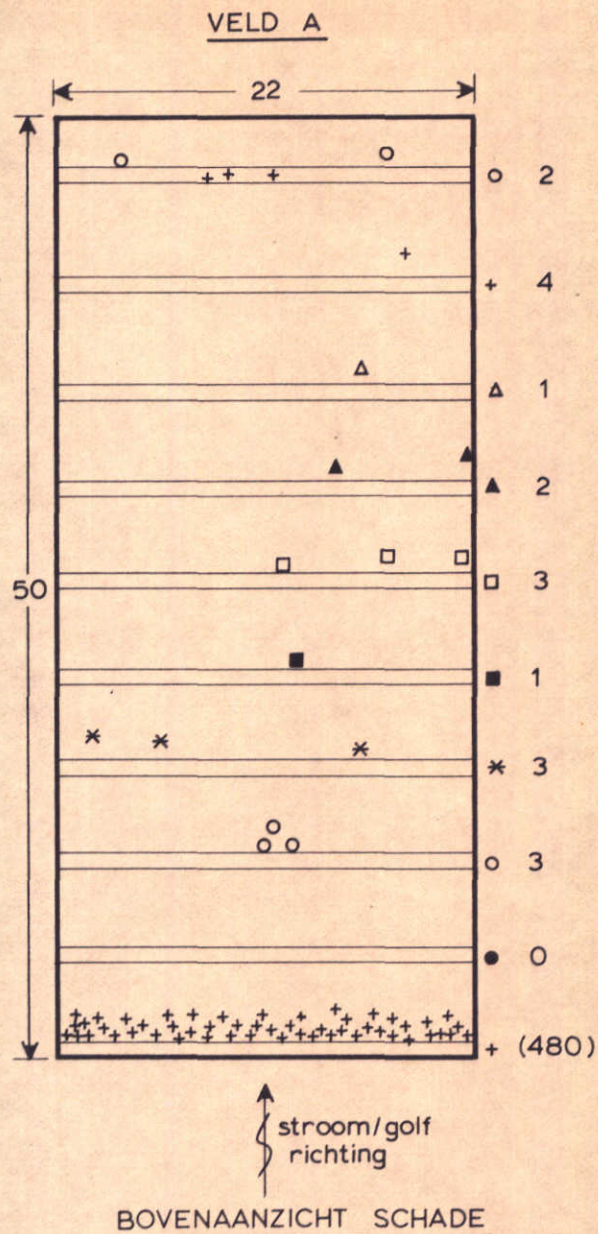
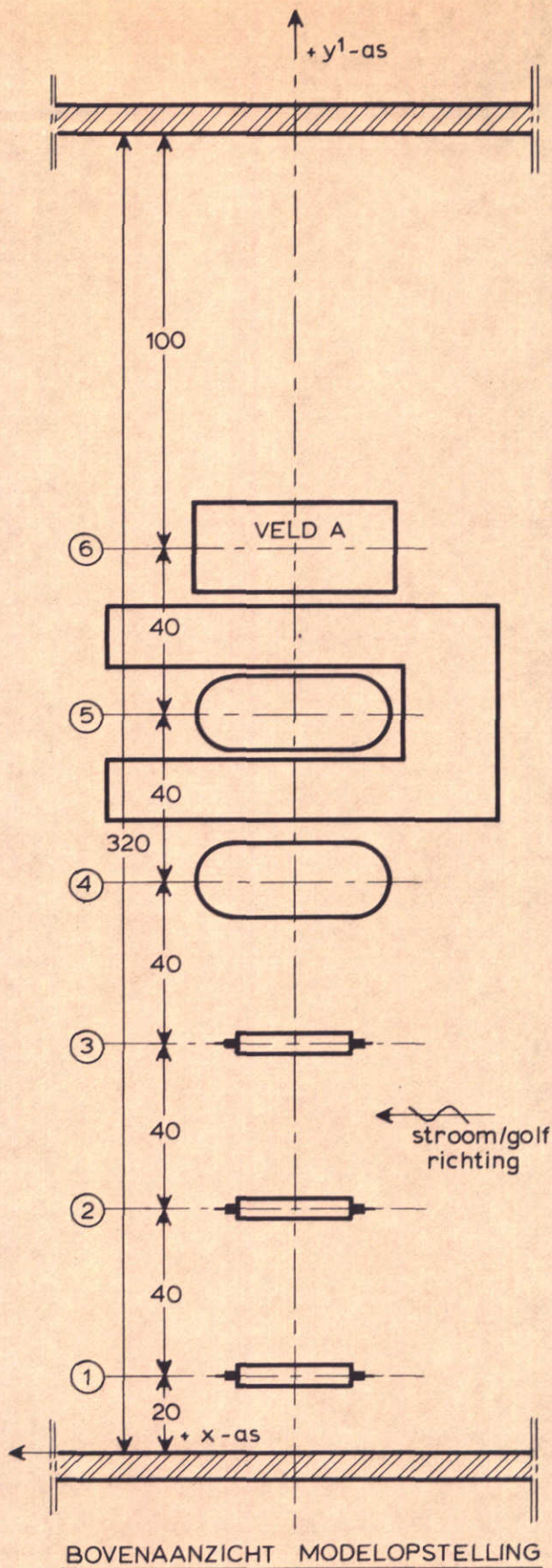
T 15

$\bar{U} = 2,50 \text{ m/s}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 15



duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 20,0 m
 snelheid 2,00 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 19 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

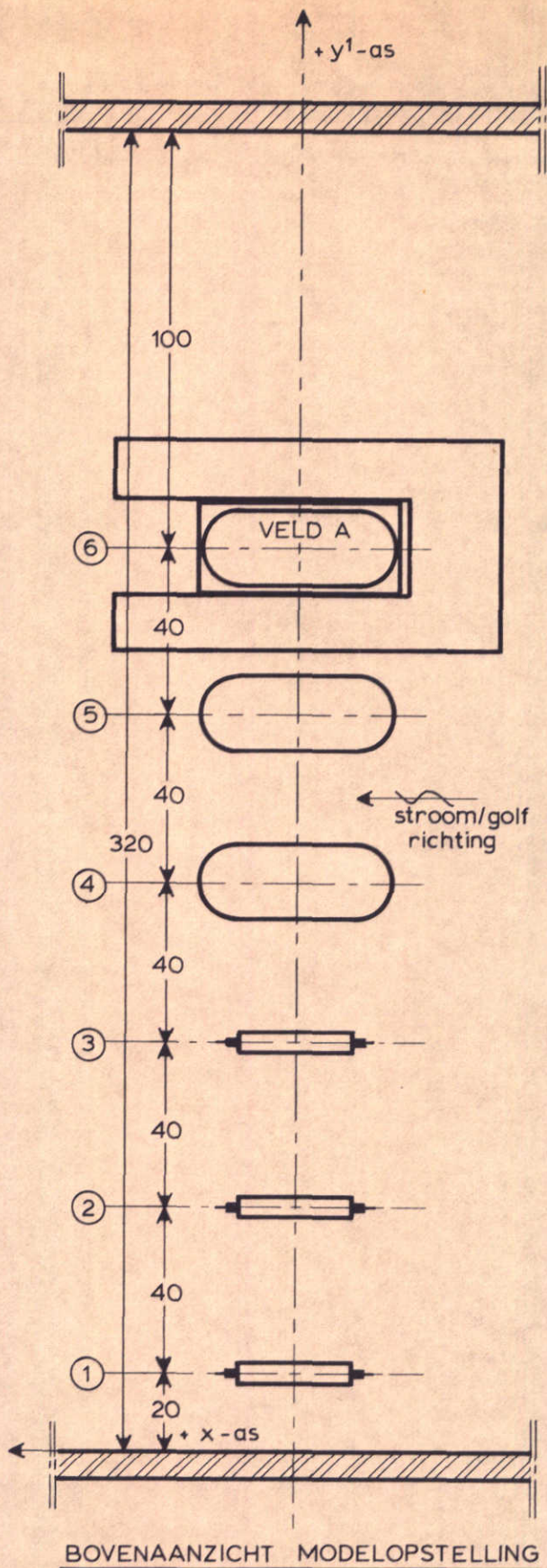
STABILITEIT VAN VELD A

T 16

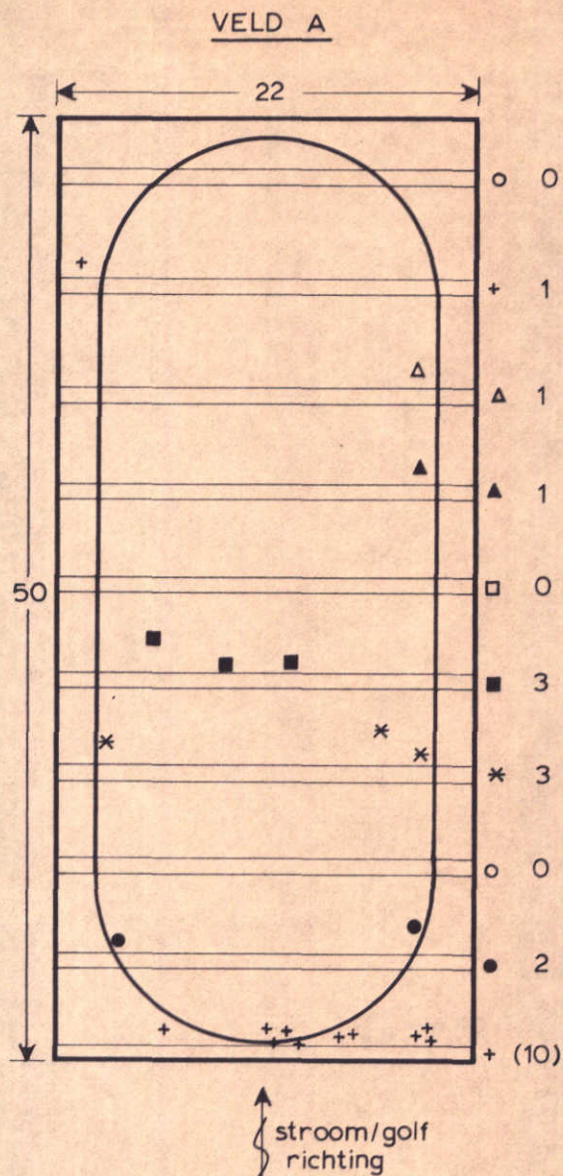
$\bar{U} = 2,00 \text{ m/s}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 16



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,60 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 11 stenen
 onderkant put -11,00 m
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A

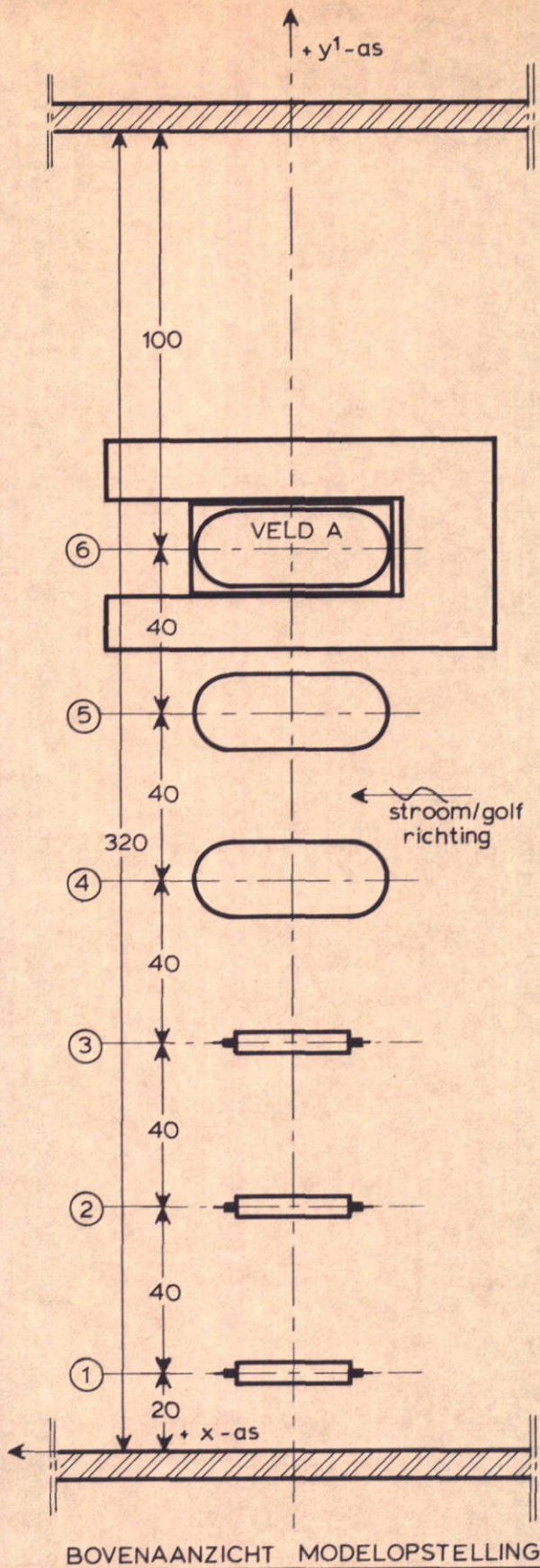
T 17

$\bar{U}=1,60$ m/s

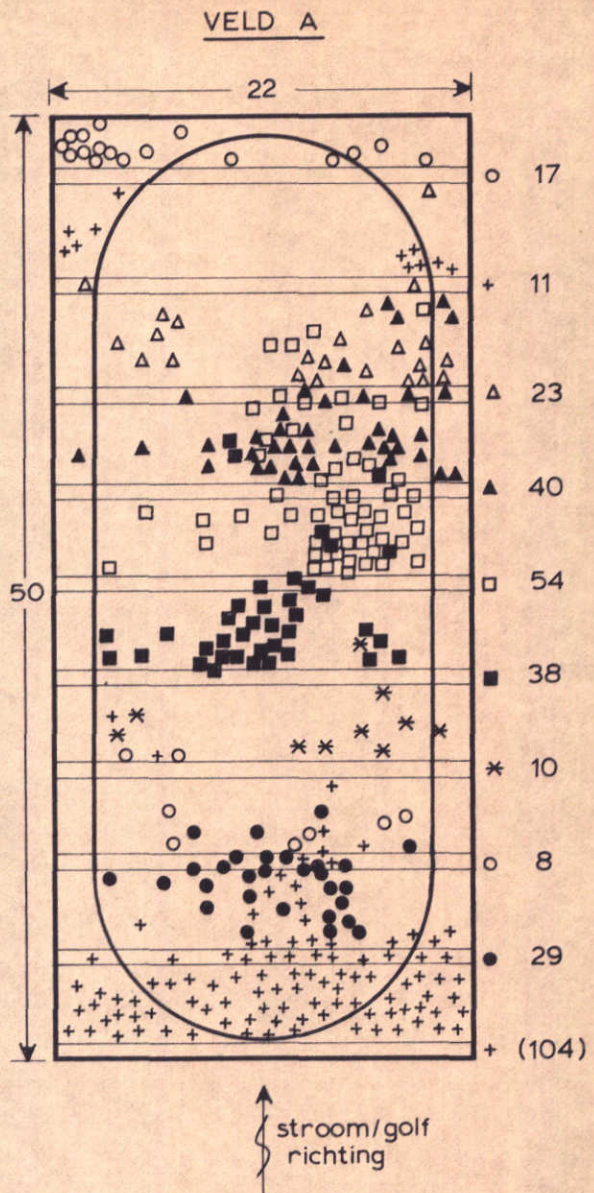
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 17



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0
 snelheid 2,05 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 230 stenen
 onderkant put - 11,00 m
 maten in m
 ① golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A

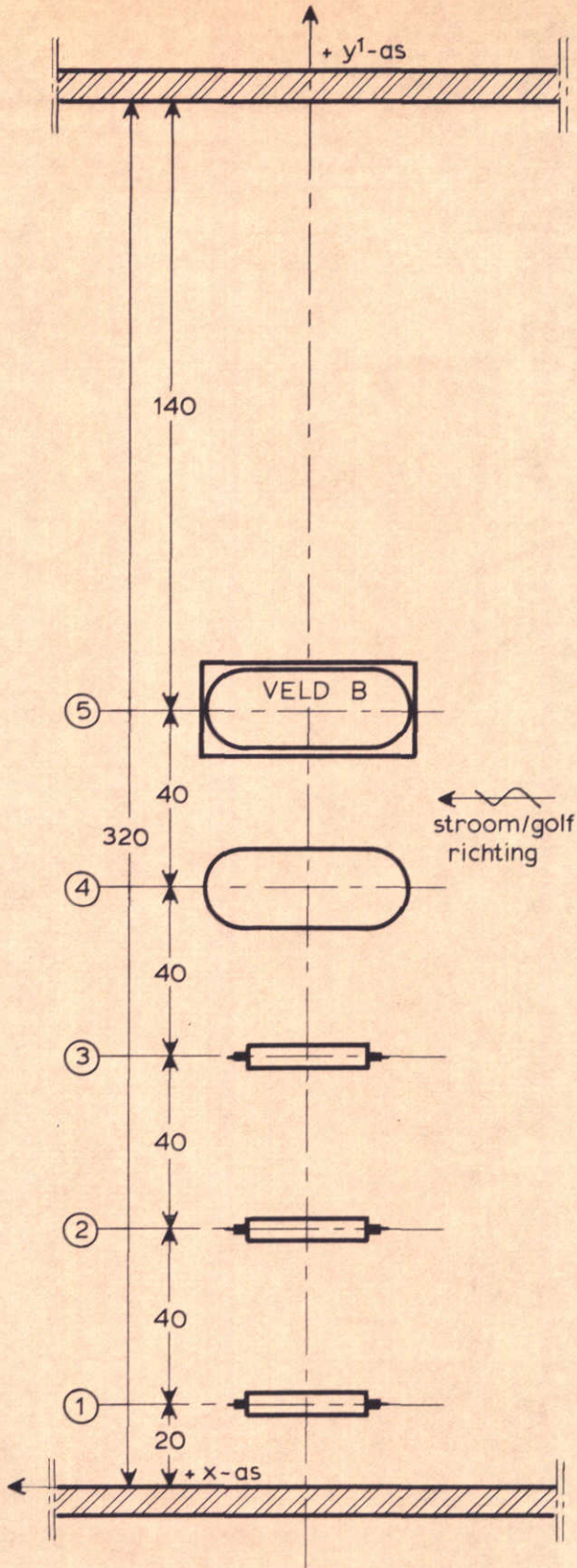
T 17

$\bar{U} = 2,05 \text{ m/s}$

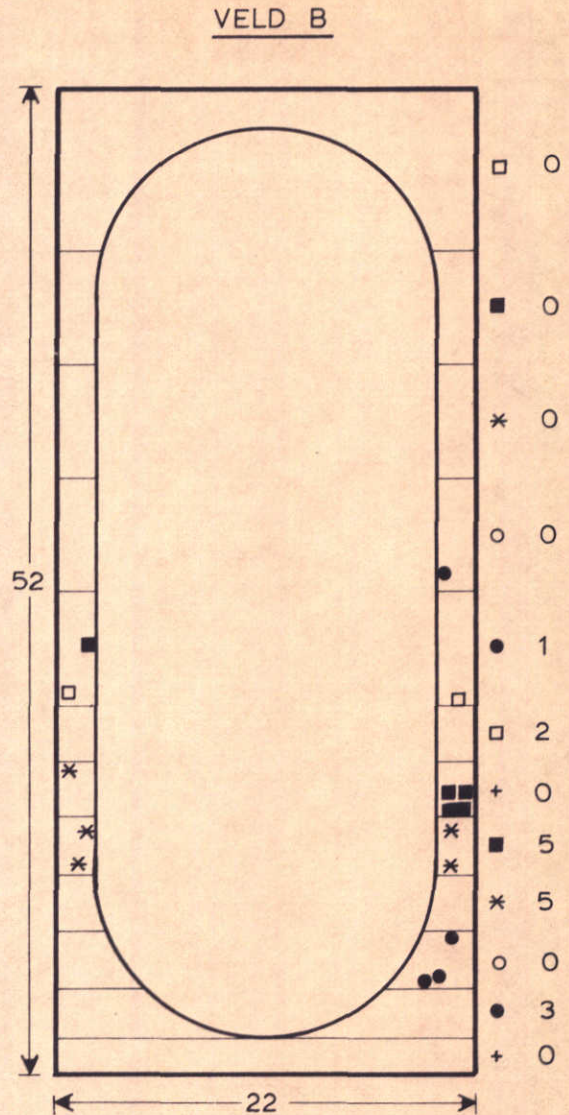
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 18



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,55 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 20/37 cm
 schade 16 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B

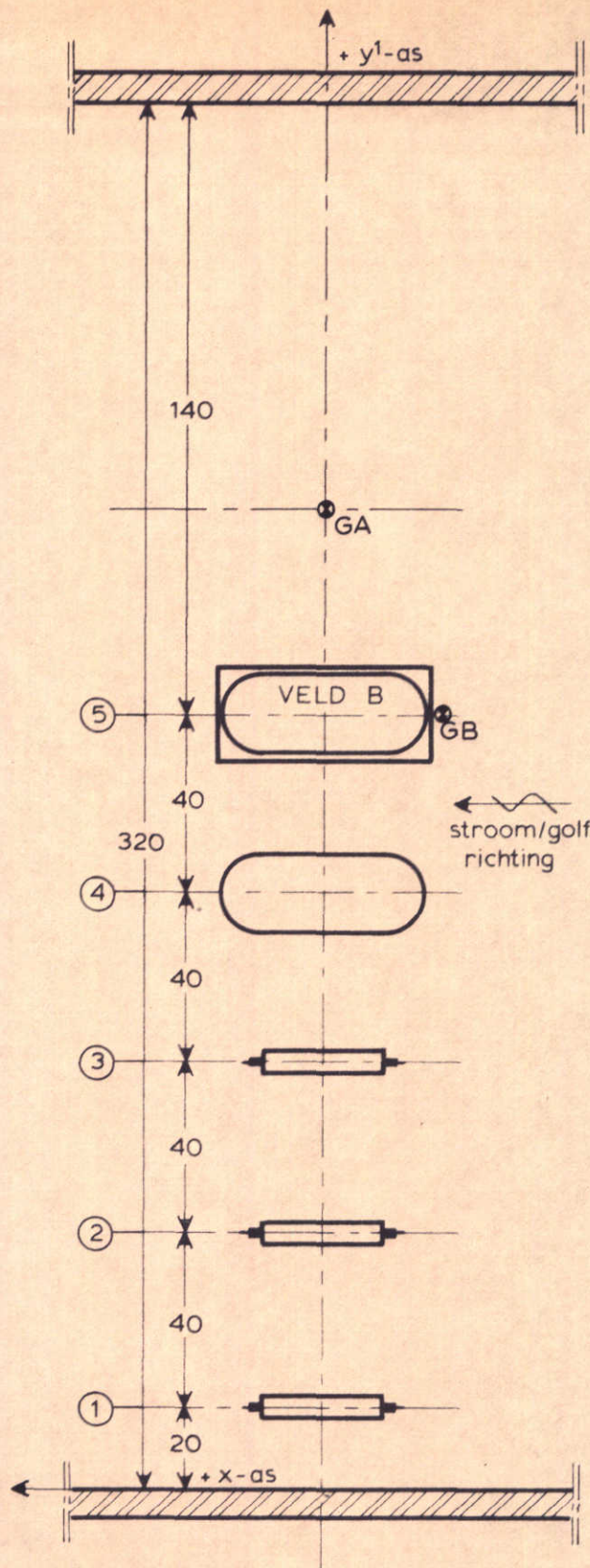
T 18

$\bar{U} = 2,55 \text{ m/s}$

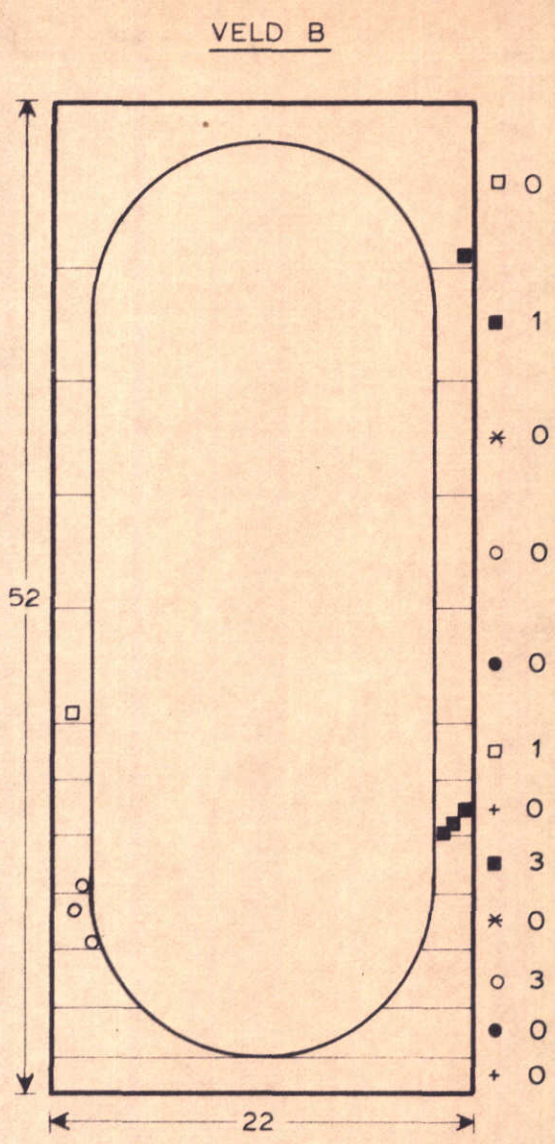
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 19



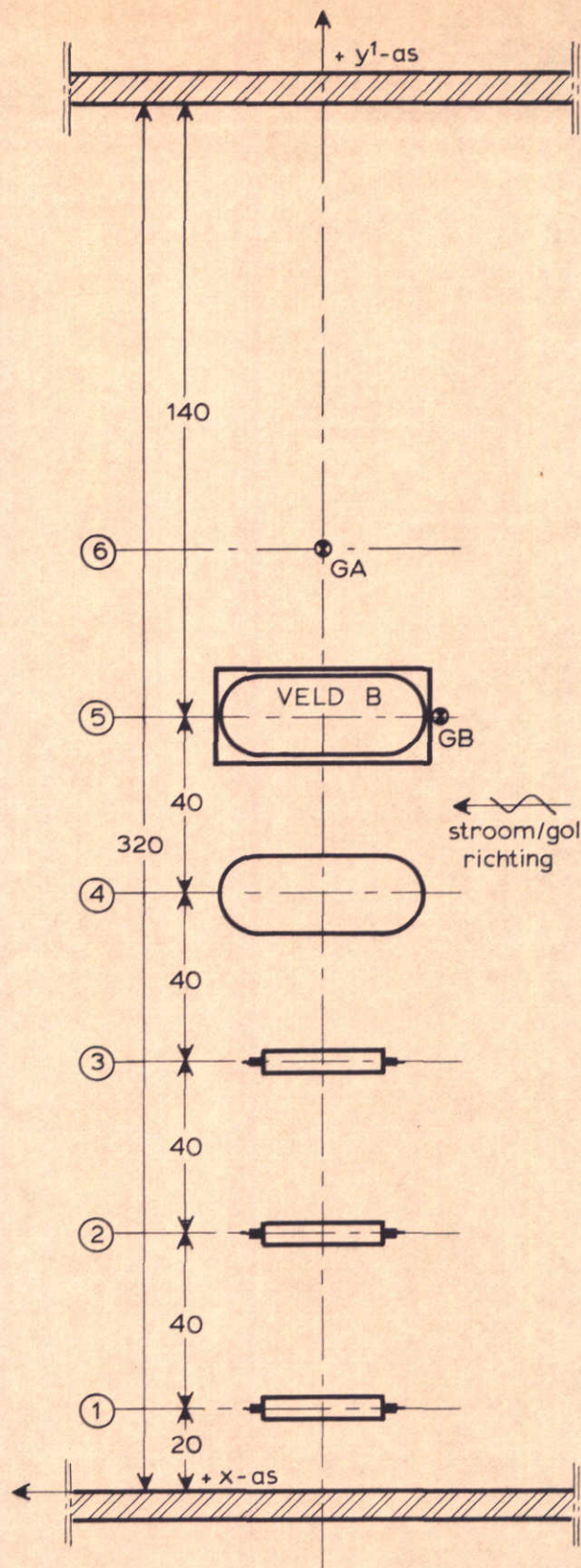
BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



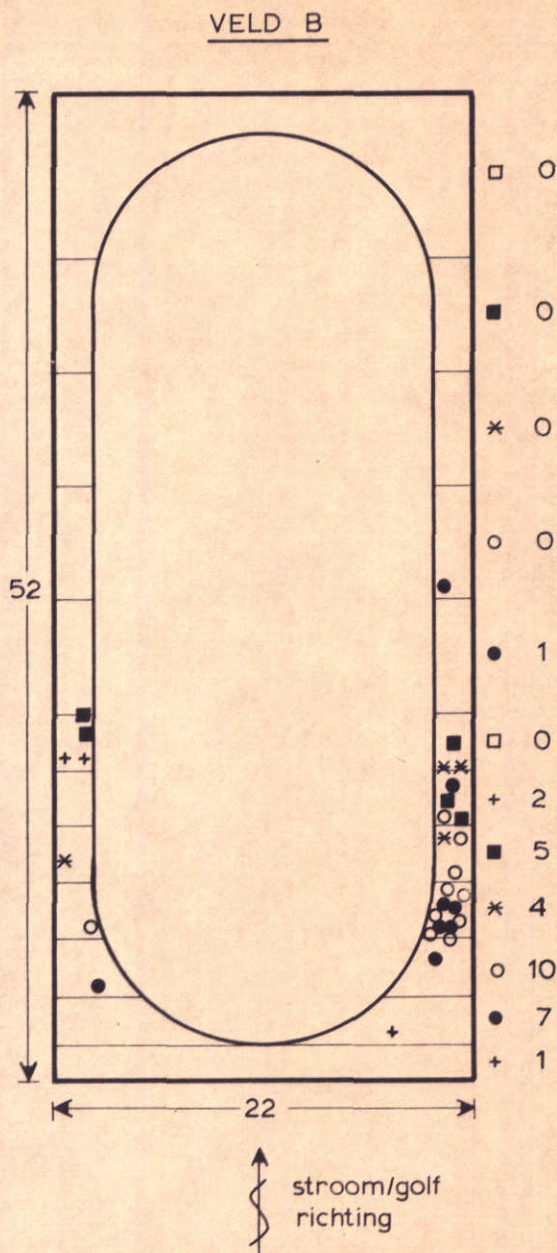
BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,05 m/s
 golfperiode 7,0 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 20/37 cm
 schade 8 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B	T 19	$\bar{U} = 2,05 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 20



BOVENAANZICHT MODEL OPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,50 m/s
 golfperiode 7,0 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 20/37 cm
 schade 30 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

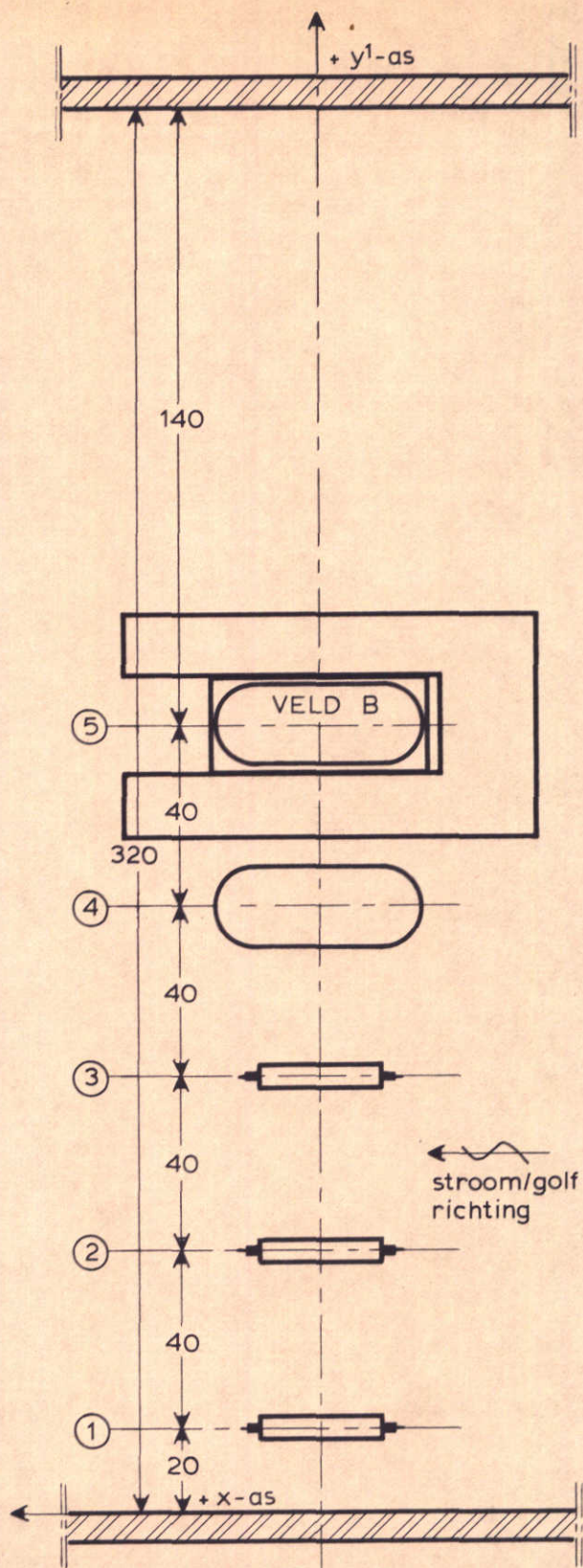
STABILITEIT VAN VELD B

T 19

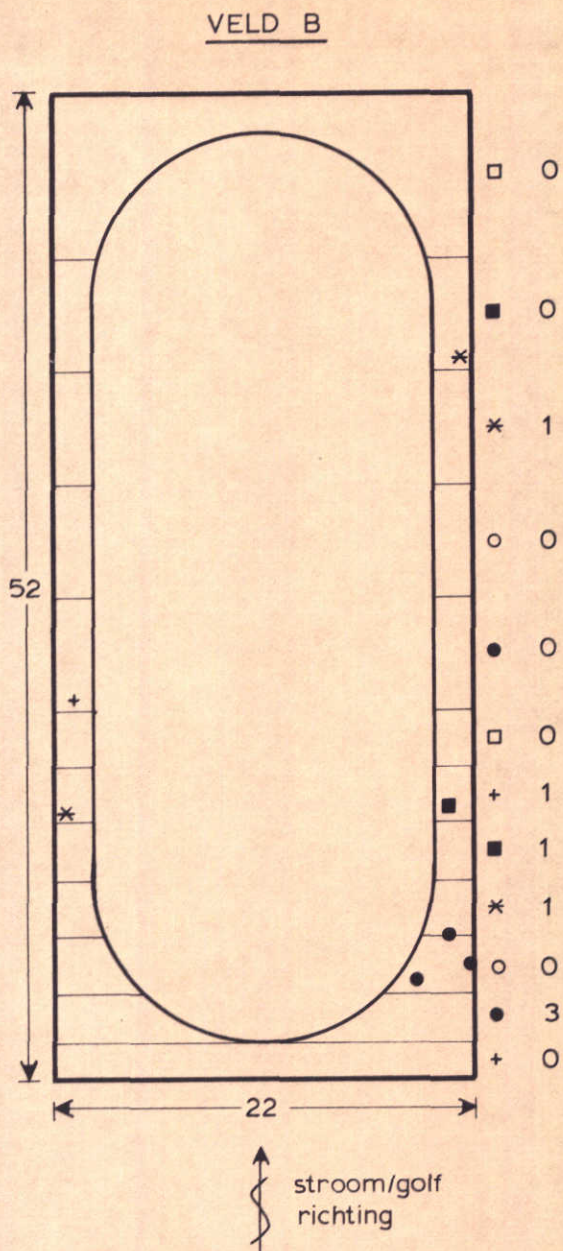
$\bar{U} = 2,50 \text{ m/s}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 21



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,50 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 20/37 cm
 schade 7 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B

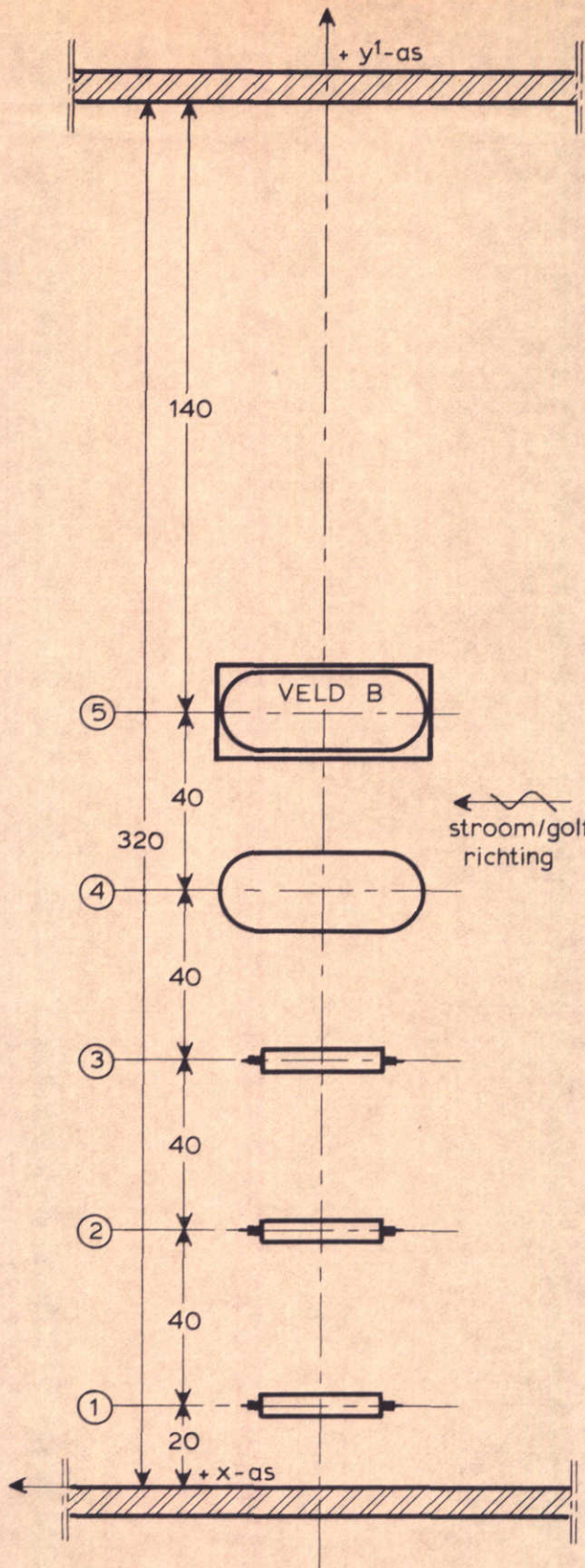
T 20

$\bar{U} = 2,50 \text{ m/s}$

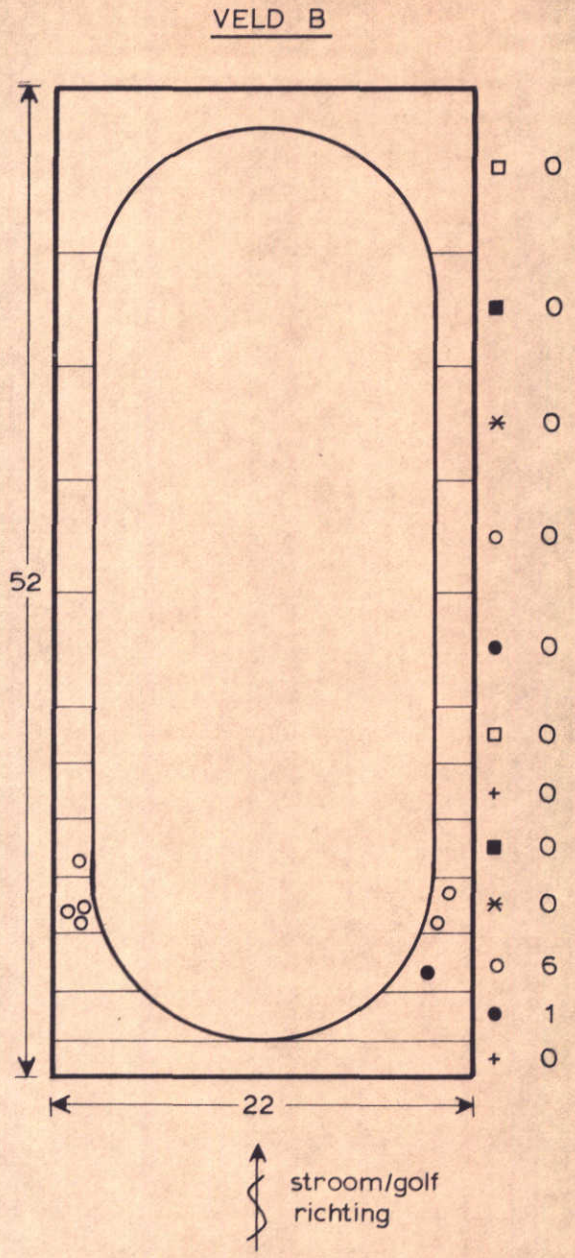
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 22



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,25 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 7 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B

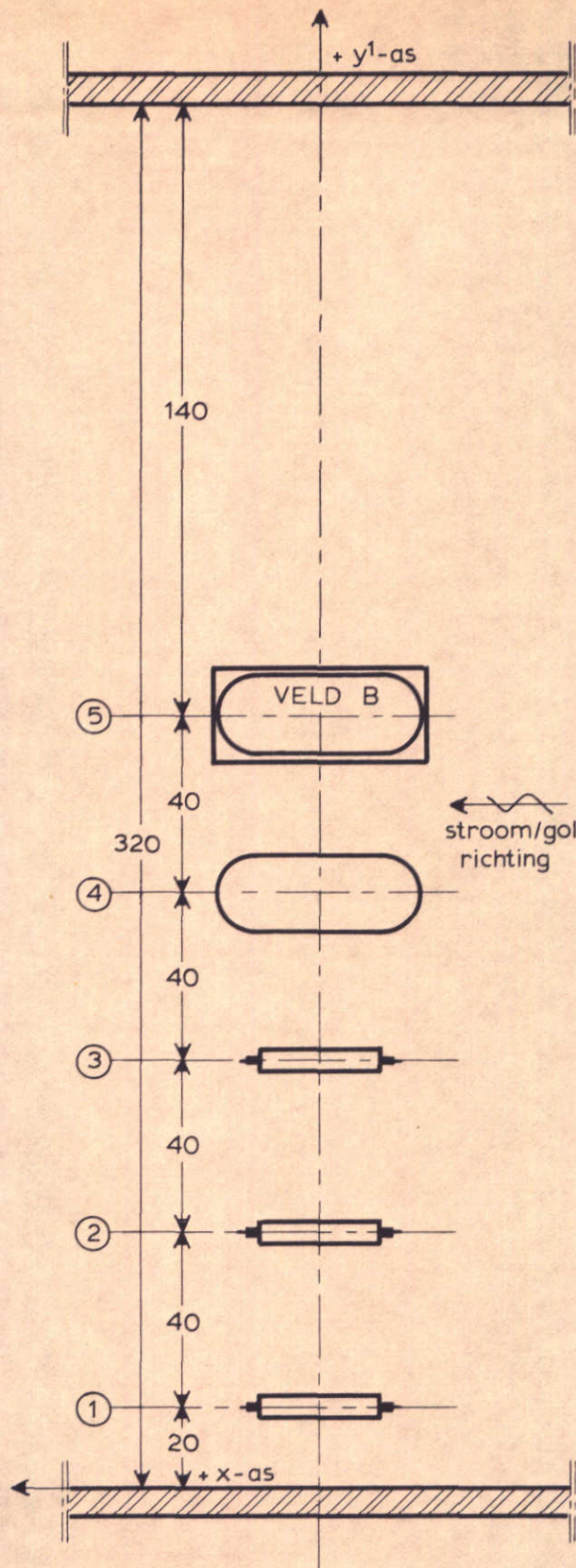
T 22

$\bar{U}=1,25 \text{ m/s}$

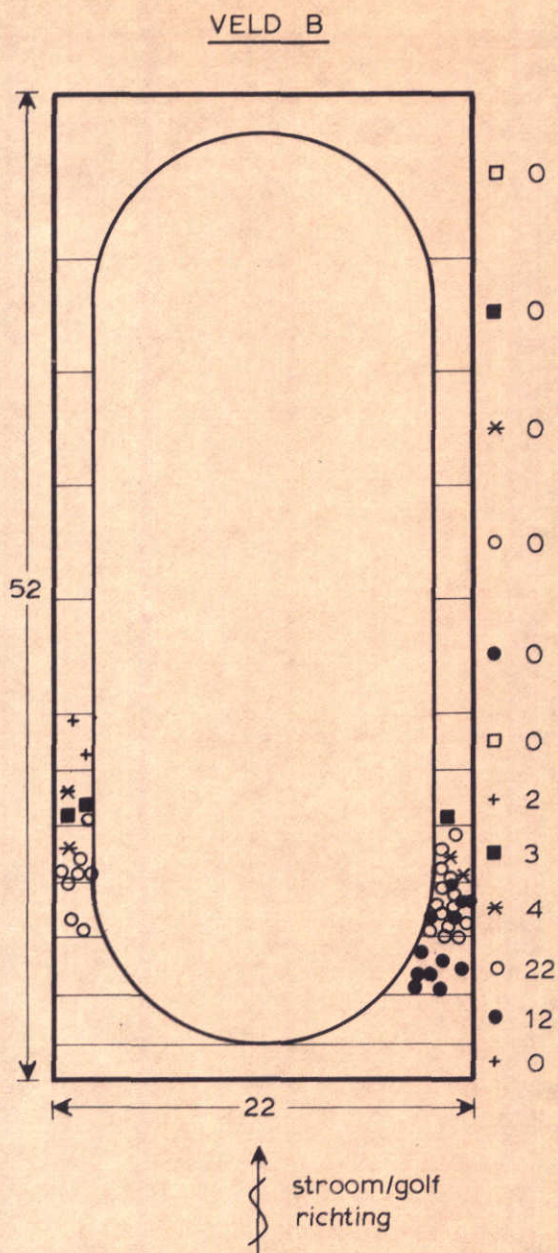
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 23



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,50 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 43 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B

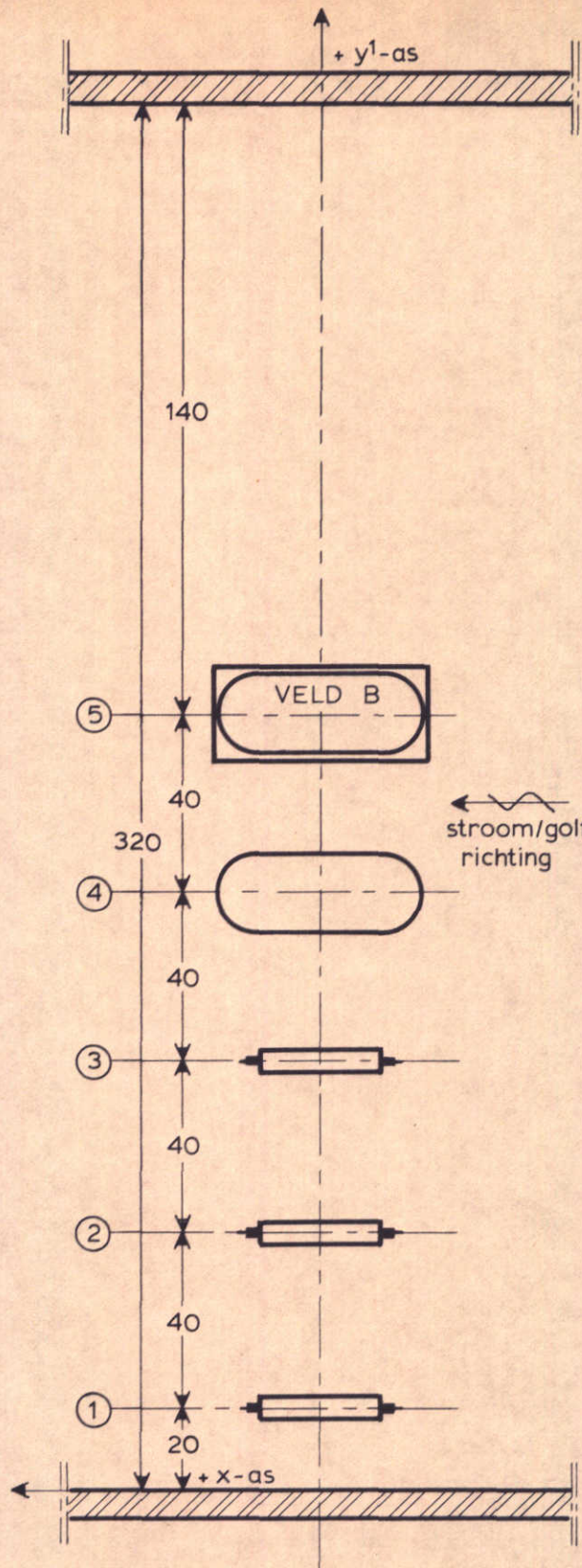
T 22

$\bar{U} = 1,50 \text{ m/s}$

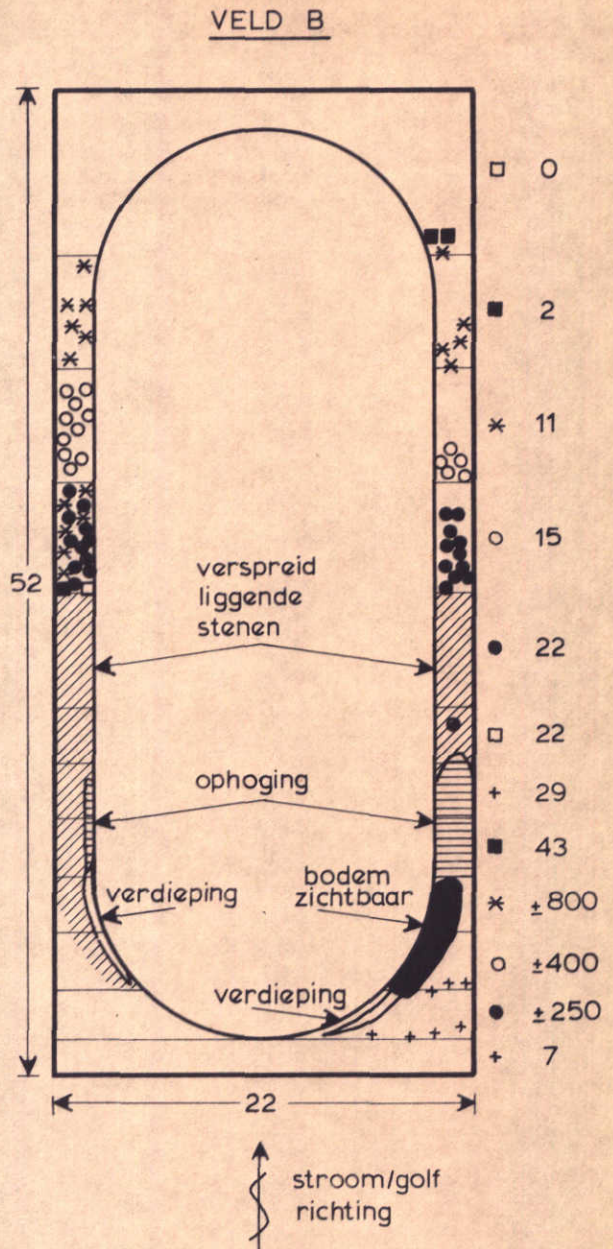
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 24



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15 m
 snelheid 2,05 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade \approx 1600 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B

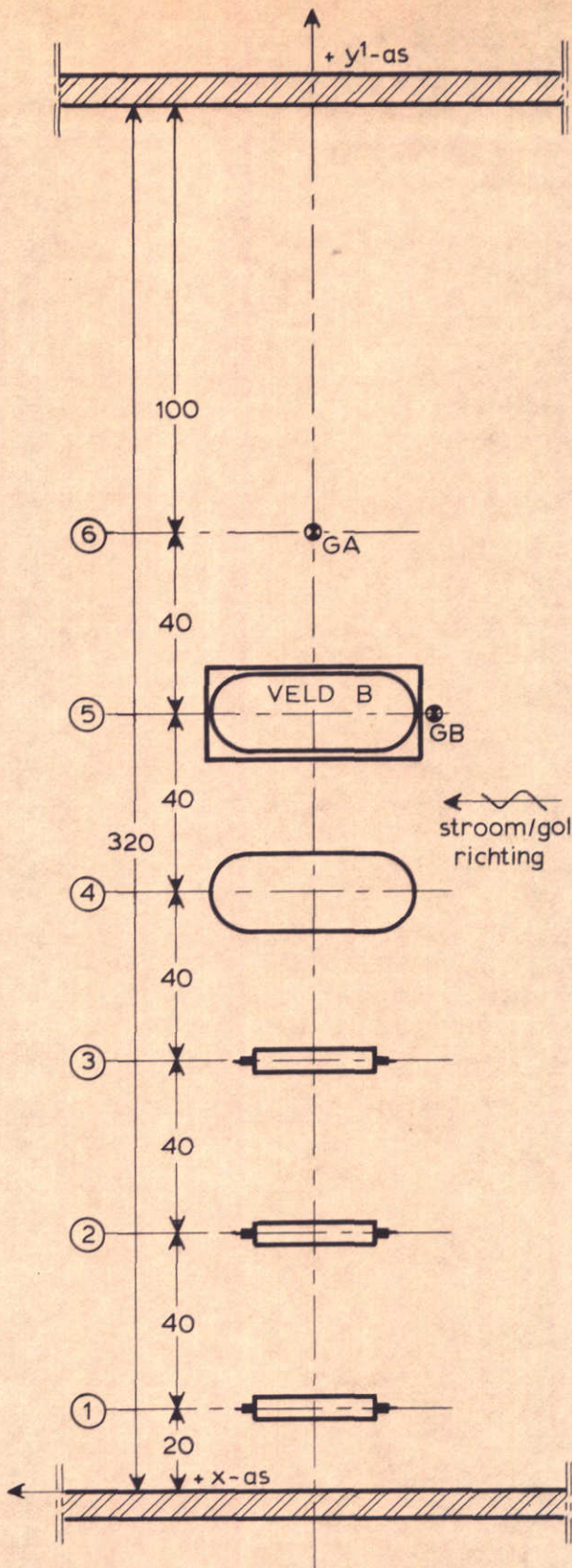
T 22

$\bar{U} = 2,05$ m/s

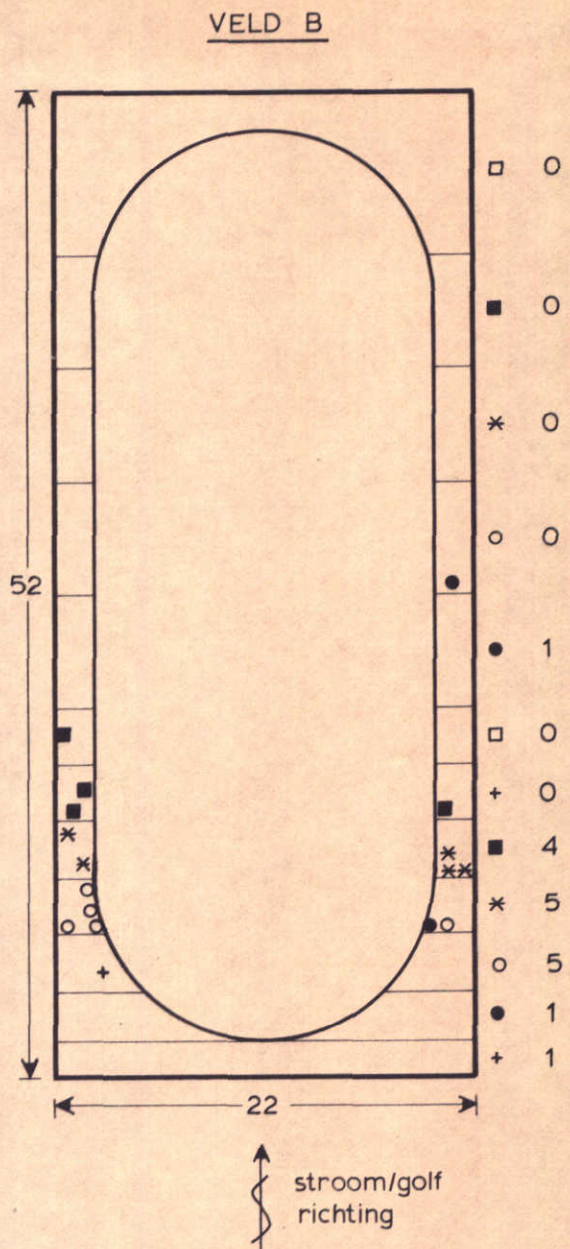
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 25



BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,20 m/s
 golfperiode 7,0 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 17 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B

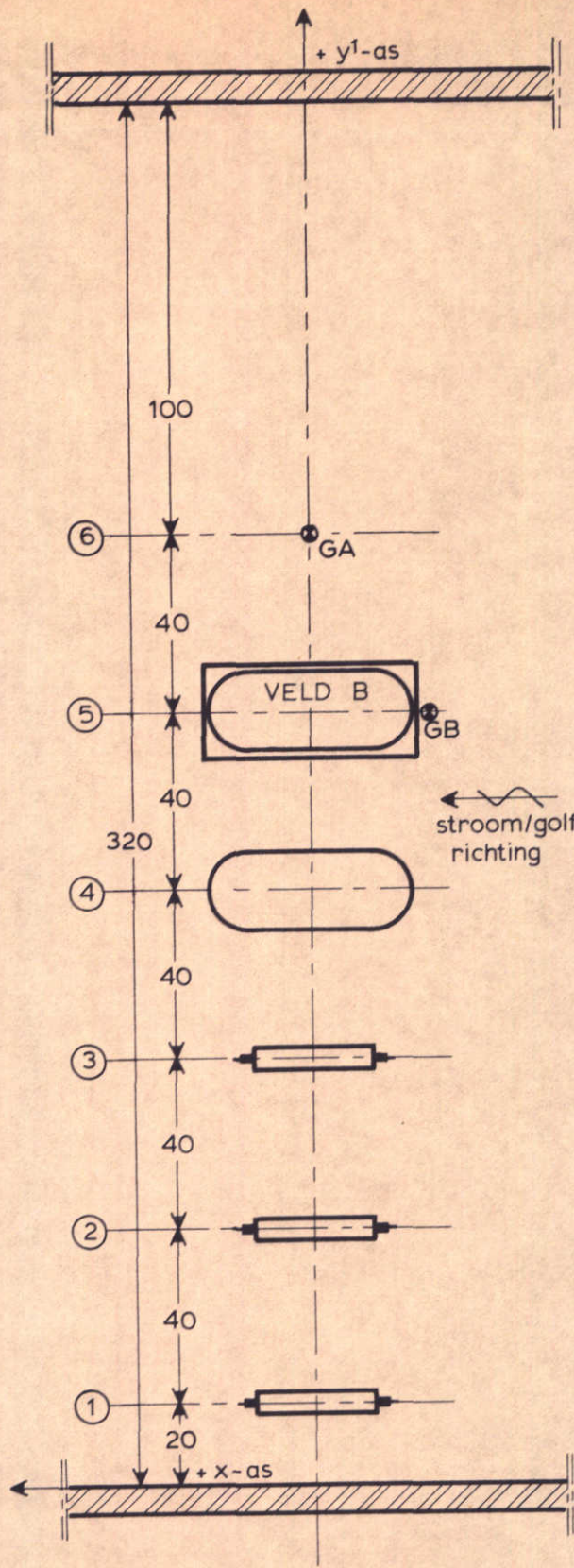
T 23

$\bar{U} = 1,20 \text{ m/s}$

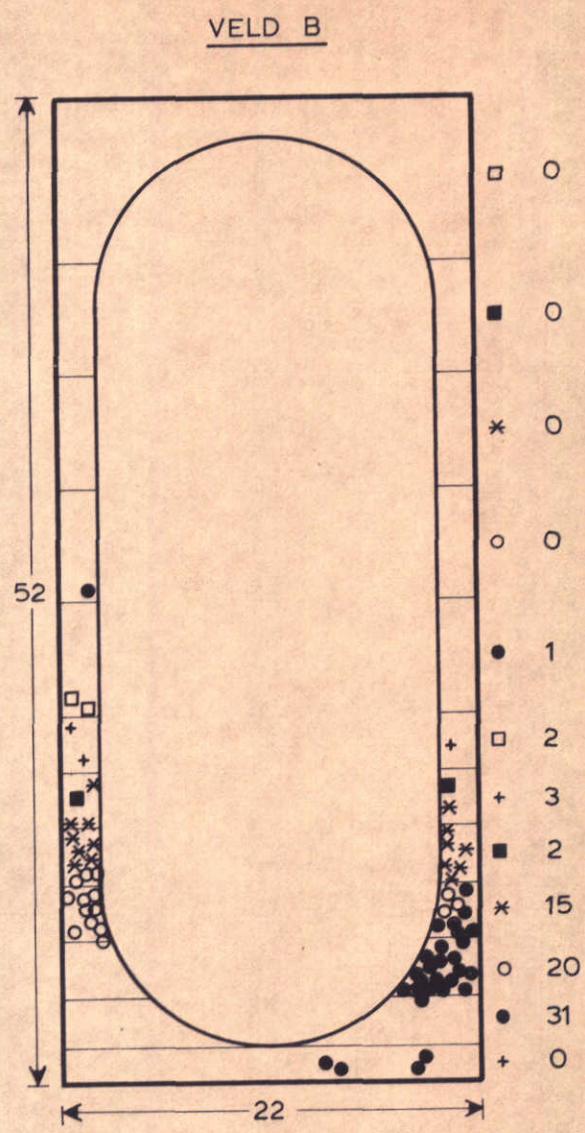
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

FIG. 26



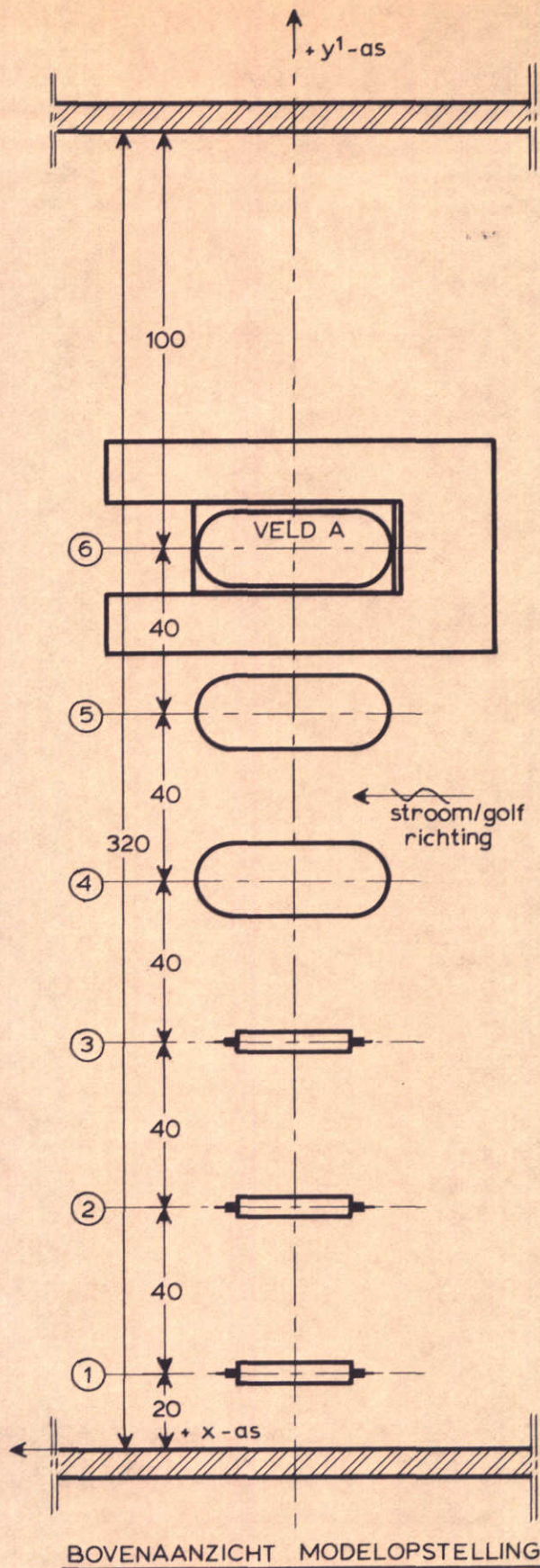
BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



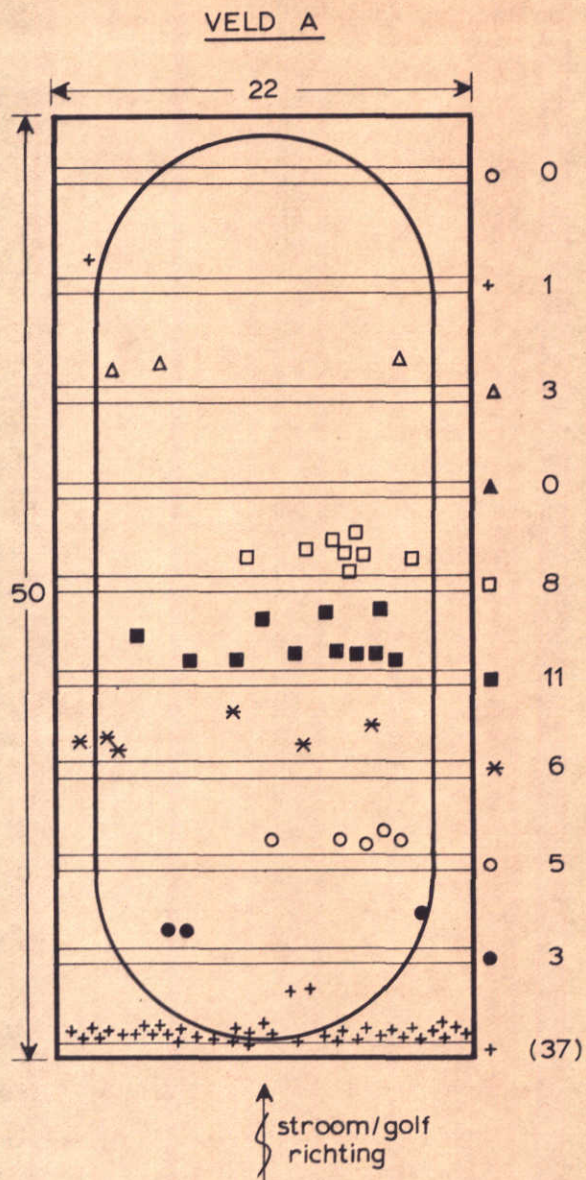
BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,50 m/s
 golfperiode 7,00 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 74 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B	T 23	$\bar{U} = 1,50 \text{ m/s}$
	M 1408 III	FIG. 27
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM		



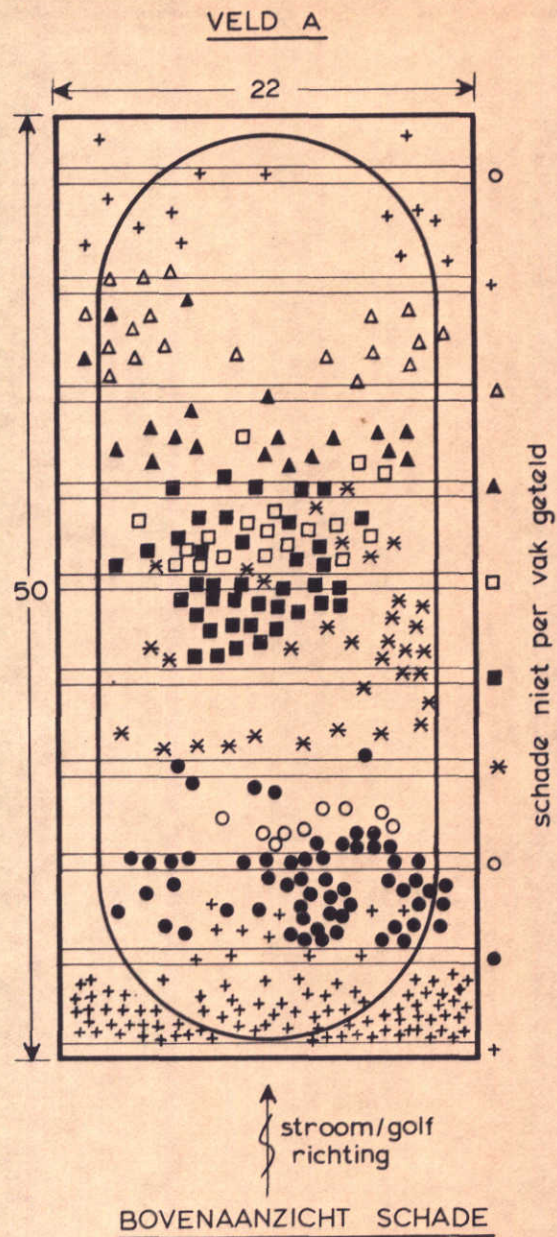
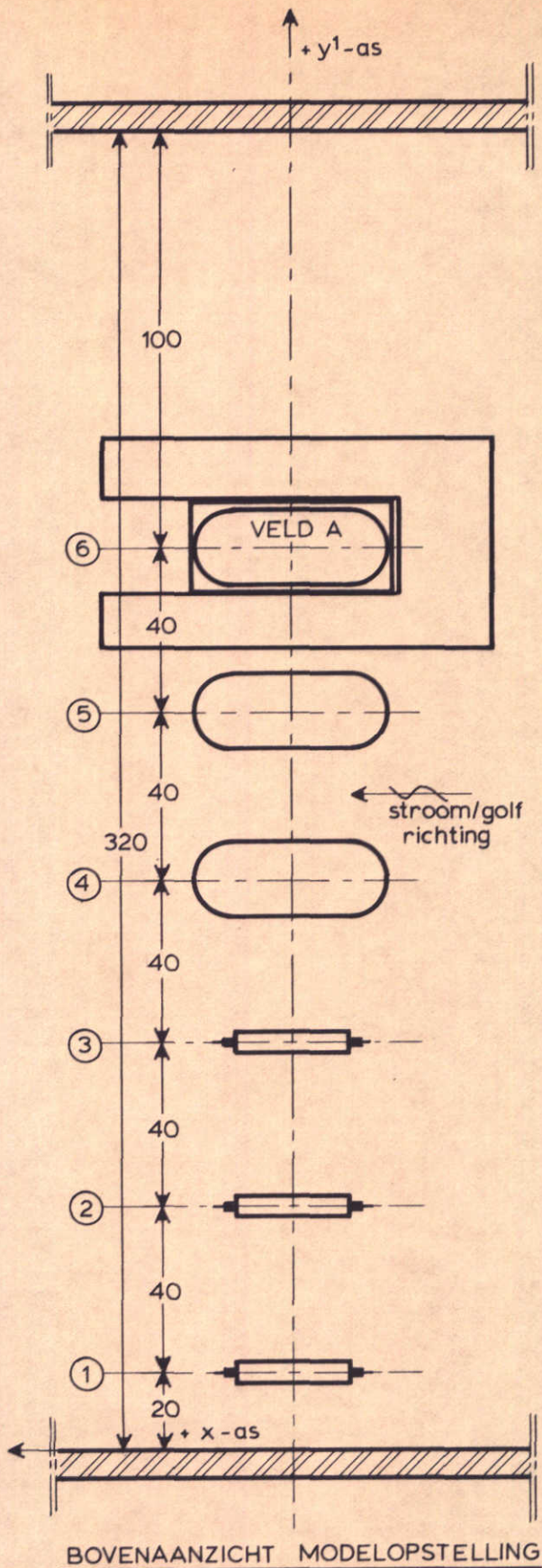
BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,60 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 37 stenen
 onderkant put -12,00 m
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A	T 24	$\bar{U} = 1,60 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 28



duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,00 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 380 stenen
 onderkant put - 12,00 m
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

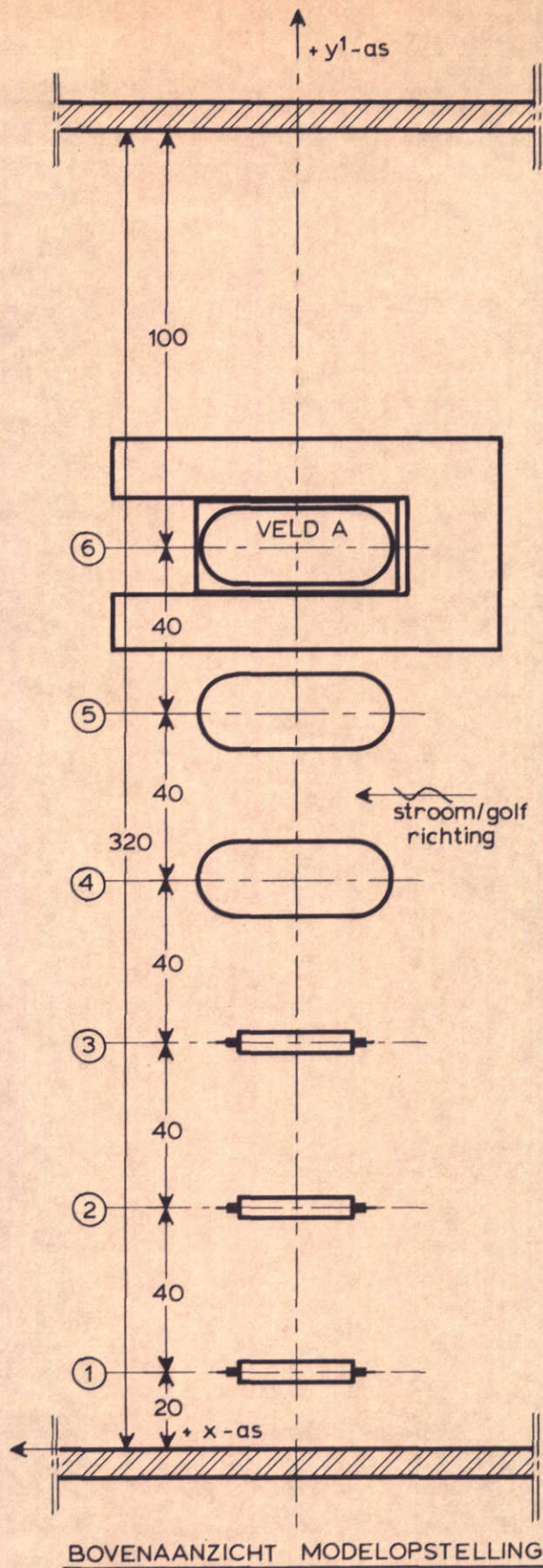
STABILITEIT VAN VELD A

T 24

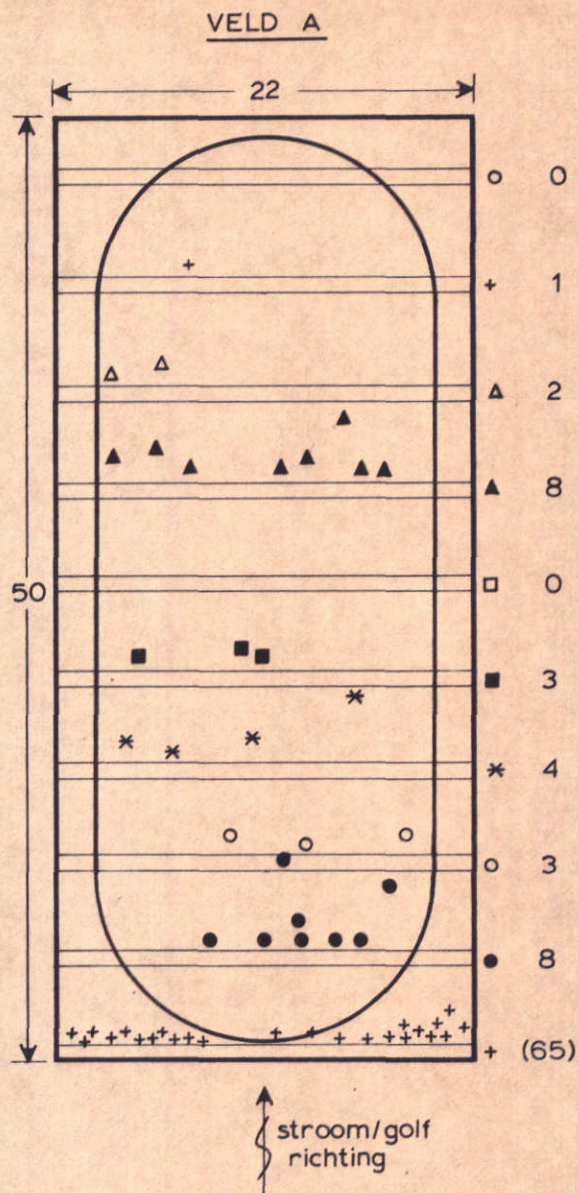
$\bar{U} = 2,00 \text{ m/s}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 29



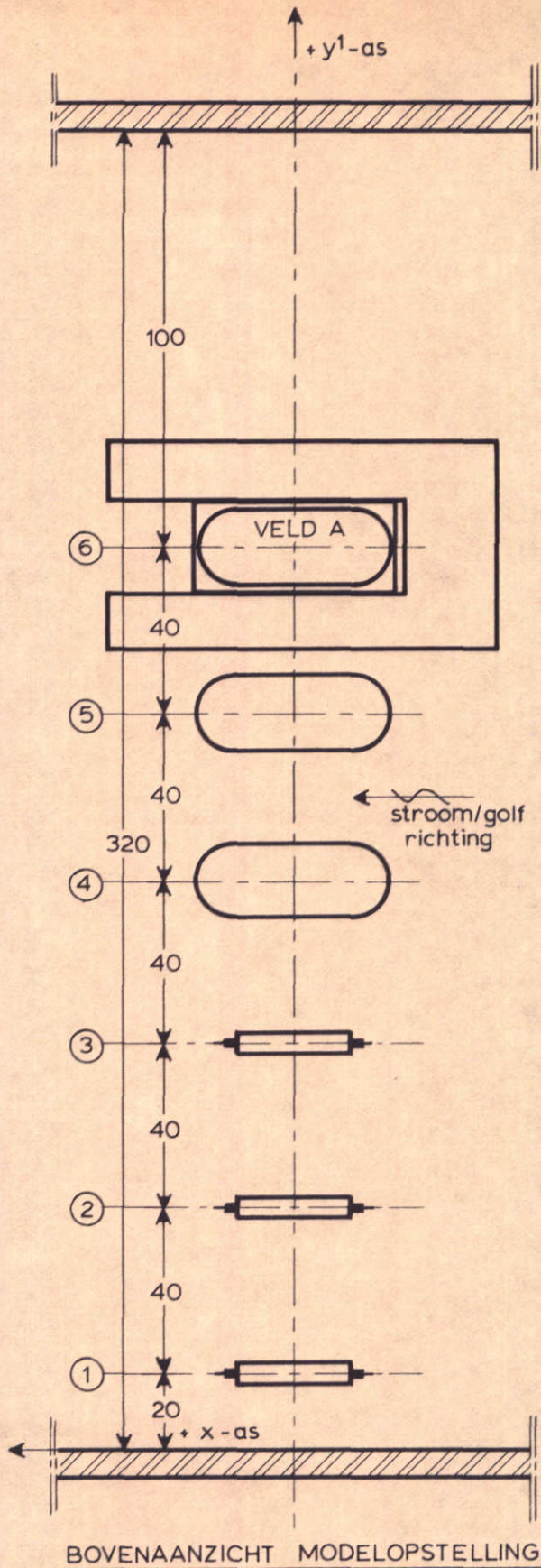
BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



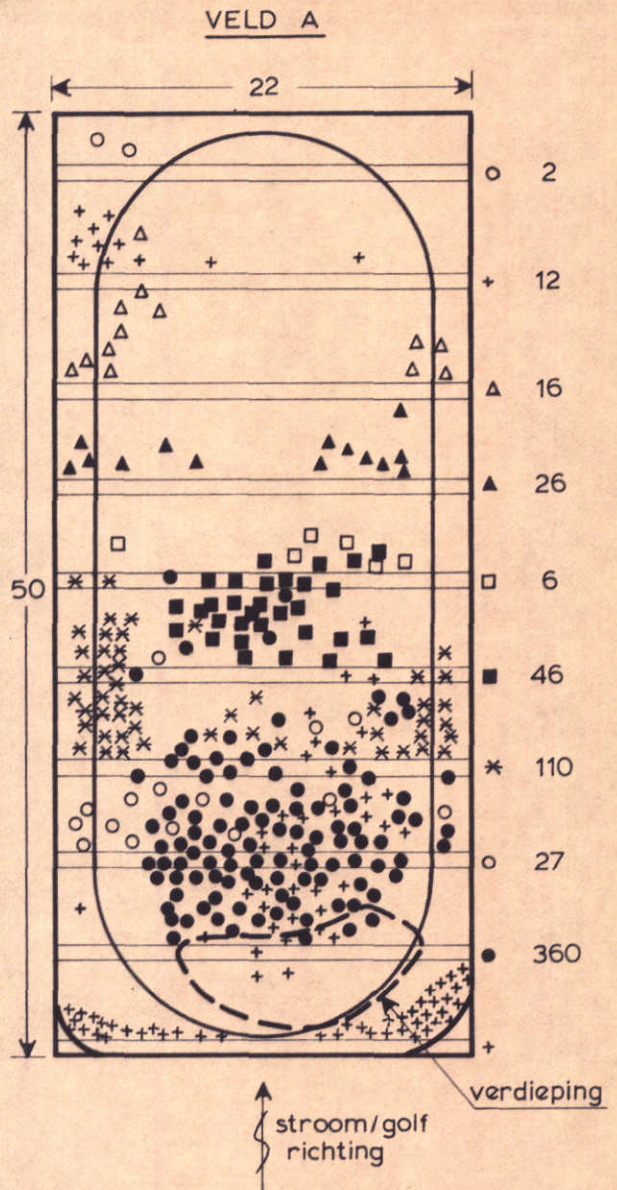
BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,60 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 29 stenen
 onderkant put -13,00 m
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A	T 25	$\bar{U} = 1,60 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 30



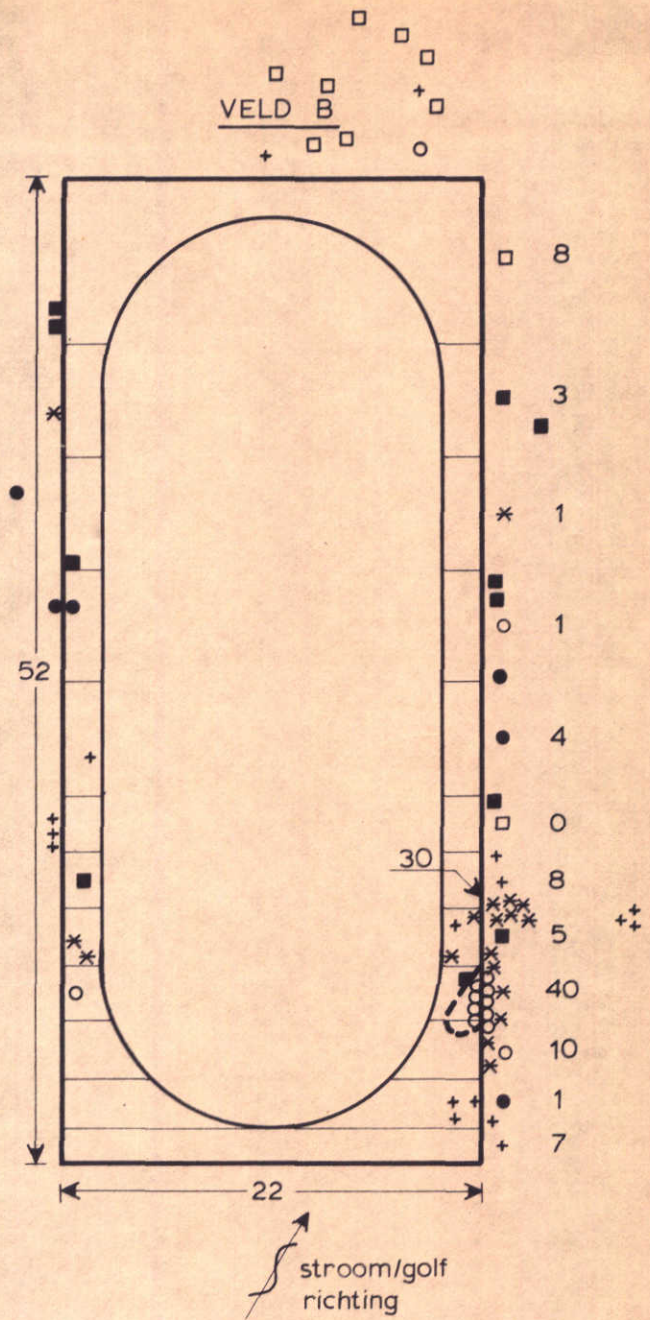
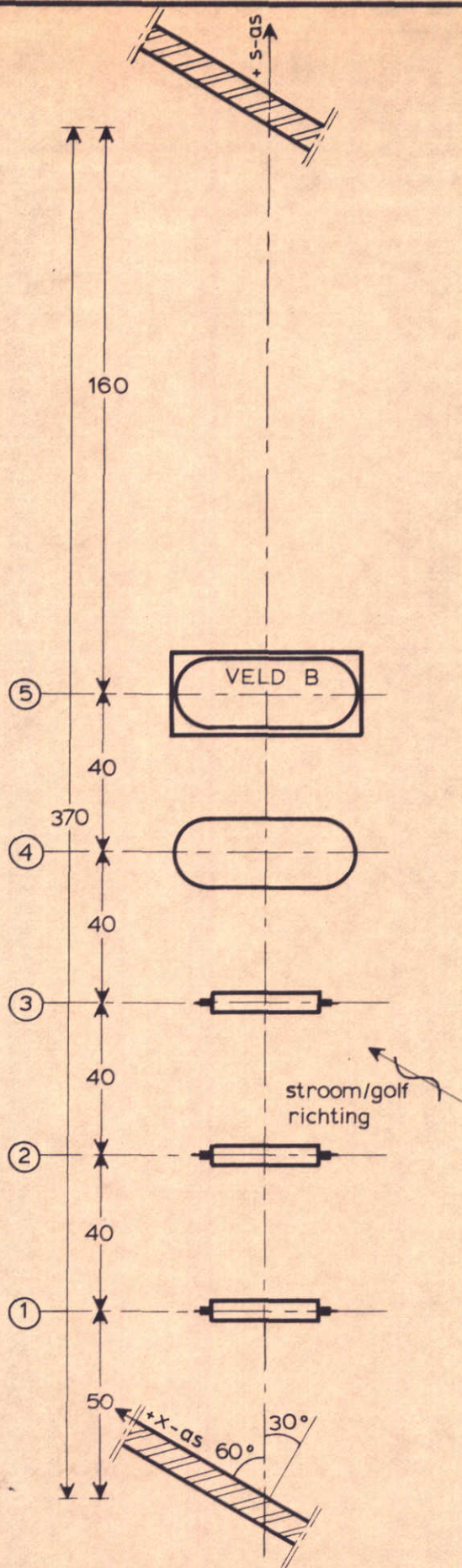
BOVENAANZICHT MODELOPSTELLING



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,05 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 605 stenen
 onderkant put -13,00 m
 maten in m
 ⊙ golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A	T 25	$\bar{U}=2,05 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 31



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,10 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 20/37
 schade 88 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B

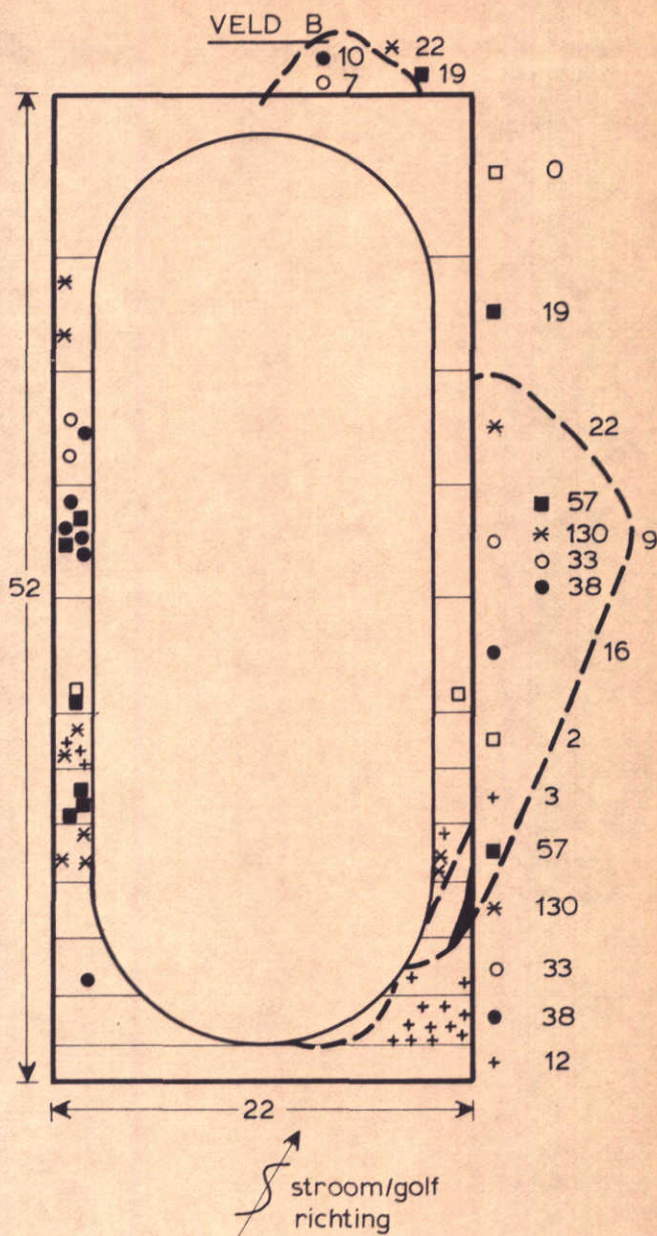
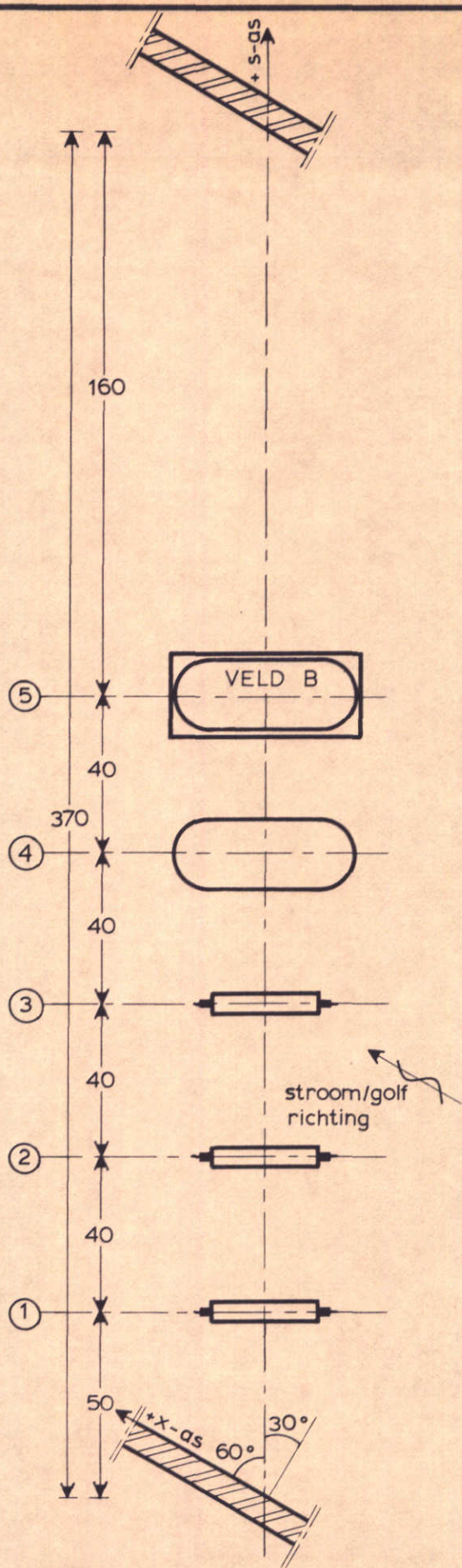
T 30

$\bar{U} = 2,10 \text{ m/s}$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

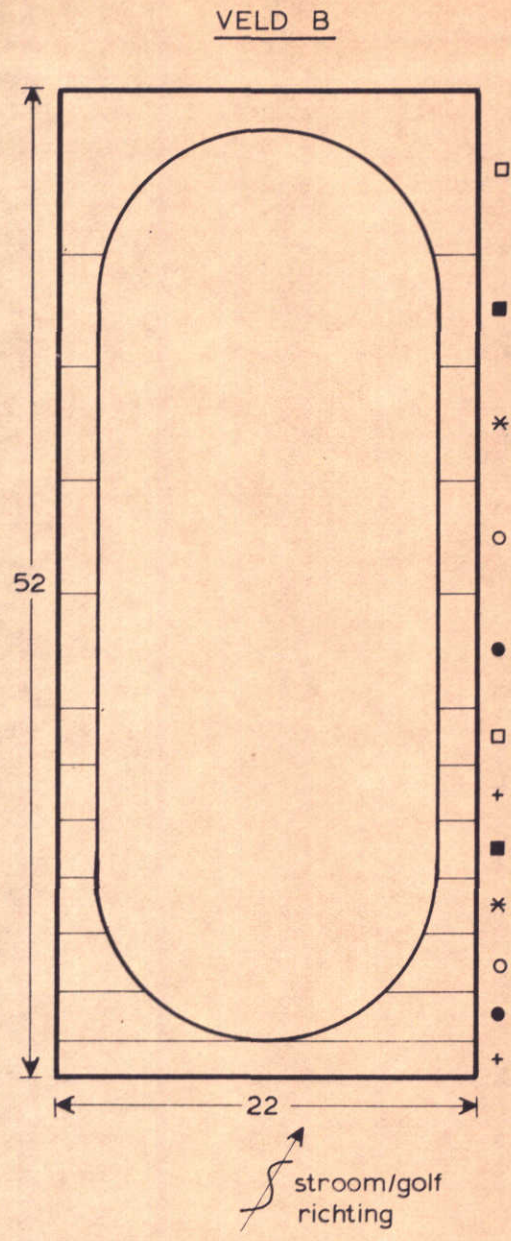
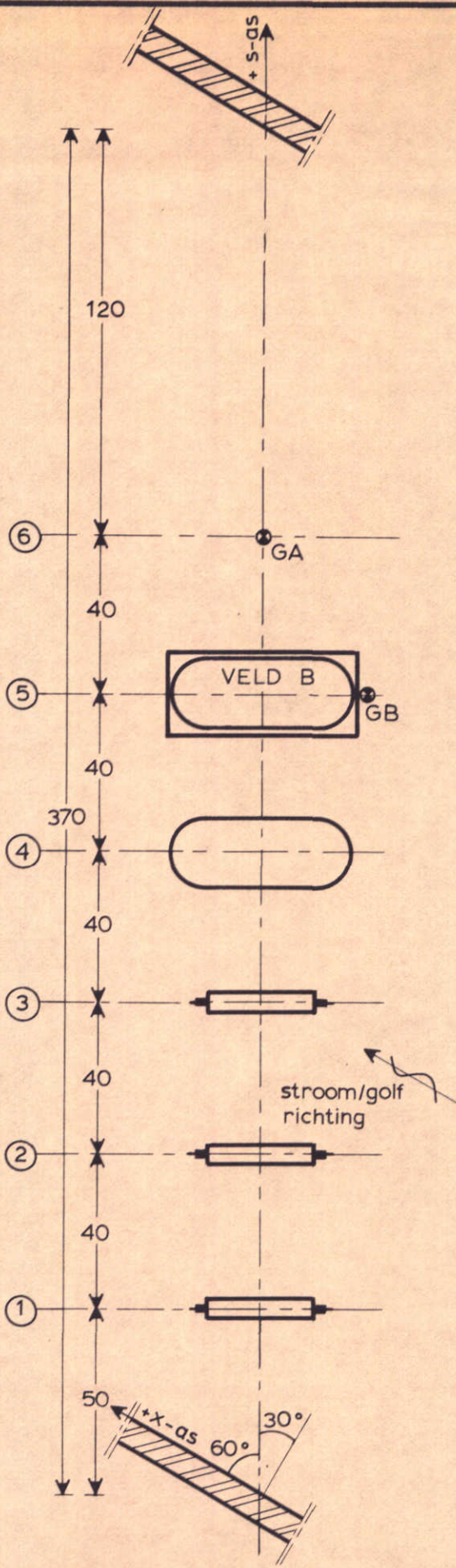
FIG. 32



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 2,50 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 20/37 cm
 schade 341 stenen
 maten in m
 ⊙ golfhoogtemeter

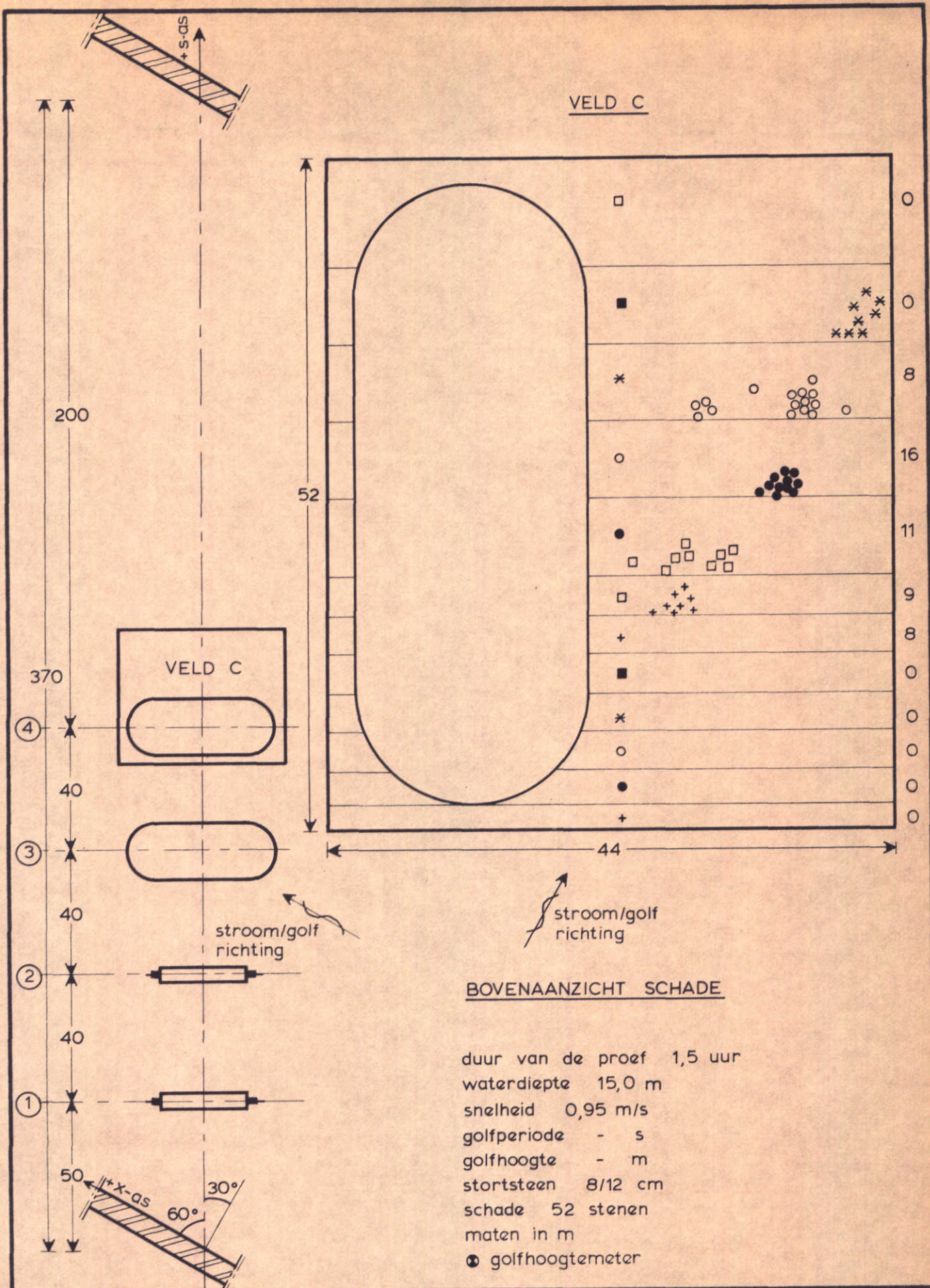
STABILITEIT VAN VELD B	T 30	$\bar{U} = 2,50 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 33



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,50 m/s
 golfperiode 7,0 m/s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 20/37 cm
 geen schade
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD B	T 31	$\bar{U}=1,50$ m/s
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 34



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 0,95 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 52 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD C

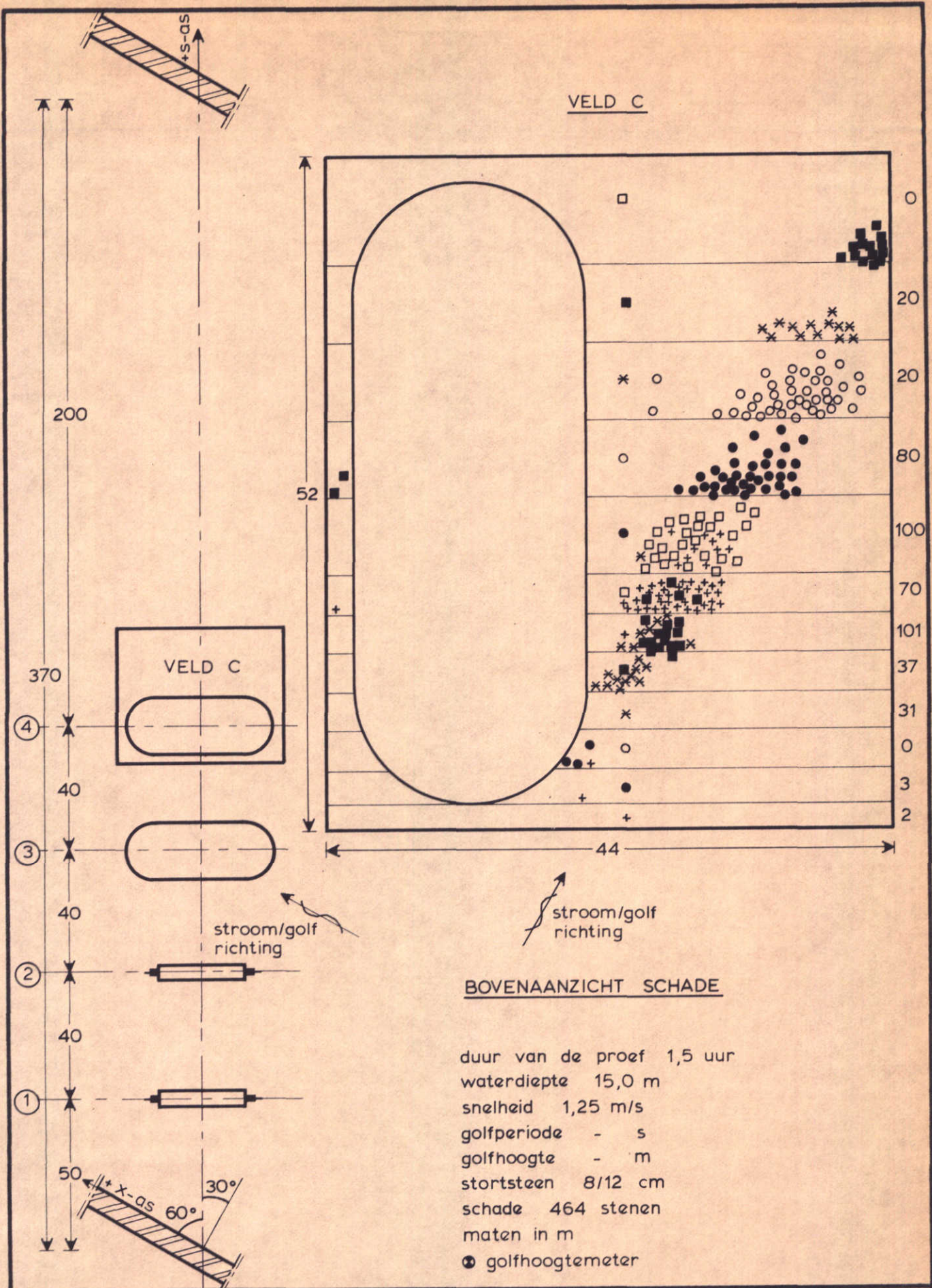
T 32

$\bar{U} = 0,95 \text{ m/s}$

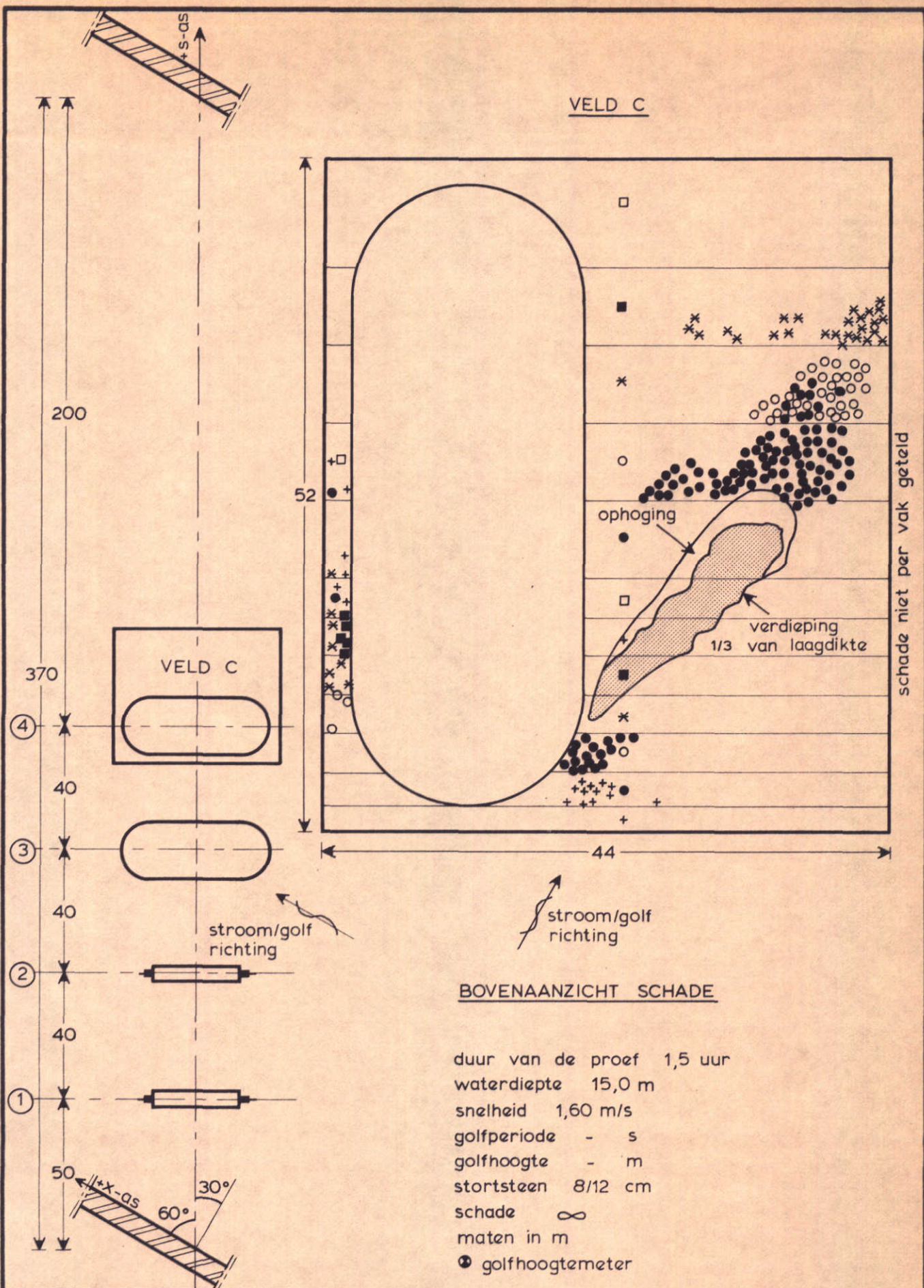
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III

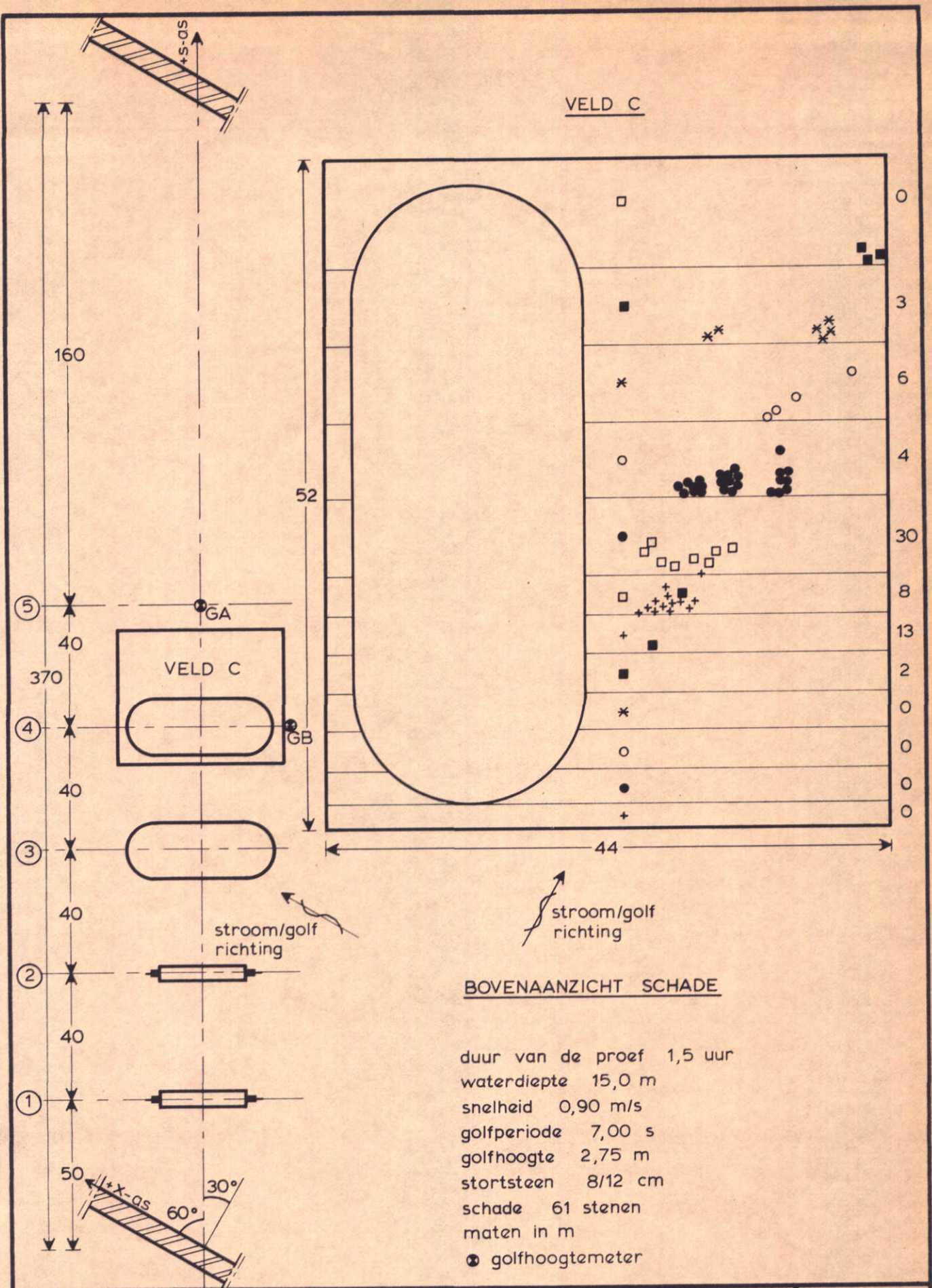
FIG. 36

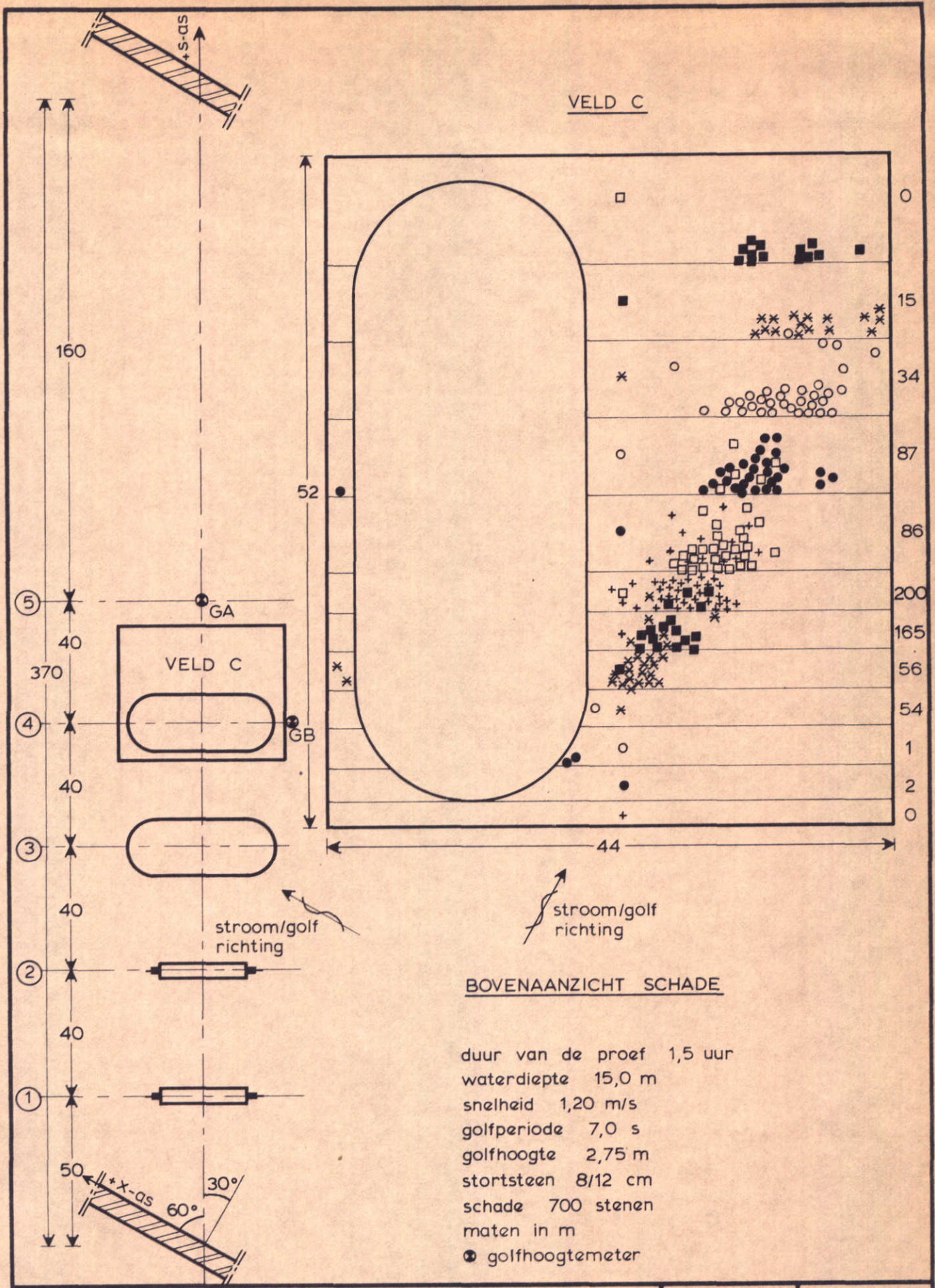


STABILITEIT VAN VELD C	T 32	$\bar{U} = 1,25 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 37



STABILITEIT VAN VELD C	T 32	$\bar{U} = 1,60 \text{ m/s}$
	WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III FIG. 38

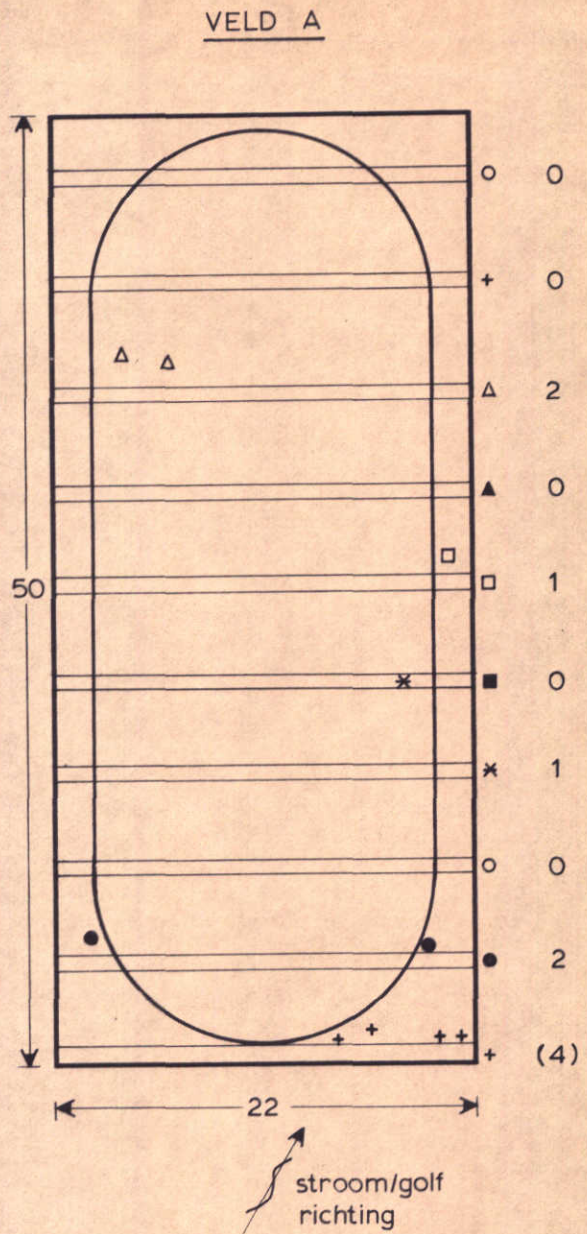
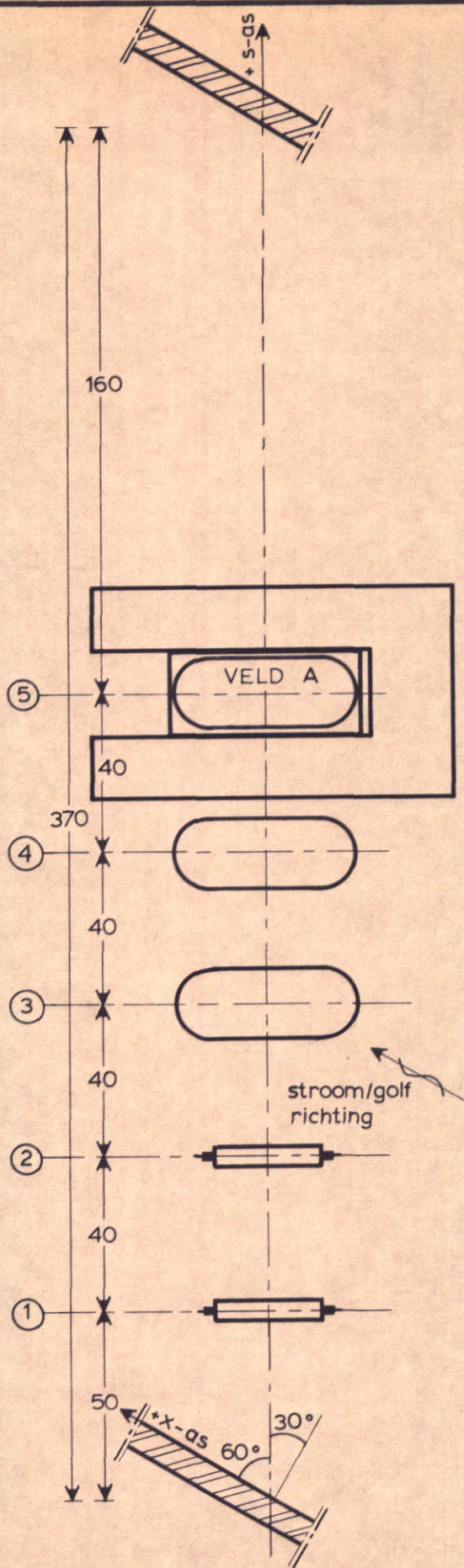




BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,20 m/s
 golfperiode 7,0 s
 golfhoogte 2,75 m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 700 stenen
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

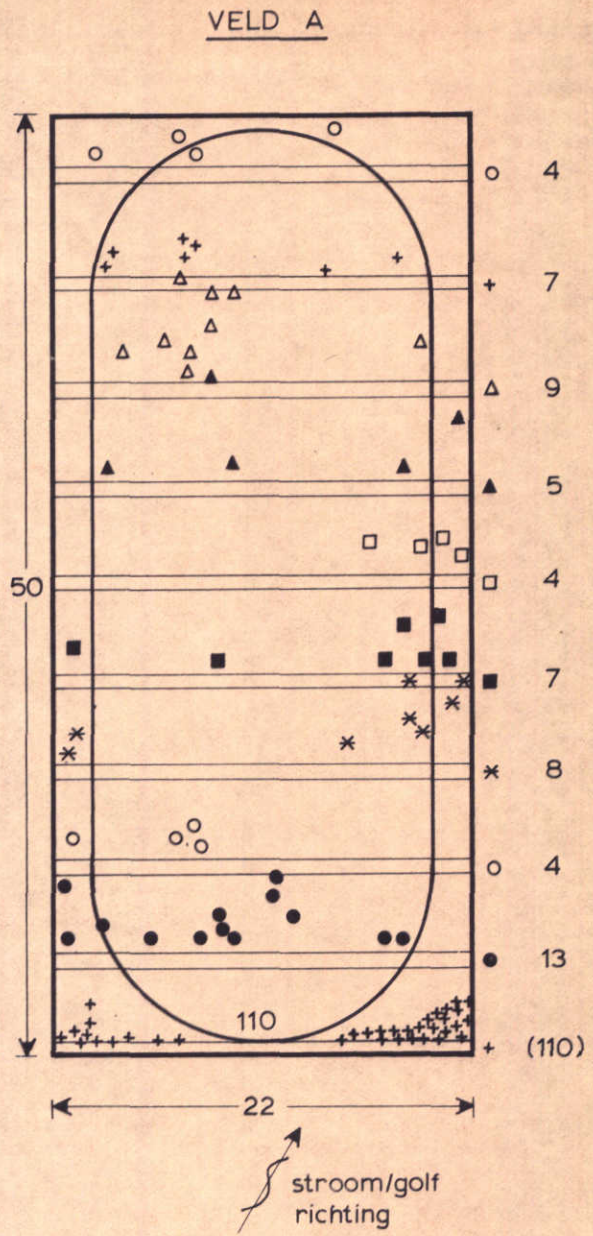
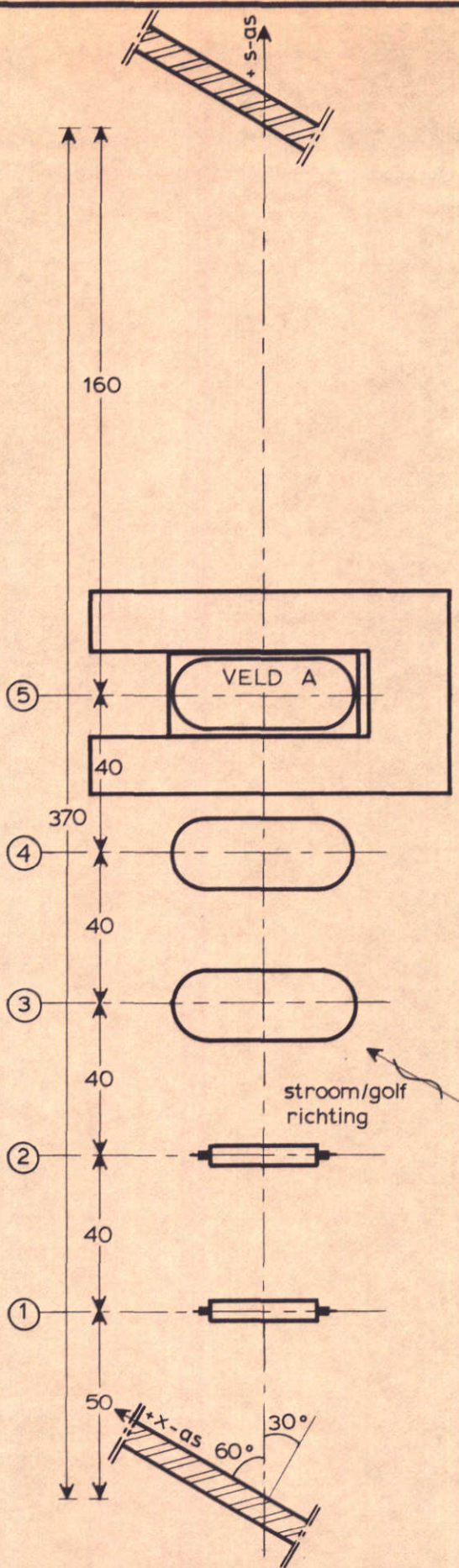
STABILITEIT VAN VELD C	T 33	$\bar{U} = 1,20 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 40



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,20 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 6 stenen
 onderkant put - 11,00 m
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

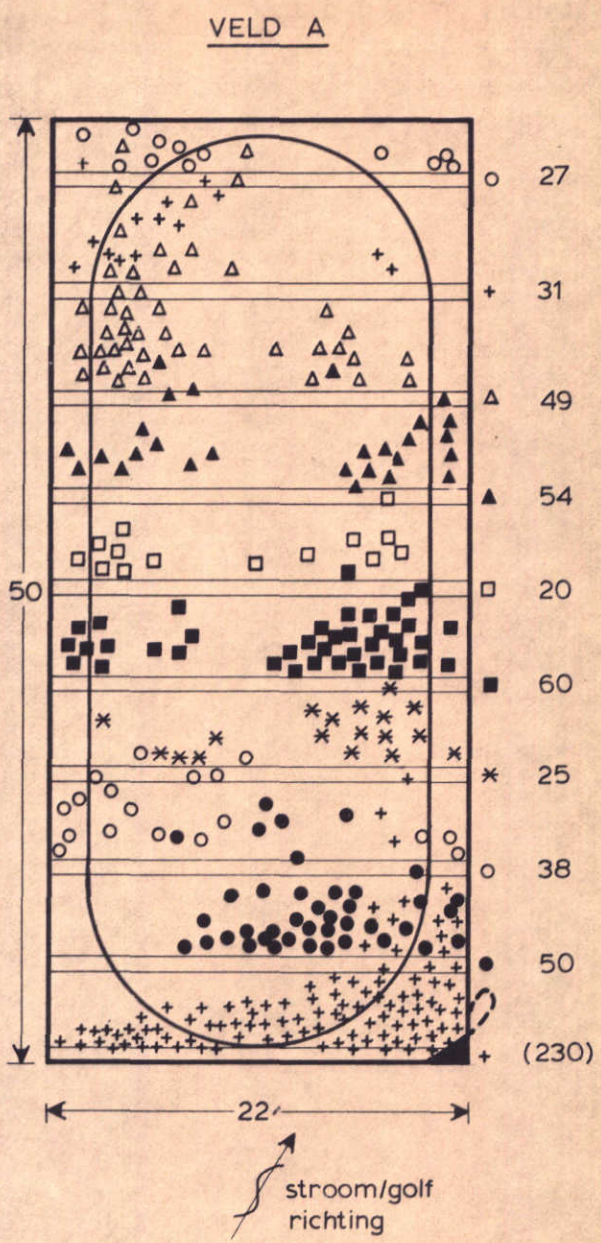
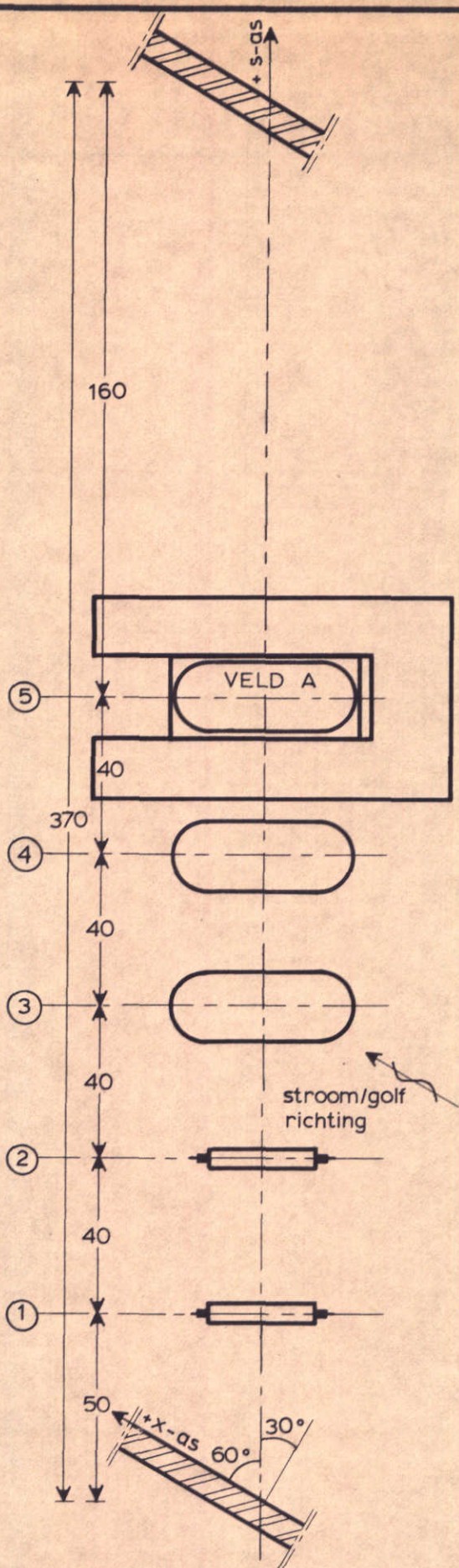
STABILITEIT VAN VELD A	T 34	$\bar{U} = 1,20 \text{ m/s}$
	M 1408 III	FIG. 41
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM		



BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,20 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 6 stenen
 onderkant put - 11,00 m
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

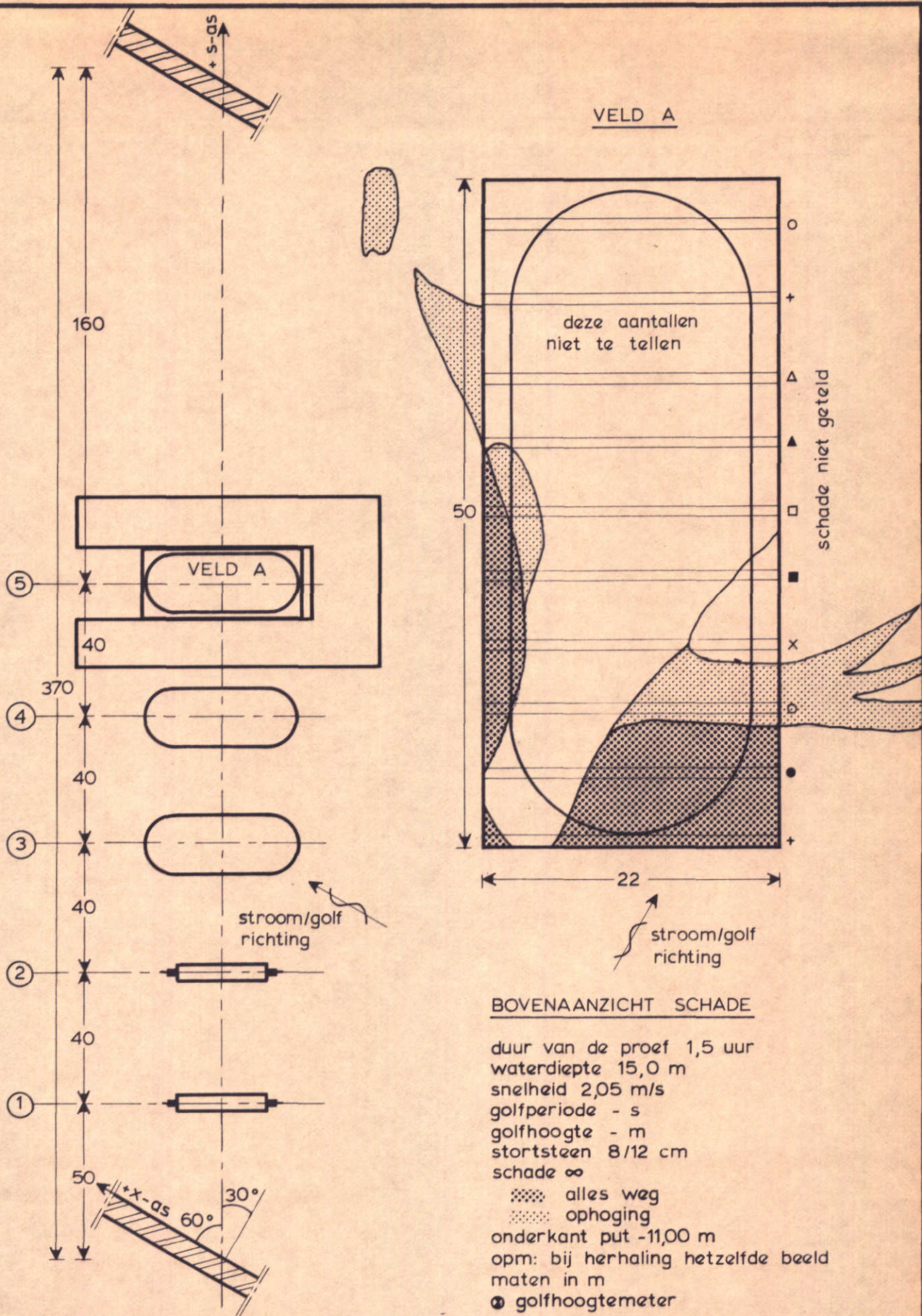
STABILITEIT VAN VELD A	T 34	$\bar{U} = 1,50 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 42



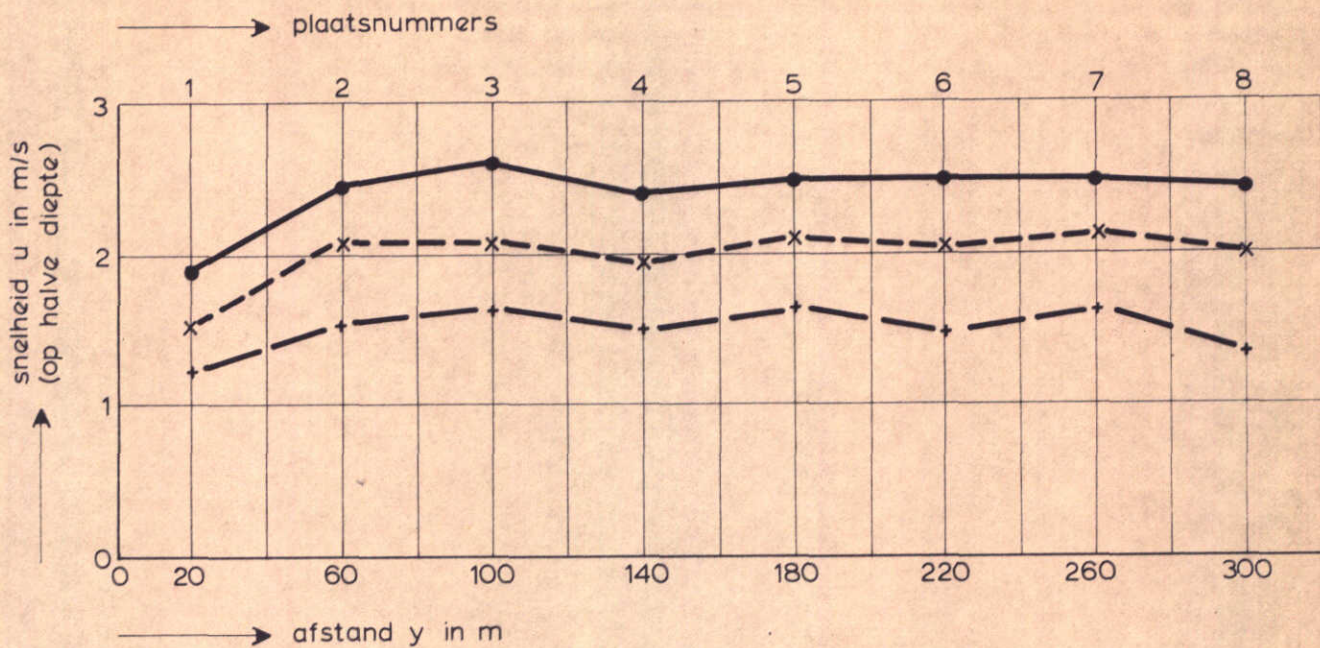
BOVENAANZICHT SCHADE

duur van de proef 1,5 uur
 waterdiepte 15,0 m
 snelheid 1,75 m/s
 golfperiode - s
 golfhoogte - m
 stortsteen 8/12 cm
 schade 354 stenen
 onderkant put -11,00 m
 maten in m
 ● golfhoogtemeter

STABILITEIT VAN VELD A	T34	$\bar{U} = 1,75 \text{ m/s}$
	WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III FIG. 43



STABILITEIT VAN VELD A	T 34	$\bar{U} = 2,05 \text{ m/s}$
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 44



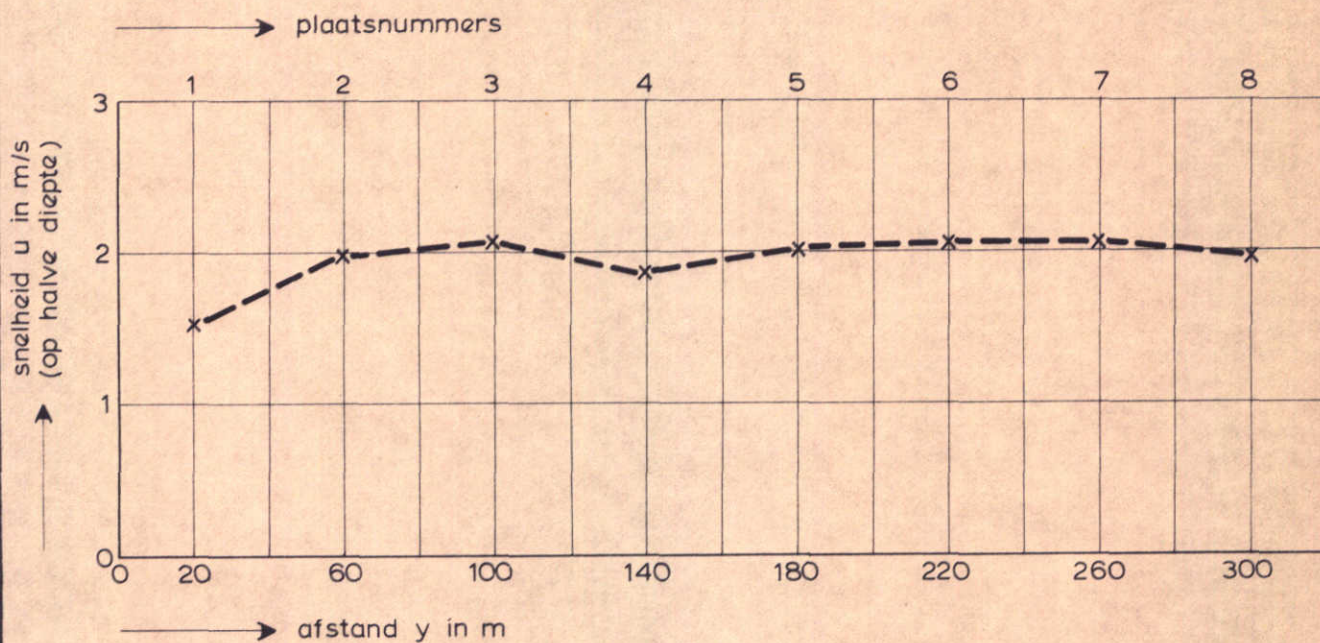
T 14

waterdiepte 20 m

● ——— ● $U_{gem} = 2,50$ m/s

x - - - - x $U_{gem} = 2,05$ m/s

+ ——— + $U_{gem} = 1,60$ m/s



T 16

waterdiepte 20 m

x - - - - x $U_{gem} = 2,00$ m/s

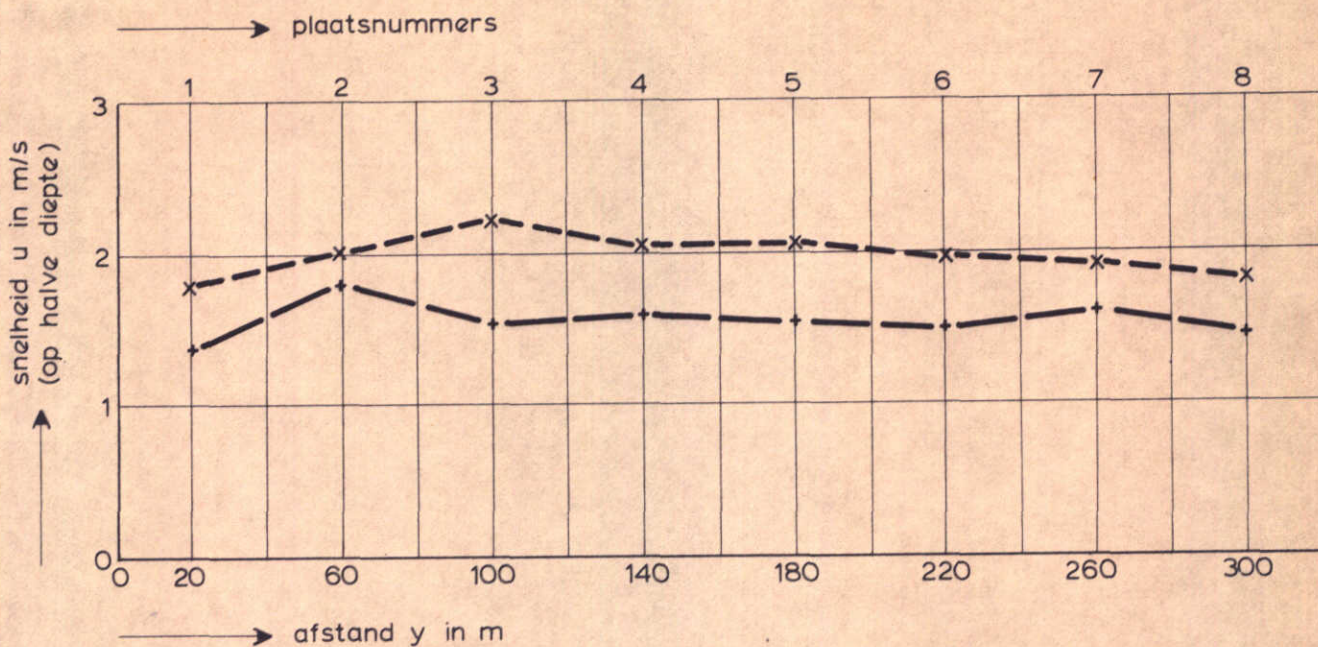
SNELHEIDSVERDELING (IN $X = -150$ m)

T 14, T 16

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

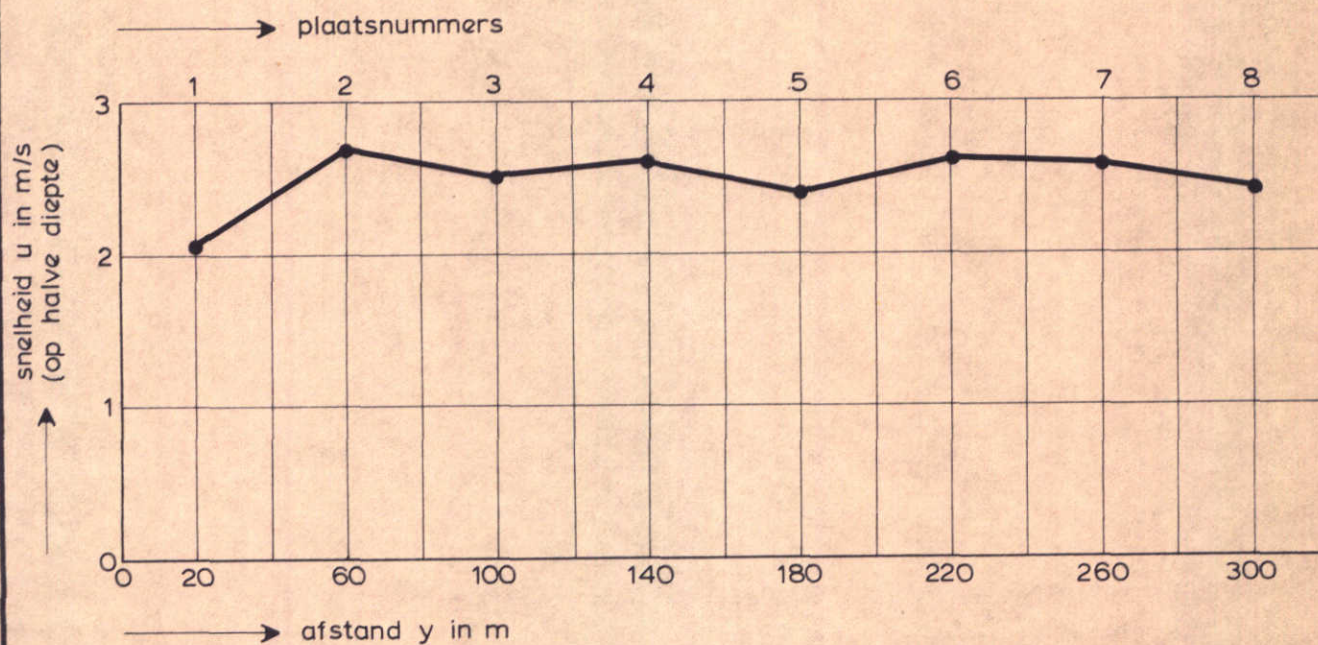
M 1408 III

FIG. 45



T 17
waterdiepte 15 m

x — — — — x $U_{gem} = 2,05$ m/s
+ — — — — + $U_{gem} = 1,60$ m/s



T 18
waterdiepte 15 m

● — — — — ● $U_{gem} = 2,55$ m/s

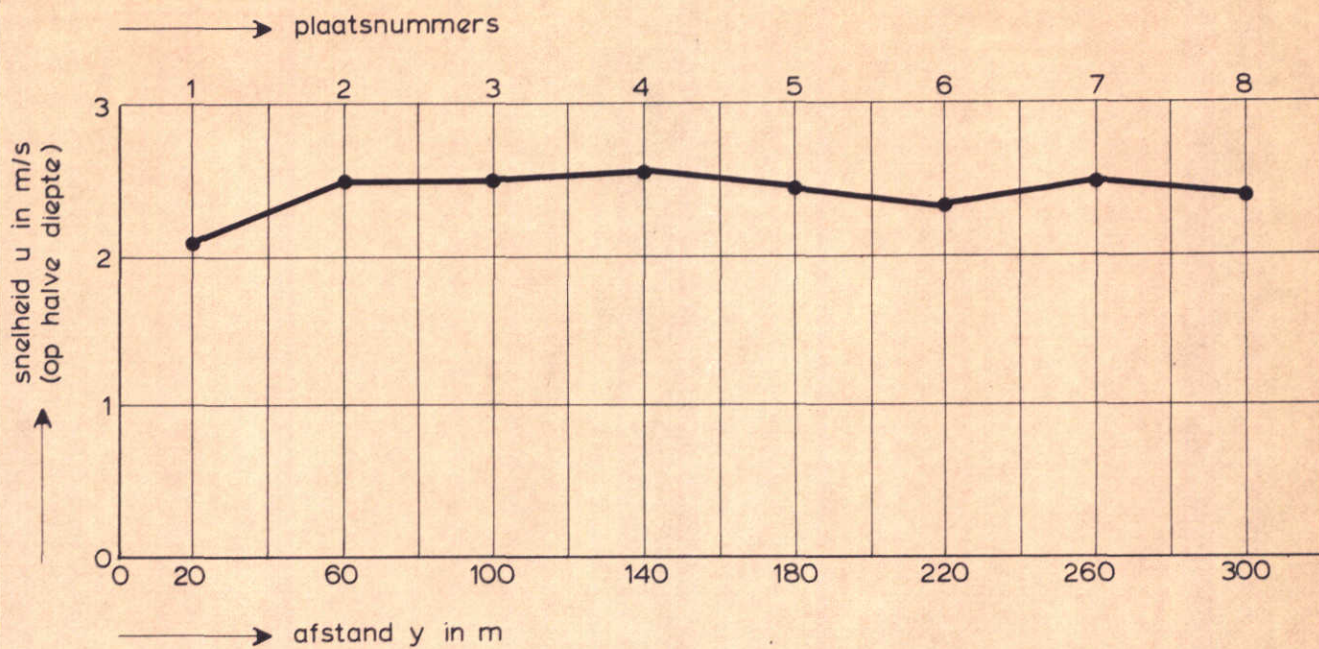
SNELHEIDSVERDELING (IN $X = -150$ m)

T 17, T 18

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

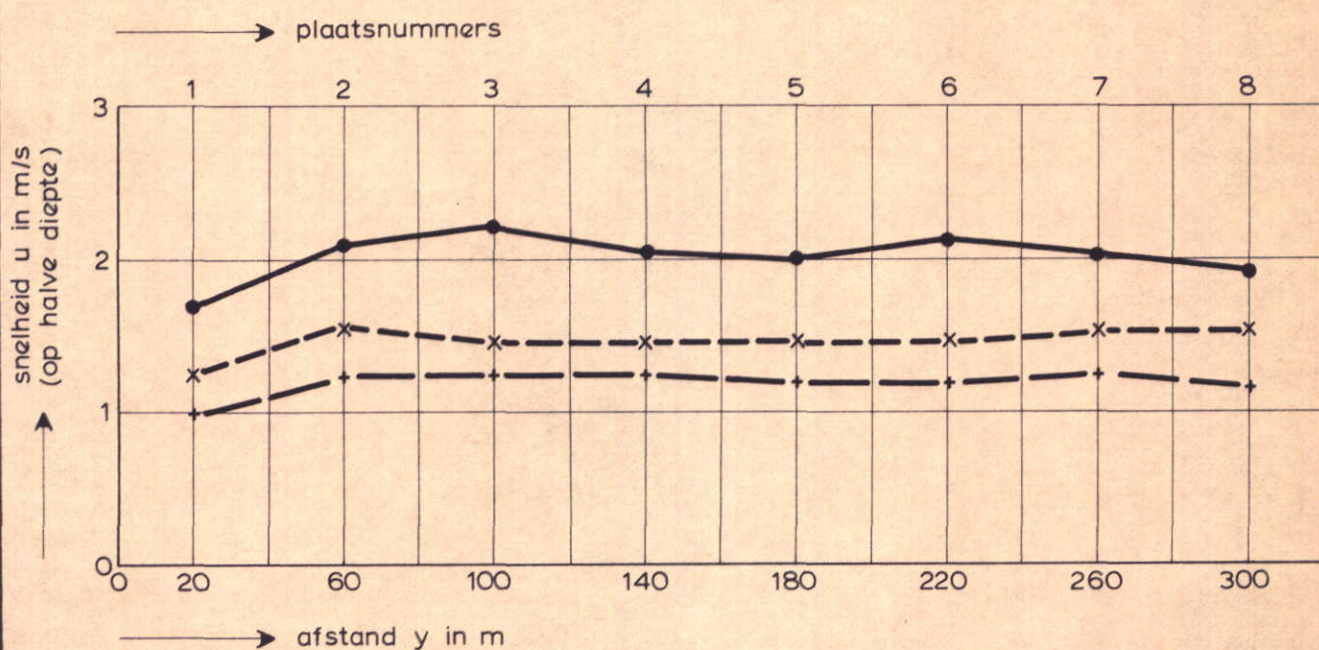
M 1408 III

FIG. 46



T 20
waterdiepte 15 m

● — ● $U_{gem} = 2,50$ m/s

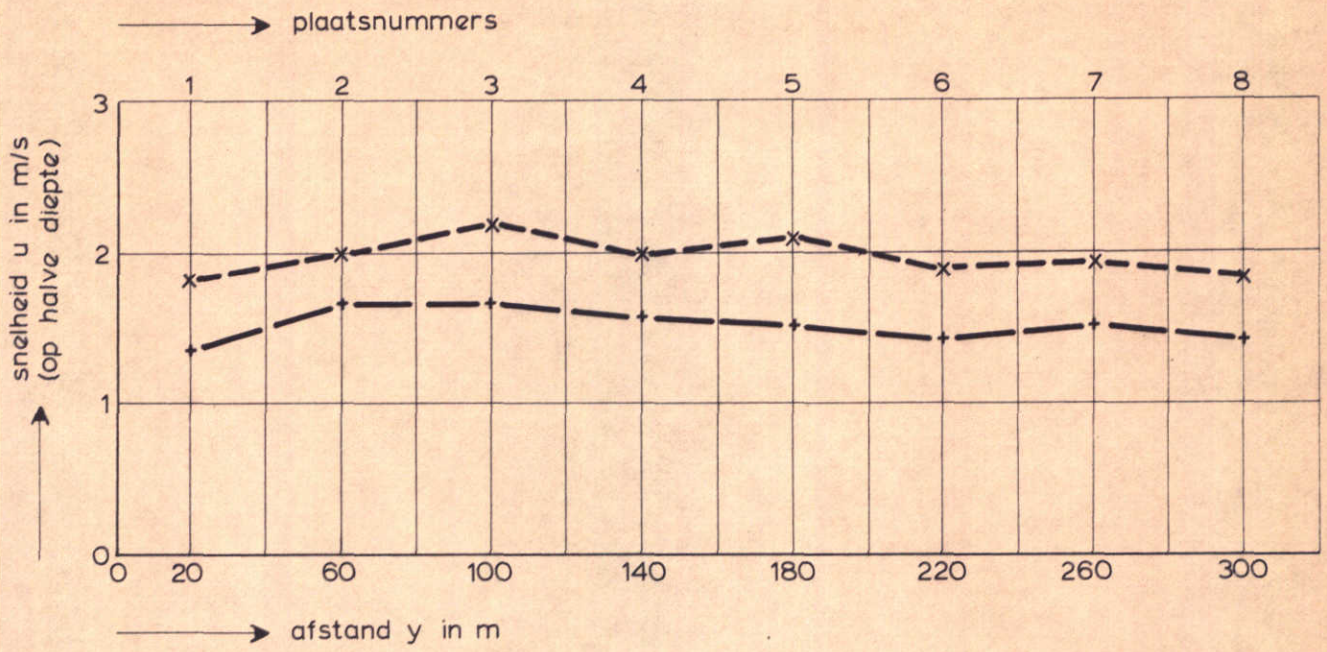


T 22
waterdiepte 15 m

● — ● $U_{gem} = 2,05$ m/s
 x - - - x $U_{gem} = 1,50$ m/s
 + — + $U_{gem} = 1,25$ m/s

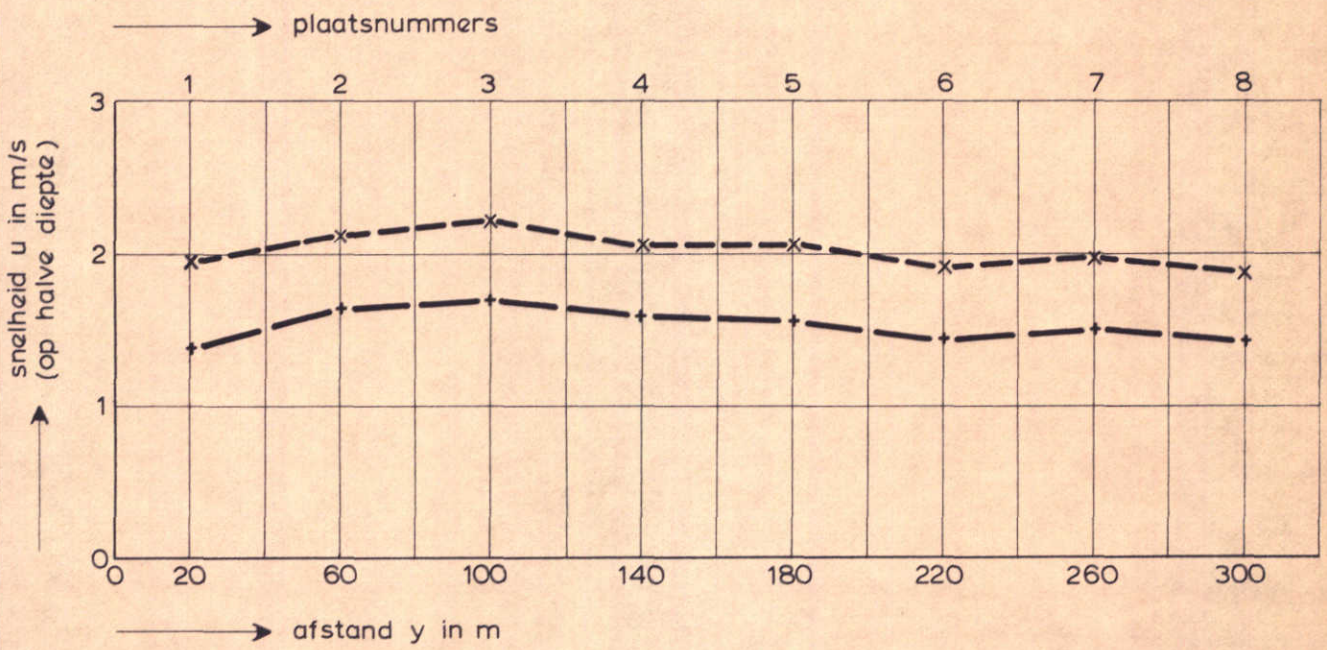
SNELHEIDSVERDELING (IN X = -150 m)

T 20, T 22



T 24
waterdiepte 15 m

x — — — x $U_{gem} = 2,00$ m/s
+ — — — + $U_{gem} = 1,60$ m/s



T 25
waterdiepte 15 m

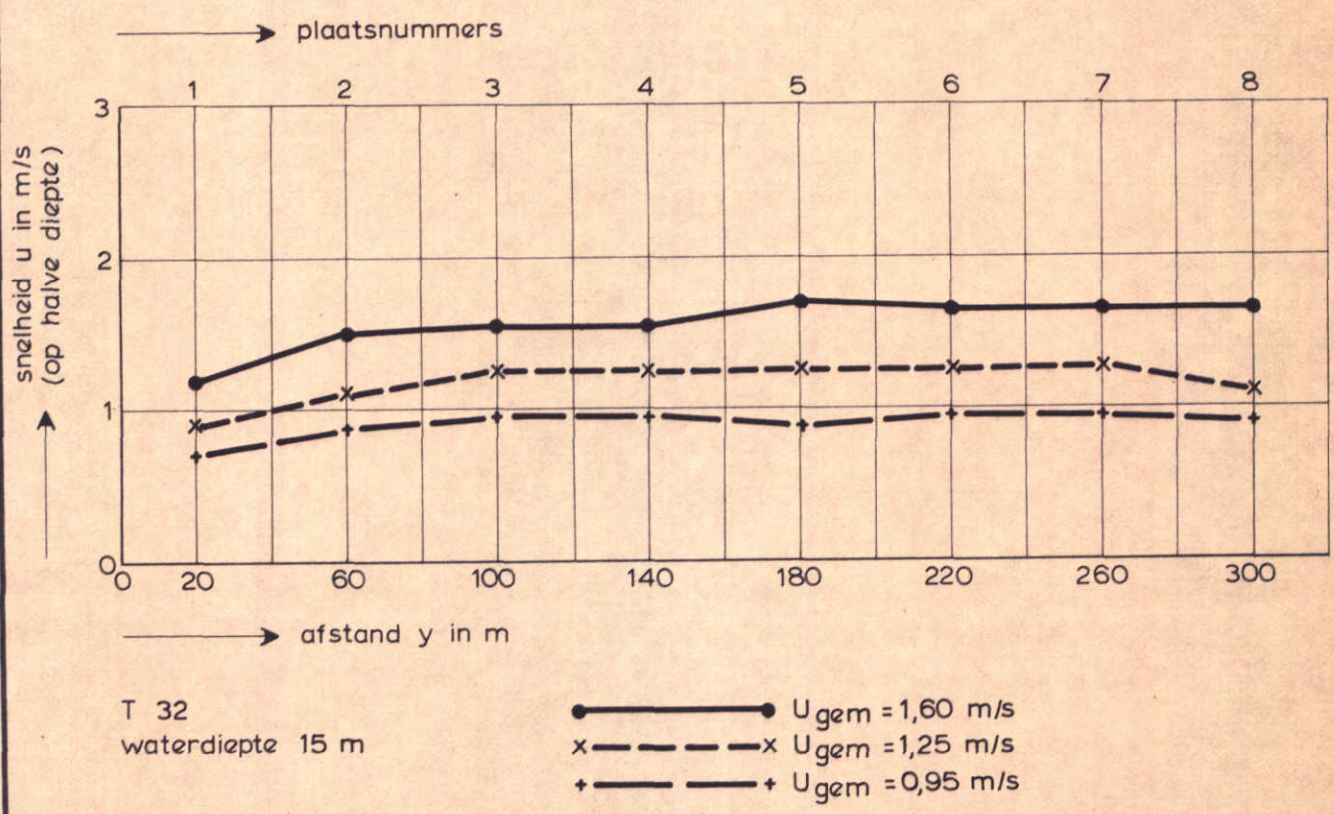
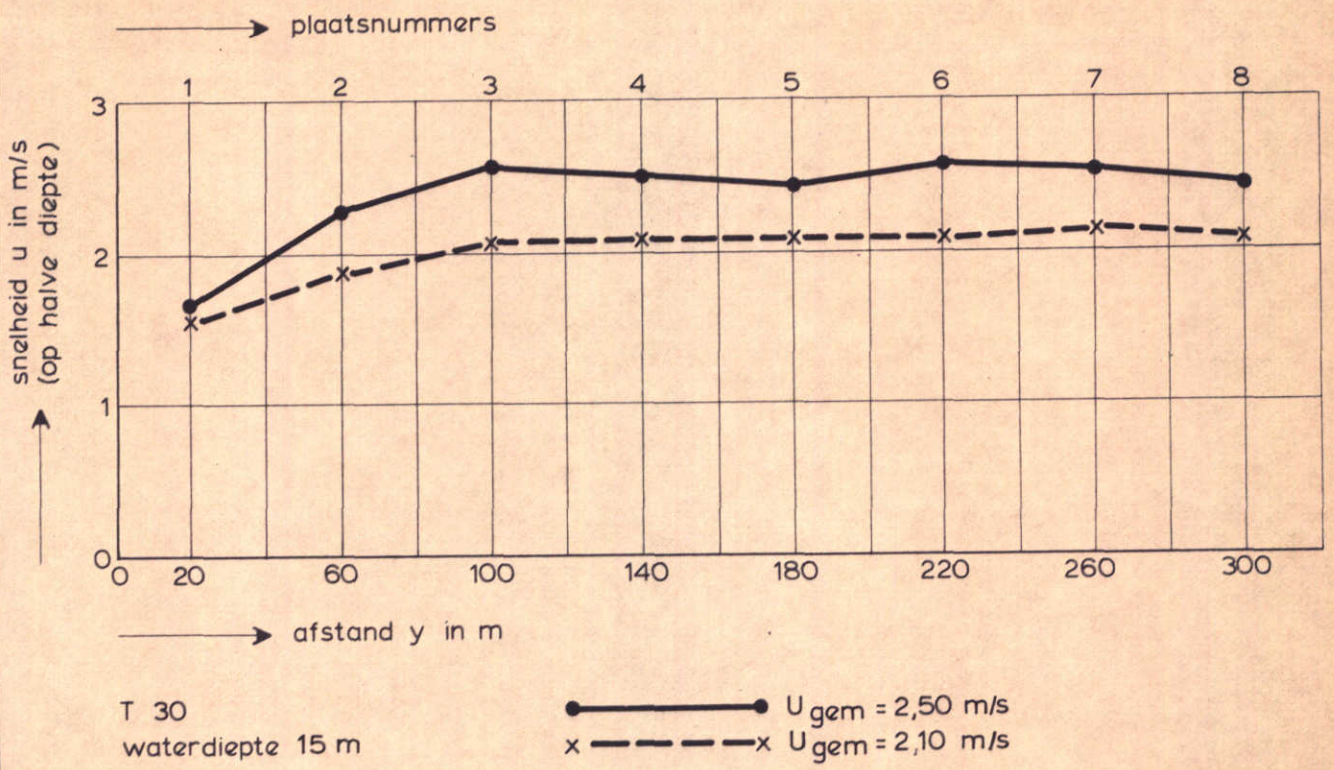
x — — — x $U_{gem} = 2,05$ m/s
+ — — — + $U_{gem} = 1,60$ m/s

SNELHEIDSVERDELING (IN $X = -150$ m)

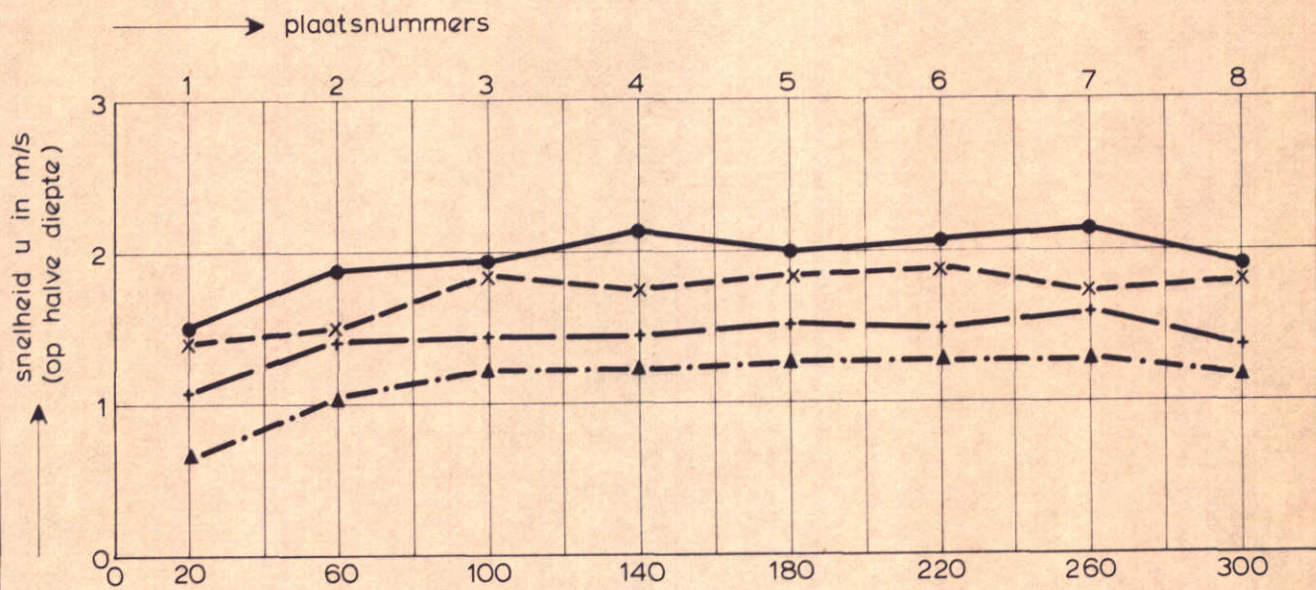
T 24, T 25

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 48



SNELHEIDSVERDELING (IN $X = -150 \text{ m}$)	T 30, T 32	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 1408 III	FIG. 49



T 34
waterdiepte 15 m

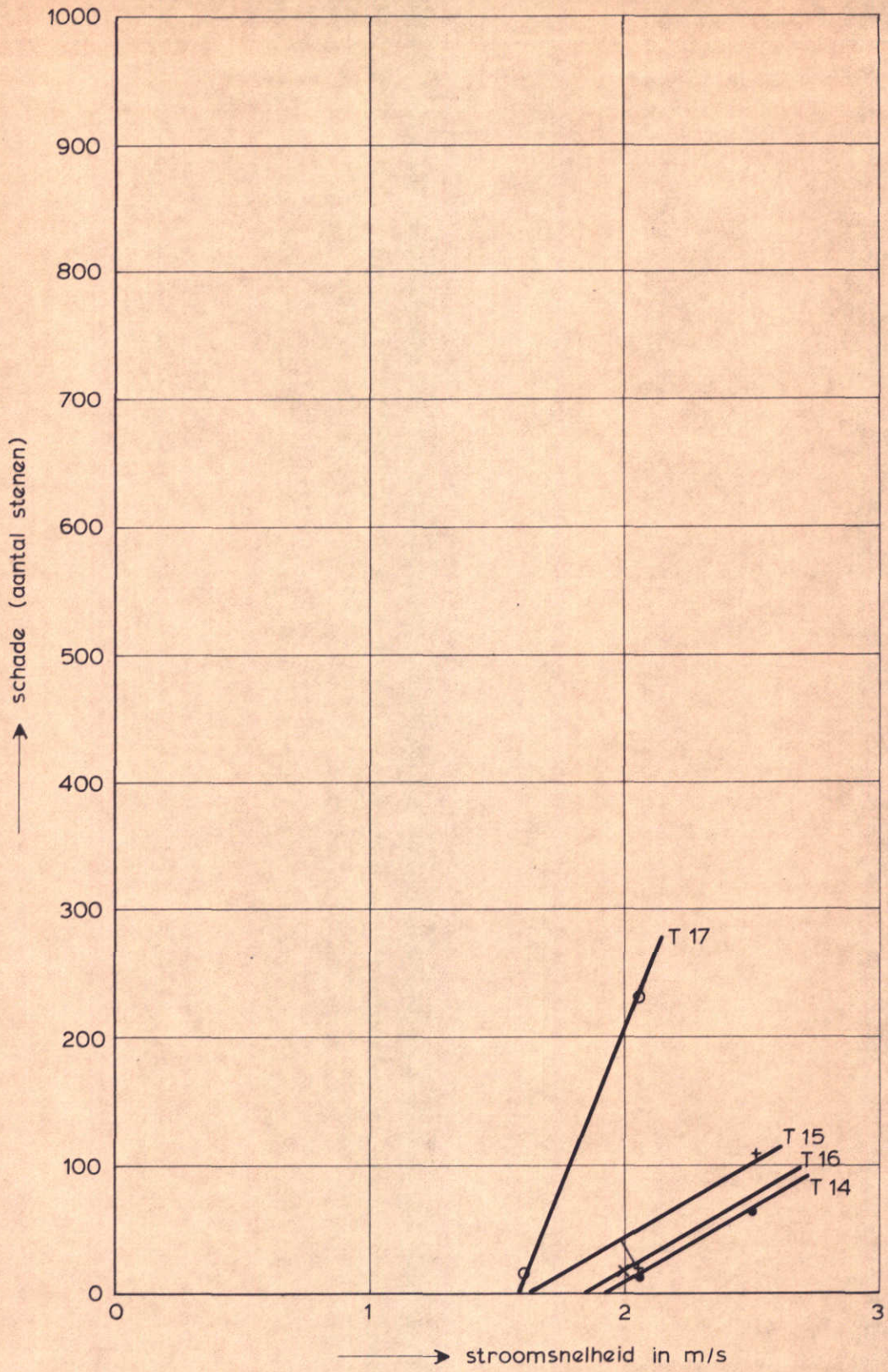
- ——— ● $U_{gem} = 2,05$ m/s
- x - - - - x $U_{gem} = 1,75$ m/s
- + ——— + $U_{gem} = 1,50$ m/s
- ▲ - . . . ▲ $U_{gem} = 1,20$ m/s

SNELHEIDSVERDELING (IN $X = -150$ m)

T 34

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 50

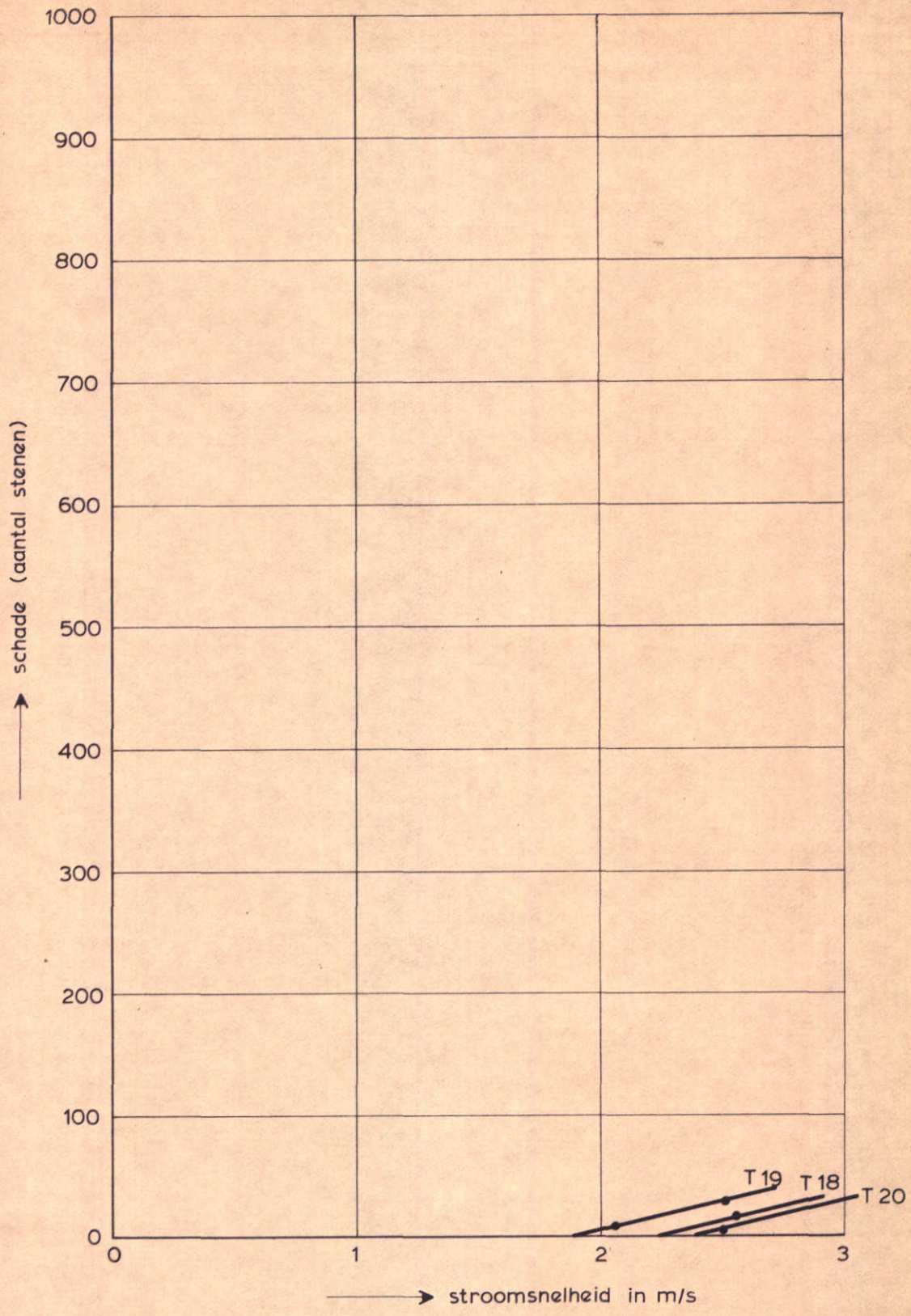


BEPALING KRITIEKE SNELHEID

T 14 ... T 17

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 51

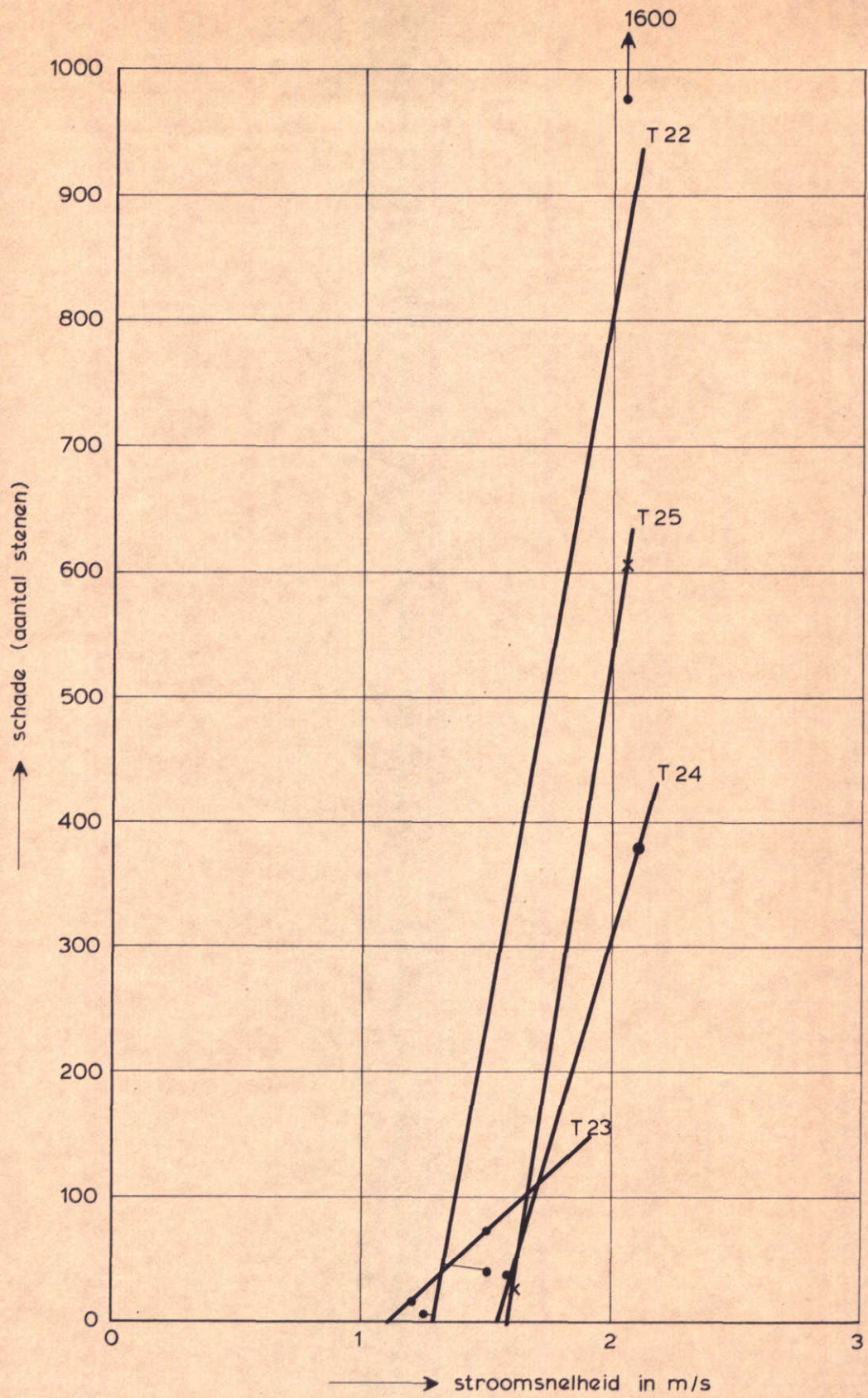


BEPALING KRITIEKE SNELHEID

T 18... T 20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 52

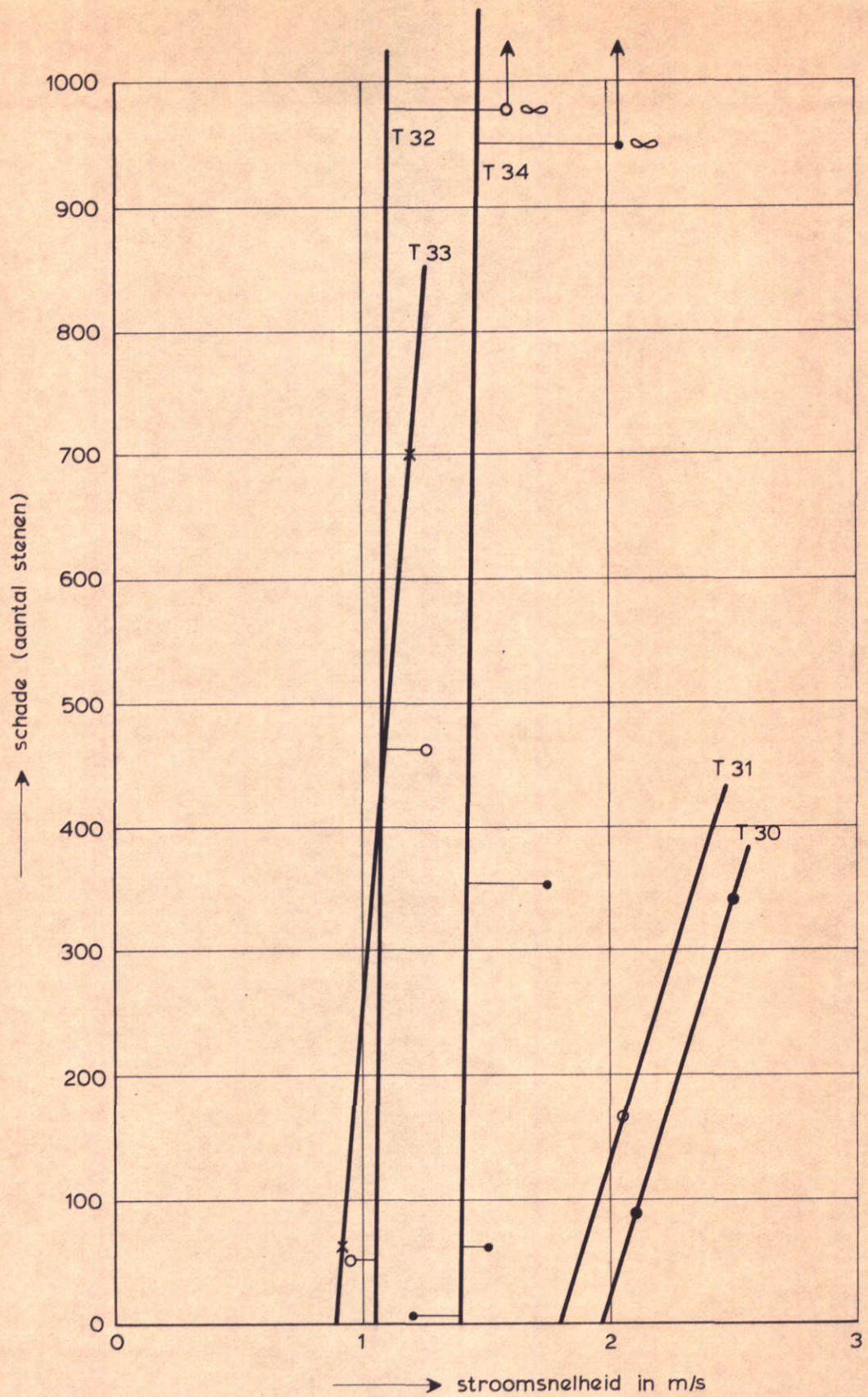


BEPALING KRITIEKE SNELHEID

T 22 ... T 25

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1408 III FIG. 53

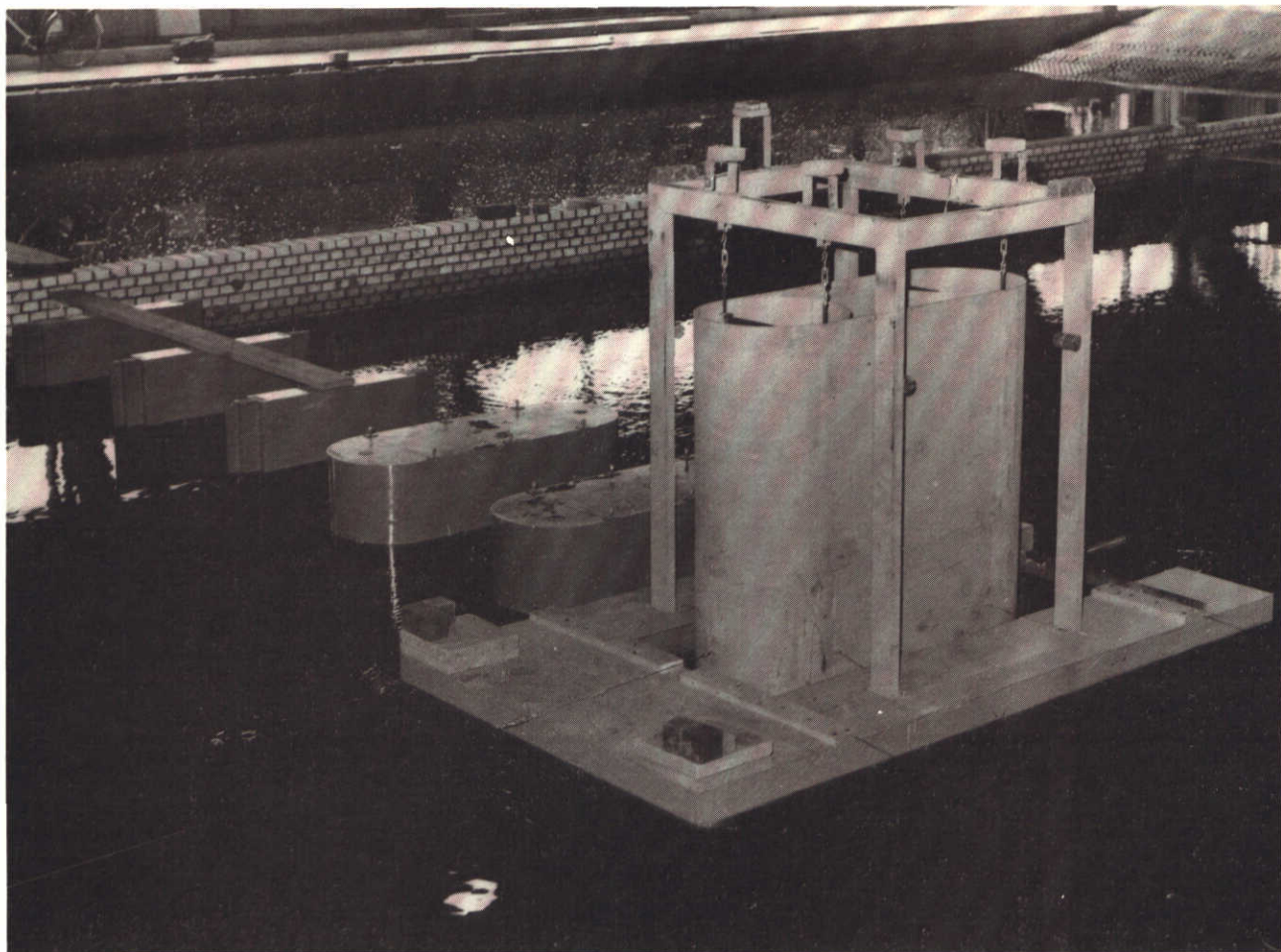


BEPALING KRITIEKE SNELHEID

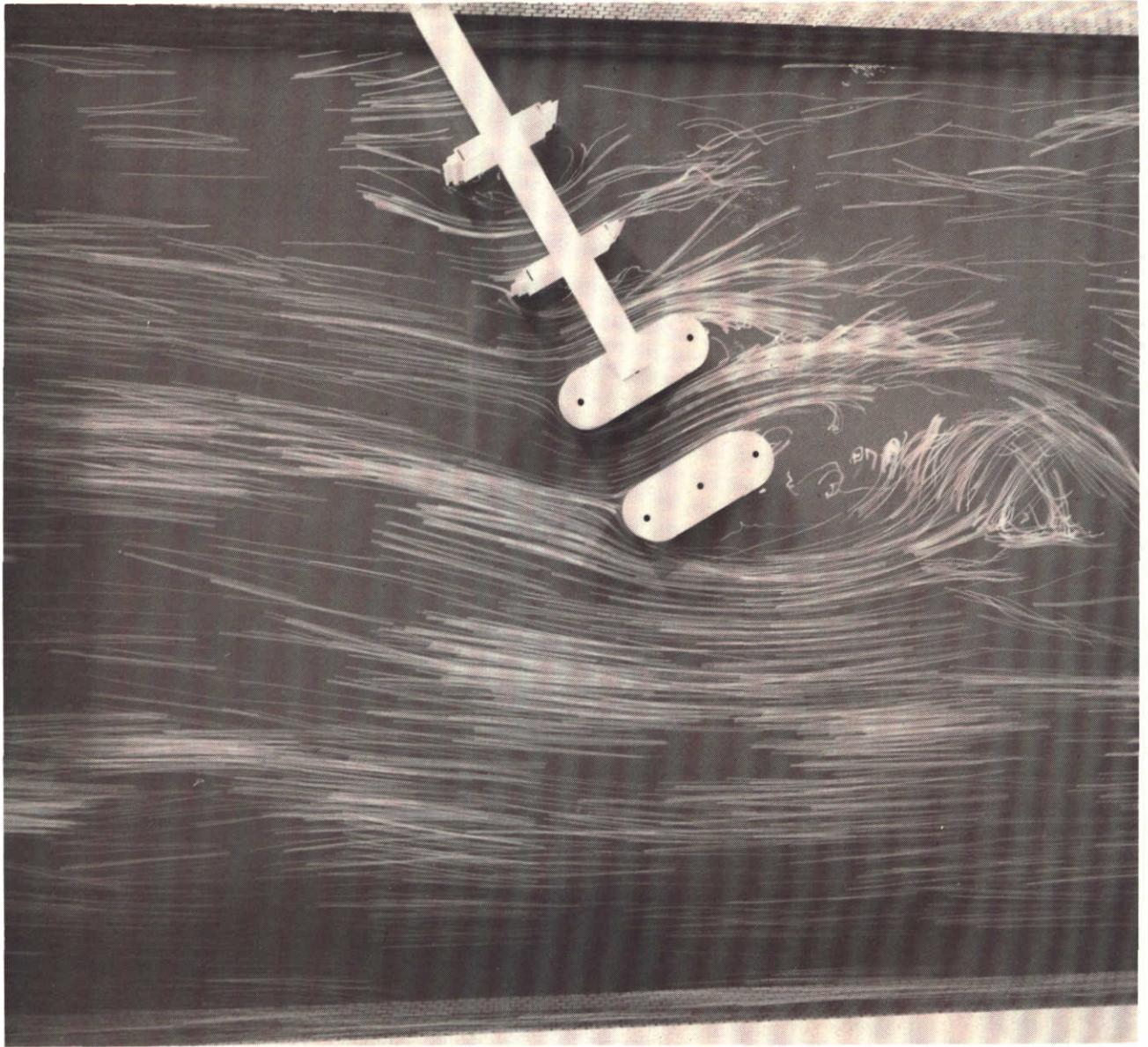
T 30...T 34

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

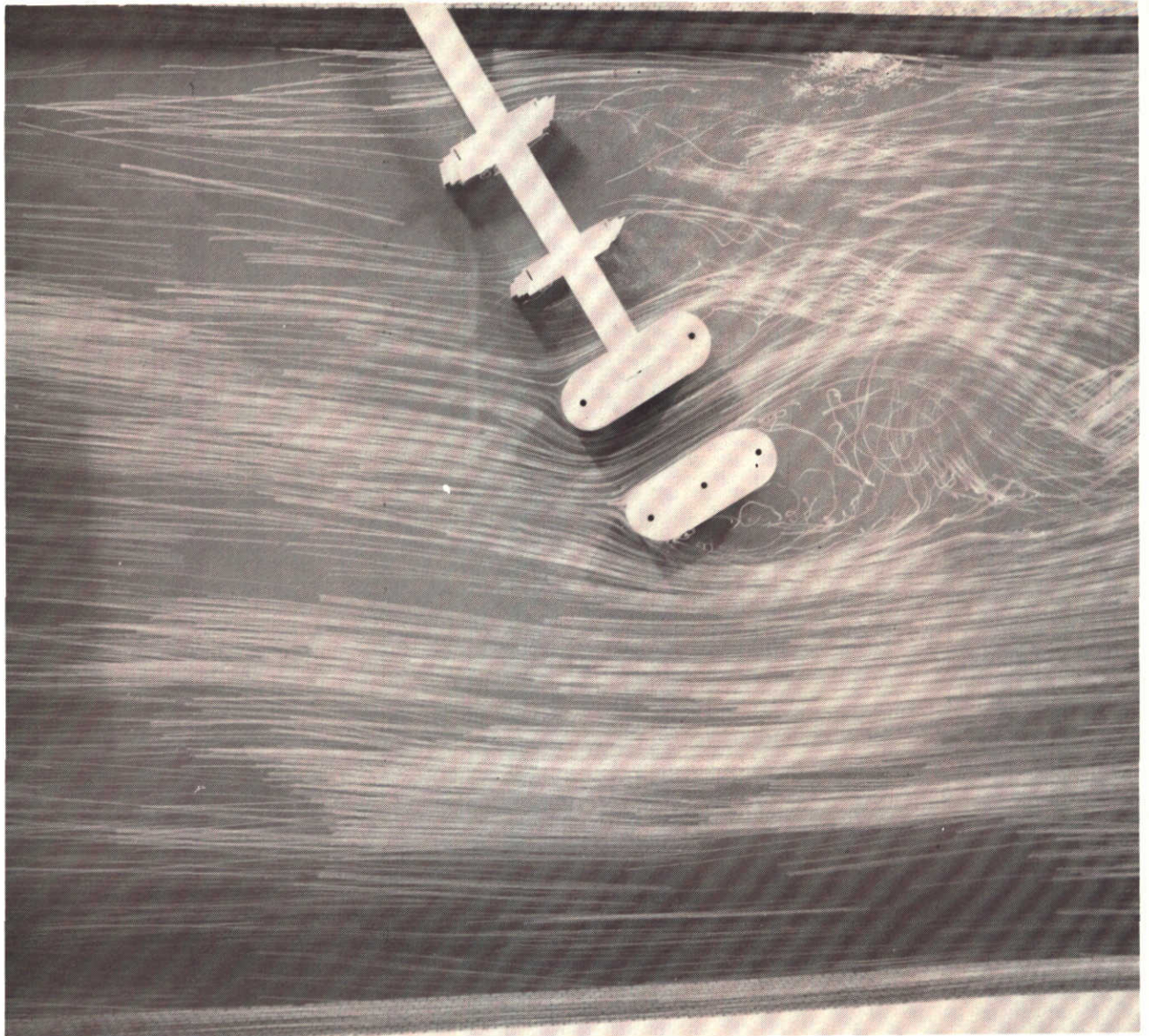
M 1408 III FIG. 54



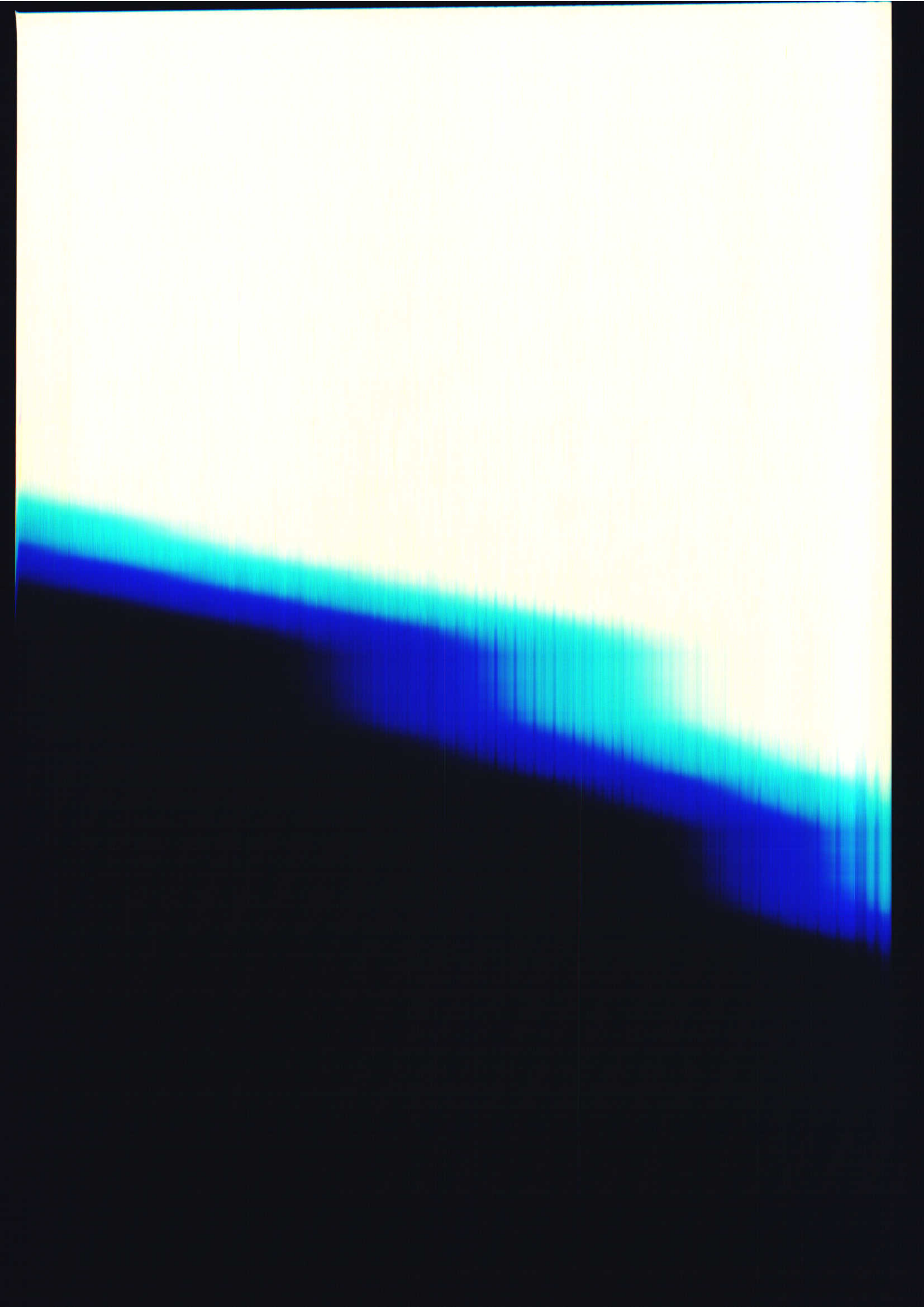
1 Overzicht van de proefopstelling (T17)



2 T34 Stroombeeld, zonder hefschip; snelheid 2,05 m/s
maximale aanstroomhoek



3 T34 Stroombeeld, zonder hefschip; snelheid 2,05 m/s
minimale aanstroomhoek





4 T32 Schadefoto, snelheid 1,60 m/s

p.o. box 177

delft

the netherlands