

WATERBOUWKUNDE LABORATORIUM

BIBLIOTEEK

3831

LABORATOIRE DE RECHERCHES HYDRAULIQUES

B

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
BIBLIOTEEK
3631
LABORATOIRE de RECHERCHES HYDRAULIQUES
BIBLIOTHEQUE

146103

03000

Verslag over modelproeven inzake wyzigingen aan te brengen aan den ingang
der haven van Oostende.

(Dit verslag omvat 28 plans en 10 figuren in den tekst).

§1) Opdracht.

Door het schryven nr.44.532 van 25.2.1939 van den Byzonderen Dienst der Kust (in het navolgende steeds kortheidshalve als **B.D.K.** aangeduid) werd aan het Waterbouwkundig Laboratorium (W.L.) de volgende opdracht gegeven :

" Door een byzondere commissie voor het onderzoek van gebeurlyk aan te brengen wyzigingen aan den ingang der haven van Oostende werd aan het Departement een nieuw tracé van oosterstaketsel voorgesteld, met het doel de breedte der vaargeul tusschen de staketsels te vermeerderen. Het plan dd.7.1.1939, gevoegd by het verslag nr. 44532 van den B.D.K., geeft schematisch de voorgestelde schikkingen aan (ontwerp van tracé voor het oosterstaketsel voorgesteld door Commandant Timmermans).

" Het westerstaketsel met de westelyke lage havendam blyft behouden. De kop van dit staketsel wordt 10 m verbreed. Het oosterstaketsel en de oostelyke lage havendam worden opgeruimd en meer oostwaarts herbouwd, volgens een lynrichting evenwydig met het bestaande westerstaketsel.

" Door dienstbrief A.D.W.W. nr.V/2, nr.142 van uitgang van 17.2.39 verzocht de Heer Minister dat in het W.L. zou overgegaan worden tot proeven om de deining en de stroomingen te bestudeeren in de aldus verwezenlykte nieuwe toegangsgcul tot de haven van Oostende, zulks in vergelyking natuurlyk met de thans heerschende deining en stroomingen.

" Daarenboven zou dienen nagegaan te worden welke de invloed zou zyn van den bouw van een ^{verbinding met oostelyk strandhoofd en het oostelyk staketsel} verbindingsstaketsel van de havengeul (stippellyn op plan nr.26 (x), alsook van een gebeurlyk zeewaarts verleggen van het voorgestelde oosterstaketsel".

§2) Aan het W.L. verstrekte gegevens.Plans.

Door nr.44.532 van 30.5.1939 van den **B.D.K.** werden aan het W.L. de volgende documenten overgemaakt :

Doc.1 : Algemeen plan op schaal 1/2500 van de zeevaartinrichtingen der haven van Oostende, aanduidend de vaargeulen met hunne diepten.

Doc.2,3 en 4 : geven de zeevaartinrichtingen der haven op schaal 1/1000.

Doc.5 : geeft langs- en dwarsdoorsneden der strandhoofden ter zyde van de havengeul.

(x) Ten einde verwarring te voorkomen worden in het navolgende de volgnummers der door de zorgen van het W.L. opgemaakte plans steeds onderlynd.

TABEL I

Meetplaats	Amplitude in dm		Golflengte in m.	Periode in sec.
	kleinste	grootste		
Wind : { Richting : N Snelheid : 8 m/sec.				
A) Kleine Reede	10	17	15	3 tot 5
B) Tusschen de hoofden				
C) In de havengeul, dwars van den tympst.	9	12	15 tot 20	3 tot 4
D) In de havengeul, dwars worteleinde Westerstaketsel	2	4	3	2
Wind : { Richting : W.t.N (N. 280 E) Snelheid : 14 m/sec.				
A) Kleine Reede	7	10	5 tot 8	3 tot 5
B) Tusschen de hoofden	4	7	5 tot 6	2
C) In de havengeul, dwars van den tympst	7	10	10 tot 12	3 tot 5
D) In de havengeul, dwars worteleinde Westerstaketsel	2	2	2 tot 3	1
Wind : { Richting : N.E. (N. 45 E) Snelheid : 11 m/sec.				
A) Kleine Reede	8	10	11 tot 13	3 tot 4
B) Tusschen de hoofden	7	8	8	2 tot 3
C) In de havengeul, dwars van der tympst	4	6	8 tot 10	2 tot 3
D) In de havengeul, dwars worteleinde Westerstaketsel	3	5	korte kabbeling	

- Doc.6 : geeft de beide staketsels met hun lage havendammen.
- Doc.7 : geeft een dwarsdoorsnede in de havengeul, op ongeveer 250 m van het zeewaartsch uiteinde der staketsels en doorsneden van de byzonderste dyken.
- Doc.8 : bevat diepten, afmetingen en andere gegevens betreffende de haveninrichtingen.
- Doc.9 : is een album met synoptische kaarten der stroomen vóór de haven van Oostende, 1936 (gevoegd by verslag nr. H.3925 van 19 April 1937 van den Heer e.a.adj. Hydrograaf J. Lauwers).
- Doc.10 : is de hydrografische kaart "Landingen van Oostende 1931" Schaal 1/20.000.
- Doc.11 : is de hydrografische kaart "Oostpas 1936" (gevoegd by nr. H.3737 van 14 Januari 1937 van den Heer e.a.adj. Hydrograaf J. Lauwers).

Door nr.44.532 van 12.6.1939 van den B.D.K. werd het W.L. in het bezit gesteld eener schets die een verbetering brengt aan Doc.6 voor wat het zeewaartsche uiteinde van den westelyken lagen havendam betreft. Door nr.44.532 van 17.6.1939 van den B.D.K. wordt het W.L. ervan op de hoogte gebracht dat de aan ty onderhevige oppervlakte der haven van Oostende 40 ha bedraagt, gerekend opwaarts van profiel 10-10 der havengeul naby den westerzeedyk (voor de ligging van dit profiel wordt naar plan 3 verwezen).

Tevens wordt daarin bericht dat de onderlinge afstand van de gebinten der staketsels die de havengeul begrenzen 3,00 m bedraagt, hart op hart gemeten.

Doc.12 en Doc.13 werden ons overgemaakt door nr.113 van 7.11.1940 van den Heer e.a.adj. Hydrograaf J. Lauwers. De Doc.12 zyn de minuten van 16.9.1936 die werden gebruikt voor het opmaken der stroomkaarten springty HW, springty 5 uur na HW en springty 6 uur na HW van Doc.9. Doc.13 geeft stroomwaarnemingen (insgelyks op 16.9.1936 uitgevoerd) in de havengeul van Oostende, op de as der geleidlichten en dwars van de tymast.

§3) Aan het W.L. verstrekte gegevens. Golfslag.

Volgens kanttekening nr.44.532 van 5.6.1939 van den B.D.K. dienen vooral de windrichtingen W, NW en NE te worden beschouwd.

Door nr.44.532 van 1.9.1939 van den B.D.K. werden de volgende inlichtingen verschaft betreffende de golfhoogten in den haveningang, in verband met de golfhoogten in zee, en zulks voor verschillende windrichtingen. De plaats der meetpunten A, B, C en D is aangegeven op het plan nr. 25. Wy nemen aan dat de golven uit dezelfde richting komen als de wind.

Tabel I (zie hierneven)

TABEL II

Datum waarop de stalen genomen werden	Ploots	Bodem cota	Waterstand	Cota waarop de stalen genomen werden	Zoutgehalte in gram per liter	Gemiddeld zoutgehalte over de verticaal
18-7-1938	I	-5.60	laagwater	-4.60 -3.10 +0.60	32.1 31.6 26.9	30.2
18-7-1938	II	-4.60	laagwater	-3.60 -2.60 +0.60	31.6 30.4 21	27.7
18-7-1938	III	-4.20	laagwater	-3.20 -1.70 +0.70	31.6 30.4 15.2	25.7
20-7-1938	IV	-2.10	laagwater	-1.10 -0.55 +0.60	30.4 30.4 17.5	26.1
19-7-1938	I	-5.60	hoogwater	-4.60 -0.70 +4.20	32.1 32.1 26.9	30.4
19-7-1938	II	-4.60	hoogwater	-3.60 -0.20 +4.20	29.5 30.4 25.1	28.3
14-7-1938	III	-4.20	hoogwater	-3.20 +0.10 +4.40	32.1 29.5 21.6	27.7
14-7-1938	IV	-2.10	hoogwater	-1.10 +1.10 +4.30	28.6 21.4 12.8	20.9

Het W.L. heeft geïnformeerd naar kwantitatieve gegevens omtrent de golfbeweging die by stormweer optreedt in het dok dat de vermelding "klein tydok" draagt op plan nr. 3. De uitgevoerde golfproeven hebben aangetoond dat deze golfbeweging onmogelyk kan worden opgewekt door de golven uit zee.

Door nr. 55.311 van 9.7.1941 van den B.D.K. bekwamen we de volgende inlichtingen :

"De golven, in het tydok der visscheryhaven verwekt, zyn het gevolg van stormwind uit westelyke richting. Dit kleine tydok ... krygt alsdan op zyn wateroppervlak de volle kracht van den wind, die uit westelyke richting, langsheen de hotels van den zeedyk der stad komt opzetten. Dit dok ligt daarenboven volkomen onbeschat aan den stormwind blootgesteld, met zyn ingang trechtersvormig naar het westen gericht. Een regelmatige golfbeweging bestaat er aldaar, by hevige wind of stormwind niet, gezien de kleine afmetingen en den vorm van het dok. Er moet eerder gesproken worden van allerhande interferenties van opgezweepte en teruggekaatste golven en by voorkeur van woelingen, die ongunstig werken op de trossen der vastgemeerde sloepen.

" Eenaderend kan gezegd worden dat in het allerongunstigste geval, dus by hevige stormwind uit westelyke richting, de totale golfhoogte (niveauverschil tusschen kruin en dal) om 50 niet overtreft. Nauwkeurige metingen bestaan daaromtrent niet.

" Een vergelyking dezer golven met die aan den ingang der haven of in volle zee gaat niet op, omdat op deze laatste plaatsen de golfhoogte niet zoozeer van de windrichting afhankelyk is als in "het tydok".

Door maatregelen van waterbouwkundigen aard kan dus niet aan dezen toestand verholpen worden, tenzy de mogelykheid bestaat het bedoelde dok van richting te veranderen en de langsrichting ervan rechtstandig te brengen op de meest ongunstige windrichting.

§4) Aan het W.L. verstrekte gegevens. Metingen van zoutgehalten.

Een eerste serie bepalingen van het zoutgehalte werd overgemaakt door het schryven nr. 52.407 van 18.8.1938 van den B.D.K. De plaatsen I, II, III en IV, waar de stalen genomen werden, zyn aangeduid op plan nr. 3.

Tabel II. (zie hierneven).

Op het oogenblik van het nemen dezer stalen (zomer) werden geen waterloozingen uitgevoerd, maar er bestaat steeds een waterverlies, in het byzonder by laagwater, langs deuren en verlaten. Ook zyn er dan nog de stadsriolen (zie nr. 52.407 van 15.9.1938 van den B.D.K.).

By laagwater ziet men de gemiddelde zoutgehalten verminderen naarmate men verder van de zee verwyderd is, behalve in het punt IV waar het gehalte iets hooger is dan in III. Zulks zou kunnen toegeschreven worden aan verliezen uit de spuikom die zoutwater bevat. Ook

TABEL III

<i>Datum waarop de stalen genomen werden</i>	<i>Plaats</i>	<i>Bodem cote</i>	<i>Waterstand</i>	<i>Cote waarop de stalen genomen werden</i>	<i>Zoutgehalte in gram per liter</i>	<i>Gemiddeld zoutgehalte over de verticaal</i>
1-12-1939	I	-5.60	laagwater	-4.60 -2.50 +0.50	28 16.3 8.1	17.6
1-12-1939	II	-4.80	laagwater	-3.80 -2.10 +0.40	18.7 10.5 8.75	12.7
1-12-1939	III	-4.70	laagwater	-3.70 -2.00 +0.30	17.5 7.6 4.6	9.9
1-12-1939	IV	-2.20	laagwater	-1.20 -0.70 +0.20	24.8 23.9 2.5	24.6
1-12-1939	I	-5.60	hoogwater	-4.60 -0.40 +4.20	28 20.4 2.3	16.9
1-12-1939	II	-4.80	hoogwater	-3.60 +0.30 +4.20	27.4 26.3 4	19.2
1-12-1939	III	-4.70	hoogwater	-3.60 +0.30 +4.20	27.4 25.7 4.6	19.2
1-12-1939	IV	-2.20	hoogwater	-1.20 +1.50 +4.10	27.5 25.7 15.1	22.8

by hoogwater verminderen de gemiddelde zoutgehalten naarmate men meer landinwaarts gaat. In elk punt is het gemiddeld zoutgehalte dan iets grooter dan by laagwater, behalve in het punt IV waar men 20,9 vindt, dan als by laagwater 26,1 vastgesteld werd. Zulks is een anomalie waarvoor wy geen verklaring vinden.

Een tweede serie metingen van zoutgehalten werd overgemaakt door nr.44.532 van 6.1.1940 van den B.D.K. Zie hier de bekomen resultaten :

Tabel III. (zie hierneven).

Volgens nr.44 532 van 24.1.1940 van den B.D.K. werden op 1 12. 1939 ongeveer 3.000.000 m³ zoetwater per ty geloosd, t.t.z. meer dan het volume zeewater dat per ty in en uit de haven vloeit, nl. 40 ha x 4,5 m tyverschil = 1.800.000 m³. De uitkomsten in Juli 1938 en December 1939 bekomen worden door den B.D.K. op de volgende wyze verklaard in zyn schryven nr.44.532 van 24.1.1940 :

"Als algemeene opmerking zy gezegd dat de gemiddelde zoutgehalten in alle punten kleiner zyn op 1.12.1939 dan gedurende de maand.

"Juli 1938

" De zoutgehalten van Juli 1938 zyn voor de verschillende punten der haven byna dezelfde, met dien verstande dat de diepste waterlagen het meest zout zyn en dat het zoutgehalte ietwat vermindert naarmate men dieper de haven binnendringt, wat als zeer logisch mag beschouwd worden, daar toch altyd een zekere hoeveelheid zoetwater byvloeit.

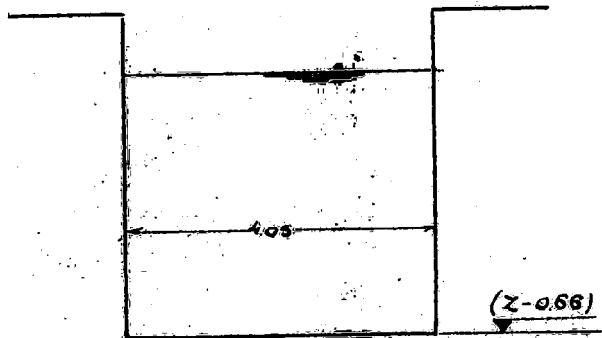
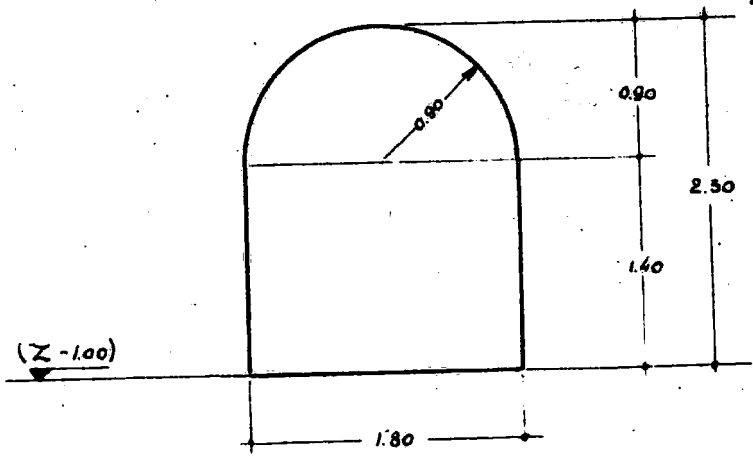
" Voor de zoutgehalten by laagwater van 1.12.1939 weze gezegd, voor wat punt IV betreft (voor de spuisluis), dat het water een betrekkelijk groot zoutgehalte aanduidt, omdat alsdan, wegens het peilverschil, zoutwater door de ondichte schuiven der spuisluis uit de spuikop wegvloeit. Daar de waterloozingen te Sas Slykens, uit het kanaal en uit de Noord Eede volgens de getyen moeten geschieden, wordt er alleen zoetwater afgevoerd gedurende 8 1/2 u per ty, vanaf het oogenblik dat het dalend ty ongeveer Z + 4,00 bereikt, tot op het oogenblik dat het opnieuw stygend ty Z + 2,80 tot Z + 3,00 bereikt. (x).

" Gedurende ongeveer 4 uur, by hoogwater, blyven de stuwen dus dicht. Alsdan vloeit het zoetwater, dat in de haven is, naar zee toe (bovenstroom), terwyl het zoutwater langzamerhand in tegenovergestelde richting stroomt (onderstroom).

" By hoogwater zyn de zoutgehalten der bovenste waterlagen inderdaad

"	I	.....	2,3
"	II	.....	4
"	III	.....	4,6
"	IV	.....	15,1

(x) De peilen zyn aangegeven ten opzichte van het nulvlak Z van Oostende, dat Om17 onder het nulvlak van den Staf is gelegen. Het W.L. heeft aangenomen dat in alle van den B.D.K. afkomstige documenten het vergelykingsvlak Z werd aangehouden.



" De zoutgehalten der onderste waterlaag zyn alsdan ongeveer gelijk, met lichte vermindering naar de achterhaven toe.

"	I	.....	28
"	II	.....	27,4
"	III	.....	27,4
"	IV	.....	27,5

" Met andere woorden, de invloed van het loozen van zoetwater laat "zich nog gevoelen aan de monding, wanneer de haven reeds door den "onderstroom gevuld is".

§5) Aan het W.L. verstrekte gegevens. Zoetwatertoevoer in de haven.

Ziehier een uiteenzetting over deze kwestie, aan de hand eener nota van ir. Verschave, die ons overgemaakt werd met het schryven nr. 44.532 van 10.7.1942 van den B.D.K.

Te Sas Slykens wordt zoetwater aangevoerd van uit twee kanten :

a) van uit het kanaal Brugge-Oostende.

b) van uit de Noord Tede.

a) Water uit het kanaal Brugge-Oostende.

Dit water komt uit het Schelde- en Leiebekken over Gent en ook voor een deel uit de omstreken van Brugge.

De afvoeropeningen zyn :

1) vier 47m. lange duikers of riolen met schuiven.

Doorstromingssectie = $4 \times 3,79 = 15,16 \text{ m}^2$.

2) één stuwopening met balken, alleen by zeer grooten afvoer gebezigd. Breedte = $4\text{m}05$.

Peil van den dorpel = $Z - 0,66$.

Het normaal peil van het kanaal is $Z + 4,05$ en by buitengewone afvoer daalt het peil te Sas Slykens tot op $Z + 2,80$.

Het water uit het Schelde- en Leiebekken wordt in zee afgevoerd langs verschillende wegen, die zyn

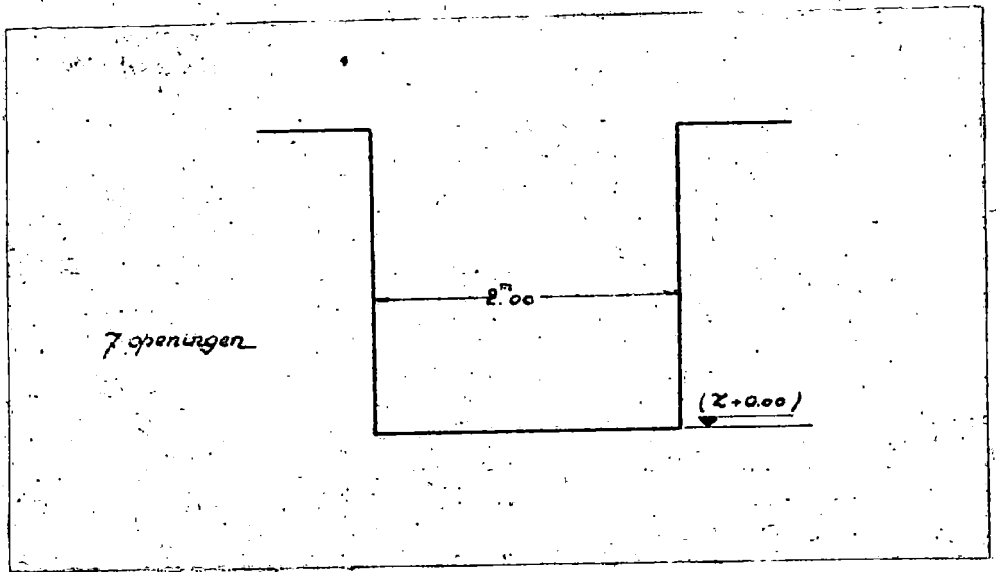
Gent - afleidingskanaal der Leie naar Heyst.

Gent - Kanaal van Terneuzen.

Kanaal Gent - Brugge - Oostende.

Het te Oostende geloosde water is dus afhankelijk van den toevvoer die van uit Gent naar Brugge wordt gestuurd. Die toevvoer is dus niet alleen afhankelijk van seizoenen en regenval, maar ook van de kunstmatige verdeeling van den afvoer over de verschillende waterwegen. 's Zomers is de afvoer te Oostende nul en 's winters is hy van jaar tot jaar zeer veranderlyk.

De grootste afvoer die, van uit het kanaal Brugge - Oostende, te Sas Slykens kan bereikt worden, en die slechts zeer uitzonderlyk (by, op 1.12.1939) voorkomt, is $2.550.000 \text{ m}^3$ per ty. Dan worden alle afvoeropeningen geopend (4 duikers en één stuwopening) zoodra het dalend ty het peil $Z + 4,05$ (kanaalpeil) bereikt, dus zoodra een gelyke waterstand aan beide zyden is ingetreden. Naarmate het ty daalt stygt de afvoer en daalt ook het kanaalpeil. By laagwater is het kanaalpeil gekomen tot omstreeks $Z + 2,80$ en is het debiet tot omstreeks $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ gestegen (maximum debiet door de stuw te Slykens) : 65 tot $70 \text{ m}^3/\text{sec}$ door de duikers en wat meer dan $30 \text{ m}^3/\text{sec}$ door de stuwopening.



Daarna stygt het ty weer, het kanaalpeil ryst opnieuw en de afvoer vermindert. Op het peil $Z + 3,20$ tot $Z + 3,50$ is de waterstand aan beide zyden opnieuw gelyk, wordt het debiet nul en worden de schuiven gesloten. Daarna stygt het ty boven het kanaalpeil, bereikt hoogwater, daalt opnieuw en de cyclus herbegint.

In dit uitzonderlyk geval, waarby alle afvoeropeningen aangewend worden, blyven de schuiven ongeveer $8 \frac{1}{2}$, ja zelfs 9 uur open per ty. De afvoer in functie van den tyd kan benaderend voorgesteld worden door een halve cirkel. De totale afvoer per ty is dus hoogstens

$$3,14/4 \times 3600 \text{ sec} \times 9 \text{ uren} \times 100 \text{ m}^3/\text{sec} = 2.550.000 \text{ m}^3 \text{ per ty.}$$

De stuwopening met balken wordt zeer zelden (sommige jaren zelfs niet) gebruikt en dan nog worden alle balken niet immer gelicht. Zelden worden alle vier de duikers gebruikt, meestal maar één, of hoogstens twee en dan nog zyn de houten schuiven niet altyd volledig gelicht.

Het volledige duikeropeningen (vier in getal) is het verloop van het debiet ongeveer parabolisch en kan de maximum afvoer per ty geschat worden op

$$2/3 \times 70 \text{ m}^3/\text{sec} \times 3600 \text{ sec} \times 8,5 \text{ uur} = 1.425.000 \text{ m}^3.$$

In een tabel van het verslag nr. 50.337 van 14.11.1939, door den B.D.K. tot den Heer Minister gericht, wordt het aantal aanzienlyker waterloozingen te Sas Slykens voor verschillende jaren als volgt opgegeven :

1935	.....	82
1936	.....	90
1937	.....	76
1938	.....	34
1939		

Dit is het aantal waterloozingen waarby het kanaalpeil te Slykens merkelyk, t.t.z. $0,60$ m of meer, schommelde. Een schommeling van $0,60$ m van het kanaalpeil kan reeds door twee volledig geopende schuiven teweeggebracht worden, hetzy door een afvoer van 712.000 m^3 per ty. Indien men dus voor het getal aanzienlyker waterloozingen (in de tabel van het verslag nr. 50.337 van 14.11.1939 opgegeven) 800.000 m^3 per ty aanneemt, zal men reeds zeer ruim gerekend hebben. Voegt men daarby de maximum-afvoer van 200.000 m^3 per ty door de Noord-Eede (zie verder), dan bekamt men het cyfer van $1.000.000 \text{ m}^3$ per ty. By de loozingen waarvan het aantal in het schryven van 14.11.1939 is opgegeven mag de afvoer per ty dus op $1.000.000 \text{ m}^3$ geschat worden (nr. 44.532 van 6.6.1942 van den B.D.K.).

b) Water uit de Noord-Eede.

De Noord-Eede voert het overtollige bovenwater af uit het westgebied van de wateringen van Blankenberge. Dit bekken kan op 12.000 ha geschat worden. De Noord-Eede stuw bevat 7 openingen van 2 m breed, met den dorpel op peil ($Z + 0,00$). Het gewoon peil in de Noord-Eede is ($Z + 2,00$). De schuiven worden by den grootsten waterafvoer gewoonlyk $0,70$ m gelicht. Dan schommelt het peil in de Noord-Eede ongeveer tusschen $Z + 2,10$ en $Z + 0,70$ en het verval door het kunstwerk

is 0,10 tot 0,15 m. De schuiven blijven alsdan open gedurende den tyd dat het havenpeil onder deze peilen staat, t.t.z. ongeveer 4 1/2 u., hoogstens 5 uur, by laagwater.

By de grootst mogelyke waterafvoer bedraagt het gemiddelde debiet 12 m³/sec. Die grootst mogelyke afvoer is dus, per ty

$$12 \times 3600 \text{ sec} \times 5 \text{ uur} = 216.000 \text{ m}^3.$$

Er mag derhalve gezegd worden dat de uitzonderlyke afvoer te Oostende per ty bedraagt

$$\text{stuw van het kanaal} = 2.550.000 \text{ m}^3.$$

$$\text{stuw aan de Noord-Zede} = 216.000 \text{ m}^3.$$

$$\text{Totaal} \dots\dots\dots 2.766.000 \text{ m}^3.$$

hetzy in ronde cyfers hoogstens 3.000.000 m³ per ty.

Deze uitzonderlyke maximumafvoer, afhankelijk van den regenval en van de verdeeling van den afvoer te Gent, komt slechts zeer zelden voor, soms jarenlang niet.

Als minder uitzonderlyke maximumafvoer kan aangenomen worden, per ty,

$$\text{kanaal} \quad 1.425.000 \text{ m}^3.$$

$$\text{Noord-Zede} \quad 216.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Totaal} \dots\dots 1.641.000 \text{ m}^3.$$

Een normaler voorkomende maximum-afvoer (meerdere malen per jaar) is, per ty,

$$1.000.000 \text{ m}^3 \text{ (zie hierboven).}$$

x x x

Het regenwater dat per jaar over rivieren en beken uit een bepaald hydrografisch bekken afgevoerd wordt kan, volgens ir. Cornelis, voor België, geschat worden op een waterlaag van 0,20 m hoog.

Het cyfer door Van Brabandt voor het Durme-bekken opgegeven, nl. 5 m³ per dag en per ha, stemt daarmee practisch overeen :

$$\frac{365 \text{ dagen} \times 5 \text{ m}^3}{10.000 \text{ m}^2} = 0,18 \text{ m.}$$

$$10.000 \text{ m}^2$$

Voor het bekken van de Noord-Zede (12.000 ha) bedraagt dus de jaarlyks af te voeren hoeveelheid

$$120.000.000 \text{ m}^2 \times 0,20 \text{ m} = 24.000.000 \text{ m}^3$$

hetzy een dagelyksch gemiddelde van

$$\frac{24.000.000}{365} = 66.000 \text{ m}^3.$$

$$365$$

De maximum-afvoer per dag is

$$24/12,5 \times 216.000 = 414.000 \text{ m}^3$$

hetzy $\frac{414.000}{66.000} = 6,3$ maal grooter.

$$66.000$$

x x x

Volgens Ehlers "Entwässerungsgräben" moet voor de maximum-afvoer minstens 0,6 l per ha en per seconde gerekend worden en in kust- of poldergebieden 0,8 l per ha en per seconde, hetzy dus respectievelyk 52 of 69 m³ per ha en per dag. De maximum-afvoer is dus 52/5 tot 69/5, hetzy 10,4 tot 13,8 maal grooter dan het dagelyksch gemiddelde.

Nemen wy als maximum-afvoer van zoetwater te Oostende, per dag,

$$1.641.000 \times 24/12,5 = 3.150.000$$

dan mag de totale jaarlyksche afvoer van zoetwater geschat worden op hoogstens

$$3.150.000 \times \frac{365}{10,4 \text{ tot } 13,8} = 83.000.000 \text{ tot } 110.000.000 \text{ m}^3,$$

hetzy in ronde cyfers 100.000.000 m³.

De afvoer van het bovenwater geschiedt voornamelyk in de maanden November-December en Maart-April. Het hoogste aantal noemenswaardige waterloozingen was dat van het jaar 1936-1937, hetzy 90. Gerekend aan 1.000.000 m³ per ty geeft zulks een afvoer van 90.000.000 m³. Dit cyfer kan gelden als bevestiging van hetgeen hierboven wordt uiteengezet.

§6) Mechanisme van de aanslibbing der haven van Oostende.

Aanslibbingsbalans.

Aangaande het mechanisme van de aanslibbing der haven van Oostende heeft een gedachtenwisseling plaats gehad tusschen den B.D.K. en het W.L., gedachtenwisseling waarvan we hieronder de resultaten mededeelen.

Het doel was een juist inzicht te verkrygen in de oorzaken van de aanslibbing der haven van Oostende, ten einde te kunnen beoordeelen in hoeverre een verandering aan den toegang naar zee een wyziging zou teweegbrengen in deze aanslibbing.

a) Slib aangevoerd door het zoetwater.

In volumen afgelezen in een meetglas, na een bezinking van een drietal dagen (het slib is alsdan maar zeer weinig ingeklonken), bedraagt het slibgehalte 1/1000 in volumen (zie brief nr. 44.532 van 6.1.1940 van den B.D.K.).

Met het zoet water zou dus inde haven, per jaar, $\frac{100.000.000}{1000} = 100.000 \text{ m}^3$ zeer licht slib geloosd worden.

Indien al dit slib in de haven moest bezinken, wat volstrekt niet zeker is, dan zou de jaarlyksche aanslibbing uit het zoet water 100.000 m³ bedragen. In zyn schryven nr. 44.532 van 5.6.1942 vestigt de B.D.K. er de aandacht op dat het cyfer van 100.000 m³ eerder overdreven is.

b) Slib aangevoerd door het zeewater.

De hoeveelheid zeewater, jaarlyks door de getyden in en uit de haven gevoerd, bedraagt theoretisch

$$400.000 \times 4 \text{ (gemiddeld tyverschil)} \times 720 \text{ (tyen)} = 1.152.000.000 \text{ m}^3.$$

Het slibgehalte van het zeewater is ten zeerste veranderlyk en is afhankelyk van stroomsnelheid, waterdiepte, windkracht, deining enz. Het slibgehalte is bv. grooter by hoogwater dan by laagwater. Het schoemelt tusschen 10 gr en 1000 gr. droog slib per m³ water en onmiddellyk boven den zeebodem is het slibgehalte wellicht nog veel grooter.

De verdichting van het bezonken slib gebeurt uiterst langzaam en het is dan ook niet verwonderlyk dat het soortelyk gewicht van de aanslibbing in de haven van Oostende zeer klein is, nl. 1,20 tot 1,25 Kg.

per liter, uitgenomen in de kleine strook tusschen de staketsels van den haveningang, waar de bezinking uit zand bestaat en waar het soortelyk gewicht 1,6 tot 1,8 kg per liter bedraagt.

Deze soortelyke gewichten zyn gemeten voor de specie in de hoppers en daar het gebaggerd kubiek, gemeten door profielopname voor en na baggeren, altyd wat grooter is dan het kubiek gemeten in de hoppers, mag men dus als soortelyk gewicht van de aanslibbing in de haven hoogstens 1,20 kg per liter en voor den haveningang 1,6 kg per liter aannemen.

Zy

G : het soortelyk gewicht van 1 liter aanslibbing.

X : het volumen van het droge slib (zonder holten) bevat in 1 liter aanslibbing.

1,025 : het gewicht van 1 liter zeewater

2,6 : het gewicht per liter van het droge slib (zonder holten).

g : het gewicht droog slib per liter aanslibbing.

dan hebben we

$$G = (1 - X) 1,025 + 2,6 X$$

en

$$g = 2,6 X = \frac{2,6 (G - 1,025)}{(2,6 - 1,025)}$$

hetzy voor G = 1,20 kg per liter g = 0,288 kg per liter.

voor G = 1,60 kg per liter g = 0,950 kg per liter.

Deze gewichten werden door roostingsproeven bevestigd.

Daar de zandbezinking tusschen de havenhoofden ook door stroomingen over het strand en over de lage havendammen geschiedt (en tevens door den wind, zie nr. 44.532 van 30.11.1942 van den B.D.K.), laten we die buiten beschouwing. Deze strook is trouwens niet in de havenoppervlakte van 40 ha begrepen. Veronderstellen we thans dat elke m³ zeewater, die de haven binnenstroont, 250 gr droog slib bevat en dat al dit slib in de haven zou bezinken. Dan wordt de aanslibbing, uitgedrukt in m³ onder profiel,

$$\frac{1.152.000.000 \times 0,250}{1.000 \times 0,288} = 1.000.000 \text{ m}^3.$$

c) De som van de aanslibbingen uit zoet- en zoutwater zou dus bedragen

Uit zoetwater : hoogstens 100.000 m³.

Uit zoutwater : 1.000.000 m³

Totaal 1.100.000 m³.

De rechtstreeksche slibaanvoer door zoetwater is dus zeer klein in vergelyking met den aanvoer uit het zeewater.

Daarby moet dan nog rekening worden gehouden met den onderstroom van zoutwater, die optreedt als zoetwater afgeloosd wordt (aanslibbing onrechtstreeks door het zoetwater veroorzaakt).

Volgens voorloopige experimenten, behandeld in een aanhangsel aan onderhavig verslag, mag in vele gevallen verondersteld worden dat een gegeven debiet zoetwater een onderstroom verwekt met een debiet dat twee- tot driemaal grooter is dan dit van het zoetwater.

Nemen we een vermenigvuldiger twee aan (de 100.000 m³ aanslibbing uit zoetwater zyn reeds langs den hoogen kant geschat), dan is de supplementaire hoeveelheid slib die in de haven wordt gevoerd

$$1.000.000 \times \frac{2 \times 100.000.000}{1.152.000.000} = 170.000 \text{ m}^3.$$

en het totaal wordt $1.100.000 + 170.000 = 1.270.000 \text{ m}^3$.

Daarin zyn 270.000 m^3 rechtstreeks of onrechtstreeks toe te schryven aan het zoetwater, maar het is mogelijk dat dit cyfer eenigszins langs den hoogen kant ligt. De aanslibbingen in de eigenlyke haven van Oostende (haveningang niet inbegrepen), waar de baggerspecie niet uit zand doch uit slib bestaat, bereiken jaarlyks een kubiek van ongeveer 800.000 tot 900.000 m^3 . Er is dus reden te gelooven dat al het aangevoerde slib niet volledig in de haven bezinkt. De slibaanvoer door het zoetwater verwekt blijft klein in vergelyking met den slibaanvoer uit zee.

Tot slotsom komen we tot de volgende conclusies :

1) Voor de reede van Zeebrugge wordt aangenomen dat 1 liter neergezet slib (aanslibbing) $0,8 \text{ kg}$ droog slib bevat (volgens blz. 17 van het verslag van den Heer Inspecteur Generaal Verschoore op het XVI^e Internationaal Scheepvaartcongres, Brussel 1935) terwyl voor Oostende het cyfer $0,288 \text{ kg}$ geldt. Eenzelfde dikte van aanslibbing (bv. 20 cm) heeft dus wel een zeer verschillende beteekenis naar gelang er sprake is van Oostende of van Zeebrugge.

2) Het mechanisme der aanslibbing is in beide havens zeer verschillend. De aanslibbing te Oostende wordt, voor het grootste gedeelte, veroorzaakt door het zeewatervolumen dat, per jaar, $S \times a \times 720$ bedraagt, S zynde het havenoppervlak, a het gemiddeld tyverschil en 720 het aantal tyen per jaar. Te Zeebrugge is vooral de aanwezigheid, by vloed, van den grooten Oosterwervel nadeelig. Deze wervel veroorzaakt tusschen reede en zee een uitwisseling die verschillende malen het debiet $S \times \frac{dh}{dt}$ bedraagt, $\frac{dh}{dt}$ zynde de tangens aan de tykromme.

3) By afwezigheid van den onderstroom (verwekt door den toevoer van zoetwater), en in eerste benadering, zou de aanslibbing te Oostende dus onafhankelyk zyn van de diepte der haven en zou de diepgang aldaar kunnen vermeerderd worden zonder dat een buitensporige vermeerdering van het weg te baggeren kubiek te vreezen valt. Hier moet echter een klein voorbehoud worden gemaakt :

1) Zulks zal niet waar zyn in het deel der haven dat gelegen is in de onmiddellyke nabyheid van de uitmonding in zee. Daar moet inderdaad gerekend worden met een neerstroorn, opgewekt door de stroomingen in zee die, door wryving, een wervelbeweging teweegbrengen in het water van den haveningang, dat anders in rust zou blyven. Maar gezien de aanslibbing in dien haveningang jaarlyks slechts een 90.000 m^3 bedraagt (zie de bylage aan het dienstverslag nr. 50.337 van 14.11.1939 van den S.D.K.), kan hierdoor geen belangrijke vermeerdering ontstaan van het totale kubiek dat jaarlyks uit de haven van Oostende weg te baggeren valt en dat in ronde cyfers gewoonlyk $1.000.000 \text{ m}^3$ beloopt (haveningang inbegrepen).

2) Volgens de nota van ir. Verschave bezinkt het aangevoerde slib niet volledig in de haven. By grootere diepte is het mogelijk dat er minder slib naar zee zou worden afgevoerd, maar de maximum mogelyke aanslibbing blijft toch altyd gelyk aan de hoeveelheid slib

TABEL IV

jaar	Holte onder zero in m ³	Gebaggerd in m ³	Totale aanstopping in m ³
1935	1.613.000	1.095.000	1.020.000
1936	1.686.000	988.000	1.022.000
1937	1.652.000	1.528.000	1.383.000
1938	1.819.000	929.000	930.000
1939	1.813.000		

die in de haven wordt ingevoerd en die hierboven op 1.270.000 m³ werd geschat. Deze gevolgtrekking wordt gestaafd door gegevens in het juist vernoemde dienstverslag bevat, gegevens die betrekking hebben op het havenvolumen en de baggerwerken uitgevoerd in de haven van Oostende en die het resultaat aantoonen eener vermeerdering der holte onder zero in de haven.

Tabel IV (zie hierneven)

Alhoewel de haven werd uitgediept is de aanslibbing er niet erger op geworden. Hier moet natuurlijk ook gedacht worden aan het feit dat de zoetwatertoevoer elk jaar niet even belangrijk is en de cyfers van Tabel IV worden door den B.D.K. als volgt gecommenteerd :

" Het laatste jaar is de holte onder zero om zeggens onveranderd gebleven, gemiddeld 1.816.000 m³, maar men had zich mogen verwachten aan een grootere aanslibbing dan in de jaren 1935-1936 en 1936-1937, als de gemiddelde holte een omvang van 1.650.000 m³ had. De aanslibbing is integendeel minder.

" Dit resultaat is waarschijnlijk toe te schrijven aan de gedurende "het laatste jaar aanzienlijk kleinere waterloozingen te Sas Slykens".

Als hier over den invloed der zoetwaterloozingen wordt gesproken, dan moet vermoedelyk in de eerste plaats gedacht worden aan het onrechtstreeksch effect dezer loozingen en niet aan den rechtstreekschen invoer van slib met het bovenwater.

§) Het gezamenlyk kubiek dat jaarlyks uit de haven van Oostende te baggeren valt is nagenoeg onafhankelyk van den vorm dien aan den ingang dezer haven gegeven wordt, indien men weliswaar daarby binnen zekere grenzen blyft (bv. den huidigegen toestand en het project Limmermans), t. t. z. indien men den ingang het karakter eener lange en smalle geul laat behouden. By de modelproeven werd aandacht geschonken aan de stroomingen in dezen ingang, niet alleen met het oog op de scheepvaart, maar tevens met het oog op de aanzanding en aanslibbing. Er werd bv. getracht het ontstaan van wervels aan den haveningang te beletten, daar deze wervels neerzettingen voor gevolg hebben. Veranderingen in het zand- en slibbezwaar, voor zoover ze veroorzaakt worden door wyzigingen aan de staketsels en lage havendammen, kunnen echter maar alleen optreden in de onmiddellyke nabylie van den haveningang.

Een algemeene conclusie die uit de voorgaande bespreking te trekken valt is dat, volgens hun vorm in plattegrond, de zeehavens in twee categories kunnen ingedeeld worden :

a) De havens waar verdieping een vermeerdering der aanslibbing veroorzaakt. Voorbeeld : Zeebrugge.

b) De havens waar verdieping geen noemenswaardige vergrooting van het slibbezwaar met zich voert. Voorbeeld : Oostende.

§7) Het in het W.L. gebouwde model geeft de kust weer op ongeveer 4300 m ten Westen van den haveningang van Oostende en op ongeveer 4100 m ten Oosten van dezen ingang (zie plan nr. 2), alsmede de haven

van Oostende zooals aangeduid op plan nr. 3. Het model gaat tot ongeveer 2500 m in zee.

De modelschalen zyn de volgende

horizontale schaal = $1/n = 1/400$.

verticale schaal = $1/m = 1/60$.

De distorsie is dus $400/60 = 6,67$.

§5) Aan de hand der documenten opgesomd in §2 heeft het .L. de volgende plans geteekend :

- plan nr. 1 : Algemeen liggingsplan van het model in het .L. te Borgerhout.
- plan nr. 2 : Algemeene plattegrond van het model met aanduiding van den zeedyk en van de ligging der profielen nrs. 1 t/m 43.
- plan nr. 3 : Algemeene plattegrond der haven van Oostende en van de staketsels en hun lage havendammen aan den haveningang.
- plan nr. 4 : profielen 1 tot en met 43.
- plan nr. 5 : dwarsprofielen over den oostelyken lagen havendam. De ligging dezer profielen is aangeduid op plan nr. 3.
- plan nr. 6 : dwarsprofielen over den westelyken lagen havendam. Voor de ligging dezer profielen zie insgelyks plan nr. 3.
- plan nr. 7 : geeft aanduidingen voor de strandkribben en voor de strandhoofden onmiddellyk ten Westen en ten Oosten van de havengeul.
- plan nr. 8 : bevat doorsneden over de dyken. Voor ligging dezer doorsneden, zie plan nr. 3.
- plan nr. 9 : is de weergave eener experimenteele inrichting die ge diend heeft voor de studie der stroomingen die ontstaan als zout- en zoetwater in elkaars aanwezigheid worden gebracht.
- plan nr. 10 : geeft de weergave van het oosterstaketsel met lage havendam en van de oostelyke beërenzing der havengeul, door het .L. uitgevoerd voor het ontwerp Zimmermans.
- plans nrs. 11 en 12 : geeft de stroomingen weer in zee die door het .L. voor den tegenwoordig bestaenden toestand werden gevonden.
- plans nrs. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 en 24 stellen de resultaten voor der detailonderzoekingen die door het .L. werden uitgevoerd in den haveningang en in dezes onmiddellyke nabyheid, zoowel voor den tegenwoordigen toestand als voor het project Zimmermans en voor verschillende andere ontwerpen.
- plan nr. 25 : uitkomsten der golfproeven op den tegenwoordigen toestand.
- plan nr. 26 : resultaten der golfproeven op het ontwerp Zimmermans, het nieuwe oosterstaketsel niet voorzien zynde van een lagen havendam.
- plan nr. 27 : geeft hetzelfde als plan nr. 26, maar voor een oosterstaketsel dat voorzien is van den lagen havendam van plan nr. 10.

De plans die stroomingen weergeven (11 tot en met 14) werden rechtstreeks en zonder eenige correctie van fotos overgenomen. Het zijn dus conische projecties die, als plattegrond opgevat, op geenerlei nauwkeurigheid aanspraak kunnen maken. Ze zijn echter voldoende exact om als stroomkaarten dienst te doen.

9) Evenals voor het model der reede van Zeebrugge (model nr. 19) hebben we er ons toe beperkt met stationnaire waterbewegingen te werken: een stationnaire vloed- en een dito ebstroom. Wy hebben gewerkt met springty, in de getyphasen die by hoogwater en 5 uur na hoogwater optreden, d.i. op de oogenblikken dat de snelheden het grootst zyn. Naar de ervaring in het N.L. opgedaan komt men met de stroomingen en waterstanden dezer getyphasen tot betrouwbare resultaten. Er werd trouwens ook nagegaan (zie §18 verder) of by andere getyphasen geen nadeeliger toestand ontstond. Volgens het springtyverloop aangegeven op Doc. nr. 10 bedraagt de waterstand by hoogwater (vloedstroom) $Z + 4,59$ m en 5 uur na hoogwater (ebstroom) is het peil $Z + 0,97$ m.

By hoogwater heeft men $\frac{dh}{dt} = 0$ ($\frac{dh}{dt}$ = afgeleide naar den tyd van den waterstand). Er was dus geen inrichting noodig om, by vloedstroom, door afzuigen van water uit de haven, den werkelyken toestand te benaderen. By ebstroom moest water naar de haven worden toegevoerd. Om 5 uur na hoogwater is de valsnelheid van den waterspiegel $0,87$ m/uur. Het door het ty veroorzaakte ledigingsdebiet is dus $400.000 \times 0,87 = 348.000$ m³/uur of 97 m³/sec. Zulks zou in den haveningang een naar zee gerichte snelheid geven van $97/550 \times 100 = 18$ cm/sec ongeveer (550 m² is nagenoeg de oppervlakte van het doorstrooingsprofiel tot de haven) in de veronderstelling dat het debiet gelykmatig over het gansche profiel verdeeld is. Zulks is geenszins in overeenstemming met het synoptisch kaartje van 5 uur na hoogwater, waar in de toegangsgedul snelheden van $0,7$ knoop of ruim 35 cm/sec aangegeven worden. Ook de zoetwatertoevoer zal op 16.9.1936 eerder klein zyn geweest, zoodat die toevoer (indien over het gansche profiel verdeeld) de stroomsnelheid van 18 cm/sec slechts in geringe mate kan vermeerderen. Deze tegenstrydigheid is oorzaak geweest dat wy in het model van plan nr. 9 overgegaan zyn tot proeven betreffende de beïnvloeding van een zoetwaterstroom door omringend zoutwater. We hebben voor 16.9.1936 (datum waarop de stroomwaarnemingen werden uitgevoerd aan de hand waarvan de synoptische kaartjes werden opgemaakt) geen gegevens kunnen verkrygen betreffende de hoeveelheid zoetwater die langs de Costendsche haven werd afgeloozd (zie schryven nr. H. 147 van 27.11.1940 van den heer e.a. adj. Hydrograaf Lauwers en daarmee in verband den brief nr. 55.714 van 25.11.1940 van den B.D.K.).

By eb werd dus gewerkt met een waterstand $Z + 0,97$ m en we gaven een debiet van 55 l/sec. Ten einde in de toegangsgedul snelheden te verkrygen analoog aan die der synoptische kaartjes, was het noodzakelyk een debiet van 3 l/sec langs de haven in te voeren, hetgeen natuurlyk overdreven is tegenover de 55 l/sec voor de voeding van het gansche model. Zoodals reeds hooger gezegd was dit de aanleiding voor de

studie met behulp der inrichting van plan nr. 9.

By vloed werd gewerkt met het peil $3 + 4,69$ m en, voor wat het algemeen stroomingsbeeld betreft weergegeven op plan nr. 11, werd eerst een debiet van $248,7$ l/sec. gebruikt. Later, by de modelstudie van plan nr. 13, werden we er toe gebracht het debiet op 232 l/sec te stellen en dit om de volgende reden. By de nabootsing der staketsels in het model hadden we enkel de verticale palen verwezenlykt, omdat het practisch niet uitvoerbaar was al de dwarsverbindingen in het klein tot stand te brengen. Daardoor oefenden de modelstaketsels, relatief gesproken, een te geringen weerstand op de stroomingen uit, hetgeen by de detailstudie van plans nrs. 13 en 14 tot uiting kwam, by vloed door te groote snelheden (paralleel aan de algemeene lyn der kust) in den haveningang en by eb door een afwisseling der stroomingen langs het oosterstaketsel, afwisseling die in de werkelykheid niet optreedt. Om aan dit euvel te verhelpen werd aan beide staketsels eene (zegge één) laag metaalgaas vastgehecht, zooals aangeduid op plans nrs. 13 en 14. Zoodoende kreeg men in de onmiddellyke nabyheid van den haveningang stroomingen die gelykvormig zyn aan deze der werkelykheid, maar nu waren de doorstroomingsprofielen van het model eenigszins verkleind, hetgeen by vloed een vermindering van het debiet van $248,7$ l/sec op 232 l/sec noodzakelyk maakte. By eb was zoo'n maatregel niet noodig, daar er, vanwege den veel lageren waterstand, slechts weinig water doorheen de staketsels vloeit. Wy deelen deze byzonderheden mede om de aandacht te vestigen op het feit dat, als er in onderhavig verslag sprake is van verlenging der staketsels, daarmee staketsels worden bedoeld die aan de stroomingen denzelfden relatieven weerstand bieden als de thans bestaande staketsels der werkelykheid. De snelheidsschaal is $2,25$, d.w.z. dat de in het model gevonden snelheden met $2,25$ moeten vermenigvuldigd worden om de snelheden der natuur te vinden. Deze schaal werd empirisch vastgesteld, zooals ook by de proeven voor de reede van Zeebrugge het geval was.

§10) Stroomingsproeven.

De oppervlaktestromen werden voornamelyk opgenomen door middel van vlotter met lichtende kaarsjes, welke banen gefotografeerd werden met onderbrekingen op regelmatige tydsintervallen.

De bodenstromen werden in hoofdzaak nagegaan door middel van gedrenkte balletjes kladpapier. Hier konden de snelheden niet worden vastgesteld, gezien den invloed der bode wryving op den loop der balletjes. De oppervlaktestromingen by eb werden opgenomen terwyl een debiet van 3 l/sec uit de haven vloeide, zulks ten einde in den haveningang snelheden te verkrygen evenredig aan de 35 cm/sec der synoptische kaartjes. Deze betrekelyk groote snelheden vinden o.i. mede hun oorzaak in het feit dat het zoetwater in een dunne laag over het zoutwater afvloeit. Dit debiet van 3 l/sec mocht dus niet worden aangewend voor de bodenstromingen. By de studie dezer laatste stroomingen werd geen haven-debiet gebezigd. Zoodoende plaatsten we ons in de meest ongunstige omstandigheden voor wat betreft de mogelykheid van ontstaan van werfels (met verticale as) aan de uitmonding der haven in zee, welke werfels, zooals bekend is, zeer nadeelig zyn, daar zy vaste stoffen binnenvoeren in den haveningang. Voor meerdere zekerheid werden ook de oppervlaktestromingen zonder havendebiet nagegaan, maar er werden alsdan geen snelheden gemeten.

Benige algemeene uitkomsten der proeven op de inrichting van plan. nr. 9 worden aan het einde van dit verslag in een aanhangsel medegedeeld

§11) Algemeene stroomingsproeven op een model dat den thans bestaanden

 werkelyken toestand weergeeft.

De oppervlaktestroomingen by vloed zyn afgebeeld op plan nr. 11.
 Debiet 248,7 l/sec. Geen havendebiet.

Waterstand : $Z + 4,69$ m.

De overeenkomst met het synoptisch kaartje springty-hoogwater is bevredigend. Ter vergelyking van de snelheden herinnere men zich dat 1 knoop = 51 cm/sec.

Het beeld der oppervlaktestroomen by eb is gegeven op plan nr. 12.

Debiet = 55 l/sec. Havendebiet = 3 l/sec.

Waterstand : $Z + 0,97$ m.

Er blykt goede overeenstemming te bestaan met de synoptische kaartjes van springty, 5 uur na en 6 uur vóór hoogwater.

Het detail der oppervlakte-vloedstroomen in de onmiddellyke nabyligheid der havengeul is gegeven op plan nr. 13 (debiet = 232 l/sec, geen havendebiet; waterstand = $Z + 4,69$ m.).

Het detail der oppervlaktestroomen by eb in de onmiddellyke nabyligheid der havengeul is afgebeeld op plan nr. 14 (debiet = 55 l/sec; havendebiet = 3 l/sec; waterstand = $Z + 0,97$ m.).

De waarnemingen kunnen als volgt samengevat worden :

Vloed.

Geen oppervlakteneer.

Bodemneer aanwezig (brengt zand en slib in den haveningang).

Tb met havendebiet (vooral belangryk voor de oppervlaktestroomen).

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Tb zonder havendebiet (vooral belangryk voor de bodenstroomen).

Geen oppervlakteneer.

Lichte bodemneer.

In verband met hetgeen hierboven werd gezegd aangaande den relatieven weerstand der staketsels, weze hier opgemerkt dat het metaalgaas der staketsels by de modelproeven zeer zindelyk moest worden gehouden. Verd het gaas te dicht door roest of aankleven van zaagsel en dgl., dan traden volkomen gewyzigde stroombeelden op. Met dicht westerstaketsel bv. had men by vloed een sterke oppervlakteneer die verdwynt by open westerstaketsel en een oosterstaketsel dat al of niet dicht is. De staketsels moeten natuurlyk in een zulkdanigen toestand worden gehouden dat, by weergave van den tegenwoordigen toestand, de stroomingsbeelden der synoptische kaartjes in het model tot stand worden gebracht.

§12) Project Timmermans.

Voor dit project beschikte het W.L. enkel over de lynrichting van het nieuwe oosterstaketsel. Het project werd uitgevoerd volgens de gegevens van plan nr. 10, waarby we ons voor den lagen havendam lieten

leiden door den bestaanden oostelyken havendam. In het nieuwe oosterstaketsel werden de verticale palen niet uitgevoerd, maar er werden twee lagen metaalgaas aangebracht, nadat we geverifieerd hadden dat die twee lagen gaas nagenoeg denzelfden weerstand bieden aan de stroomingen als de verticale palen plus één laag van het gaas. Als we later staketsels hebben verlengd werd dezelfde methode van constructie toegepast, die voor den modelbouw een belangryke tydsbesparing beteekent.

Plan nr. 15 geeft de oppervlaktestroomen by vloed (debiet = 232 l/sec; geen havendebiet; waterstand = $Z + 4,69$ m.).

Plan nr. 16 is een afbeelding van de oppervlaktestroomen by eb (debiet = 55 l/sec; havendebiet = 3 l/sec; waterstand = $Z + 0,97$ m.).

Samenvatting der waarnemingen.

Vloed

Geen oppervlakteneer.

Sterke bodemneer.

Eb met havendebiet (vooral belangryk voor de oppervlaktestroomen).

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb zonder havendebiet (vooral belangryk voor de bodemstroomen).

Geen oppervlakteneer.

Lichte bodemneer.

Ten vergelyking tusschen de resultaten der §§ 11 en 12 leert dat de stroomingen by het project Timmermans niet belangryk verschillen van deze die in den huidige toestand waargenomen worden en dat dus ook de zand- en slibneerslag per m² oppervlakte van den haveningang van dezelfde orde van grootte zal blyven als thans het geval is. De verbreding met 10 m. van den kop van het westerstaketsel (zie nr. 44.532 van 25.2.1939 van den B.D.K.) is zonder belang voor wat de stroomingen x betreft. Deze verbreding werd dus steeds ter zyde gelaten, omdat het uit een waterbouwkundig oogpunt onverschillig is of ze al dan niet aangebracht wordt.

§13) Ten einde de bodemneer by vloed op te heffen, die een belangryk gevaar voor aanzanding en aanslibbing met zich brengt, werd in den tegenwoordigen toestand het westerstaketsel met 82 m. verlengd. De stroomingen by vloed (debiet = 232 l/sec; geen havendebiet; waterstand = $Z + 4,69$ m) zyn weergegeven op plan nr. 17.

De stroomingen by eb (debiet = 55 l/sec; havendebiet = 3 l/sec; waterstand = $Z + 0,97$ m) staan op plan nr. 18.

Samenvatting der waarnemingen.

Vloed

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb met havendebiet (vooral belangryk voor de oppervlaktestroomen).

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb zonder havendebiet (vooral belangryk voor de bodemstroomen).

Oppervlakteneer aanwezig.

Geen bodemneer.

Er mag dus besloten worden dat, onder oogpunt van de neerzettingen, dit project voordeliger zou zyn dan de huidige toestand.

§14) Zelfde toestand als in de voorgaande §, maar de verlenging van het westerstaketsel werd op 64 m teruggebracht, om na te gaan of met een kleine^r uitgave niet hetzelfde gunstige resultaat zou kunnen worden bereikt.

De stroomingen by vloed (debiet = 232 l/sec; geen havendebiet; waterstand = $Z + 4,69$ m) zyn weergegeven op plan nr. 19.

Voor de stroomingen by eb (debiet = 55 l/sec; havendebiet = 3 l/sec) waterstand = $Z + 0,97$ m) wordt naar plan nr. 20 verwezen.

Samenvatting der waarnemingen.

Vloed.

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb met havendebiet (vooral belangryk voor de oppervlaktestroomen).

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb zonder havendebiet (vooral belangryk voor de bodemstroomen).

Lichte oppervlakteneer.

Kleine bodemneer aanwezig.

Men mag oordeelen dat deze toestand nagenoeg even gunstig is als dengene beschreven in de voorgaande §.

§15) Er werd teruggegaan tot het project Timmermans en, daar uit de voorgaande twee §§ blykt dat een vermindering der verlenging van het westerstaketsel toelaatbaar is, werd dit staketsel slechts van een kleine verlenging voorzien, nl. 40 m.

De oppervlaktestroomen by vloed (debiet = 232 l/sec; geen havendebiet; waterstand = $Z + 4,69$ m) zyn weergegeven op plan nr. 21.

Voor de oppervlaktestroomen by eb (debiet = 55 l/sec; havendebiet = 3 l/sec; waterstand $Z + 0,97$ m) zie plan nr. 22.

Samenvatting der waarnemingen.

Vloed.

Geen oppervlakteneer.

Sterke bodemneer.

Eb met havendebiet (vooral belangryk voor de oppervlaktestroomen)

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb zonder havendebiet (vooral belangryk voor de bodemstroomen)

Kleine oppervlakteneer aanwezig.

Geen bodemneer.

De nadeelige bodemneer by vloed komt weer te voorschyn, wat bewyst dat er een zekere verhouding dient te bestaan tusschen de verlenging van het westerstaketsel en de breedte tusschen staketsels en dat een verlenging met 40 m hier niet voldoende is.

§16) Ingevolge het resultaat van de voorgaande § wordt nu het project Timmermans beproefd met een verlenging van 80 m van het westerstaketsel.

De oppervlaktestroomen by vloed (debiet = 232 l/sec; geen havendebiet; waterstand = $Z + 4,69$ m) zyn weergegeven op plan nr. 23.

De oppervlaktestroomen by eb (debiet = 55 l/sec; havendebiet = 3 l/sec; waterstand = $Z + 0,97$ m) staan op plan nr. 24.

Samenvatting der waarnemingen.

Vloed.

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb met havendebiet (vooral belangryk voor de oppervlaktestroomen)

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb zonder havendebiet (vooral belangryk voor de bodemstroomen).

Zeer lichte oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Onder waterbouwkundig opzicht is deze toestand dus zeer gunstig:

§17) Ingevolge het schryven nr. 44.532 van 30.11.1942 van den B.D.K. werd het project Timmermans onderzocht met onverlengd westerstaketsel. De oostelyke lage havendam bleef ongewyzigd en het oosterstaketsel werd met 80 m verkort. In plattegrond ontstond dus dezelfde toestand als in voorgaande §, waarby de staketsels echter 80 m naar de kust toe zouden verplaatst zyn.

Samenvatting der waarnemingen.

Vloed.

Geen oppervlakteneer.

Sterke bodemneer.

Eb met havendebiet (vooral belangryk voor de oppervlaktestroomen).

Geen oppervlakteneer.

Geen bodemneer.

Eb zonder havendebiet (vooral belangryk voor de bodemstroomen).

Oppervlakteneer aanwezig.

Bodemneer aanwezig.

Deze toestand is dus nadeelig. De sterke bodemneer by vloed is het gevolg van het direct contact, aan het zeewaartsche uiteinde van het oosterstaketsel, van de diepe vaargeul met het ondiepe strand.

§18) Ten einde na te gaan of by sommige toestanden van het ty geen meer nadeelige stroombeelden optreden dan by vloed ($Z + 4,69$ m) of by eb ($Z + 0,97$ m) het geval is, werd by vele projecten een vloed onderzocht met een debiet van 225 l/sec en een waterstand ($Z + 3,80$ m), alsmede een eb met een debiet van 54 l/sec en een waterstand ($Z + 0,50$ m), met of zonder havendebiet van 2,9 l/sec.

De verschynselen by die stroomingen waargenomen verliepen in dezelfde lyn als by de hoogerbeschreven proeven.

windrichting	windsnelheid m/sec	gemiddelde golfhoogte m.	gemiddelde golflengte m.	verhouding <u>golflengte</u> golfhoogte
N.	8	1.35	15	11.2
W. t. N.	14	0.85	6.5	7.6
N.O.	11	0.9	12	13.4

§19) Golfproeven.

Het uitvoeren van golfproeven by het modelonderzoek gaat met zekere moeilykheden gepaard, moeilykheden die eenerzyds daarin hun oorsprong vinden dat aangepaste toestellen voor het opwekken en meten der golven noodig zyn, anderzyds te zoeken zyn in de eischen die de gelykvormigheid van model en prototype stelt.

Wat de eerste reeks moeilykheden betreft weze hier alleen aangemerkt dat, dan wanneer de golven in de natuur opgewekt worden door den wind die over de gansche wateroppervlakte blaast, van een gelykaardige wyze van opwekken (met ventilatoren bv.) in het model moest afgezien worden, daar dit stelsel met talryke modeltechnische bezwaren gepaard gaat. De by het modelonderzoek voor den haveningang van Oostende gebruikte toestellen voor het opwekken en meten der golven worden verder beschreven. In het model werden de golven over één lyn opgewekt.

De tweede reeks moeilykheden is eer van principieelen aard en houdt verband met de dynamische gelykvormigheid. Onderzoeken we vooreerst de gegevens uit de natuur : golfhoogten en golflengten in het punt A (der zoogenaamde kleine reede, zie plan nr. 25).

zie tabel hierneven

Het verband tusschen deze cyfers wordt eerst duidelyk wanneer men de ligging der banken vóór de Vlaamsche kust in het oog houdt (vgl. de kaart Noordzee-Vlaamsche Banken - 1938). Een eerste gordel banken loopt evenwydig met de kustlyn terwyl een tweede groep benaderd loodrecht op de richting W.t.N. (deze richting is op plan nr. 25 aangeduid) verloopt. Dit verklaart waarom de golven uit de richting W.t.N. (we onderstellen dat de golven ongeveer in dezelfde richting loopen als de wind die hen opwekt), veroorzaakt door een wind met 14 m/sec snelheid, in het punt A veel sterker gedempt zyn dan bv. de golven uit het N. waarby de wind slechts een snelheid van 8 m/sec had. Komen de golven uit de richting N.O. dan moeten ze den bankengordel die evenwydig met de kust verloopt schuin oversteken en vertoonen zy ook een sterkere demping dan de golven uit Noordelyke richting.

De verhouding golflengte/golfhoogte bedraagt in het punt A der kleine reede voor de golven uit Noordelyke richting 11,2; cyfer dat vry goed overeenstemt met de waarde 12 die men gewoonlyk aangeeft voor dezelfde verhouding by golven in volle zee. Voor golven uit de andere twee richtingen is de waarde der verhouding golflengte/golfhoogte merkelyk verschillend.

Om modeltechnische redenen werden, zooals reeds vroeger gezegd, de horizontale en verticale schalen van het model niet gelyk genomen (horiz. schaal 1/400, verticale schaal 1/60) en werd het model dus met een distorsie gelyk aan 6,67 gebouwd.

Wenscht men nu de gelykvormigheid der voortplantingssnelheid te verwezenlyken tusschen de golven in de natuur en in het model, dan moeten, zooals uit theoretische overwegingen blykt, zoowel de golflengte als de golfhoogte met de verticale schaal gemeten worden. Met golven uit de natuur van 15 m golflengte en 1,35 m golfhoogte zouden dus modelgolven

overeenstemmen met 25 cm golflengte en 2,25 cm golfhoogte. Moest men zich anderzyds opleggen zoowel de horizontale als de verticale schalen te eerbiedigen, dan zou men niet meer voldoen aan de gelykvormigheid der voortplantingsnelheid en zouden dezelfde golven uit de natuur herleid worden tot 3,75 cm golflengte en 2,25 cm golfhoogte, wat onmogelyk te verwezenlyken is.

Opdat de opmeting der golfhoogten in het model met voldoende nauwkeurigheid zou kunnen geschieden, bleek het noodig een golfhoogte van minstens een viertal cm te verwezenlyken wat, wil men golven hebben met voldoende innerlyke stabiliteit, een minimum golflengte van $4 \times 12 = 48$ cm vereischt.

Daar hier dus de eischen der practyk (juiste opmeting) niet in overeenstemming te brengen zyn met de theoretische gelykvormigheid, werd van deze laatste afgezien en beperkte men zich tot het meten van de demping, waarby gewerkt werd met golyen van 4 cm tot 6 cm golfhoogte en 60 cm golflengte in het punt A der Kleine Reede.

Zoals op plan nr. 3 aangegeven werden de kaaimuren der haven van Oostende in zeefdraad uitgevoerd met daarachter vaste wanden. De ruimte tusschen zeef en wanden werd met houtkrullen opgevuld en deze konden dan zoodanig worden aangedrukt dat de weerkaatsing der golven uit zee natuurgetroouw zou geschieden. Deze kunstgreep was noodig vanwege de distorsie.

Tegen de Leopoldsluis hadden we ook, by golven uit N.W., een hinderlyke weerkaatsing die aanleiding gaf tot staande golven, welke zeker in de werkelykheid niet in die mate bestaan waarin ze by de modelproeven voorkwamen. We hebben aldaar dan ook zoo'n demping aangebracht en, als op de plans nrs. 25, 26 en 27 sprake is van demping, dan wordt daarmee de demping by de Leopoldsluis bedoeld.

Voor de opwekking der golven werd principieel dezelfde apparatuur gebruikt als by de proeven voor de reede van Zeebrugge (model nr. 19), maar er werden belangryke mechanische verbeteringen aan toegebracht.

Het golfapparaat is voorgesteld op plan nr. 28. De vlotter, 445 cm lang, kan op verschillende hoogten ingesteld worden en ook de amplitude is regelbaar. Het toerental wordt ingesteld door middel van een Flendersnelheidsregelaar, niet op het plan voorgesteld, die een continue regeling der hoeksnelheid toelaat over een zeer uitgebreid bereik. Het Flender-apparaat wordt door een electromotor gedreven.

De proeven gebeurden met een sinusvormigen vlotter. De proeven werden alle uitgevoerd met 93 toeren per minuut, zoodat 93 golven per minuut opgewekt werden. De amplitude der vlotterbeweging was 6,65 cm; deze groote amplitude was noodzakelyk om goed meetbare golven te bekomen. In het model werd een waterstand ($Z + 3,40$ m) verwezenlykt en de indompeling van den vlotter was ca 9 cm by zyn middenstand.

By de golfproeven werden in het model geen stroomingen tot stand gebracht. Voor het model der reede van Zeebrugge gebeurde het opmeten der golftoppen en -dalen op het bloote oog. We hebben gezocht naar een meer objectieve methode voor het bepalen der amplitude. Na verschillende werkwyzen te hebben onderzocht, o.a. ook met optische hulpmiddelen, zyn we eindelyk gekomen tot de methode die we thans in het kort beschryven.

In een punt waar we de amplitude wenschen te meten stellen we, zoo dicht mogelyk by elkaar, twee peilnaalden die elk voorzien zyn van

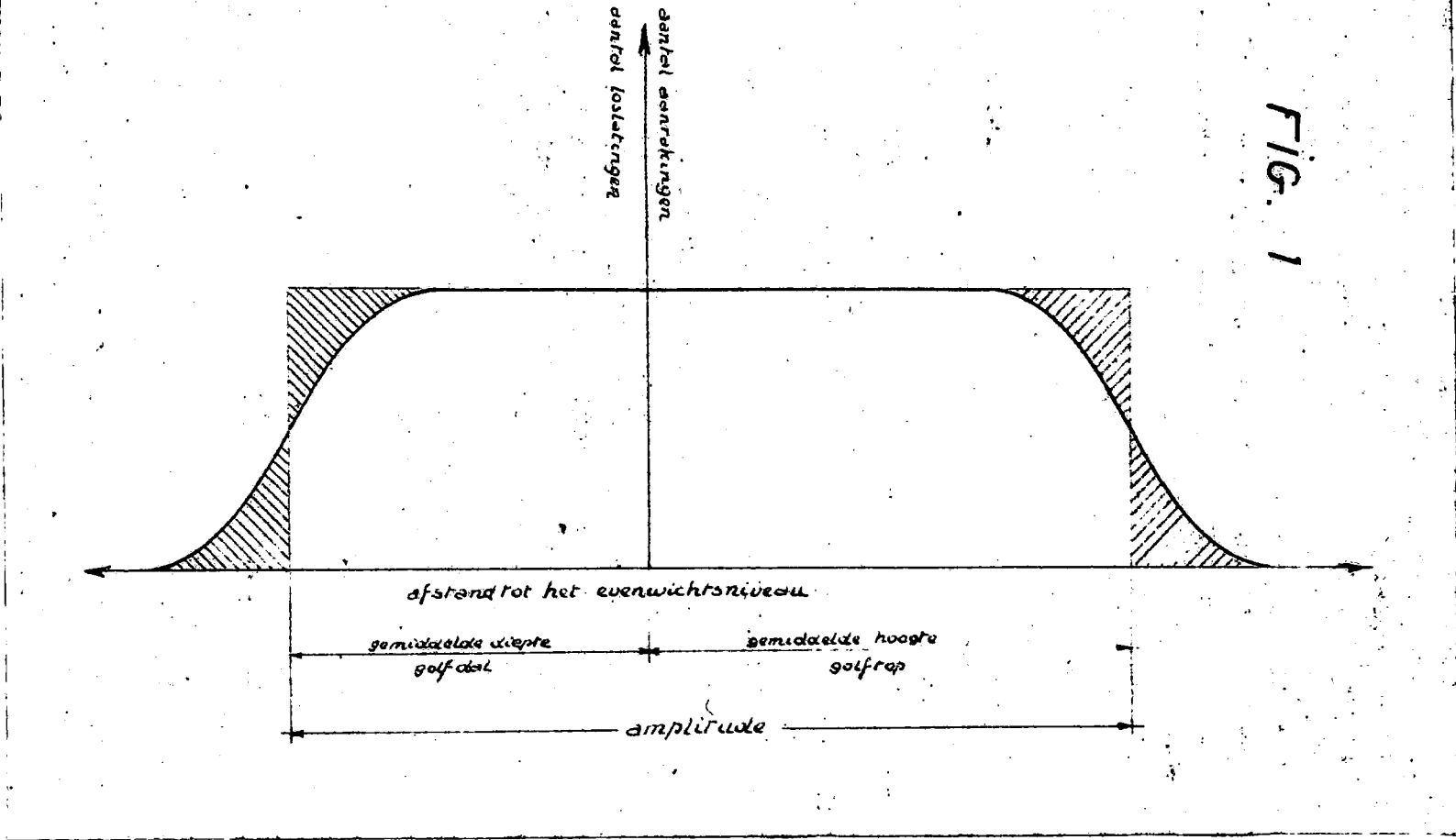


FIG. 1

een schaalverdeeling met nonius. Een dezer naalden, die we topnaald noemen, telt het aantal malen dat zy per minuut met het water in aanraking komt. Bevindt het onderste uiteinde dezer naald zich boven het evenwichtsniveau (d.i. het wateroppervlak in de afwezigheid van golven) en onder de laagst mogelyke golfkruin, dan zal zy per minuut 93 aanrakingen en registreeren als gedurende hetzelfde tydsbestek evenveel golven worden opgewekt. De andere naald is de dalnaald. Zy telt het aantal keeren per minuut dat zy door het water losgelaten wordt. Bevindt haar onderste uiteinde zich onder het evenwichtsniveau maar boven het meest ondiepe golfdal, dan zal zy 93 loslatingen per minuut aangeven als in denzelfden tyd 93 golven haar voorby trekken.

We beschikten over 6 peilnaalden, drie top- en drie dalnaalden, zoodat de amplituden gelyktydig in drie plaatsen konden opgenomen worden. By den aanvang eener proef werden alle naalden op het evenwichtsniveau ingesteld en dan werd de golfmachine in werking gebracht. Alle naalden gaven dan 93 aanrakingen of loslatingen aan. Vervolgens werden de topnaalden 1 mm naar omhoog gebracht en de dalnaalden 1 mm naar omlaag en weer werd het aantal aanrakingen, resp. loslatingen, vastgesteld. Dan werden de topnaalden 2 mm boven het evenwichtsniveau gebracht en de dalnaalden 2 mm eronder, enz. Draagt men nu voor een meetpunt het aantal aanrakingen in abcis, de afstand tot het evenwichtsniveau volgens de positieve ordinaat voor de topnaald en volgens de negatieve dito voor de dalnaald, dan bekomt men een diagram zocals afgebeeld op fig. 1.

We nemen nu als gemiddelde hoogte van den golftop boven het evenwichtsniveau de gemiddelde hoogte van het diagram boven de as der abcissen en als gemiddelde diepte van het golfdal de gemiddelde hoogte van het diagram onder de as der abcissen. De amplitude der golf is dan de gemiddelde verticale hoogte van het diagram. Byna altyd werd vastgesteld dat de hoogte van den golftop grooter is dan de diepte van het golfdal.

Ziehier de uitkomsten van zoo'n proef. De meetpunten A, B, C, D, E zyn aangeduid op de plans nrs. 25, 26 en 27.

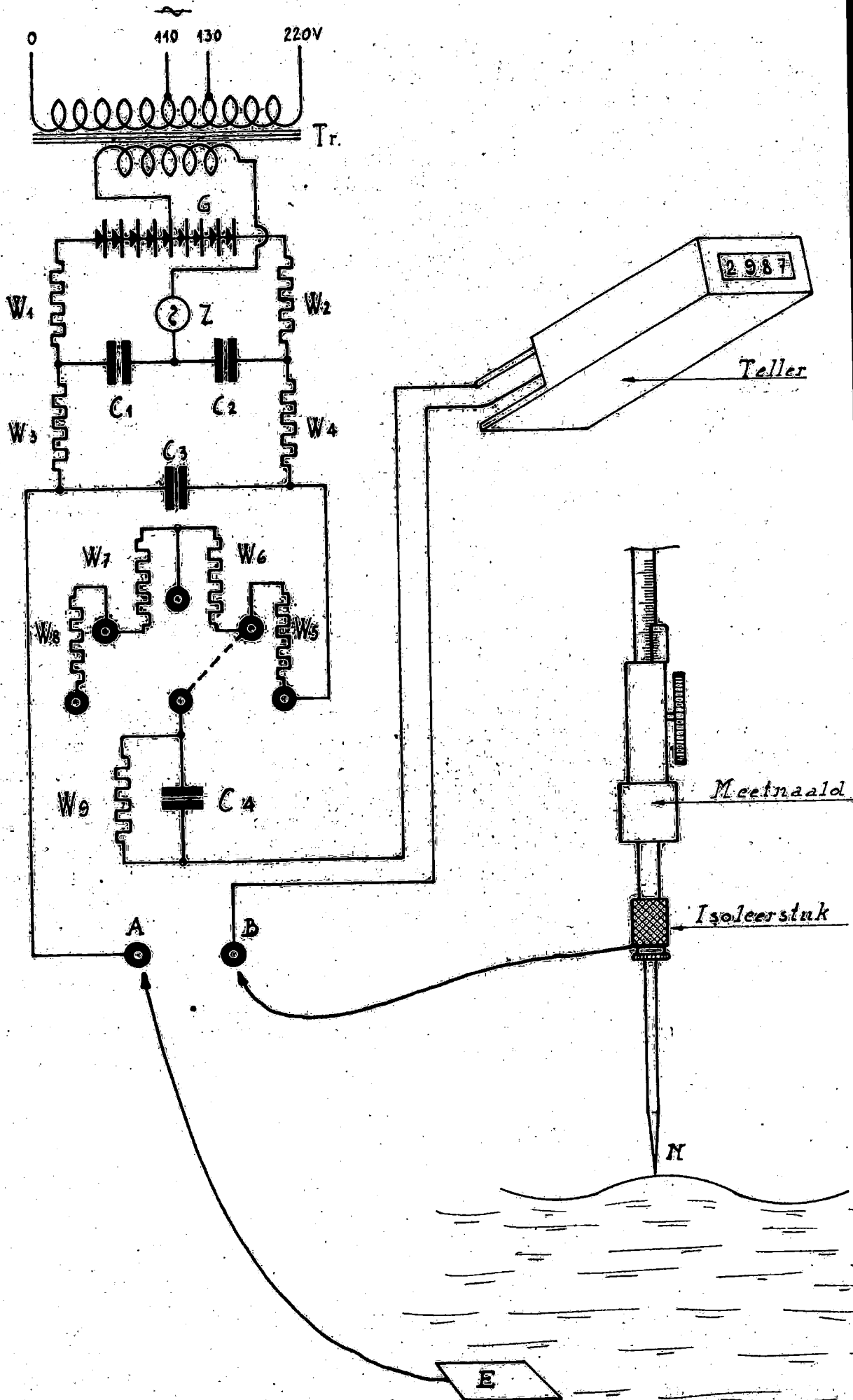
Punt A	{ top 34,22 mm dal 25,16 mm	amplitude = 59,38 mm.
Punt C	{ top 19,73 mm dal 24,79 mm	amplitude = 44,52 mm.
Punt D	{ top 9,62 mm dal 4,78 mm	amplitude = 14,40 mm.

Het punt A, dat het meest in zee gelegen is, werd steeds als referentiepunt genomen en de amplitude werd er gelyk aan 100 gesteld.

Men komt dus zoo tot de volgende relatieve waarden

Punt A	{ top 58 dal 42	amplitude = 100
Punt C	{ top 33 dal 42	amplitude = 75.
Punt D	{ top 16 dal 8	amplitude = 24.

FIG. 2



Daarna werden dezelfde bewerkingen verricht voor de puntenreeks A,B,E en, door samenvoeging van de aldus bekomen resultaten met de voorgaande, bekwamen we een reeks waarden der golfhoogten voor de puntenreeks A,B,C,D,E. Daar de golven uiterst grillige verschynselen vertoonen werden de metingen voor de puntenreeks A,B,C,D,E steeds zesmaal herhaald en werd als definitief resultaat het gemiddelde dier zes bepalingen aanvaard.

x x x

Het schema der electriche opstelling van de topnaald, resp. dalnaald, is in fig. 2 gegeven.

Het automatisch tellen der aanrakingen (resp. loslatingen) van de golven met het onderste uiteinde eener peilnaald gebeurt door middel van een electricch gedreven teller van het type dat dient om in een centrale een aantal telefoongesprekken op te nemen. De benodigde stroomsterkte bedraagt enkele milliampères, onder lage gelijkstroomspanning.

Het W.L. beschikt slechts over een wisselstroomnet, zoodat de stroom moet gelijkgericht worden. Dit gebeurt na eerst de spanning verlaagd te hebben door middel van den transformator Tr. met geïsoleerde secundaire winding, om alzoo ied^e aanraking met de uit het apparaat vertrekende leidingen gevaarloos te maken. De secundaire stroom wordt alsdan gelijkgericht door den drogen gelykrichter G en de condensatoren C1 en C2, als spanningsverdubelaar geschakeld. Z is een klein lampje dat dienst doet als zekering, ten einde den gelykrichter te beveiligen by eventueele kortsluiting in de condensatoren C1 of C2. Een lichte filtering en stabilisatie van de spanning van den bekomen gelijkstroom wordt nog verkregen door de weerstanden W3, W4 en condensator C3. Verbinding met de watermassa gebeurt door de electrode E over het contactpunt A. De weerstanden W5, W6, W7 en W8 zyn bedoeld als compensatie van den waterweerstand, die verschillen kan naar gelang de peilnaald dicht by of ver van E opgesteld is. Het aantal der gebezigde weerstanden wordt geregeld door inschakeling van een kortsluitstuk, te plaatsen tusschen het centraal contact en de vyf er rond gelegen contacten. Weerstand W9 heeft een zoo hooge weerstand dat de automatische teller niet aanspreekt wanneer zelfs kortsluiting tusschen de punten A en B plaats heeft, zulks ten einde beschadiging der winding van het relais van den teller te voorkomen by langdurige inschakeling, gedurende de metingen der golfdalen of gedurende de metingen der golfkruinen, als in dit laatste geval de punt der peilnaald zich dicht by het evenwichtsniveau bevindt.

De teller wordt slechts in werking gesteld door den stroomstoot veroorzaakt door de oplading van C4, by een lichte aanraking van den punt N der peilnaald met de golf. Gedurende de onderbreking zorgt W9 voor de ontlading van C4.

Hier weze nog gezegd dat het volledige apparaat toelaat terzelfdertyd op 6 verschillende plaatsen metingen te doen, wat er dus op neerkomt dat men in drie plaatsen top en dal der golven opmeten kan. Transformator Tr en gelykrichter G voeden de complete apparatuur, terwyl voor iedere peilnaald een teller met al zyn onderdeelen aanwezig is, zoodat de spanning aan ieder der condensatoren C3 practisch constant blijft en enkel door den toestand van den erop aangesloten kringloop beïnvloed wordt.

§20) op plan nr. 25 zyn in tabel de golfwaarnemingen samengebracht die in model werden uitgevoerd voor den tegenwoordigen toestand.

De waarnemingen uit de natuur, gegeven in §3, werden insgelyks in de tabel opgenomen, waarbij de amplitude in het punt A (kleine reede) gelyk aan 100 werd gesteld. Hebben enkel belang de in de tabel onderlynde modelwaarnemingen. Deze werden uitgevoerd in de volgende condities : demping by de Leopoldsluis; westerstaketsel verdicht met één laag metaalgaas en met lage havendam; oosterstaketsel verdicht met één laag metaalgaas en met lage havendam. De staketsels verkeerden dus in dezelve voorwaarden als voor de stroomingsproeven. De andere waarnemingen hebben enkel belang omdat zy verband houden met meettechnische moeilijkheden en omdat ze bewyzen dat de maatregelen die in het model werden getroffen voor de natuurgetrouwheid der stroomingen ook passend zyn voor de golfproeven. Ten vergelyking der resultaten gegeven op plan nr. 25 toont dat de golfbeweging in het model overeenkomt met de golfbeweging der natuur, waarbij niet uit het oog lag verloren worden dat de metingen in de werkelykheid met groote bezwaren gepaard gaan, zelfs in zulke mate dat zy geen aanspraak maken kunnen op eenige nauwkeurigheid.

Vestigen wy nog de aandacht op het verschil dat bestaat tusschen de golven uit Noord-West en de golven uit Noord-Oost. De kruin der golven uit Noord-West staat haaks op de aslyn van den haveningang, zoodat de golven zich voortplanten volgens de langsrichting der toegangsgedul. De golven uit Noord-Oost daarentegen hebben een kruin die parallel is aan de aslyn van den haveningang, zoodat deze kruin ongeveer gelyktydig met alle punten van het oosterstaketsel in aanraking komt.

§21) Plan nr. 26 heeft betrekking op het project Timmermans, waarbij de oostelyke lage havendam weggelaten is. De gegevens van dit plan hebben alleen een proefondervindelyk belang. Plan nr. 27 geeft de waarnemingen op het project Timmermans, het model heelemaal ingericht zynde zocals by de stroomingsproeven van plans nrs. 15 en 16. De resultaten die belang hebben zyn in de tabel onderlynd. Zy werden opgenomen met demping by de Leopoldsluis; het westerstaketsel verdicht met één laag metaalgaas en met lage havendam, het oosterstaketsel met lage havendam en verdicht met twee lagen metaalgaas, waarvan één laag om rekening te houden met het ontbreken der verticale palen. Een vergelyking tusschen de onderlynde modelwaarnemingen van plans nrs. 25 en 27 toont dat de golfbeweging by het project Timmermans practisch niet zal verschillen van deze die thans in den huidige toestand optreedt.

§22) Besluiten.

- 1) Wat de stroomingen en de golfbeweging aangaat zyn de tegenwoordige toestand en het project Timmermans gelykwaardig. De neerzetting per m² haveningang zal in beide gevallen ook niet veel verschillen.
- 2) Onder waterbouwkundig oogpunt kan een verbetering worden verkregen ten opzichte van den tegenwoordigen toestand of het project Timmermans door een verlenging met 80 m van het westerstaketsel, zocals afgebeeld op de plans nrs. 23 en 24. De lage havendammen van het project Timmermans blyven alsdan behouden.

Wy hebben het overbodig geacht golfproeven uit te voeren voor den

toestand afgebeeld op de plans nrs. 23 en 24.

Indien zulks onder scheepvaartkundig oogpunt moest noodig blyken, is het mogelijk een torentje te bouwen in de verlengde van het oosterstaketsel. Dit torentje zou alsdan met het zeewaartsche uiteinde van het oosterstaketsel verbonden worden door middel eener brug, die zoo weinig mogelijk weerstand zou dienen te bieden aan de stroomingen.

3) Behoudt men het westerstaketsel, de beide lage havendammen en verkort men het oosterstaketsel met 80 m dan komt men tot een ongunstigen toestand.

4) Aanvaardt men het project Timmermans, maar verlengt men daarby het voorgestelde oosterstaketsel, dan zou men een nadeeligen toestand scheppen, omdat dan by vloed de bodemmeer zou worden versterkt.

5) De verbreding met 10 m van den kop van het westerstaketsel, by het project Timmermans, heeft onder waterbouwkundig opzicht een zeer geringen invloed.

6) De bouw van een verbindingsstaketsel tusschen het oostelyk havenhoofd en het oosterstaketsel (zie streepjeslyn op plan nr. 26) kan onder waterbouwkundig opzicht maar zeer weinig invloed hebben. Het komt ons voor dat dit eerder een kwestie van exploitatie der haven is. Men zou eveneens, stroomafwaarts van de Leopoldsluis, een brug kunnen bouwen, insgelyks in streepjeslyn aangeduid op plan nr. 26.

7) Indien men binnen zekere grenzen blyft, d.w.z. indien men aan den haveningang het karakter eener lange en smalle toegangseul laat behouden, zal de aanslibbing in de eigenlyke haven van Oostende geen veranderingen ondergaan by wyzigingen aan den haveningang.

8) Moest men den toevoer van zoetwater tot de haven van Oostende opheffen, dan zou daardoor waarschyndlyk maar een lichte verbetering worden bereikt voor wat betreft de neerzettingen in de eigenlyke haven. Deze kwestie houdt geen rechtstreeksch verband met de opdracht van het W.L. zooals deze omschreven is in het schryven nr. 44.532 van 25.2. 1939 van den B.D.K.

9) Algemeene conclusie.

Volgens hun vorm in plattegrond kunnen de zeehavens in twee categorieën ingedeeld worden :

a) de havens waar verdieping een vermeerdering der aanslibbing veroorzaakt. Voorbeeld : Zeebrugge.

b) de havens waar verdieping geen noemenswaardige vergrooting van het slibbezwaar met zich brengt. Voorbeeld : Oostende.

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
BIBLIOTEEK

3631

LABORATOIRE de RECHERCHES HYDRAULIQUES
BIBLIOTHEQUE

Aanhangsel.

Proeven betreffende het stroomen van zoet- en zoutwater boven elkaar.

Zoals hooger in §9 van dit verslag reeds vermeld, werd vermoed dat de groote oppervlaktesnelheid die by eb gemeten wordt in de havengeul, toe te schrijven zou zyn aan het afvloeien van een relatief dunne laag zoetwater boven een laag zeewater.

Daar het practisch onmogelyk was in het groot model te werken met zoet- en zoutwaterstroomen en daar het verschynsel, zooals het zich in de natuur voordoet, zeer complex is vanwege het gety, werd het verkieslyk geacht het problema vooreerst te bestudeeren in een van zyn eenvoudigeste aspecten, namelyk het afvloeien van een constant debiet zoetwater boven een laag zoutwater in rust. Verder werd ook getracht eenigszins na te gaan welke de invloed is van het gety op het afvloeien van dit zoetwaterdebit.

Het model dat gebouwd werd voor dit onderzoek is afgebeeld op plan nr. 9. In principe bestaat het uit een relatief lang, smal kanaal met glazen wanden en horizontale bodem, kanaal dat uitmondt in een groot rechthoekig reservoir waarvan één der zywallen als overlaat uitgebouwd is. Voor de proef werden kanaal en reservoir zoo hoog mogelyk gevuld met zoutwater (zoutgehalte van 20,2 tot 51,1 gr/l. naar gelang de proef), het reservoir met groote oppervlakte doet hierby dienst als "zee", waarin de havengeul, d. i. het kanaal, uitmondt. Het zoetwater wordt in het model gebracht aan het andere uiteinde van het kanaal.

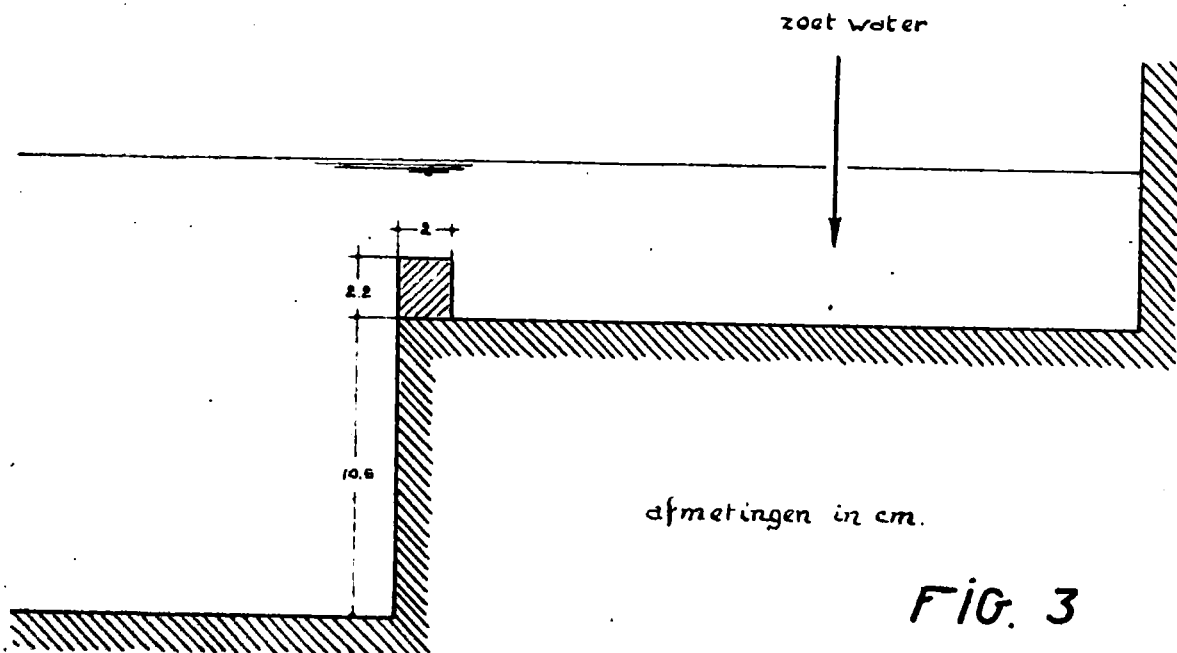
Reeds by de eerste proeven werd vastgesteld dat zoet- en zoutwater zich moeilyk mengen en dat de diffusie van het zout uit het zoutwater naar het zoetwater slechts zeer langzaam gebeurt, zoodat de scheidingsvlakken zeer scherp afgeteekend zyn en duidelyk waar te nemen vanwege de breking van het licht.

Het bepalen der zoutgehalten gebeurde op monsters water die door middel van een dunne pipet uit de vloeistofflagen opgenomen werden. Deze monsters werden dan getitreerd met zilverchloride, terwyl kaliumchromaat als indicator gebruikt werd.

De oppervlaktesnelheid werd gemeten met vlotters (papiersnippers) over een baan van 2 m. Ook werd getracht zin en grootte der snelheden na te gaan in de verschillende lagen. Daar het practisch onmogelyk bleek vlotters (bv. bolletjes parafine met stukjes loodwol verzwaaard) te maken die in de lagen zouden zweven (en niet zouden vlotten in het scheidingsvlak tusschen de lagen) was men wel verplicht zich aan het toeval toe te vertrouwen en deze snelheden te meten naar de verplaatsing van kleine zwevende onzuiverheden van het klipzout, die toevallig voorbytrokken.

In de scheidingsvlakken deed zich, by voldoende groote relatieve snelheid, tamelyk sterke golfvorming voor, een verschynsel dat ons niet mag verwonderen daar het verschil in soortelyk gewicht tusschen de verschillende lagen zeer klein is en deze omstandigheid, zooals Reynolds en Helmholtz aantoonde, de golfvorming sterk in de hand werkt.

Voor het aanmaken van het zoutwater werd klipzout uit den handel gebruikt; het zoetwater werd ontnomen aan de stadswaterleiding.



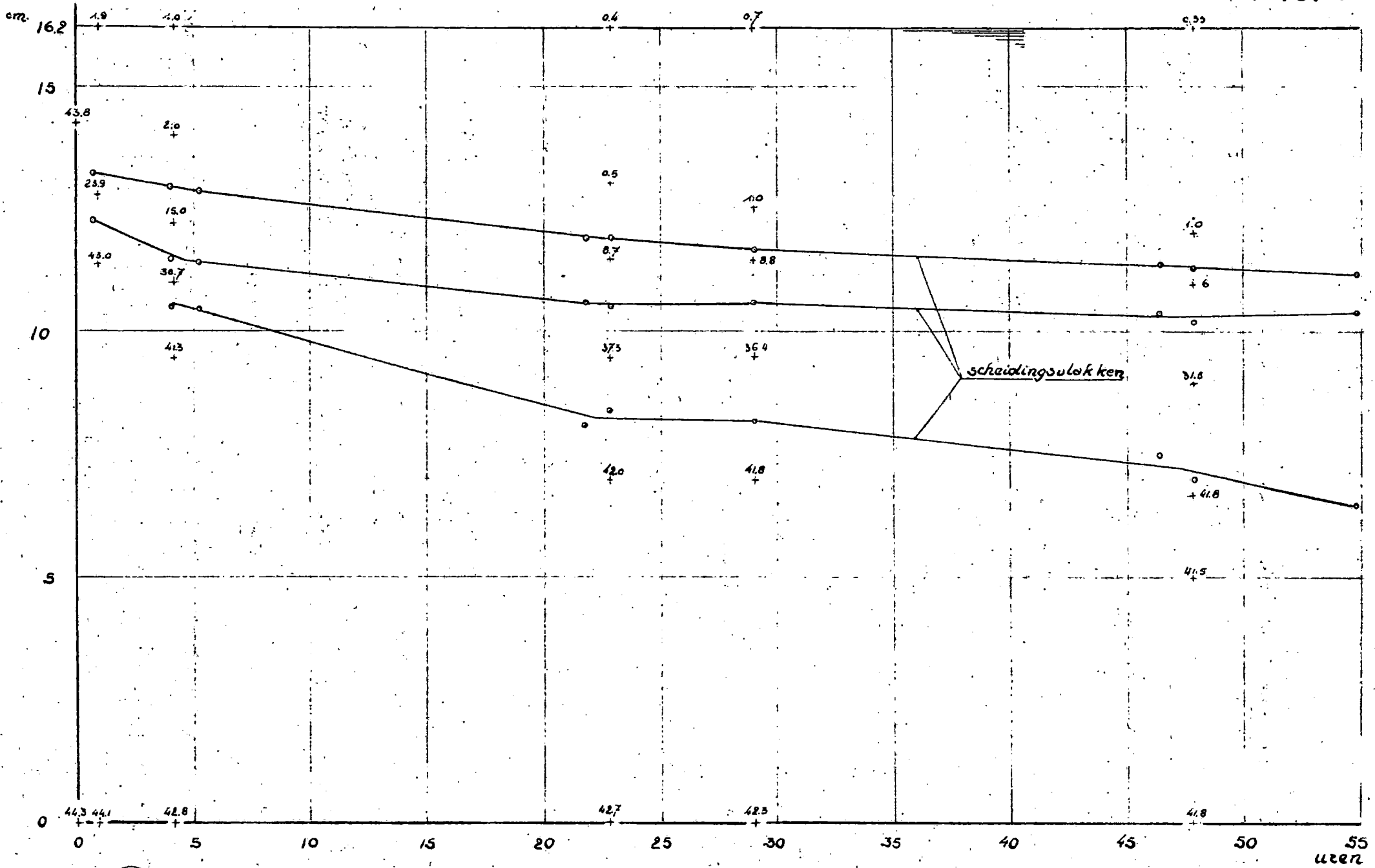
TABEL V

datum der proef	zoutgehalte by het begin der proef ‰	zoetwater-debiet l./min.	gemiddelde afschakelmethode (over een baan van 2 m.) cm./sec.
4 Mei 1942	37,9	11	4,7 cm/sec no 13 min. 3,6 cm/sec no 1 ^u 59 min
7 Mei 1942	31,4	16	3,82 cm/sec no 45 min 3,35 cm/sec no 4 ^u 44 min 3,10 cm/sec no 7 ^u 3 min
10 Juni 1942	44,1	6,9	2,0 cm/sec no 5 ^u 9 min 1,66 cm/sec no 22 ^u 25 min 1,46 cm/sec no 52 ^u 37 min

TABEL VI

	afkete der bouwsre Lengte cm	opsporingsnelheid cm/sec.
naby toever zoetwater	3,8	1,59
naby uitmonding in zee	2,6	2,39

FIG. 4



41.8
+
zoutgehalte in gr./liter.

~~De wijze waarop het zoetwater in het model gebracht wordt~~ is van groot belang voor het verder verloop der proef. Drie verschillende wijzen van toevoer werden in het model nagegaan.

1) Het zoetwater wordt aan de oppervlakte van het zoutwater ingevoerd (fig. 3). De afvoer van het zoetwater gebeurt in verschillende lagen, met toenemend zoutgehalte naar beneden toe, boven elkaar; tot drie scheidingsvlakken waren duidelyk waar te nemen en het bestaan dezer scheidingsvlakken werd ook bevestigd door het verschil in zoutgehalte der lagen boven en beneden deze vlakken.

De afvoer van het zoetwater gebeurt zeer rustig en het dalen der scheidingsvlakken alsook het ontzouten der verschillende lagen heeft slechts langzaam plaats (de snelheid waarmede deze verschynselen verlopen is natuurlyk afhankelijk van het zoetwaterdebiet). Fig. 4 geeft, voor de proef van 10 Juni 1942 en volgende dagen, het kenmerkend verloop der scheidingsvlakken en zoutgehalten. (opmetingen tegenover het midden der middenste ruit, plan nr. 9).

De snelheidsmetingen in de lagen zelf leverden weinig op, daar de snelheden, uitgezonderd in de bovenste laag, zeer klein zyn en nevenverschynselen (vermoedelyk warmtestroomingen) de metingen onbetrouwbaar maken.

De gemiddelde oppervlakesnelheid hangt niet alleen af van het debiet zoetwater dat in het model gevoerd wordt, maar verandert ook, by constant debiet, met den tyd, neemt namelyk af naar gelang de oppervlakte laag in dikte toeneemt.

Volgende tabel toont dit duidelyk aan; als tyd $t = 0$ werd het oogenblik genomen waarop het water over den overlaat begon te stroomen.

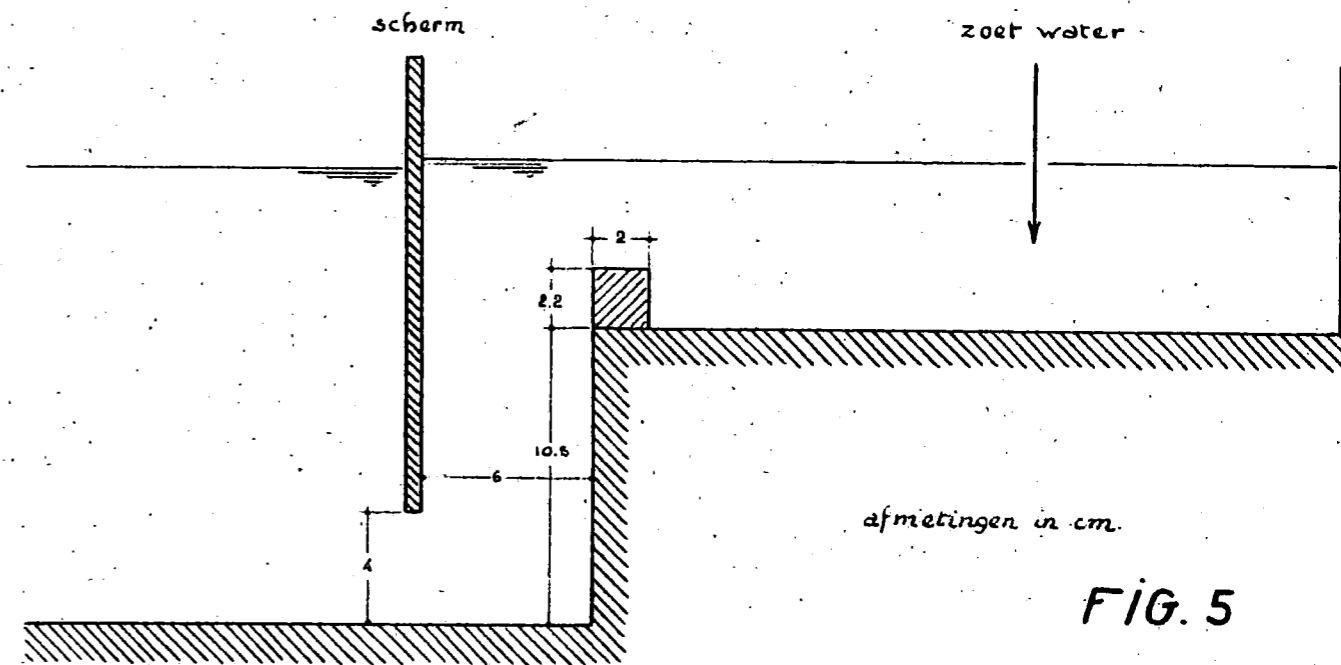
Tabel V (zie hierneven).

(N.B. : voor de proef van 10 Juni 1942 geeft fig. 4 het verloop der scheidingsvlakken en zoutgehalten).

Zoals hooger reeds gezegd, werd de oppervlakesnelheid gemeten over een baan van 2m. Vastgesteld werd echter dat de bovenste, minst zoute laag, niet even dik is by de uitmonding van het kanaal in "zee" en ter plaatse waar het zoetwater ingevoerd wordt en dat ook de oppervlakesnelheden op deze twee plaatsen verschillen (oppervlakesnelheden nu gemeten over banen van 20 cm.). Volgende tabel geeft getalwaarden voor een proef uitgevoerd op 2 Mei 1942 (zoutgehalte voor de proef : 30,05 gr/l; zoetwaterdebiet 5,8 l/min, toestand na 6u10 min.).

Tabel VI (zie hierneven).

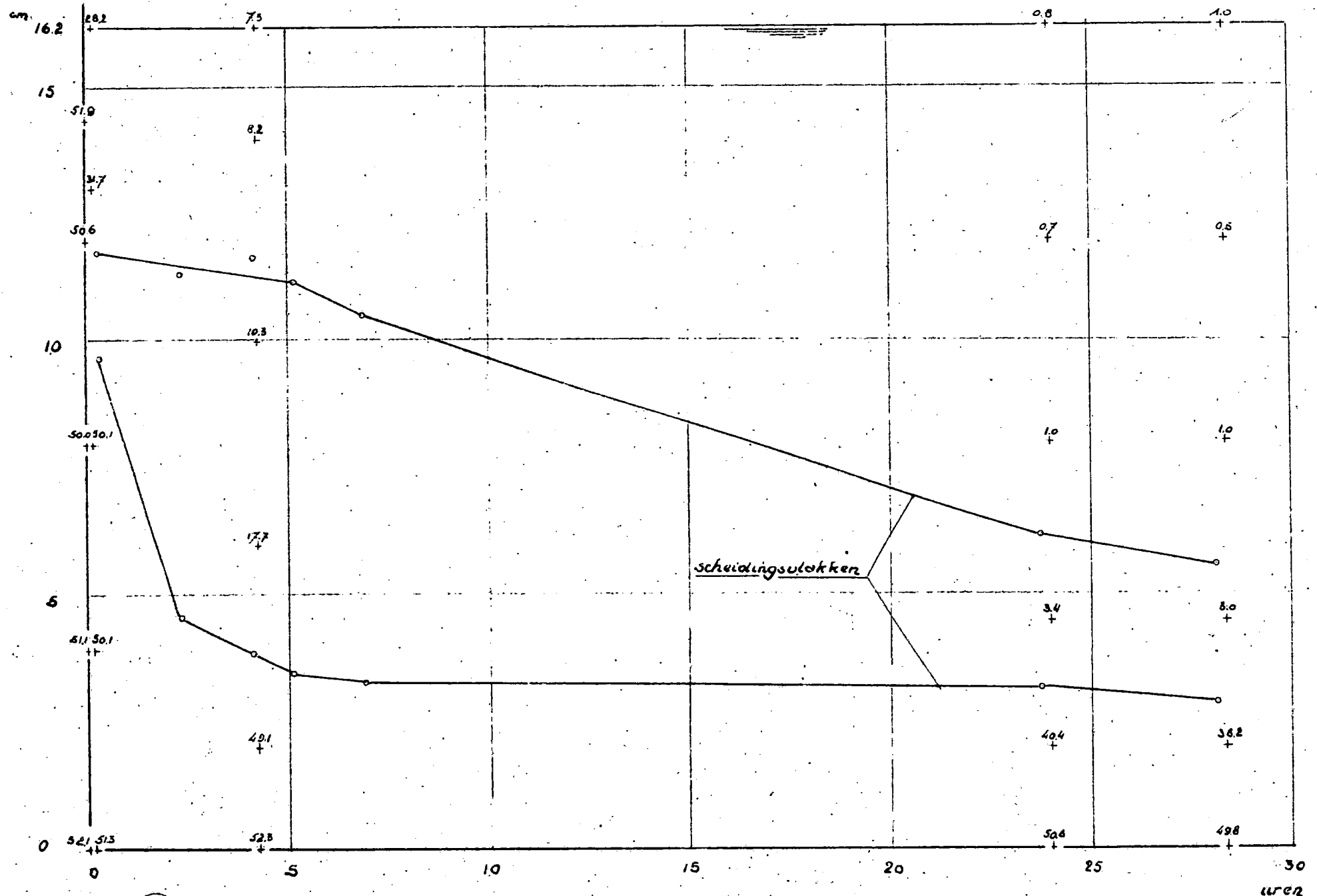
Vanwege de onbetrouwbaarheid der snelheidsmetingen in de lagen zelf was het onmogelyk het zoutwaterdebiet te begrooten dat vanuit "zee" het kanaal binnentrekt. Met zekerheid kan echter gezegd worden dat men een grove fout begaat door aan te nemen dat de oppervlakesnelheid zich voordoet over geheel het natte dwarsprofiel van het kanaal. Voor de proef van 10 Juni 1942 - 22u.25 min. na begin der proef (zie fig. 4 en tabel V), zou zulks leiden tot een zoetwaterdebiet van 32,3 l/min, dan wanneer dit debiet in werkelykheid slechts 6,9 l/min. bedraagt.



TABEL VII

datum der proef	zoutgehalte bij het begin der proef g/l	zoetwater-debiet gemeten l/min	regime toestand				opkomende vloed					
			tijdsverloop vanaf het begin der proef	debiet der oppervlakte-laag (naar zee toe)	debiet der twee bodemlagen (kanaal binnen)	zoetwater-debiet 5-6	tijdsverloop vanaf begin der proef tot begin zout water debiet	zoutwater-debiet l/min	tijdsverloop vanaf begin der proef tot openblift waasop melhuasver-deeling gemeten	debiet der oppervlakte-laag (naar zee toe)	debiet der bodemlagen (kanaal binnen)	zoetwater-debiet 11-12
				berekend l/min		berekend l/min						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17 Juni 1942	44.9	7.0	2 ^u 46 min	12.8	5.22	7.58						
29 Juni 1942	42.0	3.57	5 ^u 10 min	7.83	3.90	3.93	5 ^u 39 min	3.14	5 ^u 50 min	13.84	9.05	4.79
1 Juli 1942	43.7	6.84	4 ^u 57 min	10.1	2.61	7.49	5 ^u 30 min	2.56	5 ^u 45 min	14.5	7.7	6.8

FIG. 6

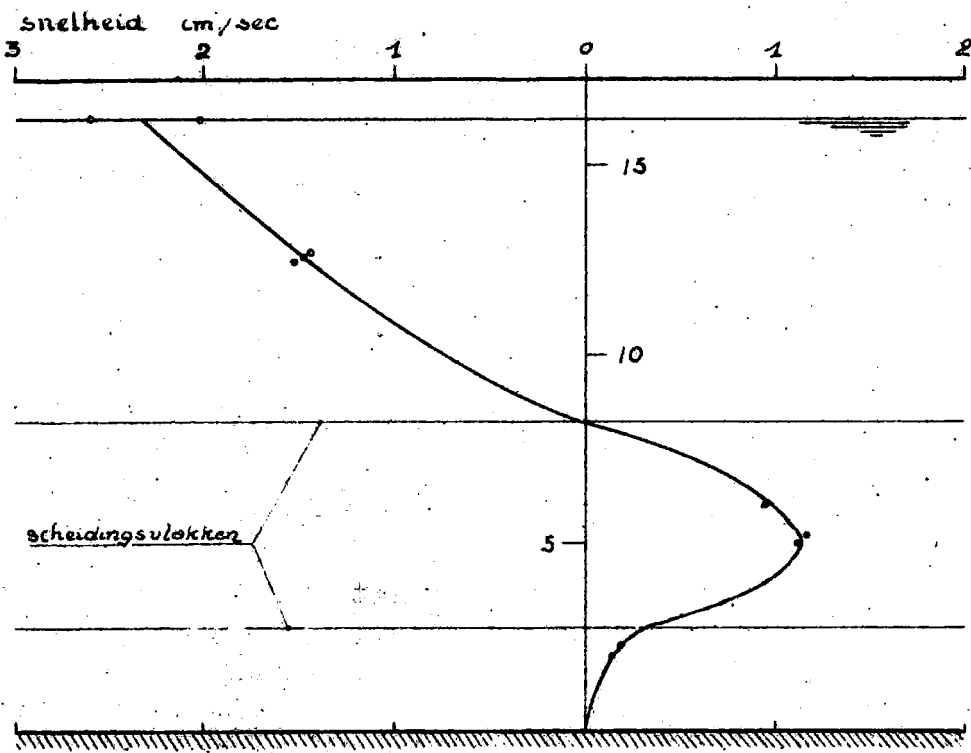


3.4
+

zoutgehalte in gr./liter

uren

FIG. 7



Onderstelt men echter dat de snelheidsverdeling in de bovenste laag (dikte 4,3 cm) een elliptische wet volgt dan vindt men een zoetwaterdebiet van 6,72 l/min., cyfer dat het werkelyk debiet reeds veel beter benadert.

2) Het zoetwater wordt op den bodem van het kanaal ingevoerd (fig.5). In dit geval stelt men vast dat het zoetwater, na strooming onder den benedenrand van het scherm, door de zoutwaterlaag breekt en naar de oppervlakte stygt, verschynsel dat een zekere menging van zout- en zoetwater voor gevolg heeft. Verder verloopt de strooming analoog met wat voor een zoetwatertoevoer aan de oppervlakte vastgesteld werd, alleen heeft het dalen der twee scheidingsvlakken (tegenover die dezer vlakken by zoetwatertoevoer aan de oppervlakte) en het ontzouten der verschillende lagen, by een zelfde zoetwaterdebiet, veel vlugger plaats.

Het was nu ook mogelijk de snelheidsverdeling in de verschillende lagen na te gaan en hierby werd vastgesteld dat de snelheid in de oppervlaktelaag met klein zoutgehalte naar de "zee" toe gericht is en zeer vlug met de diepte afneemt. In de tusschen- en bodemlaag is de snelheid van de "zee" weg gericht, naar den zoetwaterinvoer toe. Terwyl het bovenscheidingsvlak de plaats aangeeft waar de snelheid van zin verandert, schynt met het benedenscheidingsvlak geen discontinuïteit in de snelheidsverdeling overeen te stemmen. De snelheidsverschillen in de lagen, die by het begin der proef sterk uitgesproken zyn, nemen af naar gelang de proef verder verloopt, d.w.z. naar gelang de oppervlaktelaag in dikte toeneemt en de oppervlaktesnelheid afneemt. Fig. 6 geeft, voor een proef uitgevoerd op 23 en 24 Juni 1942 het typisch verloop der scheidingsvlakken en zoutgehalten (opmetingen tegenover het midden der middenste ruit van het kanaal). By vergelyking der fig. 4 en 6 dient men er rekening mee te houden dat by de proef van fig. 4 het zoetwaterdebiet 6,9 l/min bedroeg, terwyl dit debiet by de proef van fig. 6 slechts 2,78 l/min was. Fig. 7 geeft, voor een proef uitgevoerd op 17 Juni 1942, de snelheidsverdeling over de verschillende lagen (opmetingen tegenover het midden der middenste ruit van het kanaal).

Het boven beschreven verschynsel noemen we in wat volgt regiemtoestand, alhoewel dit streng genomen niet heelemaal juist is, daar de zoutgehalten en de ligging der scheidingsvlakken met den tyd veranderen. Deze naam werd alleen aangenomen om deze toestand te onderscheiden van een verder te beschryven, vlug veranderend verschynsel.

Het linker deel van onderstaande tabel VII geeft nadere aanduidingen betreffende debieten berekend uit de opgemeten snelheidsverdeling voor een drietal proeven.

Tabel VII (zie hierneven).

De in kolom (7) aangegeven berekende zoetwaterdebieten stemmen vry goed overeen met de zoetwaterdebieten die werkelyk ingevoerd werden. Kolom (6) toont aan dat het zoutwaterdebiet hetwelk, vanwege het afvloeien van het zoetwater, uit de "zee" de "haven" binnentrekt, van dezelfde orde van grootte is als het ingevoerde zoetwaterdebiet zelf, zoutwaterdebiet dat overigens afneemt naar gelang de proef verder verloopt (vergeelyk de proeven van 17 Juni en 1 Juli met ongeveer hetzelfde zoetwaterdebiet en zoutgehalte voor de proef).

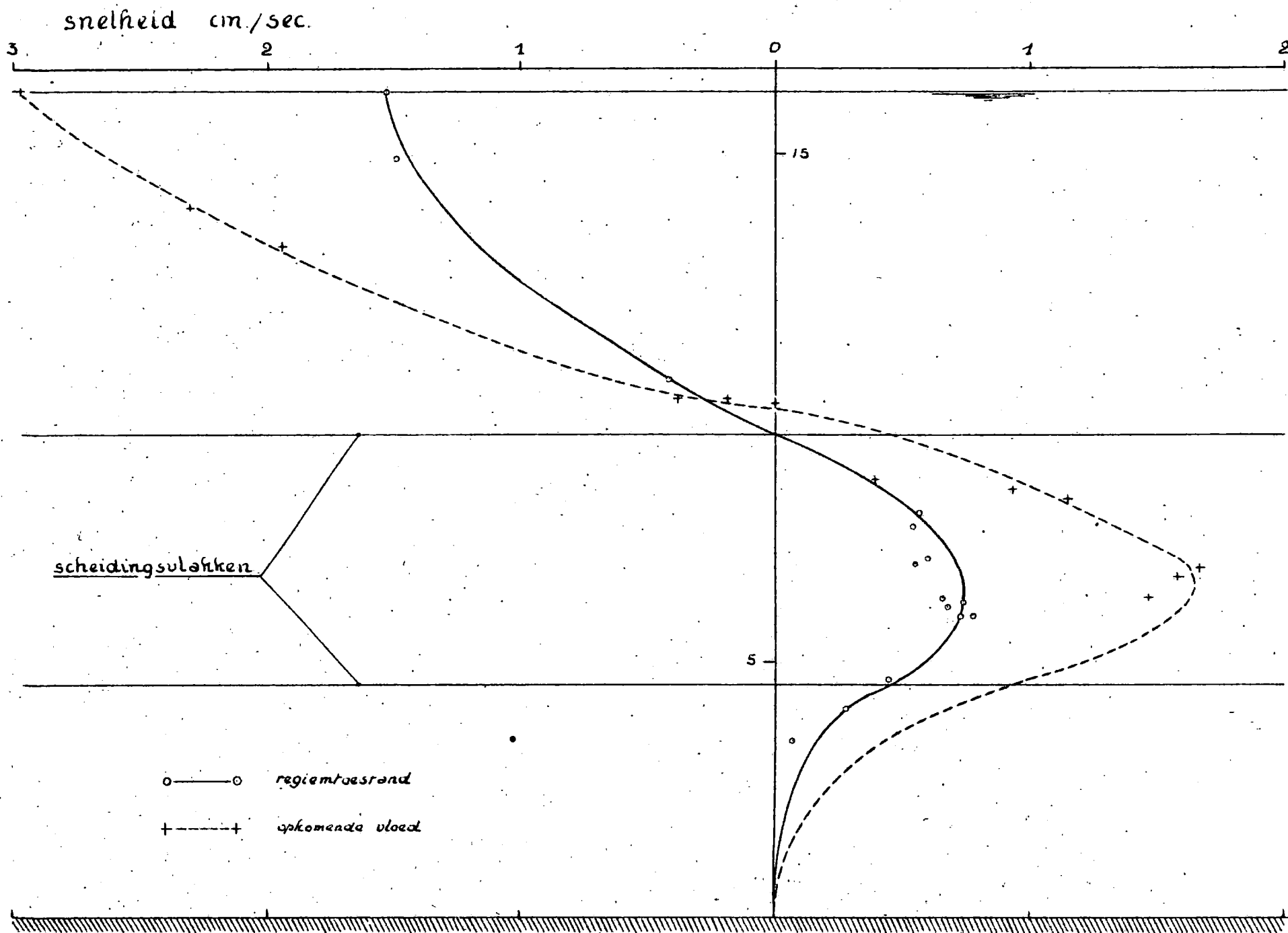


FIG. 8

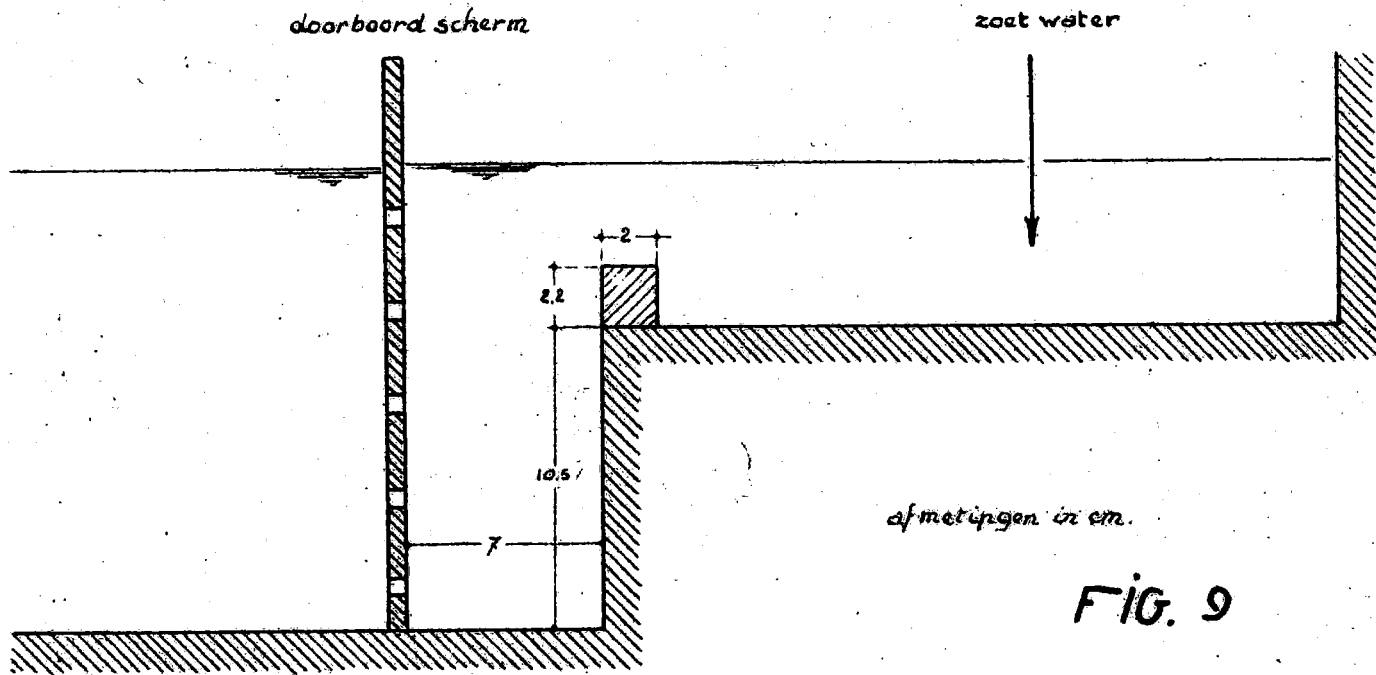


FIG. 9

Onderstellen we dat de toestand beschreven in voorgaande alinea's en samengevat in bovenstaande tabel onder "regiementoestand", zich voordoet by laagwater. Teneinde nu eenigszins na te gaan wat de invloed zyn zou van de opkomende vloed, werd uit een afzonderlyg reservoir een constant zoutwaterdebiet toegevoerd in "zee", zoutwater met hetzelfde zoutgehalte als by het begin der proef en dat dus practisch ook gelyk is aan het zoutgehalte der bodemlaag in "zee", waar de ontzouting slechts langzaam geschiedt. Dit zoutwaterdebiet werd in het modelreservoir, dat als "zee" dienst doet, gevoerd doorheen een buis, op den bodem en evenwydig met den overlaat geplaatst (afstand 14 cm); buis aan de bovenzijde van een groot aantal kleine openingen voorzien, zoodanig aangebracht dat men zich aan een gelykmatige debietsverdeling over de lengte der buis verwachten mocht.

Het toevoeren van dit zoutwater in "zee" heeft voor gevolg dat aldaar de zoete oppervlaktelaag omhooggedrukt wordt en dat een zoutwaterstroom het kanaal binnentrekt. Fig. 8 geeft, voor de proef uitgevoerd op 29 Juni 1942, het snelheidsdiagramma zoowel voor de regiementoestand als by opkomende vloed. Op te merken valt dat de oppervlaktensnelheid practisch verdubbeld wordt.

De rechter helft van tabel VII geeft, onder het hoofd "opkomende vloed", nadere byzonderheden aangaande de debieten berekend uit de opgemeten snelheidsdiagrammen.

Uit de gegevens van kolom (13) blykt dat de overeenstemming tusschen het zoetwaterdebiet berekend uit de snelheidsverdeling en het gemeten zoetwaterdebiet bevredigend is voor de proef van 29 Juni en zelfs zeer goed voor de proef uitgevoerd op 1 Juli.

De tabel laat ook toe te besluiten dat de opkomende vloed voor gevolg heeft dat het binnentrekkend zoutwaterdebiet sterk vermeerderd en en wel in volgende verhouding :

$$\begin{array}{l} \text{proef op 29 Juni} \quad : \quad 9,05/3,90 = 2,32 \\ \text{proef op 1 Juli} \quad : \quad 7,7/2,61 = 2,95 \end{array}$$

Aan te merken valt ook dat by de proef op 29 Juni de verhouding tusschen binnentrekkend zoutwaterdebiet by opkomende vloed en ingevoerd zoetwaterdebiet $9,05/3,57 = 2,54$ bedraagt, verhouding die voor de proef op 1 Juli slechts $7,7/6,84 = 1,13$ belooft.

De in tabel VII samengebrachte gegevens vormen een balans der debieten; deze tabel geeft inderdaad aan dat er evenwicht bestaat tusschen het debiet naar "zee" toe in de bovenlaag en het zoutwaterdebiet dat het kanaal binnentrekt, vermeerderd met de hoeveelheid zoetwater die ingevoerd wordt. Benevens deze balans der debieten kan men ook een zoutbalans opstellen, want per tydseenheid moet de totale hoeveelheid zout, die met de oppervlaktelaag door een bepaalde sectie van het kanaal, naar zee afgevoerd wordt, gelyk zyn aan de hoeveelheid zout die met "zeewater" binnentrekt, eventueel nog rekening gehouden met de ontzouting van het model. Daar het opstellen van deze zoutbalans de kennis van de snelheidsverdeling in de lagen, dus van de balans der debieten, vereischt, vormt zy enkel een controle der reeds gevonden grootheden.

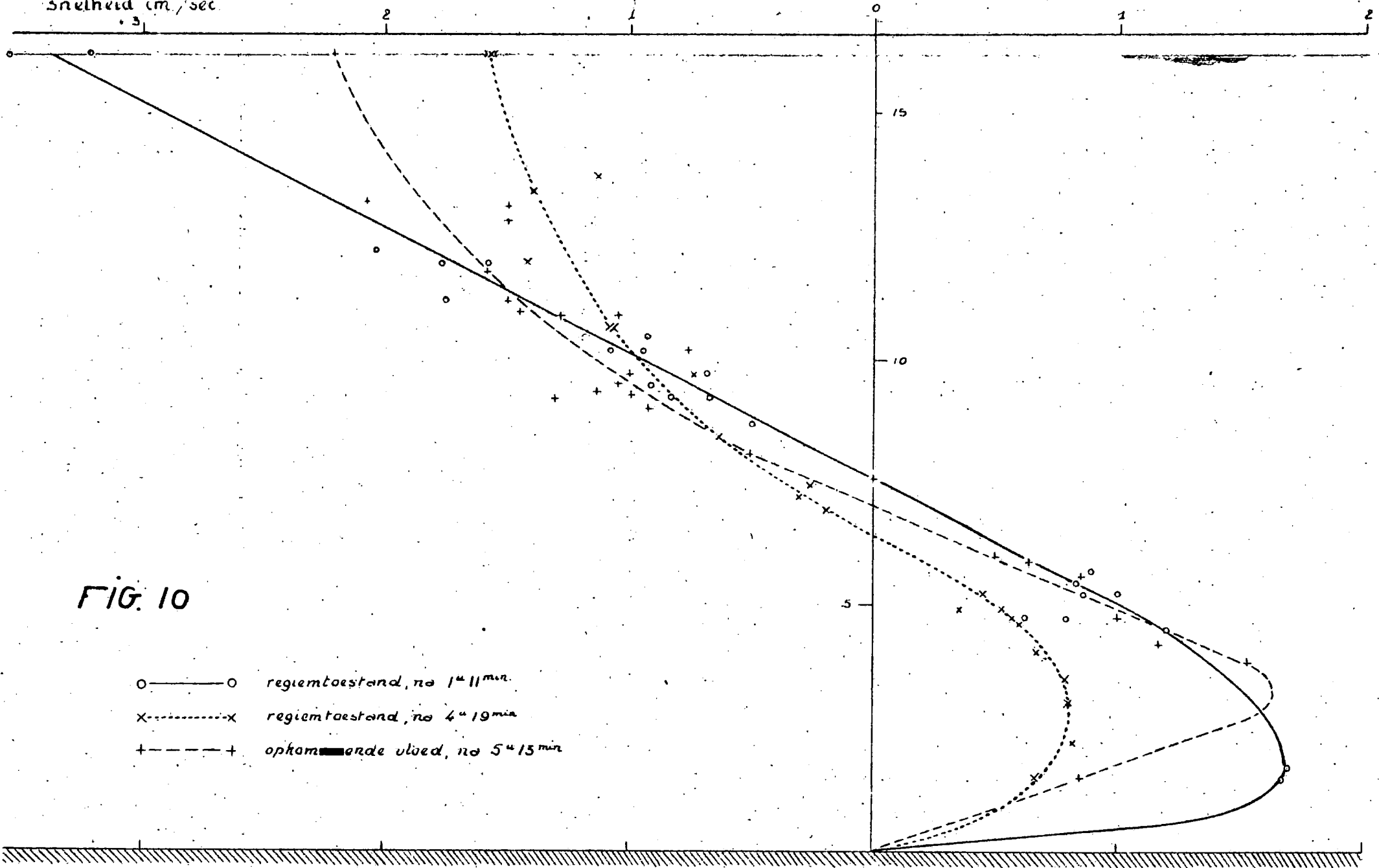
3) Men voert het zoetwater niet rechtstreeks in het kanaal, maar brengt het eerst in een ruimte die van het kanaal gescheiden is met een doorboorde wand (fig. 9). In deze ruimte wordt gedurende het verloop der proef geroerd, zoodat aldaar een innige menging ontstaat van het ingevoerde zoetwater en het zoutwater dat doorheen de onderste openingen

TABEL VIII

datum der proef	zoutgehalte bij het begin der proef g/l.	zout-water debiet gemeten l/min.	regime toestand				opkomende vloed					
			tijdsverloop vanaf het begin der proef.	debiet der oppervlaktelaag (naar zee toe)	debiet der bodemlaag (kanaal binnen)	zout-water debiet 5-6	tijdsverloop vanaf begin der proef tot begin zout-water debiet	zout-water debiet l/min.	tijdsverloop vanaf begin der proef tot ogenblik waarop melheidverdueling gemeten	debiet der oppervlaktelaag (naar zee toe)	debiet der bodemlaag (kanaal binnen)	zout-water debiet 11-12
				berekend - l/min.						berekend - l/min.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2 januari 1943	24.0	6.74	1 ^u 11 min	17.45	9.95	7.5	4 ^u 55 min	3.56	5 ^u 13 min	15.5	7.38	8.12
			4 ^u 19 min	12.15	4.37	7.78						

debiet der bodemlaag bij opkomende vloed = $\frac{7.38}{4.37} = 1.69$
 debiet der bodemlaag bij regime toestand = 4.37
 debiet der bodemlaag bij opkomende vloed = $\frac{7.38}{6.74} = 1.1$
 gemeten zoutwaterdebiet = 6.74

snelheid cm./sec.



van den wand binnentrekt. In tegenstelling met de onder nrs. 1 en 2 beschreven wyzen van zoetwaterinvoer, brengt men hier dus eigenlijk geen zoetwater, maar wel brak water in het kanaal; dit is ook duidelyk merkbaar aan het hoog zoutgehalte aan de oppervlakte by het begin der proef, zoutgehalte dat betrekkellyk vlug daalt naar gelang de proef verloopt.

Voert men het zoetwater op deze wyze in het model, dan zyn met het oog geen scheidingsvlakken merkbaar en ook de analyse der op verschillende diepten genomen monsters schynt te wyzen op een geleidelyke vermindering van het zoutgehalte naar de oppervlakte toe.

Wat nu het verloop der snelheden betreft, gelykt de snelheidsdistributie veel op deze beschreven onder nr. 2 : een oppervlaktelaag waarin de snelheden naar "zee" toe gericht zyn en een bodemlaag met snelheden van de zee weg gericht. Het punt met maximum-snelheid in de bodemlaag ligt nu echter lager dan by de proeven beschreven onder nr. 2. Van onderstaande tabel brengt de linker helft, onder het hoofd "regime-toestand" nadere gegevens betreffende de berekende en gemeten debieten. De rechter helft heeft betrekking op de "opkomende vloed", verschynsel dat uitvoerig beschreven werd onder nr. 2 (zie ook fig. 10).

Tabel VIII (zie hierneven)

De gegevens uit de natuur, metingen in de haven van Oostende, komen de in het Laboratorium gevonden aanwyzingen bevestigen. Het is vanzelfsprekend dat hier alleen sprake kan zyn van een kwalitatieve overeenstemming.

Een brief van den B.D.K., nr. 52.407 van 16.8.1938, geeft de resultaten van een reeks zoutgehalte bepalingen in vier punten van de havengeul op verschillende diepten by hoog- zoowel als by laagwater, opmetingen uitgevoerd op 14, 18, 19 en 20 Juli 1938. Het schryven nr. 52.407 van 16.9.1938 van den B.D.K. wyst er op dat ~~het~~ op het tydstip van het nemen der zoutwatermonsters geen wateraflossingen uitgevoerd werden, maar dat er immer een verlies van zoetwater bestaat langs deuren en verlaten, byzonderlyk by laagwater.

De medegedeelde cyfers wyzen er vooreerst op dat in de verschillende punten, zoowel by hoog- als by laagwater, het zoutgehalte afneemt naar de oppervlakte toe. Vergelyken we nader de gegevens der punten I, II, III en IV, dan bemerken we dat, zooals onderstaande tabel aangeeft, het zoutgehalte op 1m boven den bodem lichtjes afneemt van I naar IV toe, terwyl het zoutgehalte aan de oppervlakte sterk toeneemt van punt IV naar punt I. Dit verschynsel is daardoor te verklaren dat waarschyndlyk over de gansche lengte van het scheidingsvlak, mede ten gevolge van de golfvorming in dit vlak (in de havengeul worden inderdaad, by eb, aan de oppervlakte snelheden gemeten die tot 0,7 knoop bedragen) water met sterk zoutgehalte overgaat van den bodemstroom naar het afvloeiend zoetwater en omgekeerd ook zoetwater vermengd geraakt met de zoutwaterlaag. Het mengen van benaderd gelyke hoeveelheden zoutwater (met het afvloeiend zoetwater) en zoetwater (met de zoute bodemlaag) moet zich, mede vanwege de geringe dikte der zoetwaterlaag, veel sterker doen voelen aan de oppervlakte dan wel op den bodem. Hierby komt nog dat de aan de oppervlakte afvloeiende zoetwaterlaag in dikte vermindert en de

TABEL IX

(zoutgehalten in gr./liter)

		I Tusschen de hoofden der stokersels	II toegang tot de nieuwe sluis	III toegang tot sluis De Mey	IV ingang spuitkom
laag-water	bij oppervlakte	26,9	21	15,2	17,5
	1m. boven bodem	32,1	31,6	31,6	30,4
hoog-water	bij oppervlakte	26,9	25,1	21,6	12,8
	1m. boven bodem	32,1	29,5	32,1	28,6

TABEL X

(zoutgehalten in gr./liter)

		I tusschen de hoofden der stokersels	II toegang tot de nieuwe sluis	III toegang tot sluis De Mey	IV ingang spuitkom
laag-water	bij oppervlakte	8,1	8,5	4,6	2,5
	1m. boven bodem	28	18,7	17,5	24,8
hoog-water	bij oppervlakte	2,3	4	4,6	15,1
	1m. boven bodem	28	27,4	27,4	27,5

gemiddelde snelheid in deze laag dus toeneemt naar zee toe, dat de staketsels praktisch geen hinder vormen voor het zydelingsch wegvloei- en van zoetwater uit de havengeul en dat waarschyntlyk de golfslag in punt I het mengen van zoet oppervlaktewater en zout dieptewater in de hand werkt.

Tabel IX (zie hierneven)

Het betrekkellyk groot zoutgehalte van 17,5 gr/l in punt IV - laagwateroppervlakte - zou toe te schryven zyn aan het zoute lekwater dat, vanwege het peilverschil (laagwater), door de ondichte schuiven der spuikom wegvloeit (zie nr.44.532 van 24.1.1940 - B.D.K.) - Brief nr. 44.532 van 6.1.1940 van den B.D.K. brengt een tweede reeks zoutgehalte-metingen uitgevoerd op 1.12.1939 by laag- en hoogwater in dezelfde punten als by de voorgaande reeks. Uit het schryven nr.44.532 dd. 24.1.1940 van den B.D.K. blykt verder dat er op 1.12.1939 ongeveer 3.000.000 m³ zoetwater per ty in de haven geloosd werden. Onderstaande tabel geeft een gedeeltelyke samenvatting dezer tweede reeks opmetingen.

Tabel X (zie hierneven)

Deze gegevens stemmen weer, in hun groote lynen, overeen met de in het W.L. opgedane bevindingen.

Het abnormaal hoog zoutgehalte in punt IV by laagwater aan de oppervlakte en op 1 m boven den bodem is opnieuw toe te schryven aan het lekwater dat doorheen de ondichte schuiven der spuikom afvloeit.

Het by tabel nr.IX besproken verschynsel : toenemen van het zoutgehalte aan de oppervlakte naar zee toe en vermindering van het zoutgehalte naby den bodem naar gelang men de haven dieper ingaat, doet zich ook hier voor by laagwater.

Wat nu de distributie der zoutgehalten by hoogwater betreft, weze eraan herinnerd dat de zoetwaterlossingen te Oostende afhankelyk zyn van het gety: deze lossingen zyn, by stygend water, slechts mogelyk tot $Z + 2,80$ à $Z + 3,00$ m., zoodat by hoogwater, na sterke lossingen, de haven nog gedeeltelyk gevuld is met een zoetwaterlaag aan de oppervlakte, laag die verder afvloeit boven den zoutwaterstroom (nr.44.532 van 24.1.1940 - B.D.K.). Dit is in overeenstemming met wat men in het model waarneemt zoo, by opkomende vloed, het zoetwaterdebit stopgezet wordt. Alhoewel de snelheden aan de oppervlakte en in de lagen alsdan sterk verminderen, blyft toch een afvloeien van zoet oppervlaktewater en binnentrekken van zout dieptewater duidelyk merkbaar.

Vermelden we tenslotte nog dat by brief nr.15.594.P dd.27.11.1939 van den Heer Administrateur-Inspecteur Generaal Bonnet, de B.D.K. verzocht werd over te gaan tot verdere snelheidsmetingen op verschillende diepten in de havengeul van Oostende, metingen die aangevat werden, doch vanwege de oorlogsomstandigheden dienden stopgezet te worden.

X X X

De in dit aanhangsel beschreven zoutproeven dienen opgevat te worden als een inleiding tot verdere systematische experimenten. Proeven

met zoet- en zoutwaterstroomen hebben inderdaad een heel bijzonder karakter en gaan met speciale moeilijkheden gepaard, die een aangepaste techniek vergen, techniek die op vele punten sterk afwijkt van de voor andere proeven gebruikelijke werkwijze.

Zooals hooger reeds gezegd, werd het problema in een van zyn eenvoudigste aspecten aangevat en dus hebben deze proeven niet te pretentie de verschynselen volledig op te klaren, laat staan kwantitatieve gegevens te verschaffen. Zy stelden ons echter in staat een aangepaste techniek uit te werken; we konden ons ook rekenschap geven van de byzondere omstandigheden waarmede, by verdere zoutproeven, dient rekening gehouden en de eischen waaraan later te bouwen modellen moeten voldoen.

De uitgevoerde proeven hebben er veel toe bygedragen om ons inzicht in het mechanisme der beweging van zoet- en zoutwaterlagen te verruimen en laten toe een aantal verschynselen, vastgesteld in de haven van Oostende, kwalitatief te verklaren.

Het afvloeien van de in een zeehaven geloosde hoeveelheid zoetwater aan de oppervlakte van het zeewater is niet het eenige facet dat de beweging van zoet- en zoutwaterstroomen biedt. Wyzen we slechts op de door den Nederlandschen Waterstaat ondernomen studie betreffende het transport der vaste bodematerialen in de Ryn-Maasdelta en waarbij men tot het besluit kwam dat de bodematerialen zeezand, slib en rivierzand, drie gebieden afbakenen waarvan de grenzen, mede door het spel van eb, vloed en ~~b~~afvoer, bepaald worden. Ook het onderzoek naar de best geschikte middelen om te beletten dat zeewater zou binnendringen doorheen de schutsluizen in de Yselmeer, is een probleem dat by den Nederlandschen Waterstaat ter studie ligt. Vermelden we in verband hiermede nog dat de Byzondere Dienst der Stroomschelde de gedachte heeft opgeworpen door het W.L. een schikking te laten onderzoeken die voor doel heeft het binnendringen van zout Scheldewater in het kanaal Gent-Terneuzen doorheen de zeësluis van Terneuzen, te keer te gaan.

Het lykt dus geenszins voorbarig nu reeds de noodige schikkingen onder het oog te zien en de noodige voorwaarden te formuleeren waaraan de in de toekomst door te voeren proeven zullen dienen te voldoen.

Een der specifieke moeilijkheden waarmede men by het uitvoeren der zoutproeven in het W.L. te kampen had, was dat men niet kon beschikken over voldoende groote hoeveelheden zoutwater met constant zoutgehalte. Men stelde inderdaad vast dat voortdurend zout onttrokken werd aan het benedenbekken dat als "zee" dienst deed, zoodat dit bekken zich, zy het dan ook langzaam, met zoetwater vulde. Dit had voor gevolg dat het practisch onmogelyk was tot een regimetoestand te komen, behalve ten koste van een bovenmatig hoog zoutverbruik.

Verder uit te voeren zoutproeven zouden best gebeuren te Oostende, bv. langs de spuikom of een dok, waar men des zomers over onbeperkte hoeveelheden zoutwater met practisch constant zoutgehalte kan beschikken, indien daar ter plaatse ook gemakkelyk over voldoende debieten zoetwater kan beschikt worden.

Borgerhout, den 10 FEB. 1943

De tyd. Ingenieur van Bruggen
en Wegen,

Vanhaeren

(J. Vanhaeren)

De Ingenieur van Bruggen en Wegen,
wd. Hoofd van het Waterbouwkundig
Laboratorium,

J. Lamoen

(J. Lamoen)

Plaat IV

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

BERCHEMLEI ANTWERPEN

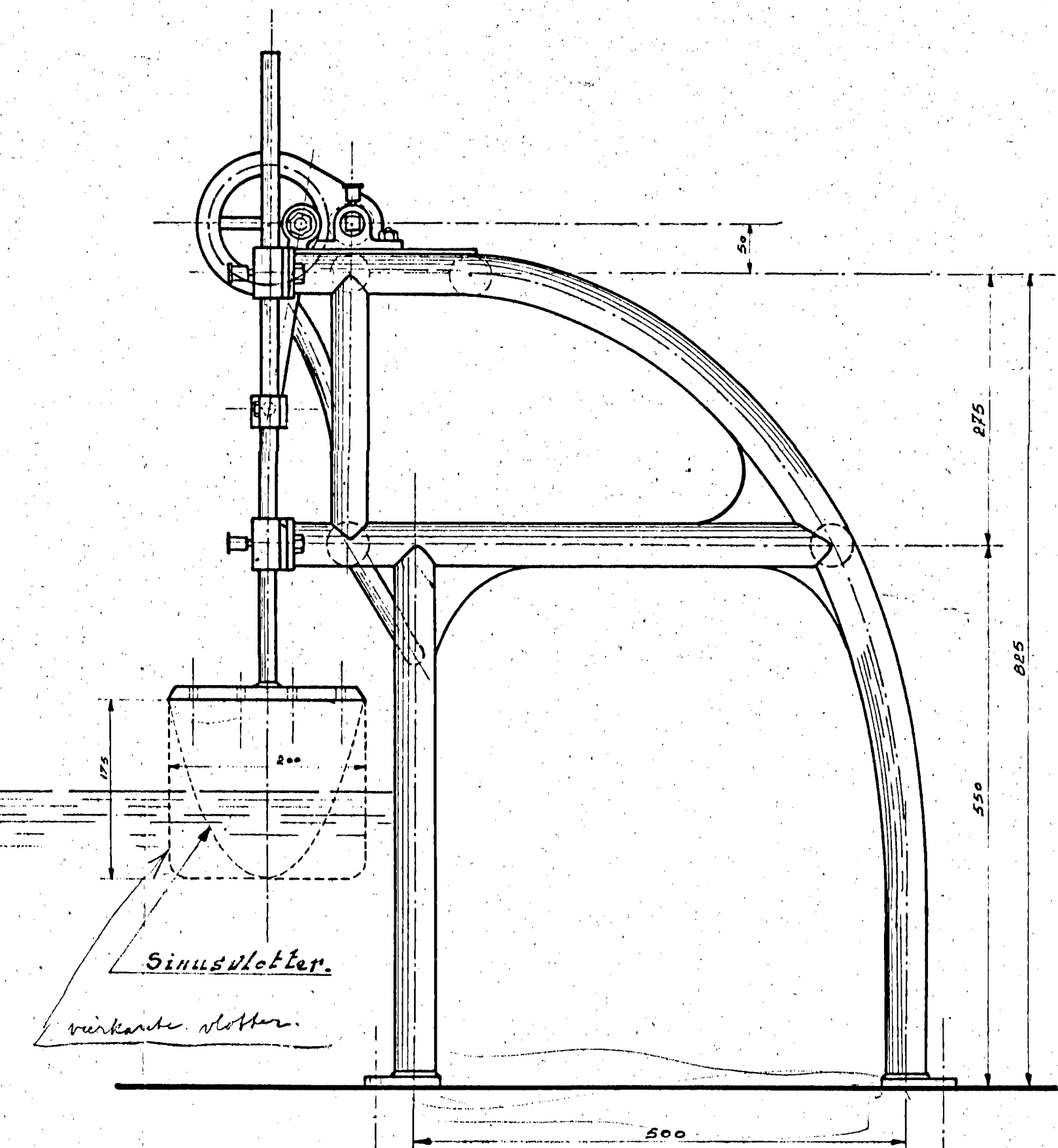
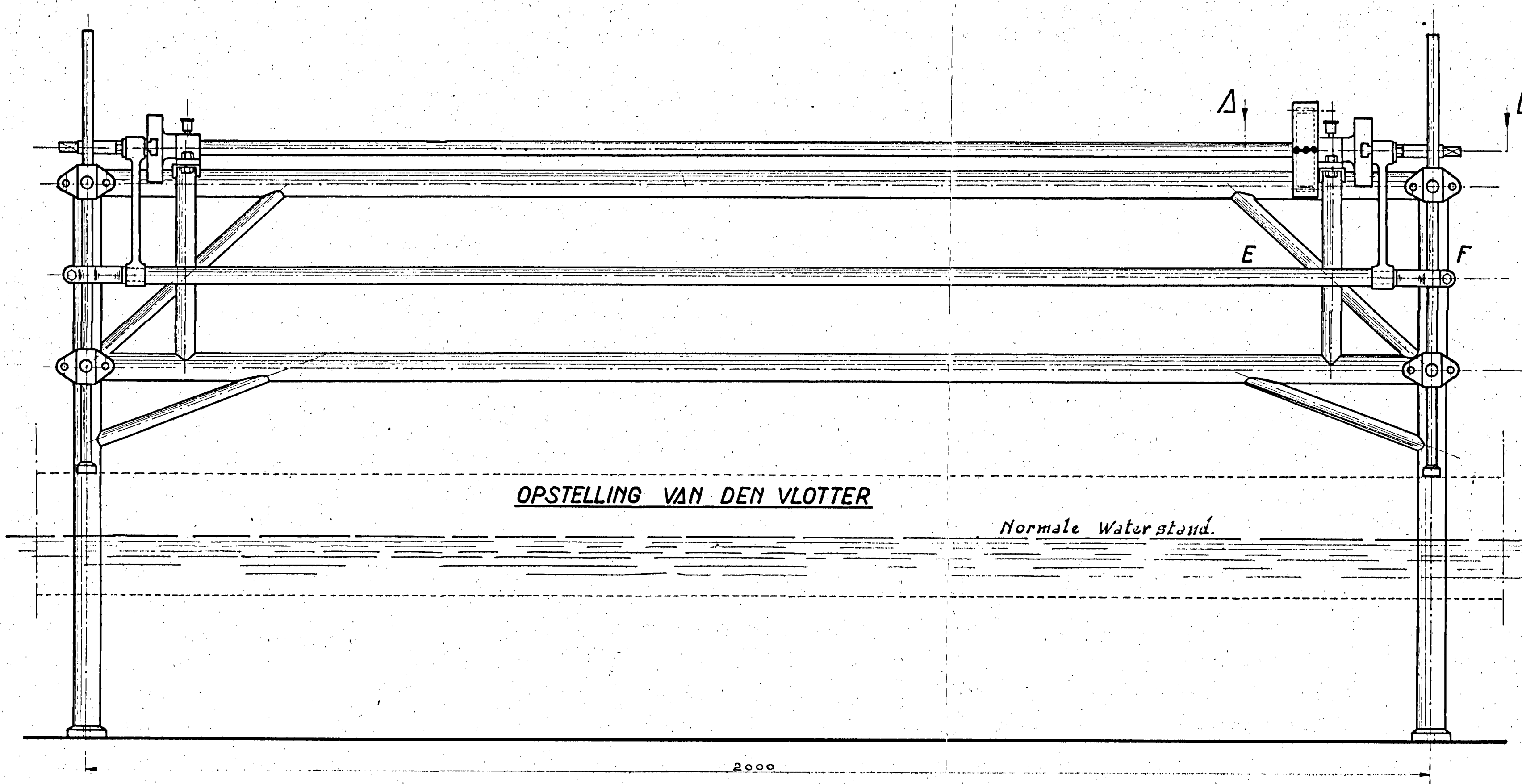
APPARAAT VOOR OPWEKKING VAN
OPPERVLAKTEGOLVEN

PLAN N^o 28

SCHAAL TEEKENING: VOOR-EN ZUZICHT: 1/5

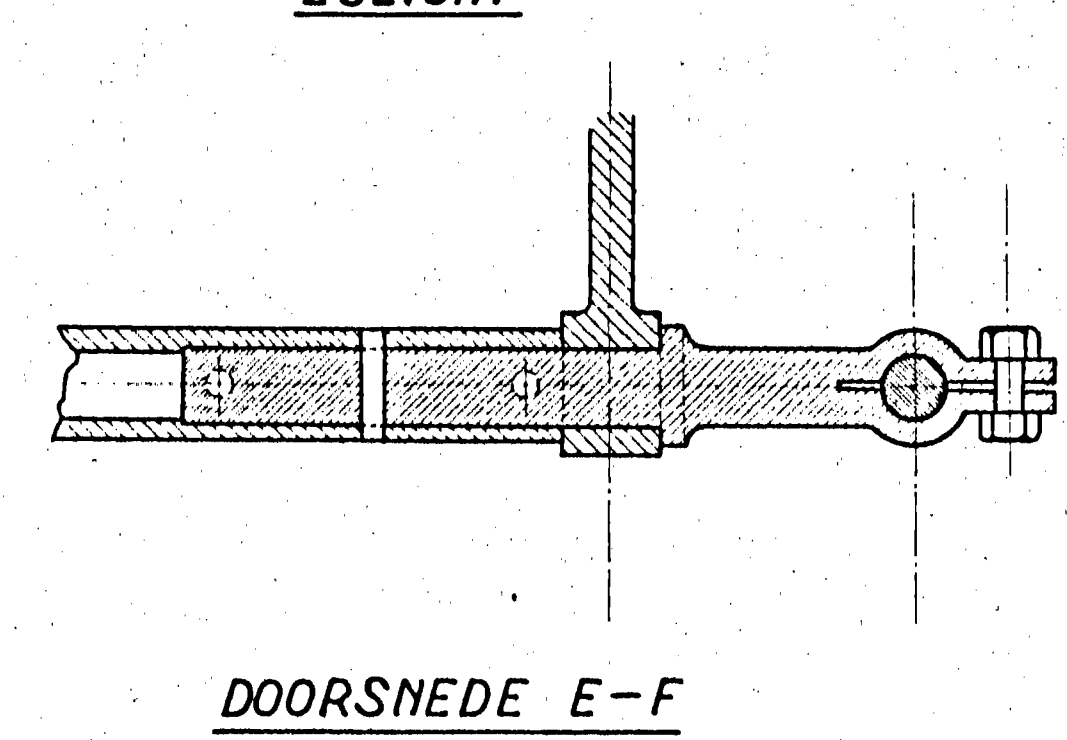
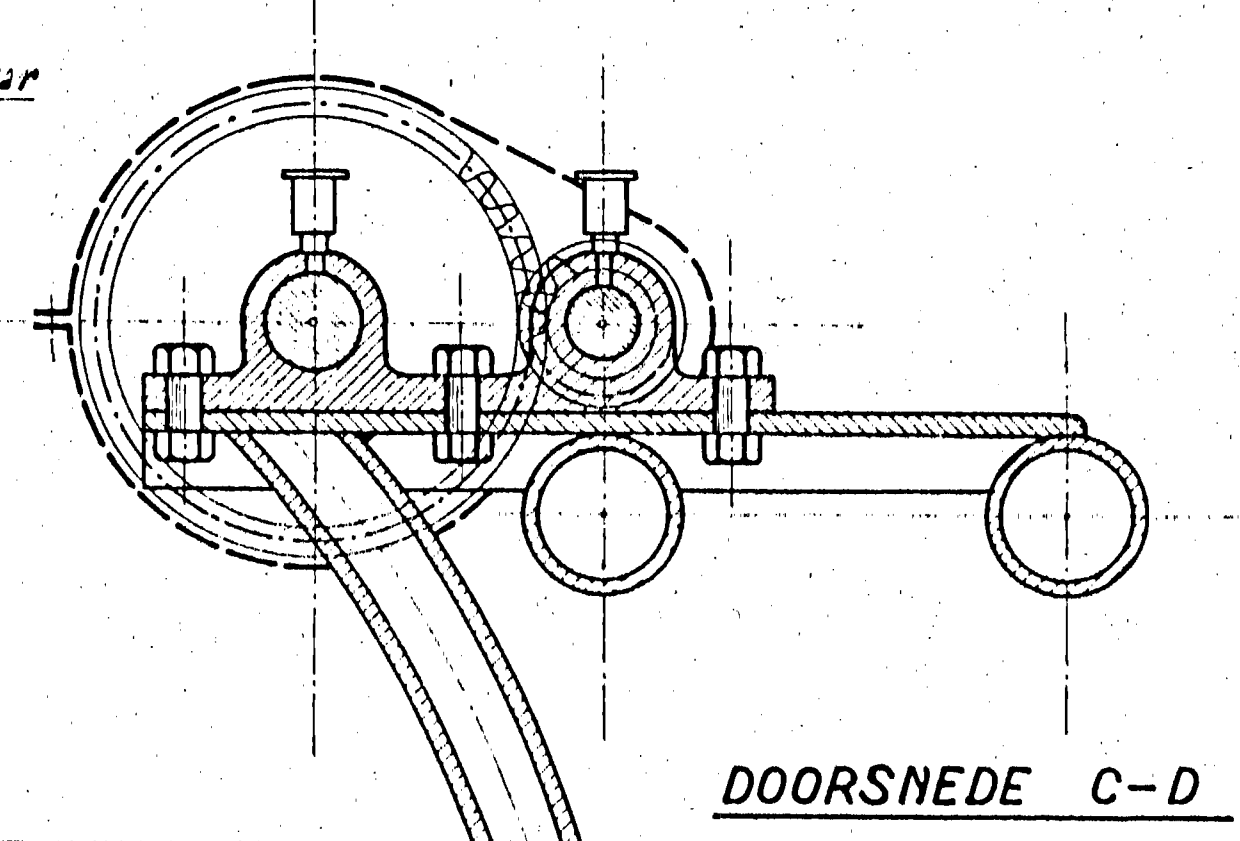
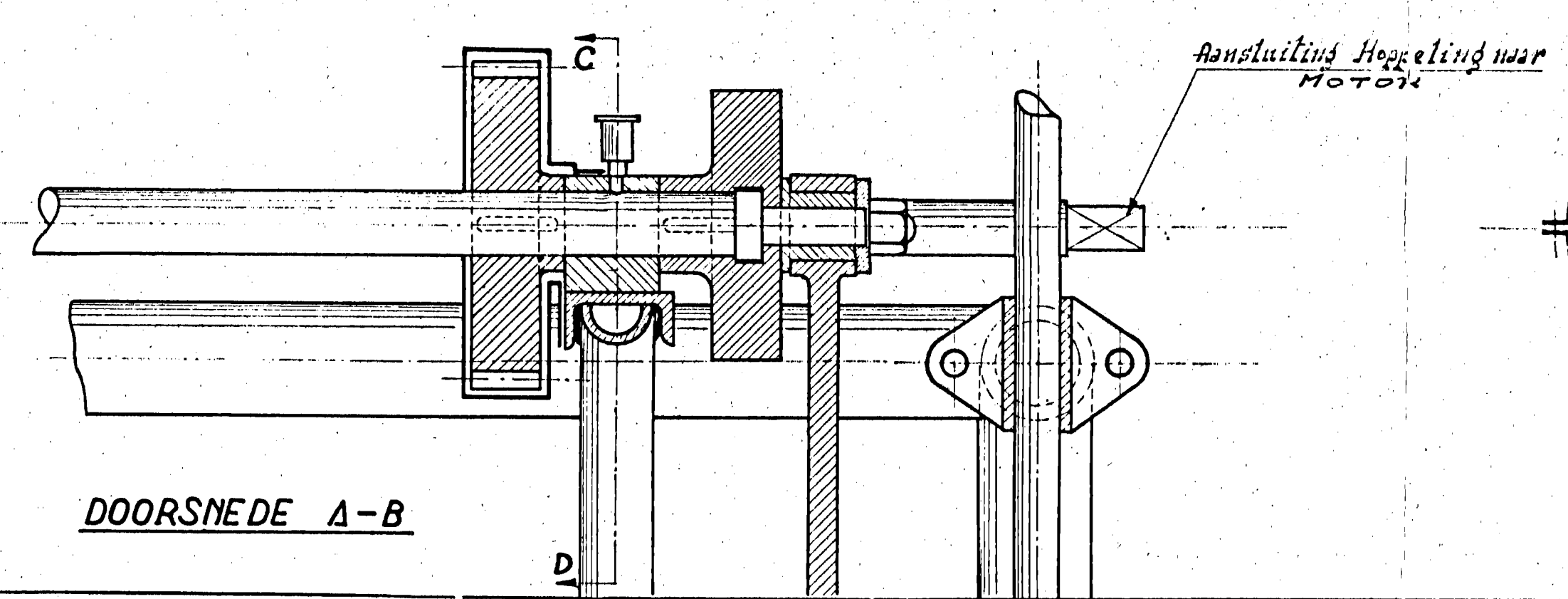
DOORSNEDEN: 1/2

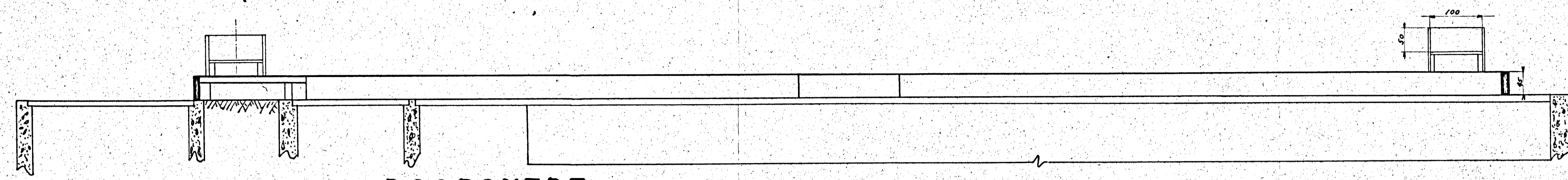
ALLE MATEN ZIJN AANGEGEVEN IN MM.



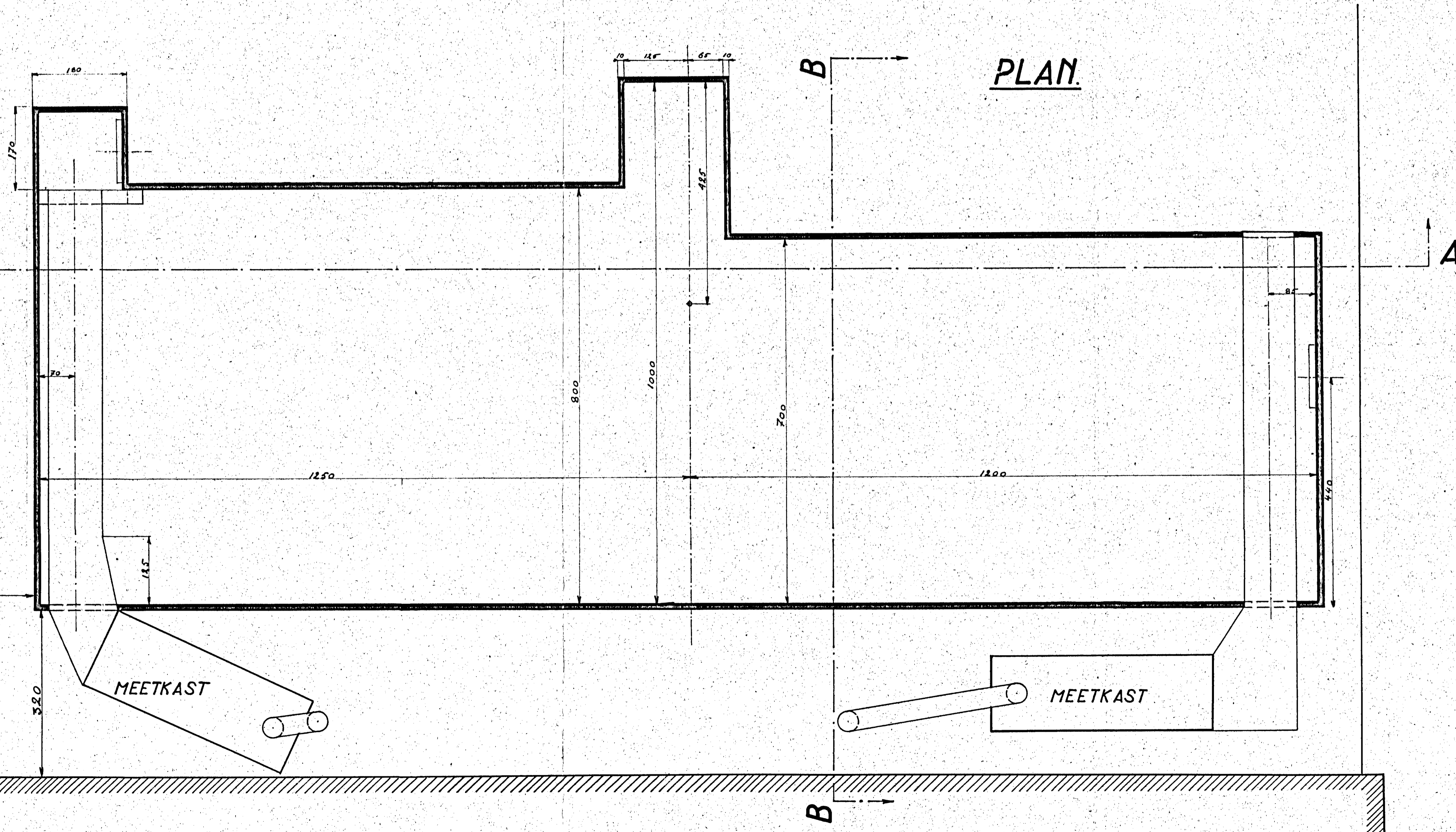
VOORZICHT. STEUNSTELSEL EN MECHANISME VLOTTERBEWEGING

ZUZICHT





DOORSNEDE AA.



PLAN.

MUUR VAN LABORATORIUM.

MEETKAST

MEETKAST

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
EN WERKVERSCHAFFING.

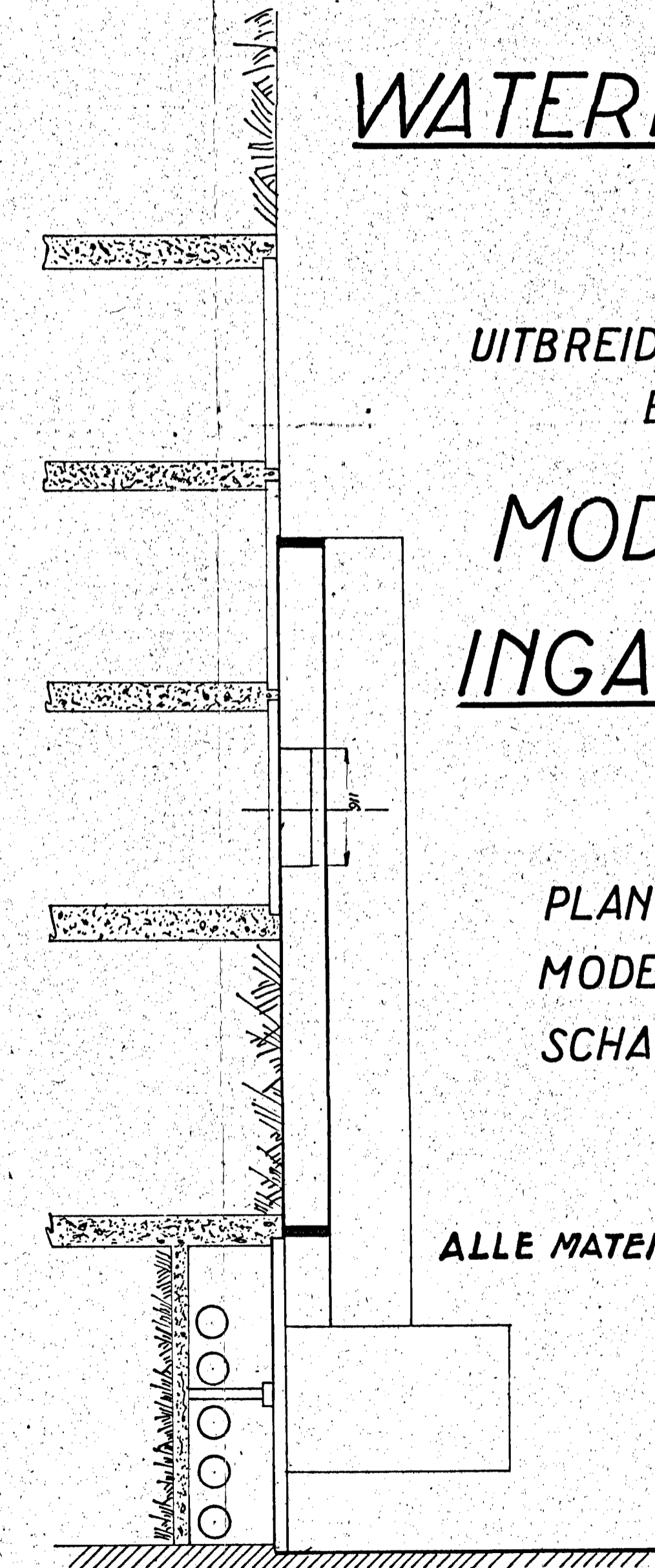
WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM.

UITBREIDINGSTRAAT NR 89-91.
BERCHEM ANTWERPEN.

MODEL 33.
INGANG HAVEN
OOSTENDE.

PLAN NR 1
MODELSCHAAL = $\frac{1}{400}$ IN PLATTEGROND
SCHAAL TEEKENING = $\frac{1}{50}$ MODEL

= $\frac{1}{20.000}$ NATUUR
WAAR
ALLE MATEN IN CM. BEHALVE ANDERS AANGEDUID

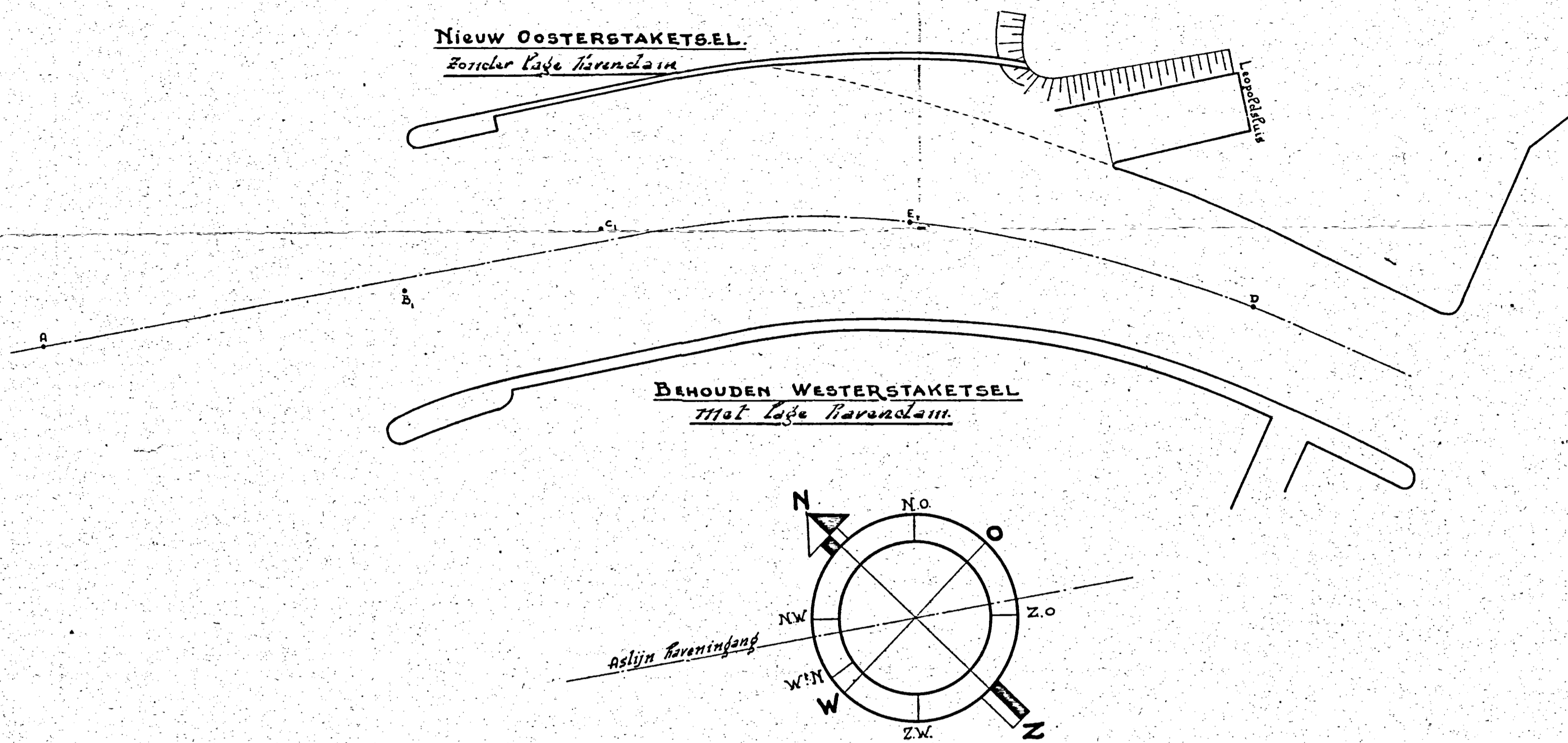


DOORSNEDE BB.

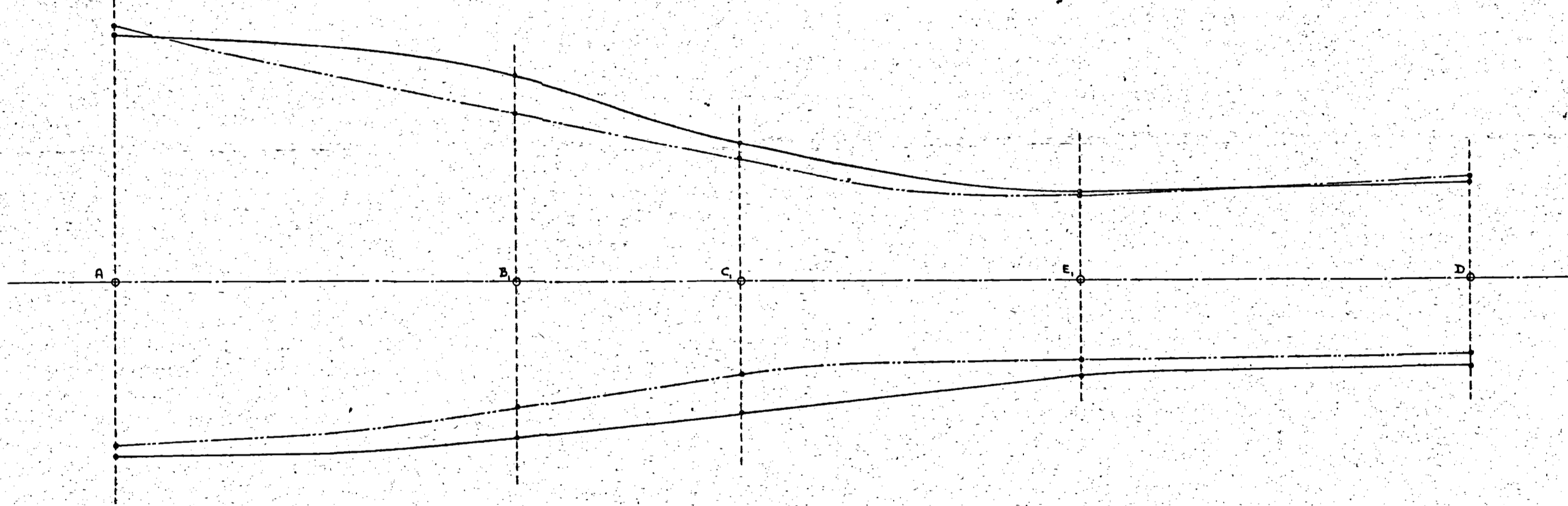
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

MODELPROEVEN HAVENINGANG VAN OOSTENDE

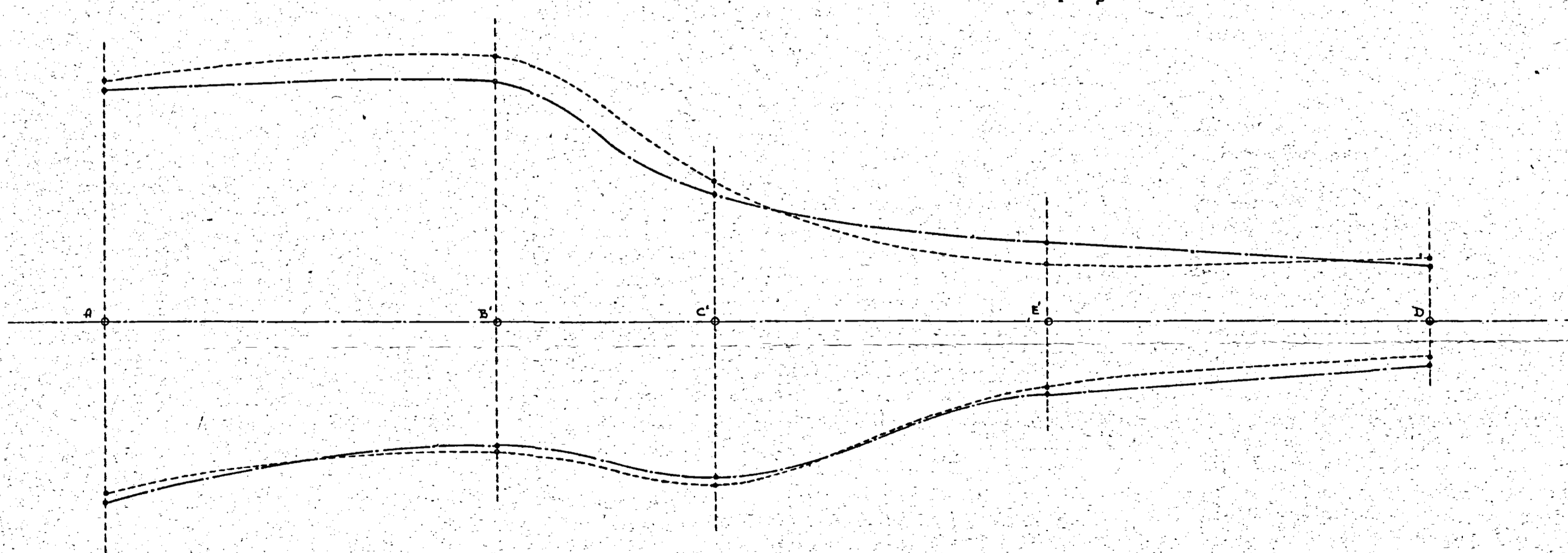
MODEL 33



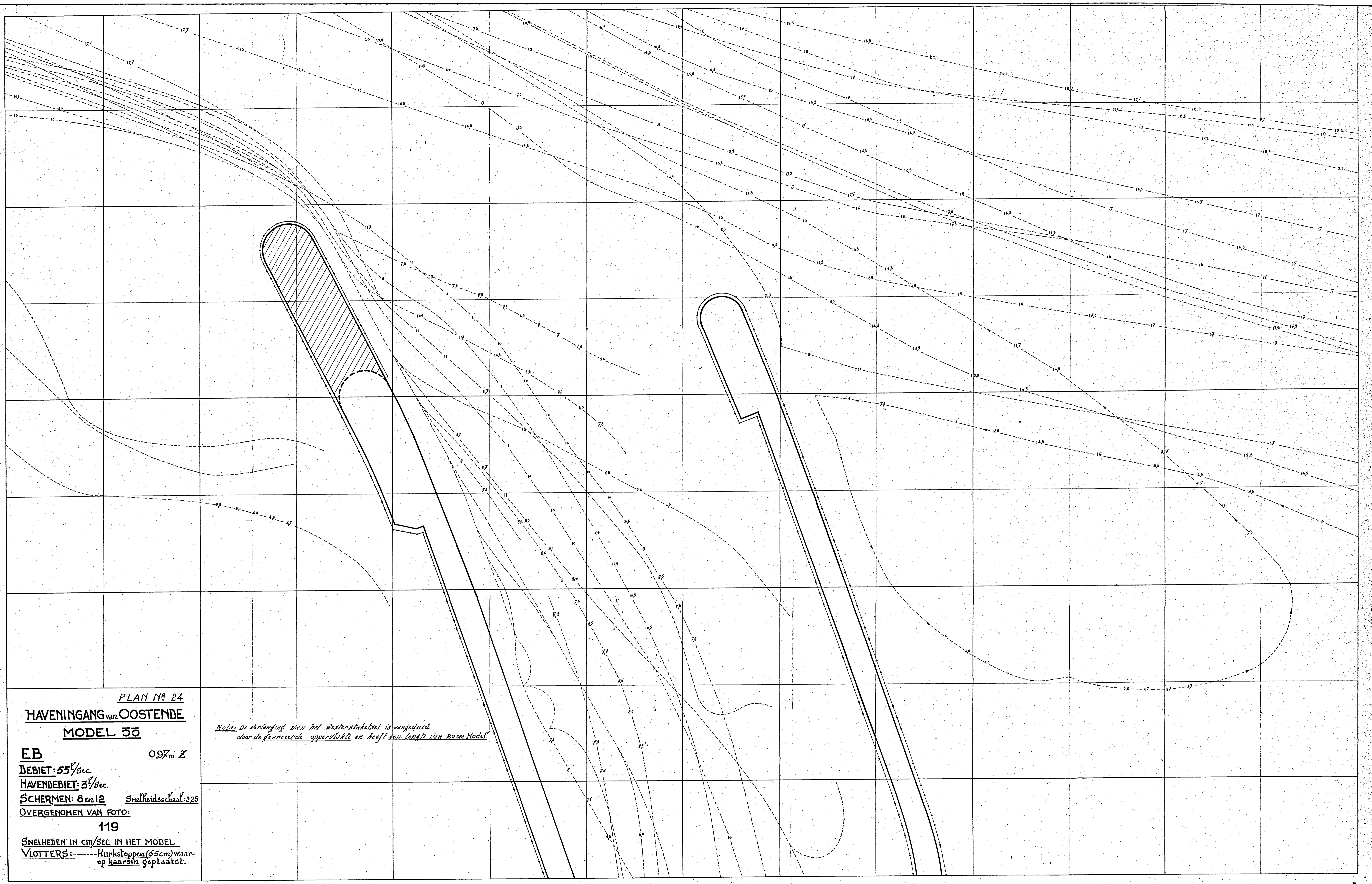
GOLVEN UIT N.O. Zonder metaalgas ————
Met metaalgas - - - - -



GOLVEN UIT N.W. Zonder demping ————
Met demping - - - - -



GOLVEN UIT	P U N T E N					BESCHRIJVING
	A	B	C	E	D	
N.O.	100	86	65	44	44	<i>Demping bij Leopoldsluis Behouden Westerstaketsel Een laag metaalgas Met Lage Havenclan Nieuw oosterstaketsel een laag metaalgas geen Lage Havenclan.</i>
N.O.	100	70	51	39	42	<i>Demping bij Leopoldsluis Behouden Westerstaketsel Verdicht met een laag metaalgas Met Lage Havenclan Nieuw Oosterstaketsel Verdicht met twee lagen metaalgas geen Lage Havenclan.</i>
N.W.	100	96	74	31	24	<i>Demping bij Leopoldsluis Behouden Westerstaketsel Verdicht met een laag metaalgas Met Lage Havenclan Nieuw Oosterstaketsel Verdicht met twee lagen metaalgas geen Lage Havenclan.</i>
N.W.	100	89	69	37	24	<i>Zonder demping bij Leopoldsluis Behouden Westerstaketsel Verdicht met een laag metaalgas Met Lage Havenclan Nieuw Oosterstaketsel Twee lagen metaalgas geen Lage Havenclan.</i>



PLAN N° 24
HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 33

EB 0.97m Z

DEBIET: 55 l/sec

HAVENDEBIET: 3 l/sec

SCHERMEN: 8 en 12 Snelheidsschaal: 2.25

OVERGENOMEN VAN FOTO:

119

SNELHEDEN IN cm/sec. IN HET MODEL

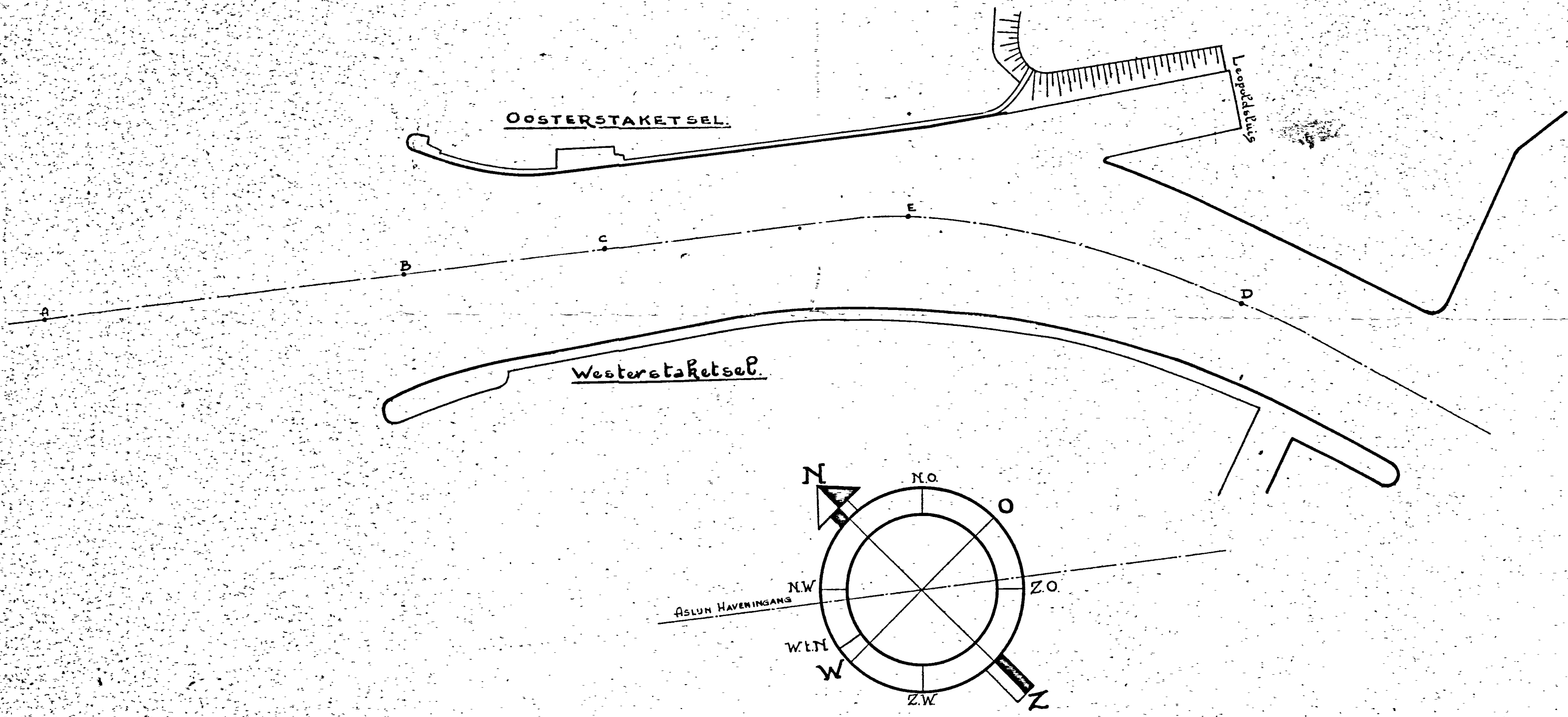
VLOTTERS: ----- Huikstoppen (6.5cm) waar op kaarsen geplaatst.

Nota: De verlenging van het Westerslatelstel is aangeduid door de gearceerde oppervlakte en heeft een lengte van 20cm Model.

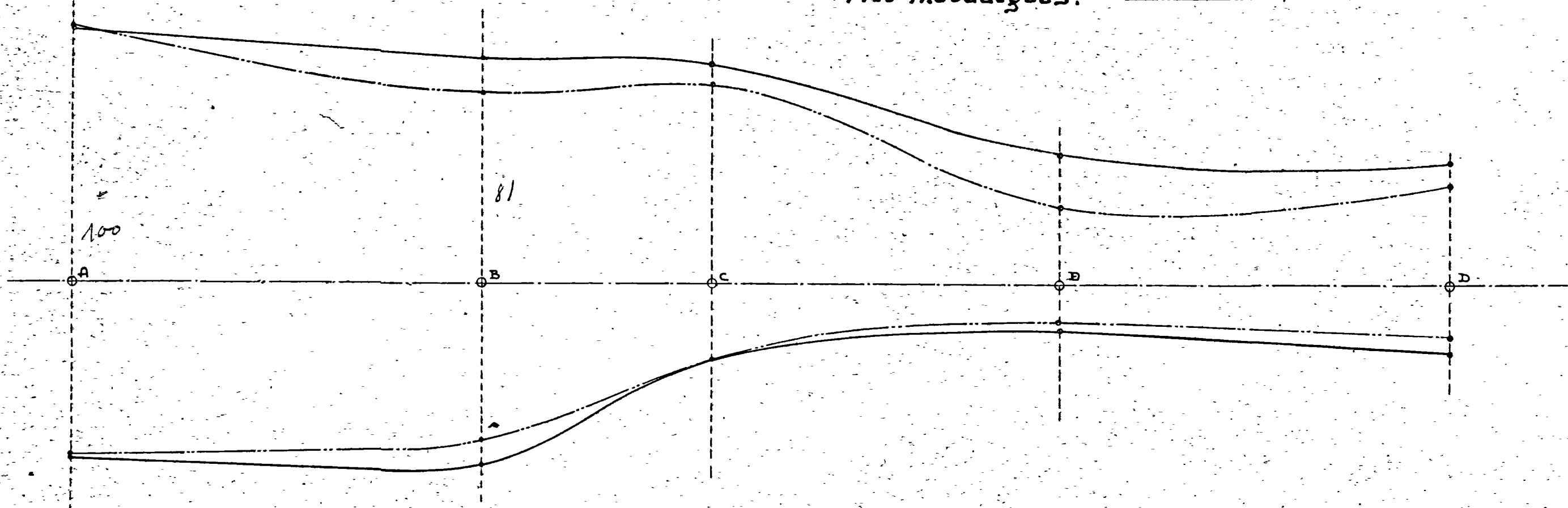
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

MODELPROEVEN HAVENINGANG VAN OOSTENDE

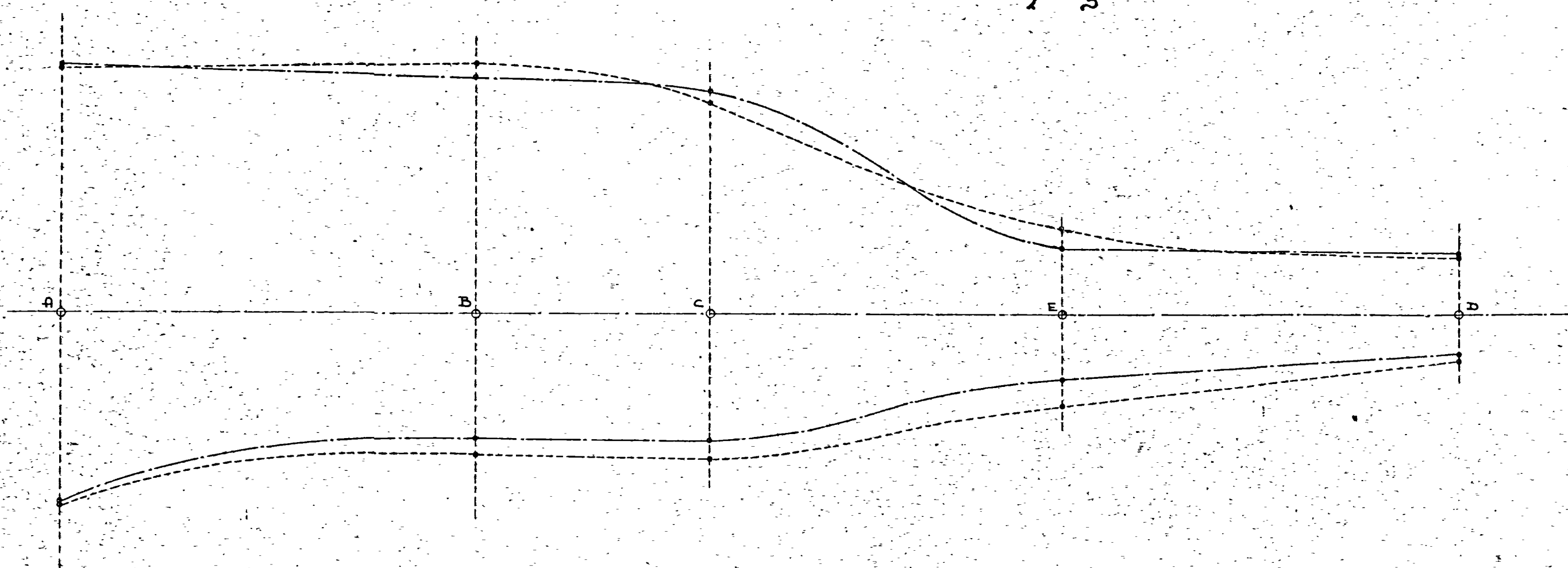
MODEL 33



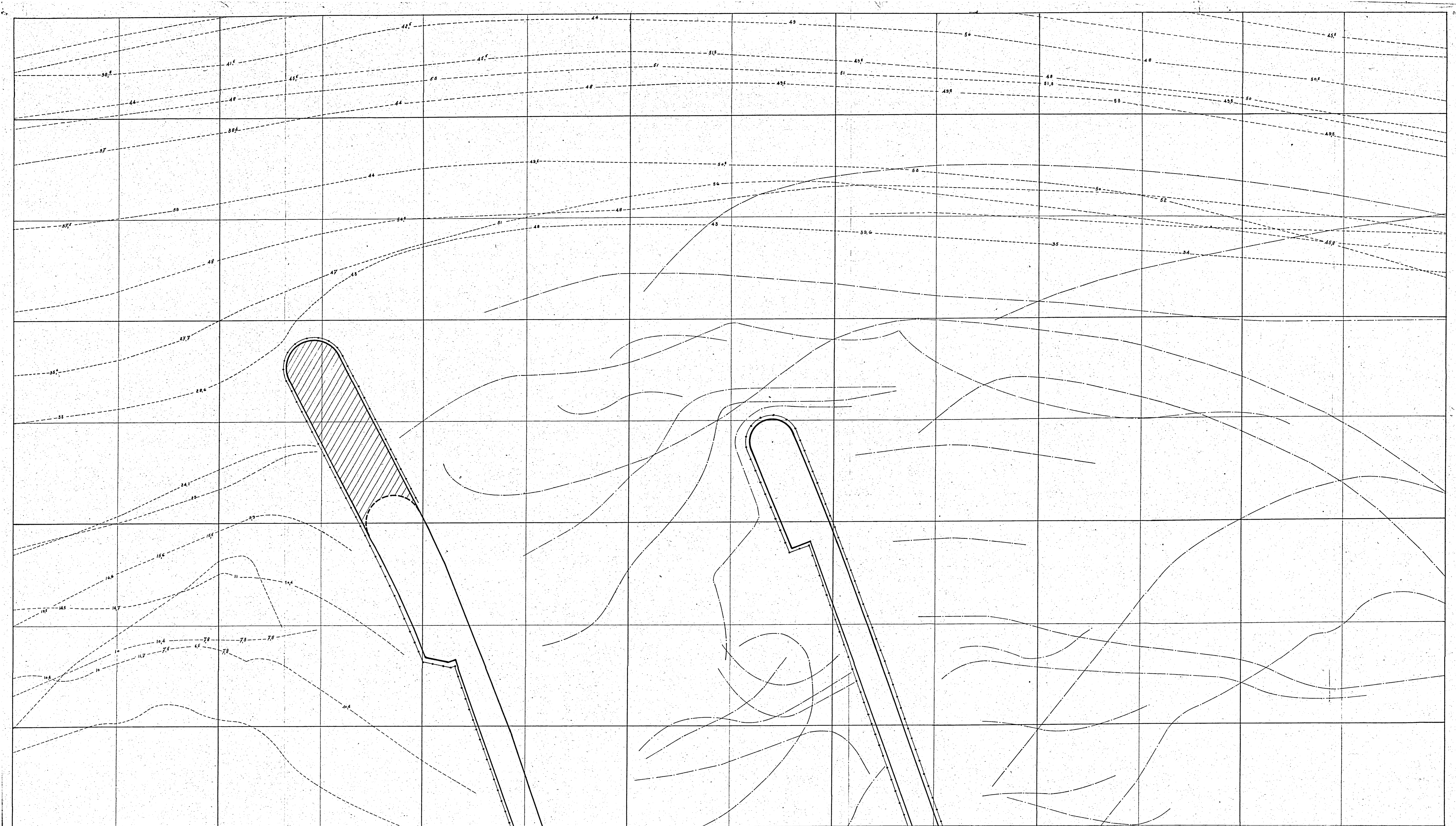
GOLVEN UIT N.O. Zonder metaalgaas: ———
Met metaalgaas: - - - - -



GOLVEN UIT N.W. Zonder Damping: ———
Met damping: - - - - -

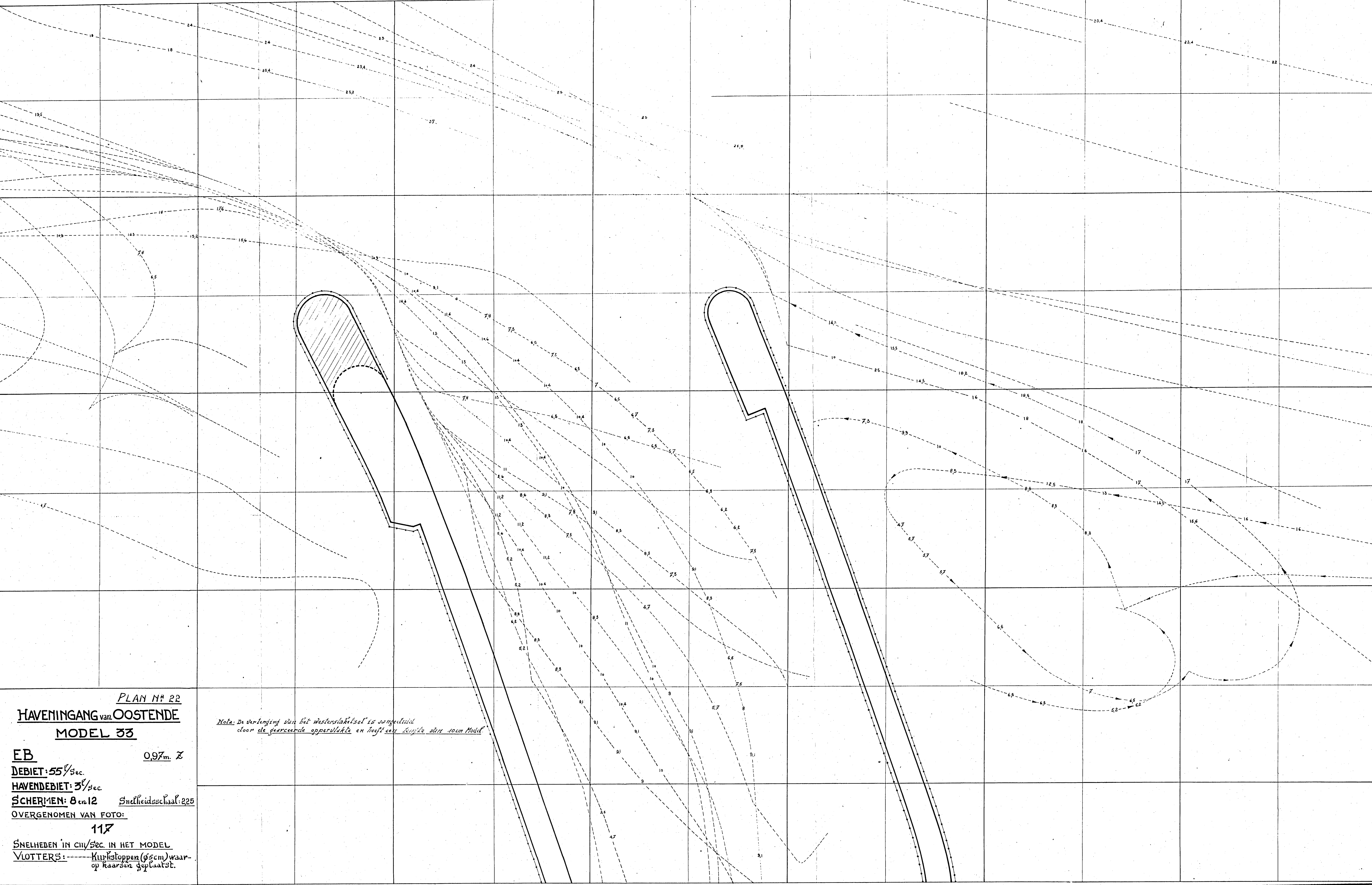


TOESTAND	GOLVEN UIT	P U N T E N					BESCHRJVING
		A	B	C	E	D	
NATUUR	N.O.	100	88	50		38	Kleinste Golfhoogte van een serie waarnemingen.
		100	80	60		50	Grootste Golfhoogte van een serie waarnemingen.
MODEL	N.O.	<u>100</u>	<u>82</u>	<u>64</u>	<u>27</u>	<u>36</u>	Damping bij de Leopoldsluis. <u>Westerstaketsel:</u> Verduicht met een laag metaalgaas met lage havendam. <u>Oosterstaketsel:</u> Verduicht met een laag metaalgaas met lage havendam.
		100	95	69	41	44	Damping bij de Leopoldsluis. <u>Westerstaketsel:</u> Zonder metaalgaas met lage havendam. <u>Oosterstaketsel:</u> Zonder metaalgaas met lage havendam.
NATUUR	W.N.	100	57	100		29	Kleinste Golfhoogte van een serie waarnemingen.
		100	70	100		20	Grootste Golfhoogte van een serie waarnemingen.
NATUUR	N.	100		90		20	Kleinste Golfhoogte van een serie waarnemingen.
		100		70		23	Grootste Golfhoogte van een serie waarnemingen.
MODEL	N.W.	100	83	80	30	23	Zonder damping bij de Leopoldsluis. <u>Westerstaketsel:</u> Verduicht met een laag metaalgaas met lage havendam. <u>Oosterstaketsel:</u> Verduicht met een laag metaalgaas met lage havendam.
		<u>100</u>	<u>90</u>	<u>82</u>	<u>41</u>	<u>24</u>	Met damping bij de Leopoldsluis. <u>Westerstaketsel:</u> Verduicht met een laag metaalgaas met lage havendam. <u>Oosterstaketsel:</u> Verduicht met een laag metaalgaas met lage havendam.



PLAN N^o 23
HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 55
VLOED 469 m. Z.
DEBIET: 252.04 l/sec.
HAVENDEBIET: GEEN
SCHERMEN: 1 Snelheidsschaal: 2:25
 OVERGENOMEN VAN FOTOS
121-125
SNELHEDEN IN CM/SEC. IN HET MODEL
VLOTTERS: - - - - - Kurkstoppen (5 cm) waar-
 op kaarsen geplaatst
 - - - - - Propjeswalle in benzine ge-
 drenkt 5 cm.

*Note: De verlenging van het waterstelsel is aangegeven door de
 gearceerde oppervlakte en heeft een lengte van 20 cm Model.*



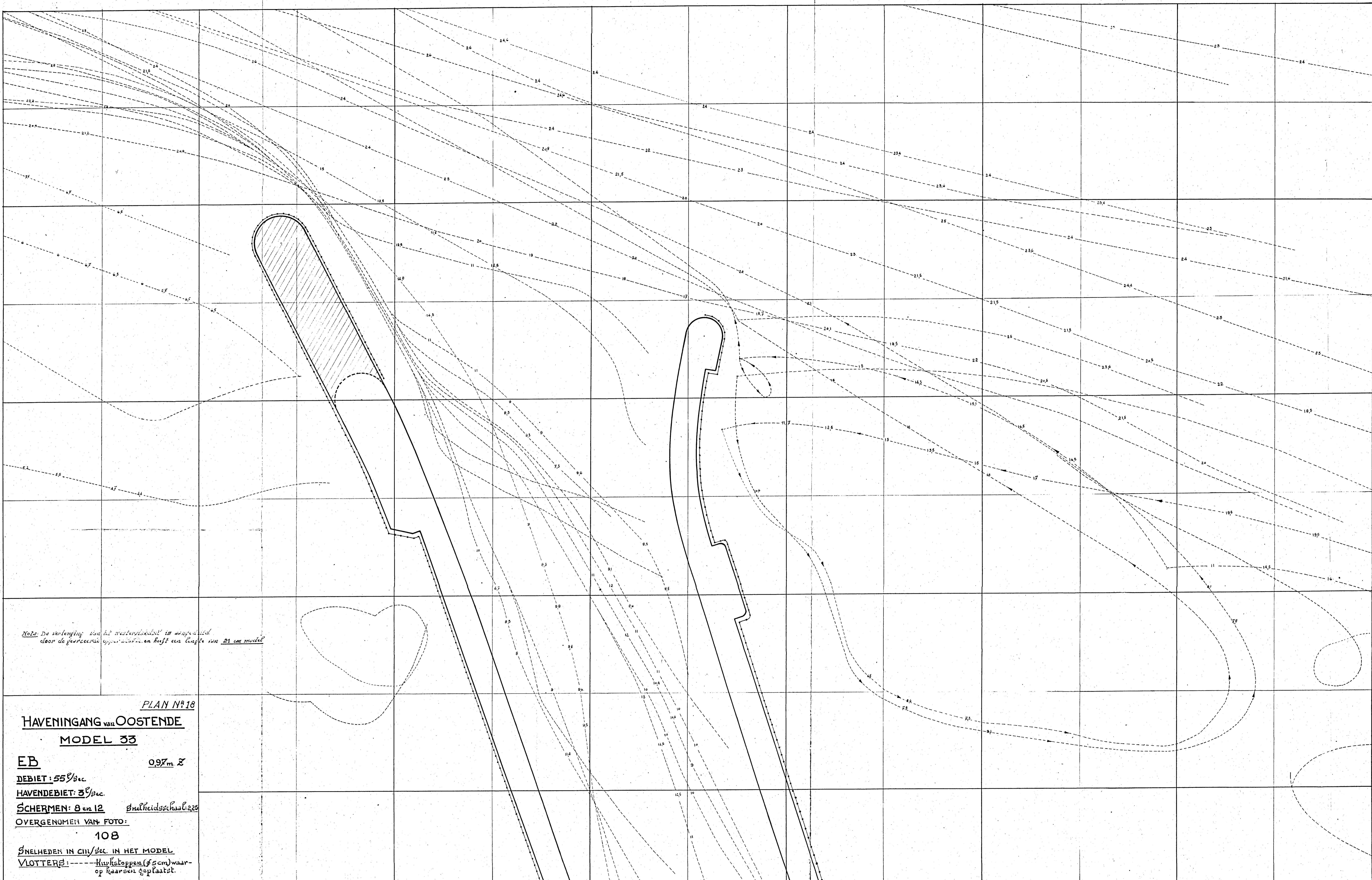
PLAN N^o 22
HAVENINGANG VAN OOSTENDE
MODEL 33

EB 0,97m. Z
DEBIET: 55 l³/sec.
HAVENDEBIET: 3 l³/sec.
SCHERMEN: 8 en 12 Snelheidsschaal: 225

OVERGENOMEN VAN FOTO:
117

SNELHEDEN IN cm/sec. IN HET MODEL
VLOTTERS: --- Kruisstoppen (Ø 5cm) waar-
 op kaarsen geplaatst.

Nota: De verlenging van het westerscherm is samengesteld door de gearceerde oppervlakte en heeft een lengte van 10m Model



Nota: De verlenging van de mastenlokalisatie is aangepast door de geometrische oppervlakten en heeft een lengte van 21 cm model

PLAN N° 18

HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 33

EB 0,97 m Z

DEBIET: 55 l/sec

HAVENDEBIET: 3 l/sec

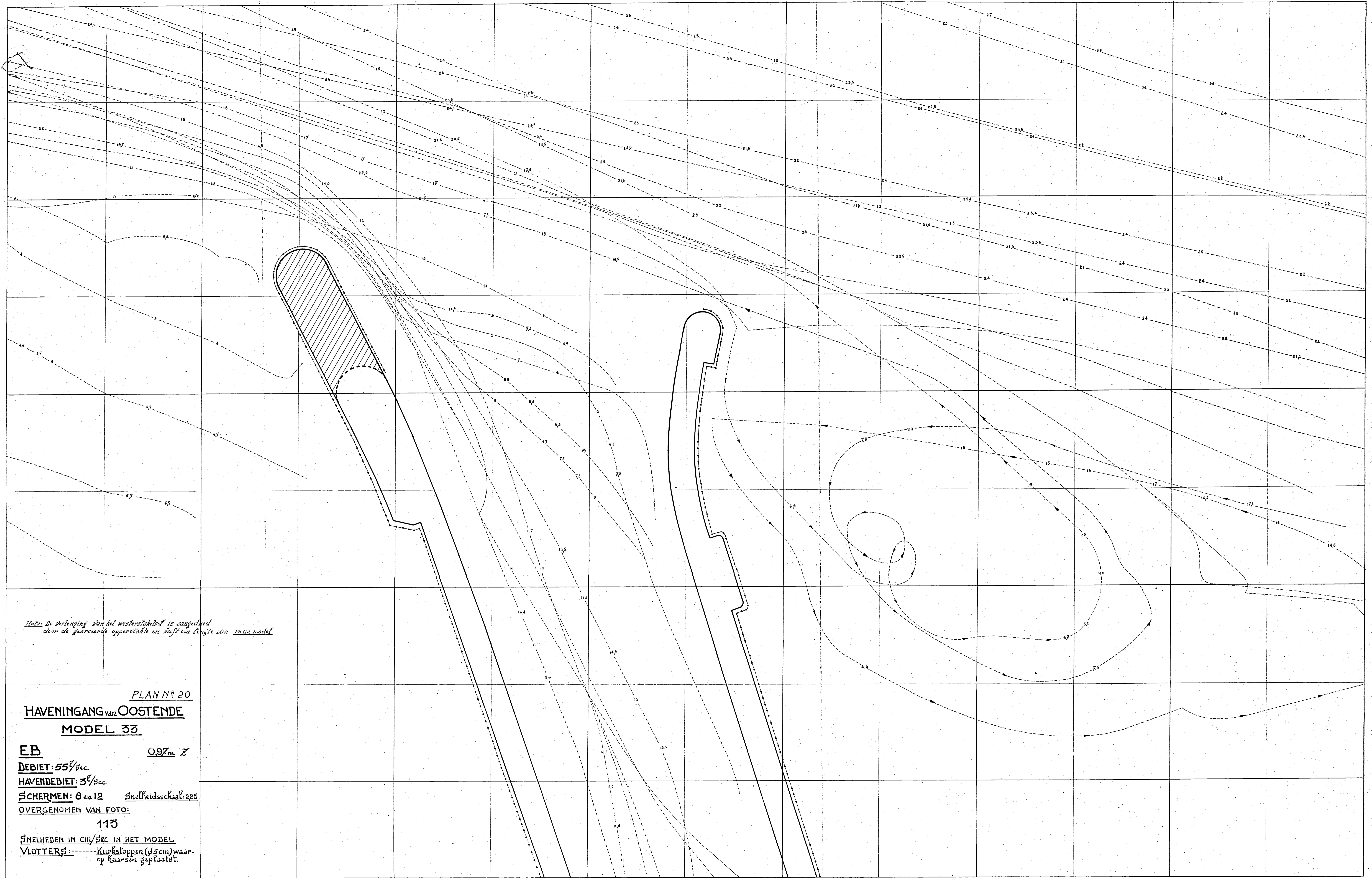
SCHERMEN: 8 en 12 Snelheidsschaal: 225

OVERGENOMEN VAN FOTO:

108

SNELHEDEN IN CM/SEC. IN HET MODEL

VLOTTERS: --- Kruisloppen (5 cm) waar-
op kaarsen geplaatst.



Note: De verlenging van het westerstakel is aangeduid door de gearceerde oppervlakte en heeft een lengte van 10 cm model

PLAN N^o 20
HAVENINGANG VAN OOSTENDE
MODEL 33

EB 0,97 m Z

DEBIET: 55 l/sec

HAVENDEBIET: 3 l/sec

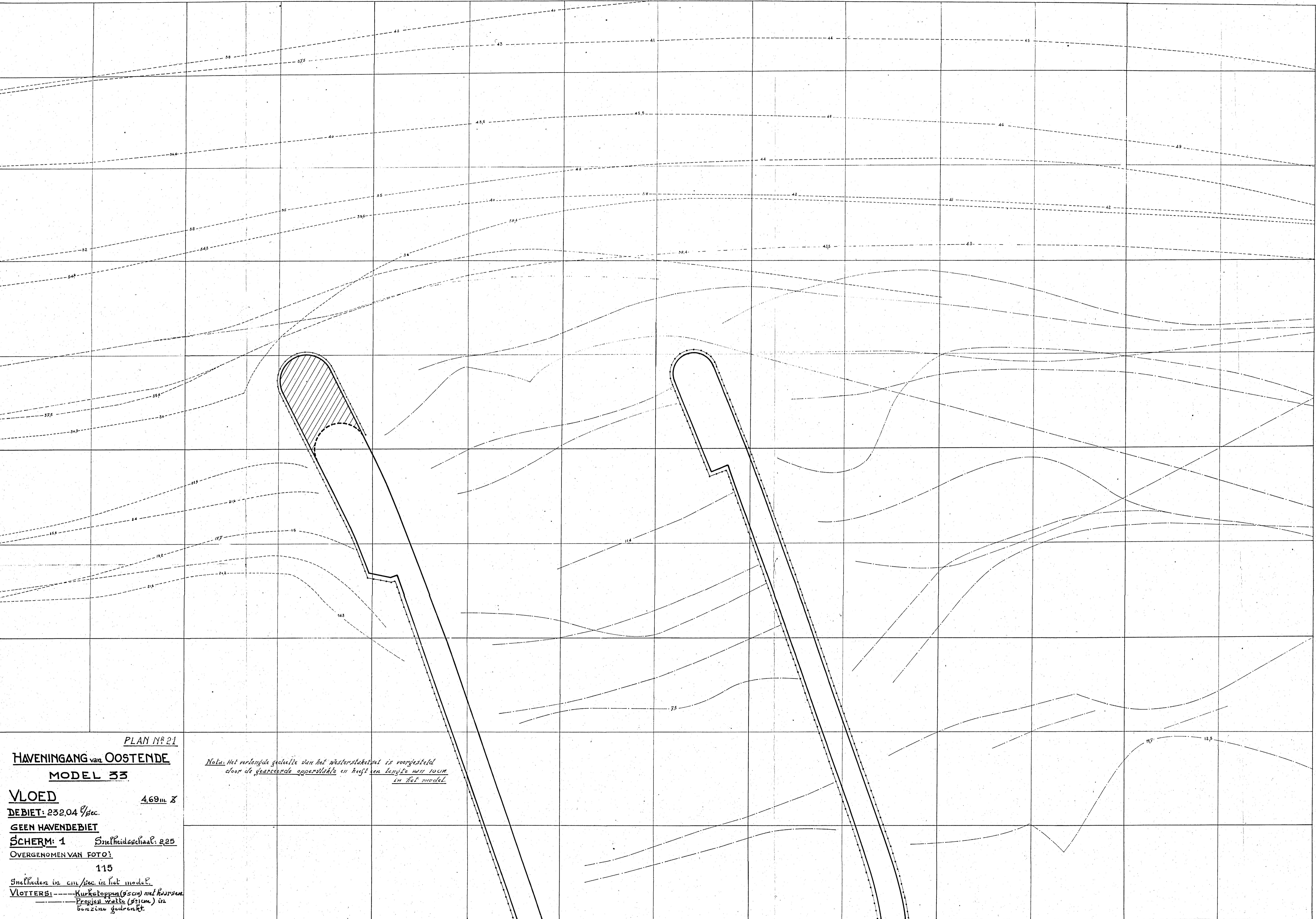
SCHERMEN: 8 en 12 Snelheidsschaal: 225

OVERGENOMEN VAN FOTO:

113

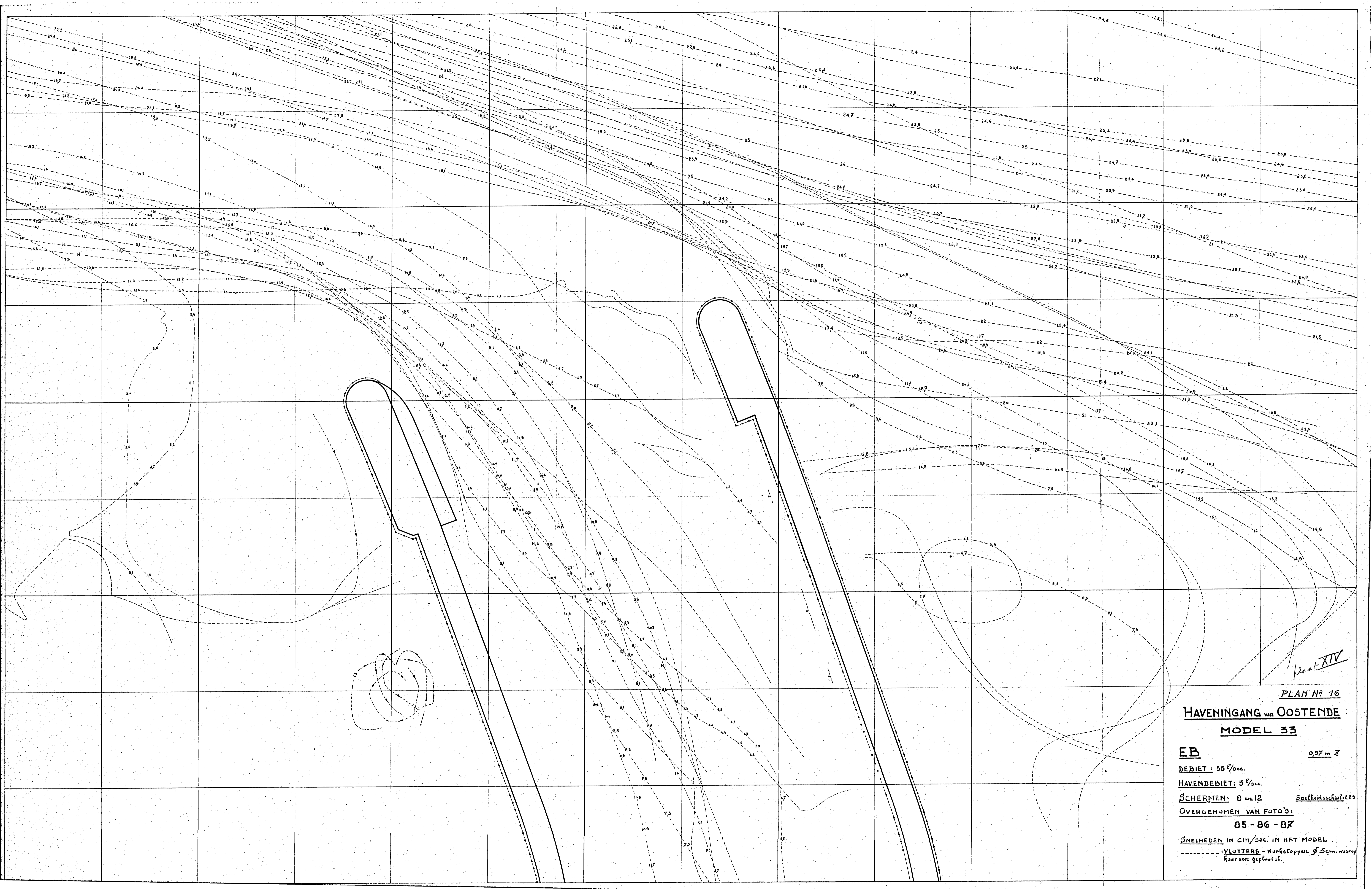
SNELHEDEN IN cm/sec IN HET MODEL

VLOTTERS: --- Kwakstoppen (Ø 5 cm) waarop kaarsen geplaatst.



PLAN NR 21
HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 33
VLOED 4.69 m. \bar{x}
DEBIET: 232.04 $\frac{m^3}{sec}$.
GEEN HAVENDEBIET
SCHERM: 1 Snelheidsschaal: 2.25
 OVERGENOMEN VAN FOTO:
 115
 Snelheden in cm/sec. in het model.
 VLOTTERS: --- Kurkstoppes (95 cm) met keuzes
 --- Propjes witte (65 cm) in
 benzine gedrenkt.

*Note: Het verlengde gedeelte van het westerstaket is voorgesteld
 door de gearceerde oppervlakte en heeft een lengte van 100 m.
 in het model.*



Bladz. XIV

PLAN N^o 16
HAVENINGANG VAN OOSTENDE
MODEL 33

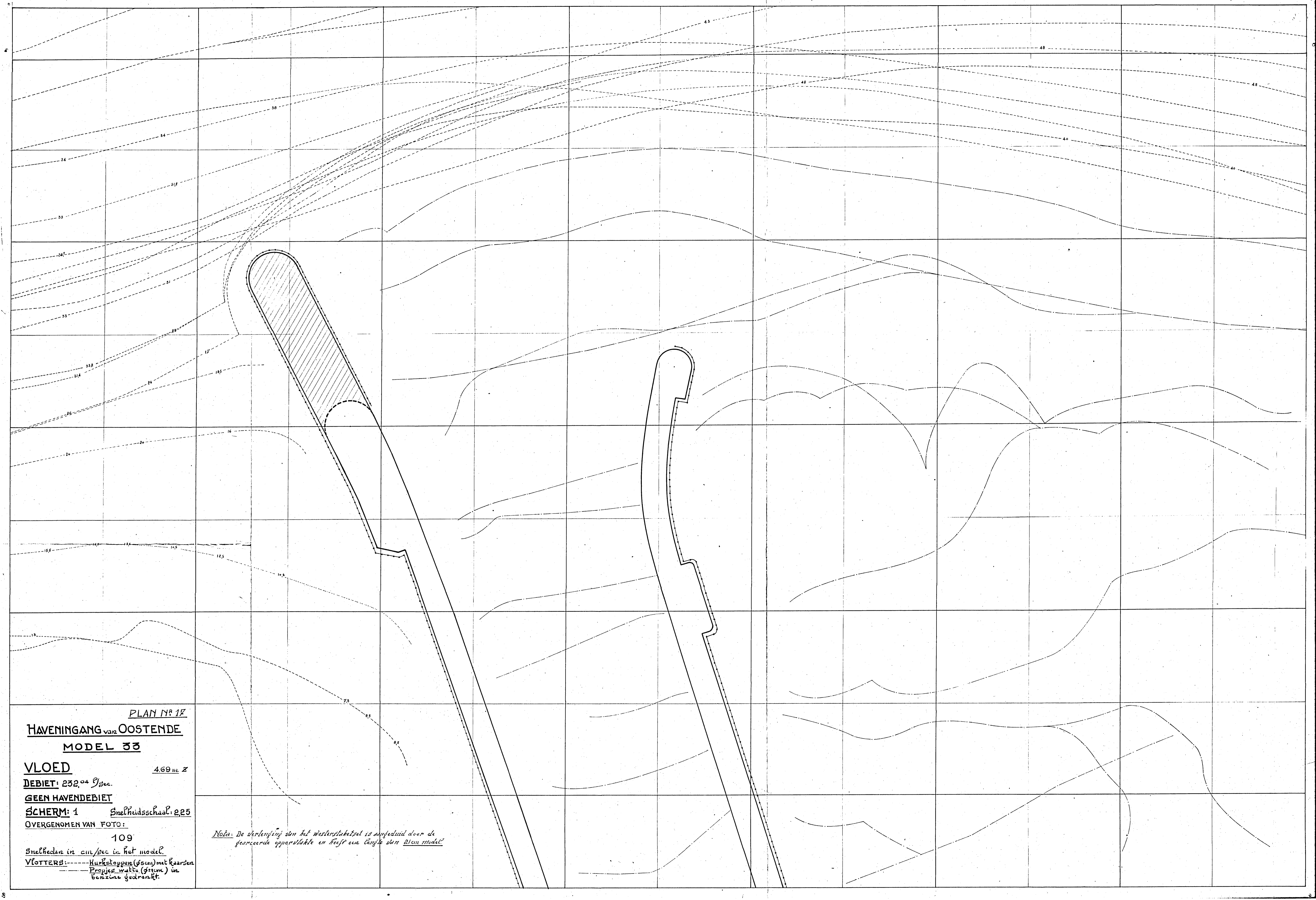
EB 0,97 m \bar{z}
DEBIET: 55 l/sec.
HAVENDEBIET: 3 l/sec.
SCHERMEN: 8 en 12 Snelheidsschaal: 2:25
OVERGENOMEN VAN FOTO'S:
85 - 86 - 87
SNELHEDEN IN CM/SEC. IN HET MODEL
 - - - - - : VLUTERS - Kruissteppen \bar{z} 5cm. waarop
 kaarsen geplaatst.

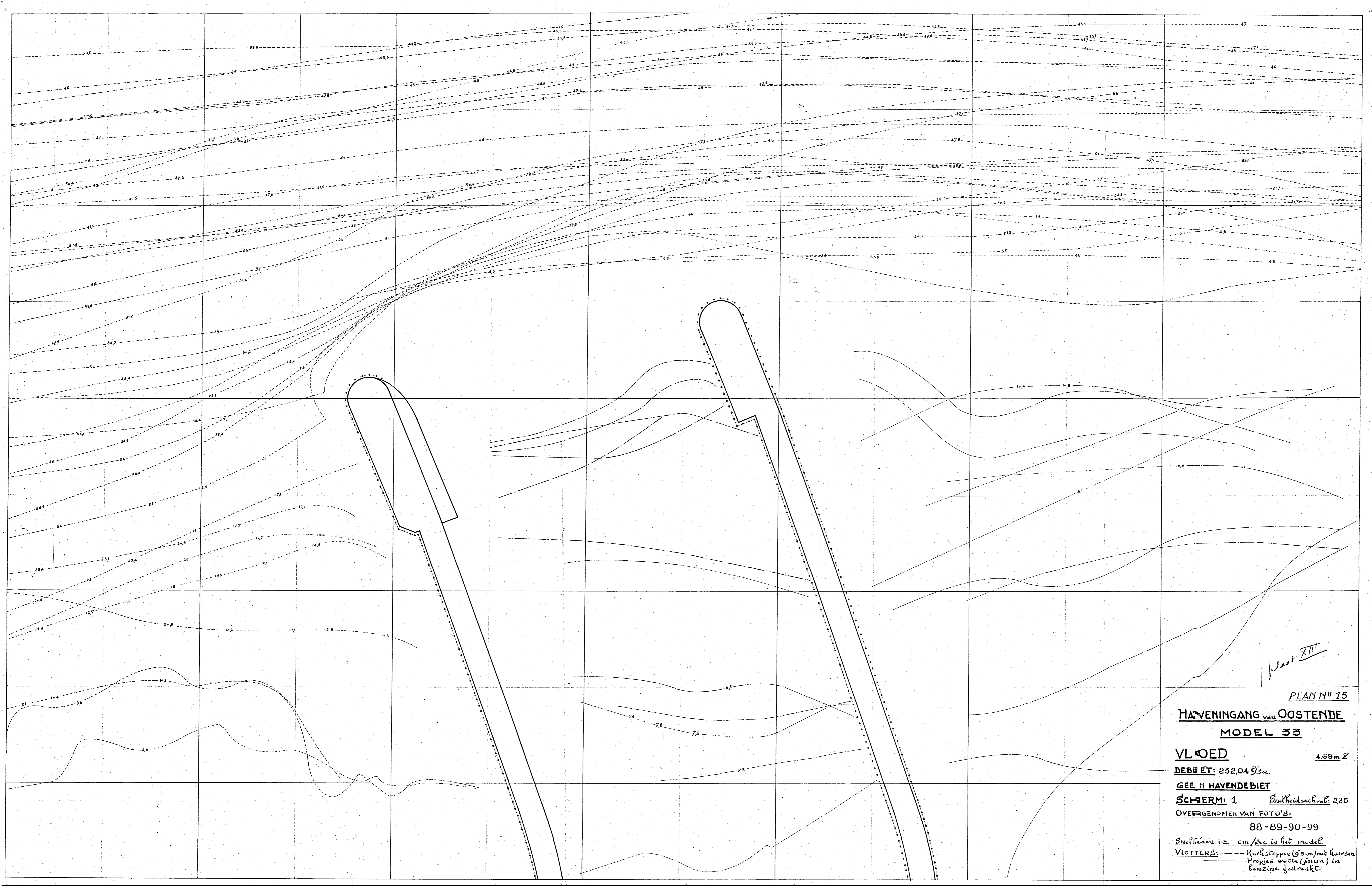
PLAN N^o 17
HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 33

VLOED 4.69 m. z
DEBIET: 232,04 l/sec.
GEEN HAVENDEBIET
SCHERM: 1 Snelheidsschaal: 2,25
OVERGENOMEN VAN FOTO:

109
 Snelheden in cm/sec in het model.
VLOTTERS: --- Hurkstoppen (vscm) met kaarsten
 --- Propjes watte (stom.) in benzine gedrenkt.

Nota: De verlenging van het westersluisvat is aangegeven door de geanceerde oppervlakte en heeft een lengte van 21 cm model





Plaat XIII

PLAN N^o 15

HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 33

VL. OED 4.69 m. z

DEBIET: 232.04 l/sec.

GEE: HAVENDEBIET

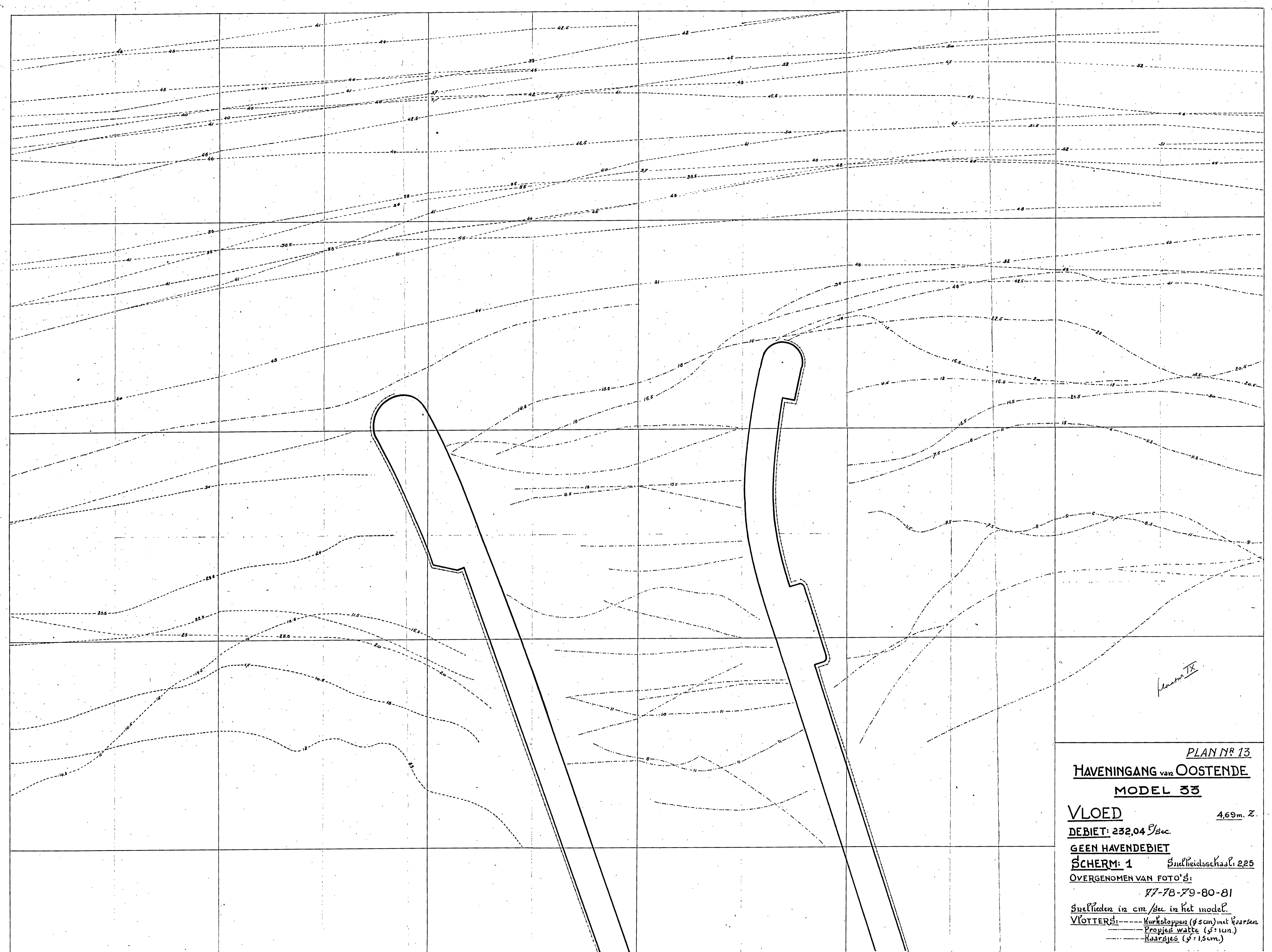
SCHERM: 1 *Grondheidschaal: 225*

OVERGEGENOMEN VAN FOTO'S:

88-89-90-99

Grondheidschaal in cm/sec. in het model.

VLOTTERS: - - - - - Kurkstoppen (65 cm) met haarsen
 ——— Propjes witte (65 cm) in benzine geelmarkt.

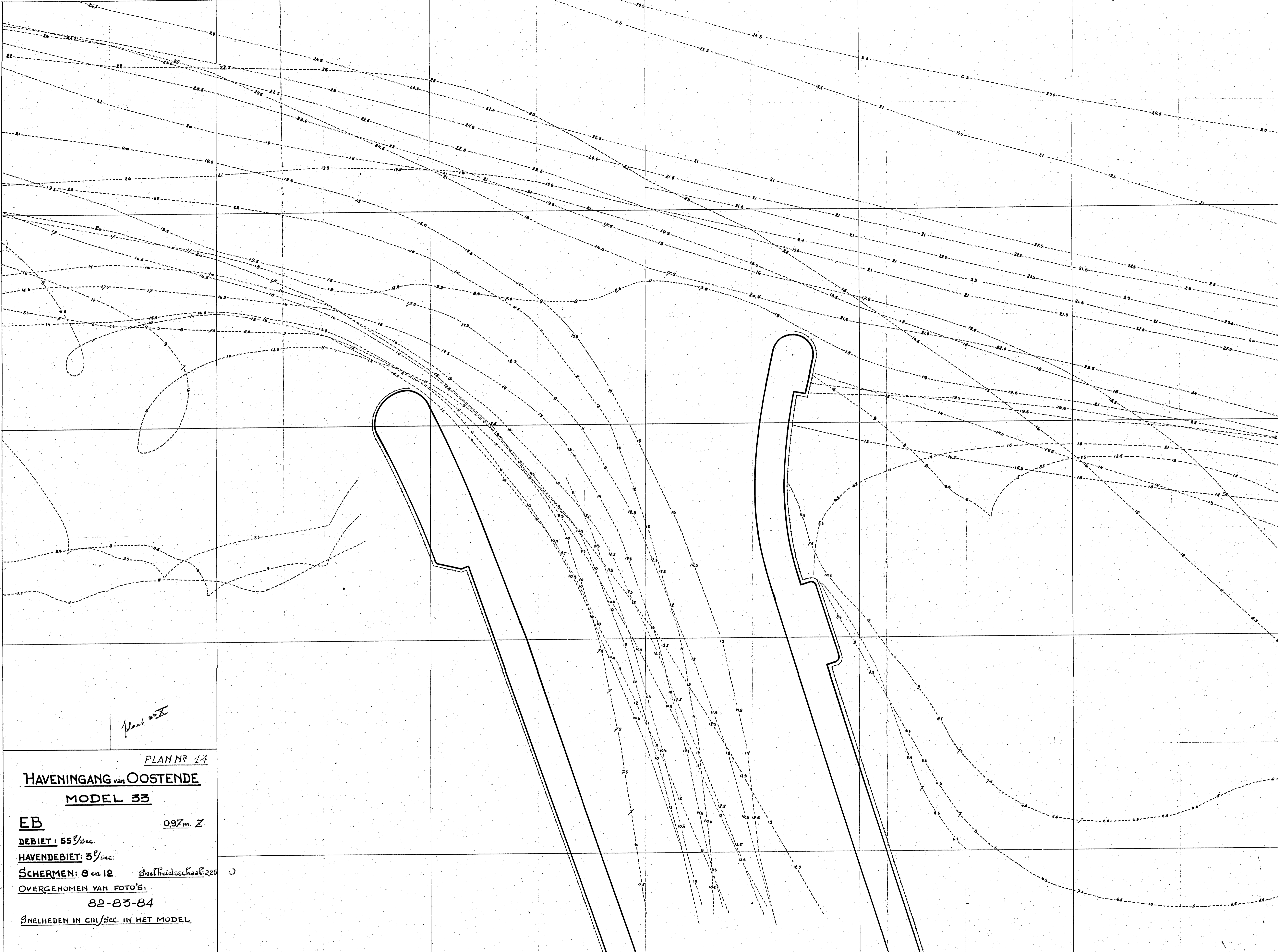


Plan nr 13

PLAN NR 13
HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 33

VLOED 4,69 m. z.
DEBIET: 232,04 l/sec.
GEEN HAVENDEBIET
SCHERM: 1 Streekheidschaal: 225
OVERGENOMEN VAN FOTO'S:
 77-78-79-80-81

Streekheden in cm/sec in het model.
VLOTTERS: --- Kurkstoppers (φ 5 cm) met kearsen
 --- Propjes watte (φ 1 cm.)
 --- Kearsjes (φ 1,5 cm.)



Plan nr 14

PLAN NR 14

**HAVENINGANG van OOSTENDE
MODEL 33**

EB 0,97m Z

DEBIET: 55 l/sec.

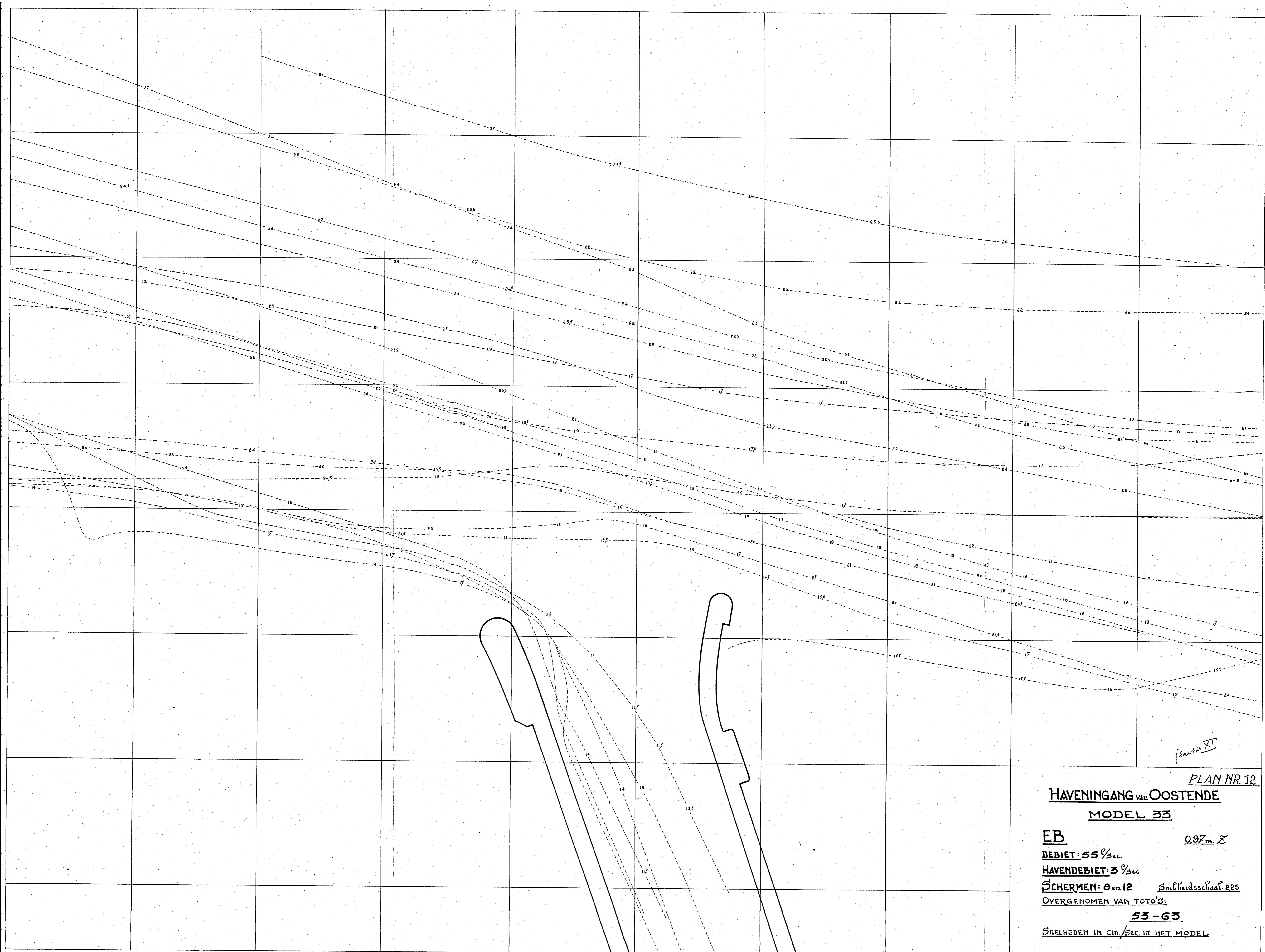
HAVENDEBIET: 3 l/sec.

SCHERMEN: 8 en 12 Snelheidschaal: 225

OVERGENOMEN VAN FOTO'S:

82-83-84

SNELHEDEN IN cm/sec. IN HET MODEL



Plan nr 12

PLAN NR. 12

HAVENINGANG van OOSTENDE

MODEL 33

EB

0.97 m. Z

DEBIET: 55 %/sec.

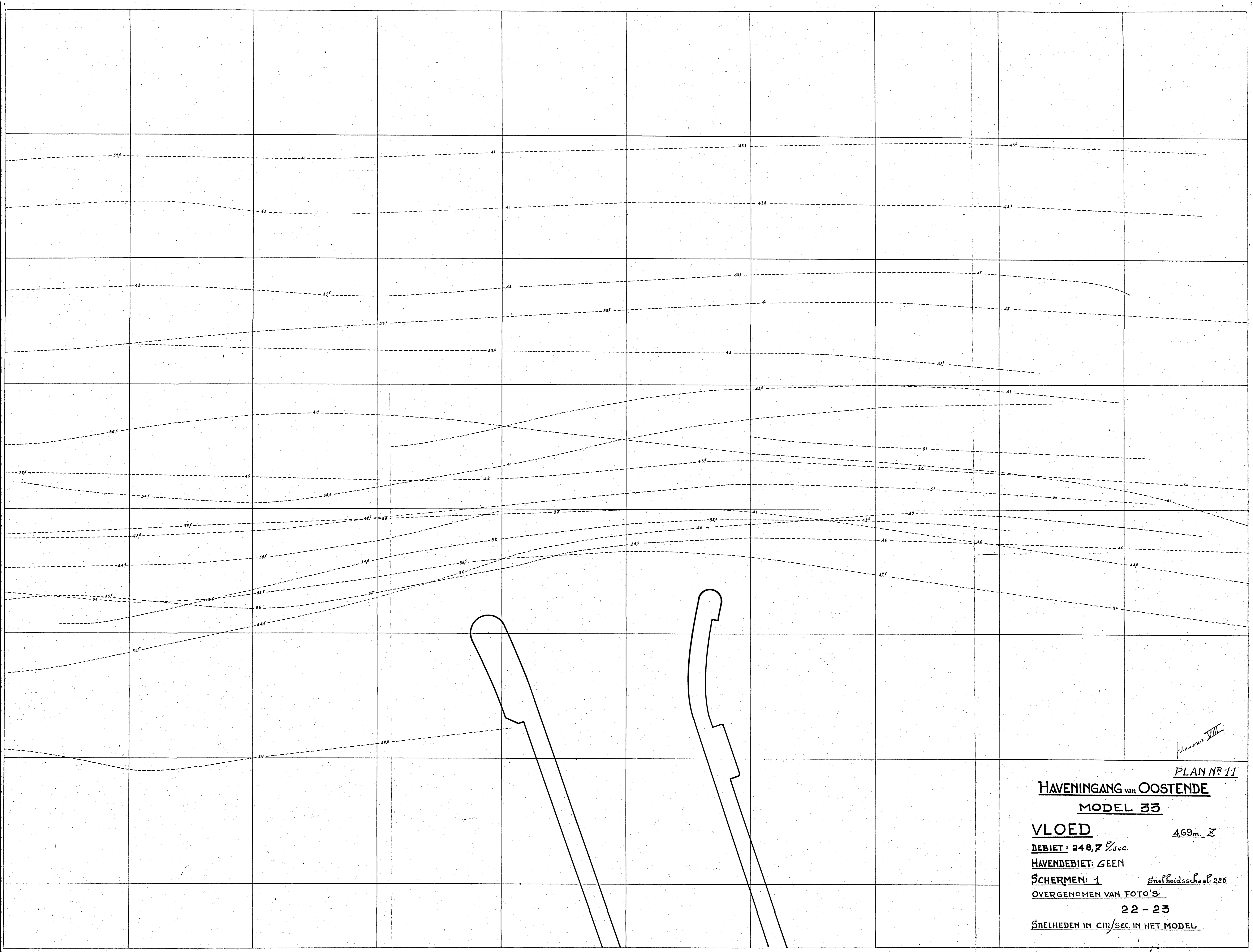
HAVENDEBIET: 3 %/sec

SCHERMEN: 8 en 12 *Snelheidsschaal: 225*

OVERGONOMEN VAN FOTO'S:

53-63

SNELHEDEN IN cm./sec. IN HET MODEL



W. van VIII

PLAN N^o 11

HAVENINGANG van OOSTENDE

MODEL 33

VLOED 4.69m. Z

DEBIET: 248,7 l³/sec.

HAVENDEBIET: GEEN

SCHERMEN: 1 Snelheidsschaal: 225

OVERGENOMEN VAN FOTO'S:

22 - 23

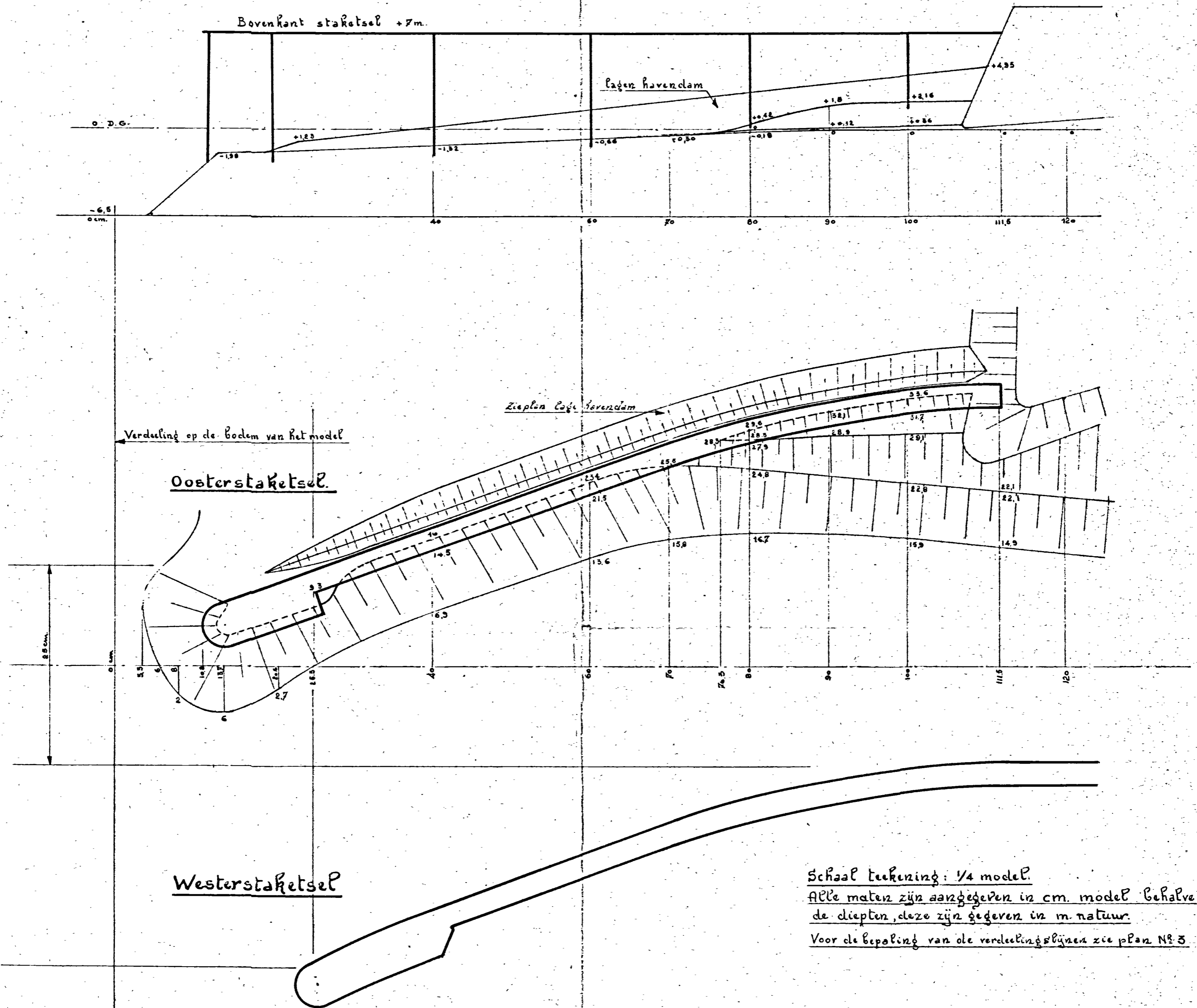
SNELHEDEN IN cm/sec. IN HET MODEL

HAVENINGANG VAN OOSTENDE MODEL 33

PLAN N^o 10

plaat n^o XII

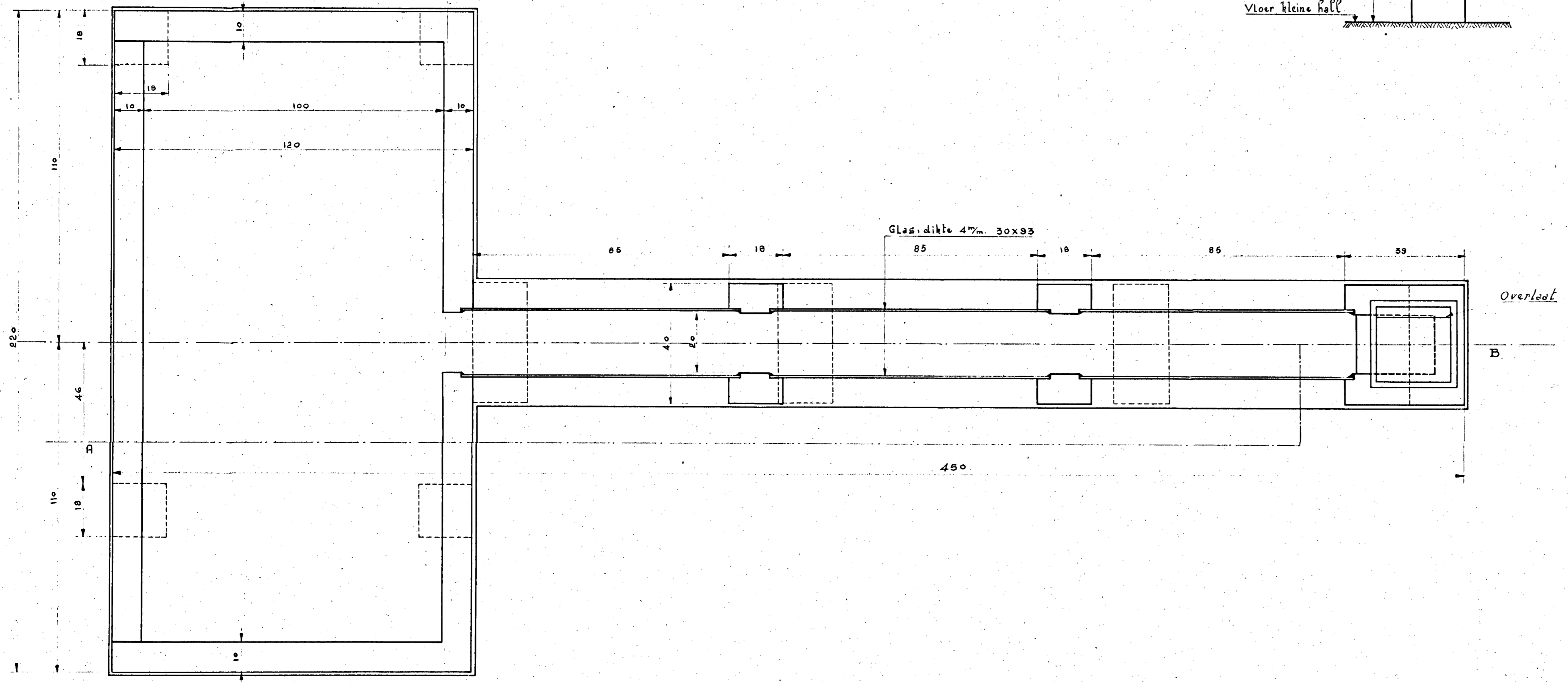
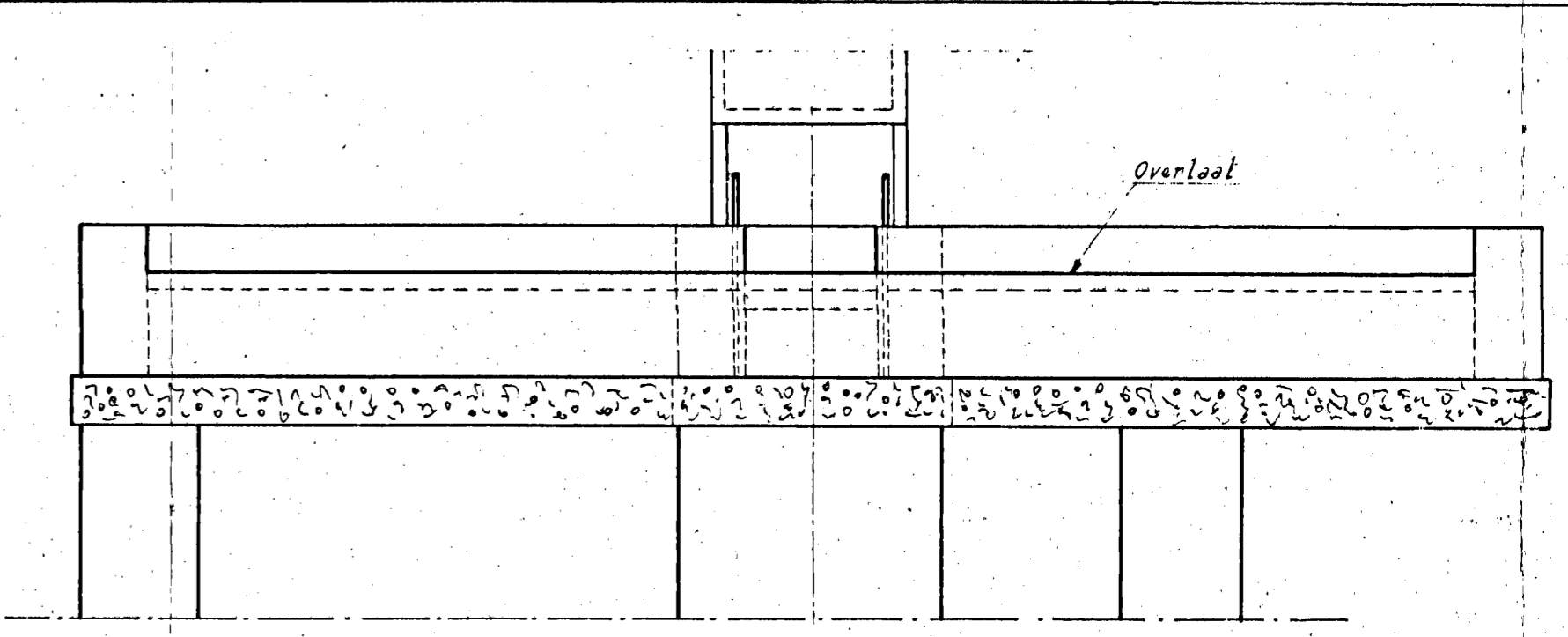
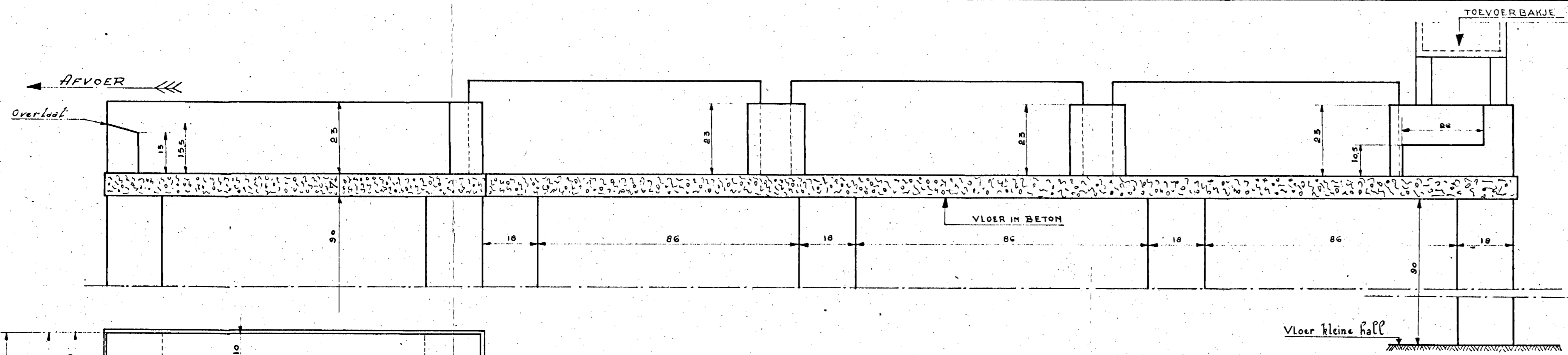
Opmeting van het Oosterstaketsel
ten opzichte van
de verdeelingslijnen op den bodem van het Model.



Schaal tekening: 1/4 model.

Alle maten zijn aangegeven in cm. model behalve de diepten, deze zijn gegeven in m. natuur.

Voor de bepaling van de verdeelingslijnen zie plan N^o 3.



MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
EN WERKVERSCHAFFING

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

BERCHEMLEI

ANTWERPEN

MODEL 33

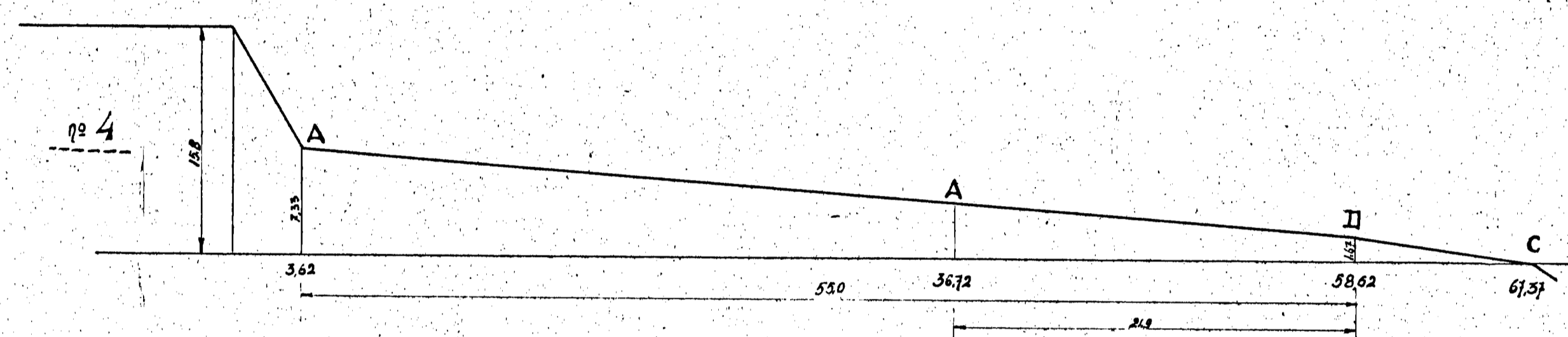
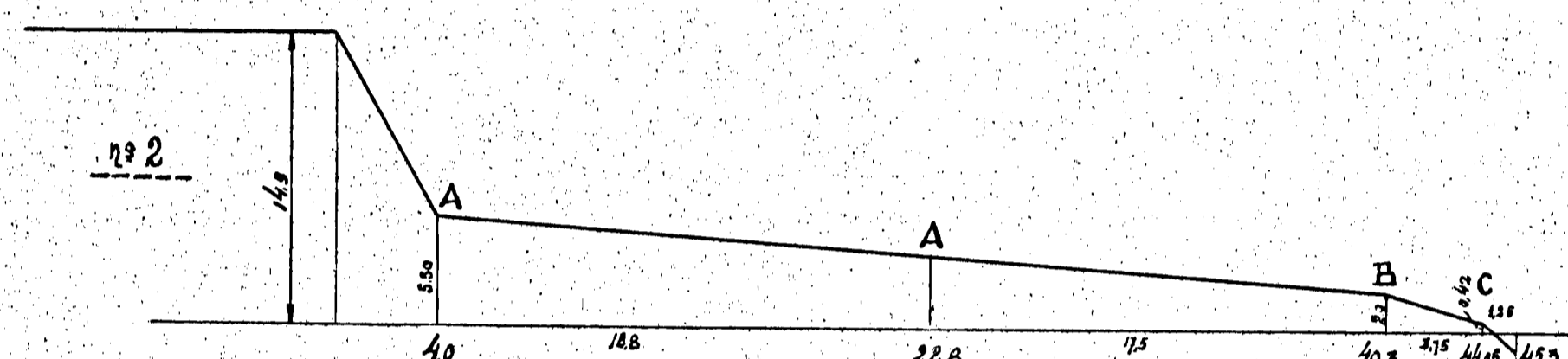
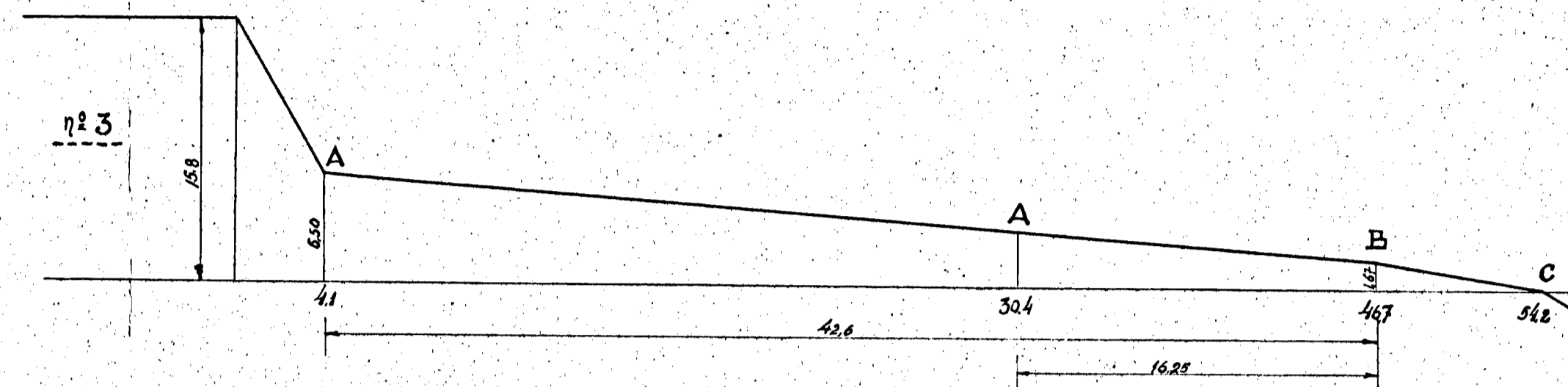
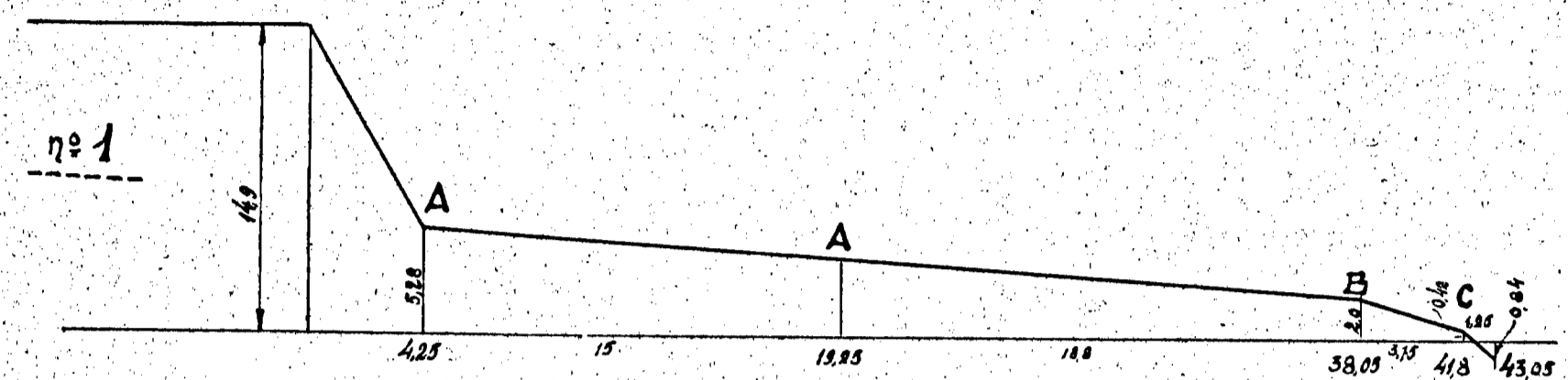
PLAN NR. 9

SCHAAL TEEKENING : 1/10 MODEL

Alle maten zijn aangegeven in CM.

STRANDHOOFDEN TEN WESTEN VAN DE HAVENGEUL

STRANDHOOFDEN TEN OOSTEN VAN DE HAVENGEUL



DOORSNEDEN A-W

DOORSNEDEN B-W

DOORSNEDEN C-W

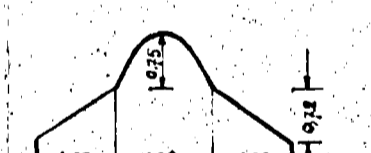
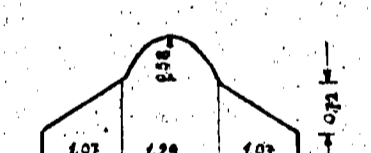
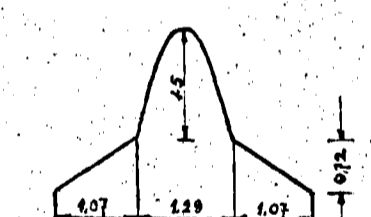
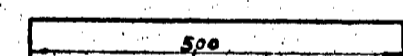
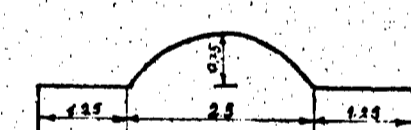
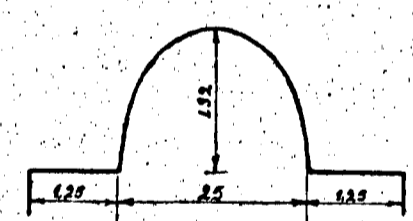
SCHAAL 1/1

DOORSNEDEN A-O

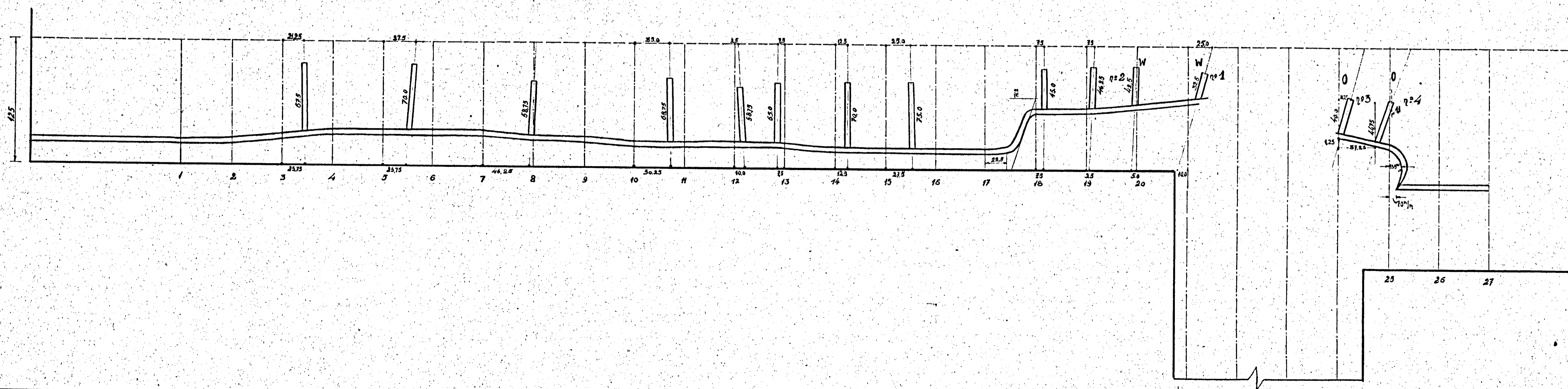
DOORSNEDEN B-O

DOORSNEDEN C-O

DOORSNEDEN D-O



PLAN



MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

BERCHEMLEI 115

BORGERHOUT-ANTWERPEN

MODELPROEF

INGANG HAVEN VAN OOSTENDE

PLAN NR 7

MODELSCHALEN: HORIZONTAAL 1/400 NATUUR
VERTIKAAL 1/60 NATUUR

SCHAAL TEEKENING: HORIZONTAAL 1/25 MODEL
VERTIKAAL 1/30 MODEL

NOTA

alle maten zijn aangegeven in CM.

de lengte der strandhoofden is getekend vanaf de kruip van den dijk

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
EN WERKVERSCHAFFING

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
BERGHEM - ANTWERPEN

MODELPROEF

INGANG HAVEN VAN OOSTENDE

MODEL NR: 33

PLAN NR: 8

SCHALEN: HORIZONTAAL: $1/400$

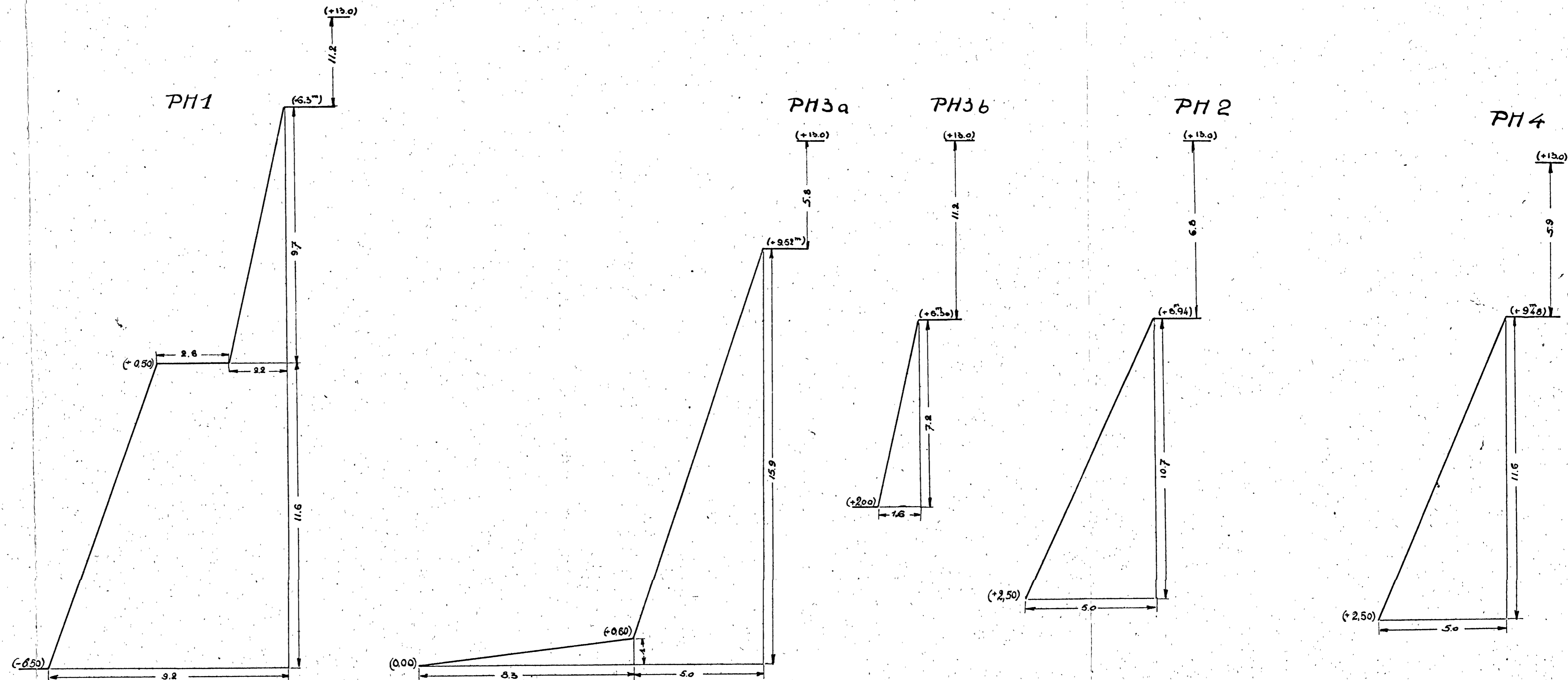
VERTICAAL: $1/60$

alle maten zijn aangegeven in cm. behalve

waar anders is aangeduid

dwarsprofielen op modelgrootte

NOTA: Bovenkant model werd in uitvoering op (+12,40) gebracht. Sommige verticale maten zijn dus met één cm. te verminderen.



**MODELPROEF INGANG HAVEN VAN
OOSTENDE**

MOD. 33 PLAN NR. 6

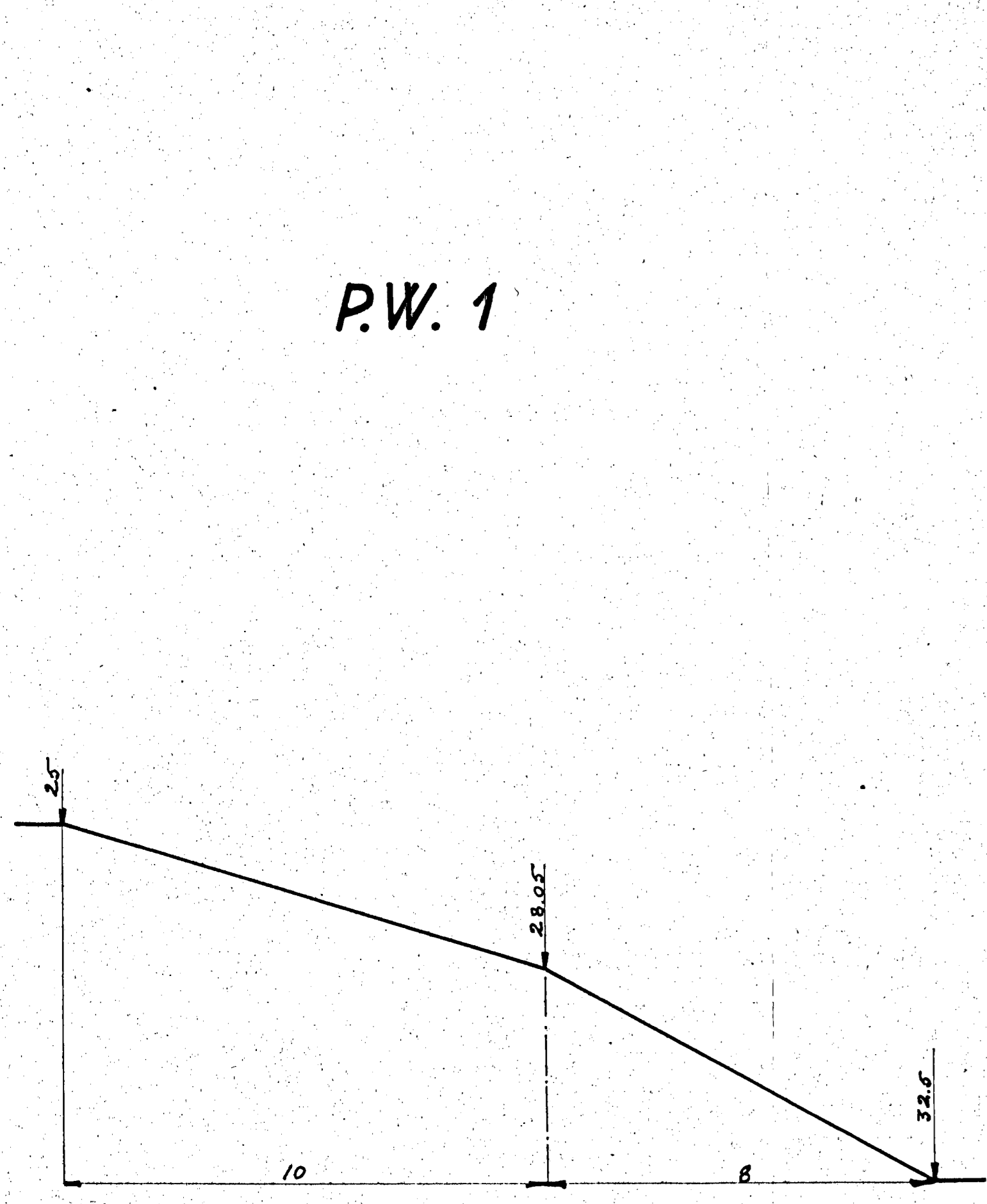
DWARSPROFIELEN VAN DEN WESTELUKEN
LAGEN HAVENDAM

MODELSCHALEN: LENGTE=1/400 NATUUR
 DIEPTE=1/60 NATUUR

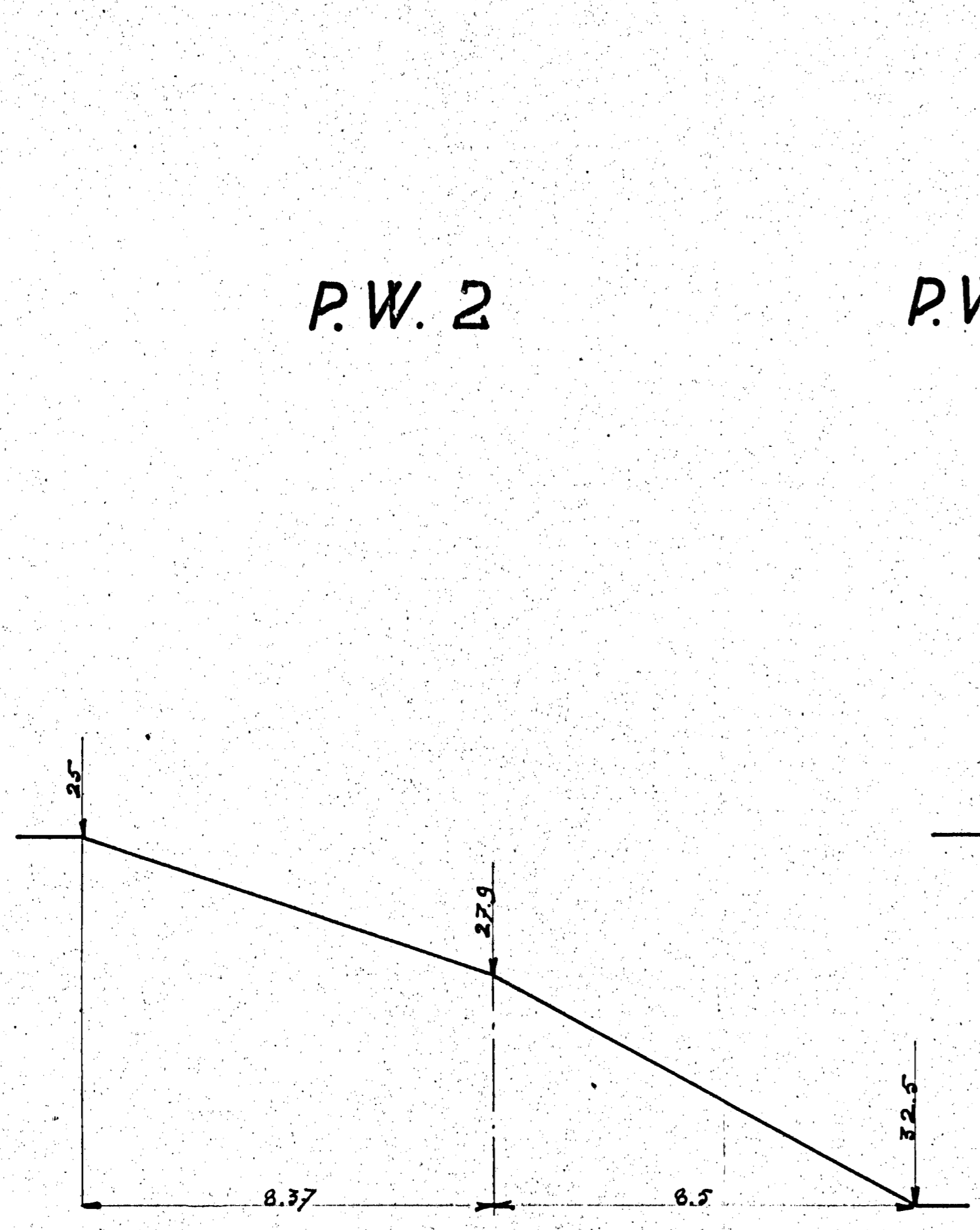
SCHAAL TEEKENING = 1/1 MODEL

ALLE MATEN IN CM. BEHALVE WAAR ANDERS AANGEDUID
NOTA: Bovenkant model werd in uitvoering op (+12%) gebracht.
Sommige verticale maten zijn dus met één cm. te verminderen.

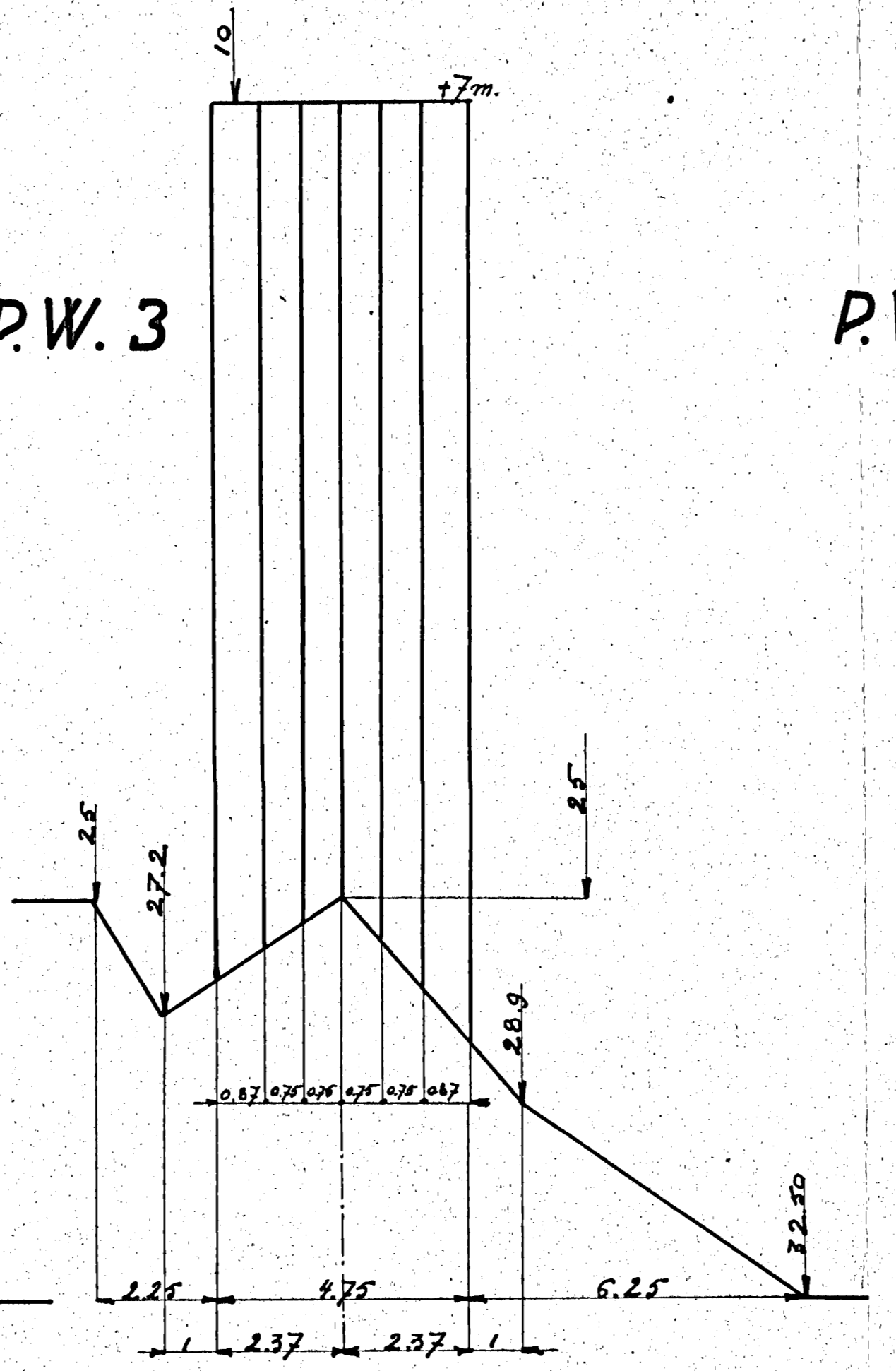
P.W. 1



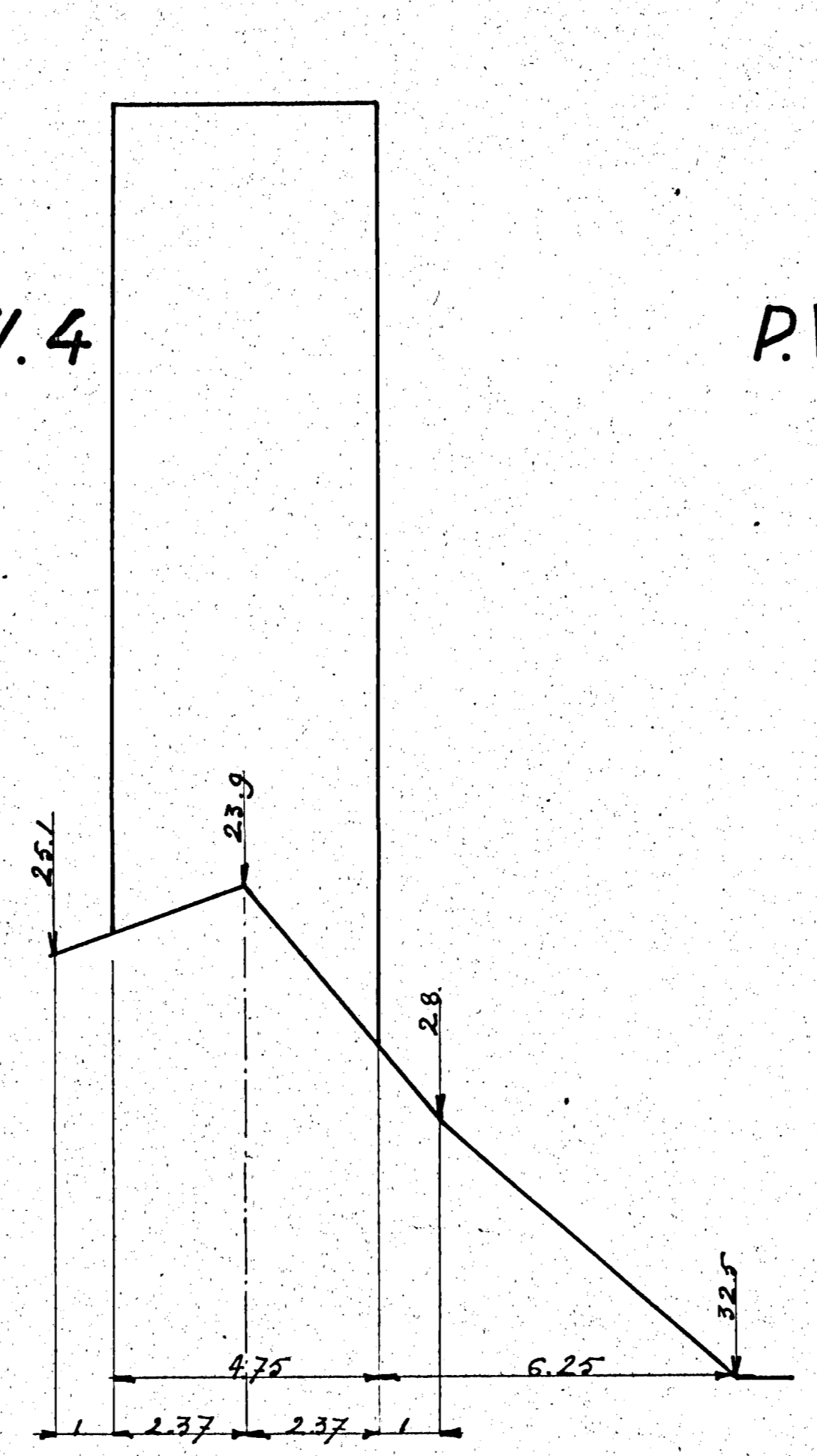
P.W. 2



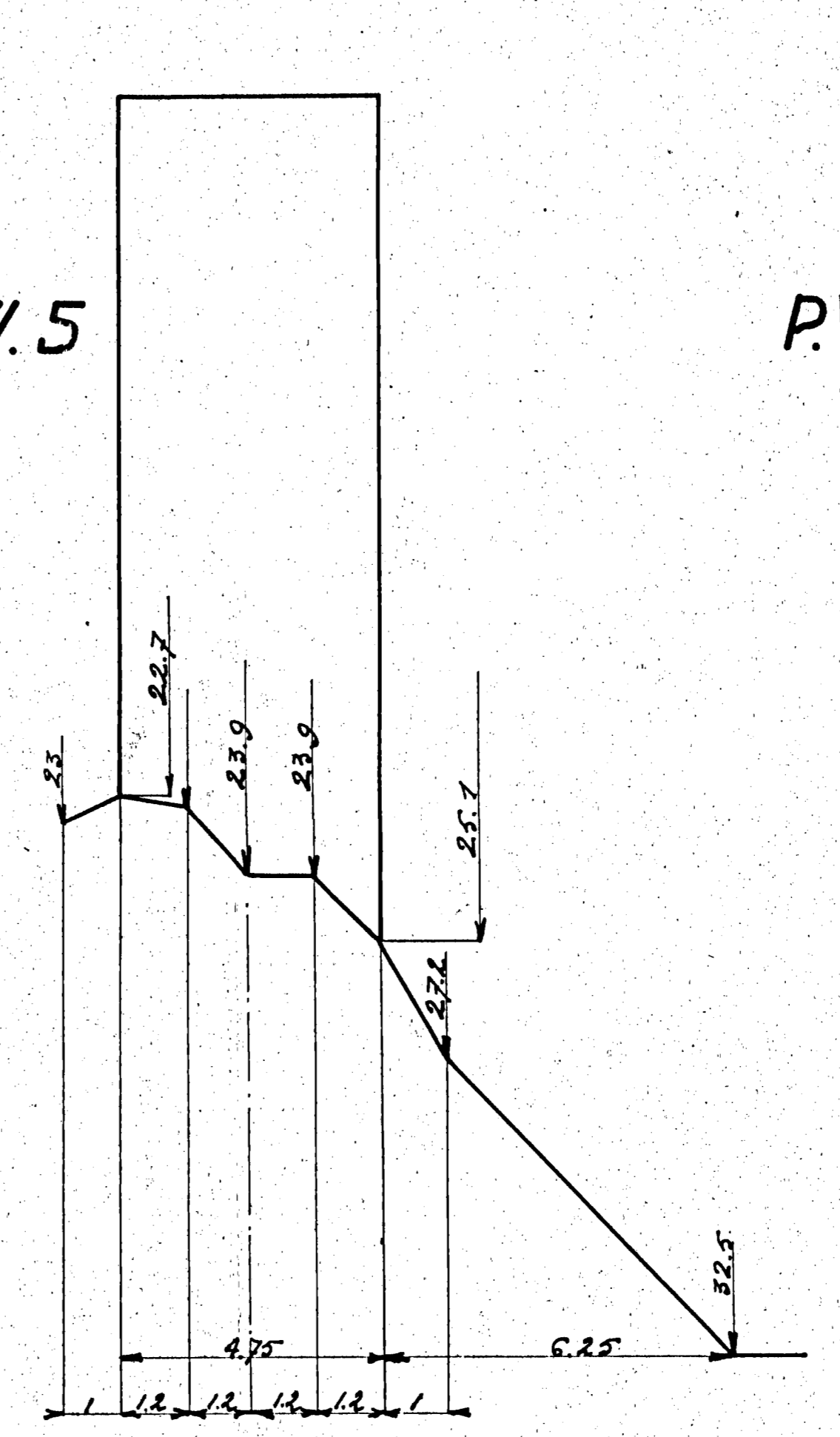
P.W. 3



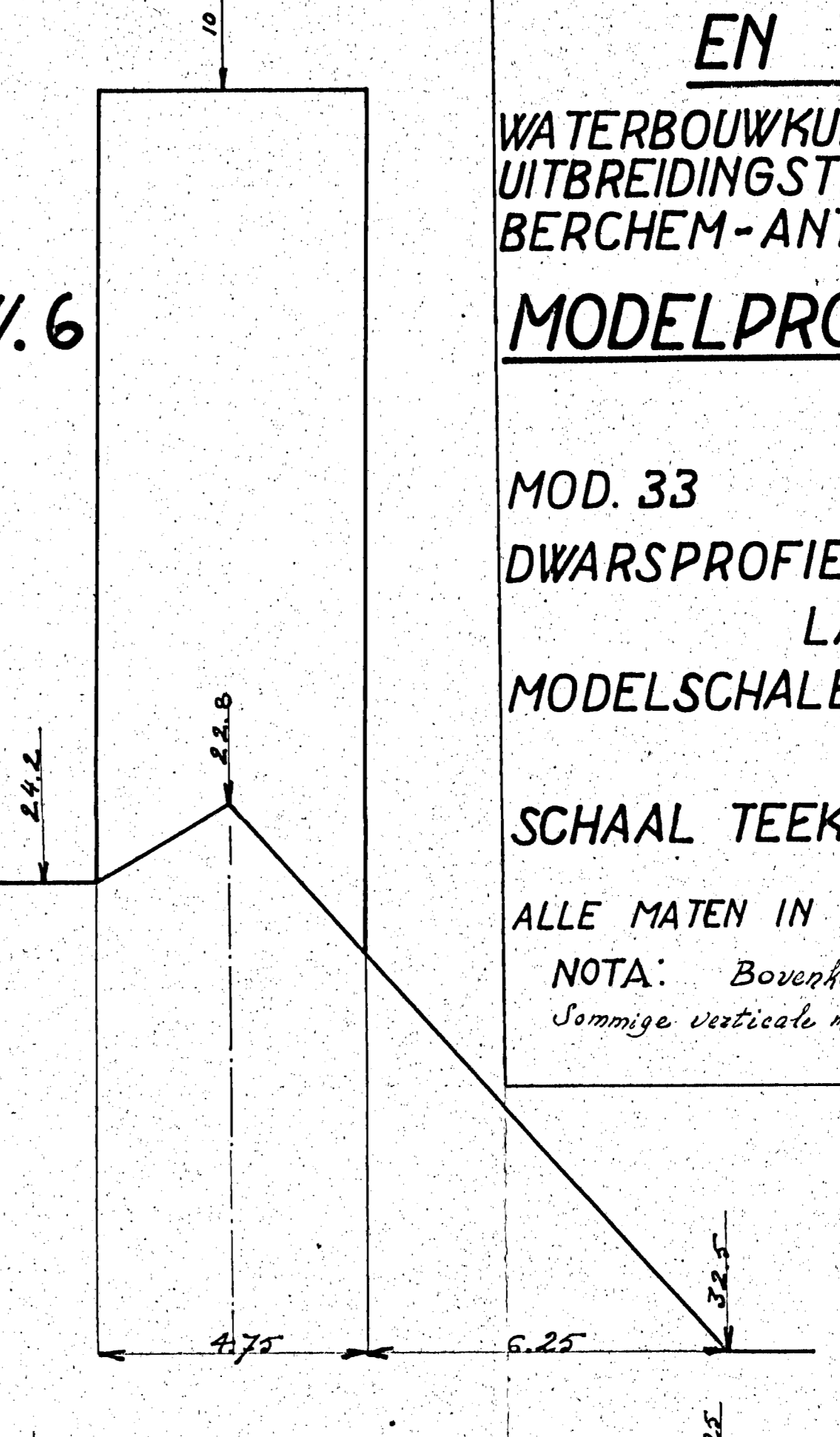
P.W. 4



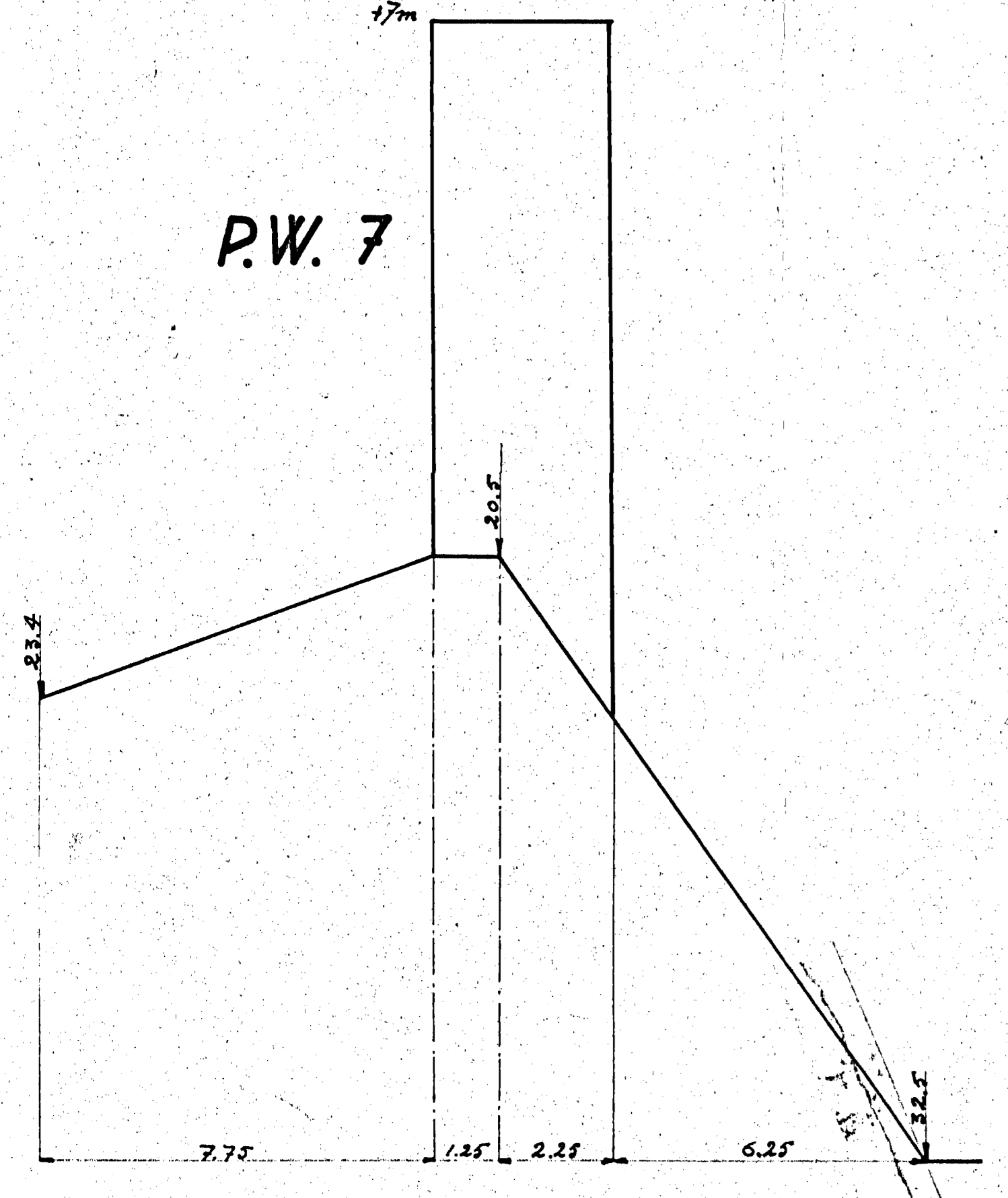
P.W. 5



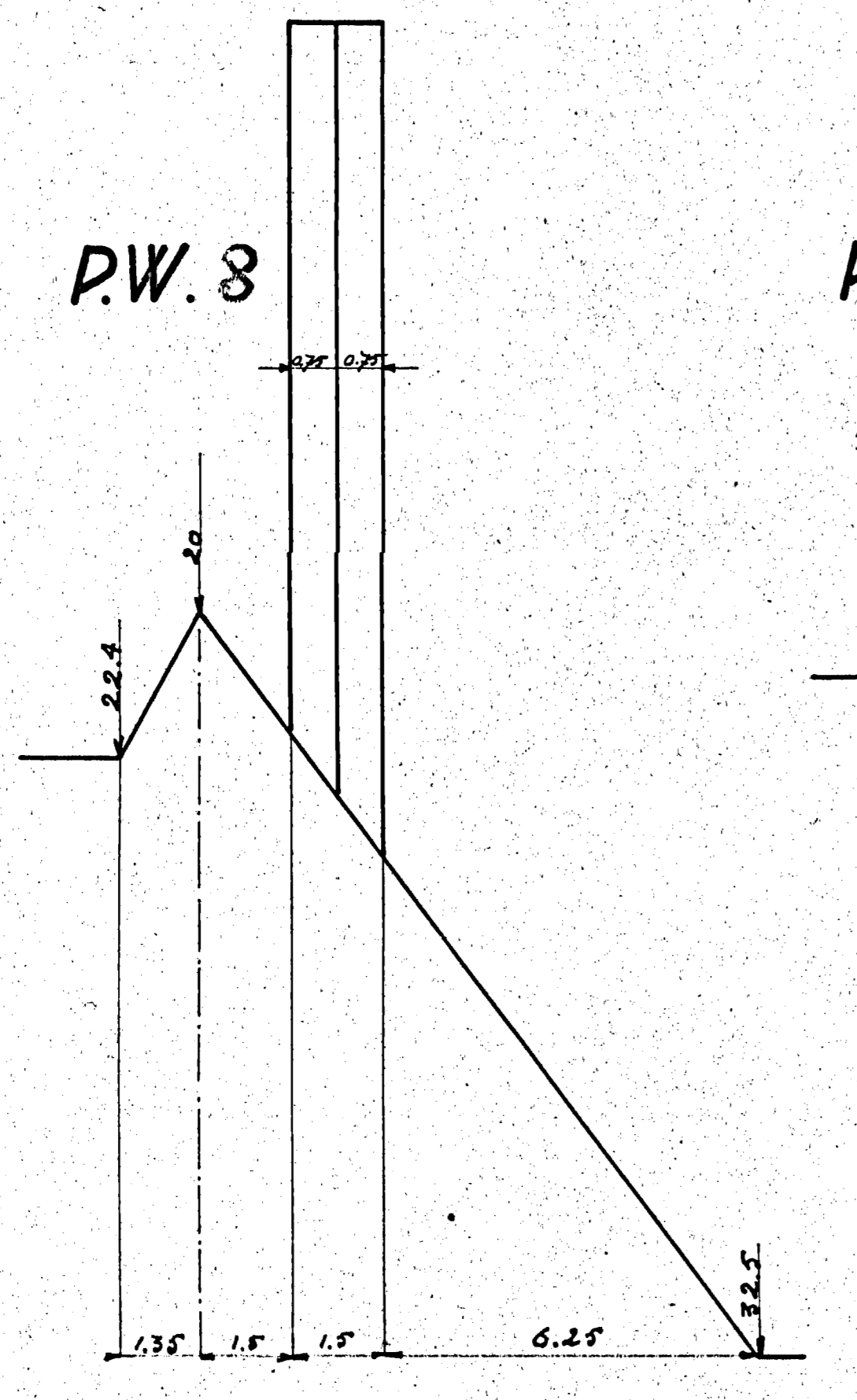
P.W. 6



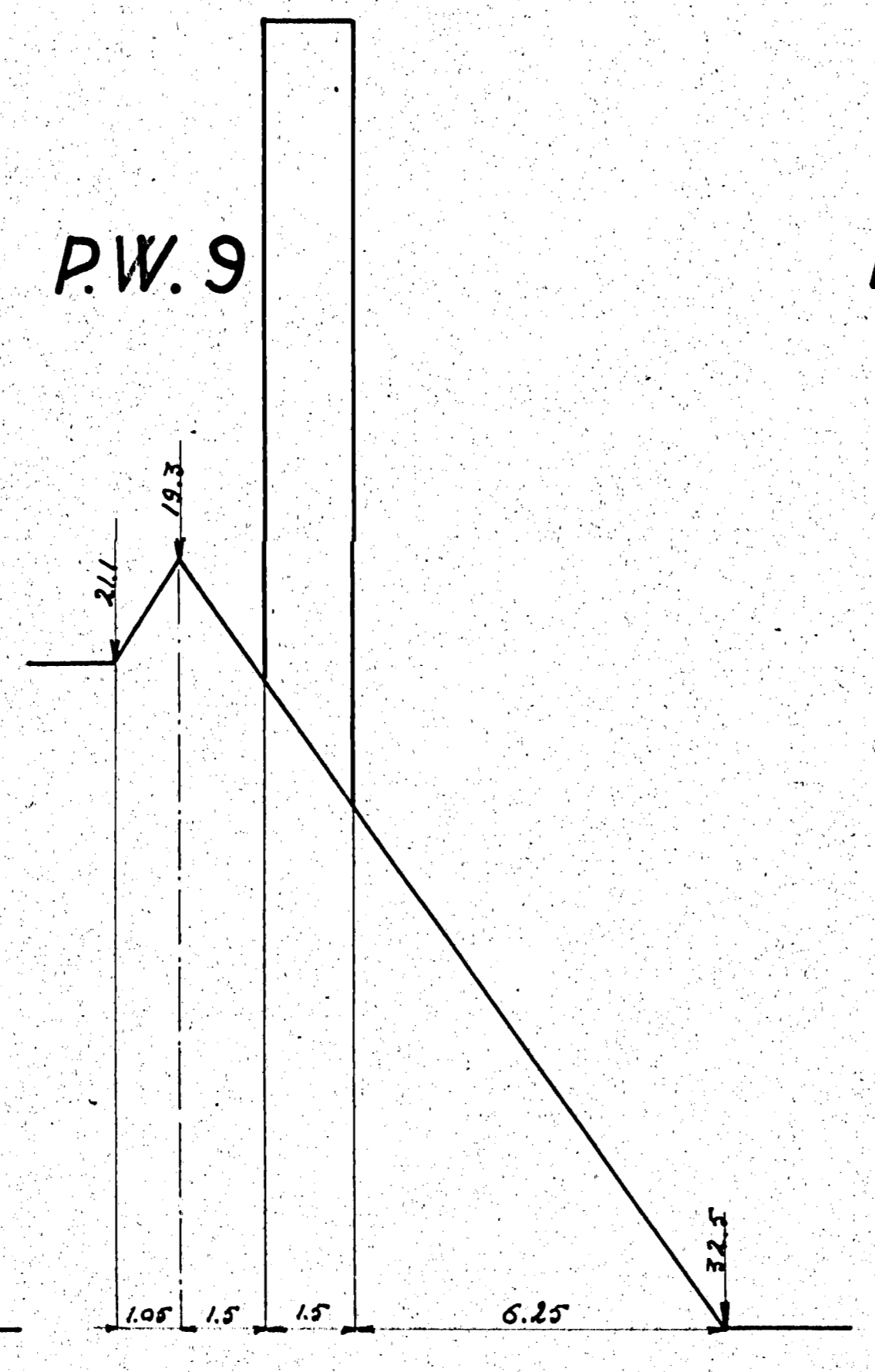
P.W. 7



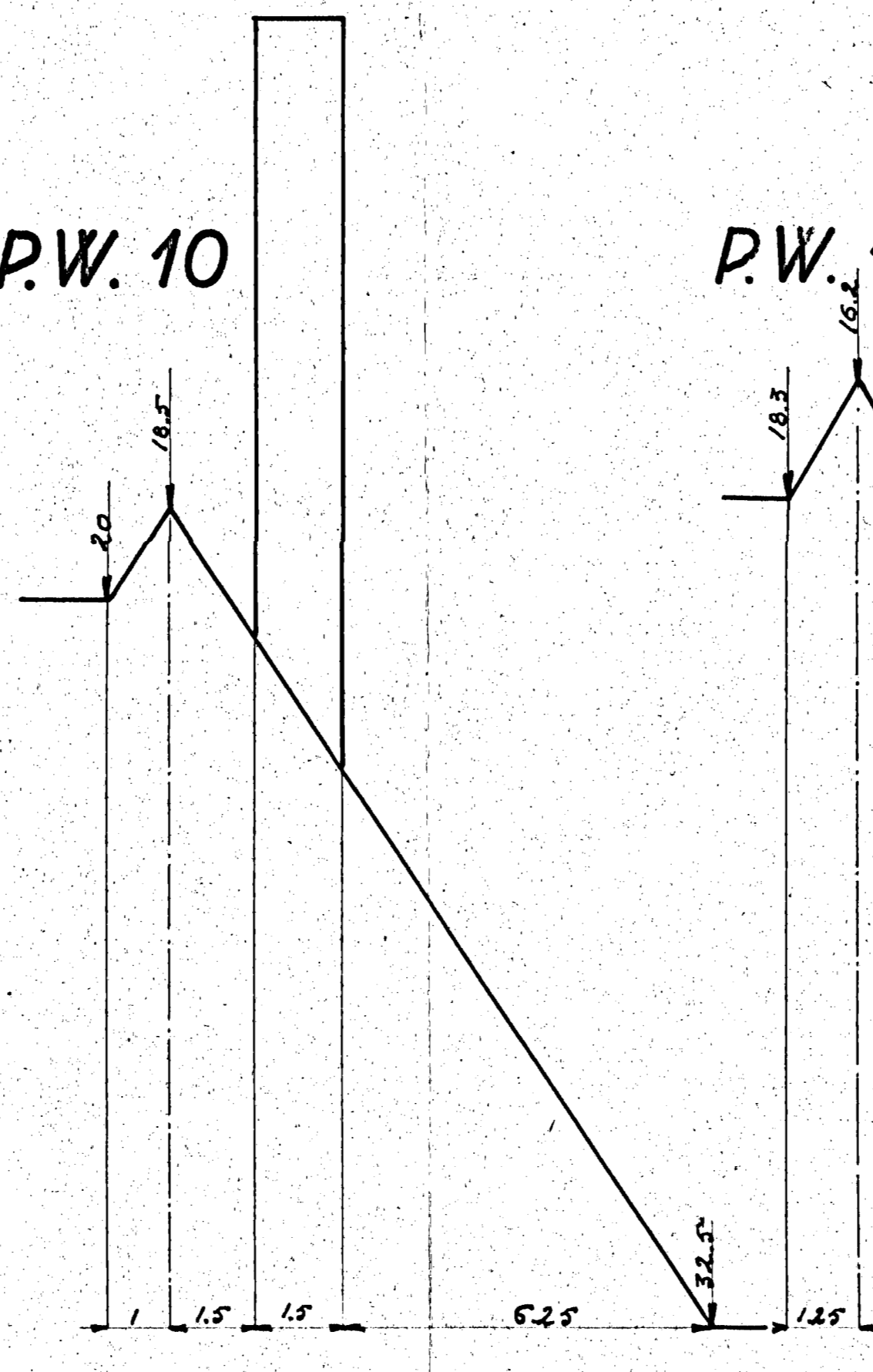
P.W. 8



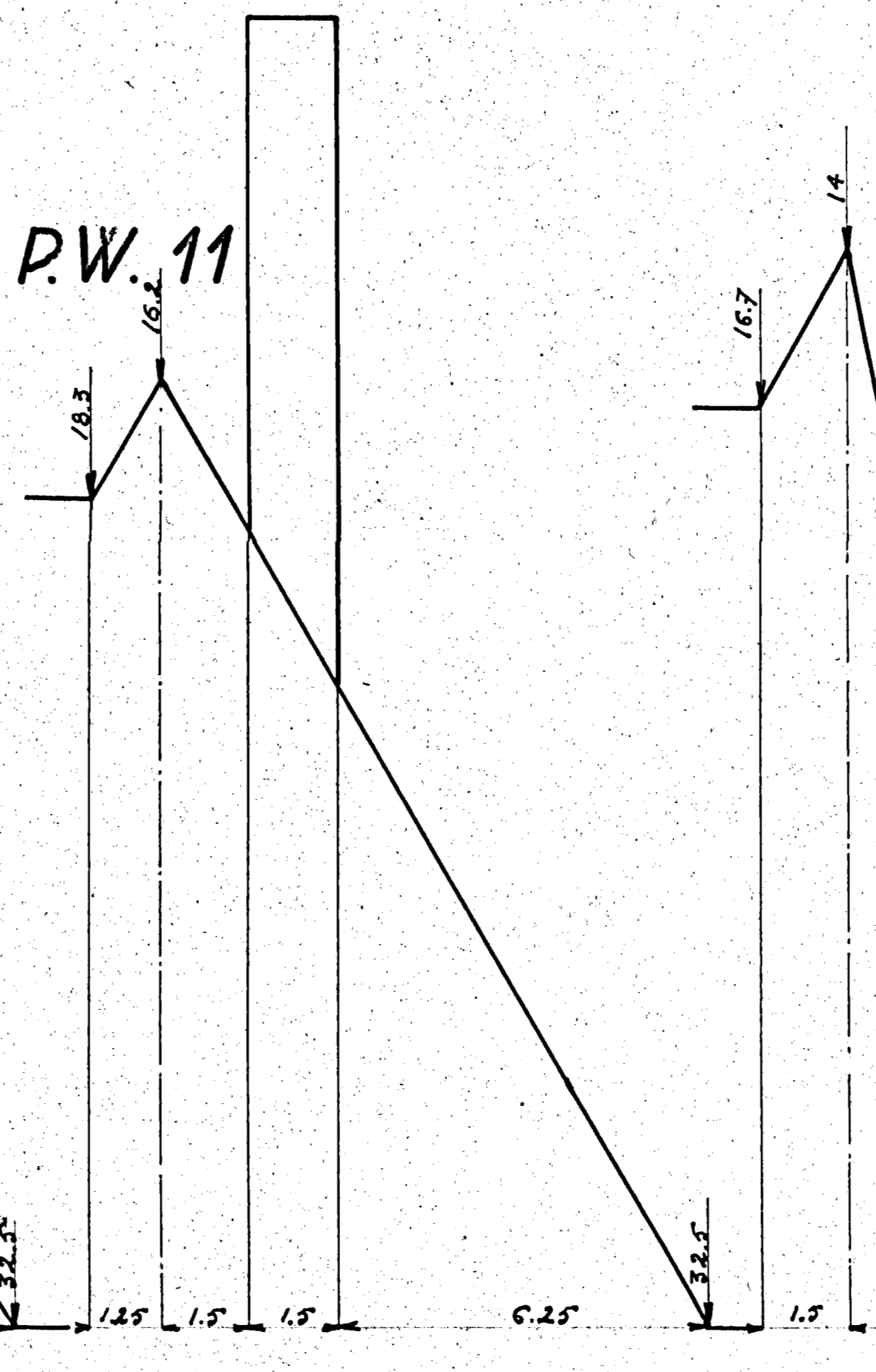
P.W. 9



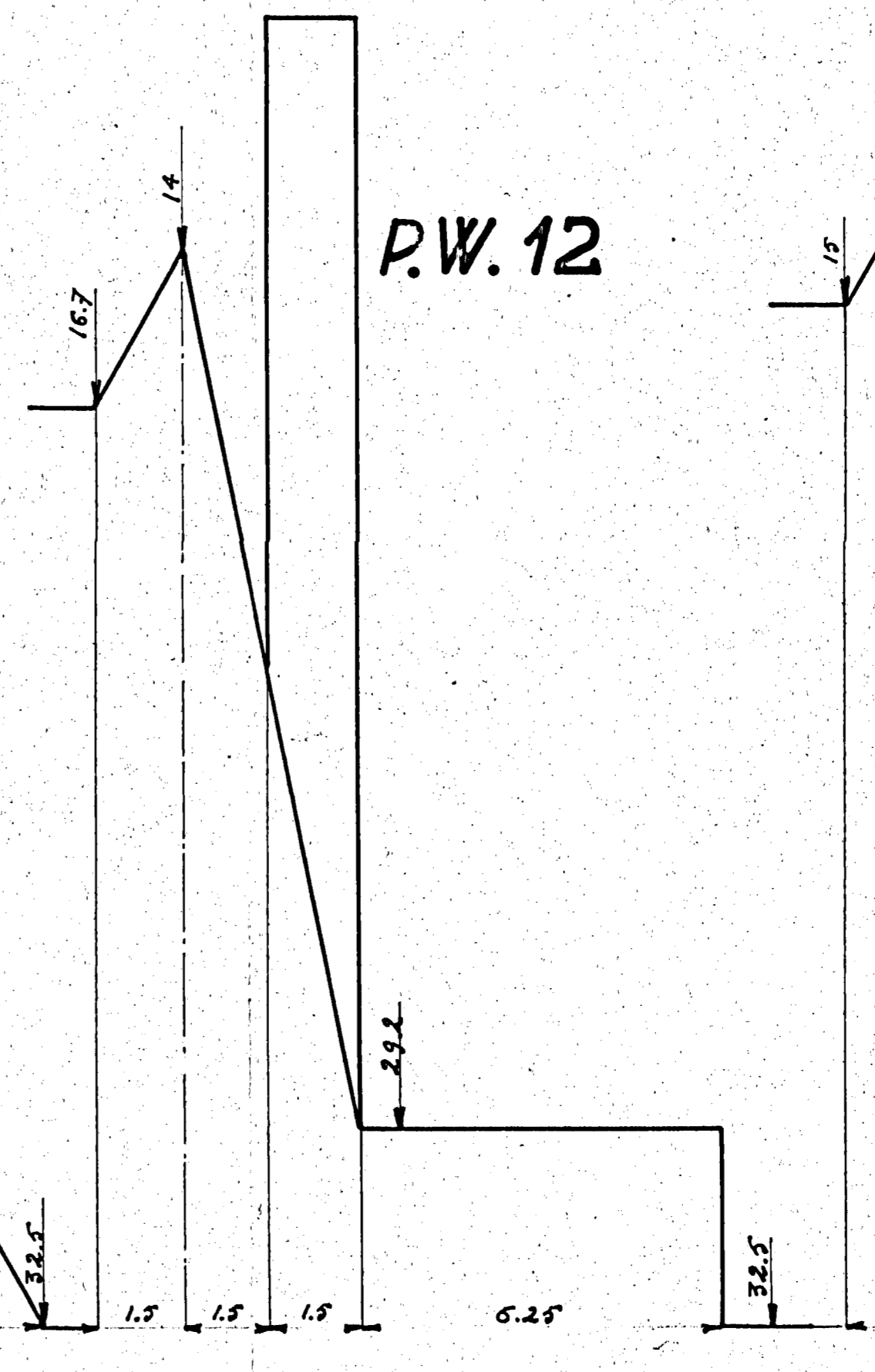
P.W. 10



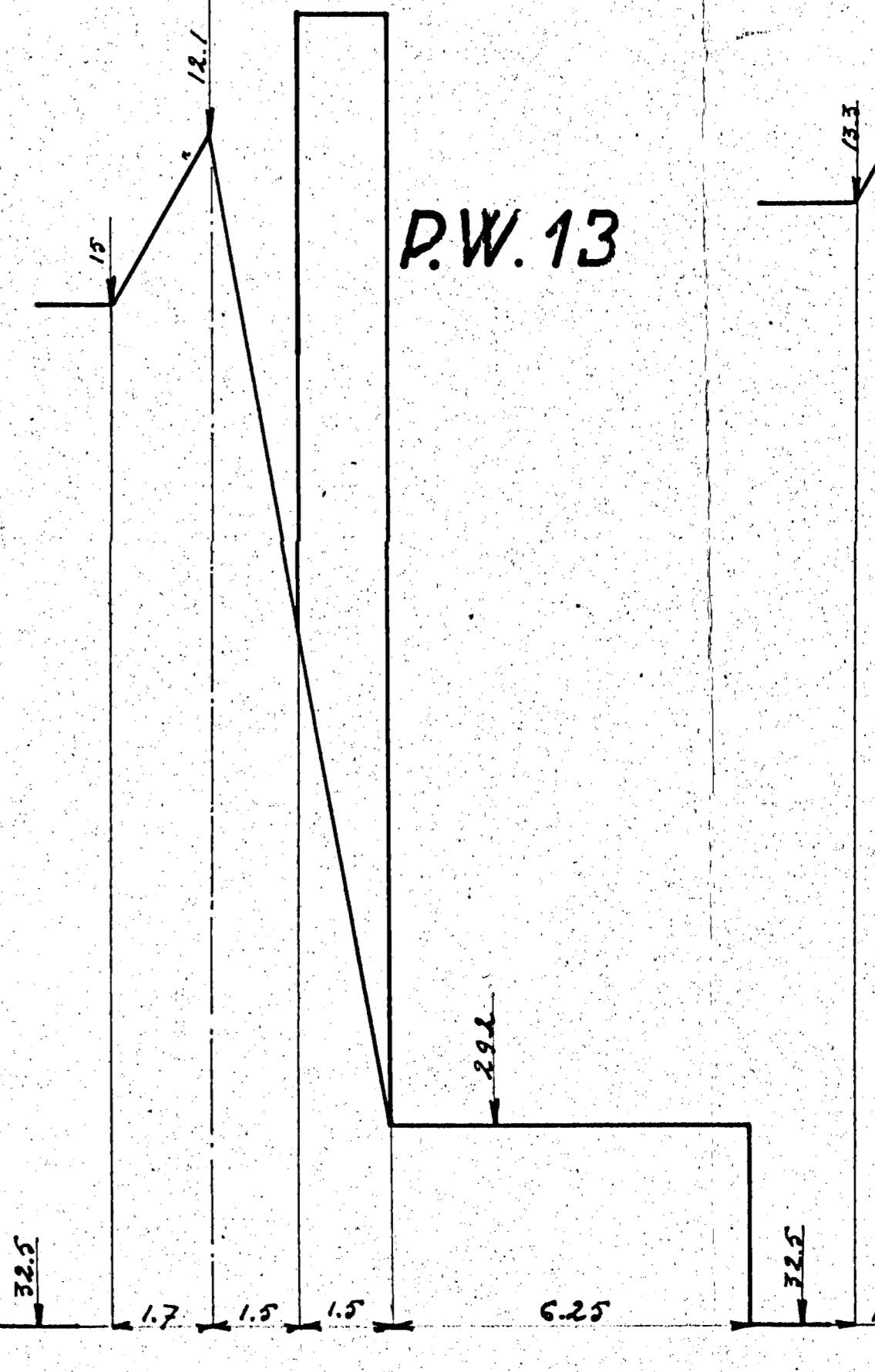
P.W. 11



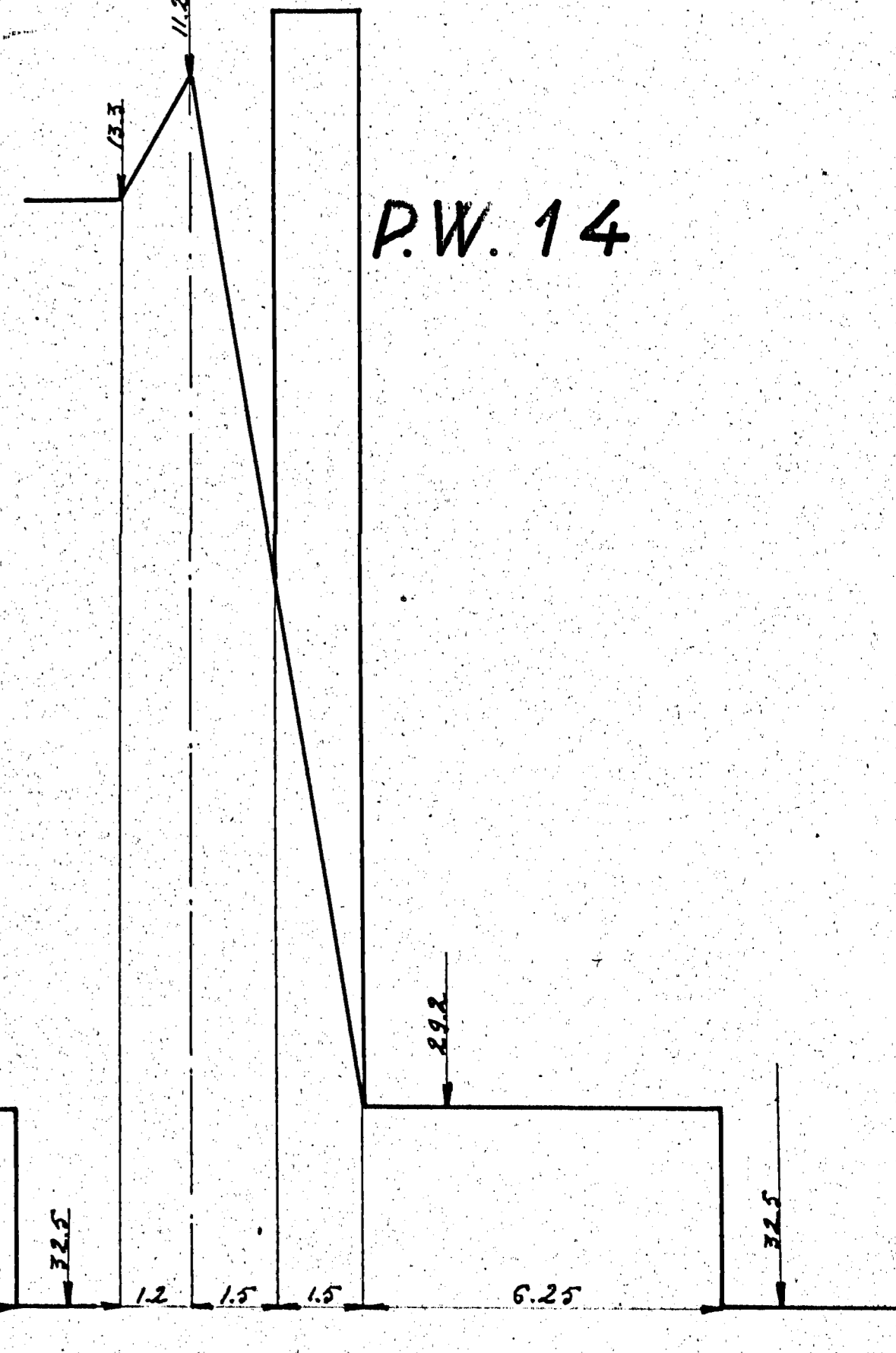
P.W. 12



P.W. 13



P.W. 14



MINISTERIE VAN OPENBARE
WERKEN EN WERKVERSCHAFFING

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
UITBREIDINGSTRAAT NR. 89-91
BERCHEM-ANTWERPEN

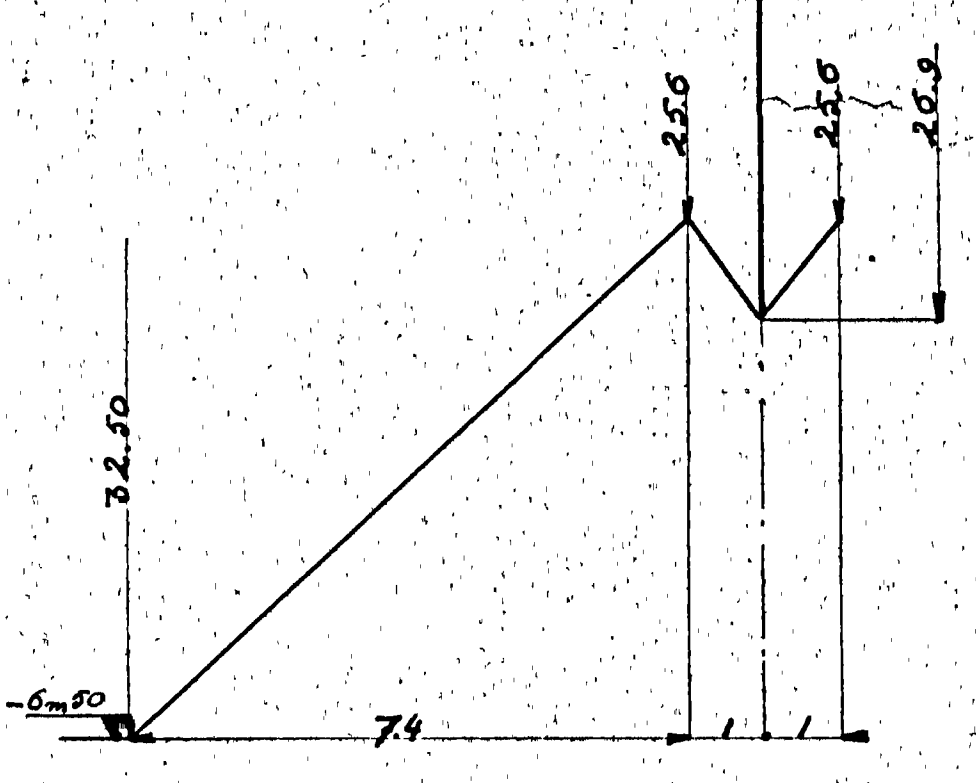
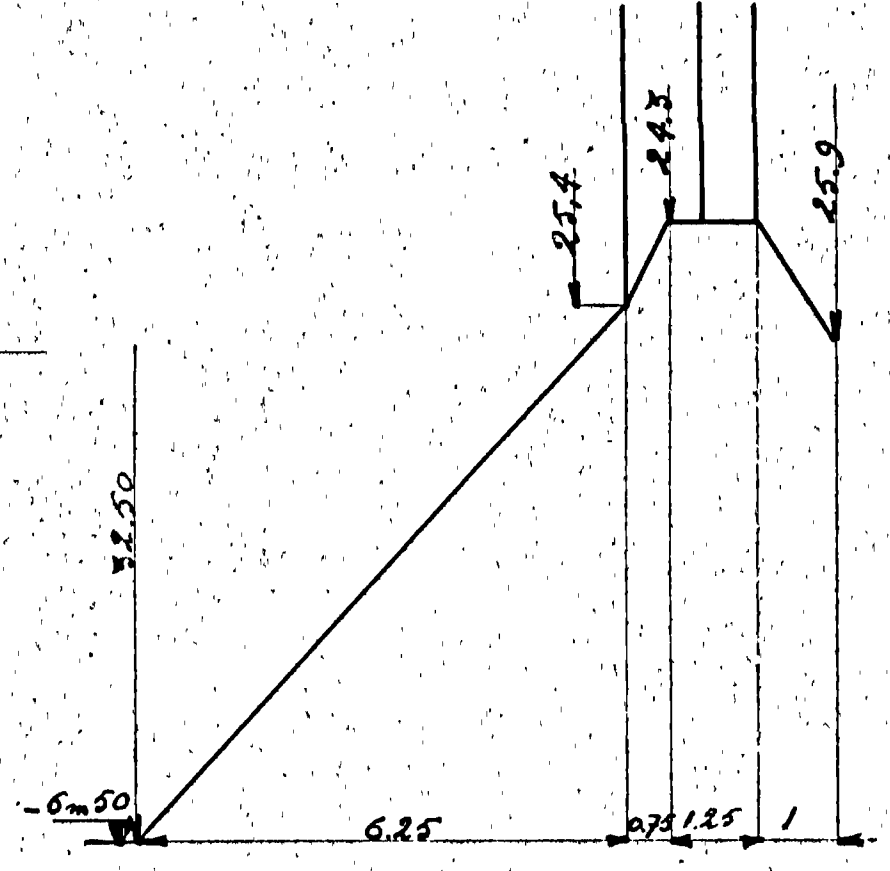
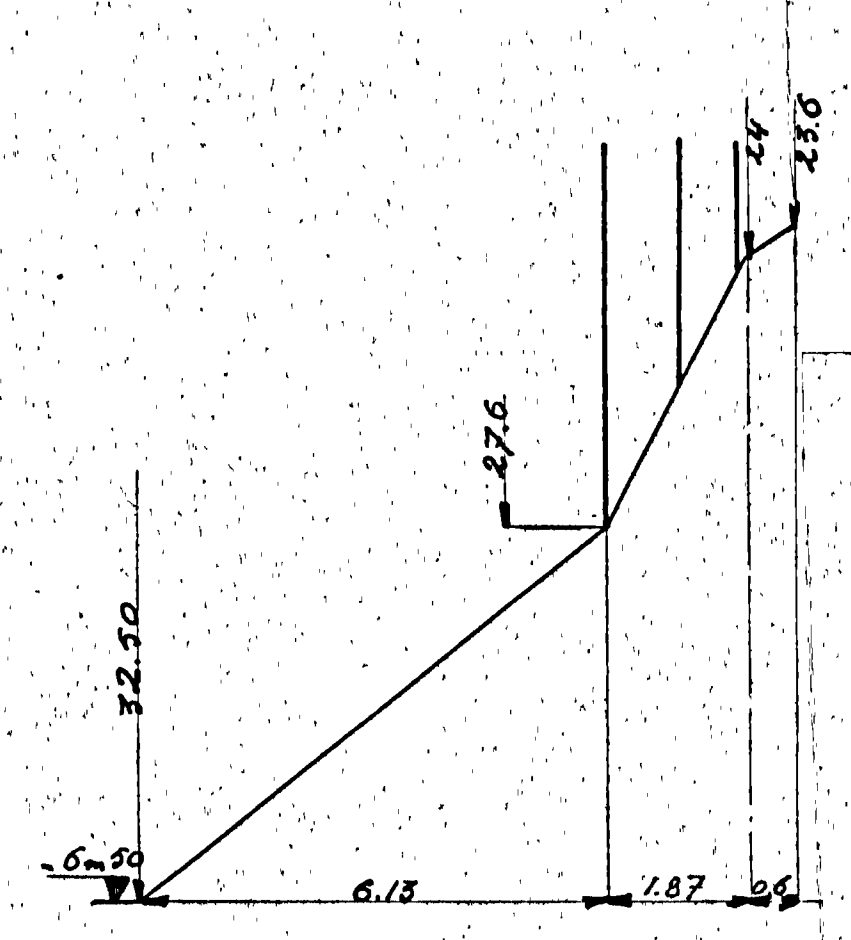
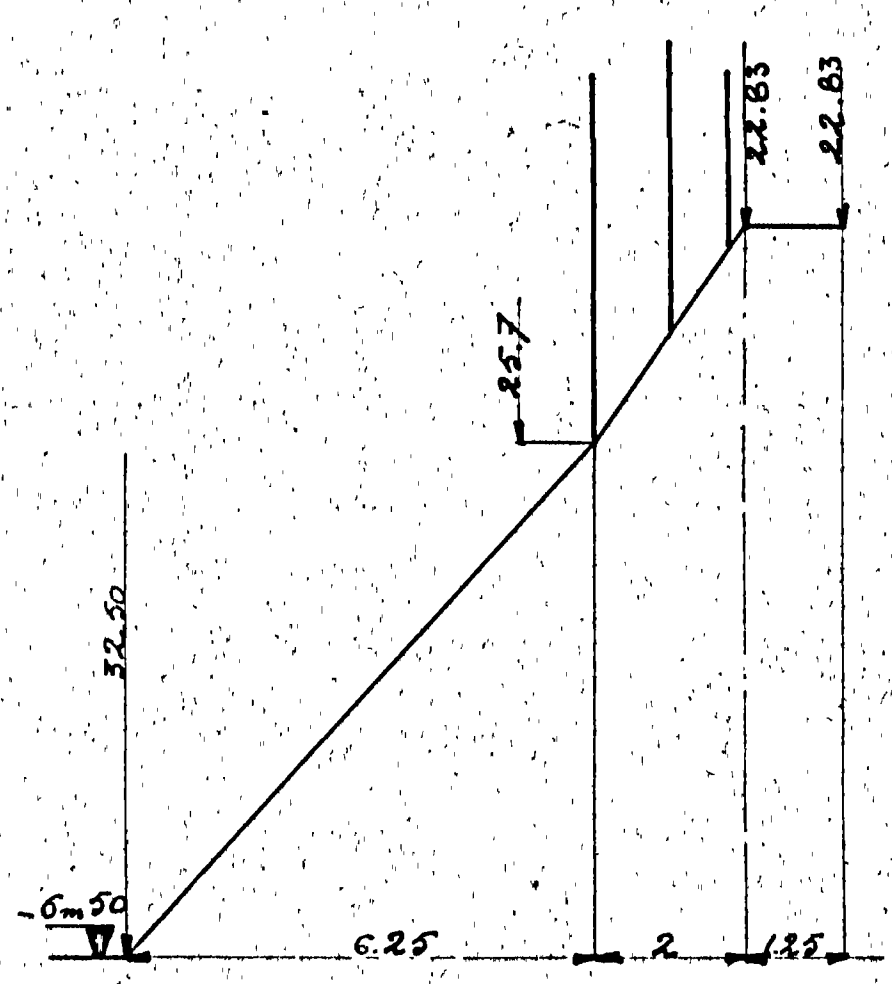
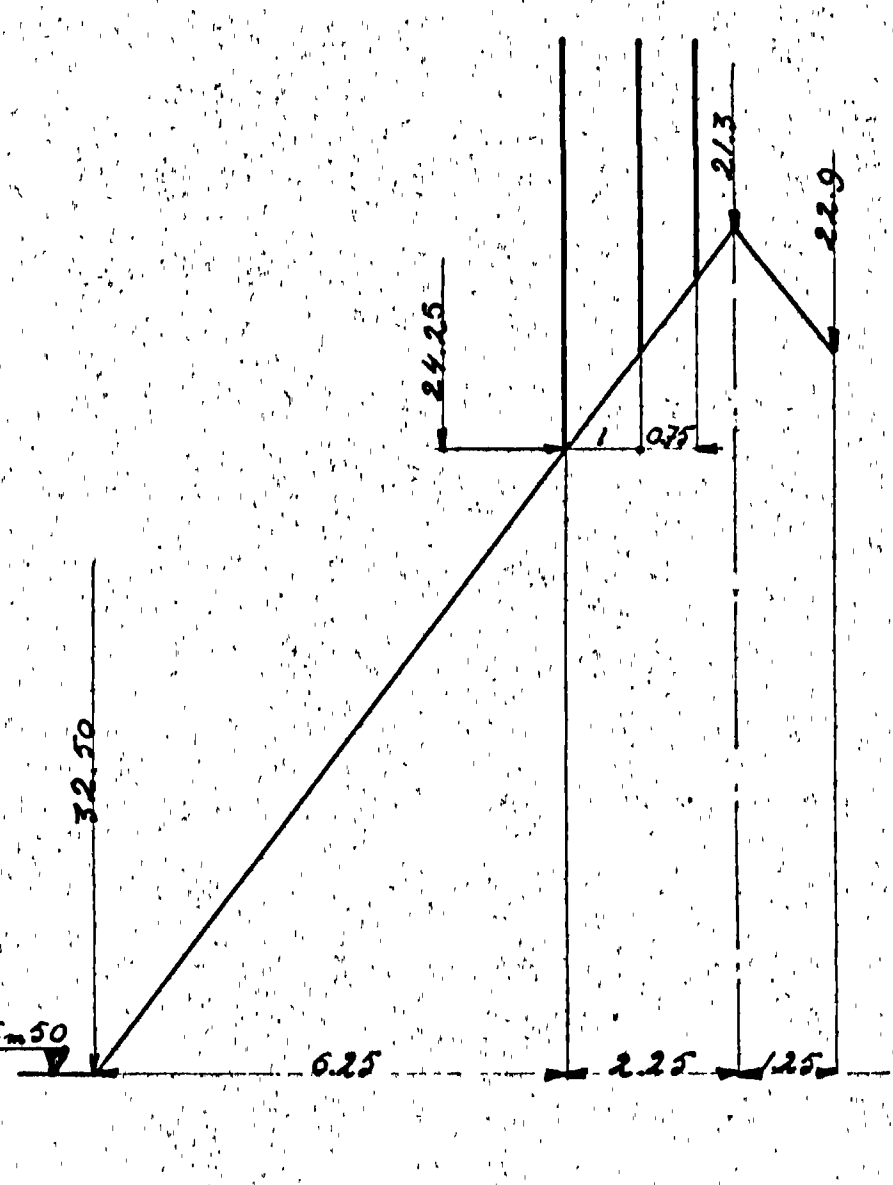
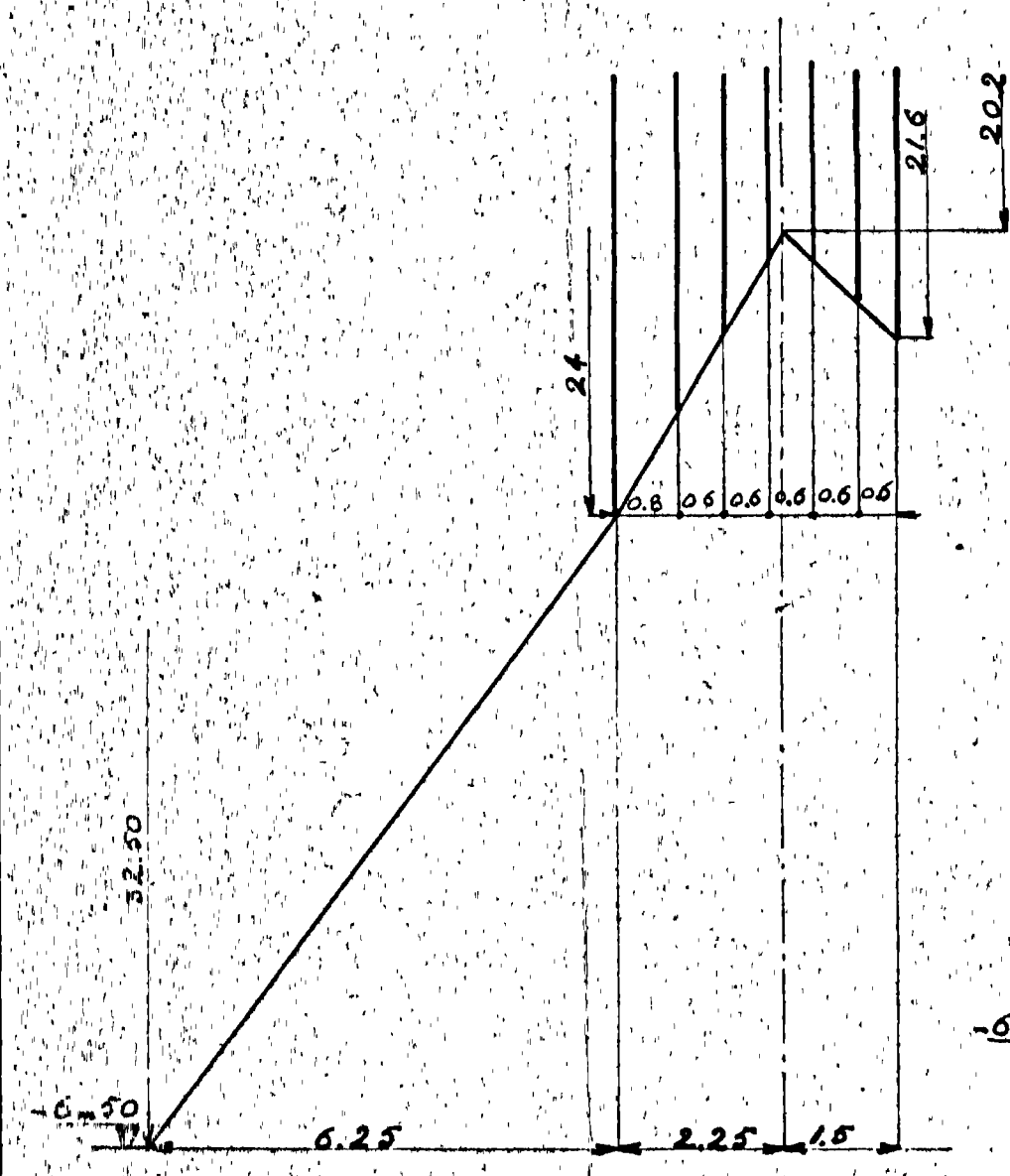
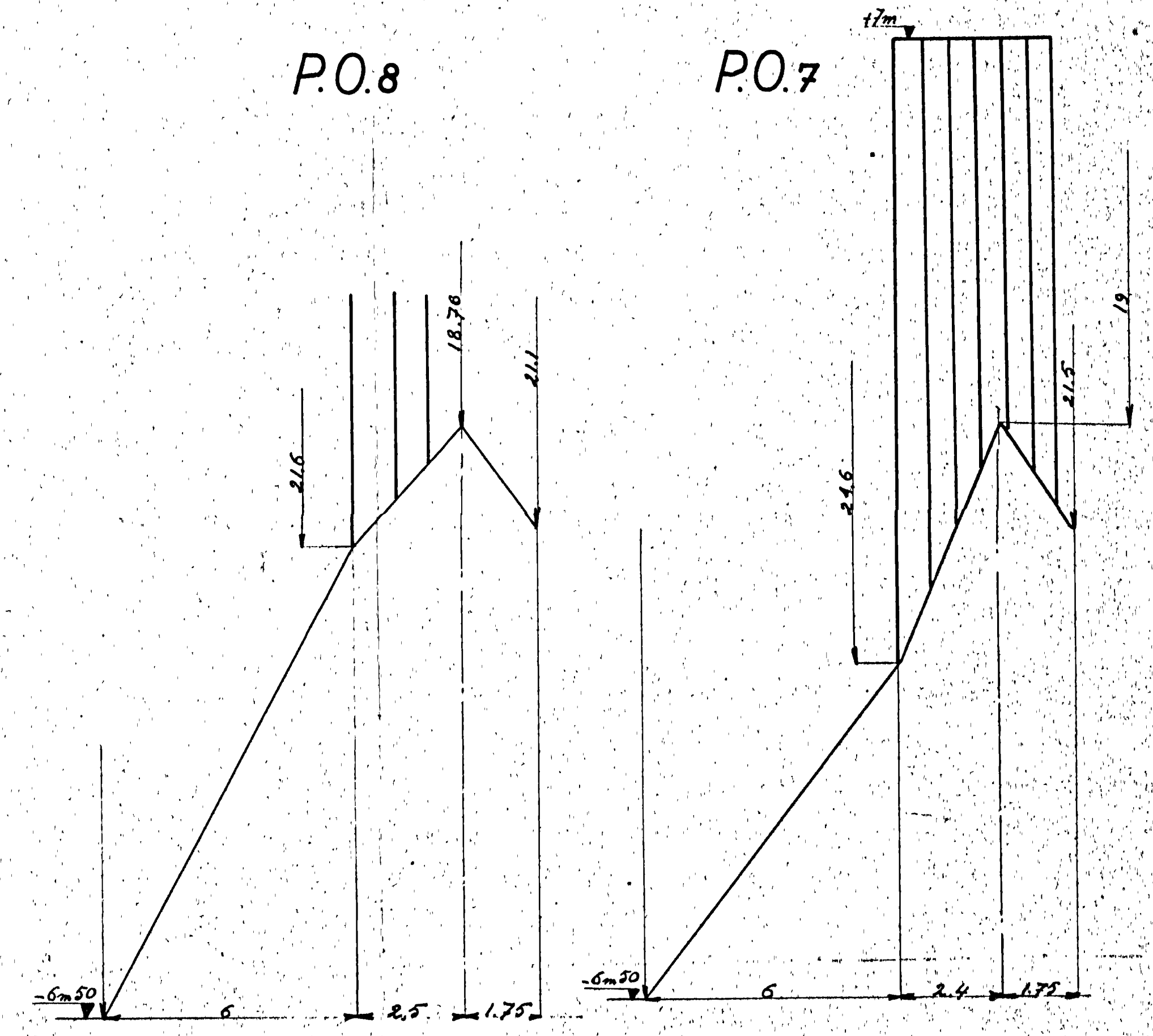
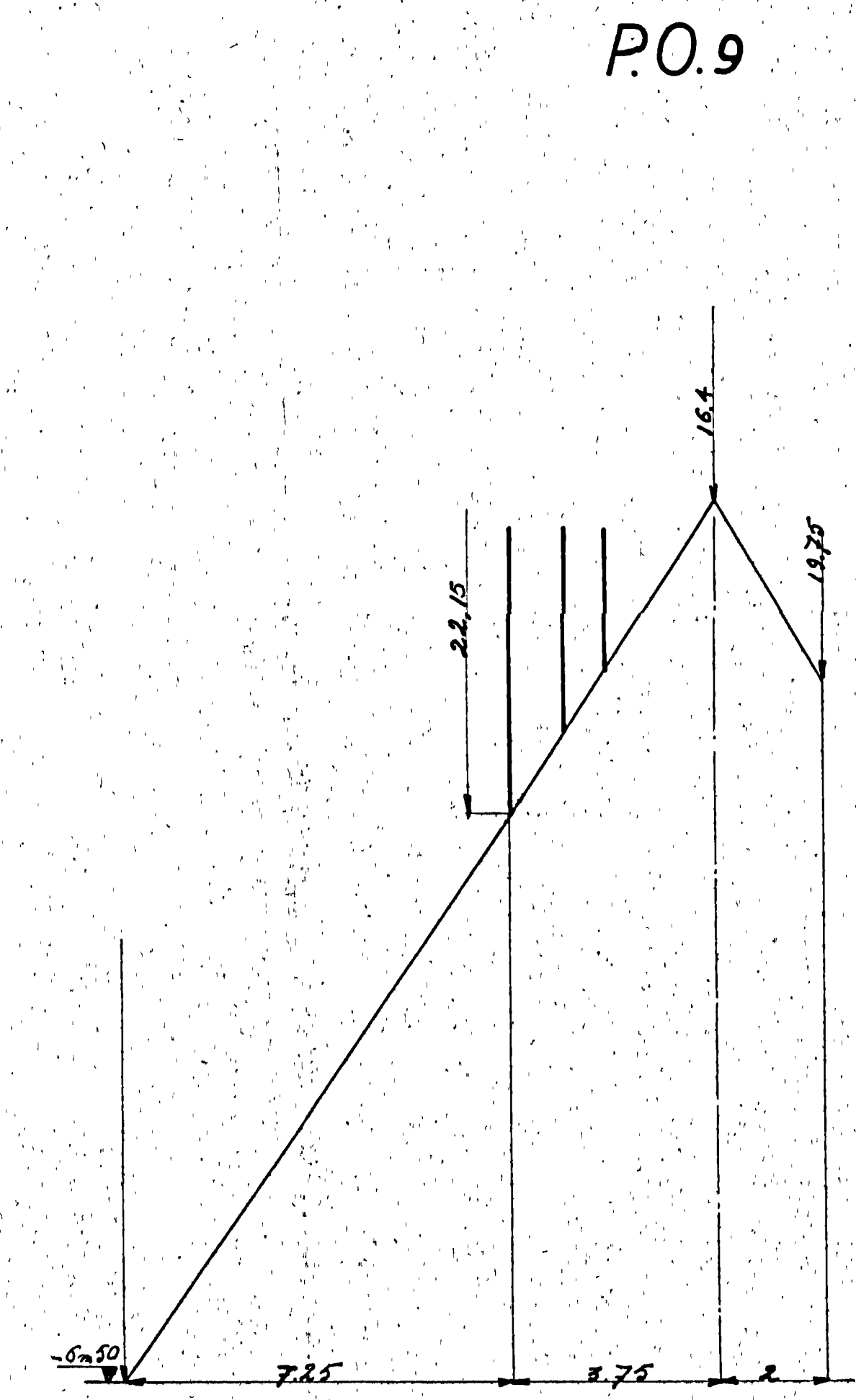
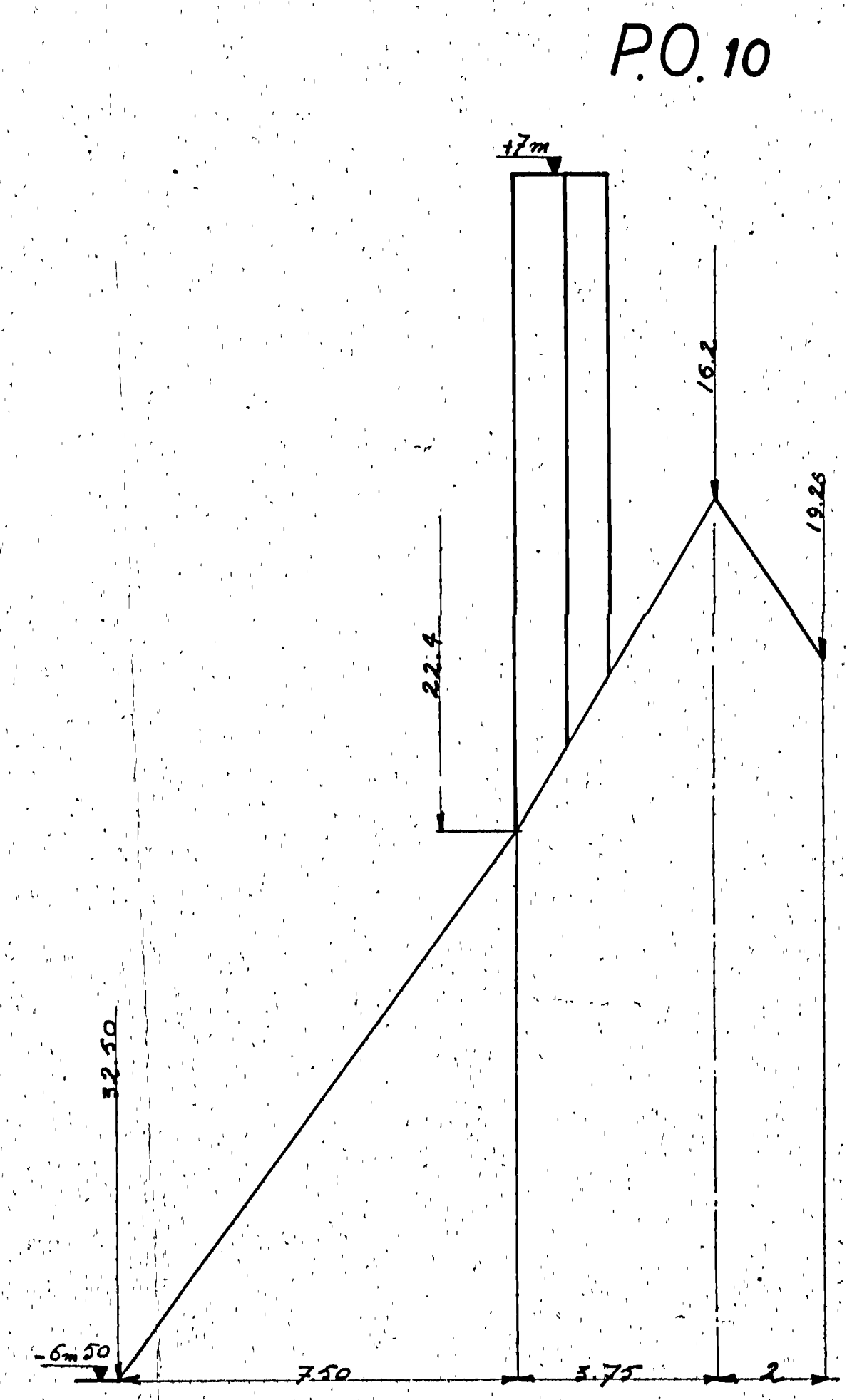
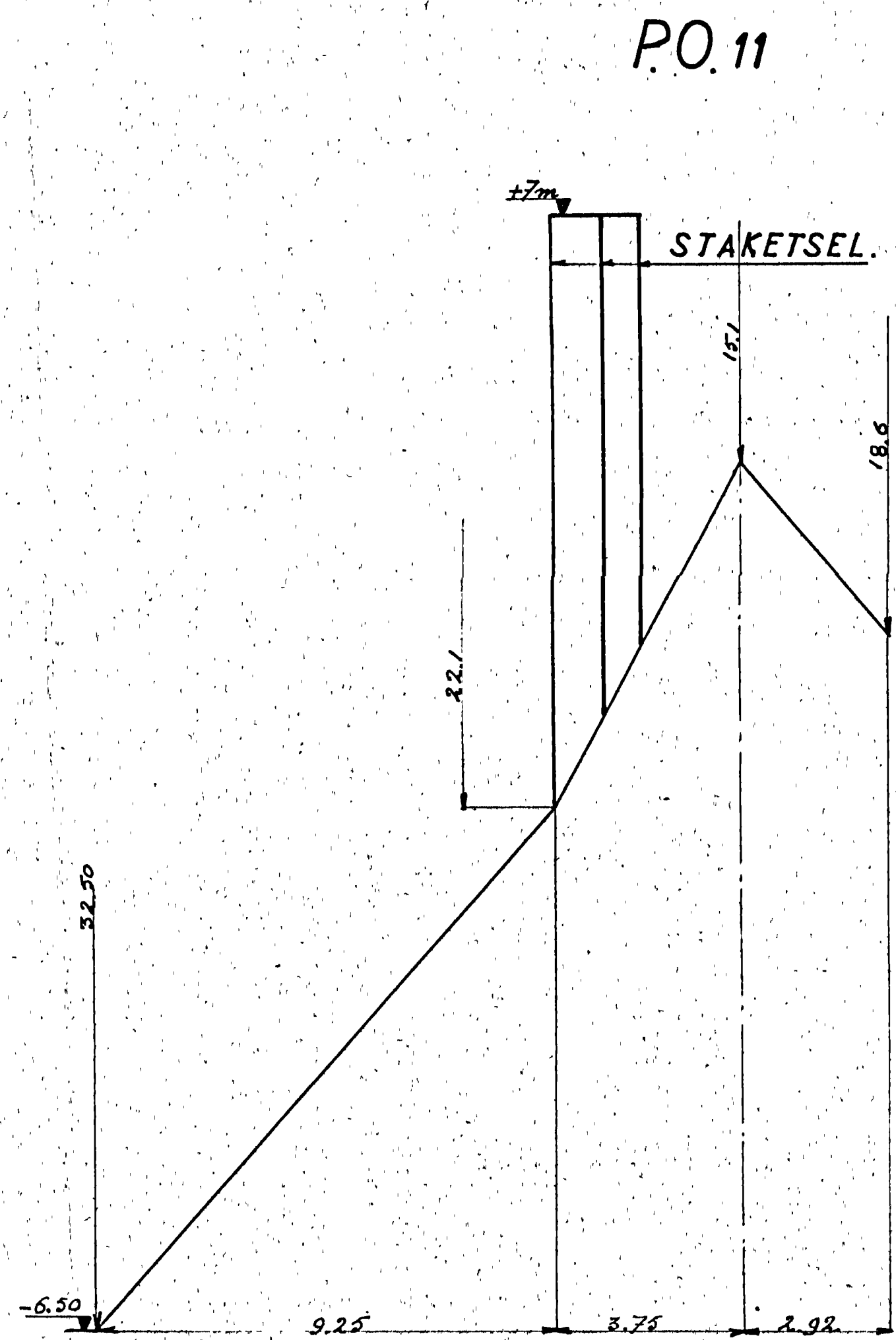
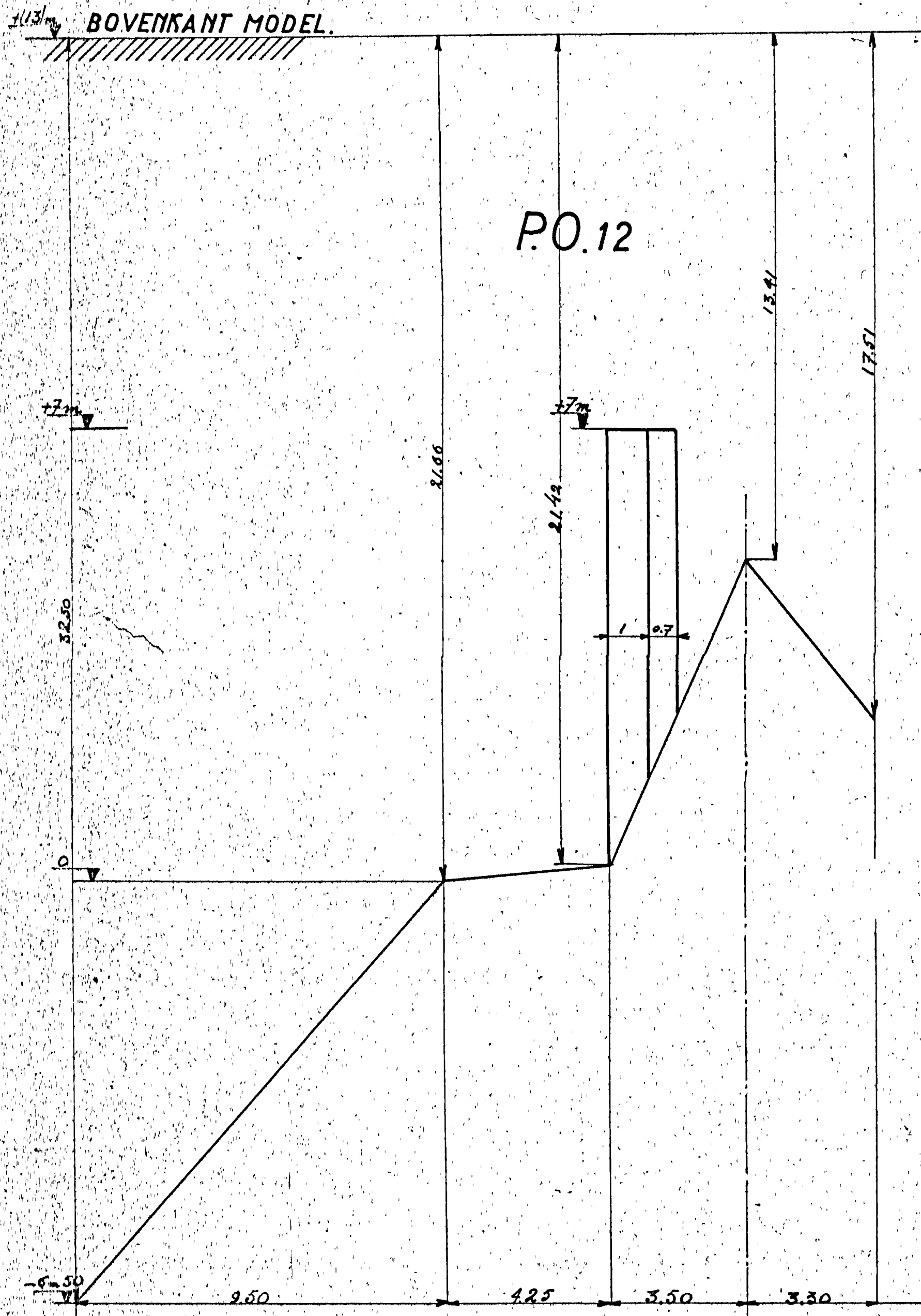
MODEL INGANG
HAVEN OOSTENDE

PLAN NR. 4
MODELSCHALEN 1/400 EN 1/60 NATUUR
SCHAAL TEEKENING: LENGTE 1/25 MODEL
DIEPTE 1/10 MODEL

DE OP DE TEEKENING GEGEVEN MATEN ZUN IN CM.

NOTA: Bovenkant model werd in uitvoering op (+2.40) gebracht. Schuive verticale
matten zijn dus met 2.40 cm. te verminderen.





P.O.6

P.O.5

P.O.4

P.O.3

P.O.2

P.O.1

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
EN WERKVERSCHAFFING

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
UITBREIDINGSTRAAT NR. 89-91
BERGHEM - ANTWERPEN.

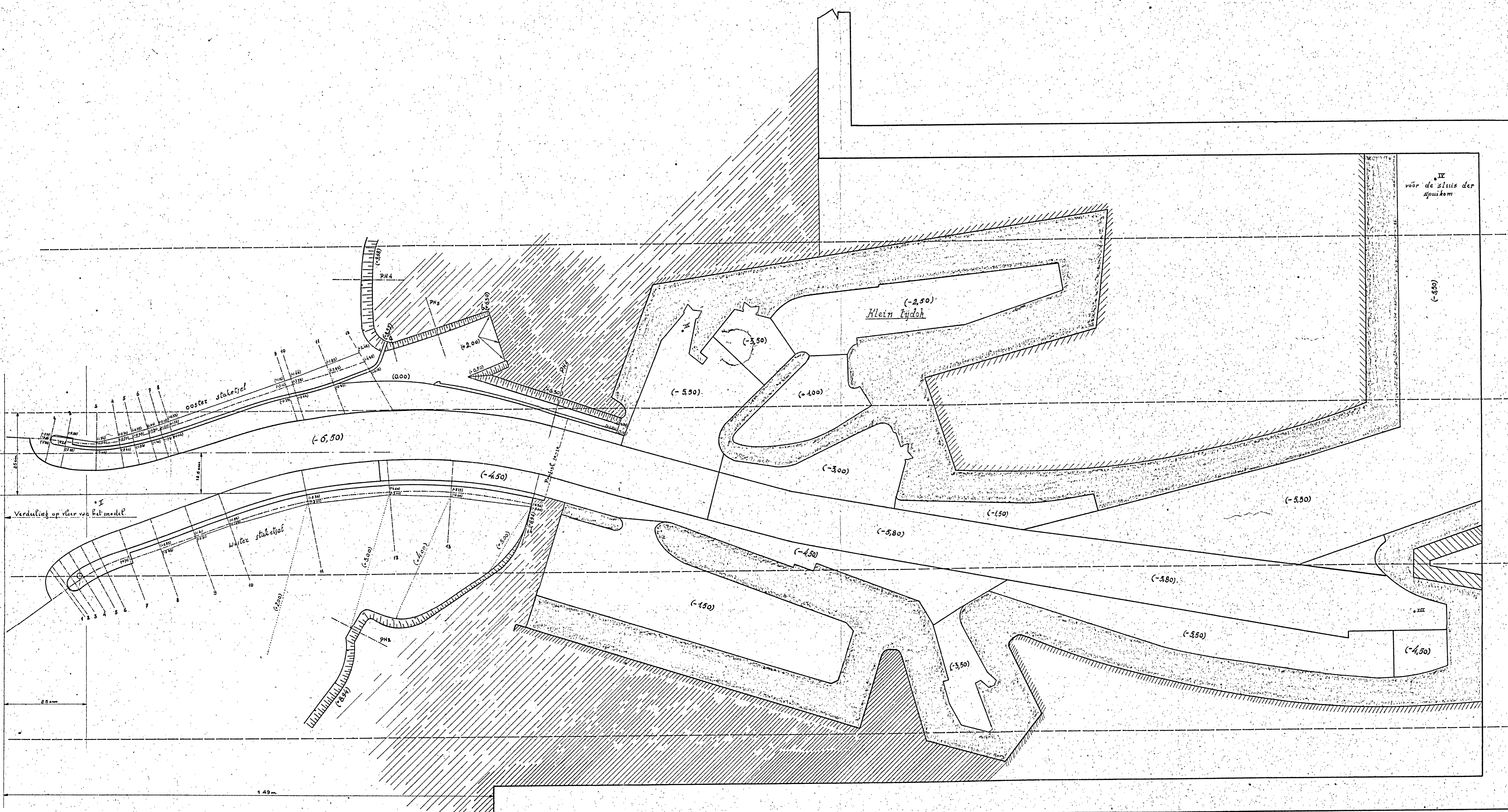
MODELPROEF INGANG HAVEN VAN
OOSTENDE

MOD. 33 PLAN NR. 5
DWARSPROFIELEN VAN DEN OOSTELIJKEN
LAGEN HAVENDAM.

MODELSCHALEN :
LENGTE = 1/400 NATUUR
DIEPTE = 1/60 NATUUR
SCHAAL TEEKENING = 1/1 MODEL

ALLE MATEN IN CM, BEHALVE WAAR ANDERS AANGEDUID

NOTA: Bovenkant model werd in uitvoering op (+12.40) gebracht
Sommige verticale maten zijn dus met één cm te verminderen.



MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN

plaat N.V.
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

BERCHEMLEI 115
 BORGERHOUT-ANTWERPEN

MODELPROEF INGANG HAVEN VAN OOSTENDE

MODEL 33
 PLAN NR. 3

MODELSCHALEN:

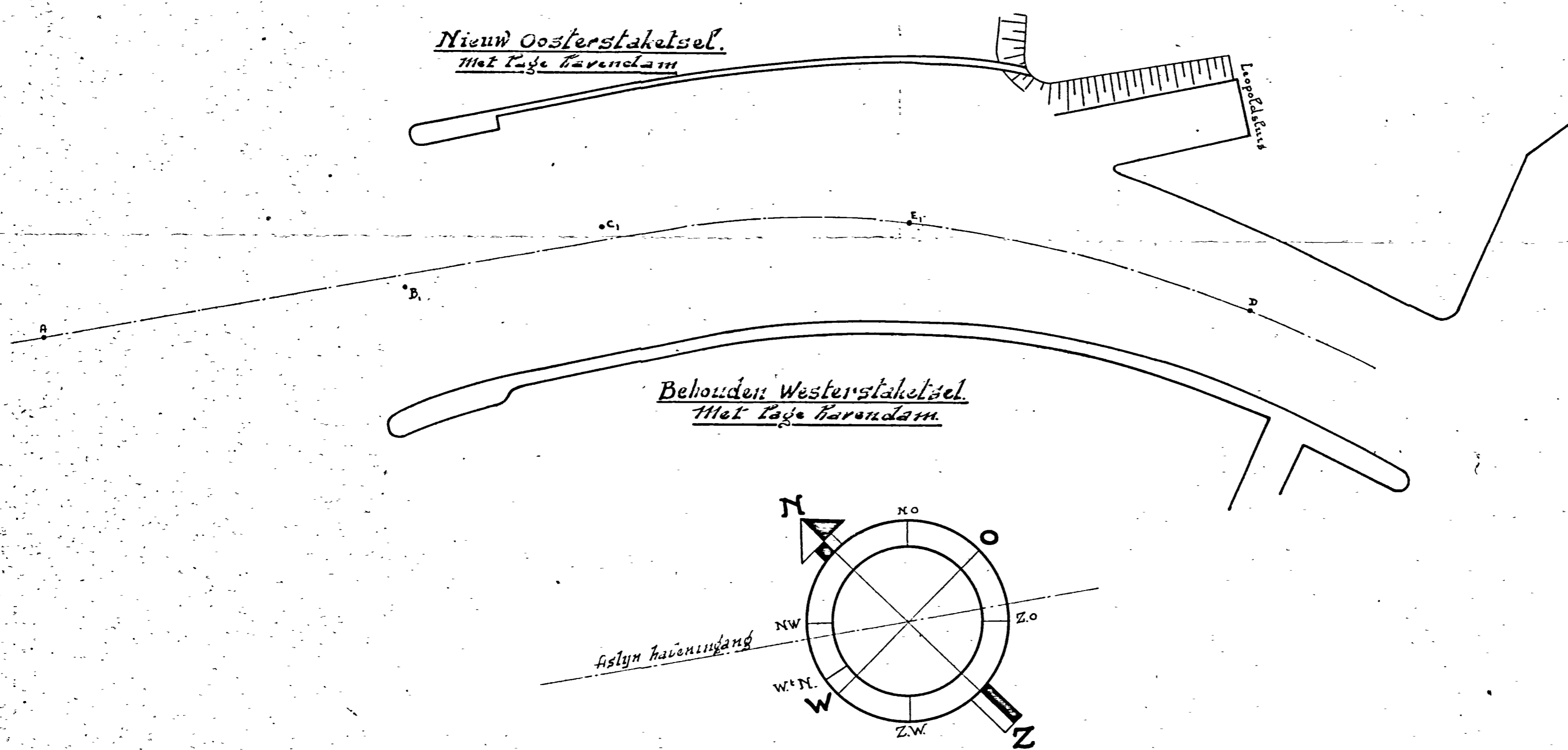
LENGTE 1/400 NATUUR
 DIEPTE 1/60 NATUUR

SCHAAL TEEKENING: 1/2000 NATUUR
 1/5 MODEL

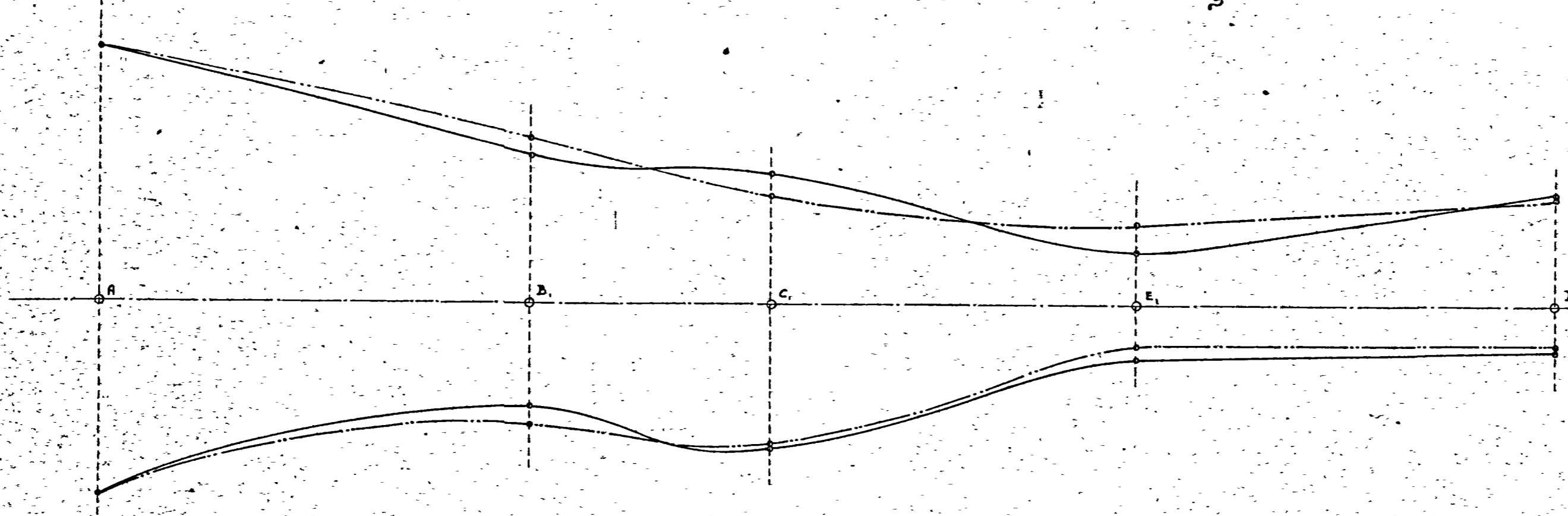
NOTA:

De diepten zijn aangegeven in cotes Z negatieve cotes
 bevinden zich dus onder de (0.00) Z

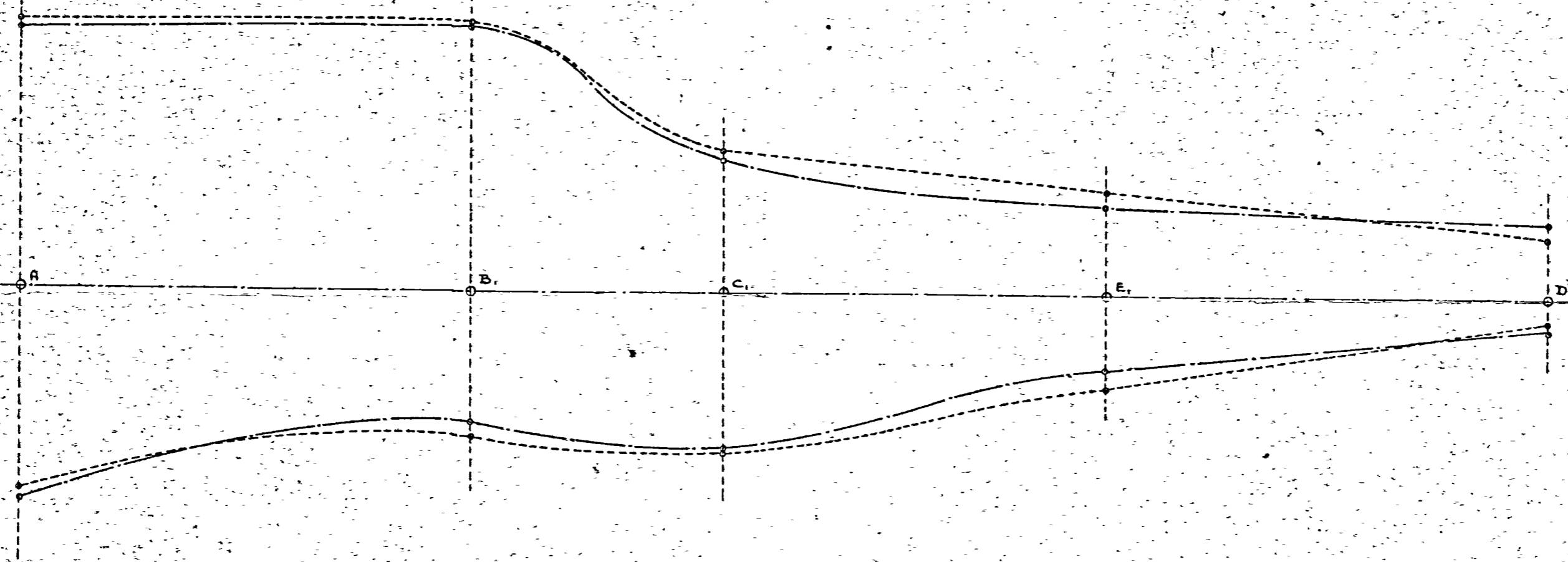
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
MODELPROEVEN HAVENINGANG VAN OOSTENDE
MODEL 33



GOLVEN UIT N.O. *Zonder Metaalgaas* ————
Met Metaalgaas - - - - -



GOLVEN UIT N.W. *Zonder Damping* ————
Met Damping - - - - -



GOLVEN UIT	P U N T E N					BESCHRIJVING
	A	B	C	E	D	
<u>N.O.</u>	<u>100</u>	<u>64</u>	<u>55</u>	<u>27</u>	<u>33</u>	<i>Damping bij Leopoldsluis. Behouden westerstaketsel. Verdicht met een laag metaalgaas met lage havenclan. Nieuw oosterstaketsel. Verdicht met twee lagen metaalgaas met lage havenclan.</i>
<u>N.O.</u>	<u>100</u>	<u>56</u>	<u>61</u>	<u>24</u>	<u>35</u>	<i>Damping bij Leopoldsluis. Behouden westerstaketsel. Zonder metaalgaas. met lage havenclan. Nieuw oosterstaketsel. Verdicht met een laag metaalgaas met lage havenclan.</i>
<u>N.W.</u>	<u>100</u>	<u>88</u>	<u>65</u>	<u>42</u>	<u>18</u>	<i>Damping bij Leopoldsluis. Behouden westerstaketsel. Verdicht met een laag metaalgaas met lage havenclan. Nieuw oosterstaketsel. Verdicht met twee lagen metaalgaas met lage havenclan.</i>
<u>N.W.</u>	<u>100</u>	<u>84</u>	<u>61</u>	<u>35</u>	<u>23</u>	<i>Zonder damping bij Leopoldsluis. Behouden westerstaketsel. Verdicht met een laag metaalgaas met lage havenclan. Nieuw oosterstaketsel. Verdicht met twee lagen metaalgaas met lage havenclan.</i>