

waterloopkundig laboratorium

Stroomsluis Noordland in  
de Oosterscheldedam

ontgrondingsonderzoek

verslag modelonderzoek  
bijlagen

---

M 1201 deel I

november 1974

---

Stroomsluis Noordland in  
de Oosterscheldedam

ontgrondingsonderzoek

verslag modelonderzoek  
bijlagen

---

M 1201 deel I

november 1974

## INHOUD

blz.

<u>1</u>	<u>Inleiding</u> .....	1
<u>2</u>	<u>Gegevens</u> .....	2
<u>3</u>	<u>Opzet van het onderzoek</u> .....	3
<u>4</u>	<u>Model</u> .....	4
<u>5</u>	<u>Proeven</u> .....	5
A	Overzicht van het onderzoek .....	5
B	Algemene beschouwing van de ontgronding .....	6
<u>6</u>	<u>Resultaten van het onderzoek</u> .....	8
6.1	Invloed configuratie op de ontgrondingen .....	8
6.2	Invloed van geknepen schuiven of afvoer door een beperkt aantal kokers op de ontgrondingen .....	10
6.3	Ontgronding aan de Zeeuwse Meerzijde .....	11
6.4	Ontgronding aan de zeezijde bij K6 en invloed van de vorm van de middenpijler hierop .....	12
6.5	Stabiliteitsproeven van het stortebed .....	12
6.6	Waterstandsmetingen en bepaling afvoercoëfficiënt .....	13
<u>7</u>	<u>De ontgrondingstijdschaal van ontwerp K6</u> .....	15
<u>8</u>	<u>Konklusies en aanbevelingen</u> .....	21

TABELLEN

FIGUREN

## TABELLEN

- I Overzicht ontgrondingsproeven
- II Stabiliteit stortbed (stortsteen categorie 80 - 300 kg) sluisontwerp M
- III Afvoercoëfficiënt van sluis M in verschillende situaties

## FIGUREN

- I - 1 Spui - cq. inlaatsluis, ontwerp K8
- I - 2 Spui - cq. inlaatsluis, ontwerp M
- I - 3 Spui - cq. inlaatsluis, ontwerp K6
- I - 4 Situatie uitwateringssluis Oosterscheldedam
- I - 5 Overzicht van het model
- I - 6 Tijd-ontgrondingslijn lozen definitief ontwerp K6 (T11)
- I - 7 Tijd-ontgrondingslijn T10
- I - 8 Gemiddelde getijkromme Noordland bij gesloten Oosterschelde
- I - 9 Sluiskapaciteit bij lozen
- I - 10 Verwachte ontgroning in eerste 5 maanden na ingebruikname sluis
- I - 11 Ontgroningstijdschaal bij inlaten als functie van het gemiddelde debiet
- I - 12 Ontgrondingsbeeld T11
- I - 13 Ontgrondingsbeeld T10

## 1 Inleiding

In de afsluitingsdam van de Oosterschelde is door Rijkswaterstaat een spuisluis ontworpen voor de beheersing van waterstand en waterkwaliteit van het toekomstige Zeeuwse Meer. Tengevolge van het spuien kan aan de benedenstroomse zijde achter de sluis uitschuring van de bodem optreden (ontgroning zeezijde). In het geval dat de sluis als inlaatsluis wordt gebruikt zal ontgroning aan de meerzijde kunnen optreden. De optredende ontgroning kan de stabiliteit van de konstruktie in gevaar brengen. Een modelonderzoek naar de ontgroningen werd daarom nodig geacht. Door de Deltadienst van de Rijkswaterstaat werd aan het Waterloopkundig Laboratorium Delft opdracht gegeven tot het uitvoeren van dit ontgrondingsmodelonderzoek.

Het doel van het modelonderzoek was:

1. het bepalen van de ontgroningen achter de sluis
2. het bepalen van de vormgeving van het stortebed en omgeving zodanig dat excessieve ontgroningen worden voorkomen
3. het bepalen van de invloed van geknepen schuiven of afvoer door een beperkt aantal kokers op de ontgroningen
4. het bepalen van de stabiliteit van het stortebed
5. het bepalen van de afvoercoëfficiënt van de sluis.

Het onderzoek werd in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft uitgevoerd en gerapporteerd door ir. A.G. van Os in samenwerking met R. Adihardjo.

Dit verslag bestaat uit twee delen, te weten

I : verslag modelonderzoek

II : bijlagen.

Deel I bevat het verslag van het onderzoek waarbij de figuren beperkt zijn tot die welke betrekking hebben op de uiteindelijk gekozen variant en die nodig zijn voor het verdere gebruik van de resultaten van dit onderzoek.

Deel II bevat de figuren van alle uitgevoerde proeven en een verslag van het in De Voorst uitgevoerde onderzoek naar de invloed van stroomomkering op de ontgroning.

## 2 Gegevens

In de loop van het onderzoek is het ontwerp van de spuisluis een aantal malen veranderd. De belangrijkste varianten zijn:

- K8, de aanvankelijk gekozen sluis met een keeldoorsnede van 6 (kokers) x 4,5 x 8 m<sup>2</sup> = 216 m<sup>2</sup>, zie figuur I - 1
- M, een ontwerp met eenzelfde keeldoorsnede als K8, maar met een verlengde keel (31,25 m) ten behoeve van een eventuele latere inbouw van een gemaal. De diffusor aan de Zeeuwse Meerzijde was hiervoor verkort, zie figuur I - 2
- K6, een ontwerp met een kleinere keeldoorsnede namelijk 6 x 4,5 x 6 m<sup>2</sup> = 162 m<sup>2</sup>, zie figuur I - 3. Dit ontwerp kwam tot stand nadat was gebleken dat de capaciteit van K8 en M aanzienlijk te groot was.

Aangezien tijdens de bouw van het model het ontwerp M als keus vaststond is dit ontwerp in eerste instantie in het model onderzocht, ook toen later K8 als ontwerp werd voorgesteld. Nadat als definitief ontwerp van de spuisluis Noordland K6 was genomen is een aanvullend modelonderzoek met deze sluis uitgevoerd.

De peilen van de genoemde sluizen zijn als volgt gegeven:

hoogte bovenkant kokervloer: NAP ÷ 12,5 m

hoogte onderkant kokerdak	:	meerzijde	:	NAP ÷ 3 m
		t.p.v. de schuiven:		NAP ÷ 8 m
		zeezijde	:	NAP ÷ 3 m.

Gemiddeld over het getij moest de sluis 325 m<sup>3</sup>/sek kunnen spuien ook indien er voor de sluis een zoutscherm zou worden gebouwd.

De Zeeuwse Meer-stand zou konstant op ca. NAP gehouden worden.

Een schets van de ligging van de sluis is gegeven in figuur I - 4.

### 3 Opzet van het onderzoek

In het model werden de ontgrondingen gemeten, die tengevolge van het spuien, achter de beëindiging van het stortebed zouden ontstaan. Met door het Laboratorium uit fundamenteel onderzoek geformuleerde relaties kunnen deze ontgrondingen naar het prototype vertaald worden.

De configuratie achter de sluis, zoals lengte verdediging, ruwheid verdedigde bodem en de vorm van de vertikale damwanden werd gevarieerd om een voor de sluis optimale situatie te vinden. De proeven werden uitgevoerd onder de volgende kondities:

- als verdedigingsvorm werd een horizontale bodemverdediging toegepast
- de ontgrondingen werden ter vereenvoudiging bij permanente stroom beschouwd
- materiaaltoevoer van het ontgrondingsmateriaal werd achterwege gelaten.

Voor het modelonderzoek werden de volgende randvoorwaarden gebruikt:

- de waterdiepte benedenstrooms was 10 tot 12,5 m
- de ruwheid van de bodemverdediging  $k$  was ca. 0,03 à 0,04 maal de waterdiepte. Dit kwam overeen met de kategorie stortsteen van 80 - 300 kg met een dichtheid van ca. 2600 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4 Model

Als schaal van het model werd 1 : 40 gekozen. Een overzicht van het model is gegeven in figuur I - 5. Voor het gesloten cirkulatiesysteem werden 2 pompen met een totale capaciteit van ca. 240 l/s gebruikt. De waterdebieten werden bepaald met twee meetflenzen in het leidingsysteem. Deze meetflenzen werden geijkt met behulp van een elektromagnetische debietmeter. De waterstanden aan de meer- en zeezijde werden bepaald met peilnaalden. De benedenstroomse waterstand werd geregeld met behulp van schotbalken aan de uitstroomzijde. Als bodemmateriaal werden polystyreenkorrels gebruikt met  $\rho_k = 1050 \text{ kg/m}^3$  en  $d_{50} = 1600 \text{ }\mu\text{m}$ .

De uit het model meegevoerde polystyreenkorrels werden opgevangen en van het water gescheiden door middel van een aantal schuin aflopende plasticvangerd aan het einde van het model. De ontgrondingen werden met een "provo" (profielvolger) gemeten. Dit is een vertikaal bewegende naald, die door weerstandsmeting op een konstante afstand (ca. 2 mm) van de bodem blijft. De verticale beweging van de naald komt zo overeen met de verdiepingen van de bodem ten opzichte van de oorspronkelijke bodem en wordt op een Sanbornschrijver geregistreerd. De ontgrondingen werden op gezette tijden vanaf de start van de proef op vaste raaien vanaf het einde van de verdediging, te weten op  $x = 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 130, 160, 200, 250, 300 \text{ cm}$ , gemeten. In elke dwarsraai werden meetpunten genomen op onderlinge afstanden van 25 cm. Hieruit konden de ontgrondingen in bepaalde interessante langsraaien worden bepaald. Een schets van de raaiindeling is gegeven in figuur II - 1. Voor een aantal situaties werden aan het eind van de proef op een aantal punten aan het eind van de verdediging snelheidsvertikalen en in sommige gevallen ook turbulentie-intensiteiten met behulp van een mikromolen bepaald.



## 5 Proeven

### A Overzicht van het onderzoek

In het model is het volgende onderzocht:

#### 5.1 Spuien

- 5.1.1 De invloed van de configuratie van het stortebed achter de sluis op de ontgrondingen.  
Onder configuratie wordt verstaan de bodemruwheid, extra aangebrachte ruwheid in de vorm van tetraeders, beëindiging van de bodembescherming (vertikaal of ondertalud 1 : 2), de aanwezigheid van verticale damwanden bij de beëindiging van de bodembescherming en de lengte van de verdediging.  
Bij dit onderzoek (T1 t/m T8) waren alle schuiven geheel geopend. Het sluisontwerp was ontwerp M.
- 5.1.2 De ontgrondingen bij geknepen of deels gesloten schuiven (T5<sup>A</sup>, T7<sup>A</sup> t/m T7<sup>G</sup>).
- 5.1.3 De gevoeligheid van de ontgrondingen voor de in- en uitstroomcondities van het model. Dit werd gedaan omdat uit het getijmodel M1000 slechts een zeer flauwe indicatie van de stroomrichtingen bij de spuisluis Noordland waren verkregen.
- 5.1.4 Als aanvullend onderzoek werden de ontgrondingen bij het ontwerp K6 met een korte (T11) en een verlengde middenpijler aan de zeezijde (T12) bepaald. Zie figuur I - 3.
- 5.1.5 De stabiliteit van het stortebed direct achter de sluis.
- 5.1.6 Waterstandsmetingen op door Rijkswaterstaat aangegeven plaatsen. Daarbij is ook de afvoercoëfficiënt van de sluis bepaald.

## 5.2 Inlaten

5.2.1 De ontgrondingen aan de Zeeuwse Meerzijde bij ontwerp M (T9) en ontwerp K6 (T10).

5.2.2 De afvoercoëfficiënt van de ontwerpen M en K6. De uitgevoerde ontgrondingsproeven zijn met bijzonderheden en resultaten in tabel I samengevat.

### B Algemene beschouwing van de ontgroning

Het stroombeeld, dat bij de toegepaste configuraties bij geheel geopende schuiven optrad, zag er in principe als volgt uit: een hoofdstroom in het midden en neren aan beide zijden, zie figuur II - 2.

Het ontgrondingsbeeld dat bij deze configuraties optrad, vertoonde in het algemeen het volgende beeld: links en rechts van de hoofdstroom daar waar de grootste snelheidsgradiënt optrad ontstonden 2 diepe zijkuilen, naar buiten begrensd door een steil oplopende rug, in de meeste gevallen onder een helling van ca. 1 : 2, naar het midden overgaand in een wat flauwere helling. De beëindiging van de verdediging werd in veel gevallen ondergraven. Speciaal bij de proeven met korte verdediging (T1 t/m T5, T8) trad dit op. De ontgrondingen achter een beperkt aantal geheel geopende schuiven (kokers) gingen opmerkelijk sneller dan bij geheel op gedeeltelijk geopende schuiven.

Voor het bepalen van de invloed van de verdedigingsvorm op de ontgroning werd gebruik gemaakt van de bekende ontgrondingsparameters in de diepste kuilen.

Dit zijn:

$t_{\frac{1}{2}}$  = het tijdsinterval vanaf het begin van de proef waarin de grootste ontgroning ( $h_{\max}$ ) gelijk wordt aan de halve waterdiepte ( $h_o$ ).

Dus als  $h_{\max} = \frac{1}{2}h_o$  dan is  $t = t_{\frac{1}{2}}$

$h_{\max}$  = de grootste ontgrondingsdiepte

$\cotg \beta$  = de aanzehelling van ontgroning bij de beëindiging van het stor-tebed in de langsraai waarin  $h_{\max}$  optreedt.

Uit het modelonderzoek volgt voor een bepaalde configuratie  $t_{\frac{1}{2}}$  en een tijd-ontgrondingslijn ( $h_{\max}/h_o$  uitgezet tegen  $t/t_{\frac{1}{2}}$ ), die ook voor het prototype

met een gelijkvormige configuratie zal gelden.

Uit het fundamenteel ontgrondingsonderzoek (M648/M863) bleek, dat zowel voor twee- als voor drie-dimensionale ontgrondingen gebruik kan worden gemaakt van de relatie:

$$t_{\frac{1}{2}} = 75 \cdot \Delta^{1,7} \cdot h_o^2 \cdot (\alpha \bar{u} - u_{kr})^{-4,3}$$

waarin:  $\Delta = \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_w}$  = de relatieve dichtheid van het bodemmateriaal

$h_o$  = de oorspronkelijke waterdiepte in m

$\bar{u}$  = de gemiddelde stroomsnelheid aan het eind van de verdediging in m/s

$u_{kr}$  = de kritieke snelheid van het bodemmateriaal in m/s

$\alpha$  = invloedsfaktor van de configuratie.

De invloedsfaktor  $\alpha$  bepaalt de invloed van de geometrie op de ontgrondingen. Deze faktor wordt met bovenstaande formule uit de modelproeven afgeleid.

Voor de beoordeling van de stabiliteit van de bodemverdediging is van belang de aanzethelling van de ontgrondingskuil in combinatie met de diepte van de kuil. Bij de meeste proeven was deze helling het steilst bij de aanzet van de zijkuilen (raai 5 - 7 en 15 - 17). Vooral bij de metingen met korte verdediging trad hierbij ook ondergraving van de beëindiging van deze verdediging op (zie tabel I).

## 6 Resultaten van het onderzoek

Een overzicht van de voornaamste resultaten van het onderzoek is gegeven in tabel I. Hierin zijn onder andere vermeld het tempo van de ontgroning ( $t_{\frac{1}{2}}$ ), de invloedsfaktor van de geometrie ( $\alpha$ ), de aanzethelling van de maximale ontgrondingskuil ( $\cotg \beta$ ) op  $t = t_{\frac{1}{2}}$  en de afvoercoëfficiënt van de sluis ( $\mu$ ).

$$\mu = Q / (A(2g(pn_1 - pn_0))^{\frac{1}{2}})$$

hierin is  $Q$  = debiet voor de sluis in  $m^3/\text{sek}$

$A$  = totale keeldoorsnede in  $m^2$

$pn_0$  = waterstand benedenstroomse zijde in m

$pn_1$  = waterstand bovenstroomse zijde in m

zie figuur I - 4.

De tijd-ontgrondingslijnen voor de diepste kuilen en de middenkuil (11) zijn gegeven in de figuren II - 3 t/m 24. Verder zijn gegeven de langs- en dwarsdoorsneden over de grootste ontgrondingsdiepte ( $h_{\text{max}}$ ) op tijdstippen  $t \approx t_{\frac{1}{2}}$  en bij beëindiging van de proeven en de bijbehorende ontgrondingsbeelden in de figuren II - 25 t/m 84. Voor een aantal situaties zijn de snelheidsverdelingen in de figuren II - 85 t/m 101 geschetst.

### 6.1 Invloed configuratie op de ontgroningen

Allereerst is onderzocht de oorspronkelijke bodembescherming met een lengte van  $L = 107$  m, met een verticale beëindiging en een bodemruwheid bestaande uit stortsteen van 80 - 300 kg ( $T_1$ ). Het sluisontwerp was ontwerp M. Bij deze situatie zijn aan het eind van de proef bij het einde van de bodembescherming op een aantal plaatsen stroomsnelheden alsmede de turbulentie-intensiteiten gemeten. De horizontale snelheidsverdeling met de bijbehorende turbulentie-intensiteit is gegeven in figuur II - 97. Ook werden snelheids- en turbulentiemetingen uitgevoerd bij een situatie waarin op de taluds aan weerskanten van het stortebed extra ruwheid werd aangebracht in de vorm van tetraëders met een prototypehoogte van  $h = 2$  m ( $T_1^R$  zie figuur II - 97). Uit een vergelijking blijkt weinig verschil aanwezig

te zijn in de horizontale snelheidsverdelingen en de bijbehorende turbulentie-intensiteiten.

Met de oorspronkelijke verdedigingslengte ( $L = 107$  m) zijn bij een debiet van  $Q = 150$  l/s de volgende configuraties onderzocht:

T2: hierbij werd een extra ruwheid in de vorm van 3 rijen tetraëders ( $h = 2$  m) op het einde van de verdediging op onderlinge hartafstanden van 2 maal de hoogte van de tetraëders.

T3: gelijk aan T2 doch met een beëindiging van de bodemverdediging onder een talud  $1 : 2$ .

T4: gelijk aan T3 met extra ruwheid aan de zijkanten van het stortebed (nl. 4 extra rijen tetraëders).

Uit een vergelijking van de ontgrondingen blijkt, dat een extra ruwheid aan het eind van de verdediging iets gunstiger was ten aanzien van de ontgrondingstijd ( $t_{\frac{1}{2}}$ ). Deze tijdparameters ontliepen elkaar echter niet veel. Minder gunstig was de extra ruwheid ten aanzien van de steilheid van de aanzethelling (kleinere  $\cotg \beta$ ). De in het algemeen grotere turbulentie die een extra ruwheid met zich mee brengt speelde hierin een rol.

In T5 zijn de damwanden aan de zijkant van het stortebed, waarvan de bovenzijde volgens het ontwerp afliep van NAP naar  $NAP \div 12,50$  m, met hun bovenzijde geheel op NAP gehouden. Dit gaf ten aanzien van  $t_{\frac{1}{2}}$  en  $\cotg \beta$  een gunstiger beeld, doch de zijkuilen waren smal en langgerekt met vrij steile zijhellingen. Zie figuur II - 36 t/m 38. Bovendien werden vrijstaande damwanden in verband met golfaanval niet geschikt geacht.

De invloed van de lengte van de verdediging werd onderzocht in de situaties T6 en T7. Hierbij werd de oorspronkelijke verdediging van 107 m verlengd met respectievelijk 50 en 75 m. Uit deze proeven blijkt, dat zoals te verwachten was T7 met een verdedigingslengte van 182 m de gunstigste  $t_{\frac{1}{2}}$  opleverde. De grootte van de aanzethelling van T1, T6 en T7 was vrijwel gelijk en bedroeg  $1 : 3,2$ . Bij T1 werd de beëindiging echter aan de zijkanten duidelijk meer ondergraven.

Een alternatief voor verlenging van het stortebed, was het beëindigen van het niet verlengde stortebed van 107 m en de voet van de aansluitende dijken met een verticale damwand. Deze variant, tijdens het onderzoek de "variant Spaargaren" genoemd, werd na wat aanpassing van de ontgrondingsbak

als T8 onderzocht.

De resultaten kwamen overeen met de resultaten van T1. Bij deze variant werd speciaal gekeken naar de optredende sprong in de bodemligging bij de beëindiging van het stortebed. De resultaten van deze metingen zijn in de figuren II - 62 t/m 67 geschetst.

Aangezien de sluis ook als inlaatsluis gebruikt zou moeten kunnen worden, is in het Laboratorium De Voorst onderzocht wat het gevolg zou zijn als over een ontgronding met een diskontinuiteit bij de beëindiging van het stortebed in tegengestelde richting gestroomd zou worden. Gevreesd werd dat dan een diepe ontgrondingskuil bij de beëindiging van het stortebed zou ontstaan. Deze vrees werd bewaarheid.

Een verslag van deze proeven, uitgevoerd onder leiding van ir. A. Zwols is bijgevoegd als bijlage in deel II.

Tenslotte is met de configuratie van T8 gekeken of verandering van uitstroming uit het model (uitstroming in het verlengde van de sluis in plaats van aan het eind van de geul), T8A, en verandering van instroming in het model (instroming in het verlengde van de sluis in plaats van door de aanvoergeul), T8B, invloed had op de ontgrondingen.

Een invloed van deze veranderingen werd echter niet geconstateerd.

## 6.2 Invloed van geknepen schuiven of afvoer door een beperkt aantal kokers op de ontgrondingen

Met de configuratie van T7 zijn de volgende gevallen onderzocht:

T7A. Alle zes schuiven 20% geknepen (dus 80% geopend), debiet 152 l/sek. De ontgrondingen weken weinig af van die bij T7 - 152 l/sek. De tijdparameter  $t_{\frac{1}{2}}$  bleek zelfs iets groter te zijn.

T7B. Schuiven 5 en 6 (zie figuur I - 2) geheel geopend, de andere gesloten. Debiet 51 l/sek.

T7C. Schuif 3 geheel open, alle andere gesloten. Debiet 26 l/sek.

Bij deze twee proeven bleken de ontgrondingen zeer ongunstig. Achter de geopende schuiven ontstonden relatief diepe kuilen met vrij steile aanzet-

hellingen. Daarbij waren de tijdparameters klein, dat wil zeggen dat de ontgrondingsnelheden groot waren.

T7D. Schuiven trapsgewijs geopend volgens het schema: 100% - 100% - 50% - 0% - 50% - 100%. Debiet 102 en 122 l/sek.

Ook hierbij ontstond een ongunstig ontgrondingsbeeld.

T7E. Alle zes schuiven 35% geknepen (meer was niet haalbaar in verband met overstroming van het model), debiet 122 l/sek. Deze proef leverde een tijdparameter op, die veel groter was dan bij dezelfde proef met geheel geopende schuiven (zelfde debiet), terwijl het ontgrondingsbeeld gelijk was.

T7F. Schuif 4 gesloten, alle andere volledig open, debiet 102 l/sek.

T7G. Schuif 6 gesloten, alle andere volledig open, debiet 102 l/sek.

In beide gevallen was de optredende ontgroning qua beeld vergelijkbaar met en qua tijd gelijk (G) aan of zelfs gunstiger (F) dan die bij de proef waarmee het vergeleken moet worden, te weten T7 - 122 l/sek.

Uit bovenstaande proeven blijkt dat vermeden moet worden om met een beperkt aantal kokers (1 tot 3) te lozen. Veel beter is het om een kleiner lozingsdebiet te realiseren door de schuiven te knijpen. Tijdelijke sluiting van een koker (in verband met reparatie of storing) geeft geen nadelige gevolgen voor de ontgroningen.

### 6.3 Ontgroningen aan de Zeeuwse Meerzijde

Omdat de sluis ook als inlaatsluis gebruikt zou kunnen worden, moet de ontgroning aan de meerzijde eveneens onderzocht worden. Hiertoe werd het ontgrondingsmodel gespiegeld. In het model lag een spuisluis van het ontwerp M.

De lengte van het stortebed bedroeg  $L = 115$  m, T9. Met een sluis van ontwerp K6 en dezelfde stortebedlengte werd T10 uitgevoerd.

De ontgrondingstijdparameter voor T9 wijkt niet veel af van die bij T7.

Dientengevolge is de tijdschaal ongeveer gelijk. De aanzethelling bij T9 blijkt minder gunstig te zijn dan bij T7. Bij T9 zijn de taluds van de toeleidingsgeul aangetast (zie figuur II - 74). De ontgroningen van T10 zien

er redelijk uit. De kuil is door de smallere sluis meer naar binnen gedrukt. De tijdparameter  $t_{\frac{1}{2}}$  is ten opzichte van T9 echter gemiddeld met een faktor 4 verkleind. Dat wil zeggen dat de ontgrondingsnelheid viermaal zo groot is. Enige aantasting van het geultalud heeft ook hier plaatsgevonden, echter in mindere mate dan bij T9.

#### 6.4 Ontgronding zeezijde bij K6 en invloed van de vorm van de middenpijler hierop

Met het ontwerp K6 en een verdedigingslengte  $L = 182$  m zijn T11 en T12 onderzocht. Deze proeven verschilden slechts van elkaar in de lengte van de middenpijler aan de zeezijde: T11 korte pijler, T12 lange pijler (zie figuur I - 3).

Uit de proeven bleek dat de invloed van de pijler op de tijdparameter ( $t_{\frac{1}{2}}$ ) en de steilheid van de aanzethelling ( $\cotg \beta$ ) vrijwel nihil was. Wel waren de ontgrondingskuilen en de horizontale snelheidsverdeling verschillend. T12 gaf een wat grotere snelheid in de as van de sluis, resulterend in een smallere vorm van de ontgrondingskuil (zie figuren II - 83 en 84).

Vergeleken met T7 (ontwerp M) geven T11 en T12 (ontwerp K6) een circa tweemaal zo kleine tijdparameter, zodat de ontgrondingen bij ontwerp K6 zich tweemaal zo snel zullen ontwikkelen als bij ontwerp M of K8.

#### 6.5 Stabiliteitsproeven van het stortebed

De bodembescherming van het stortebed bestond uit stortsteen van de categorie 80 - 300 kg. Een overzicht van de uitgevoerde stabiliteitsproeven is in tabel II gegeven; de resultaten van het onderzoek staan in de kolom voor opmerkingen vermeld. In gevallen waarin slechts 1 koker geheel geopend was en de rest dicht kon een verval worden bereikt van ca. 6,5 m bij een benedenwaterstand van NAP - 1,44 m. Een groter verval was in het model niet realiseerbaar. In deze situatie is hier en daar in de omgeving achter de geopende koker enige beweging van de stenen gekonstateerd. In het model werd hiermee gedurende een half uur gestroomd. Er werd geen schade aan het stortebed gekonstateerd. In alle andere gevallen is geen enkele beweging waargenomen.



## 6.6 Waterstandsmetingen en bepaling van afvoercoëfficiënt

In het model met een sluis van het ontwerp M zijn op de plaatsen [1], [2] en in raai [3] en [4] voor koker 5 waterstanden met waterstandsvolgers (wavo's) gemeten, terwijl op de plaatsen  $pn_0$ ,  $pn_1$  en in de raaien [3] en [4] voor de kokers 1, 2 en 3 de waterstanden met peilnaalden zijn bepaald (zie figuur I - 4). Deze plaatsen zijn door Rijkswaterstaat opgegeven. De gemeten waterstanden zijn in bijgaande tabel III verzameld. De waterstanden zijn gegeven in m prototype ten opzichte van NAP. In de laatste kolom is een berekende afvoercoëfficiënt vermeld die gedefinieerd is als:

$$\mu = \frac{Q}{A\sqrt{2g\Delta H}}$$

hierin is  $Q$  = totale debiet in  $m^3/sek$   
 $A$  = totale keeldoorsnede in  $m^2$   
 $\Delta H$  = verval tussen  $pn_1$  en raai 4 in m  
tenzij anders vermeld.

Voor  $\Delta H$  is boven gedefinieerde waarde genomen omdat de zo berekende afvoercoëfficiënten vergeleken kunnen worden met de bij het kokeronderzoek MI089 berekende waarden.

Overigens is bij alle ontgrondingsproeven ook een afvoercoëfficiënt bepaald. Deze coëfficiënten, berekend uit het verval tussen  $pn_1$  en  $pn_0$ , zijn vermeld in tabel I.

De afvoercoëfficiënt is steeds betrokken op de totale keeldoorsnede van de kokers.

Bij de afzonderlijke proeven moeten nog de volgende opmerkingen gemaakt worden:

proef 2, 3 en 4: bij deze proeven werd nog niet in raai [3] en [4] gemeten.

Daarom is voor  $\Delta H$  genomen het verval tussen  $pn_1$  en  $pn_0$

proef 7, 8 en 9: het zeeniveau was hier beneden het dak van de kokers. Dit heeft tot gevolg dat de verliezen ten gevolge van de verwijding na de keel van de sluis kleiner kunnen zijn, hetgeen een vergroting van de afvoercoëfficiënt tot gevolg

- heeft. Bij de proeven 8 en 9 was wavo 6 onklaar geraakt.
- proef 12, 13 en 14: De zeezijde van het model was zeer onrustig (golfvorming). Dit is terug te vinden in de waterstanden.
- proef 27, 28 en 29: Voor een direkte korrelatie tussen de metingen in dit model en de metingen in de perspexkoker (M1089) zijn aan de in- en uitstroomzijde van koker 2 verticale schotten geplaatst, overeenkomend met de schotten bij M1089. Evenals bij de metingen in het perspex model is voor de  $\mu$ -berekening bij de proeven 27, 28 en 29 voor  $\Delta H$  genomen het verval tussen de punten [3] en [4] voor de beschouwde kokers vermeerderd met de berekende snelheidshoogte aan de bovenstroomse zijde.
- proef 30 t/m 38 : Deze proeven werden uitgevoerd met voor dit model zeer kleine debieten. Dit hield in dat moeilijk te bepalen was of een stationaire toestand gerealiseerd was of niet. De werkelijke debieten kunnen daardoor iets afwijken van de aangenomen debieten. De variaties in de afvoercoëfficiënt die gevonden zijn kunnen hierdoor verklaard worden.

7 De ontgrondingsstijdschaal van ontwerp K6

Uit het modelonderzoek volgt voor een bepaalde configuratie een tijd-ontgrondingslijn, die ook voor het prototype met een geometrisch gelijkvormige configuratie zal gelden. Deze tijd-ontgrondingslijn geeft een relatie tussen de verhouding van de grootste diepte van een ontgrondingskuil ( $h_{\max}$ ) en de waterdiepte aan het einde van de bodembescherming ( $h_0$ ) en de verhouding van het tijdsinterval, dat sinds het starten van de proef is verlopen ( $t$ ) en de tijdparameter ( $t_{\frac{1}{2}}$ ) weer.

Van de ontgrondingsproeven T11 en T10 zijn deze tijd-ontgrondingslijnen in de figuren I - 6 en 7 weergegeven. Voor  $t_{\frac{1}{2}}$  is hierbij genomen het tijdsinterval nodig voor de zijkuilen om een diepte gelijk aan de halve waterspiegel te bereiken. Alle schuiven waren bij deze proeven geheel geopend. De prototype tijden waarmee deze situaties zullen overeenstemmen zijn te vinden door de  $t_{\frac{1}{2}}$  van het prototype te bepalen. Deze kan met een bij het systematisch ontgrondingsonderzoek gevonden formule berekend worden. Zowel de snelheid aan het einde van het stortebed als de waterdiepte daar zijn verondersteld een periodieke functie te zijn met periode T. Dan is:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{75 \cdot \Delta^{1,7} \cdot h_0}{\frac{1}{T} \int_p^q \frac{\{\alpha \bar{u}(t) - \bar{u}_{kr}\}^{4,3}}{h(t)} dt}$$

- hierin is:  $\Delta$  = relatieve dichtheid van het bodemmateriaal:  $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$   
 $h_0$  = waterdiepte aan eind stortebed op  $t = 0$  in m  
 $h(t)$  = waterdiepte aan eind stortebed in m  
 $\alpha$  = parameter, afhankelijk van de configuratie, te verkrijgen uit het modelonderzoek  
 $\bar{u}(t)$  = gemiddelde snelheid aan het eind van het stortebed in m/sek  
 $\bar{u}_{kr}$  = gemiddelde snelheid waarbij het bodemmateriaal in beweging komt in m/sek  
 $p, q$  = de grenzen van  $t$  waarbij  $\alpha \bar{u}(t) - \bar{u}_{kr} = 0$ .

De waarde van  $t_{\frac{1}{2}}$  hangt nu af van de periodieke functies die voor  $h(t)$  en  $\bar{u}(t)$  worden ingevuld.

Het debiet door de sluis is gelijk aan:

$$Q(t) = \mu \cdot A \cdot (2g|h(t) - h_b|)^{\frac{1}{2}}$$

zodat de gemiddelde snelheid aan het eind van het stortebed gelijk zal zijn aan:

$$\bar{u}(t) = \mu \cdot A \cdot (2g|h(t) - h_b|)^{\frac{1}{2}} / (b \cdot h(t)).$$

hierin is  $Q(t)$  = debiet door de sluis in  $m^3/s$   
 $\mu$  = afvoercoëfficiënt van het sluiskomplex, dus van de sluis met een eventueel dichtheidsscherm  
 $A$  = totale keeldoorsnede van de sluis in  $m^2$   
 $h_b$  = waterdiepte aan de Zeeuwse meerzijde ten opzichte van bovenkant stortebed in  $m$   
 $b$  = breedte van het eind van het stortebed in  $m$

Voor  $h(t)$  is in dit rapport de gemiddelde getijkromme bij afgesloten Oosterschelde bij Noordland genomen, gegeven in de "samenvatting van de randvoorwaarden en dimensies van de stroomsluis Noordland in de Oosterscheldedam", nota W-73.074 (figuur I - 8).

#### 7.1 Ontgrondingen bij lozen

Voor de berekening van de te verwachten ontgrondingen bij lozen is door de Deltadienst tevens een voorlopig lozingsprogramma voor de sluis Noordland opgesteld. De uitgangspunten hiervan zijn:

- $\mu F$  zonder dichtheidsscherm =  $228 m^2$
- $\mu F$  met dichtheidsscherm =  $205 m^2$
- 1 augustus 1978 sluis in gebruik
- 1 januari 1979 scherm klaar.
  
- Van 1 augustus - 1 januari lozingscapaciteit bepaald aan de hand van gegevens van M1209 (selektiviteit sluis zonder scherm)
- Lozingsprogramma na plaatsing scherm onduidelijk, daarom rekenen met kapa-

citeit in de eindfase

- Lozingsprogramma gaat ervan uit dat op het Noordelijk Deltabekken voldoende water beschikbaar is om een en ander te realiseren. Voor de ontgrondingen is dit het ongunstigste lozingsprogramma.

De lozingscapaciteit van de sluis (ontwerp K6) is in figuur I - 9 geschetst. Het gewenste lozingsdebiet is  $325 \text{ m}^3/\text{s}$  gemiddeld over het getij.

Dit kan bij een grotere capaciteit van de sluis gerealiseerd worden door met geknepen schuiven te lozen, of door de sluis geheel open te zetten, doch niet ieder getij te lozen.

Afhankelijk van de toekomstige bestemming van het Zeeuwse Meer en het al dan niet bouwen van een zoutscherm ter bevordering van het selectief afzuigen kunnen er drie lozingsituaties onderscheiden worden:

1. Zout Zeeuws Meer

sluiskapaciteit =  $500 \text{ m}^3/\text{s}$

mogelijke lozingsprocedure:

1.1 lozen in gedeelten van de beschikbare tijd op volle capaciteit:

$$t_{\frac{1}{2}} = 1 \text{ jaar}$$

1.2 lozen met geknepen schuiven:

$$t_{\frac{1}{2}} = 7 \text{ jaar.}$$

2. Zoet Zeeuws Meer, geen zoutscherm

sluiskapaciteit =  $390 \text{ m}^3/\text{s}$

2.1 ontziltling tot het grensvlak  $12,5 \text{ m} \div \text{NAP}$  heeft bereikt. Deze ontziltling zal zo snel mogelijk moeten gebeuren, zodat de volle capaciteit van de sluis steeds benut zal worden. Deze capaciteit, die in de tijd vermindert doordat het grensvlak op het Zeeuwse Meer daalt, is in figuur I - 9 aangegeven met de gebogen lijn tijdens de eerste vijf maanden.

De bijbehorende te verwachten ontgrondingen achter de sluis zijn te vinden in figuur I - 10.

Hieruit blijkt dat na 5 maanden een maximale ontgrondingsdiepte van  $0,32 h_0$  verwacht moet worden.

Mogelijke lozingsprocedures hierna:

2.2 lozen in gedeelten van de beschikbare tijd op volle capaciteit:

$$t_{\frac{1}{2}} = 1,55 \text{ jaar}$$

2.3 lozen met geknepen schuiven:

$$t_{\frac{1}{2}} = 3,85 \text{ jaar.}$$

3 Zoet Zeeuws Meer, met zoutscherm

$$\text{sluiskapaciteit} = 355 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1 ook nu zal de eerste ontziltling zonder scherm geschieden zoals is aangegeven op figuur I - 9. Dat wil zeggen dat da na 5 maanden te verwachten maximale ontgrondingsdiepte ook gelijk zal zijn namelijk  $0,32 h_o$

Mogelijke lozingsprocedures daarna:

3.2 lozen in gedeelten van de beschikbare tijd op volle capaciteit:

$$t_{\frac{1}{2}} = 2,5 \text{ jaar}$$

3.3 lozen met geknepen schuiven:

$$t_{\frac{1}{2}} = 3,85 \text{ jaar.}$$

Bij de bepaling van  $t_{\frac{1}{2}}$  is gerekend met:

$h_o$	= gemiddeld zeeniveau boven het stortebed =	12,5 m
$h_b$	= waterdiepte Zeeuwse Meer	= 12,5 m
$\bar{u}_{kr}$	=	0,4 m/s
$\alpha T_{11}$	=	4,04

De capaciteit van de sluis in de tijd is met de in figuur I - 9 gestippelde trapjeslijn geschematiseerd.

Uit de resultaten blijkt dat het voor de ontgroningen veel gunstiger is om met geknepen schuiven te lozen dan om onderbroken de volle capaciteit te benutten. Bij het zoute Zeeuwse Meer scheelt dit zelfs een faktor 7 in de ontgroningstijdschaal.

Het verschil in ontgroningstijdschaal voor het lozen met geknepen schuiven bij zout en zoet Zeeuws Meer wordt veroorzaakt door het extra te overwinnen hoogteverschil tengevolge van het dichtheidsverschil over de sluis. Hierdoor kan per getij bij de zoete Oosterschelde korter geloosd worden dan bij de zoute Oosterschelde. Om toch hetzelfde gemiddelde debiet per getij te realiseren zullen de schuiven dus minder geknepen moeten worden, hetgeen snellere ontgroningen tot gevolg heeft.

De achter de sluis te verwachten ontgroningen kunnen afgeleid worden uit

figuur I - 6. Hierin staat  $h_{\max}/h_0$  tegen  $t/t_{\frac{1}{2}}$  uitgezet. Door de juiste  $t_{\frac{1}{2}}$  en  $h_0$  te nemen kan voor de zoute Oosterschelde  $h_{\max}$  in prototypemaat op een bepaald tijdstip na ingebruikname van de sluis gevonden worden.

Voor de zoete Oosterschelde staat de verwachte ontgronding na 5 maanden (op 1 januari 1979, zie figuur I - 10) in figuur I - 6 aangegeven met een kruis. De daarna optredende ontgrondingen kunnen gevonden worden door de na deze 5 maanden verlopen tijd te delen door de juiste  $t_{\frac{1}{2}}$  en vanaf het kruis verder te tellen. Ter verduidelijking het volgende voorbeeld:

Gevraagd de maximale ontgrondingsdiepte bij zoete Oosterschelde met zout-scherm 10 jaar na gereedkomen van dit scherm, wanneer steeds met geknepen schuiven geloozd wordt.

$$\left. \begin{array}{l} t/t_{\frac{1}{2}} = 10/3,85 = 2,6 \\ t/t_{\frac{1}{2}} \text{ kruis} = 0,44 \end{array} \right\} t/t_{\frac{1}{2}} \text{ totaal} = 3,04$$

Hierbij wordt  $h_{\max}/h_0 = 0,86$  gevonden, zodat de maximale ontgrondingsdiepte na 10 jaar 10,75 m zal bedragen.

Indien na ontzilting gemiddeld over het getij slechts  $160 \text{ m}^3/\text{s}$  geloozd gaat worden met geknepen schuiven, zal er van verdergaande ontgronding nauwelijks sprake zijn ( $t_{\frac{1}{2}}$  orde 500 jaar). Als niet met geknepen schuiven wordt gewerkt, zal de ontgrondingstijdschaal twee keer zo groot zijn als bij een gemiddeld debiet van  $325 \text{ m}^3/\text{s}$ . Het ontgrondingsbeeld is te vinden op figuur I - 12.

## 7.2 Ontgrondingen bij inlaten

Het bij inlaten gewenste gemiddeld debiet is onbekend. De capaciteit van de sluis is  $460 \text{ m}^3/\text{s}$  gemiddeld over het getij. Zou dit debiet inderdaad ingelaten worden dan is  $t_{\frac{1}{2}}$  ca. 33 dagen.

Door het knijpen van de schuiven kan het debiet verkleind worden. In figuur I - 11 is de te verwachten  $t_{\frac{1}{2}}$  uitgezet tegen het debiet gemiddeld over het getij. Hierbij is ervan uitgegaan dat deze debieten gerealiseerd worden door het knijpen van de schuiven gedurende de gehele vloed.

Wordt in de toekomst een bepaald gemiddeld debiet gekozen, dan kan de bijbehorende  $t_{\frac{1}{2}}$  uit figuur I - 11 gehaald worden, waarna de te verwachten ontgrondingen uit figuur I - 7 en 13 te vinden zijn.

Er wordt met nadruk opgewezen, dat slechts enige dagen per maand inlaten met gebruikmaking van de volledige sluiskapaciteit voor de ontgrondingen zeer ongunstig is. Als voorbeeld kan het volgende dienen:

Gewenst debiet:  $160 \text{ m}^3/\text{s}$  gemiddeld over het getij.

Mogelijkheid 1: lozen gedurende 10 dagen per maand op volle capaciteit.

$t_{\frac{1}{2}}$  is dan  $2,9 \cdot 0,09 = 0,26$  jaar.

Mogelijkheid 2: lozen met geknepen schuiven:  $t_{\frac{1}{2}} = 30$  jaar.



## 8 Konklusies en aanbevelingen

Uit het modelonderzoek komen de volgende konklusies en aanbevelingen voor de spuisluis Noordland:

1. Bij een sluis volgens het ontwerp K6 met een stortebed aan de zeezijde van 1,82 m lengte zullen bij een lozingsdebiet van  $325 \text{ m}^3/\text{s}$  gemiddeld over het getij, acceptabele ontgrondingen optreden. Deze ontgrondingen kunnen op de in hoofdstuk 7.1 beschreven wijze geschat worden.
2. Bij een gemiddeld debiet van  $160 \text{ m}^3/\text{s}$ , regelmatig geloosd met geknepen schuiven behoeft na de eerste ontziltingsperiode van 5 maanden niet met verdergaande ontgrondingen rekening gehouden te worden.
3. Aanbevolen wordt om tot een debietreduktie te komen door knijpen van alle zes schuiven. Een reductie van het gemiddeld debiet door slechts een gedeelte van de beschikbare tijd te lozen is voor de ontgrondingen ongunstig, evenals het lozen met een klein aantal kokers.
4. Het tijdelijk dichthouden van een koker (in geval van reparatie of iets dergelijks) is niet erg bezwaarlijk voor de ontgrondingen. De andere schuiven moeten ook dan in gelijke mate geknepen zijn. Trapsgewijs knijpen van de schuiven geeft een aksentuering van het effect van de gesloten koker en is daardoor ongunstig voor de ontgrondingen.
5. Wordt toch door één koker geloosd dan is het maximaal toelaatbare debiet per koker  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  gemiddeld over het getij.
6. Aanbevolen wordt het laatste deel van de bodembescherming flexibel uit te voeren, zodat deze bij ondergraving van de beëindiging meezakt.
7. Indien de stroomsluis voor in- en uitlaten gebruikt gaat worden moet extra aandacht besteed worden aan de beëindiging van de bodemverdediging. Een kleine ondergraving van de verdediging bij bijvoorbeeld lozen kan een groot gat worden wanneer daarna wordt ingelaten.

8. De ontgrondingen aan de Zeeuwse Meerzijde bij inlaten hangen natuurlijk sterk af van het inlaatdebiet. Als dit debiet gerealiseerd wordt door met geknepen schuiven regelmatig in te laten, zullen de ontgrondingen acceptabel zijn. Enige aantasting van het talud van de aanvoergeul zal kunnen optreden, doch wat dit betreft is het ontwerp K6, door zijn beperkte breedte juist gunstig, ten opzichte van de eerdere ontwerpen. De lengte van het stortebed van 115 m is voldoende.
9. Zowel ten behoeve van de aanstroming bij lozen als ten behoeve van de ontgrondingen bij inlaten wordt aanbevolen de damwanden aan de Zeeuwse Meerzijde bij de beëindiging van het stortebed een knik van ca.  $45^{\circ}$  te geven (zie figuur I - 4).
10. Een bovenlaag van de stortebedden bestaande uit stenen van de categorie 80 - 300 kg is stabiel tot en met een verval over de (geheel geopende) sluis van 6,5 m bij een beneden waterstand van NAP  $\div$  1,44 m.

TABEL I

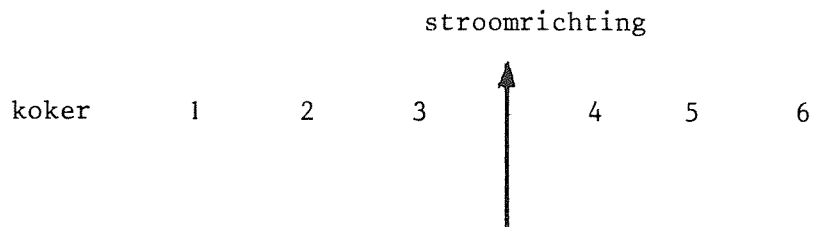
## Overzicht ontgrondingsproeven

Proef	Verdediging	Situatie sluis	Q(l/s)	$h_1$ (cm)	$h_0$ (cm)	$\Delta H$ (cm)	$\mu$	$\tau_{\frac{1}{2}}$ (uren)	$\alpha$	cotg $\beta$	rand onder- graven
Sluis (M)											
T1	Vlakke bodem (L = 107 m) + matige ruwheid vertikale beëindiging	6 kokers 100% open	102	30,4	28,6	1,8	1,29	33,0	2,71	3,5	
			152	33,7	29,9	3,8	1,30	2,6	3,01	3,5	x
			203	36,9	30,4	6,5	1,33	0,5	3,18	3,2	x
T1R	T1 + tetraëders op taluds aan weerskanten stortebed	idem	152								
T2	T1 + 3 rijen tetraëders op eind stortebed	idem	152	33,5	29,6	3,9	1,30	3,2	2,86	3,2	x
T3	T2 + schuine beëindiging talud 1 : 2	idem	152	33,3	29,6	3,7	1,32	3,4	2,83	3,2	
T4	T3 + 4 rijen tetraëders extra aan de zijkanen	idem	152	33,3	29,6	3,7	1,32	3,6	2,80	2,0	
T5	T3 + verticale dam- wanden	idem	102	27,5	26,0	1,5	1,37	25,0	2,52	3,1	
			152	33,5	29,7	3,8	1,30	5,4	2,61	3,5	
T5A	T5	6 kokers 50% geknepen	102	32,3	25,8	6,5	1,34	8,6		3,0	
T6	T1 + 50 m	6 kokers 100% open	122	31,7	29,2	2,5	1,29	8,6	3,19	3,5	
			152	33,3	29,6	3,7	1,30	3,0	3,45	3,5	
			203	36,8	30,7	6,1	1,37	1,0	3,34	3,6	x
T7	T1 + 75 m	idem	122	31,5	29,0	2,5	1,29	14,0	3,60	3,3	
			152	33,7	29,9	3,8	1,31	4,3	3,72	3,5	
T7A	T7	6 kokers 20% geknepen	152	39,8	29,7	10,1	1,00	6,6		3,8	
T7B	T7	2 kokers (rechts) open rest dicht	51	31,3	27,3	4,0		1,6		3,0	
T7C	T7	1 koker (midden) open rest dicht	26	30,0	25,9	4,1		1,8		3,0	
T7D	T7	kokers trapsgewijs open 100-100-50-0-50-100%	102	34,6	29,0	5,6		0,9		3,0	
			122	37,1	29,4	7,7		0,5		3,0	
T7E	T7	6 kokers 35% geknepen	122	41,5	29,3	12,2		21,0		3,6	
T7F	T7	5 kokers open 1 dicht (midden)	102	31,2	28,9	2,3		26,0		4,0	
T7G	T7	5 kokers open 1 dicht (rechts)	102	31,1	28,7	2,4		14,4		3,5	
Sluis (M)											
T8	variant Spaargaren verdediging als T1	6 kokers 100% open	122	31,9	29,5	2,4	1,31	11,5	2,82	3,4	x
			152	33,7	30,0	3,7	1,32	3,1	2,93	2,6	x
			203	37,5	30,8	6,7	1,31	0,75	2,99	2,4	x
T8A	T8 met andere uit- stroming	idem	152	33,5	29,8	3,7	1,32	3,1	2,91	3,4	x
T8B	T8 met andere in- stroming	idem	152	33,8	29,9	3,9	1,30	3,1	2,91	3,3	x
T9	Sluis (M) als inlaat- sluis L = 115 m	idem	120	33,7	32,0	1,7	1,54	22,0	2,87	3,0	x
			150	35,4	32,7	2,7	1,53	4,3	3,15	2,8	x
T10	Sluis (K6) als inlaat- sluis L = 115 m	idem	100	32,1	30,0	2,1	1,56	8,8	3,06	3,0	x
			150	35,1	30,9	4,2	1,64	0,8	3,33	3,0	x
T11	Sluis (K6) verdediging als T7	idem	120	31,8	28,1	3,7	1,4	7,0	3,96	4,0	
			150	34,7	28,9	5,8	1,4	2,1	4,11	4,0	
T12	T11 + lange geleider	idem	120	32,2	28,3	3,9	1,37	9,0	3,83	4,0	

TABEL II

Stabiliteit stortebed (stortsteen categorie 80 - 300 kg)

Sluis ontwerp M



Proef	Situatie sluizen	Q(m <sup>3</sup> /s)	Ws boven (m) t.o.v. NAP	Ws beneden (m) t.o.v. NAP	ΔH	Opmerkingen
1	6 kokers 100% open	2424	NAP + 3,52	NAP	3,52	geen enkele beweging
2	koker 1 100% open rest dicht	707	NAP + 5,08	NAP - 1,44	6,52	plaatselijk geen enkele beweging van steen
3	koker 3 100% open rest dicht	707	NAP + 5,08	NAP - 1,44	6,52	idem
4	koker 5 100% open rest dicht	707	NAP + 5,08	NAP - 1,44	6,52	idem na ½ uur stro- men géén schade
5	koker 4 dicht, rest 100% open	2020	NAP + 3,47	NAP - 0,17	3,64	geen enkele beweging
6	koker 1 en 2 100% open, rest dicht	1212	NAP + 4,46	NAP - 1,14	5,60	idem

TABEL III Afvoercoëfficiënt van sluis M in verschillende situaties

	Bijzonderheden proef	Q m <sup>3</sup> /sek	pn1 m t.o.v. NAP	WAYO 1 m t.o.v. NAP	WAYO 2 m t.o.v. NAP	FAAI 3 m t.o.v. NAP	RAAI 4 m t.o.v. NAP	WAYO 5 m t.o.v. NAP	WAYO 6 m t.o.v. NAP	pn0 m t.o.v. NAP	$\mu$
1	6 kokers 100% open	1214	+ 0,24	niet gemeten	niet gemeten	1. + 0,16 2. + 0,18 3. + 0,18 5.	1. - 0,74 2. - 0,74 3. - 0,76 5.	niet gemeten	niet gemeten	- 0,72	1,28
2	6 kokers 100% open	931	- 0,40	- 0,40	- 0,41	1. 2. niet gemeten 3. 5.	1. 2. niet gemeten 3. 5.	- 0,96	- 0,98	- 1,00	$\Delta H = pn1 - pn0$ 1,26
3	6 kokers 100% open	1032	- 0,25	- 0,24	- 0,26	1. 2. niet gemeten 3. 5.	1. 2. niet gemeten 3. 5.	- 0,90	- 0,90	- 0,93	$\Delta H = pn1 - pn0$ 1,31
4	6 kokers 100% open	1133	+ 0,03	+ 0,04	+ 0,03	1. 2. niet gemeten 3. 5.	1. 2. niet gemeten 3. 5.	- 0,78	- 0,79	- 0,82	$\Delta H = pn1 - pn0$ 1,28
5	6 kokers 100% open	1012	- 0,22	- 0,24	- 0,25	1. - 0,30 2. - 0,28 3. - 0,27 5.	1. - 0,96 2. - 0,95 3. - 0,95 5. - 0,94	- 0,93	- 0,95	- 0,91	1,24
6	6 kokers 100% open	2024	+ 0,43	+ 0,42	+ 0,38	1. + 0,22 2. + 0,26 3. + 0,27 5. + 0,26	1. - 2,15 2. - 2,15 3. - 2,15 5. - 2,17	- 2,13	- 2,13	- 2,09	1,31
7	6 kokers 100% open zeeniveau beneden dak kokers	1751	- 1,86	- 1,89	- 1,90	1. - 2,15 2. - 2,14 3. - 2,12 5. - 2,07	1. - 3,46 2. - 3,47 3. - 3,49 5. - 3,50	- 3,39	- 3,44	- 3,43	1,44

	Bijzonderheden proef	Q <sub>3</sub> m <sup>3</sup> /sek	pn1 m t.o.v. NAP	WAVO 1 m t.o.v. NAP	WAVO 2 m t.o.v. NAP	RAAI 3 m t.o.v. NAP	RAAI 4 m t.o.v. NAP	WAVO 5 m t.o.v. NAP	WAVO 6 m t.o.v. NAP	pn0 m t.o.v. NAP	
8	6 kokers 100% open zeeniveau beneden dak kokers	2044	- 1,20	- 1,22	- 1,24	1. - 1,50 2. - 1,48 3. - 1,48 5. - 1,44	1. - 3,30 2. - 3,31 3. - 3,33 5. - 3,32	- 3,31	niet gemeten	- 3,25	1,49
9	6 kokers 100% open zeeniveau beneden dak kokers	2176	- 0,94	- 0,96	- 0,99	1. - 1,26 2. - 1,27 3. - 1,23 5. - 1,21	1. - 3,19 2. - 3,27 3. - 3,21 5. - 3,28	- 3,21	niet gemeten	- 3,15	1,50
10	6 kokers 65% open	587	- 0,20	- 0,20	- 0,21	1. - 0,23 2. - 0,22 3. - 0,21 5. - 0,21	1. - 1,39 2. - 1,39 3. - 1,35 5. - 1,38	- 1,37	- 1,38	- 1,36	0,57
11	6 kokers 65% open	708	+ 0,39	+ 0,38	+ 0,37	1. + 0,37 2. + 0,39 3. + 0,41 5. + 0,37	1. - 1,26 2. - 1,27 3. - 1,23 5. - 1,27	- 1,25	- 1,26	- 1,23	0,58
12	6 kokers 65% open zeeniveau beneden dak kokers	1042	- 0,84	- 0,83	- 0,85	1. - 0,93 2. - 0,91 3. - 0,94 5. - 0,88	1. - 3,89 2. - 3,98 3. - 3,97 5. - 4,04	- 3,85	- 4,02	- 4,01	0,61
13	6 kokers 65% open zeeniveau beneden dak kokers	1143	- 0,05	- 0,09	- 0,08	1. - 0,14 2. - 0,16 3. - 0,15 5. - 0,11	1. - 3,82 2. - 3,86 3. - 3,84 5. - 3,92	- 3,77	- 3,90	- 3,91	0,61
14	6 kokers 65% open zeeniveau beneden dak kokers	1214	+ 0,41	+ 0,39	+ 0,40	1. + 0,38 2. + 0,36 3. + 0,36 5. + 0,37	1. - 3,70 2. - 3,78 3. - 3,79 5. - 3,84	- 3,69	- 3,82	- 3,84	0,62

	Bi.jzonder- heden proef	Q <sub>3</sub> m <sup>3</sup> /sek	pn1 m t.o.v. NAP	WAVO 1 m t.o.v. NAP	WAVO 2 m t.o.v. NAP	RAAI 3 m t.o.v. NAP	RAAI 4 m t.o.v. NAP	WAVO 5 m t.o.v. NAP	WAVO 6 m t.o.v. NAP	pnO m t.o.v. NAP	u
15	6 kokers 35% open	253	- 1,23	- 1,23	- 1,23	1. - 1,24 2. - 1,24 3. - 1,24 5. - 1,23	1. - 2,03 2. - 2,09 3. - 2,08 5. - 2,04	- 2,04	- 2,04	- 2,04	0,29
16	6 kokers 35% open	304	- 0,77	- 0,75	- 0,76	1. - 0,73 2. - 0,75 3. - 0,74 5. - 0,74	1. - 1,93 2. - 1,97 3. - 1,98 5. - 1,94	- 1,94	- 1,95	- 1,94	0,29
17	6 kokers 35% open	354	- 0,21	- 0,21	- 0,21	1. - 0,21 2. - 0,20 3. - 0,22 5. - 0,21	1. - 1,83 2. - 1,88 3. - 1,88 5. - 1,85	- 1,84	- 1,85	- 1,85	0,29
18	6 kokers 35% open zeeniveau beneden dak kokers	405	- 1,95	- 1,94	- 1,94	1. - 1,96 2. - 1,97 3. - 1,98 5. - 1,94	1. - 4,22 2. - 4,18 3. - 4,22 5. - 4,19	- 4,20	- 4,20	- 4,18	0,28
19	6 kokers 35% open zeeniveau beneden dak kokers	455	- 1,57	- 1,57	- 1,57	1. - 1,57 2. - 1,56 3. - 1,58 5. - 1,56	1. - 4,14 2. - 4,14 3. - 4,15 5. - 4,14	- 4,15	- 4,15	- 4,14	0,30
20	6 kokers 35% open zeeniveau beneden dak kokers	506	- 0,80	- 0,80	- 0,81	1. - 0,80 2. - 0,80 3. - 0,81 5. - 0,80	1. - 4,06 2. - 4,06 3. - 4,04 5. - 4,06	- 4,07	- 4,07	- 4,05	0,29
21	koker 1 100% open	304	+ 1,35	niet gemeten	niet gemeten	1. + 1,29 2. + 1,32 3. + 1,36 5. niet gem.	1. - 0,83 2. - 0,81 3. - 0,82 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 0,84	1,29

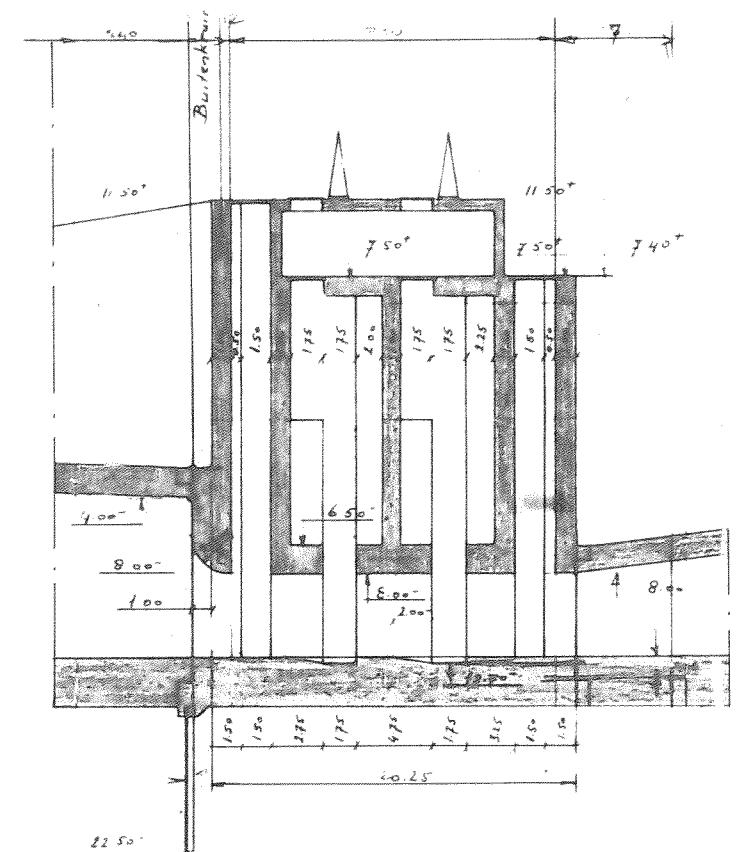
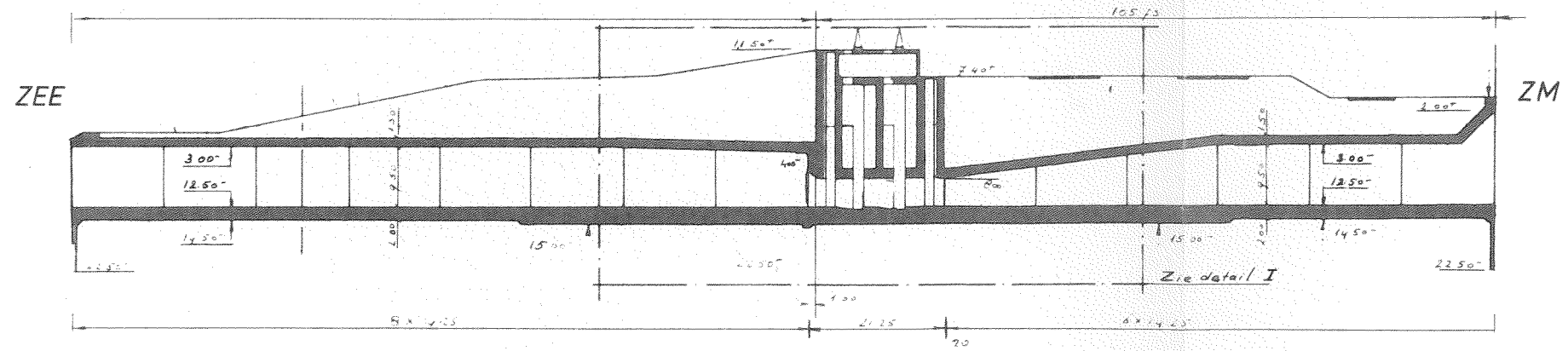
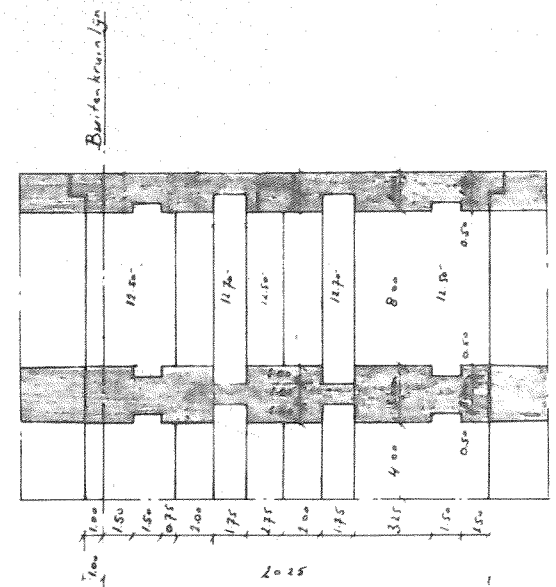
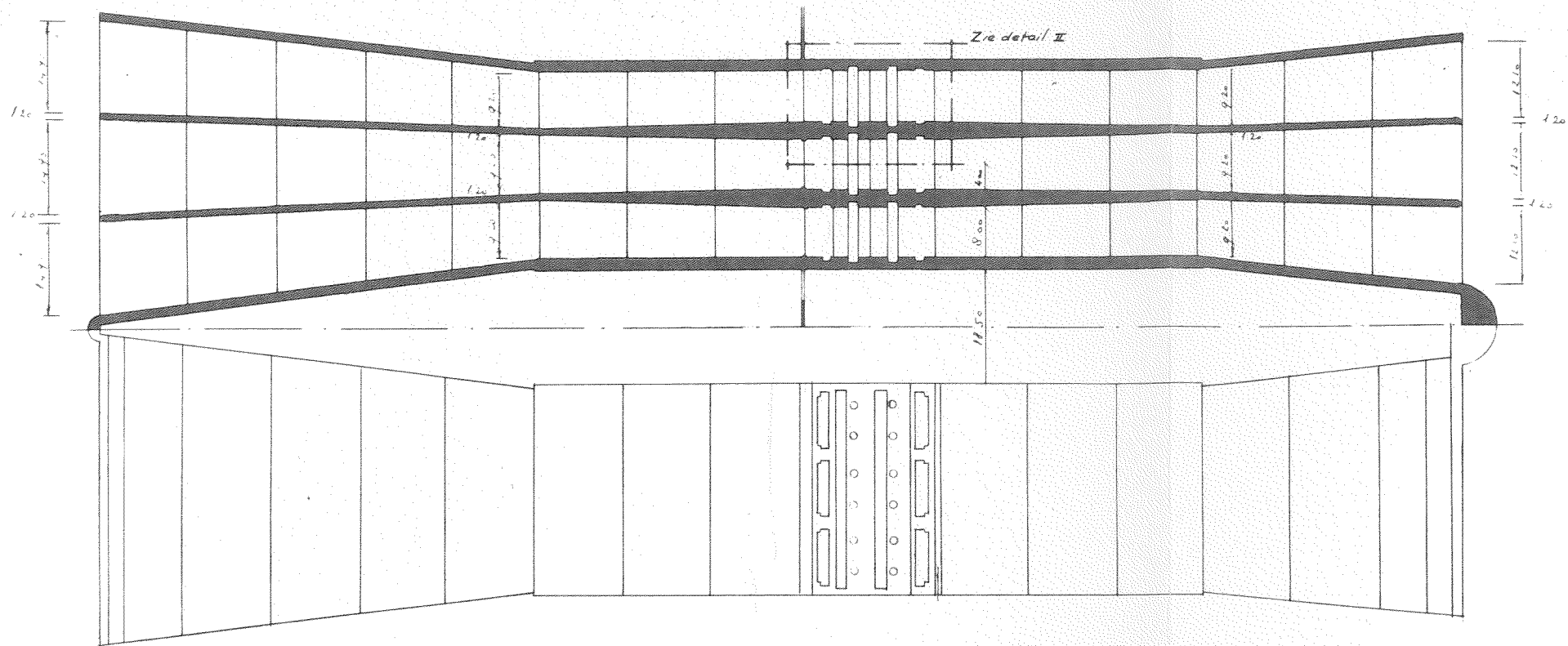
	Bijzonderheden proef	Q m <sup>3</sup> /sek	p <sub>n1</sub> m t.o.v. NAP	WAVO 1 m t.o.v. NAP	WAVO 2 m t.o.v. NAP	RAAI 3 m t.o.v. NAP	RAAI 4 m t.o.v. NAP	WAVO 5 m t.o.v. NAP	WAVO 6 m t.o.v. NAP	p <sub>n0</sub> m t.o.v. NAP	
22	koker 2 100% open	304	+ 1,35	niet gemeten	niet gemeten	1. + 1,34 2. + 1,30 3. + 1,36 5. niet gem.	1. - 0,84 2. - 0,86 3. - 0,81 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 0,84	1,28
23	koker 3 100% open	304	+ 1,36	niet gemeten	niet gemeten	1. + 1,35 2. + 1,34 3. + 1,32 5. niet gem.	1. - 0,82 2. - 0,82 3. - 0,85 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 0,84	1,28
24	koker 1 100% open	304	+ 0,28	+ 0,29	+ 0,27	1. + 0,18 2. + 0,26 3. + 0,29 5. + 0,28	1. - 1,85 2. - 1,41 3. - 1,85 5. - 1,83		- 1,82	- 1,82	1,30
25	koker 2 100% open	304	+ 0,26	+ 0,25	+ 0,24	1. + 0,26 2. + 0,18 3. + 0,25 5. + 0,25	1. - 1,86 2. - 1,86 3. - 1,82 5. - 1,83		- 1,82	- 1,82	1,31
26	koker 3 100% open	304	+ 0,31	+ 0,31	+ 0,29	1. + 0,30 2. + 0,28 3. + 0,21 5. + 0,30	1. - 1,82 2. - 1,82 3. - 1,85 5. - 1,83		- 1,82	- 1,81	1,30
27	koker 1 100% open schotten bij in- en uit- stroming	253	- 0,31	- 0,31	- 0,32	1. - 0,47 2. - 0,34 3. - 0,31 5. - 0,31	1. - 1,95 2. - 1,88 3. - 1,87 5. - 1,89		- 1,88	- 1,87	1,24
28	koker 2 100% open schotten bij in- en uit- stroming	253	- 0,25	- 0,26	- 0,27	1. - 0,27 2. - 0,46 3. - 0,25 5. - 0,26	1. - 1,90 2. - 1,91 3. - 1,88 5. - 1,90		- 1,89	- 1,88	1,24



Bijzonderheden proef	Q <sub>v</sub> m <sup>3</sup> /sek	pn I m t.o.v. NAP	WAVO 1 m t.o.v. NAP	WAVO 2 m t.o.v. NAP	FAAI 3 m t.o.v. NAP	FAAI 4 m t.o.v. NAP	WAVO 5 m t.o.v. NAP	WAVO 6 m t.o.v. NAP	pnO m t.o.v. NAP	
29 koker 3 100% open schot aan één kant bij in- en uit- stroming	253	- 0,34	- 0,34	- 0,35	1. - 0,35 2. - 0,34 3. - 0,43 5. - 0,34	1. - 1,90 2. - 1,90 3. - 1,90 5. - 1,90	- 1,89	- 1,89	- 1,88	1,24
30 koker 1 80% open	202	+ 0,38	+ 0,37	+ 0,37	1. + 0,31 2. + 0,35 3. + 0,38 5. + 0,37	1. - 2,01 2. - 2,00 3. - 2,01 5. - 2,00	- 2,00	- 1,99	- 2,00	0,82
31 koker 2 80% open	202	+ 0,30	+ 0,30	+ 0,29	1. + 0,30 2. + 0,24 3. + 0,29 5. + 0,29	1. - 2,01 2. - 1,98 3. - 1,99 5. - 1,99	- 1,99	- 1,98	- 1,99	0,84
32 koker 3 80% open	202	+ 0,28	+ 0,28	+ 0,27	1. + 0,27 2. + 0,28 3. + 0,25 5. + 0,28	1. - 2,01 2. - 2,01 3. - 2,01 5. - 2,01	- 2,00	- 2,00	- 2,01	0,84
33 koker 1 65% open	202	+ 2,01	niet gemeten	niet gemeten	1. + 1,98 2. + 1,99 3. + 2,01 5. niet gem.	1. - 2,02 2. - 2,02 3. - 2,05 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 2,03	0,63
34 koker 2 65% open	202	+ 1,76	niet gemeten	niet gemeten	1. + 1,76 2. + 1,74 3. + 1,77 5. niet gem.	1. - 2,02 2. - 2,02 3. - 2,02 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 2,02	0,65
35 koker 3 65% open	202	+ 1,74	niet gemeten	niet gemeten	1. + 1,74 2. + 1,74 3. + 1,74 5. niet gem.	1. - 2,02 2. - 2,02 3. - 2,05 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 2,03	0,65

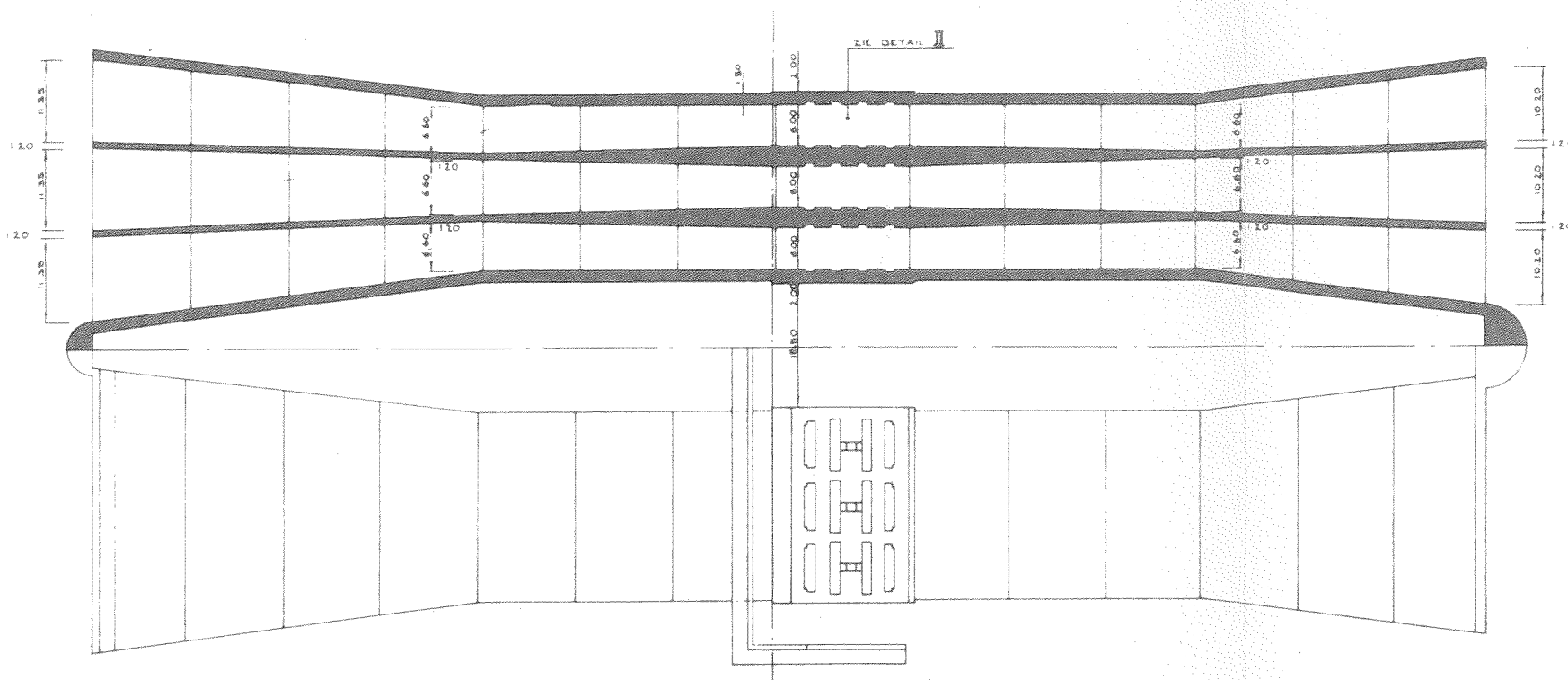
16

	Bijzonderheden profef	Q <sub>3</sub> m <sup>3</sup> /sek	pn1 m t.o.v. MAP	MAVO 1 m t.o.v. MAP	MAVO 2 m t.o.v. MAP	RAAI 3 m t.o.v. MAP	RAAI 4 m t.o.v. MAP	MAVO 5 m t.o.v. MAP	MAVO 6 m t.o.v. MAP	pnO m t.o.v. MAP	
36	koker 1 50% open	168	+ 2,90	niet gemeten	niet gemeten	1. + 2,89 2. + 2,89 3. + 2,90 5. niet gem.	1. - 2,10 2. - 2,09 3. - 2,10 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 2,10	0,47
37	koker 2 50% open	168	+ 2,90	niet gemeten	niet gemeten	1. + 2,90 2. + 2,90 3. + 2,92 5. niet gem.	1. - 2,10 2. - 2,09 3. - 2,09 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 2,10	0,47
38	koker 3 50% open	168	+ 3,07	niet gemeten	niet gemeten	1. + 3,07 2. + 3,08 3. + 3,10 5. niet gem.	1. - 2,08 2. - 2,09 3. - 2,12 5. niet gem.	niet gemeten	niet gemeten	- 2,11	0,46

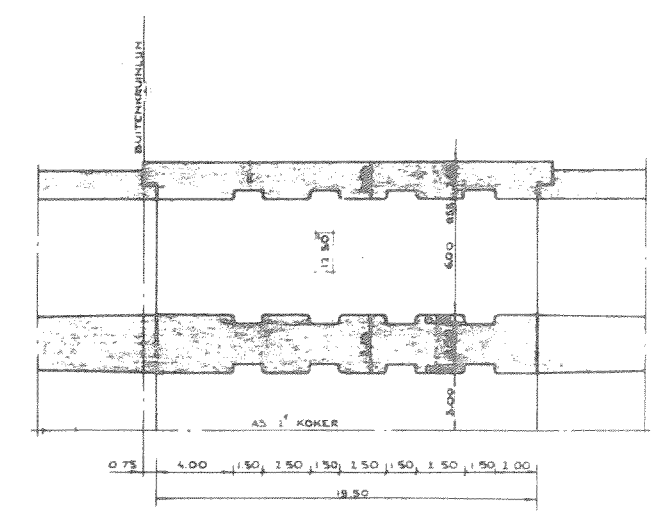


SPUI- c.q. INLAATSLUIS, ONTWERP K-8	RWS. tek. OS.423A	JB
		A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 1201-1005	FIG. I-1

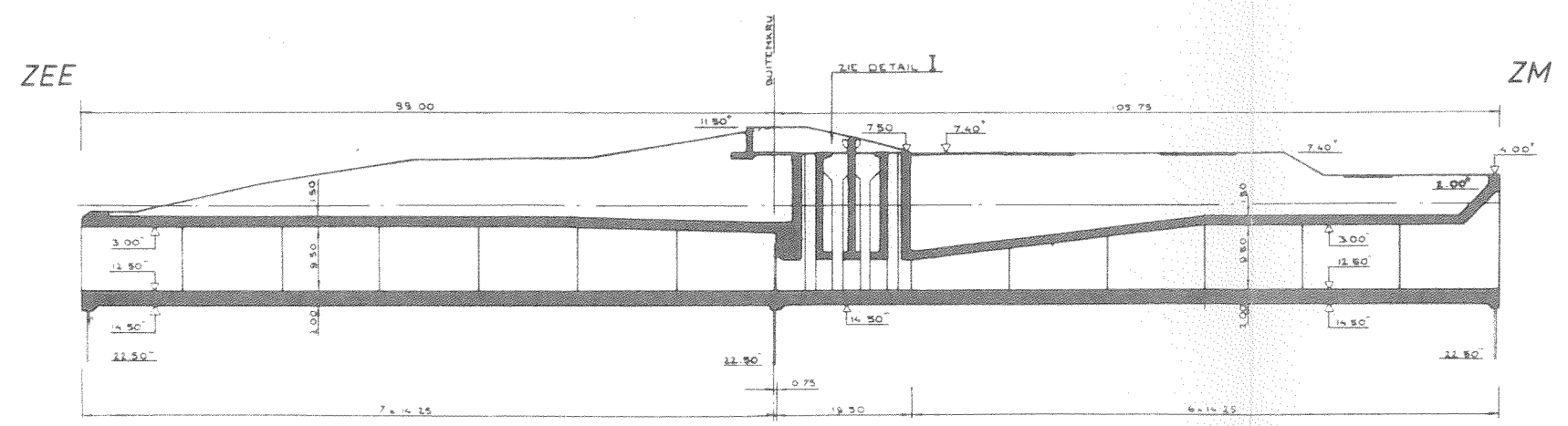




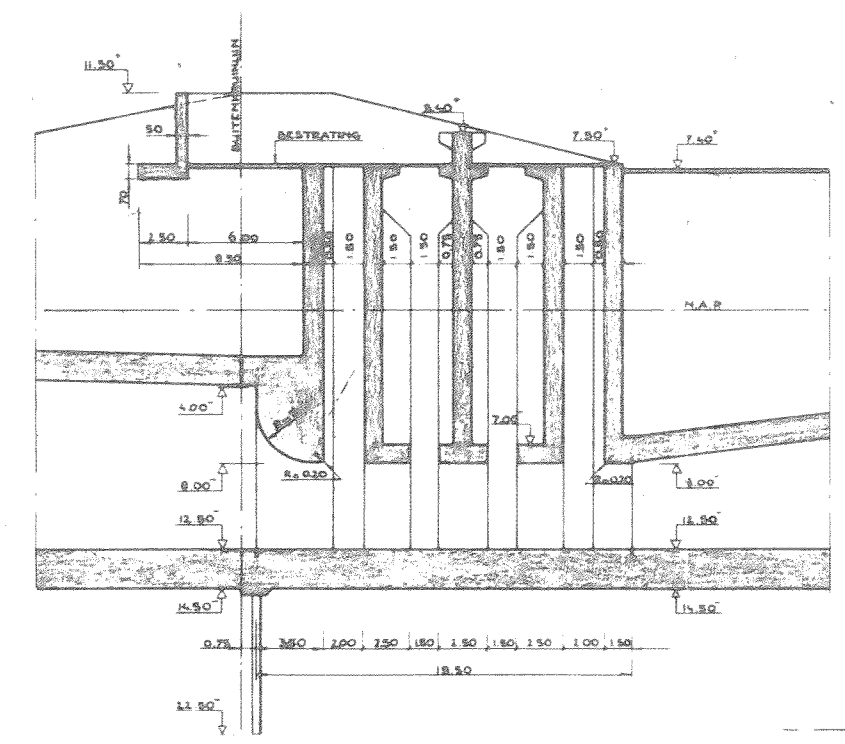
HOR. DRSN. EN BOVENAANZICHT



DETAIL II

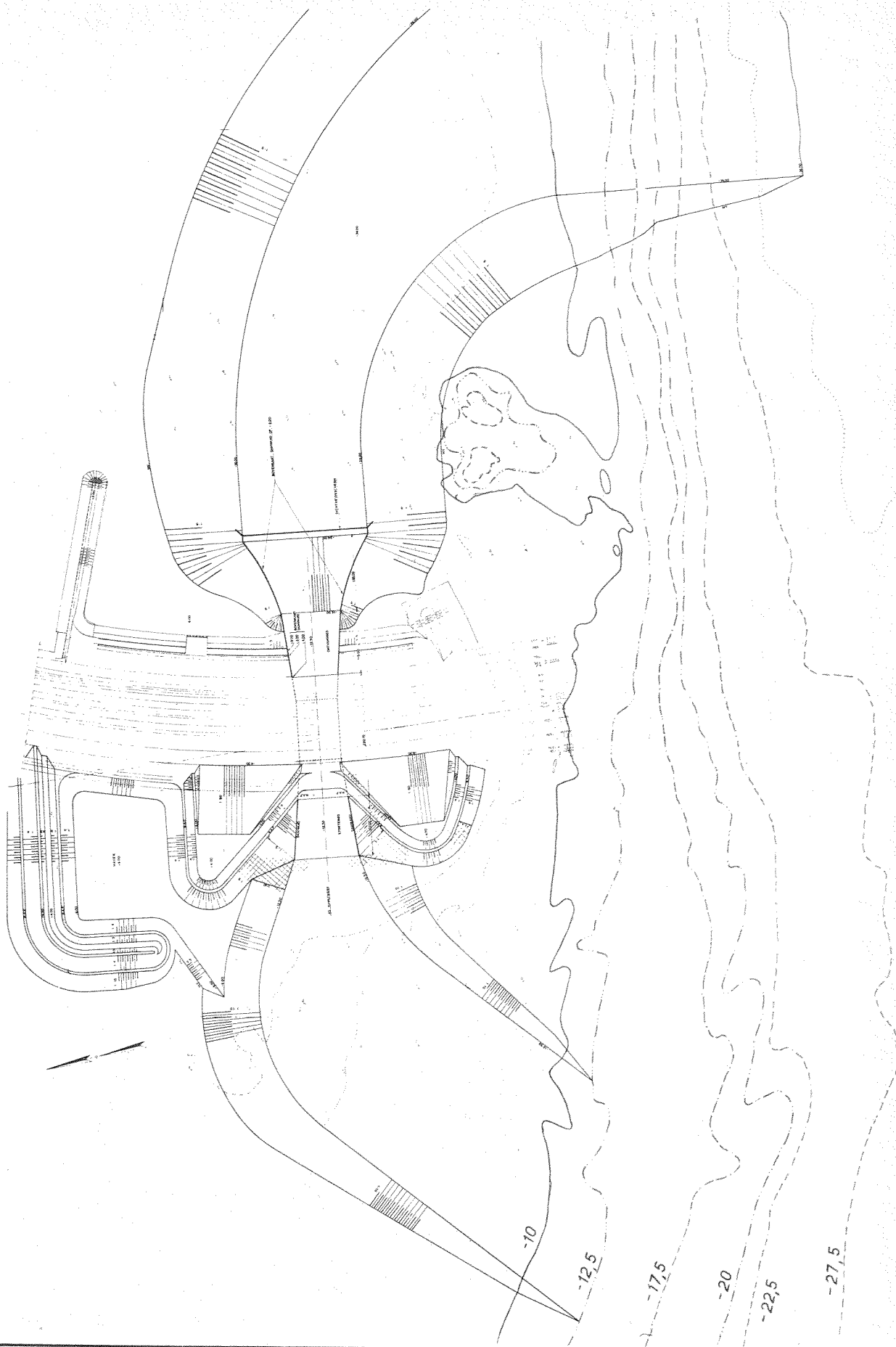


VERT. DRSN.



DETAIL I

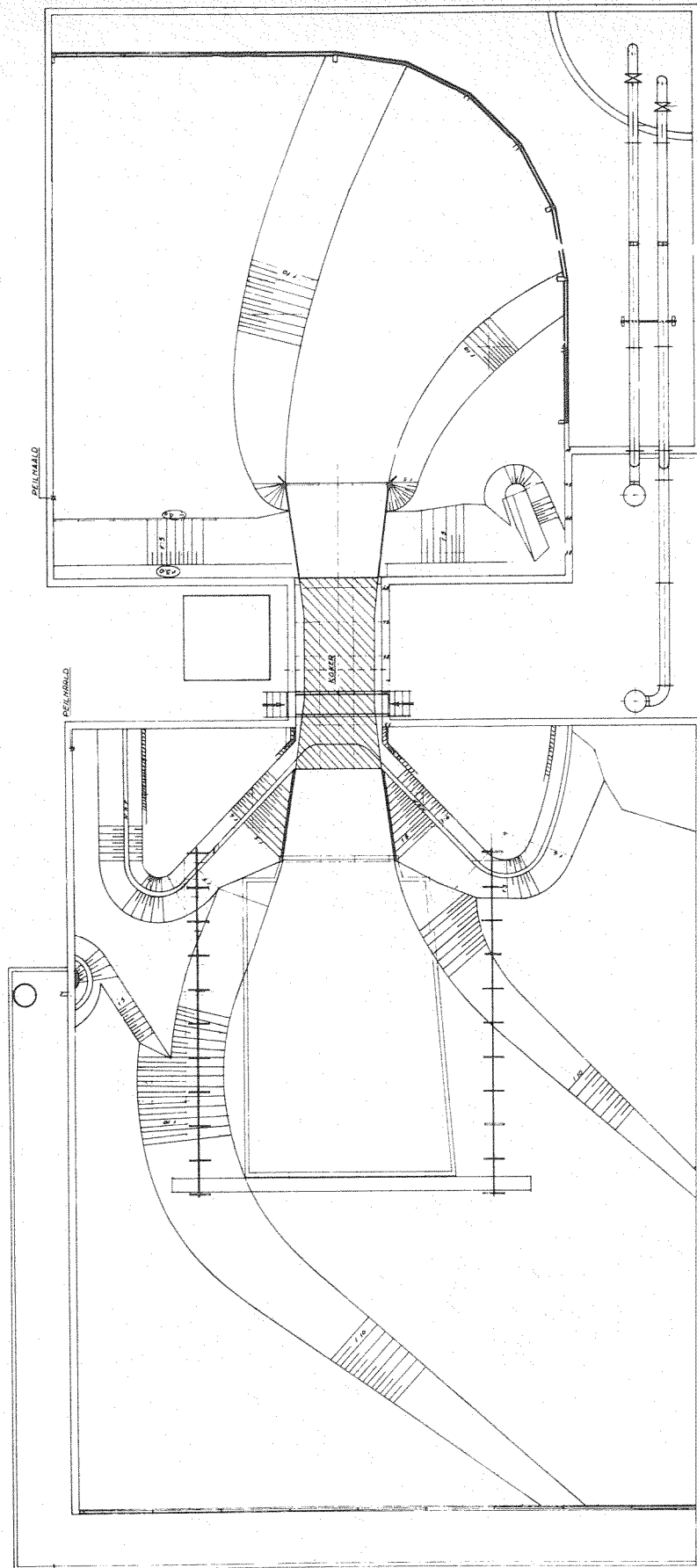
SPUI- c.q. INLAATSLUIS, ONTWERP K-6	RWS. tek. OS. 428A	JB
		A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1201-1006	FIG.I-3



UITWATERINGSSLUIS OOSTERSCHELDEDAM SITUATIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1201- 1033 FIG. I - 4



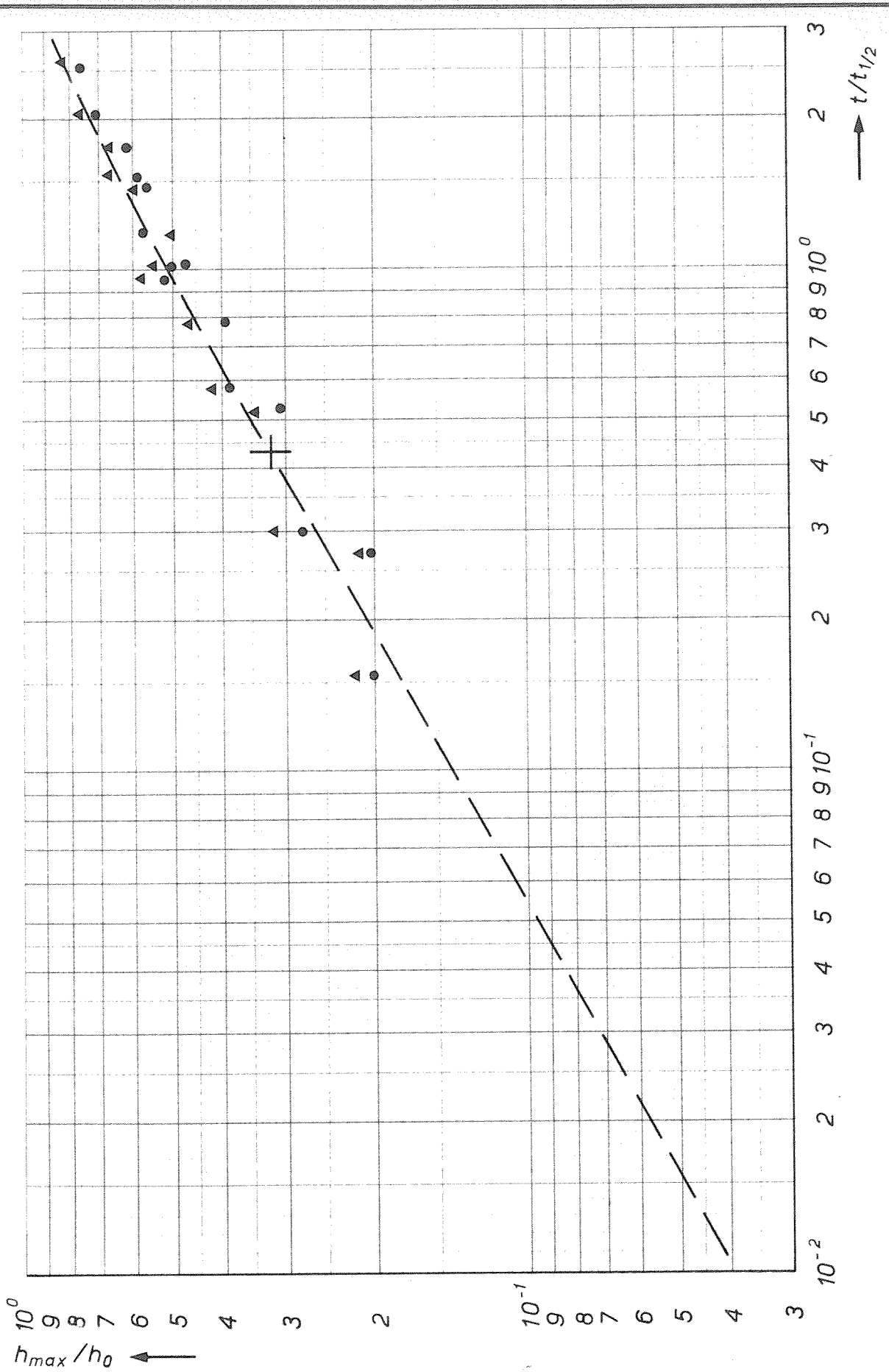
OVERZICHT MODEL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

A 4

M. 1201-1003

FIG. I-5



TJD-ONTGRONDINGSLUN LOZEN  
DEFINITIEF ONTWERP K 6

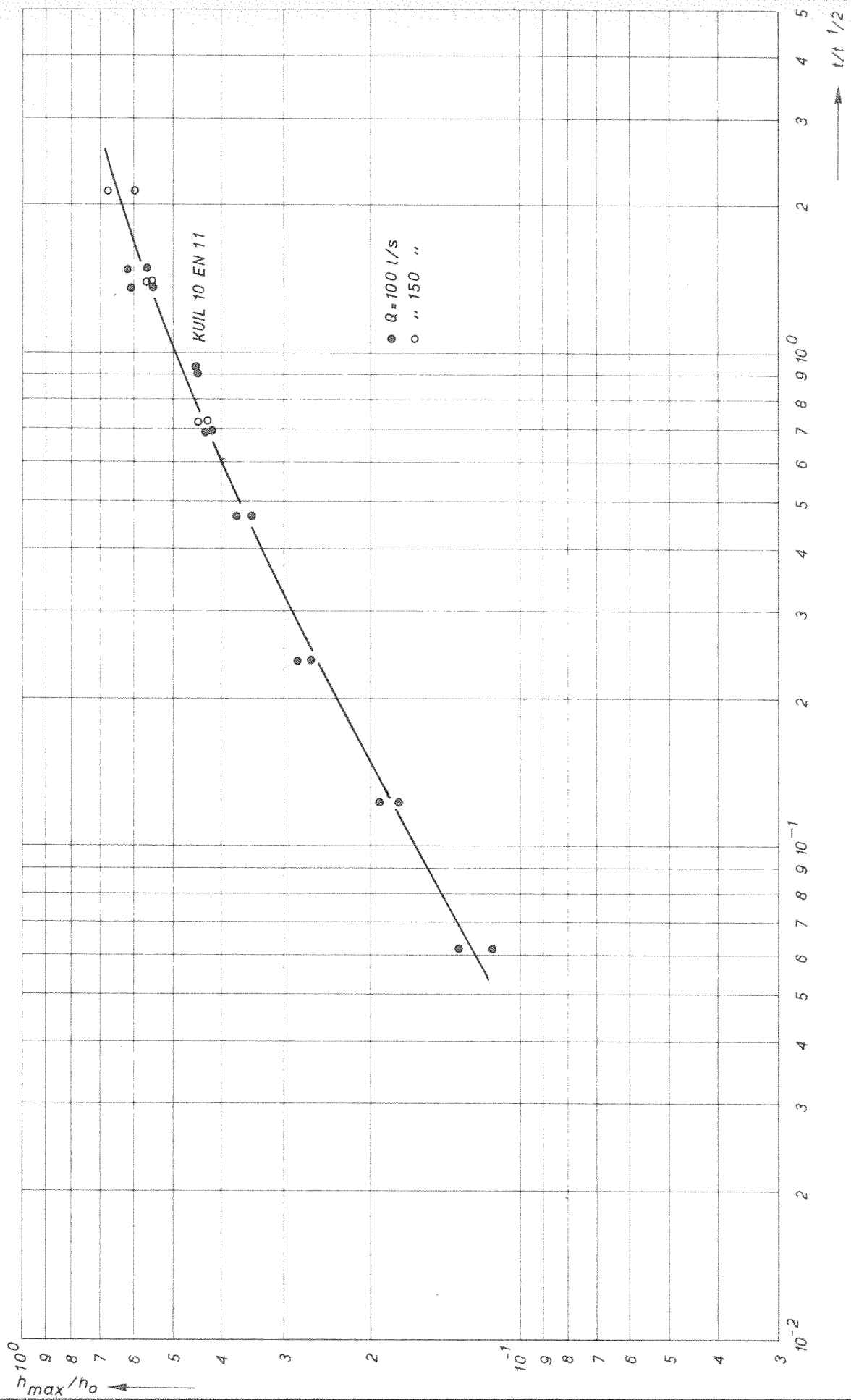
$K_M$   
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1201-1051

FIG.I-6



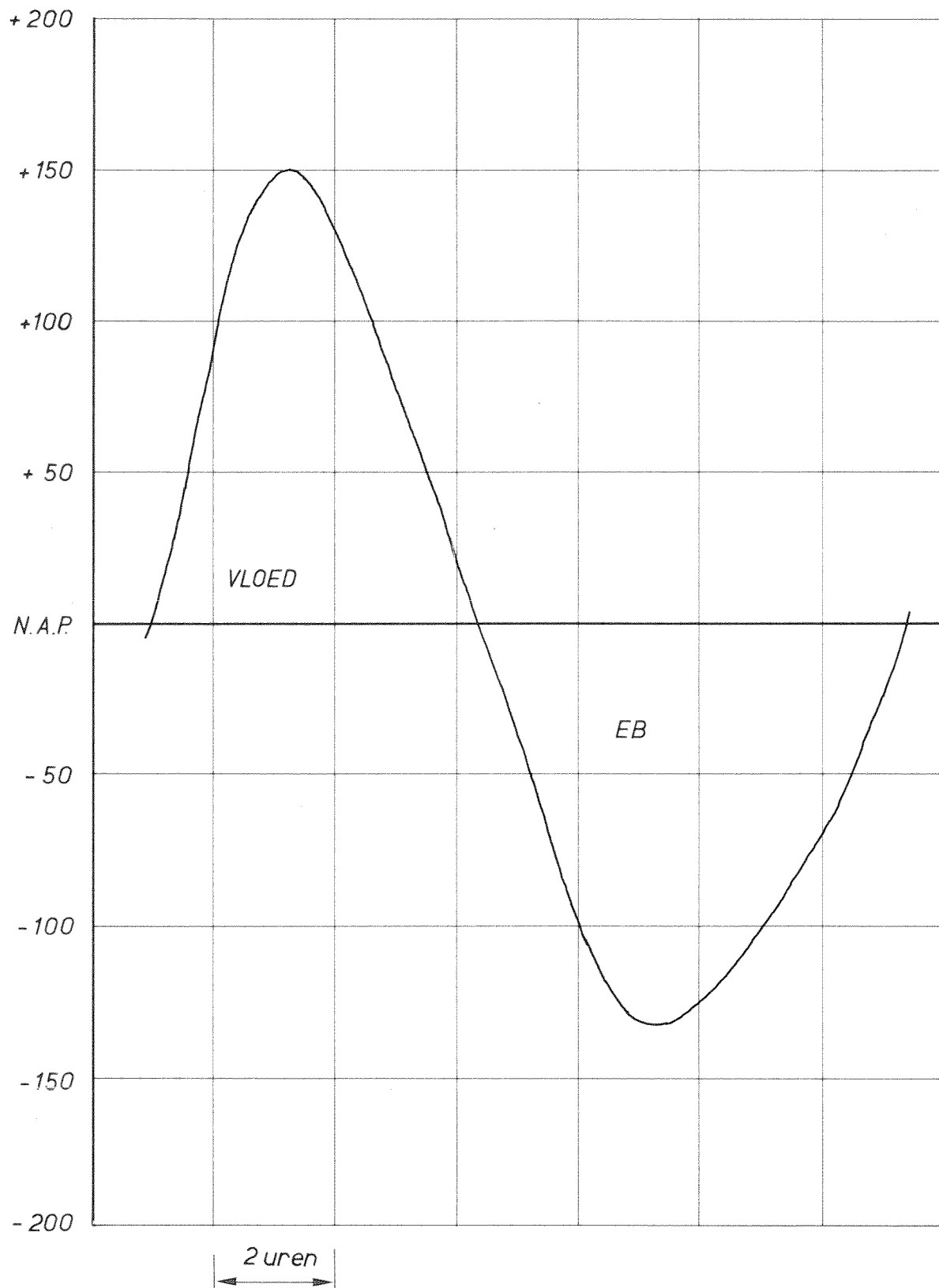


TJD - ONTGRONDINGSLIJNEN  $T_{10}$

WK

A4

↑ WATERSTAND IN cm t.o.v. N.A.P.



GEMIDDELDE GETJKROMME NOORDLAND  
BJ AFGESLOTEN OOSTERSCHELDE

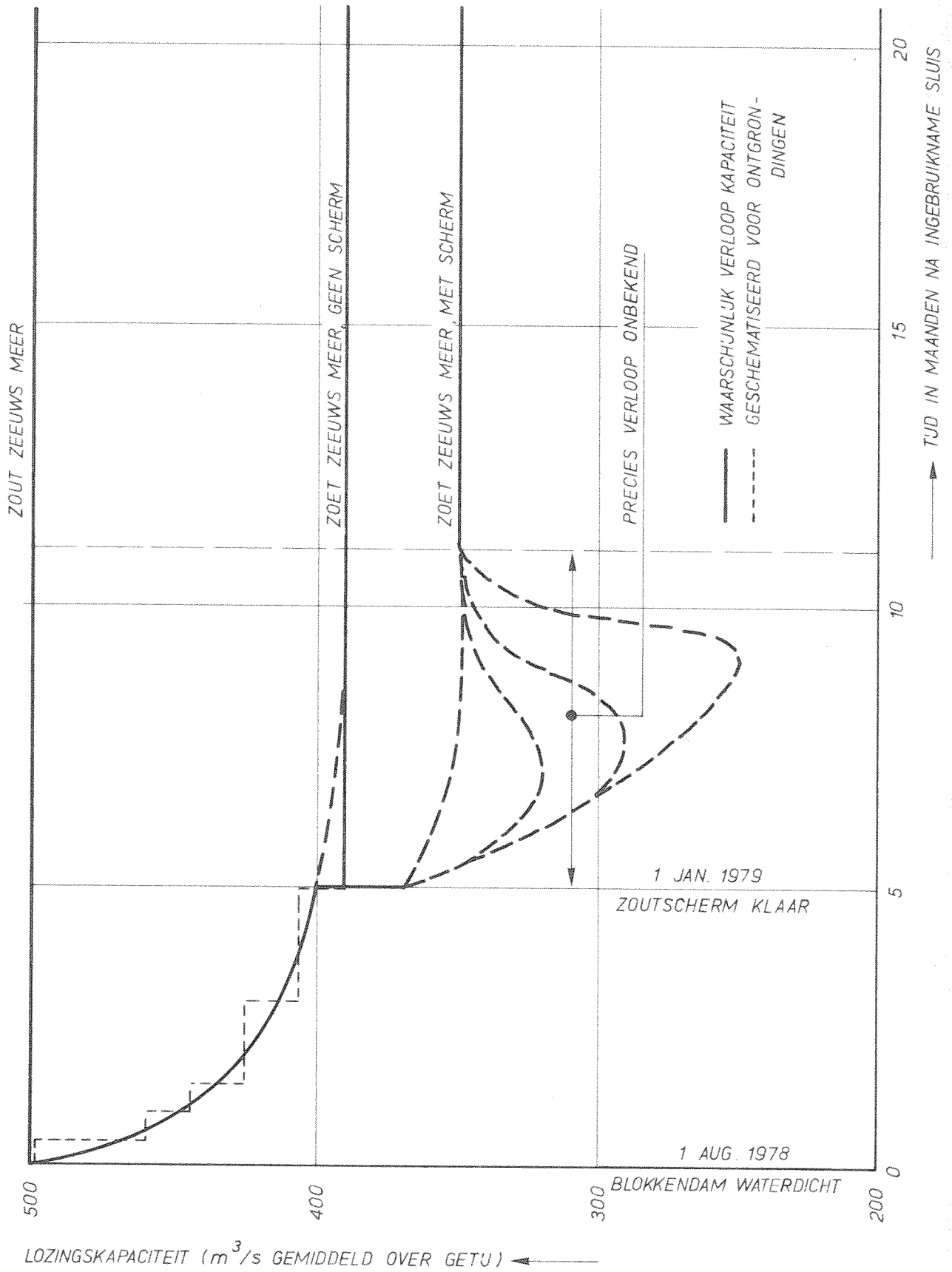
WK

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1201- 1029

FIG. I-8



SLUISKAPACITEIT BIJ LOZEN

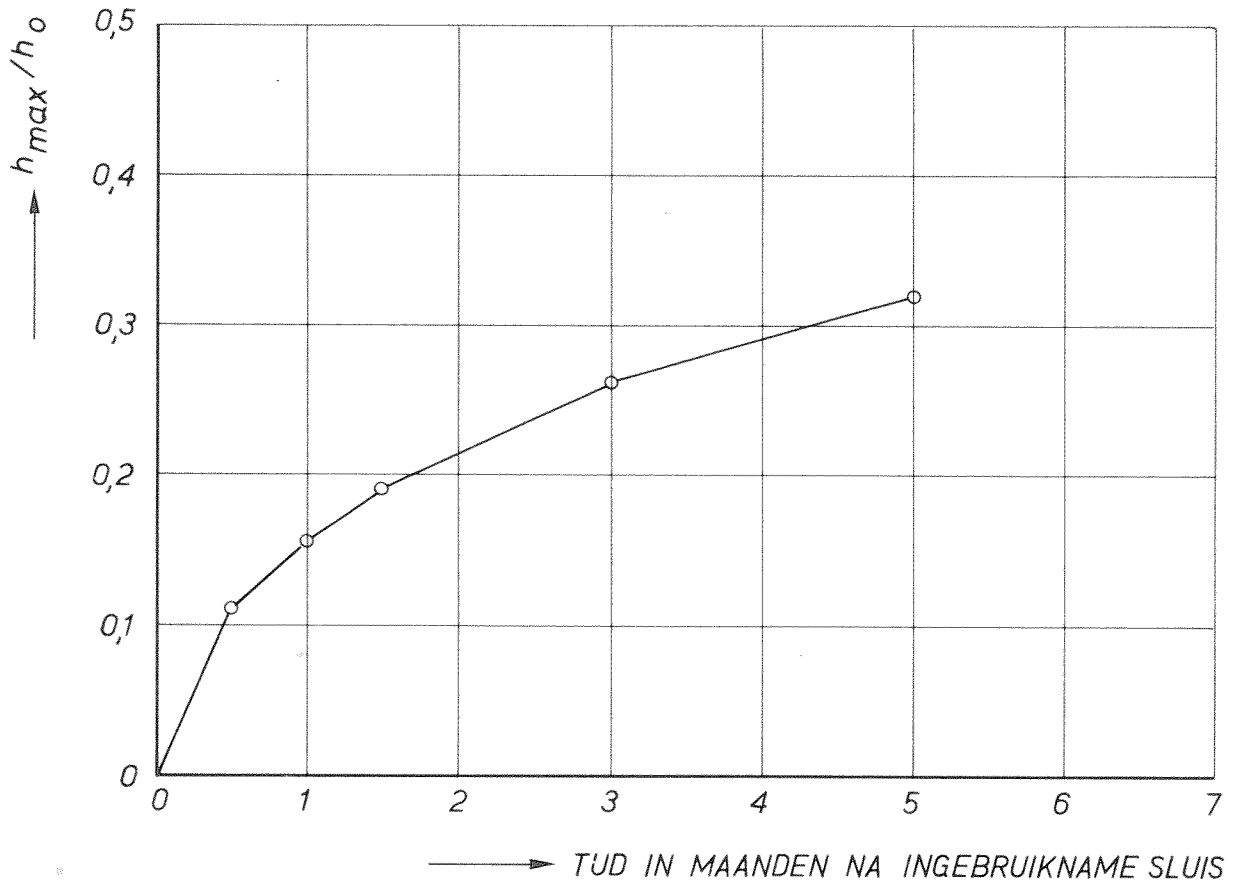
WK

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1201-1030

FIG. I-9



VERWACHTE ONTGRONDING IN EERSTE 5 MAANDEN  
NA INGEBRUIKNAME SLUIS

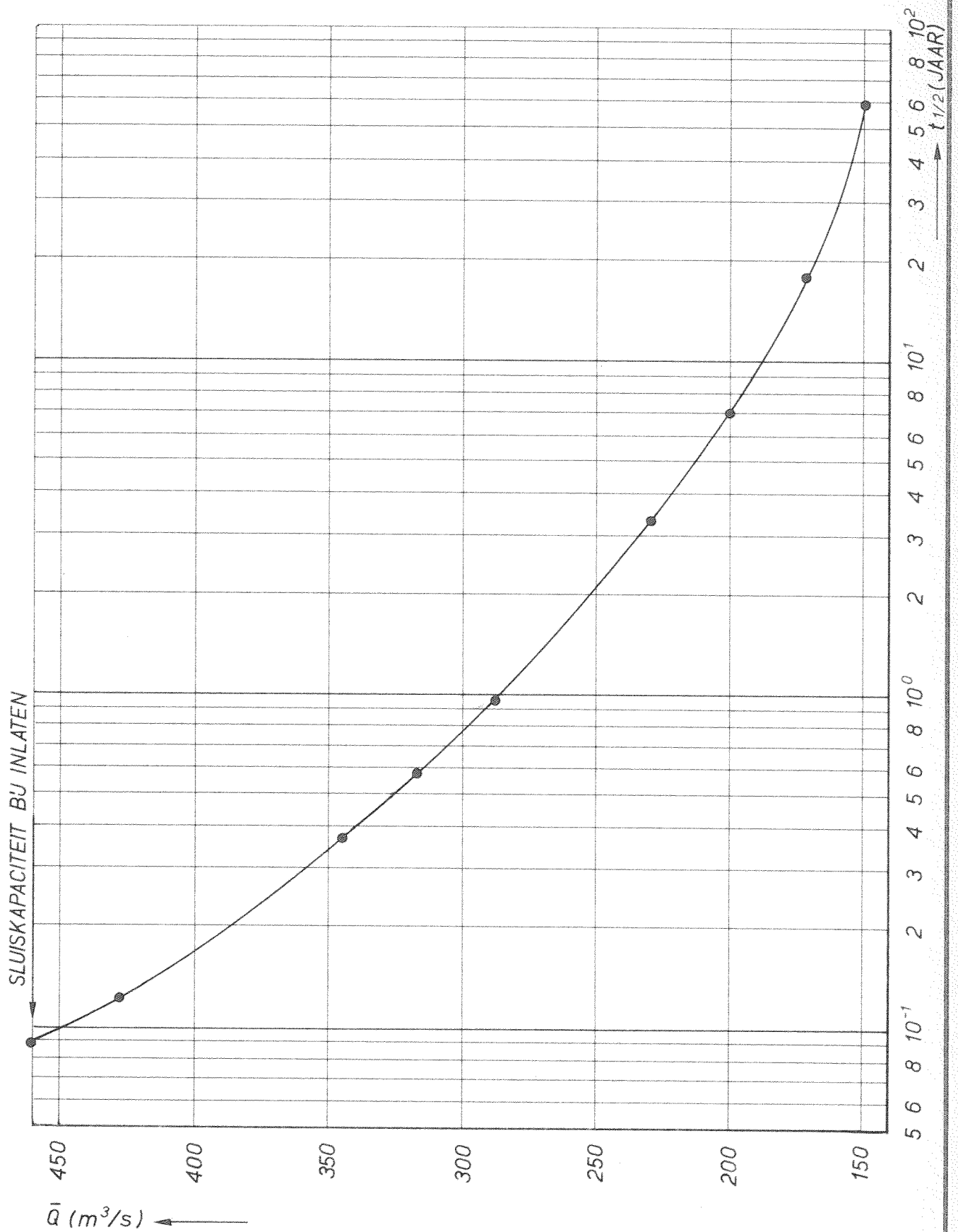
WK

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1201-1031

FIG. I-10



ONTGRONDINGSTUJSCHAAL BIJ INLATEN  
 ALS FUNCTIE VAN HET GEMIDDELDE DEBIET

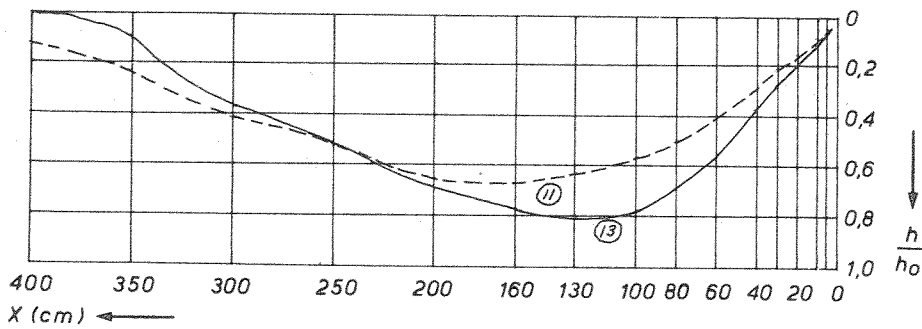
WK

A4

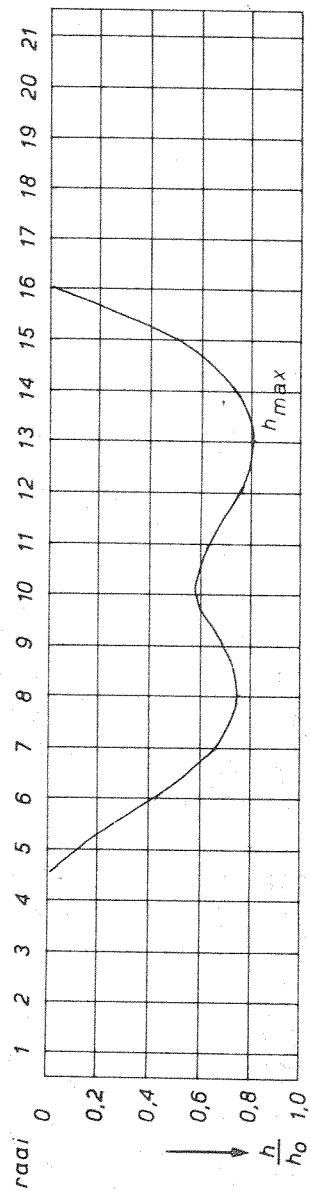
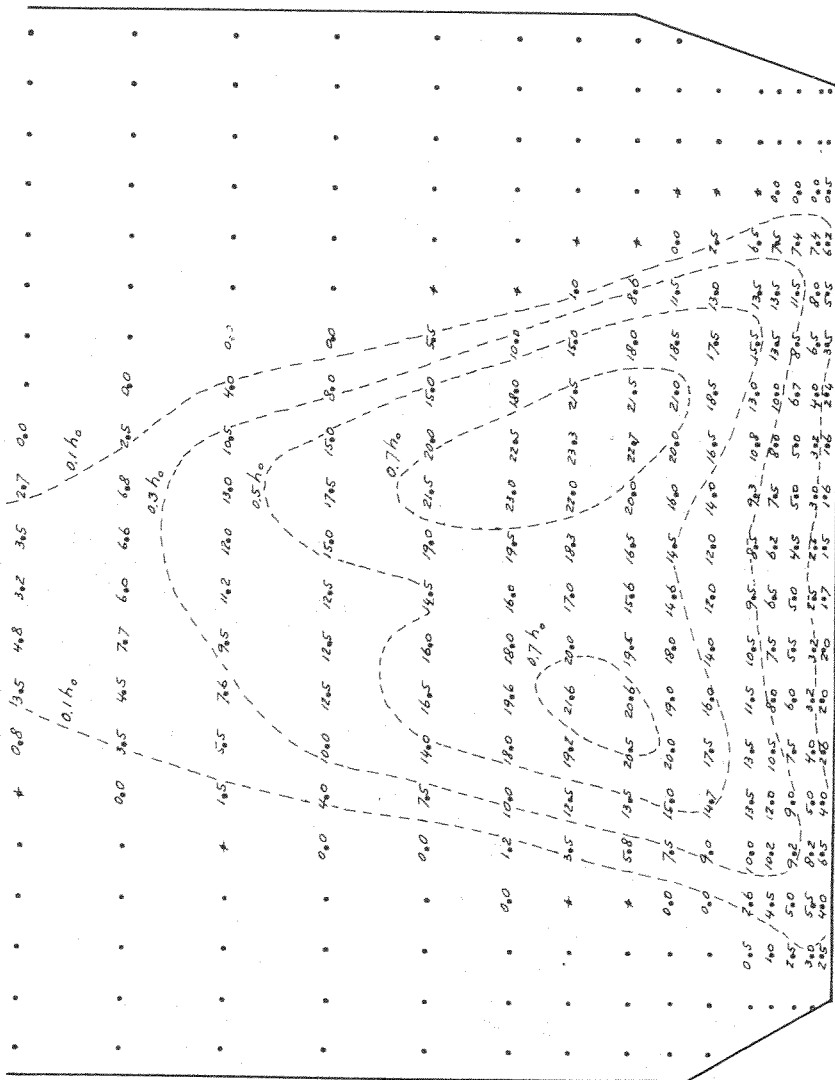
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1201-1032

FIG. I-11



LANGSDOORSNEDEN



DWARSDOORSNEDEN

SITUATIE : T 11

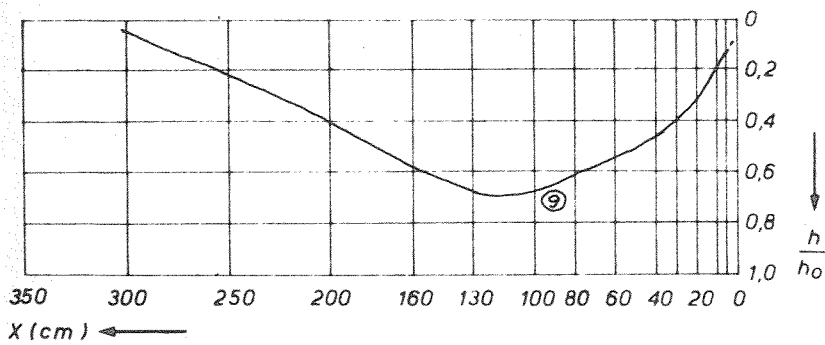
$Q = 150 \text{ l/s}$

$t = 5.00 - 5.22$

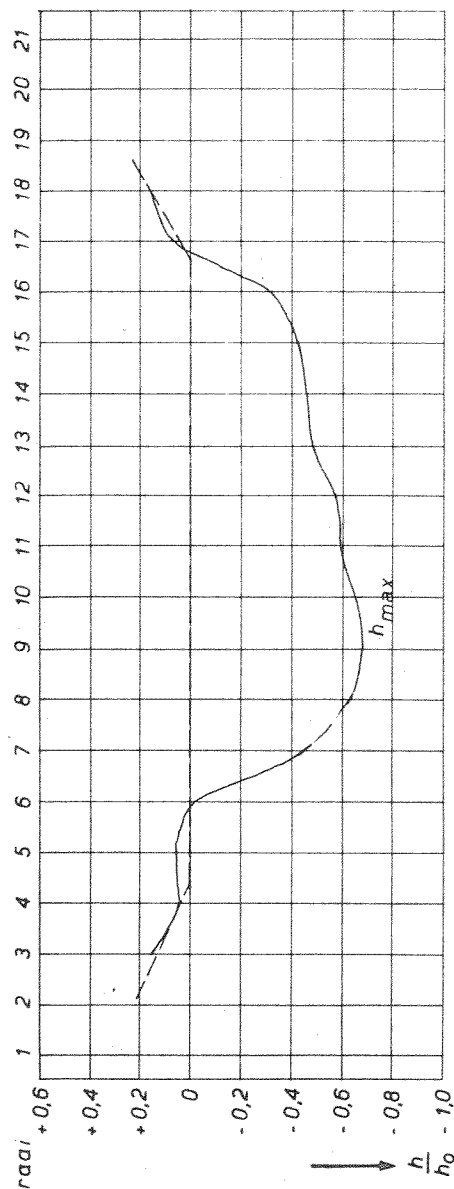
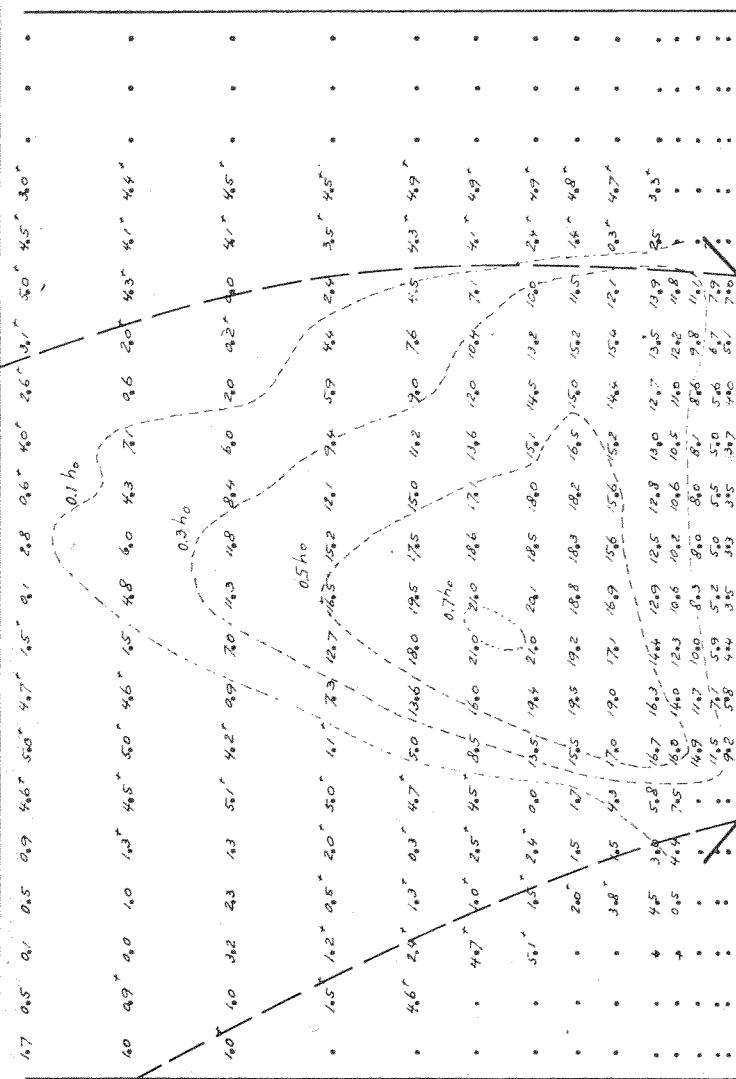
$t/t_{1/2} = 2.47$

$h_0 = 28.9 \text{ cm}$

R.R.



LANGSDOORSNEDEN



DWARSDOORSNEDEN

SITUATIE T 10

Q = 150 l/s

t = 1.30 - 1.52

t/t<sub>1/2</sub> = 2.12

h<sub>o</sub> = 309 cm

R.R.

waterloopkundig laboratorium postbus 177 delft