

REPRODUCTIE ZOUTTOESTAND
GETIJRIVIEREN

XXV

ONDERZOEK NAAR DE ZOUTTOESTAND
BIJ DE
VOLKERAKSLUIZEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
DELFT

M 896-XXV

Waterloopkundig Laboratorium

Reproductie Zouttoestand getijrivieren

XXV

Onderzoek naar de zouttoestand
bij de
Volkeraksluizen

juli 1974

M 896 - XXV

INHOUD

blz.

NOTATIES

LIJST VAN FIGUREN

LIJST VAN TABELLEN

1	Inleiding	1
2	Doel van het onderzoek	3
3	Korte beschrijving van de meetopstelling	4
4	Beschouwde geometrische schematisaties	5
5	Gekozen schalen	7
6	Reproductie zoutverdeling bij de beschouwde schematisaties ...	8
6.1	"IJKproeven"	8
6.2	Zeerandinstelling bij schematisatie II	9
7	Gevoeligheidsonderzoek bij schematisatie II	12
8	Samenvatting	16

TABELLEN

FIGUREN

Bronvermelding figuren met prototype gegevens.

NOTATIES

a_o	: getij-amplitude vertikaal getij ($2a_o =$ getijverschil)
h	: waterdiepte
h_{gem}	: gemiddelde diepte onder N.A.P. over de dwarsdoorsnede (figuren 4 en 5)
$h(t)$: vertikaal getij aan de zeerand van de getijgoot
k_{mr}	: kilometerraai
n_l	: lengteschaal (prototype maat gedeeld door model maat)
n_h	: verticale schaal
n_u	: snelheidsschaal
n_t	: tijdschaal
n_C	: schaal voor de ruwheid, weergegeven door de Chézy-coëfficiënt
t	: tijd
x	: coördinaat in lengterichting
y	: coördinaat in verticale richting
Δx	: stapgrootte in lengterichting (onderlinge afstand van de meetpunten)
Δy	: stapgrootte in verticale richting
C	: Chézy-coëfficiënt
Cl	: chloride-gehalte in gr. Cl/liter of in mg. Cl/liter
H	: middenstand gemeten ten opzichte van de gootbodem (gemiddelde waterdiepte)
H.W.K. (H.W.)	: hoogwaterkentering respectievelijk hoogwater
L.W.K. (L.W.)	: laagwaterkentering respectievelijk laagwater
Q_{spui}	: spuidebiet bij de Volkerakdam
T	: getijperiode
β	: evenredigheidsconstante (vergelijking 6.1.)
ρ	: dichtheid in kg/m^3
ρ_o	: referentiedichtheid (vergelijking 6.1.)
ρ_z	: dichtheid van het zoute water in het zeebassin van de getijgoot
$\bar{\rho}$: dichtheid, gemiddeld over de vertikaal en over de getijperiode
$\Delta\rho$: dichtheidsverschil, ingesteld bij de proeven tussen het zoute water in het zeebassin van de getijgoot en het zoete water voor het spuidebiet

LIJST VAN FIGUREN

- 1 Situatieschetsen
- 2 Meetopstelling getijgootproeven
- 3 Situering schematisaties ten opzichte van het prototype
- 4 De breedte als functie van de diepte van het traject Volkerak-Krammer
- 5 De breedte als functie van de diepte van het traject Zijpe-Keeten
- 6 Prototype gegevens betreffende vertikaal getij, gemeten op 27-1-1972
- 7 Prototype gegevens betreffende vertikaal getij, gemeten op 3-2-1972
- 8 Chloride gehalten, gemeten aan het oppervlak bij Zierikzee en Bruinisse
- 9 Situatiekaart zoutmeetpunten op Volkerak en Krammer
- 10 Isohalinen in het Volkerak en de Krammer bij hoogwater op 23-3-1973
- 11 Isohalinen in het Volkerak en de Krammer bij laagwater op 23-3-1973
- 12 Isohalinen in het Volkerak en de Krammer bij hoogwater op 27-1-1972
- 13 Bemonsteringsschema bij de respectievelijke schematisaties
- 14 Zoutverdeling bij H.W.K. en L.W.K. bij de "ijkproef", uitgevoerd bij schematisatie I
- 15 Zoutverdeling bij H.W.K. en L.W.K. bij de "ijkproef", uitgevoerd bij schematisatie II
- 16 Zoutverdeling bij H.W.K. en L.W.K., weergegeven met lijnen van gelijke dichtheid ρ in kg/m^3 ; schematisatie I, proevenserie T 513
- 17 Zoutverdeling bij H.W.K. en L.W.K., weergegeven met lijnen van gelijke dichtheid ρ in kg/m^3 ; schematisatie I, proevenserie T 514
- 18 Dichtheid $\bar{\rho}$ gemiddeld over de vertikaal en over een getijperiode, gemeten nabij de Volkerakdam op $x/\Delta x = 7 \approx$ meetpunt 1a (figuur 9), bij een spuidebiet van $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (schematisatie II)
- 19 Dichtheid $\bar{\rho}$ gemiddeld over de vertikaal en over een getijperiode, gemeten nabij de Volkerakdam op $x/\Delta x = 7 \approx$ meetpunt 1a (figuur 9), bij een spuidebiet van $300 \text{ m}^3/\text{s}$ (schematisatie II)
- 20 Dichtheid $\bar{\rho}$ gemiddeld over de vertikaal en over een getijperiode, gemeten nabij de Volkerakdam op $x/\Delta x = 7 \approx$ meetpunt 1a (figuur 9), bij een spuidebiet van $600 \text{ m}^3/\text{s}$ (schematisatie II)

Zoutverdeling bij H.W.K. en L.W.K., weergegeven met lijnen van gelijke dichtheid ρ in kg/m^3 ; schematisatie II

- 21 Proevenserie T 510, $Q_{\text{spui}} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 20 \text{ kg/m}^3$
- 22 Proevenserie T 511, $Q_{\text{spui}} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 20 \text{ kg/m}^3$
- 23 Proevenserie T 512, $Q_{\text{spui}} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 20 \text{ kg/m}^3$

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

- 24 Proevenserie T 517, $Q_{\text{spui}} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 10 \text{ kg/m}^3$
25 Proevenserie T 516, $Q_{\text{spui}} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 10 \text{ kg/m}^3$
26 Proevenserie T 518, $Q_{\text{spui}} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 10 \text{ kg/m}^3$
27 Proevenserie T 519, $Q_{\text{spui}} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 15 \text{ kg/m}^3$
28 Proevenserie T 520, $Q_{\text{spui}} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 15 \text{ kg/m}^3$
29 Proevenserie T 521, $Q_{\text{spui}} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta\rho = 15 \text{ kg/m}^3$

Invloed wijze van inbrengen van het spuidebiet op de zoutverdeling,
weergegeven met lijnen van gelijke dichtheid ρ in kg/m^3 ;
schematisatie II

- 30 Proevenserie T 519, $Q_{\text{spui}} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $2a_o = 0,60 \text{ m}$, $\Delta\rho = 15 \text{ kg/m}^3$
31 Proevenserie T 520, $Q_{\text{spui}} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, $2a_o = 1,80 \text{ m}$, $\Delta\rho = 15 \text{ kg/m}^3$
32 Proevenserie T 521, $Q_{\text{spui}} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$, $2a_o = 0,60 \text{ m}$, $\Delta\rho = 15 \text{ kg/m}^3$

LIJST VAN TABELLEN

- I : Overzicht uitgevoerde proeven
- II : Gegevens van de proeven, uitgevoerd bij schematisatie I, in model en prototype maten
- III : Gegevens van de proeven, uitgevoerd bij schematisatie II, in model en prototype maten
- IV : Proefresultaten

1 Inleiding

De wateren Oosterschelde, Keeten, Mastgat, Zijpe, Volkerak (tot aan Hellegat) staan thans in open verbinding met de Noordzee.

Dientengevolge heerst er in deze wateren een getijbeweging, waarbij vanuit zee zout water wordt aangeboden.

In het Hellegat ligt een dam met een tweetal schutsluizen. Het zoutbezwaar vanuit het Volkerak via deze schutsluizen op het Hollands Diep wordt bestreden door middel van luchtbellen-gordijnen. Tevens wordt om het zoutbezwaar te verkleinen een zoetwaterdebiet van circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$ door de sluizen van het Hollands Diep naar het Volkerak gevoerd.

In bovengenoemde dam zijn in het kader van de deltawerken spuisluizen geprojecteerd. Verder wordt het aantal schutsluizen met twee vergroot: één voor beroepsscheepvaart (Rijn-Schelde-verbinding) en één voor pleziervaartuigen. (Figuur 1). Het zoetwaterdebiet dat via de spuisluizen in het Hellegat wordt gebracht, zal gemiddeld $300 \text{ m}^3/\text{s}$ gaan bedragen. Daarnaast zal de getijbeweging in bovengenoemde wateren als gevolg van een gehele of gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde gaan veranderen. Eén en ander zal consequenties hebben voor de zouttoestand in het Hellegat en daarmee ook voor het zoutbezwaar via de schutsluizen op het Hollands Diep.

In verslag M 896 - 21 ¹⁾, "Invloed afsluiting Oosterschelde op het zoutbezwaar bij Volkeraksluizen" is een onderzoek beschreven, waarbij de zouttoestand bij de Volkeraksluizen werd onderzocht, met name voor de situatie, dat het getij volledig wegvalt (afgesloten Oosterschelde). Bij dit onderzoek dat in de getijgoot werd uitgevoerd (paragraaf 3) werden twee geometrische schematisaties van bovengenoemde wateren beschouwd.

1) Waterloopkundig Laboratorium, "Invloed afsluiting Oosterschelde op zoutbezwaar bij Volkeraksluizen", Rapport Reproductie Zouttoestand Getijrivieren, M 896 - XXI, Waterloopkundig Laboratorium, Delft, januari 1973.

Deze schematisaties waren zodanig gekozen, dat de resultaten ten aanzien van met name de zouttoestand in het Hellegat respectievelijk een onder- en bovengrens vormden. Het aantal spuidebieten, dat bij dit onderzoek werd bekeken was vrij beperkt, terwijl de resultaten die de boven- en ondergrens vormden, vanwege de wijze van schematiseren vrij ver uit elkaar lagen. Dit betekende, dat op basis van dit onderzoek geen al te nauwkeurige schatting gegeven kon worden van het spuidebiet, nodig voor het verkrijgen van een bepaalde zouttoestand in het Hellegat.

De Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat achtte daarom een aanvullend onderzoek wenselijk. Bij dit onderzoek zou in eerste instantie nagegaan moeten worden aan de hand van prototypemetingen, welke schematisatie de werkelijkheid qua zoutverdeling het beste benaderde. Vervolgens zou dan bij de optimale schematisatie een aantal spuidebieten in combinatie met een aantal in het prototype te verwachten getijbewegingen moeten worden onderzocht.

Het aldus door de Rijkswaterstaat opgedragen onderzoek is in nauw overleg met de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst uitgevoerd in de periode van december 1973 tot en met maart 1974 door ir. A. van Mazijk, die tevens dit verslag samenstelde.

2 Doel van het onderzoek

Het onderzoek heeft tot doel het verkrijgen van informatie over het te verwachten zoutbezwaar op het Hollands Diep via de schutsluizen in de Volkerakdam, wanneer:

1. het aantal schutsluizen wordt uitgebreid met een sluis voor beroepsscheepvaart en een sluis voor pleziervaartuigen
2. het zoetwaterdebiet, dat thans circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$ is en als lekdebiet via de schutsluizen van het Hollands Diep naar het Hellegat stroomt, aanzienlijk meer gaat worden na het gereedkomen van de spuisluizen
- terwijl 3. hetzij tegelijkertijd, hetzij later door een gehele of gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde in een aantal fasen de verticale getijbeweging op het traject Keeten tot en met Hellegat wordt gewijzigd.

Met behulp van de resultaten van het onderzoek moet een redelijk nauwkeurige schatting gegeven kunnen worden van het spuidebiet, waarbij het zoutbezwaar via de schutsluizen een bepaalde waarde niet overschrijdt. Voor dit laatste kan de in het Hellegat gemeten zoutconcentratie als maatgevende parameter dienen.

3 Korte beschrijving van de meetopstelling (getijgoot) (figuur 2)

Het onderzoek is uitgevoerd in de getijgoot. Deze goot heeft een lengte van 101,5 m, een breedte van 0,67 m en een diepte van 0,50 m. De bodem van de goot is horizontaal. De goot is aan het benedenstroomse einde verbonden met een zeebassin van 6 x 8 x 1,5 m. In het zeebassin kan door middel van een overstortende, regelbare klep een verticale getijbeweging verkregen worden. In het bassin bevindt zich zout water, waarvan de dichtheid op een gewenste waarde door middel van injectie van pekewater kan worden ingesteld. Met behulp van een op dichtheid controlerend regelmechanisme wordt de hoeveelheid geïnjecteerd pekewater zodanig geregeld, dat de dichtheid van het water in het zeebassin gedurende een proef niet varieert.

Op ongeveer 64 m vanaf het zeebassin is de goot over 180° omgebogen.

Het bovenstroomse einde van de goot werd bij de proeven gevormd door een in de goot geplaatst schot, waar overheen een in te stellen zoetwaterdebiet werd toegevoerd (overstort).

De getijgoot is zodanig ingericht (gladde wanden en voldoende breed), dat een twee-dimensionale stroming kan worden ingesteld.

Voor de extra benodigde weerstand in verband met de schaalkeuze zijn verticale vierkante messing-staafjes ($5 \times 5 \text{ mm}^2$) toegepast. De staafjes reikten tot boven de waterspiegel (zie verder rapport M 896 - XXI, "Invloed afsluiting Oosterschelde op zoutbezwaar bij Volkeraksluizen").

4 Beschouwde geometrische schematisaties

Daar het onderzoek verricht werd in de getijgoot, een goot met een horizontale bodem en een rechthoekige doorsnede, zijn de volgende twee geometrische schematisaties beschouwd (zie ook rapport M 896 - XXI, "Invloed afsluiting Oosterschelde op zoutbezwaar bij Volkeraksluizen).

Schematisatie I, waarbij het gehele traject Keeten tot Hellegat wordt wordt geschematiseerd tot een goot met een diepte van 6 m (bij benadering kleinste diepte) en met een breedte van 700 m (bij benadering kleinste breedte). De lengte van het traject is circa 35 km (figuur 3).

Schematisatie II, waarbij het traject vanaf Zijpe tot Hellegat geschematiseerd wordt tot een goot met een diepte van 6 m (bij benadering gemiddelde diepte) en met een breedte van 1500 m (bij benadering gemiddelde breedte). De lengte van het traject is circa 23,5 km (figuur 3).

De keuze van de bovengenoemde twee trajecten hangt samen met het verschil in geometrie tussen de Keeten, Mastgat, Zijpe, die gekenmerkt worden door een grote diepte en een naar verhouding kleine breedte, en de Krammer en Volkerak, die gekenmerkt worden door een kleine diepte en een naar verhouding grote breedte (zie figuren 1a, 4 en 5).

Bij schematisatie I vindt men een ondergrens voor de zoutconcentratie bij de Volkeraksluizen, daar de kleinste breedte (Zijpe) en de kleinste diepte (Krammer, Volkerak) gekozen zijn. Het zout komt het moeilijkst bij de Volkeraksluizen, gezien vanuit de Oosterschelde.

Schematisatie II benadert daarentegen qua geometrie de werkelijkheid vrij redelijk.

De dichtheid bij het Zijpe is echter afhankelijk van de grootte van het spui-debiet bij de Volkeraksluizen en het verticale getij.

Verwacht mag worden, dat de dichtheid in het Zijpe kleiner zal worden als door het in bedrijf stellen van de spuisluisen het zoetwaterdebiet door het Volkerak naar het Zijpe en de Oosterschelde groter wordt dan het huidige debiet van $30 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie paragraaf 1). Als door gehele of gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde het verticale getij kleiner wordt, zal de zouttoestand op het traject Keeten-Volkerak gelaagder worden. Er ontstaat een zoute onderlaag en een brakke bovenlaag. Als de in de huidige toestand gemeten zoutconcentratie in het Zijpe in eerste benadering gelijk gesteld mag worden aan de zoutconcentratie van het zeewater (zie paragraaf 6), mag op grond van het bovenstaande ook een kleinere dichtheid gemiddeld over de vertikaal in het Zijpe worden verwacht bij een kleiner worden van het verticale getij. Dit

betekent dat een onderzoek, uitgevoerd bij schematisatie II en waarbij voor het dichtheidsverschil tussen het zoete gespuide water bij de Volkerakdam en het zoute water bij het Zijpe de thans in het prototype heersende waarde wordt aangehouden, een bovengrens geeft voor de zoutconcentratie bij de Volkeraksluizen.

De bestaande en toekomstige schutsluizen in de Volkerakdam, via welke het zoutbezwaar naar het Hollands Diep kan optreden, liggen op enige afstand van de in de Volkerakdam geprojecteerde spuisluizen, waardoor zoet water op het Zuidelijk Deltabekken wordt ingelaten (figuur 1b). Dit maakt, dat de zouttoestand bij de Volkeraksluizen een drie-dimensionaal karakter heeft. Bij de beschouwde schematisaties wordt dit drie-dimensionale karakter buiten beschouwing gelaten.

5 Gekozen schalen

Door aan de getijgootproeven schalen toe te kennen, is een vergelijking met de prototype afmetingen van de goot, waartoe het traject Keeten tot Hellegat respectievelijk Zijpe tot Hellegat zijn geschematiseerd (paragraaf 4), mogelijk. Stel h_{pr} is de waterdiepte in het prototype en h_m is de waterdiepte bij de getijgootproef (model), dan is de verticale schaal $n_h = h_{pr}/h_m$. Als de lengte van het beschouwde traject in het prototype L_{pr} is en in het model L_m , dan is de lengteschaal $n_l = L_{pr}/L_m$. Verder wordt de Froude-schaalregel toegepast, waarbij de snelheidsschaal $n_u = (n_h)^{\frac{1}{2}}$. Daardoor is de tijdschaal $n_t = n_l \cdot n_h^{-\frac{1}{2}}$. In de getijgoot wordt een twee-dimensionale stromingstoestand ingesteld (paragraaf 3). Dit betekent dat met name de debieten per m' breedte worden beschouwd.

Voor de uitgevoerde proeven bij het onderzoek in de getijgoot is voor de verticale schaal $n_h = 40$ gekozen en voor de lengteschaal $n_l = 800$, zodat de tijdschaal is $n_t = 125,65$.

De schaal voor de ruwheid c.q. Chézy-waarde is $n_c = \sqrt{n_l/n_h}$. De schaal voor de dichtheid ρ respectievelijk voor het dichtheidsverschil $\Delta\rho$, dat ingesteld wordt tussen het zoute water in het zeebassin van de getijgoot en het zoete overstortende water aan de bovenstroomse rand, is 1.

6 Reproductie zoutverdeling bij de beschouwde schematisaties

6.1 "Ijkproeven"

Om aan te kunnen geven in hoeverre bij de in paragraaf 4 beschreven schematisaties de zoutverdeling in het model de zouttoestand op het traject Keeten-Volkerakdam, respectievelijk Zijpe-Volkerakdam weergeeft, is bij de twee schematisaties een zogenaamde "ijkproef" uitgevoerd (proef T 508.00 bij schematisatie I en proef T 509.00 bij schematisatie II, zie tabel I). De omstandigheden, die bij deze "ijkproeven" gekozen zijn, zijn gebaseerd op prototype gegevens.

Voor de bepaling van het in te stellen verticale getij $h(t)$ aan de zeerand van de getijgoot zijn metingen van het getij te Zierikzee, Stavenisse en Bruinisse (figuren 6 en 7) gebruikt. Bij beide schematisaties is een sinusvormig getij gekozen met een amplitude van 1,80 m, c.q. een getijverschil van 3,60 m (prototypemaat). Het in te stellen verschil in dichtheid tussen het water in het zeebassin van de getijgoot en het aan het bovenstroomse einde overstortende zoete water, dat het lekdebiet van $30 \text{ m}^3/\text{s}$ weergeeft, was bij schematisatie I circa 23 kg/m^3 en bij schematisatie II circa 20 kg/m^3 . Deze waarden zijn gebaseerd op metingen van het chloride gehalte bij Zierikzee wat betreft schematisatie I en bij Bruinisse wat betreft schematisatie II (figuur 8). Aangehouden zijn de waarden van maart 1973, vanwege het feit, dat voor een vergelijking van de resultaten van de "ijkproeven" met die van prototypemetingen, onder andere zoutverdelingen, bepaald op 23 maart 1973 beschikbaar waren (figuren 10 en 11). Het chloride gehalte was bij Zierikzee in maart 1973 gemiddeld $16,8 \text{ gr. Cl./l.}$ (figuur 8). Uitgaande van de relatie

$$\rho = \rho_0 + \beta \cdot \text{Cl.} \quad (6.1.)$$

waarin

- ρ : dichtheid
- ρ_0 : referentiedichtheid afhankelijk van de temperatuur
- β : evenredigheidsconstante afhankelijk van de temperatuur
- Cl : chloride gehalte in gr. Cl./l.

vindt men bij een temperatuur van 15°C voor de overeenkomstige dichtheid:

$$\rho = 999,21 + 1,381 \text{ Cl} = 1022,4 \text{ kg/m}^3 \quad (6.2.)$$

Aannemende, dat het lekdebiet een dichtheid heeft gelijk aan de referentiedichtheid, dan vindt men het voor schematisatie I aangehouden dichtheidsverschil van circa 23 kg/m^3 . Het gemiddelde chloride gehalte in maart 1973, gemeten bij Bruinisse (figuur 8) kan gesteld worden op 15 gr. Cl./l. Dit komt volgens bovenstaande relaties (vergelijkingen 6.1. en 6.2.) overeen met het voor schematisatie II aangehouden dichtheidsverschil van circa 20 kg/m^3 . In de tabellen II en III zijn de proefomstandigheden bij de respectievelijke schematisaties in model- en prototypematen gegeven.

De meetpunten in x-richting (lengterichting van de goot) komen bij de ijkproeven (T 508.00 en T 509.00) overeen met de zoutmeetpunten in het Volkerak en de Krammer (zie figuren 9 en 13). In verticale richting is in 6 punten gemeten. Hiertoe werd de gemiddelde diepte van 6 m (= 0,15 m modelmaat) in 7 stukken Δy verdeeld. De meetpunten worden aangeduid met de dimensieloze grootte $y/\Delta y = 1 \text{ t/m } 6$, gemeten vanaf de bodem (zie figuur 13b).

In de figuren 10, 11 en 12 zijn door middel van isohalinen (lijnen van gelijk chloorgehalte) zoutverdelingen gegeven, gemeten in het Volkerak en de Krammer bij H.W. en L.W. Een vergelijking van deze meetresultaten met de zoutverdelingen, gemeten bij de respectievelijke "ijkproeven" (figuren 14 en 15) toont aan, dat bij proef T 509.00 (schematisatie II) de mate van gelaagdheid vrij goed overeenstemt met de situatie, gemeten in het prototype (kwalitatieve vergelijking). Ook wat betreft de grootte van het zoutgehalte (chloride gehalte) is er "overall" gezien een redelijk goede overeenkomst (kwantitatieve vergelijking). Wat betreft proef T 508.00 is dit beduidend minder.

Gezien bovenstaande resultaten, kan geconcludeerd worden, dat de resultaten van de proeven, uitgevoerd bij schematisatie II een redelijk goede benadering geven van de werkelijk optredende zoutverdeling in het Volkerak en de Krammer. Dit sluit aan bij het feit, dat schematisatie II ook qua geometrie de werkelijkheid vrij redelijk benadert (paragraaf 4).

6.2 Zeerandinstelling bij schematisatie II

Zoals reeds gesteld is in paragraaf 4 zal de dichtheid (zoutconcentratie) in het Zijpe (= zeerand bij schematisatie II) veranderen bij een verandering van het verticale getij en/of van het spuidebiet bij de Volkerakdam. De zoutconcentratie op de zeerand van schematisatie I (= Oosterschelde) mag daarentegen onafhankelijk gesteld worden van het spuidebiet en de verticale getijbeweging.

Proeven uitgevoerd bij schematisatie I zouden nu een indruk kunnen geven van de zouttoestand op het Zijpe als functie van het verticale getij en het spuidebiet en daarmee van de in te stellen zoutconcentratie aan de zeerand van schematisatie II bij de respectievelijke omstandigheden. Met de aldus gevonden zoutconcentratie als zeerandconditie van schematisatie II zou mogelijk een betere benadering van de werkelijke optredende zouttoestand in de Krammer en het Volkerak gevonden kunnen worden, dan wanneer voor deze zoutconcentratie, de thans in het Zijpe gemeten waarde (figuur 8) bij het verdere onderzoek werd aangehouden (zie paragraaf 4 bovengrens).

In navolging van het bovenstaande zijn een beperkt aantal proeven uitgevoerd bij schematisatie I, waarbij het spuidebiet werd verhoogd tot 100 respectievelijk 300 m³/s, terwijl het getijverschil werd gereduceerd van 3,60 m tot respectievelijk 1,80 m en 0,60 m. Het bij de proeven ingestelde dichtheidsverschil werd op circa 23 kg/m³ gehandhaafd (zie paragraaf 6.1.). Voor een overzicht van de uitgevoerde proeven, zie TABEL I, proevenseries T 513 en T 514. In TABEL II worden de proefomstandigheden in prototype- en modelmaat gegeven. Voor het bemonsteringsschema bij de respectievelijke proeven wordt verwezen naar figuur 13. De meetpunten in de x-richting worden aangeduid met de dimensieloze x-coördinaat $x/\Delta x$, waarbij $\Delta x = 3,656$ m (modelmaat). Gemeten is vanaf de mond van de getijgoot in de meetpunten $x/\Delta x = 1$ tot en met 11. De meetpunten in verticale richting worden aangeduid met de dimensieloze grootte $y/\Delta y$, waarbij $\Delta y = 1/7$ van de gemiddelde waterdiepte is. Gemeten is vanaf de bodem in $y/\Delta y = 1$ tot en met 6.

De bij schematisatie I uitgevoerde proeven met een getijverschil van 3,60 m geven onder andere als resultaat, dat gedurende de ebperiode (L.W.K.) het Zijpe (bijna) volledig zoet is (figuren 16 en 17), terwijl het bij de vloedperiode (H.W.K.) (bijna) volledig zout wordt. Een dergelijke grote variatie in de zoutconcentratie is mogelijk het gevolg van de schematisatie, die sterk afwijkt van de werkelijkheid (zie in dit verband de in paragraaf 4 genoemde ondergrens ten aanzien van de resultaten van de proeven, uitgevoerd bij schematisatie I).

Gezien het bovenstaande, lijkt het niet mogelijk om met behulp van proeven, uitgevoerd bij schematisatie I een reële schatting te geven van de bij schematisatie II in te stellen zoutconcentratie aan de zeerand.

De proefresultaten van de proeven, uitgevoerd bij schematisatie I bevestigen echter wel het gestelde in paragraaf 4: De zouttoestand in het Zijpe wordt

gelaagder, wanneer het verticale getijverschil van 3,60 m gereduceerd wordt naar 1,80 m respectievelijk 0,60 m, terwijl de gemiddelde dichtheid in het Zijpe afneemt als het spuidebiet van $30 \text{ m}^3/\text{s}$ verhoogd wordt tot 100, 300 respectievelijk $600 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie figuren 16 en 17).

7 Gevoeligheidsonderzoek bij schematisatie II

Vanwege het feit, dat de dichtheid (zoutconcentratie) in het Zijpe als functie van de diverse omstandigheden niet voldoende nauwkeurig kon worden bepaald (zie paragraaf 6.2.), is besloten om bij schematisatie II niet alleen het verticale getij en het spuidebiet te variëren, maar tevens het dichtheidsverschil tussen het zoute water in het zeebassin van de getijgoot en het aan de bovenstroomse rand overstortende zoete water. Een overzicht van de uitgevoerde proeven wordt gegeven in TABEL I, terwijl de randcondities in model- en prototypemaat in TABEL III worden gepresenteerd. Voor het bemonsteringsschema wordt verwezen naar figuur 13. In tegenstelling tot schematisatie I werd bij schematisatie II slechts in 7 punten in de x-richting gemeten ($x/\Delta x = 1$ tot en met 7).

Het doel van het onderzoek was het verkrijgen van informatie over het te verwachten zoutbezwaar op het Hollands Diep via de schutsluizen in de Volkerakdam bij veranderende getijbeweging en spuidebiet op het traject Keeten-Hellegat. Als maatgevende grootte voor dit zoutbezwaar wordt de zoutconcentratie in het Hellegat beschouwd (zie paragraaf 2). Bij de proeven is hiervoor de in punt $x/\Delta x = 7$ gemeten dichtheid genomen, die als een gemiddelde over de diepte en over een getijperiode wordt gegeven: $\bar{\rho}$. Deze dichtheid, geldend in een bepaald meetpunt $x/\Delta x$, wordt gedefinieerd door:

$$\bar{\rho}(x) = \frac{1}{T \cdot \bar{h}(x)} \int_0^T \int_0^h \rho(x, y, t) dy dt \quad (7.1.)$$

waarin $\bar{\rho}(x)$: dichtheid gemiddeld over de diepte en de getijperiode voor een bepaalde meetpunt ($x/\Delta x$).

$\rho(x, y, t)$: momentaan gemeten dichtheid in het punt ($x/\Delta x; y/\Delta y$) (zie figuur 13 : Bemonsteringsschema).

$h(x, t)$: waterdiepte als functie van plaats ($x/\Delta x$) en tijd.

$\bar{h}(x)$: waterdiepte gemiddeld over de getijperiode in het punt $x/\Delta x$.

T : getijperiode.

x : coördinaat in horizontale richting.

y : coördinaat in verticale richting.

t : tijd.

Het punt $x/\Delta x = 7$ dat op een afstand van circa 3 km van de Volkerakdam verwijderd ligt, is als het te beschouwen meetpunt gekozen vanwege het feit, dat de situatie nabij de dam drie-dimensionaal is, wat bij het onderzoek buiten beschouwing wordt gelaten (zie paragraaf 4). In de figuren 18, 19 en 20 wordt de dichtheid $\bar{\rho}$ ($x/\Delta x = 7$) gegeven als functie van het ingestelde getijverschil ($2a_0$) voor de respectievelijke spuidebieten (Q_{spui}) en de ingestelde dichtheidsverschillen ($\Delta\rho$) (zie ook TABEL IV). De meetnauwkeurigheid van de dichtheid $\bar{\rho}$ ligt in de orde van $\pm \frac{1}{4} \text{ kg/m}^3$.

Daar het bij de doelstelling van het onderzoek primair ging om het zoutbezwaaar via de schutsluizen op het Hollands Diep, is de zoutverdeling in het geval, dat zout water niet doordrong tot de bovenstroomse rand (schot 1, figuur 2), doorgaans niet gemeten.

De zoutconcentratie in $x/\Delta x = 7$ is dan bij benadering gelijk aan nul te stellen (= zoutconcentratie van het spuidebiet).

Deze proeven zijn in TABEL I aangeduid met "inspeelproef". Of zout water vanuit het zeebassin van de getijgoot tot de bovenstroomse rand doordrong, kon visueel worden bepaald, daar aan het zoute water een kleurstof was toegevoegd. Indien bleek, dat bij een bepaald spuidebiet geen zout water tot de bovenstroomse rand doordrong, dan werden de proeven met een groter spuidebiet bij overigens gelijkblijvende omstandigheden niet uitgevoerd (vergelijk proef T 516.01 en T 516.02 met proef T 518.01 respectievelijk T 518.02). Immers de zoutindringing (dit is de afstand, waarover het zout langs de bodem de goot binnendringt, gemeten vanaf de mond van de goot) is dan nog kleiner. Deze zogenaamde "meetresultaten" zijn gebruikt bij de extrapolaties in de respectievelijke figuren 18, 19 en 20.

In de figuren 21 tot en met 29 zijn van de proeven de longitudinale zoutverdelingen gegeven voor tijdstippen rond H.W.K. en L.W.K. in de vorm van lijnen van gelijke dichtheid.

De meetopstelling is aan de bovenstroomse rand zodanig ingericht, dat het zoete water (spuidebiet) over een in de goot geplaatst schot stort (figuur 2). Deze wijze van inbrengen van het zoete water gaat, indien het zoute water vanuit het zeebassin tot aan het schot komt, met een zekere menging gepaard (initiële menging). Om na te gaan in hoeverre deze initiële menging de proefresultaten beïnvloedt en met name de in meetpunt $x/\Delta x = 7$ te bepalen gemiddelde dichtheid $\bar{\rho}(x)$, zijn een drietal proeven herhaald (zie TABEL I, T 519-03A, T 520-02A en T 521-03A) met een extra geleidingsschotje, dat er-

voor zorgde, dat het zoete water als het ware horizontaal werd ingebracht (zie details figuur 2). Het is duidelijk dat de invloed van de initiële menging op de zouttoestand (indien die er is) groter is naarmate de menging tengevolge van de getijbeweging afneemt. Met andere woorden, voor een onderzoek naar de invloed van de wijze van inbrengen van het spuidebiet komen in eerste instantie die proeven in aanmerking, waarbij een sterke gelaagdheid optreedt: Er is een onderlaag en een bovenlaag te onderscheiden. (Zie figuur 27, proef T 519.03 en figuur 29, proef T 521-03). Initiële menging betekent in deze situatie, dat zich een brakke bovenlaag vormt, terwijl de zoute onderlaag dunner wordt als gevolg van een toename van het verhang van het grensvlak tussen de boven- en de onderlaag door de extra toestroming van zout water naar de bovenstroomse rand, nodig voor de genoemde initiële menging (zie figuren 30, 31 en 32). Dit betekent, dat naar verwachting de over de vertikaal en over de getijperiode gemiddelde dichtheid $\bar{\rho}(x)$ met name in het meetpunt $x/\Delta x = 7$ als gevolg van de aangebrachte geleiding weinig zal veranderen. De meetresultaten, samengevat in de onderstaande tabel, bevestigen deze verwachting.

proefnr.	met overstort	met geleiding
T 521-03(A)	$\bar{\rho}(x/\Delta x = 7) = 1004,7 \text{ kg/m}^3$	$\bar{\rho}(x/\Delta x = 7) = 1004,9 \text{ kg/m}^3$
T 520-02(A)	$\bar{\rho}(x/\Delta x = 7) = 1004,0 \text{ kg/m}^3$	$\bar{\rho}(x/\Delta x = 7) = 1004,3 \text{ kg/m}^3$
T 519-03(A)	$\bar{\rho}(x/\Delta x = 7) = 1010,9 \text{ kg/m}^3$	$\bar{\rho}(x/\Delta x = 7) = 1010,6 \text{ kg/m}^3$

Opmerking: De dichtheidsverdeling in verticale zin is bij de respectievelijke proeven verschillend (zie figuren 30, 31 en 32).

Uit de proevenseries T 510, T 511 en T 512, waarbij een dichtheidsverschil van 20 kg/m^3 is ingesteld, blijkt dat onder invloed van het kleiner worden van het getij de gelaagdheid toeneemt, terwijl als gevolg van de toename van het spuidebiet de gemiddelde dichtheid afneemt, met name ook in het meetpunt $x/\Delta x = 1$ (zie figuren 21, 22 en 23). In onderstaande tabel zijn ter bevestiging van het bovenstaande de over de getijperiode en over de vertikaal gemiddelde dichtheden $\bar{\rho}$ gegeven, gemeten in meetpunt $x/\Delta x = 1$.

proefnr.	"ijkproef" T 509.00	T 510.01	T 511.01	T 512.01
Q_{spui}	$30 \text{ m}^3/\text{s}$	100	300	600
$\bar{\rho}(x/\Delta x = 1)$	$\approx 1019 \text{ kg/m}^3$	1018,4	1017,6	1016,2

Overige omstandigheden: getijverschil $2a_0 = 3,60 \text{ m}$
 dichtheidsverschil $\Delta\rho = 20 \text{ kg/m}^3$

Indien nu gesteld mag worden, dat de zouttoestand gemeten in $x/\Delta x = 1$ als indicatie gehanteerd mag worden voor de zouttoestand aan het begin van de goot (\approx Zijpe), dan kan gesteld worden, dat de zeerandconditie bij schematisatie II, overeenkomende met het Zijpe ondanks het constant houden van het dichtheidsverschil $\Delta\rho$ op 20 kg/m^3 , kwalitatief goed wordt weergegeven. (Zie in dit verband het gestelde in paragraaf 4 en 6.2. met betrekking tot de zouttoestand op het Zijpe onder invloed van veranderende getijbeweging en spuidebiet). Op grond van bovenstaande overwegingen zou gesteld kunnen worden, dat de resultaten van voornoemde proevenseries T 510, T 511 en T 512 een eerste benadering van de werkelijkheid geven, zij het in de zin van een bovengrens (paragraaf 4).

8 Samenvatting

Door gehele of gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde zal de getijbeweging op het traject Keeten-Hellegat (Volkerakdam) veranderen. Daarnaast betekent de bouw van spuisluizen in de Volkerakdam een grote verandering van het zoetwaterdebiet (spuidebiet) van het Hollands Diep naar het Hellegat.

Een en ander heeft consequenties voor de zouttoestand op het traject Keeten-Hellegat en het daarmee samenhangende zoutbezwaar via de scheepvaartsluizen in de Volkerakdam van het Hellegat naar het Hollands Diep, waarbij moet worden vermeld, dat het aantal scheepvaartsluizen met twee zal toenemen.

Voor het verkrijgen van informatie over de in de toekomst te verwachten situaties qua zouttoestand op het traject Keeten-Hellegat, met name bij de Volkerakdam, is in de getijgoot onderzoek verricht. Daartoe is het traject Zijpe-Hellegat tot een rechthoekige goot met horizontale bodem geschematiseerd (diepte 6 m, breedte 1500 m), waarvan de getijgoot een hydraulisch model is. De zoutmetingen van de bij deze schematisatie uitgevoerde "ijkproef" (paragraaf 6.1.) gaven een redelijk goede overeenkomst te zien met de in het prototype gedane zoutmetingen (vergelijk figuur 11 met figuur 15).

Op grond van dit resultaat werd besloten een gevoeligheidsonderzoek uit te voeren bij genoemde schematisatie naar de zouttoestand bij de Volkerakdam als functie van het spuidebiet, het verticale getij en het dichtheidsverschil tussen het zoute water in het Zijpe en het gespuide zoete water bij de Volkerakdam. Deze laatste parameter is mede in beschouwing genomen vanwege het feit, dat bij voorbaat niet kon worden aangegeven in welke mate het zoutgehalte in het Zijpe afneemt bij een groter worden van het spuidebiet.

Indien gesteld mag worden, dat het zoutgehalte thans in het Zijpe in eerste benadering gelijk is aan dat van de Oosterschelde, betekent het optreden van gelaagdheid als gevolg van de reductie van het verticale getijverschil eveneens een afname van de gemiddelde dichtheid over de diepte in het Zijpe (zie paragraaf 4). Proeven uitgevoerd bij het thans aanwezige dichtheidsverschil tussen het zoute water in het Zijpe en het zoete gespuide water bij de Volkerakdam van circa 20 kg/m^3 geven derhalve een bovengrens voor de in werkelijkheid optredende zoutconcentratie.

Uit de metingen van het zoutgehalte bleek dat ook nabij de mond van de goot (\approx Zijpe) onder invloed van een toename van het spuidebiet het gemiddelde zoutgehalte afnam, terwijl er bij een kleiner worden van het verticale getijverschil toenemende gelaagdheid ging optreden. Met andere woorden de zout-

conditie aan het begin van de getijgoot, stelde zich als gevolg van de veranderingen in het vertikale getij respectievelijk het spuidebiet overeenkomstig de verwachtingen voor het prototype in. Dit betekent dat de gevonden resultaten van de proeven met een dichtheidsverschil van circa 20 kg/m^3 tevens als eerste benadering voor de situatie in het prototype gezien mogen worden. Daarbij wordt wel verondersteld, dat het zoutgehalte van de Oosterschelde niet beduidend kleiner wordt. Indien dit wel gebeurt moeten de proeven met een kleiner dichtheidsverschil worden beschouwd. De resultaten zijn samengevat in de figuren 18, 19 en 20.

TABEL I Overzicht uitgevoerde proeven

proefnr.	getijverschil $2a_0$ (m)	Q_{spui} (m ³ /s)	$\Delta\rho$ ') (kg/m ³)	opmerking
<u>"ijkproeven"</u>				
T 508.00	3,60	30	23(23,2)	schematisatie I
T 509.00	3,60	30	20(19,9)	schematisatie II
<u>Schematisatie I</u>				
T 513 - 01	3,60	100	23(22,9)	meetproef ")
T 513 - 02	1,80	100	23(22,8)	"
T 513 - 03	0,60	100	23(22,6)	"
T 514 - 01	3,60	300	23(22,9)	meetproef
T 514 - 02	1,80	300	23(22,7)	"
T 514 - 03	0,60	300	23(22,8)	"
<u>Schematisatie II</u>				
T 510 - 01	3,60	100	20(20,1)	meetproef
T 510 - 02	1,80	100	20(20,2)	"
T 510 - 03	0,60	100	20(20,4)	"
T 511 - 01	3,60	300	20(20,3)	meetproef
T 511 - 02	1,80	300	20(20,2)	"
T 511 - 03	0,60	300	20(20,1)	"
T 512 - 01	3,60	600	20(20,4)	meetproef
T 512 - 02	1,80	600	20(20,3 ⁵)	"
T 512 - 03	0,60	600	20(20,4)	"

') $\Delta\rho = \rho_{zeerand} - \rho_{spui}$
 $\rho_{zeerand}$ = dichtheid ingestelde in zeebassin van de getijgoot
 ρ_{spui} = dichtheid van Q_{spui}

N.B.: de gewenste waarde wordt aangegeven, de waarde tussen haakjes is de gerealiseerde waarde.

") meetproef : volledig doorgemeten proef.

TABEL I (vervolg)

proefnr.	getijverschil $2a_0$ (m)	Q_{spui} (m ³ /s)	$\Delta\rho$ (kg/m ³)	opmerking
<u>Schematisatie II</u>				
T 516 - 01	3,60	300	10(10,1)	meetproef
T 516 - 02	1,80	300	10(10,0)	inspeelproef ""
T 516 - 03	0,60	300	10(10,1)	meetproef
T 517 - 01	3,60	100	10(10,2)	meetproef
T 517 - 02	1,80	100	10(10,0)	"
T 517 - 03	0,60	100	10(10,6 ⁵)	"
T 518 - 01	3,60	600	10	niet uitgevoerd
T 518 - 02	1,80	600	10	niet uitgevoerd
T 518 - 03	0,60	600	10(10,2)	meetproef
T 519 - 01	3,60	100	15(15,3)	meetproef
T 519 - 02	1,80	100	15(15,4)	"
T 519 - 03	0,60	100	15(15,5)	"
T 519 - 03A	0,60	100	15(15,2)	"
T 520 - 01	3,60	300	15(15,3)	inspeelproef
T 520 - 02	1,80	300	15(15,2)	meetproef
T 520 - 02A	1,80	300	15(15,3)	"
T 520 - 03	0,60	300	15(15,4)	"
T 521 - 01	3,60	600	15	niet uitgevoerd
T 521 - 02	1,80	600	15	inspeelproef
T 521 - 03	0,60	600	15(15,3)	meetproef
T 521 - 03A	0,60	600	15(15,2)	"

"" inspeelproef : proef, waarbij alleen bepaald is of het zout tot de Volkeraksluizen komt.

TABEL II Gegevens van de proeven, uitgevoerd bij schematisatie I, in
model en prototype maten

Omschrijving	PROTO	MODEL
Getijverschil $2a_o$	3,60 m	0,09 m
Getijverschil $2a_o$	1,80 m	0,045 m
Getijverschil $2a_o$	0,60 m	0,015 m
Bovenafvoer Q_{spui}	30 m ³ /sec	0,115 l/sec
Bovenafvoer Q_{spui}	100 m ³ /sec	0,38 l/sec
Bovenafvoer Q_{spui}	300 m ³ /sec	1,14 l/sec
Waterdiepte	6,00 m	0,15 m
Ruwheid (Chézy-waarde) bij 6 m waterdiepte (prototype maat)	$C = 54 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{sec}$	$C = 12 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{sec}$
Gootlengte	35100 m	43,87 m
Gootbreedte	700 m	0,67 m
Schalen: n_1	-	1 : 800
n_h	-	1 : 40
n_b	-	1 : 1045
Getijperiode T	12 u. 25 min	5 min 53 sec
Toegepaste ruwheid bij de proeven	staafjes (5 x 5 mm ²) (aantal: 135 per 2 m gootlengte)	

TABEL III

Gegevens van de proeven, uitgevoerd bij schematisatie II, in model en prototype maten

Omschrijving	PROTO	MODEL
Getijverschil $2a_o$	3,60 m	0,09 m
Getijverschil $2a_o$	1,80 m	0,045 m
Getijverschil $2a_o$	0,60 m	0,015 m
Bovenafvoer Q_{spui}	30 m ³ /sec	0,055 l/sec
Bovenafvoer Q_{spui}	100 m ³ /sec	0,18 l/sec
Bovenafvoer Q_{spui}	300 m ³ /sec	0,53 l/sec
Bovenafvoer Q_{spui}	600 m ³ /sec	1,06 l/sec
Waterdiepte	6,00 m	0,15 m
Ruwheid (Chézy-waarde) bij 6,0 m waterdiepte (prototype maat)	$C = 54 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{sec}$	$C = 12 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{sec}$
Gootlengte	23400 m	29,25 m
Gootbreedte	1500 m	0,67 m
Schalen: n_l	-	1 : 800
n_h	-	1 : 40
n_b	-	1 : 2240
Getijperiode T	12 u. 25 min	5 min 53 sec
Toegepaste ruwheid bij de proeven	staafjes ($5 \times 5 \text{ mm}^2$) (aantal: 135 per 2 m gootlengte)	

TABEL IV

Proefresultaten (N.B. meetpunt $x/\Delta x = 7$ heeft betrekking op proeven bij schematisatie II)

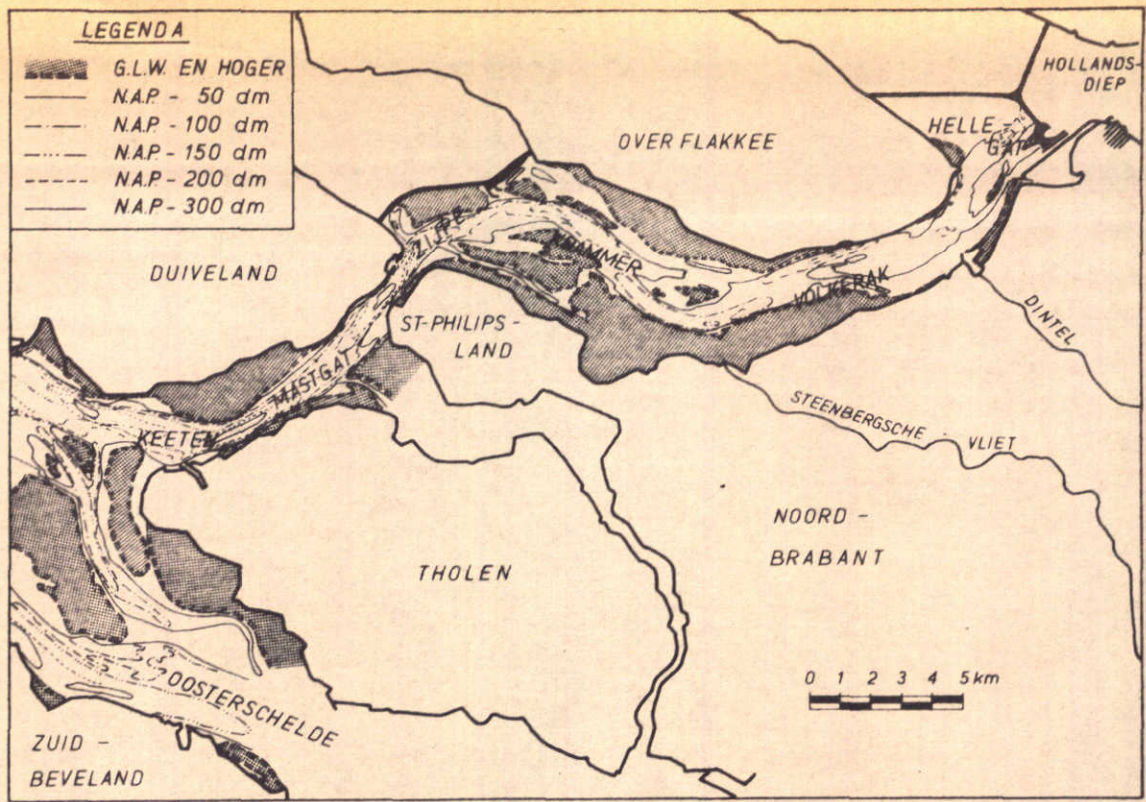
Proefnr.	$\tilde{\rho}(x/\Delta x = 7)$ (kg/m ³)	gemiddeld Chloride gehalte in $x/\Delta x = 7$ (gr. Cl./l.)	proeftemp. (°C)	opmerkingen
T 508 - 00	-	-	12,4	"ijkproef"
T 509 - 00	-	-	≈ 12	"ijkproef"
T 513 - 01	-	-	10,8	schematisatie I
T 513 - 02	-	-	10,8	"
T 513 - 03	-	-	11,3	"
T 514 - 01	-	-	11,6	"
T 514 - 02	-	-	11,6	"
T 514 - 03	-	-	11,5	"
T 510 - 01	1006,9	5,1	10,5	
T 510 - 02	1011,1	8,2	11,8	
T 510 - 03	1014,4	10,7	12,5	
T 511 - 01	1003,3	2,6	12,1	
T 511 - 02	1007,3	5,5	11,5	
T 511 - 03	1011,5	8,5	11,7	
T 512 - 01	-	-	12,5	geen zout gemeten in $x/\Delta x = 7$
T 512 - 02	1004,3	3,4	12,2	
T 512 - 03	1007,4	5,6	12,0	
T 516 - 01	-	-	11,9	geen zout gemeten in $x/\Delta x = 7$
T 516 - 02	-	-	10,8	') inspeelproef
T 516 - 03	1004,3	3,4	12,5	
T 517 - 01	1000,6	0,7	12,1	
T 517 - 02	1002,3	1,8	10,8	
T 517 - 03	1007,1	5,8	15,4	
T 518 - 01	-	-	-	') niet uitgevoerd
T 518 - 02	-	-	-	') niet uitgevoerd
T 518 - 03	1001,9	1,7	12,5	
T 519 - 01	1003,0	2,6	13,6	
T 519 - 02	1007,1	5,5	13,2	
T 519 - 03	1010,9	8,6	16,0	
T 519 - 03A	1010,6	8,2	15,2	
T 520 - 01	-	-	13,7	inspeelproef
T 520 - 02	1004,0	3,3	13,9	
T 520 - 02A	1004,3	3,6	14,3	
T 520 - 03	1007,3	6,0	16,1	
T 521 - 01	-	-	-	') niet uitgevoerd
T 521 - 02	-	-	-	') inspeelproef
T 521 - 03	1004,7	3,8	13,7	
T 521 - 03A	1004,9	3,9	13,5	

De dichtheid van het zoete water (spuidebiet) is gemiddeld 999,8 kg/m³. Dit komt overeen met circa 0,1 gr. Cl./l.

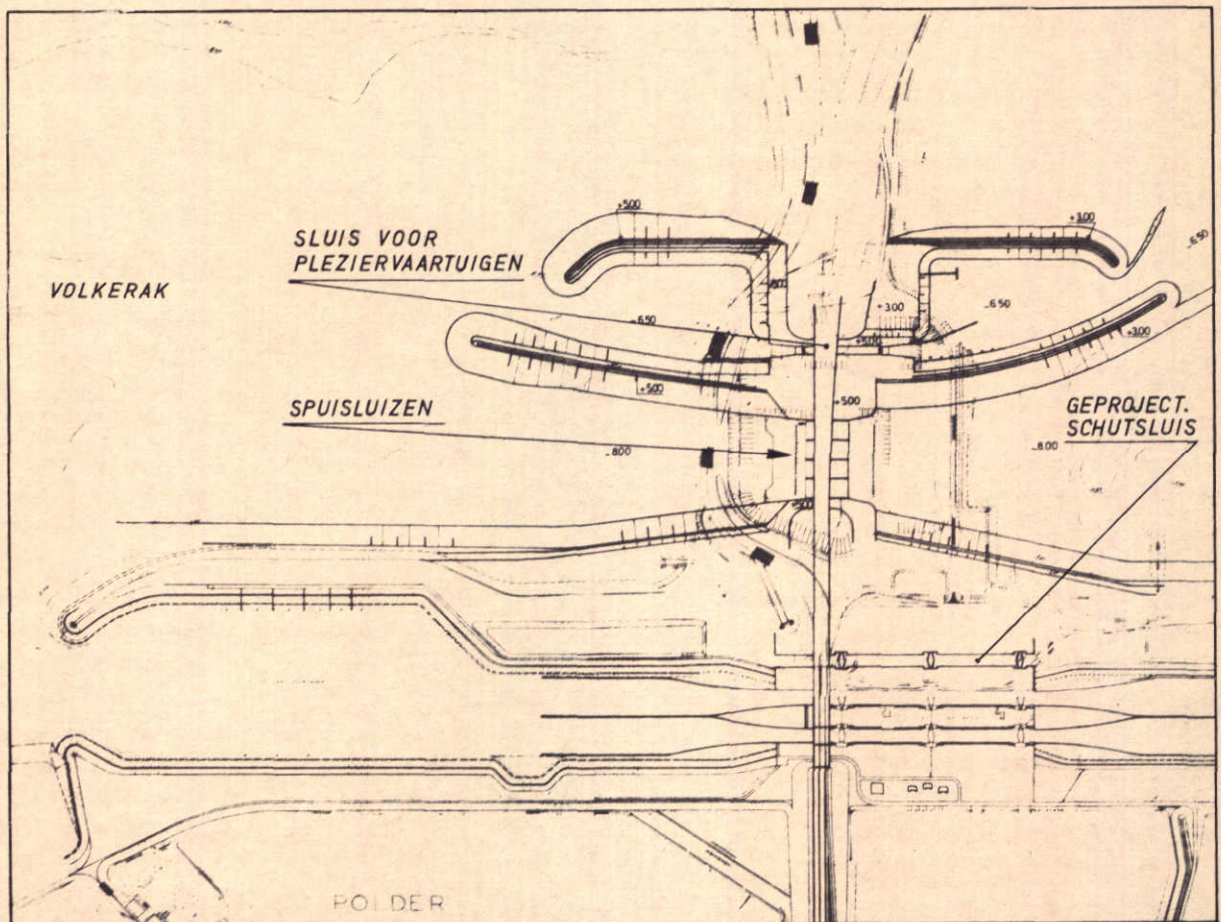
Voor de omrekening van dichtheid naar Chloride-gehalte wordt vgl. 6.1. gebruikt (par. 6). De coëfficiënten ρ_0 en β zijn ontleend aan Knudsen, "Hydrographical tables", 1901.

Bronvermelding figuren met prototype gegevens

- Fig. 1.a : Bodemligging Zeeuwse Meer en Grevelingen bekken, uit lodingen 1968, Rijkswaterstaat Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling.
- Fig. 1.b : Schelde-Rijnverbinding, Volkerak werken, ontwerp aansluitende werken inlaatsluis en jachtsluis, Rijkswaterstaat Deltadienst, Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding, tek.nr. 71-10302.
- Fig. 4 en 5 : De breedte als functie van de diepte voor kmr. 1 t/m 34 van het traject Volkerak-Keeten, gebaseerd op peilingen verricht in 1971 door R.W.S., W.A., Meetdienst Zierikzee, Rijkswaterstaat Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling.
- Fig. 6 en 7 : Vertikaal getij gemeten te Zierikzee, Bruinisse en Stavenisse, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging.
- Fig. 8 : Chloride gehalte op de Oosterschelde bij Zierikzee, tek.nr. 73.605; Chloride gehalte op het Zijpe bij Bruinisse, tek.nr. 73.607, Rijkswaterstaat Deltadienst, Afdeling Waterhuishouding C.A.
- Fig. 9 : Situatiekaart zoutmeetpunten op Volkerak en Krammer, tek.nr. 72.2195, Rijkswaterstaat Deltadienst, Afdeling Waterhuishouding.
- Fig. 10 en 11: Isohalinen in het Volkerak en de Krammer, gemeten op 23-3-1973, Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, sectie Waterbeheersing.
- Fig. 12 : Isohalinen in het Volkerak en de Krammer, gebaseerd op gemeten zoutvertikalen (Chloride gehalten) op 27-1-1972, Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, sectie Waterbeheersing.



a. DIEPTELIJNEN



b SITUATIE SLUIZENCOMPLEX

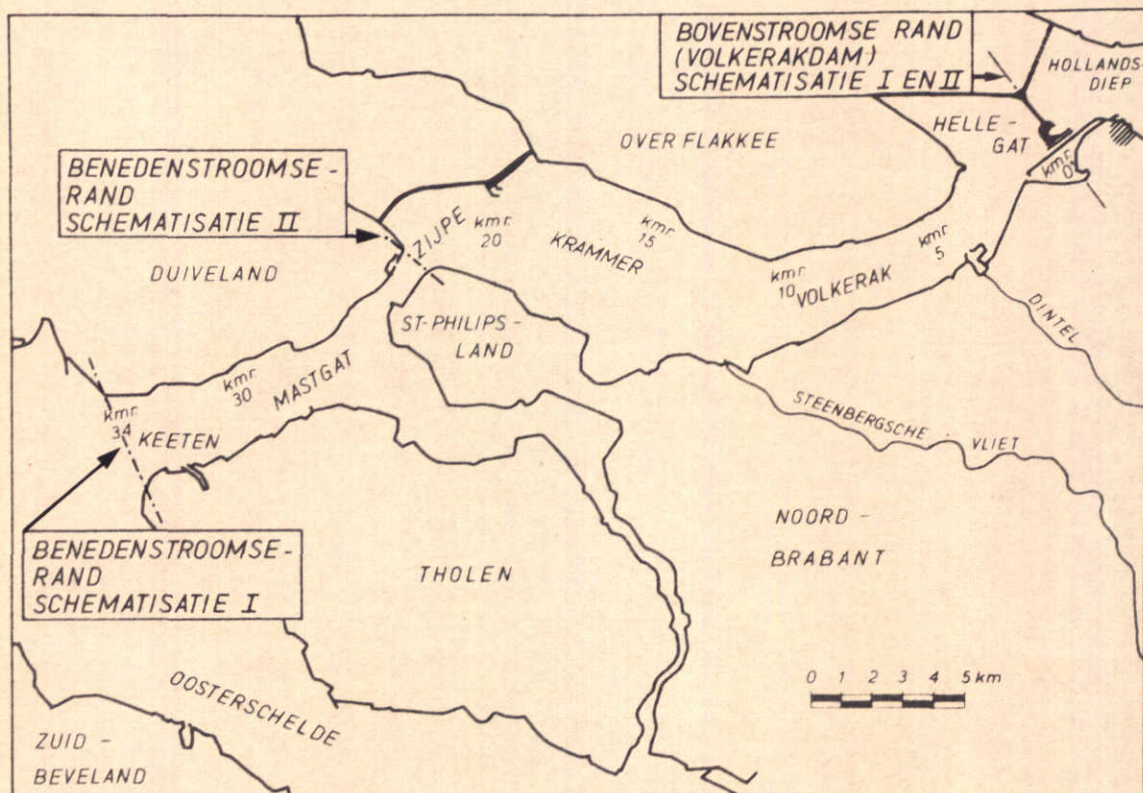
SITUATIE SCHETSEN

JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 2251 FIG. 1



SITUERING SCHEMATISATIES t.o.v.
HET PROTOTYPE

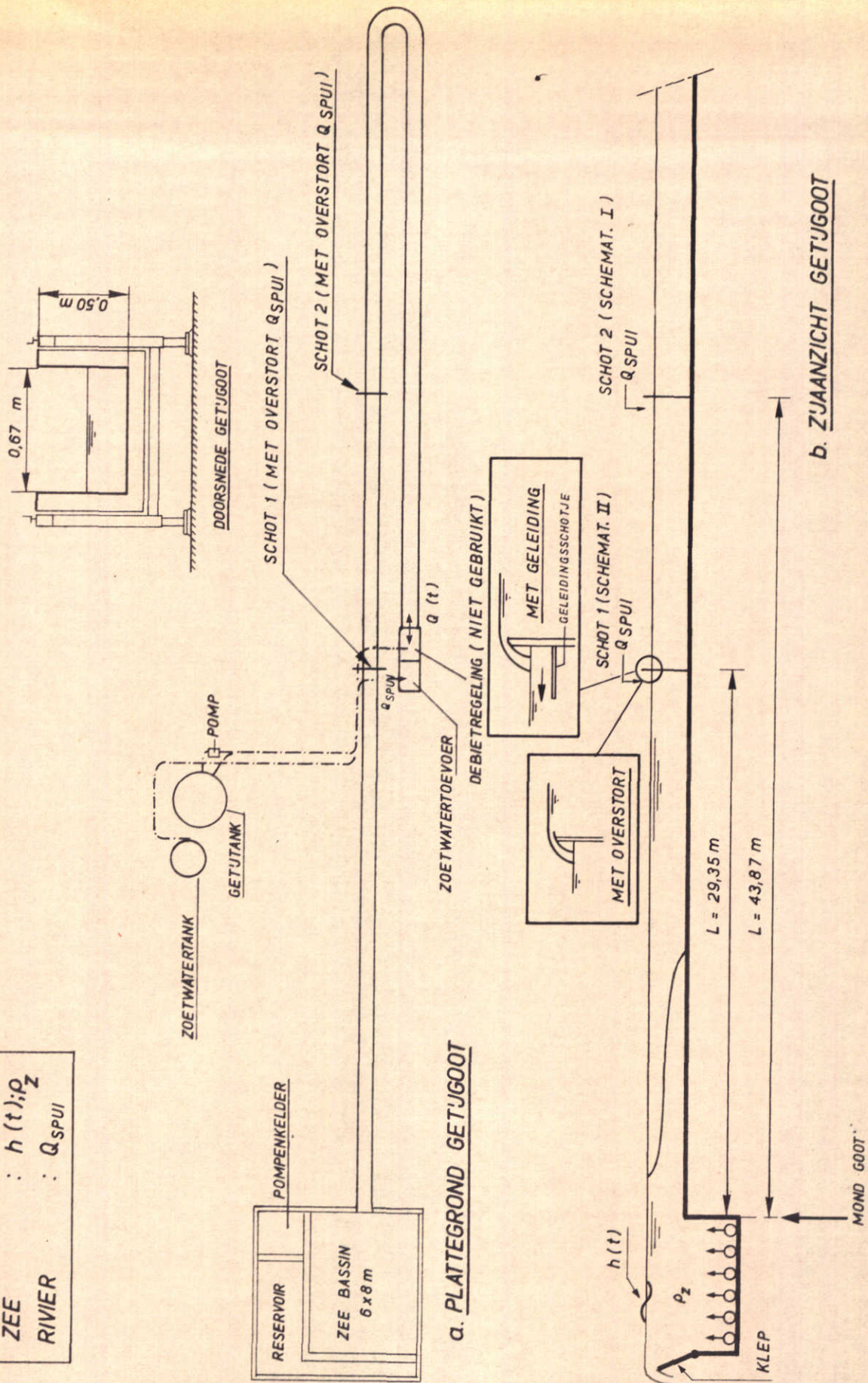
JM

A4

WATERLOÖPKUNDIG LABORATORIUM

M. 896 - 2253 FIG. 3

RANDINSTELLING	
ZEE	: $h(t); p_z$
RIVIER	: Q_{SPUI}



a. PLATTEGROND GETJUGOOT

b. ZJAANZICHT GETJUGOOT

MEETOPSTELLING GETJUGOOTPROEVEN

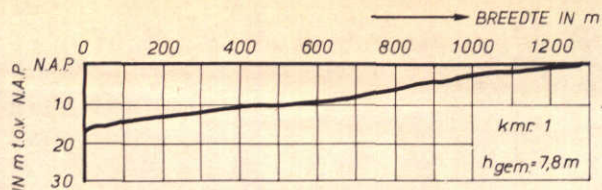
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

JM

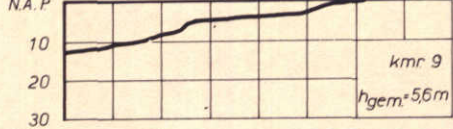
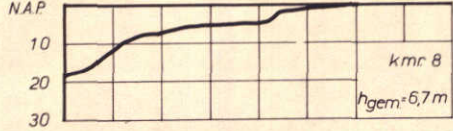
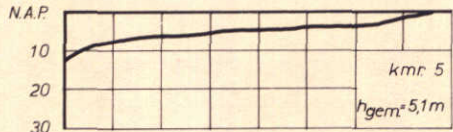
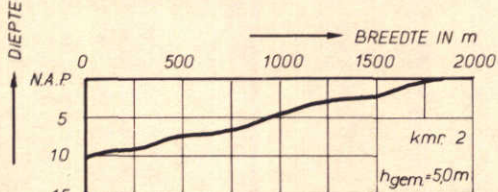
A4

M 896 - 2252

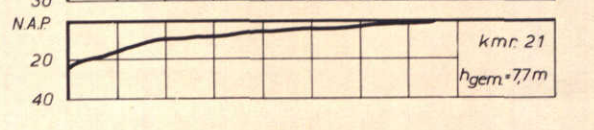
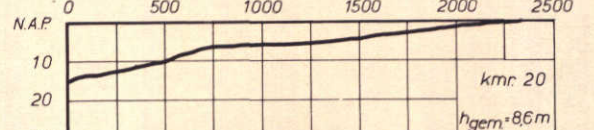
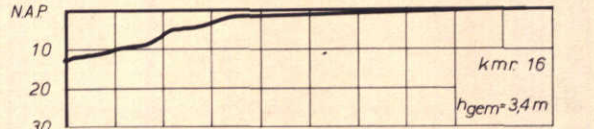
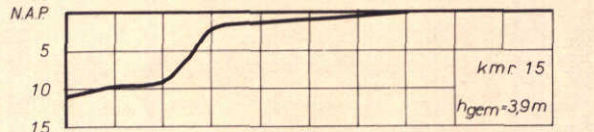
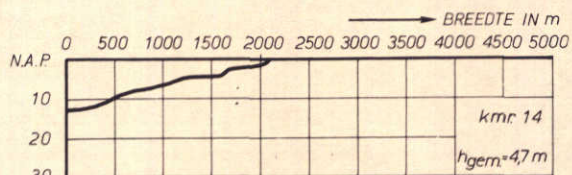
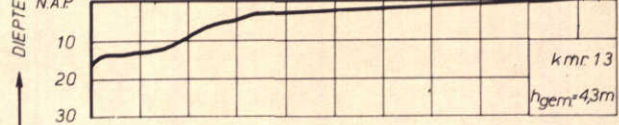
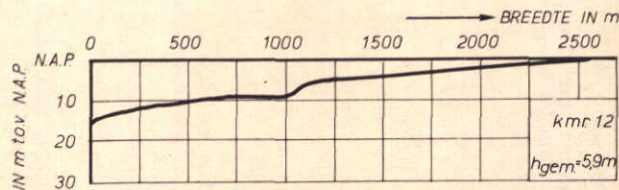
FIG. 2



HELLEGAT (VOLKERAKDAM)



VOLKERAK



KRAMMER

DE BREEDTE ALS FUNCTIE VAN DE DIEPTE
VAN HET TRAJECT VOLKERAK - KRAMMER

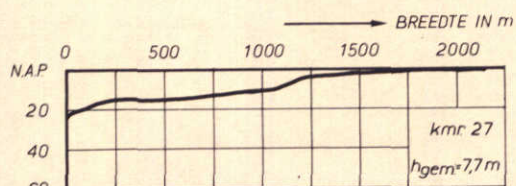
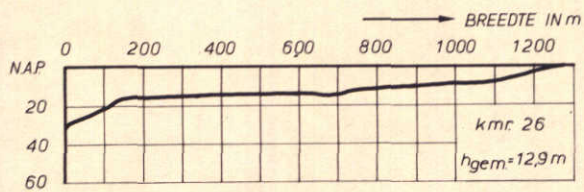
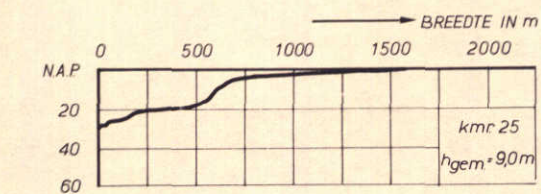
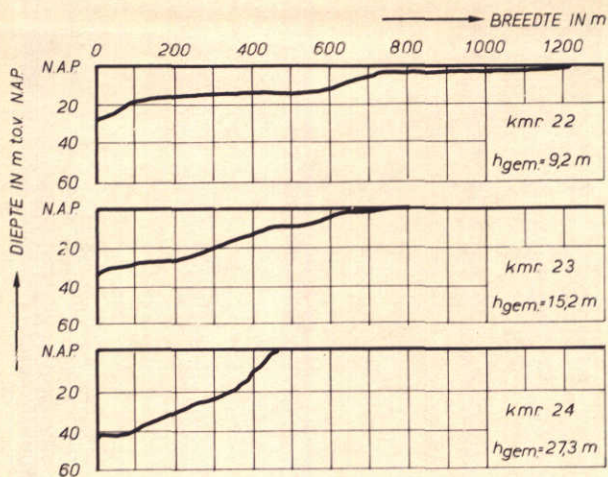
R.R.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

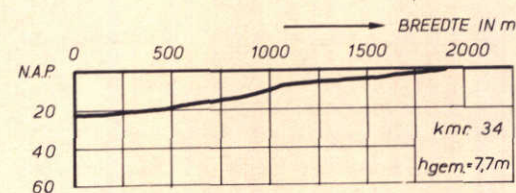
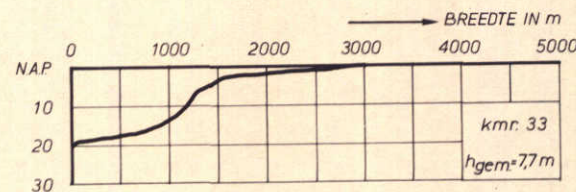
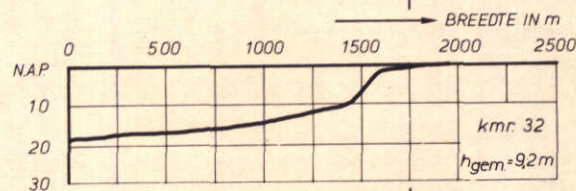
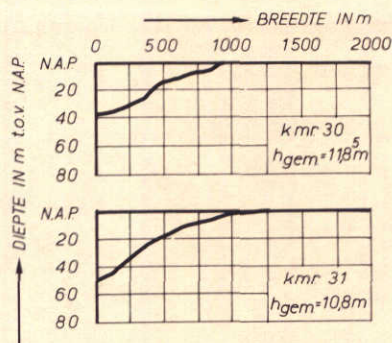
M.896 - 2247

FIG. 4



ZUJPE

MASTGAT

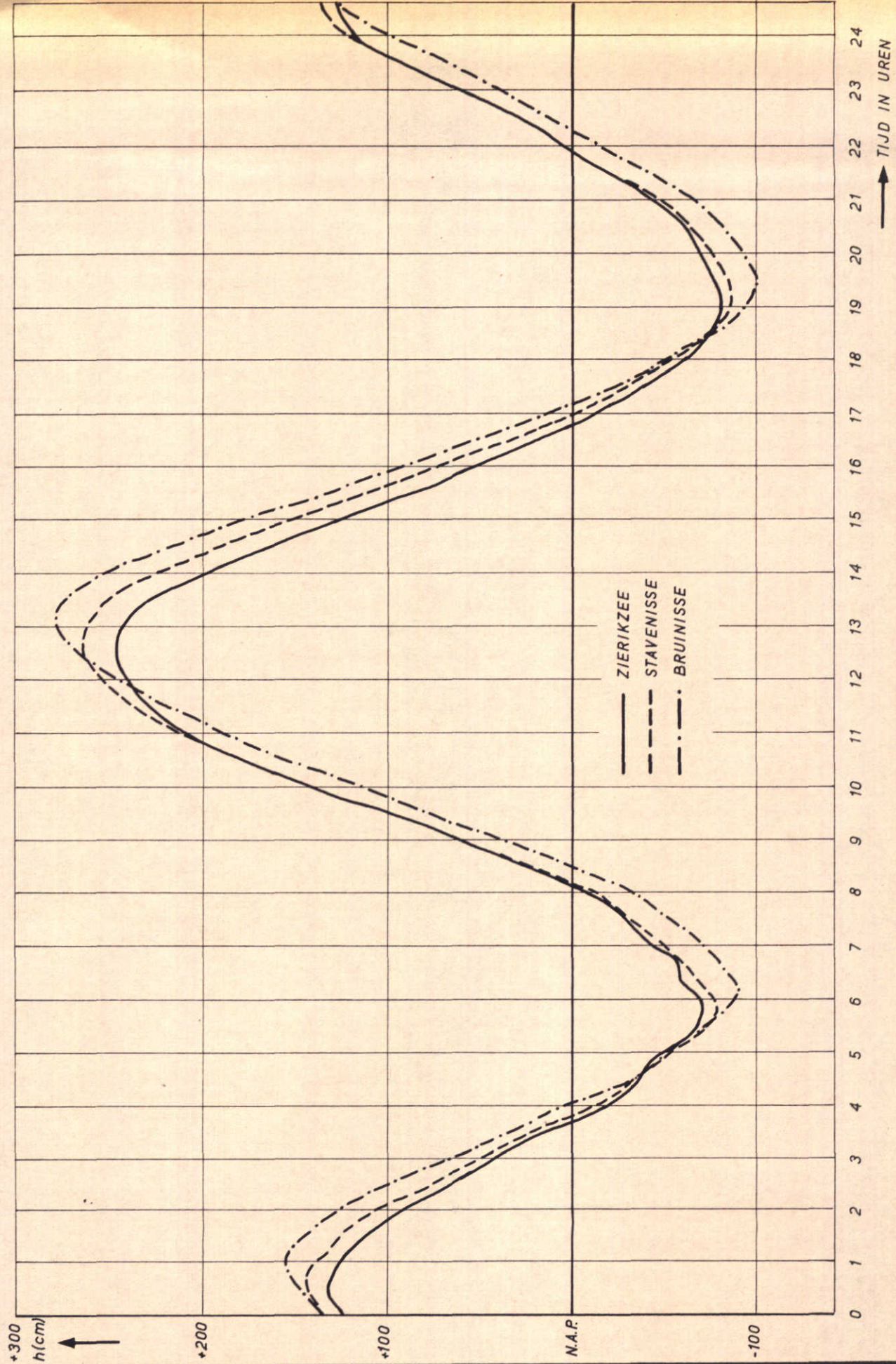


KEETEN

DE BREEDTE ALS FUNCTIE VAN DE DIEPTE
VAN HET TRAJECT ZUJPE - KEETEN

R.R.

A4



PROTOTYPE GEGEVENS BETREFFENDE
 VERTIKAAL GETIJ GEMETEN OP 27-1-1972

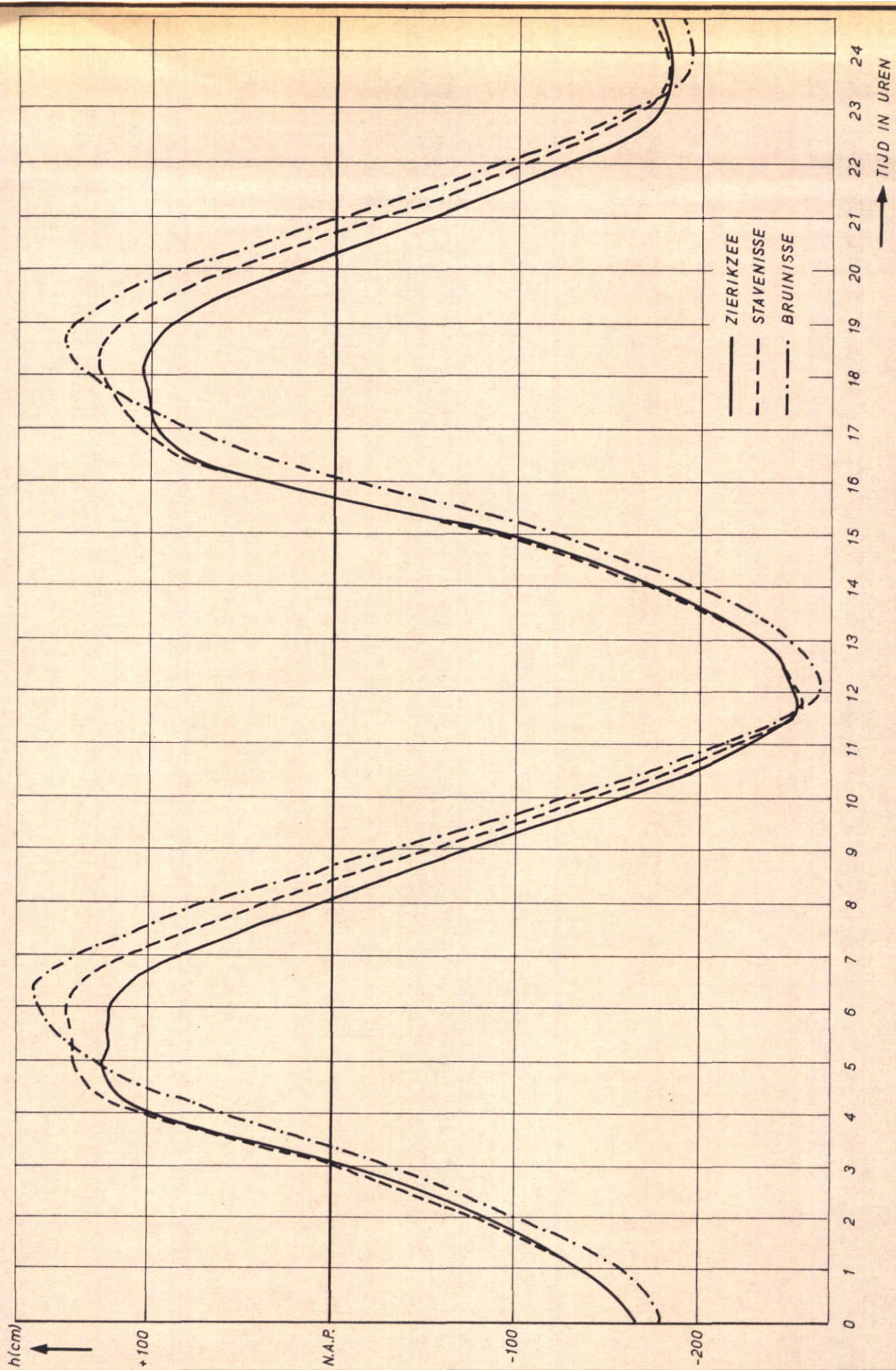
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 896 - 2254

FIG. 6

JM

A4



PROTOTYPE GEGEVENS BETREFFENDE
 VERTIKAAL GETIJ GEMETEN OP 3-2-1972

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

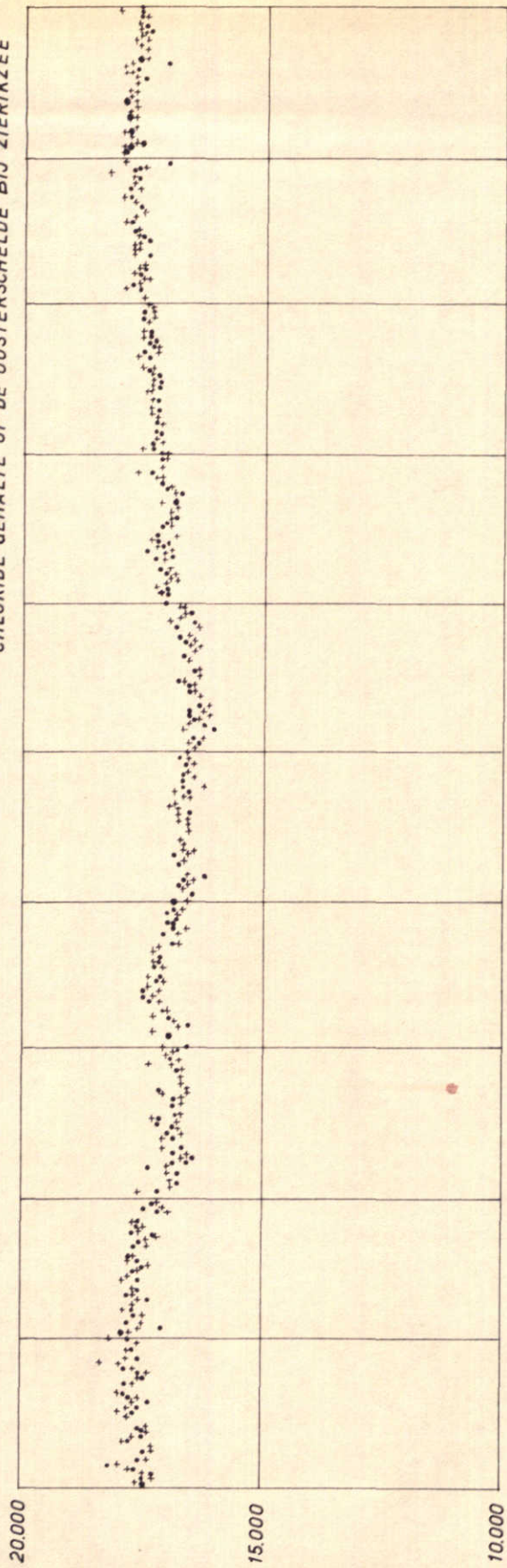
JM

A4

M.896 -2255

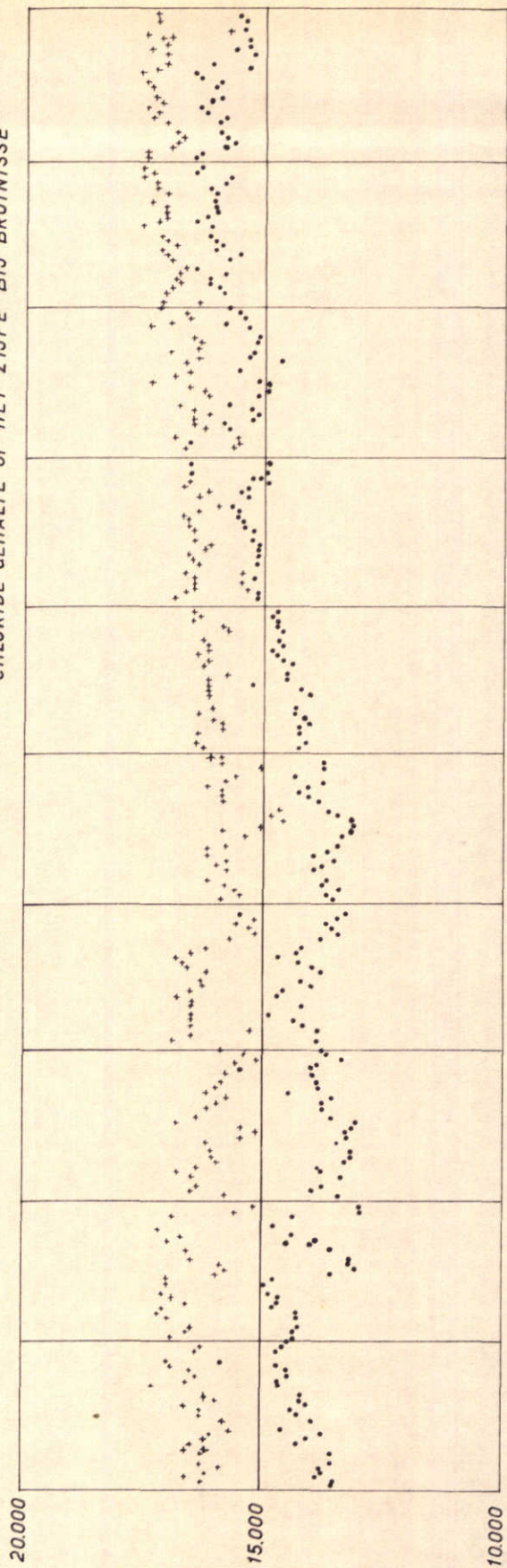
FIG. 7

CHLORIDE GEHALTE OP DE OOSTERSCHELDE BIJ ZIERIKZEE



CHLORIDE GEHALTE IN mg/l ←

CHLORIDE GEHALTE OP HET ZIJPE BIJ BRUINISSE



JANUARI FEBRUARI MAART APRIL MEI JUNI JULI AUGUSTUS SEPTEMBER OKTOBER

CHLORIDE GEHALTEN GEMETEN AAN HET OPPERVLAK
BIJ ZIERIKZEE EN BRUINISSE

+ H.W.
• L.W.

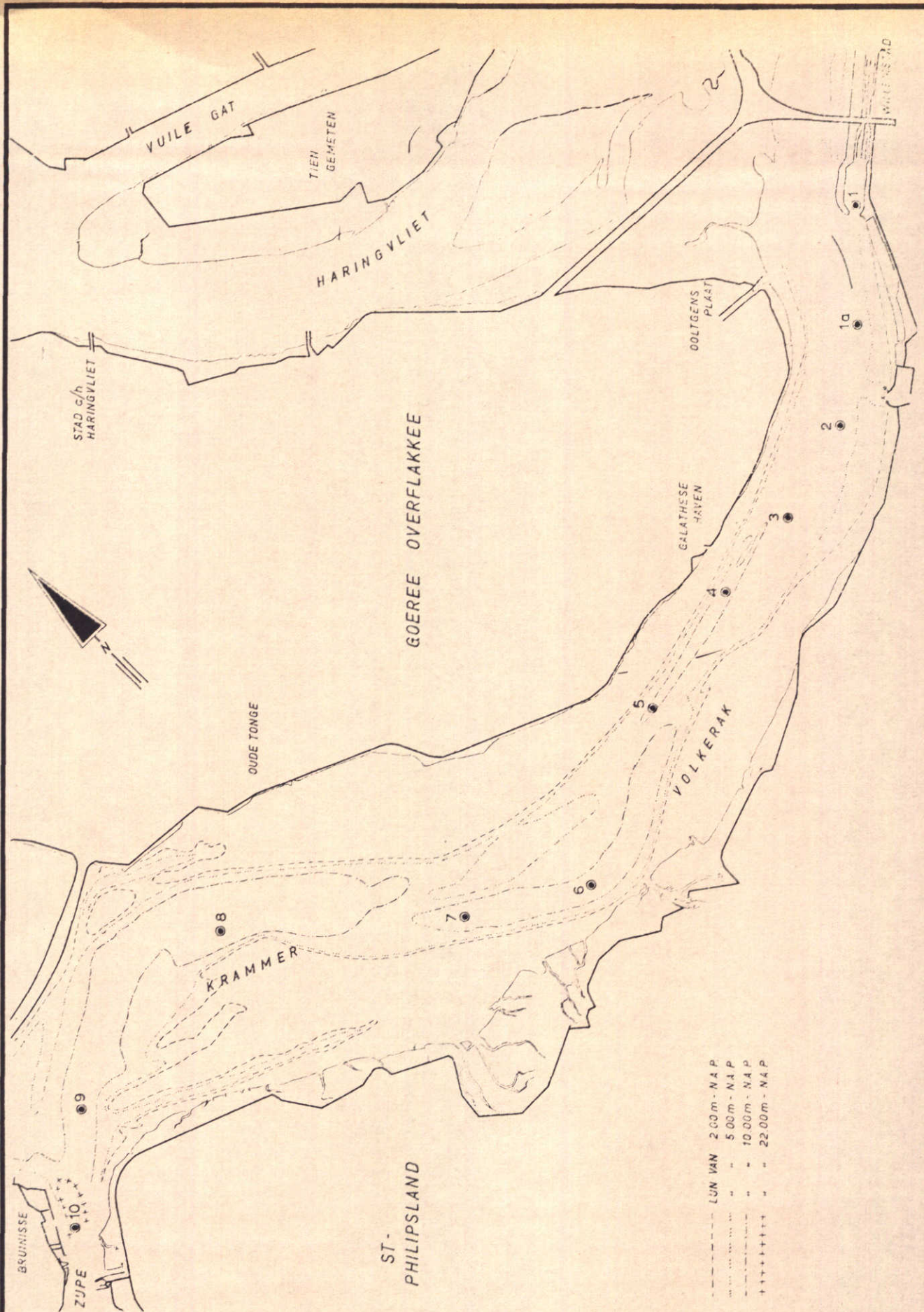
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 2256

FIG. 8



SITUATIEKAART ZOUTMEETPUNTEN OP
VOLKERAK EN KRAMMER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

● ZOUTMEETPUNT

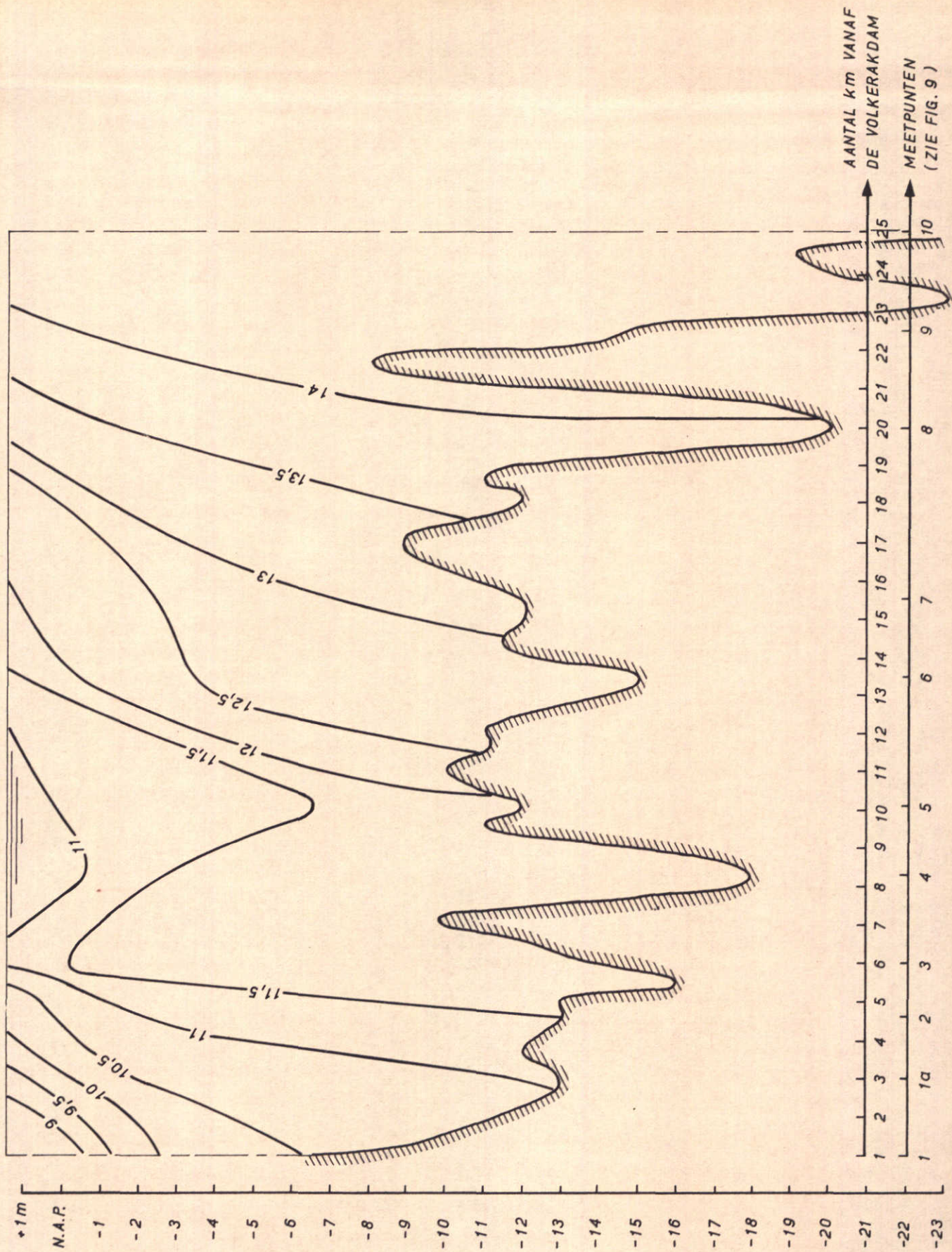
JM

A 4

M.896 - 2263

FIG. 9

--- LUN VAN 2.00m - N.A.P.
 - - - - - " 5.00m - N.A.P.
 " 10.00m - N.A.P.
 + + + + + " 22.00m - N.A.P.



ISOHALINEN IN HET VOLKERAK EN DE
KRAMMER BIJ HOOGWATER OP 23-3-1973

BIJ DE LIJNEN GEGEVEN
CL. GEHALTE IN gr/l

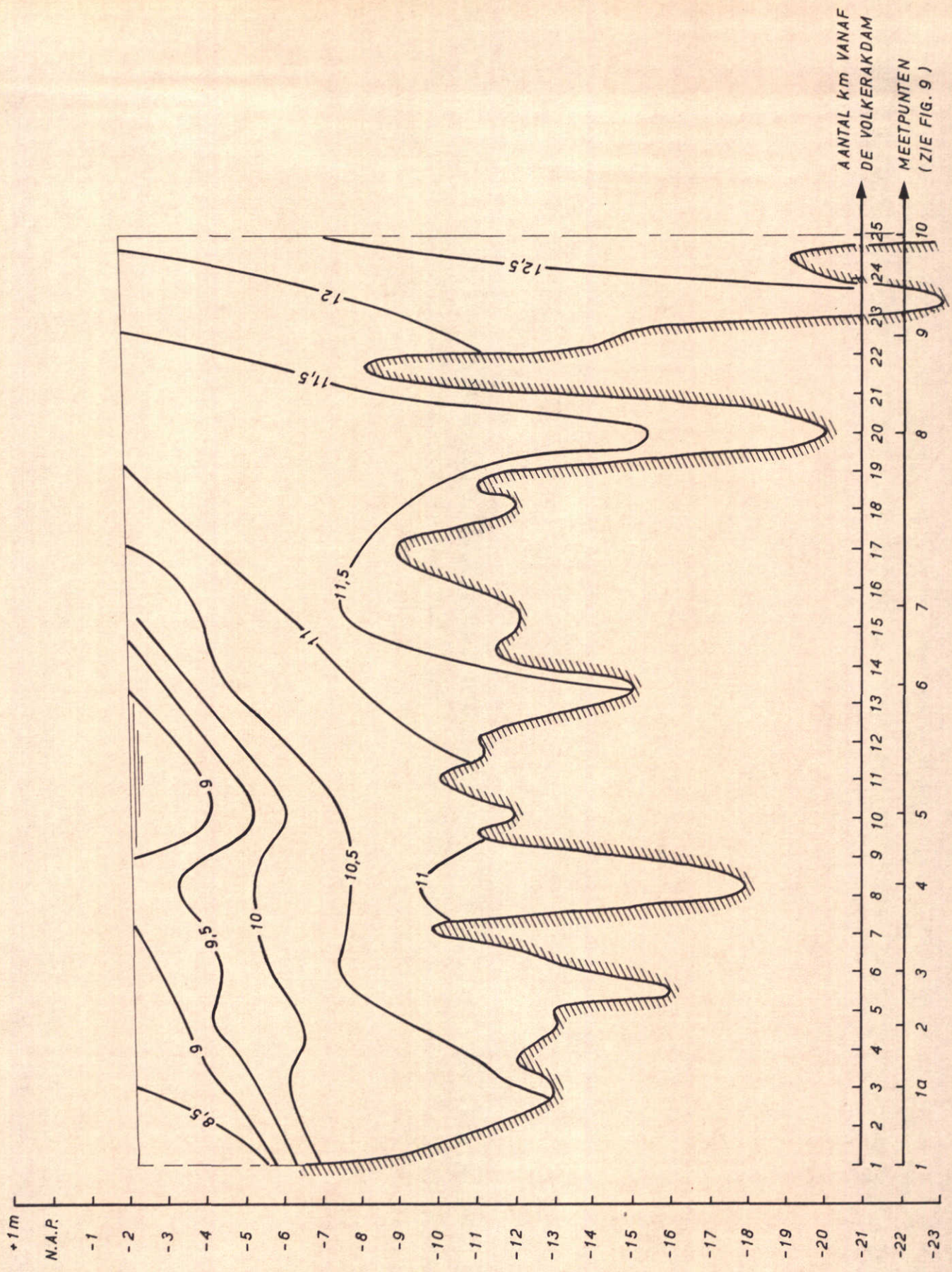
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 2257

FIG.10



ISOHALINEN IN HET VOLKERAK EN DE
KRAMMER BIJ LAAGWATER OP 23-3-1973

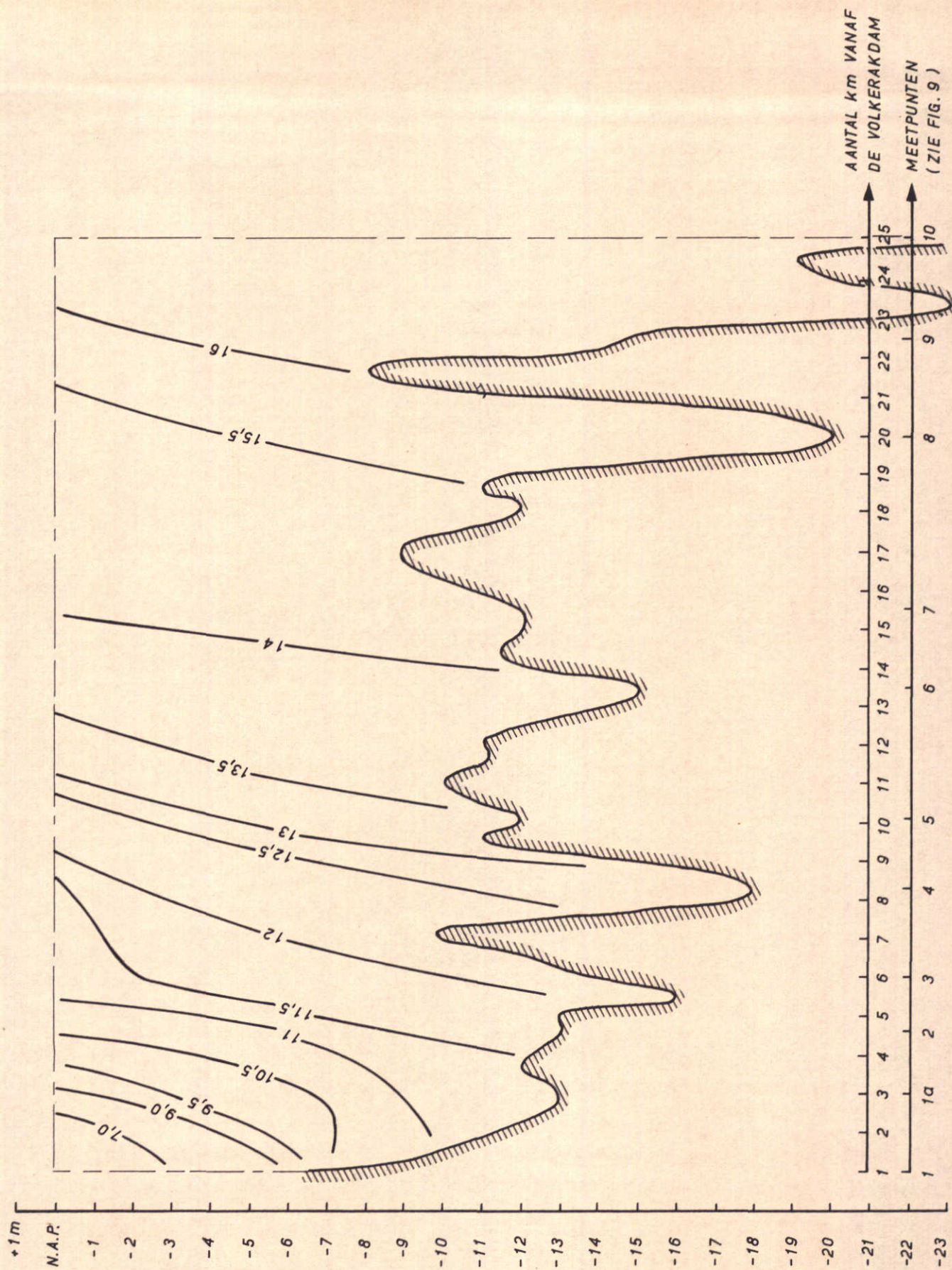
BIJ DE LIJNEN GEGEVEN
CL. GEHALTE IN gr/l JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 2258

FIG.11



ISOHALINEN IN HET VOLKERAK EN DE
KRAMMER BIJ HOOGWATER OP 27-1-1972

BIJ DE LIJNEN GEGEVEN
CL. GEHALTE IN gr/l

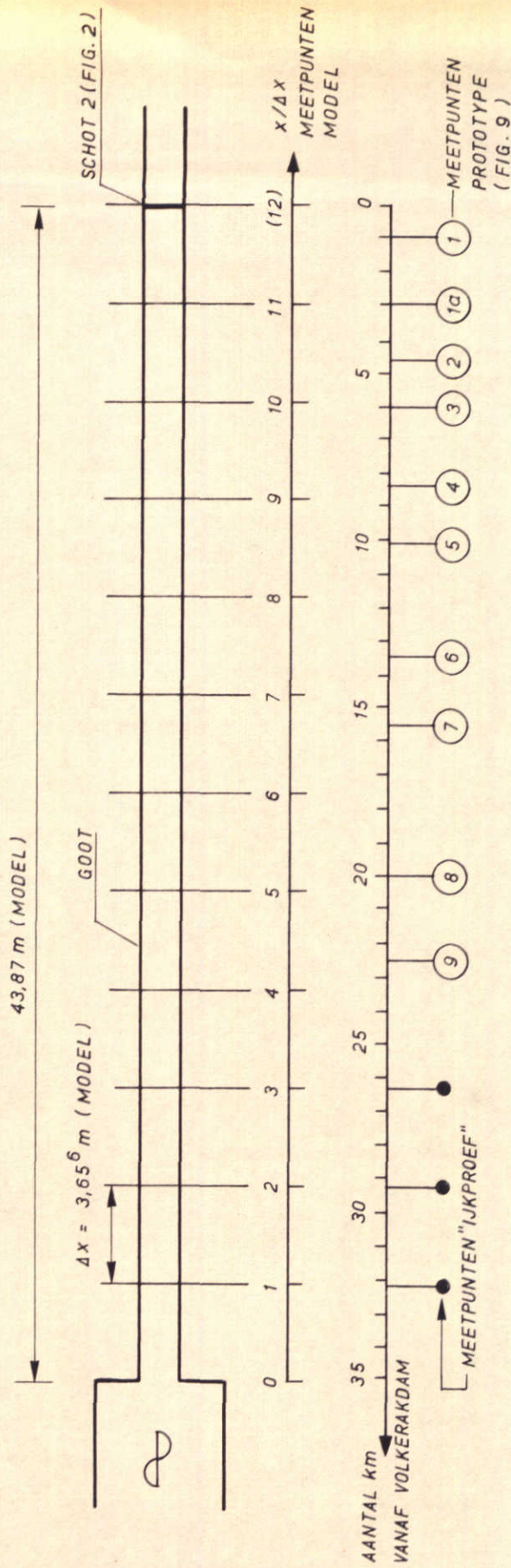
JM

A4

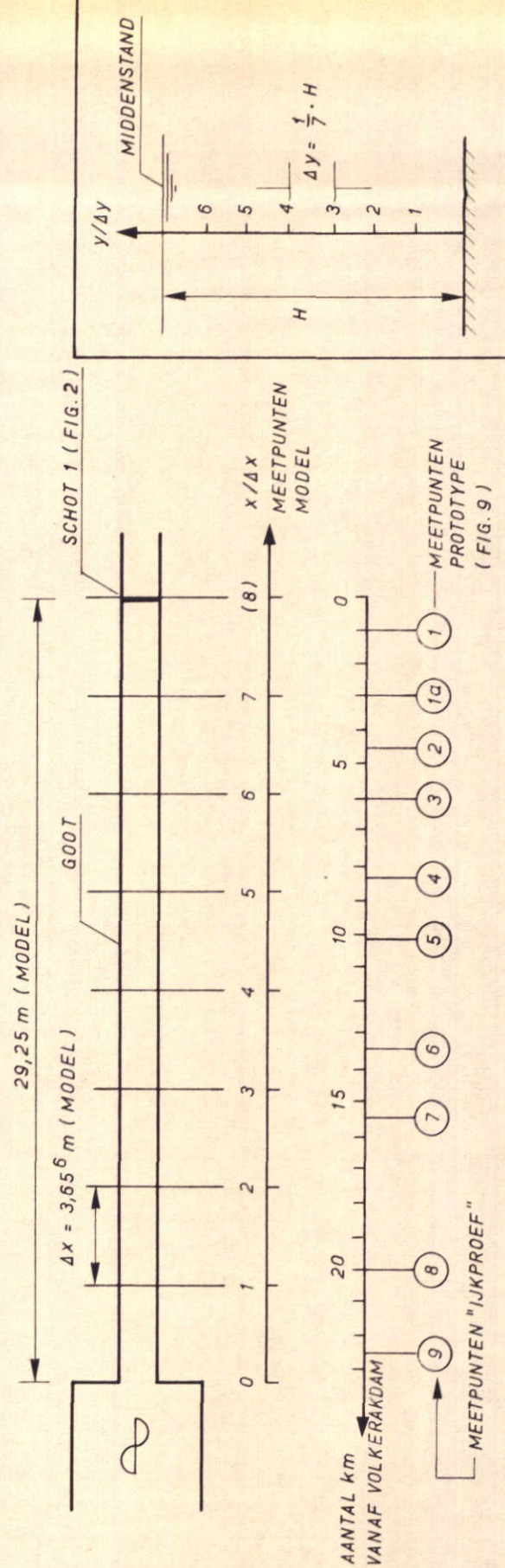
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 2259

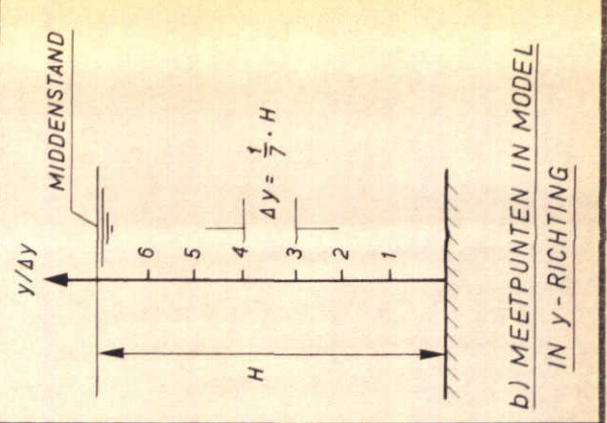
FIG.12



SCHEMATISATIE I



SCHEMATISATIE II



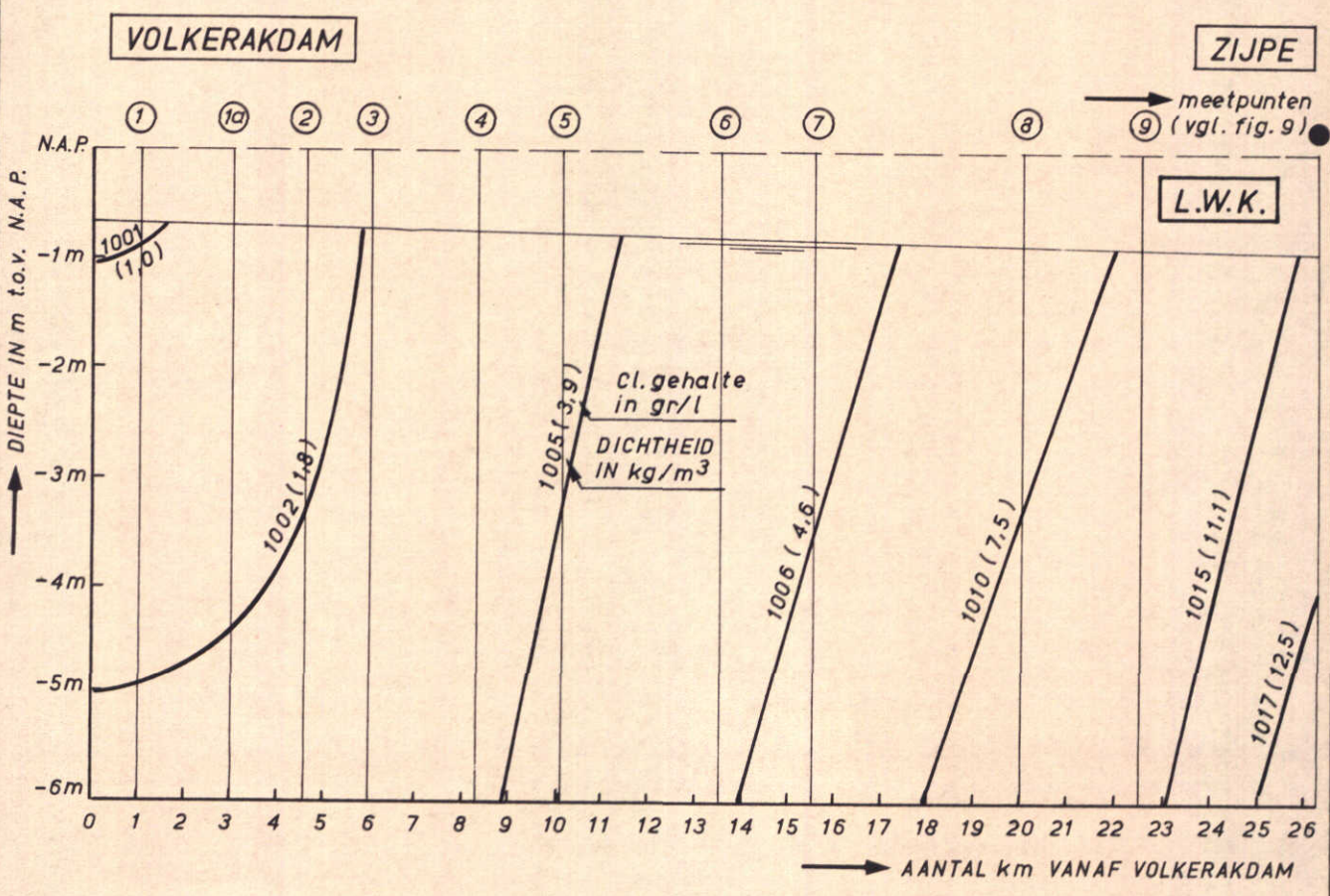
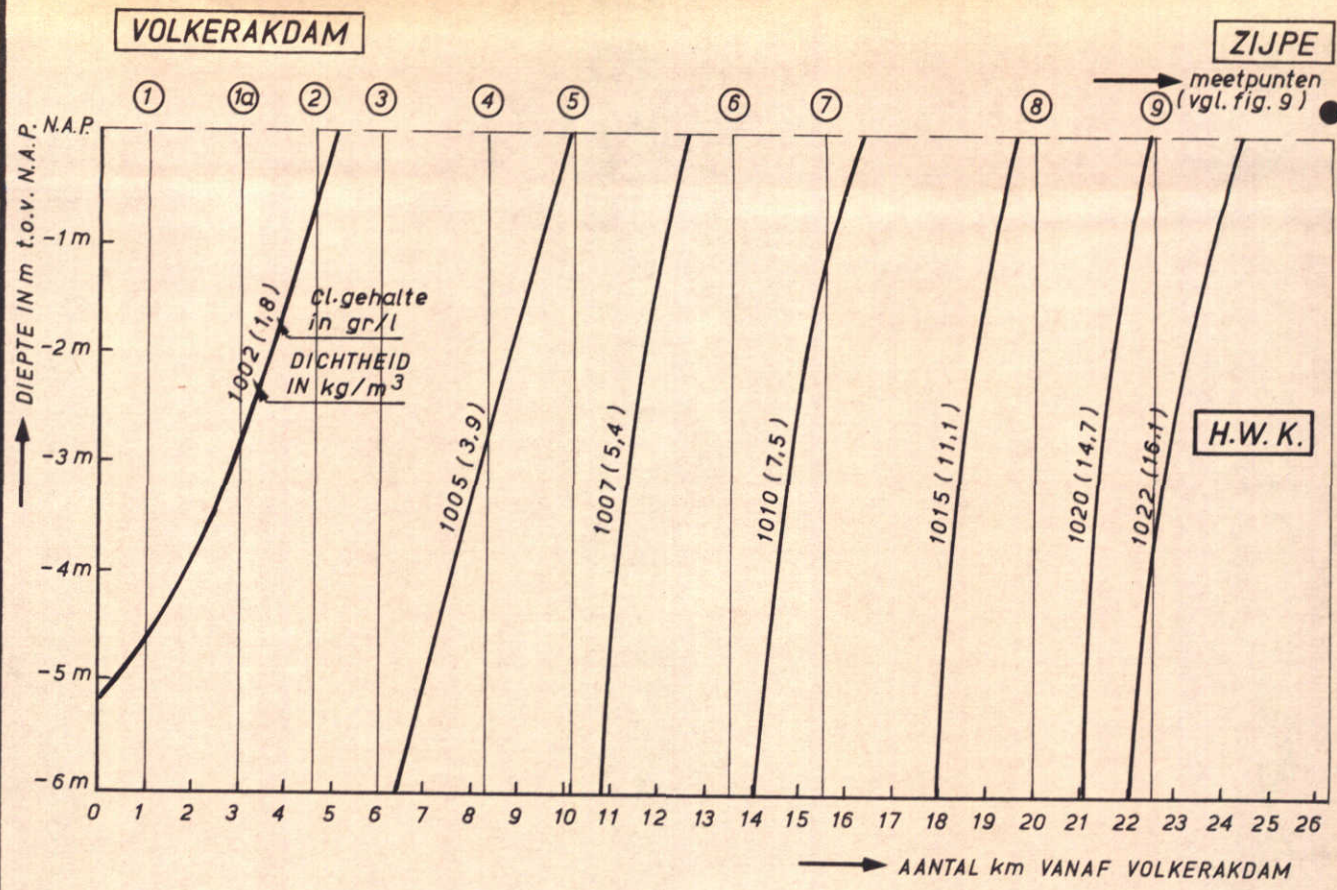
b) MEETPUNTEN IN MODEL IN y-RICHTING

a) MEETPUNTEN IN x-RICHTING

BEMONSTERINGSSCHEMA BIJ DE
RESP. SCHEMATISATIES

JM

A4



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. BIJ DE
"IJKPROEF", UITGEVOERD BIJ SCHEMATISATIE I

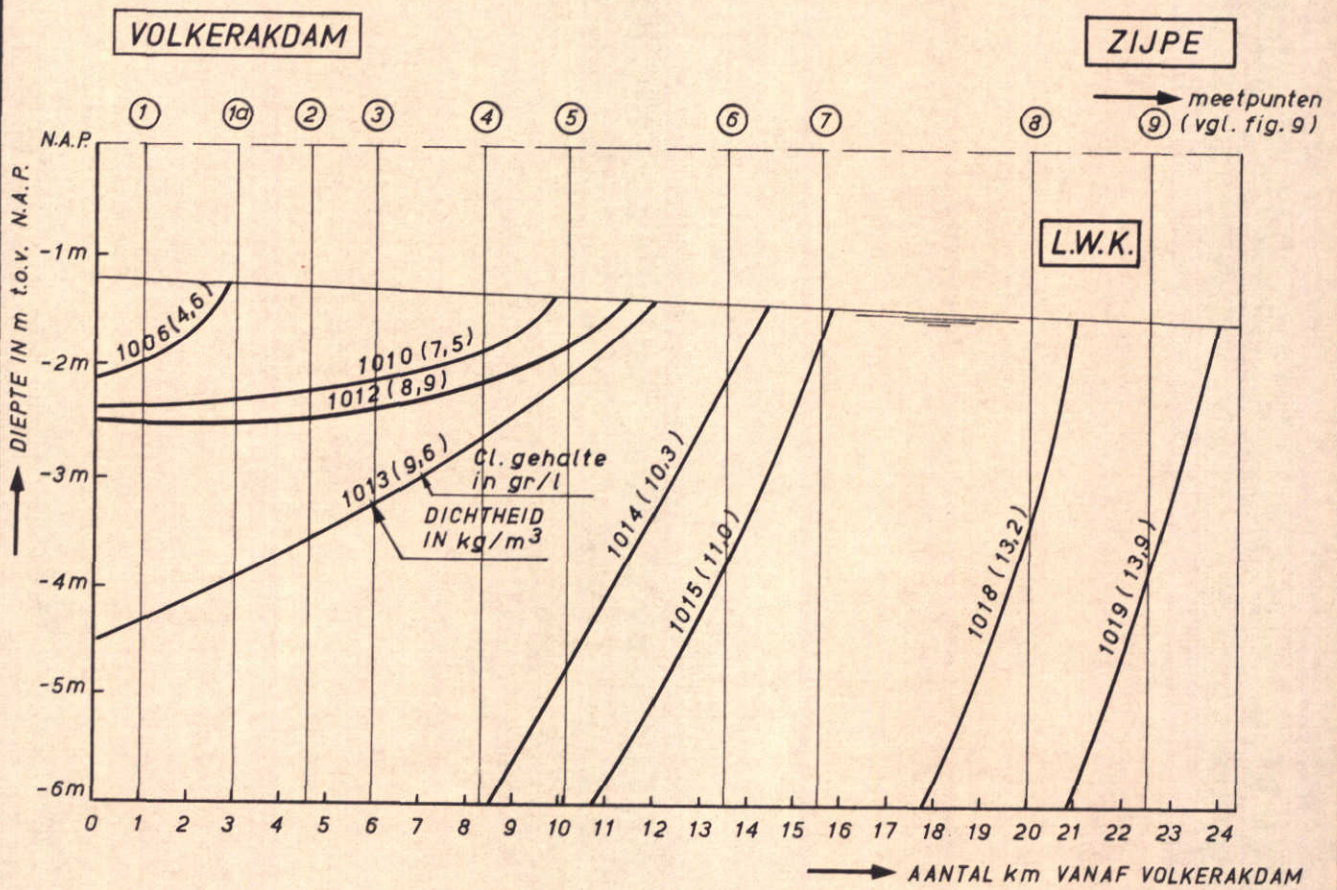
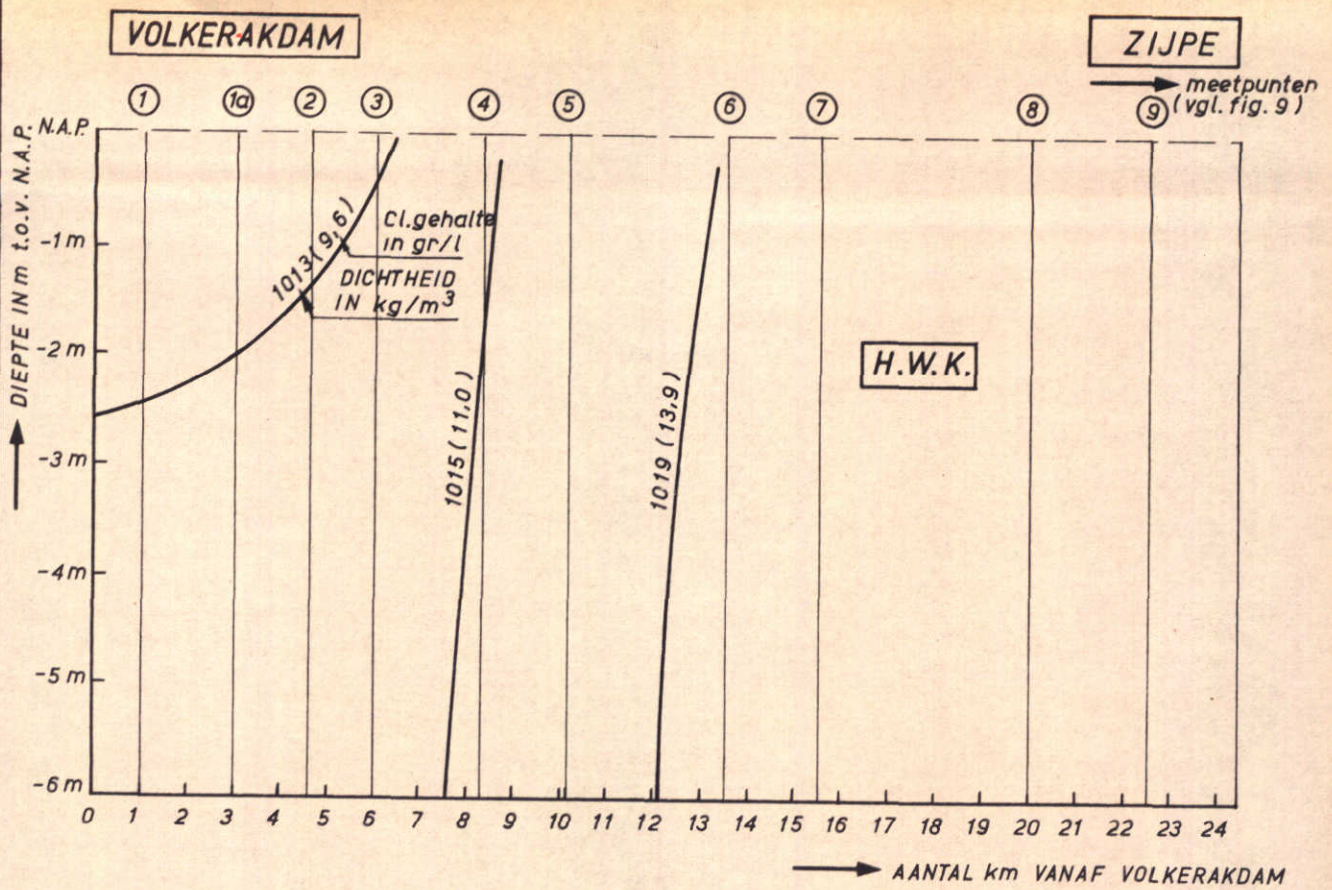
PROEF : T 508.00
Q_{SPIJ} = 30 m³/s
2a₀ = 3,60 m
Δρ = 23 kg/m³

JM
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 896 - 2261

FIG. 14



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. BIJ DE
"IJKPROEF", UITGEVOERD BIJ SCHEMATISATIE II

PROEF : T 509.00
Q_{SPUI} = 30 m³/s
2a₀ = 3,60 m
Δρ = 20 kg/m³

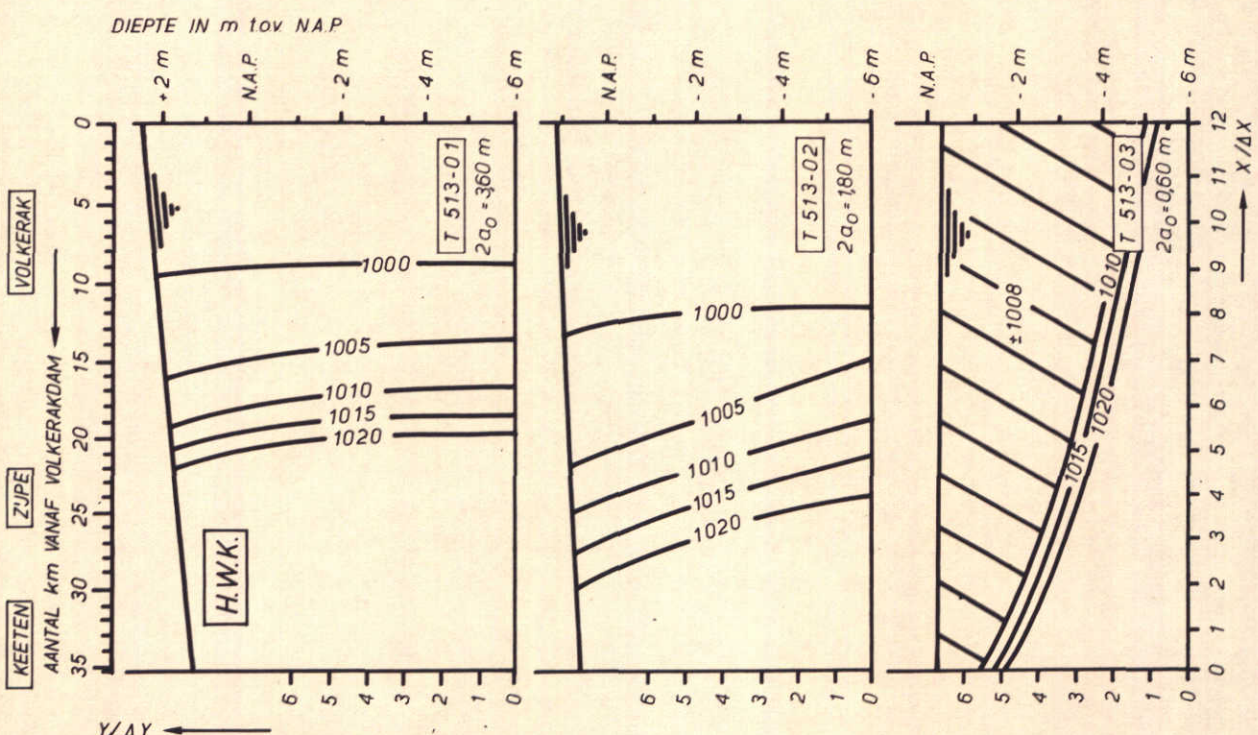
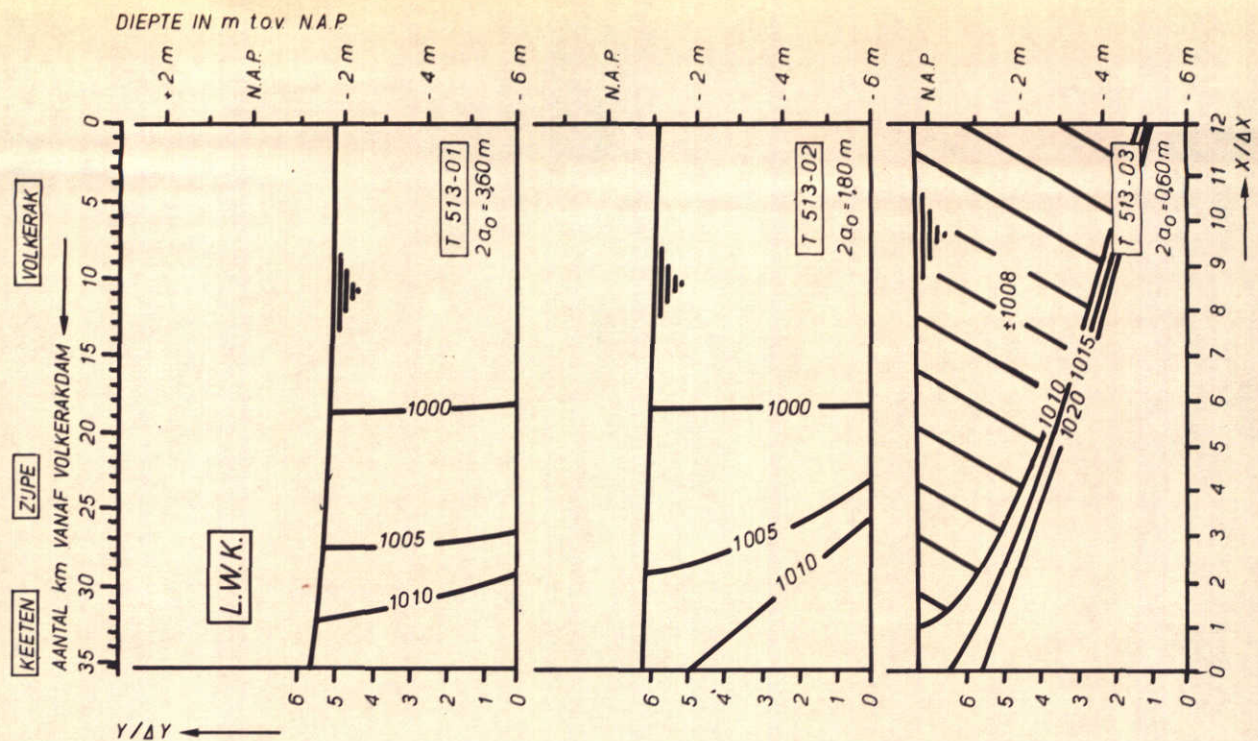
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 896 - 2262

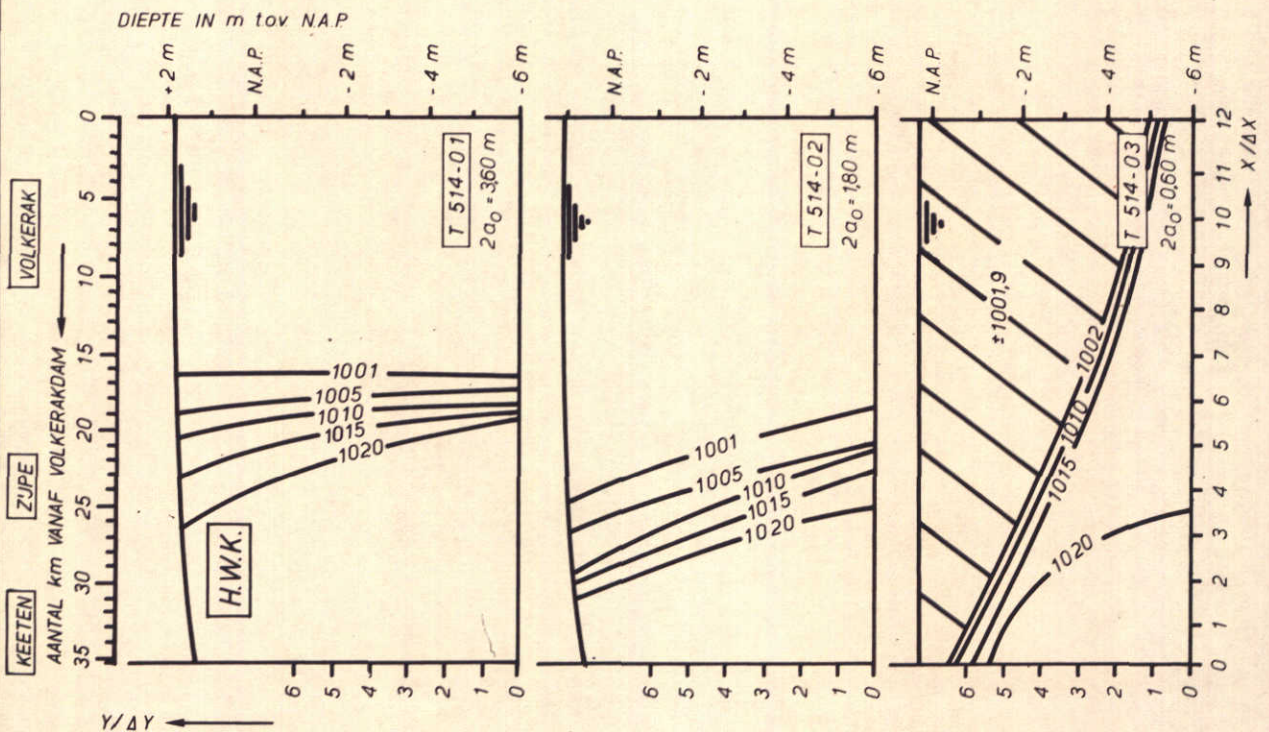
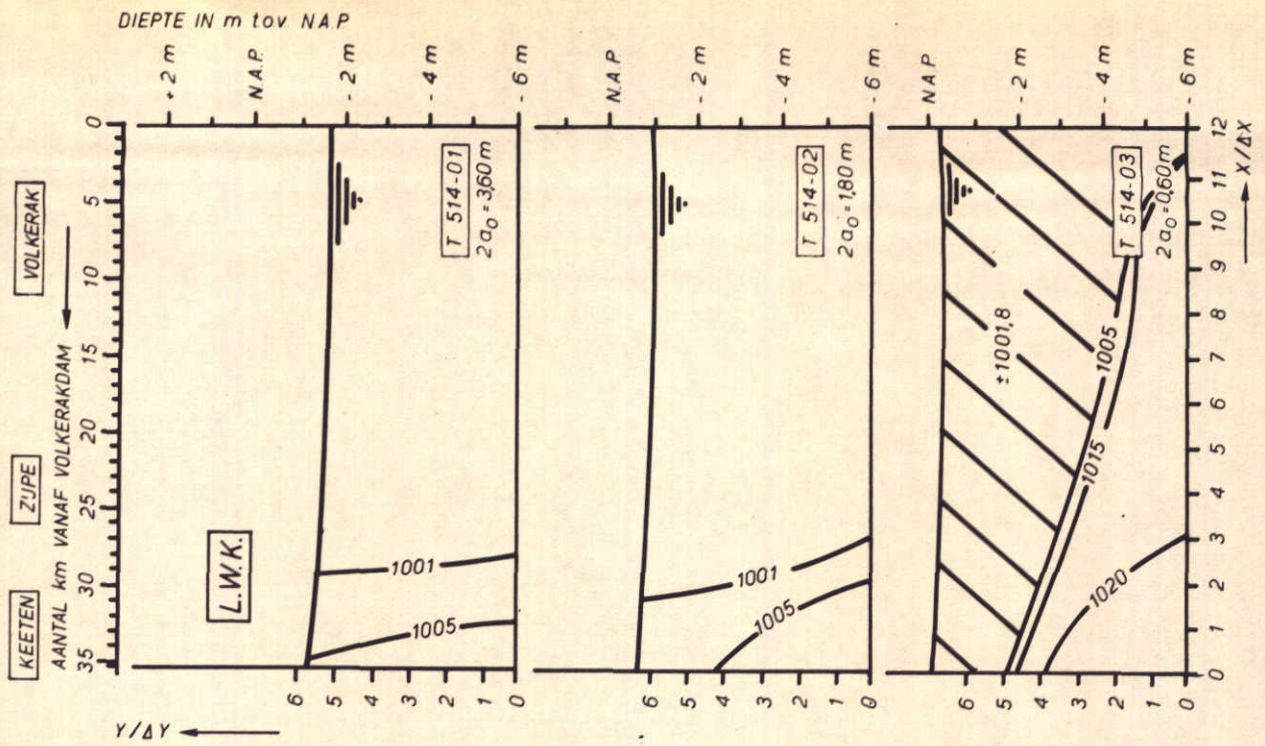
FIG. 15



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTHEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE I PROEVENSERIE : T 513

$Q_{\text{SPUI}} : 100 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360; 180; 0,60 \text{ m}$
 $\Delta p : 23 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.
A4



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTHEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE I PROEVENSERIE : T 514

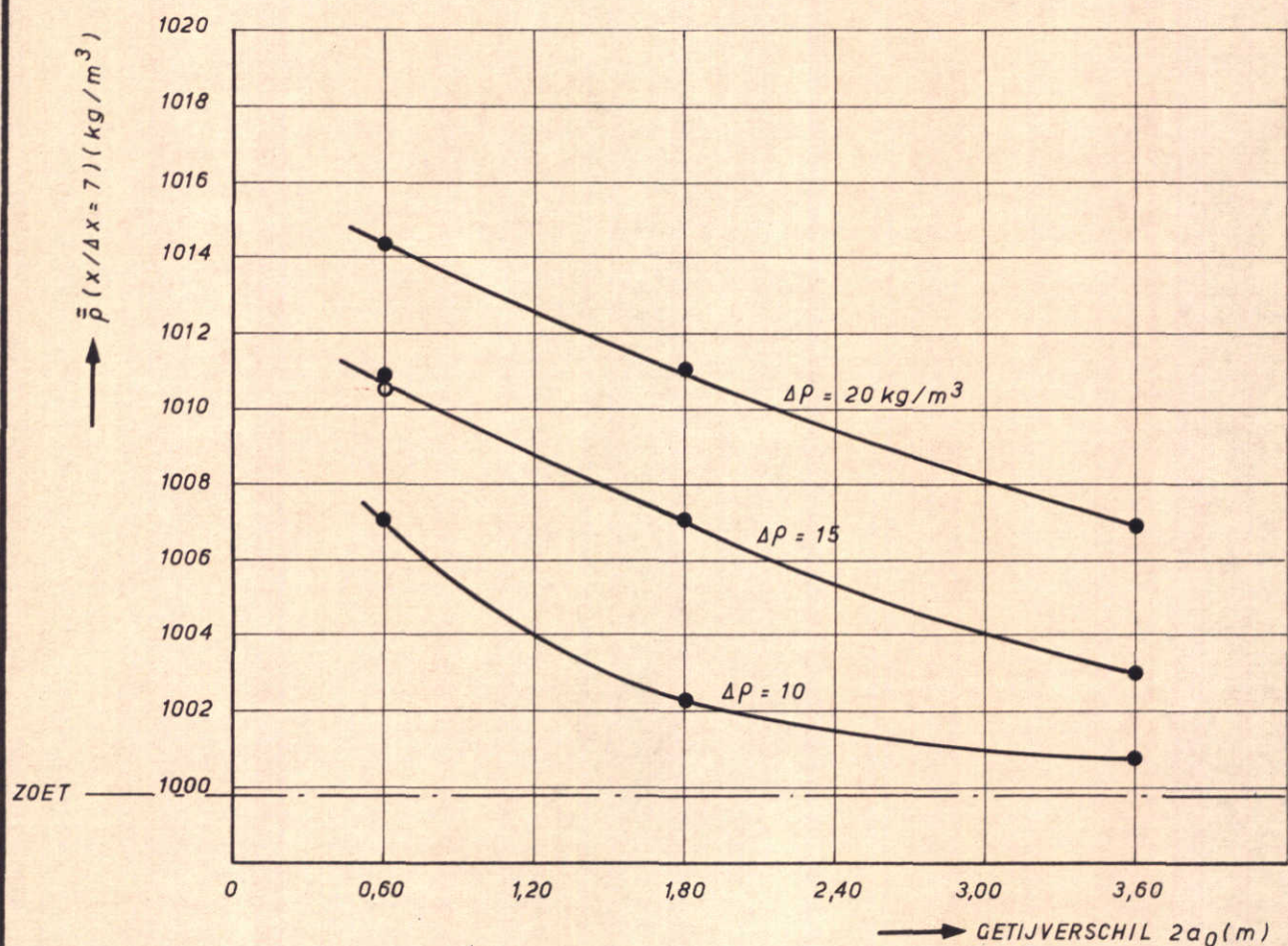
$Q_{\text{SPUI}} : 300 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360; 180; 060 \text{ m}$
 $\Delta\rho : 23 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.
 A4

LEGENDA : ● PROEVEN, WAARBIJ Q_{SPUI} OVERSTORT (ZIE FIG. 2)

$Q_{SPUI} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

○ PROEF WAARBIJ Q_{SPUI} MET EEN GELEIDINGSSCHOTJE IN DE BOVENLAAG WORDT GEBRACHT (ZIE FIG. 2)



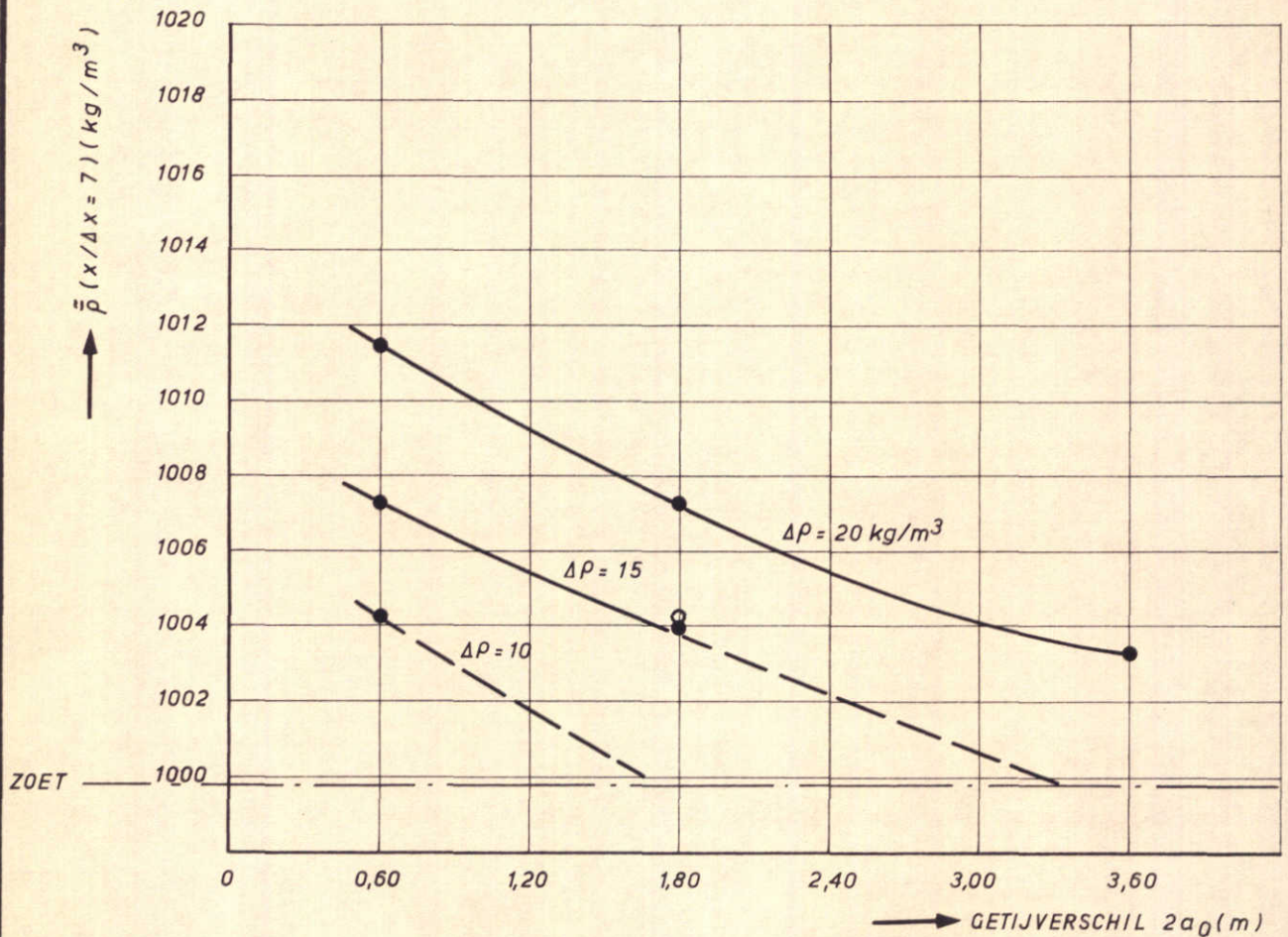
MEETRESULTATEN PROEVEN SERIES T 510, 517 EN 519

DICHTHEID $\bar{\rho}$ GEMIDDELD OVER DE VERTIKAAL EN OVER EEN GETIJPERIODE, GEMETEN NABIJ DE VOLKERAKDAM OP $x/\Delta x = 7 \approx$ MEETPUNT 1A (FIG. 9), BIJ EEN SPUIDEBIET VAN $100 \text{ m}^3/\text{s}$		JM
	SCHEMATISATIE II	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.896 - 2249	FIG. 18

LEGENDA : ● PROEVEN, WAARBIJ Q_{SPUI} OVERSTORT (ZIE FIG. 2)

$Q_{SPUI} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

○ PROEF WAARBIJ Q_{SPUI} MET EEN GELEIDINGSSCHOTJE IN DE BOVENLAAG WORDT GEBRACHT (ZIE FIG. 2)



MEETRESULTATEN PROEVEN SERIES T 511, 516 EN 520

DICHTHEID $\bar{\rho}$ GEMIDDELD OVER DE VERTIKAAL EN OVER EEN GETIJPERIODE, GEMETEN NABIJ DE VOLKERAKDAM OP $x/\Delta x = 7 =$ MEETPUNT 1A (FIG. 9), BIJ EEN SPUIDEBIET VAN $300 \text{ m}^3/\text{s}$

JM

SCHEMATISATIE II A4

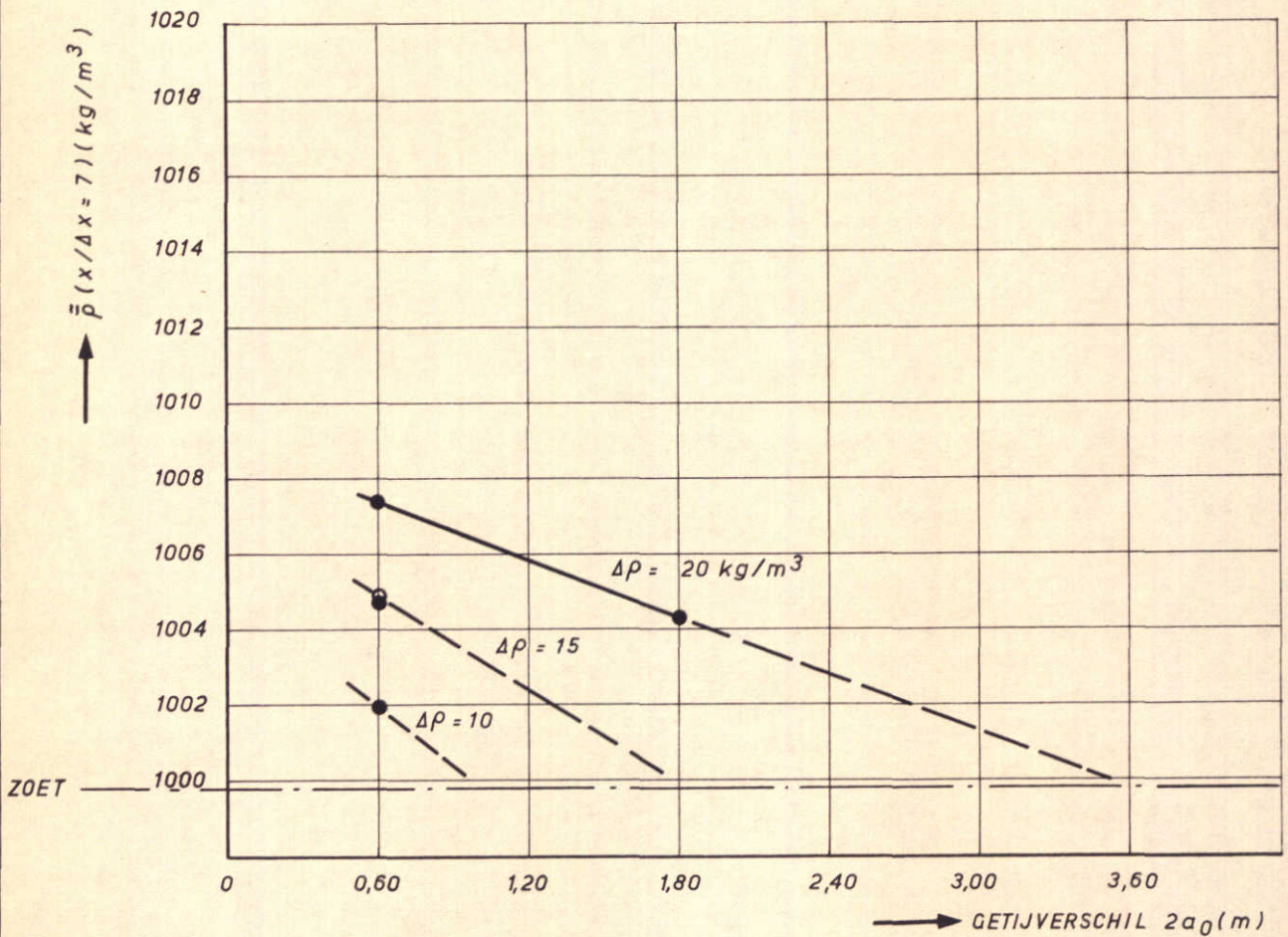
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 2250 FIG. 19

LEGENDA : ● PROEVEN, WAARBIJ Q_{SPUI} OVERSTORT (ZIE FIG. 2)

$Q_{SPUI} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$

○ PROEF WAARBIJ Q_{SPUI} MET EEN GELEIDINGSSCHOTJE IN DE BOVENLAAG WORDT GEBRACHT (ZIE FIG. 2)



MEETRESULTATEN PROEVEN SERIES T 512, 518 EN 521

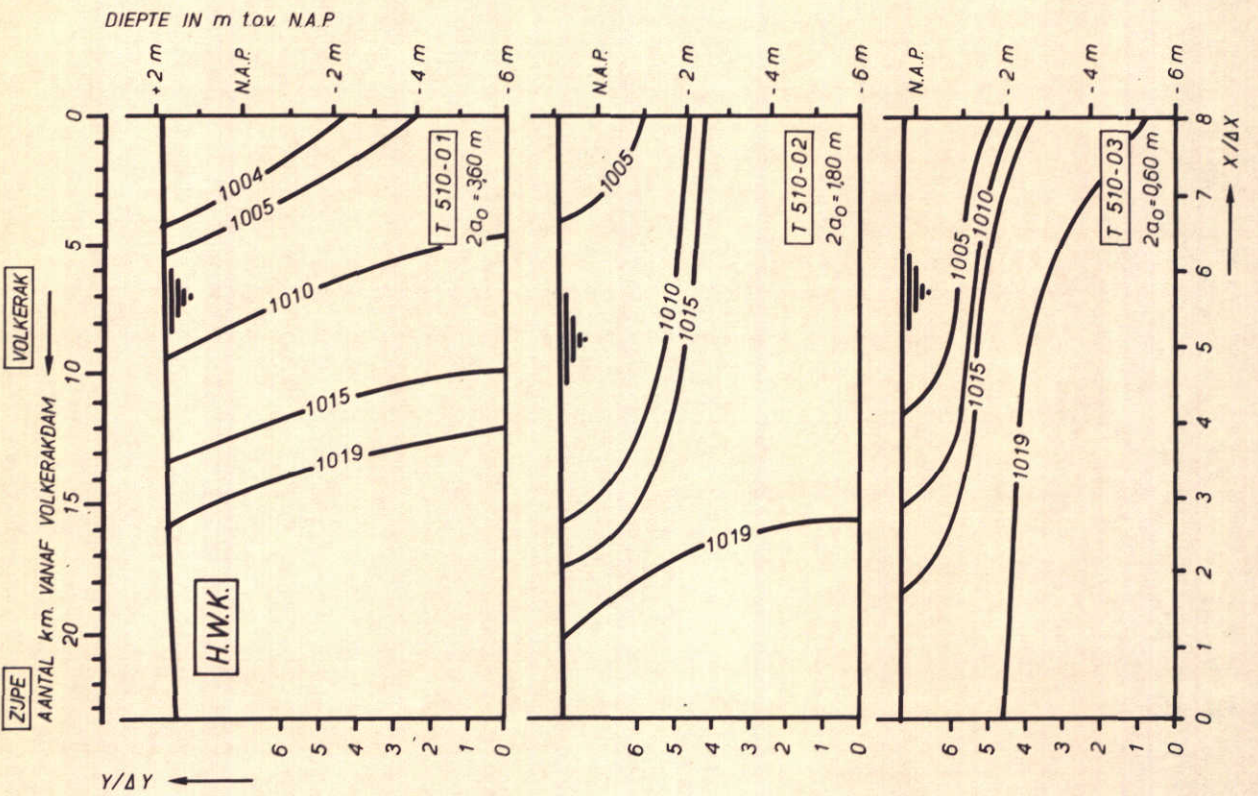
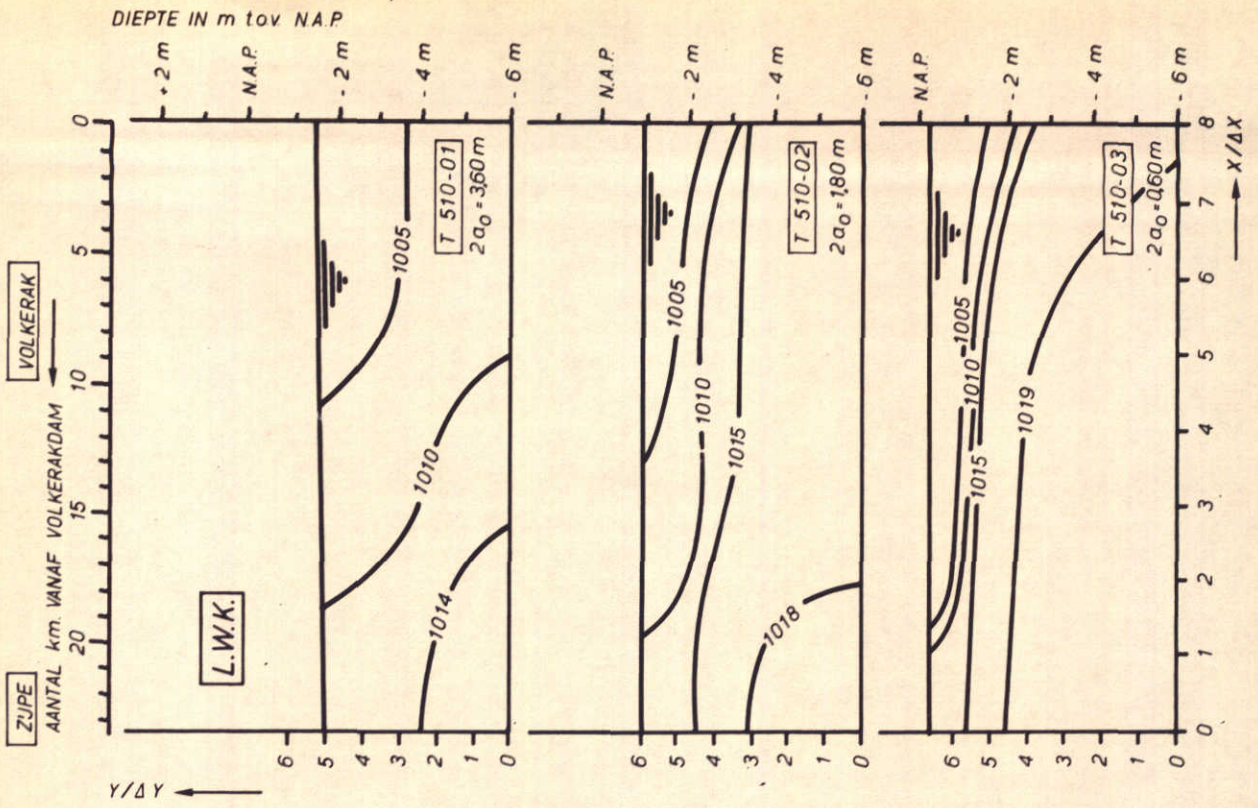
DICHTHEID $\bar{\rho}$ GEMIDDELD OVER DE VERTIKAAL EN OVER EEN GETIJPERIODE, GEMETEN NABIJ DE VOLKERAKDAM OP $x/\Delta x = 7 =$ MEETPUNT 1A (FIG. 9), BIJ EEN SPUIDEBIET VAN $600 \text{ m}^3/\text{s}$

JM

SCHEMATISATIE II A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

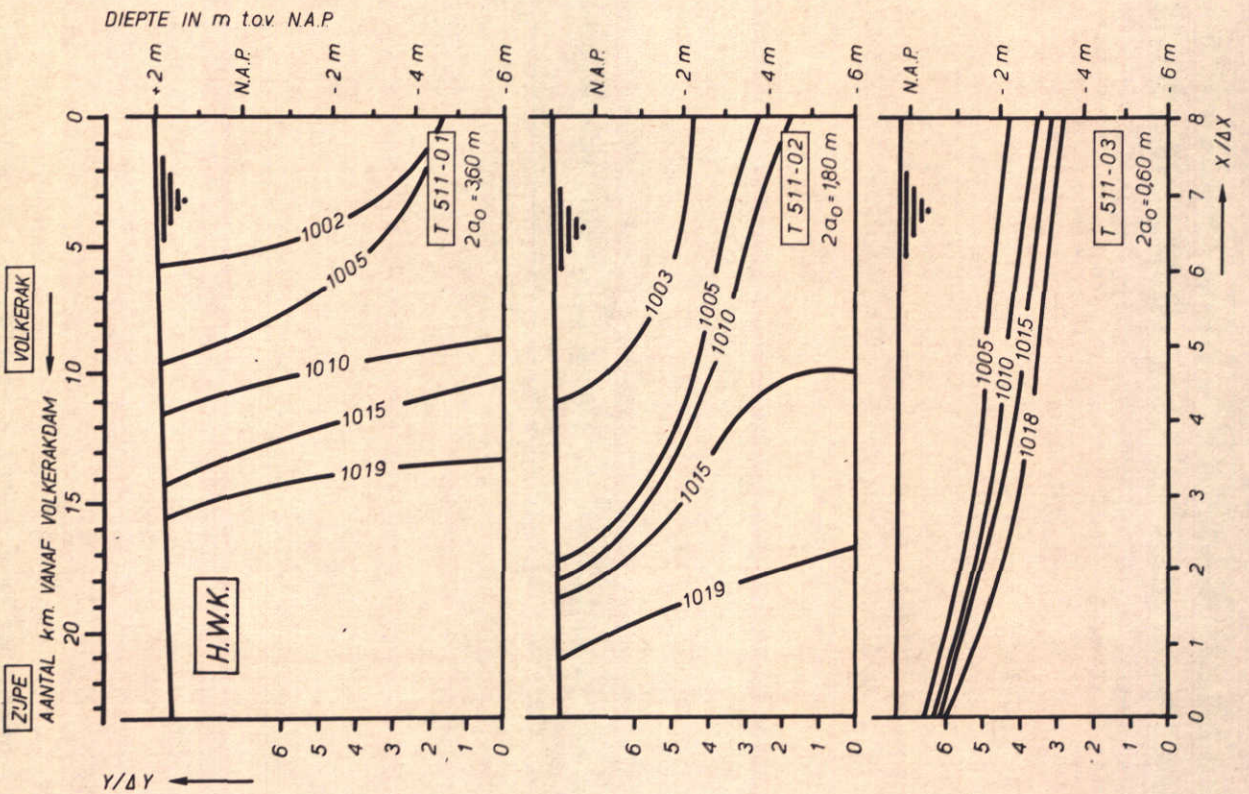
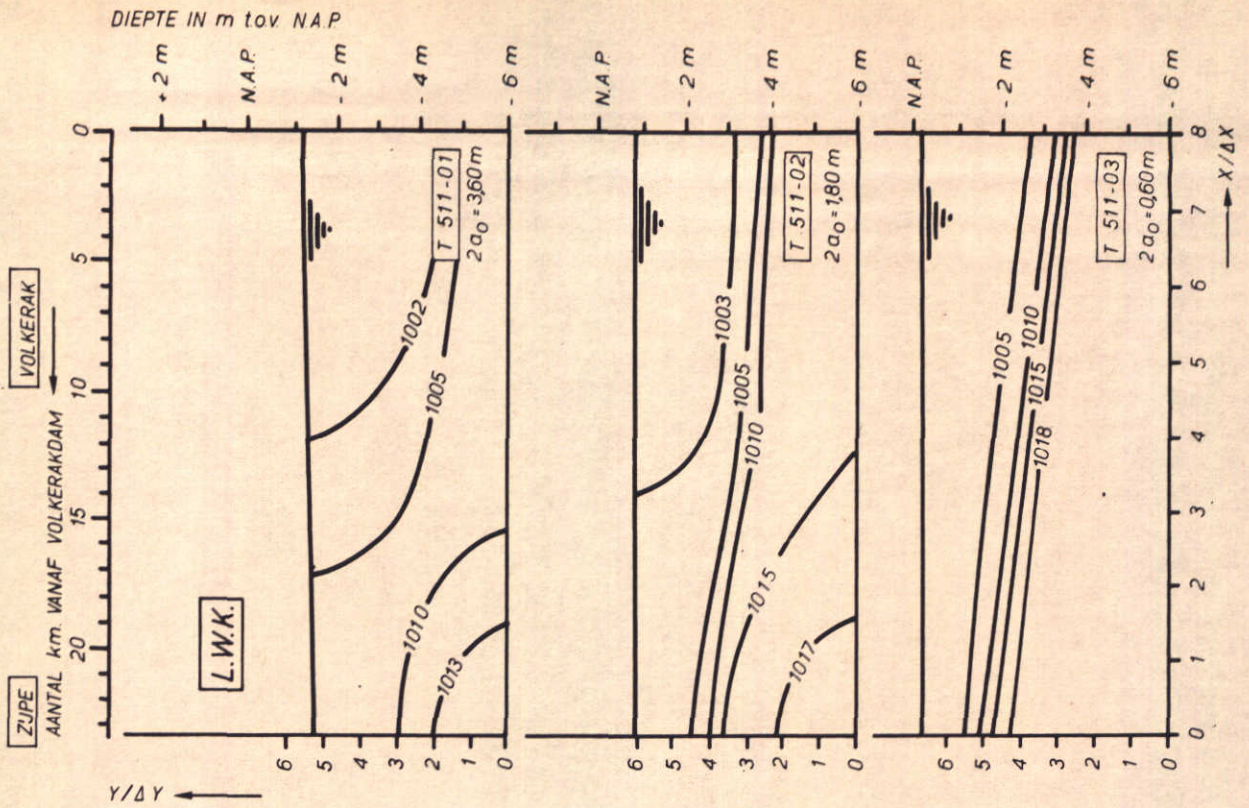
M.896 - 2248 FIG.20



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTHEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 510

$Q_{\text{SPUI}} : 100 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360, 180, 90 \text{ m}^3$
 $\Delta\rho : 20 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.
 A4

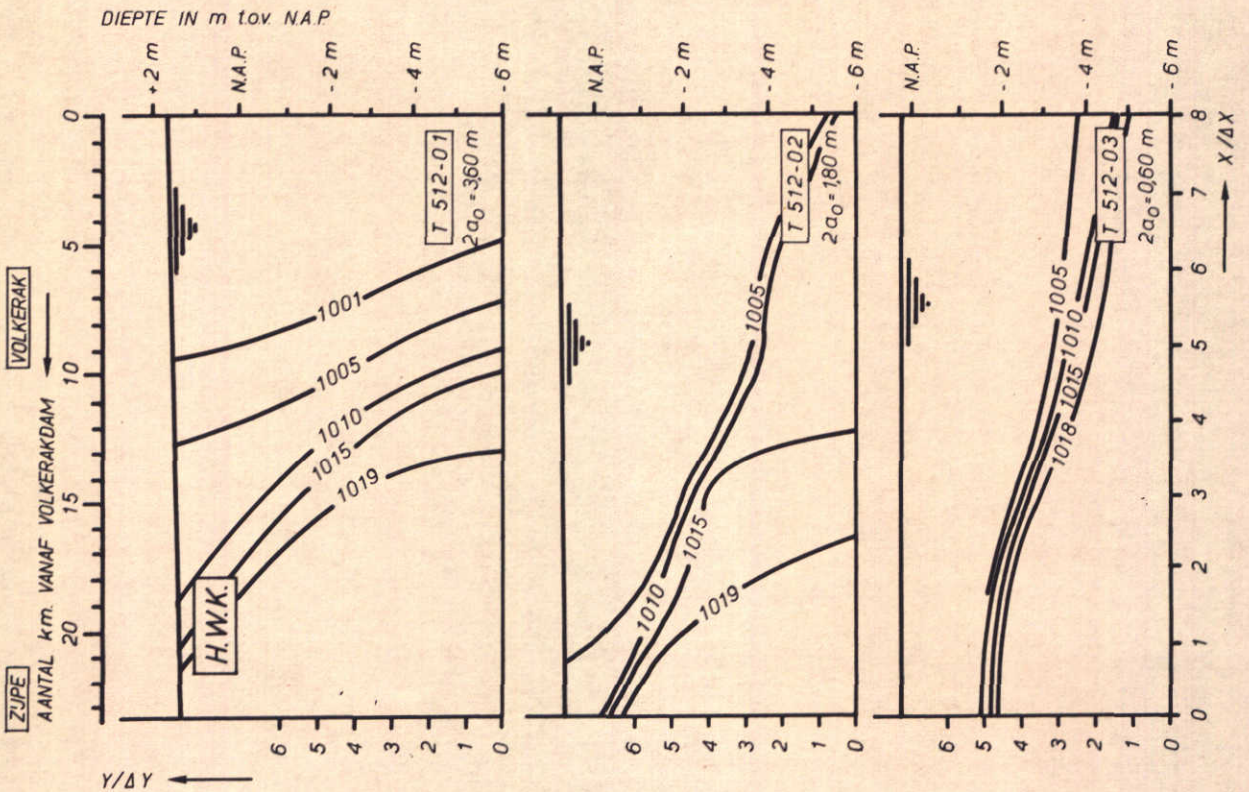
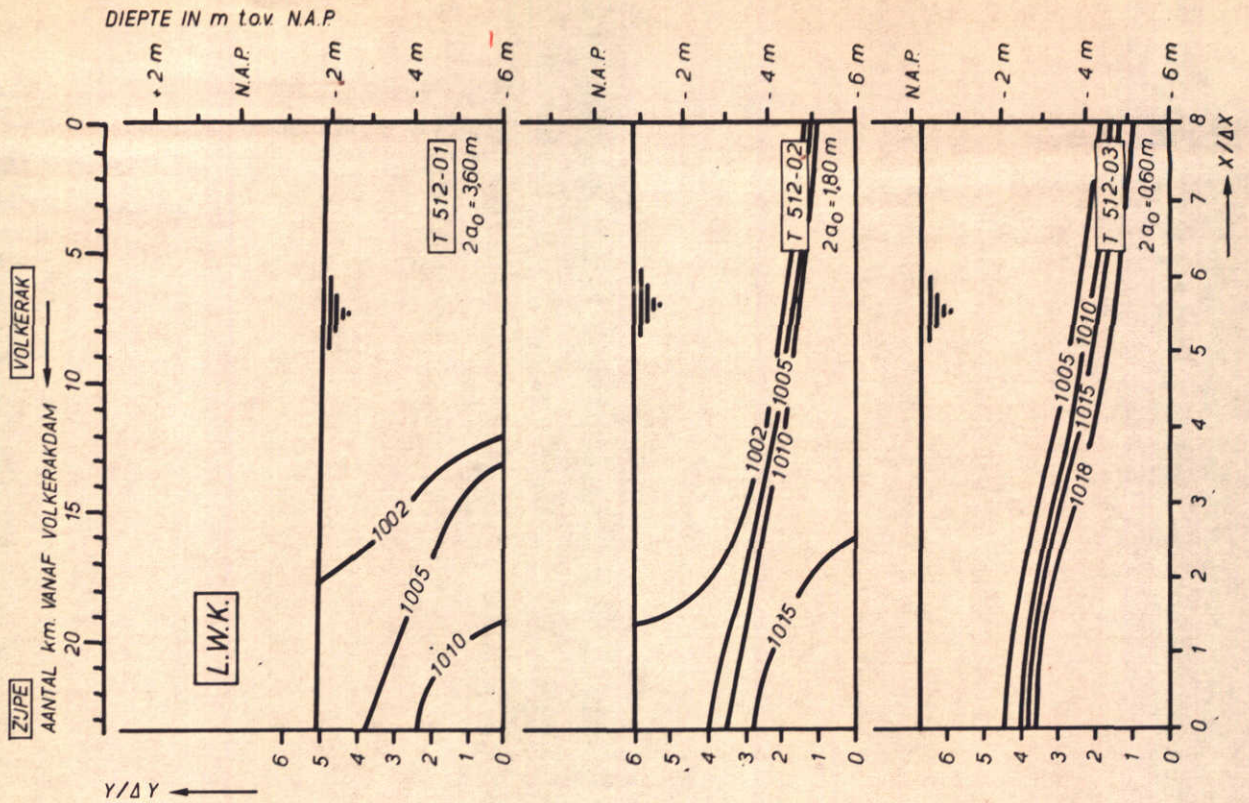


ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 511

Q_{SPUJ} : $300 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0$: $360, 180, 0,60 \text{ m}$
 $\Delta\rho$: $20 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.

A4

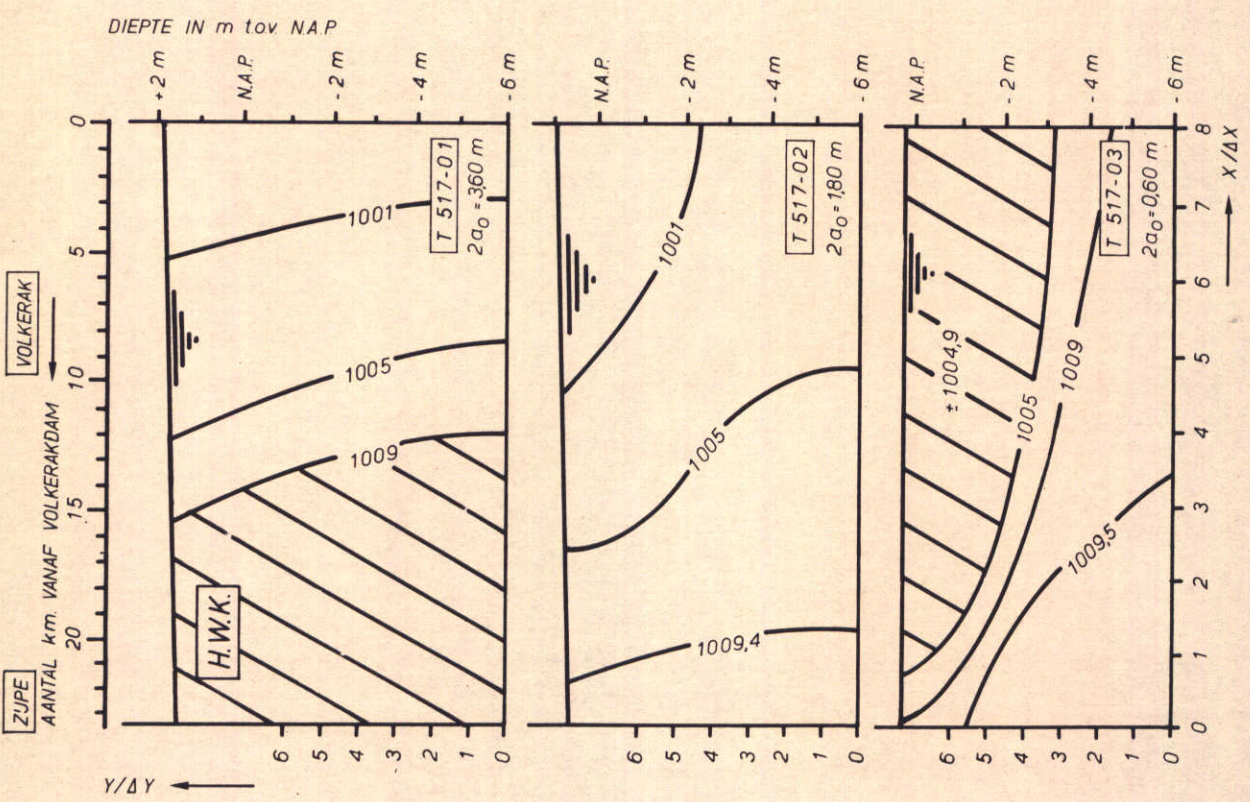
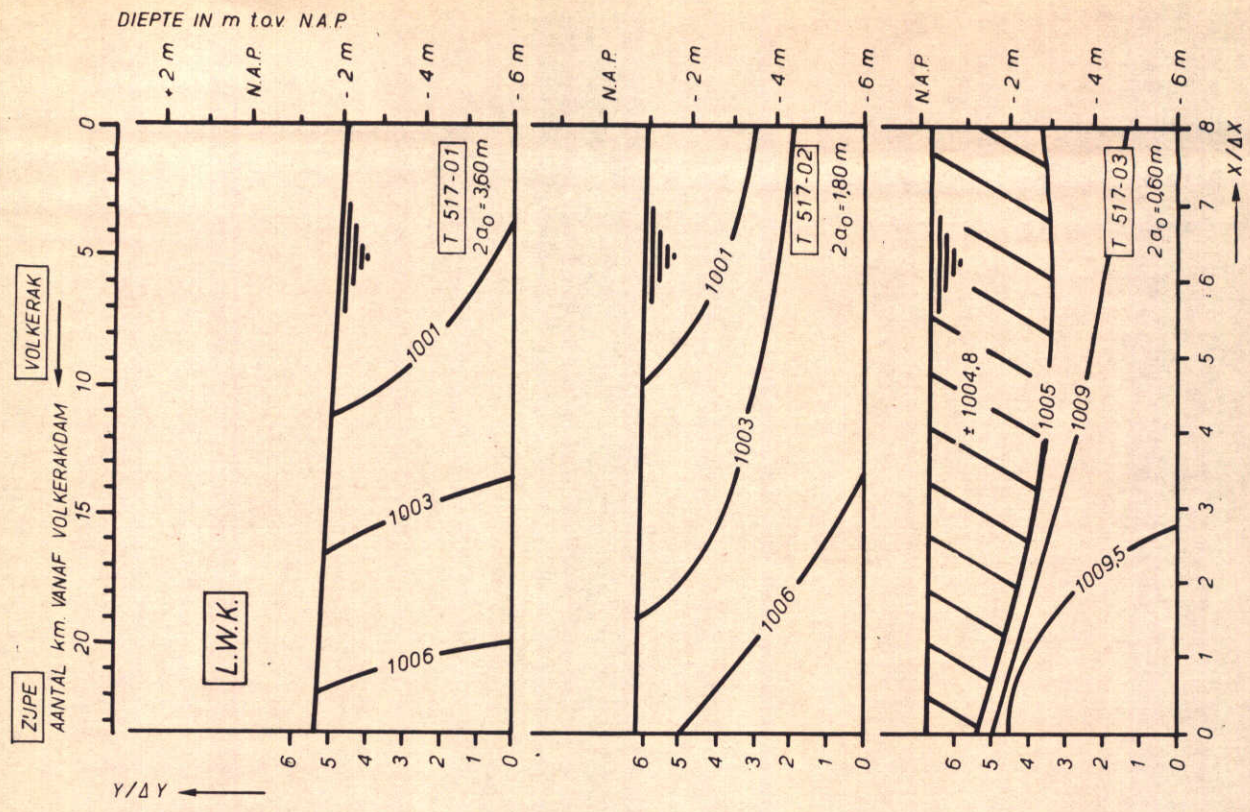


ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 512

$Q_{\text{SPUI}} : 600 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360; 180; 0,60 \text{ m}$
 $\Delta\rho : 20 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.

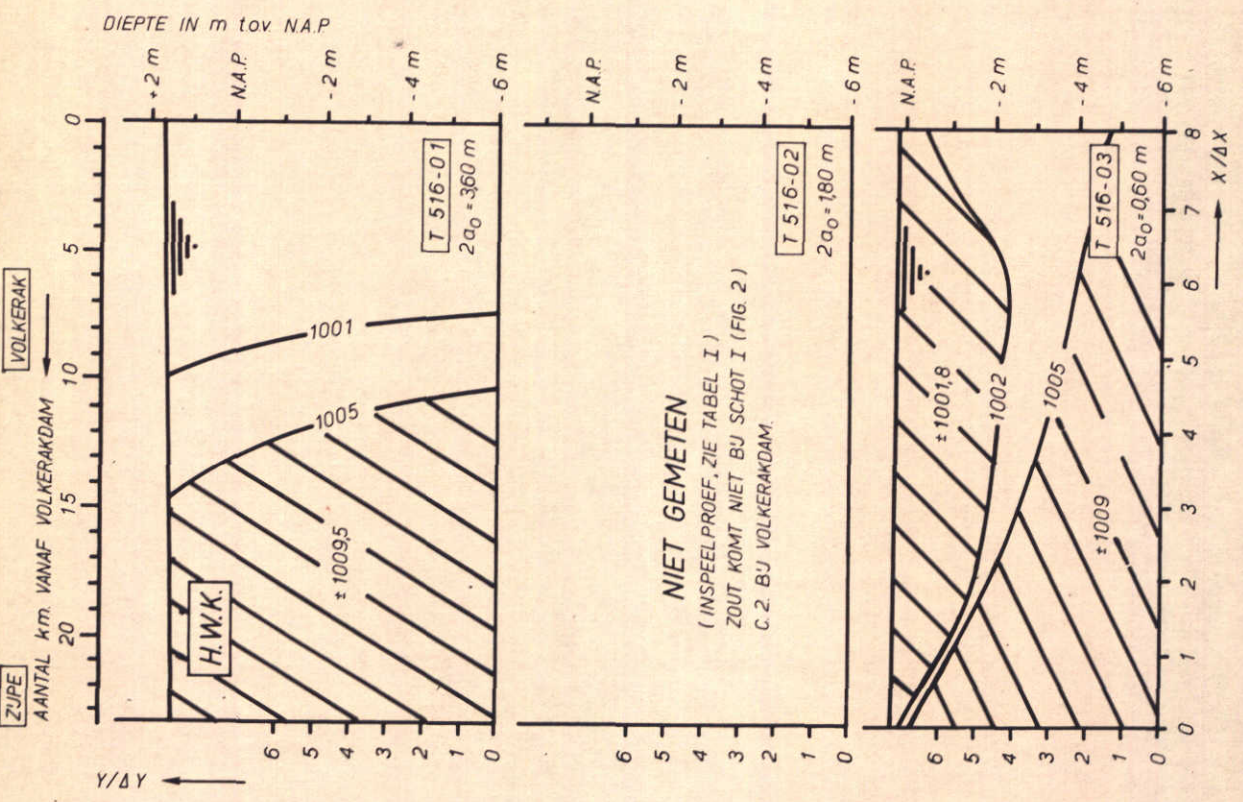
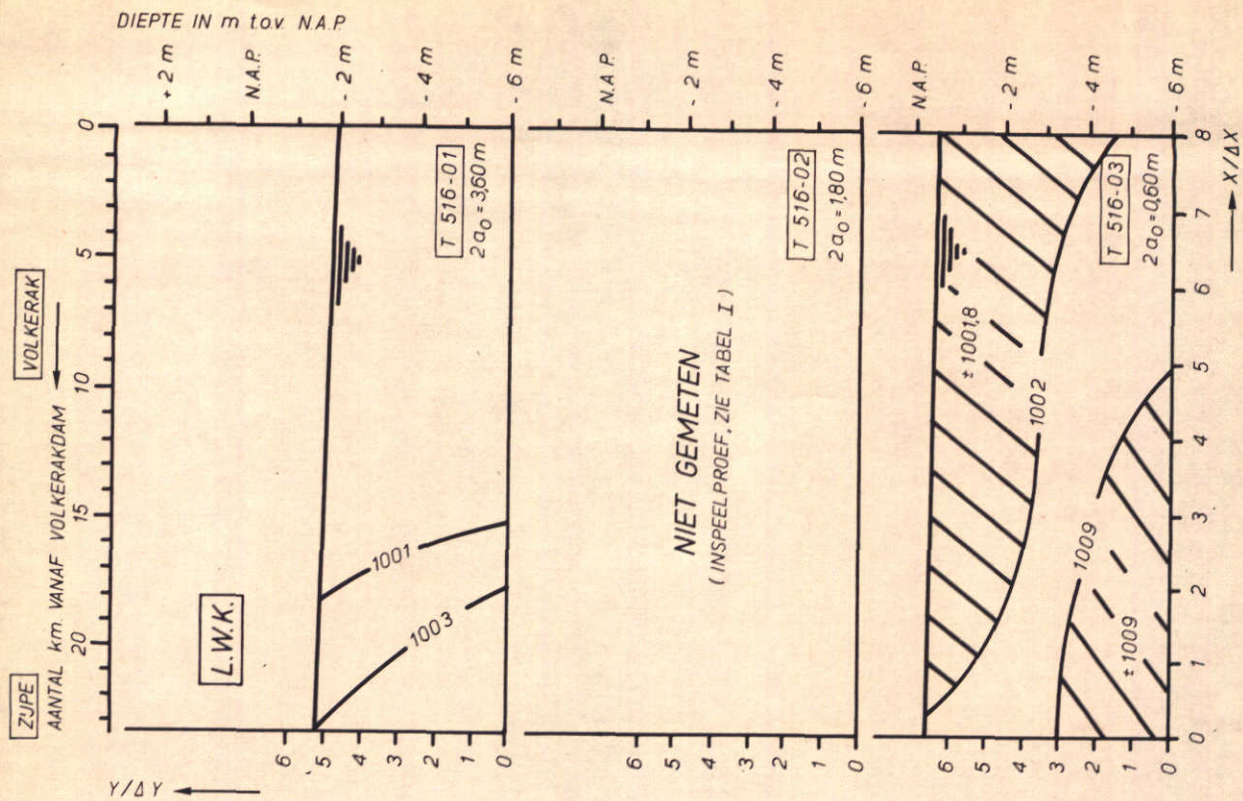
A4



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTHEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 517

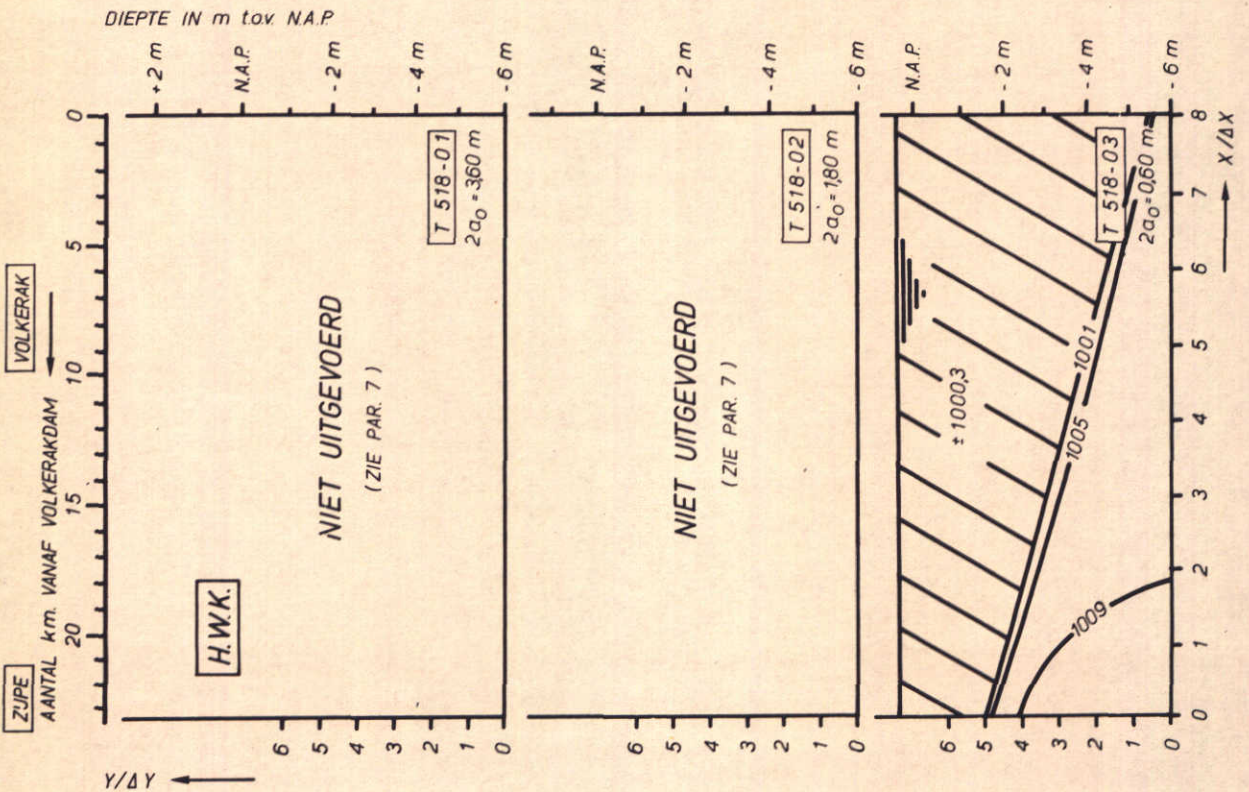
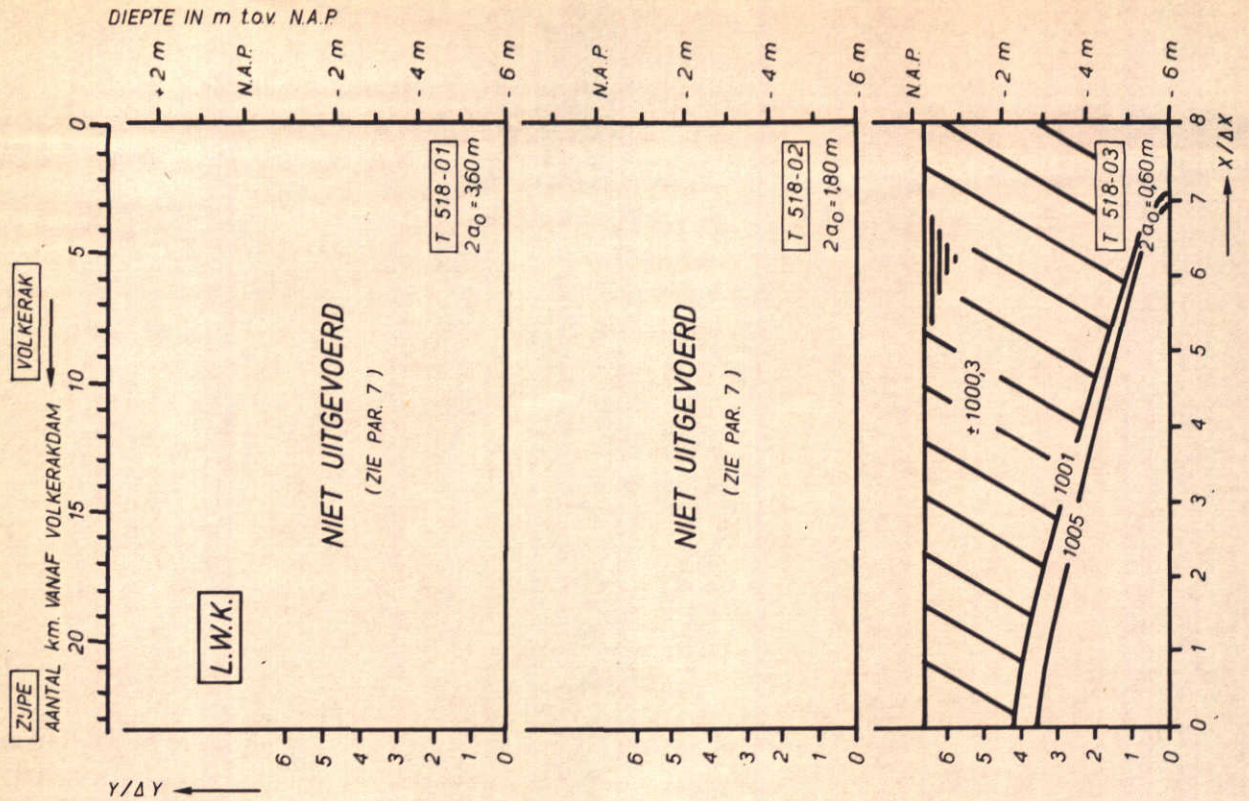
$Q_{\text{SPUI}} : 100 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360, 180, 060 \text{ m}$
 $\Delta p : 10 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.
A4



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTHEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 516

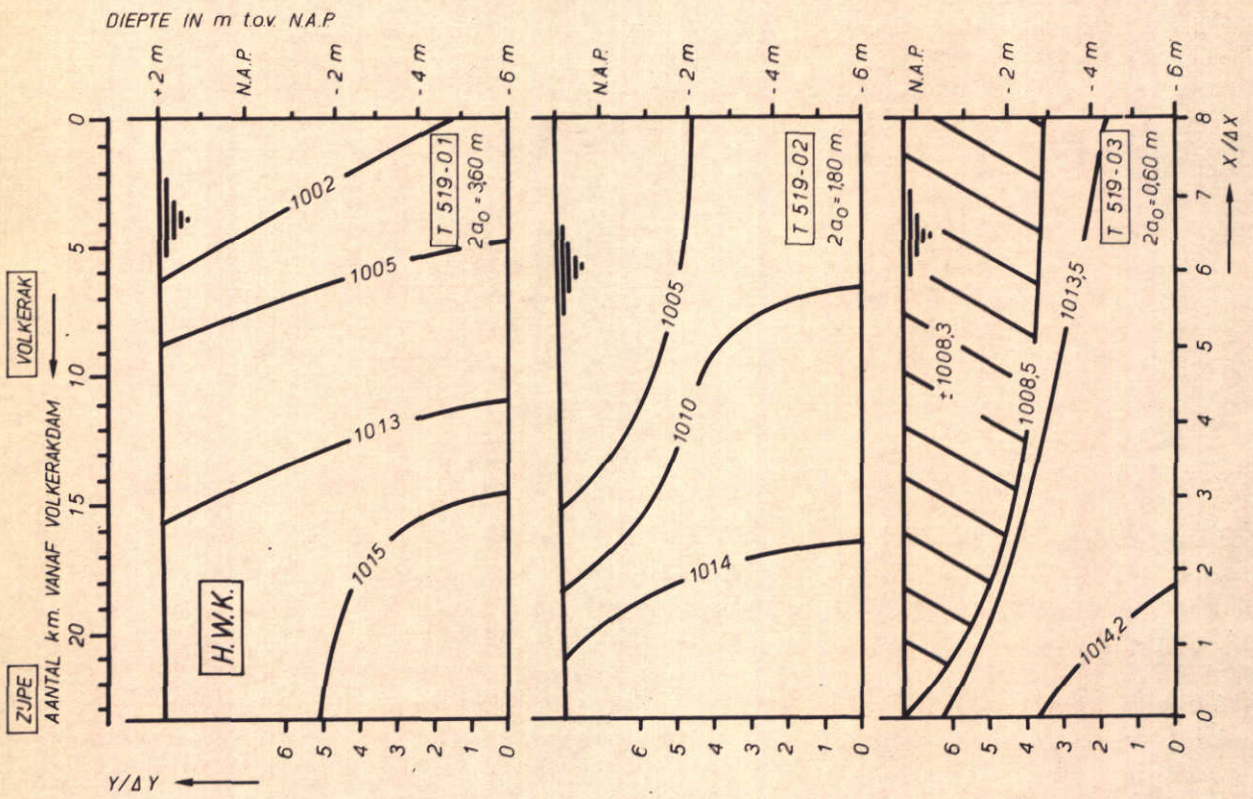
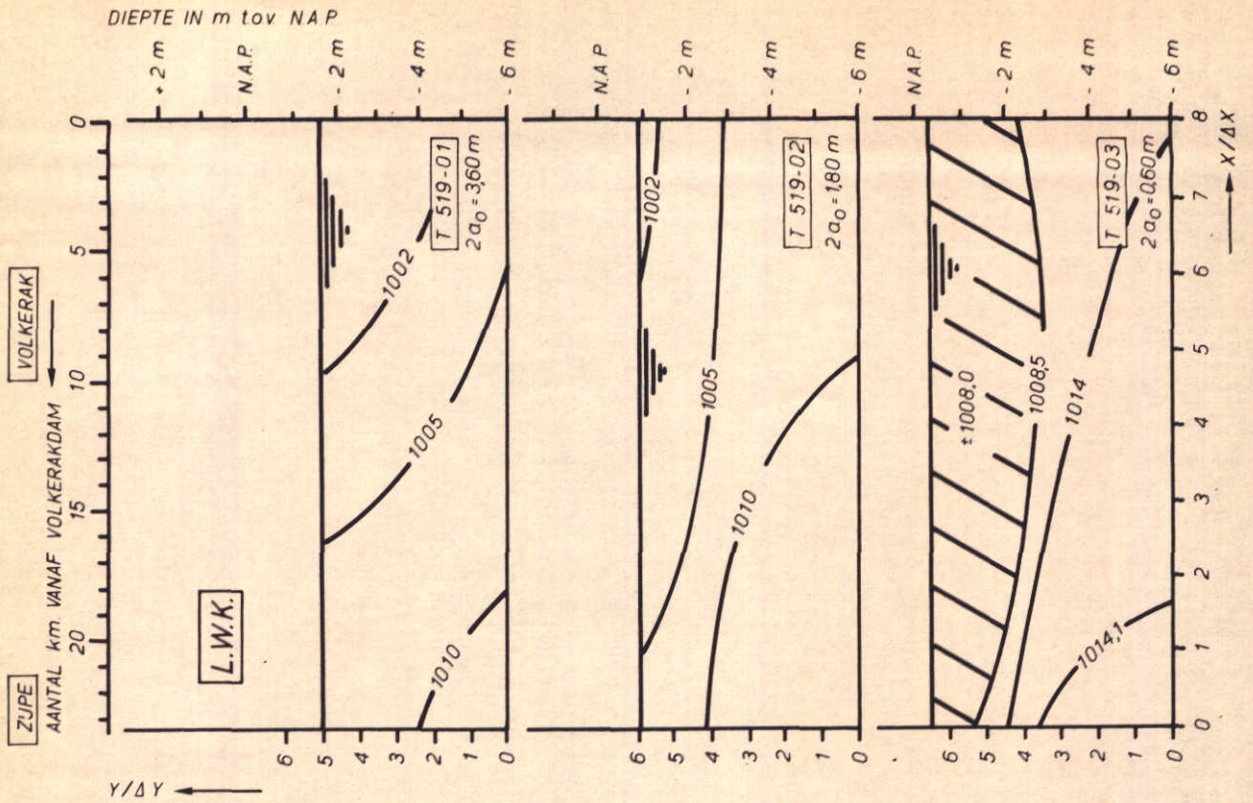
$Q_{SPUI} : 300 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360, 180, 0,60 \text{ m}$
 $\Delta\rho : 10 \text{ kg/m}^3$
 R.R.
 A4



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 518

$Q_{\text{SPUI}} : 600 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360; 180; 0,60 \text{ m}$
 $\Delta\rho : 10 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.
 A4

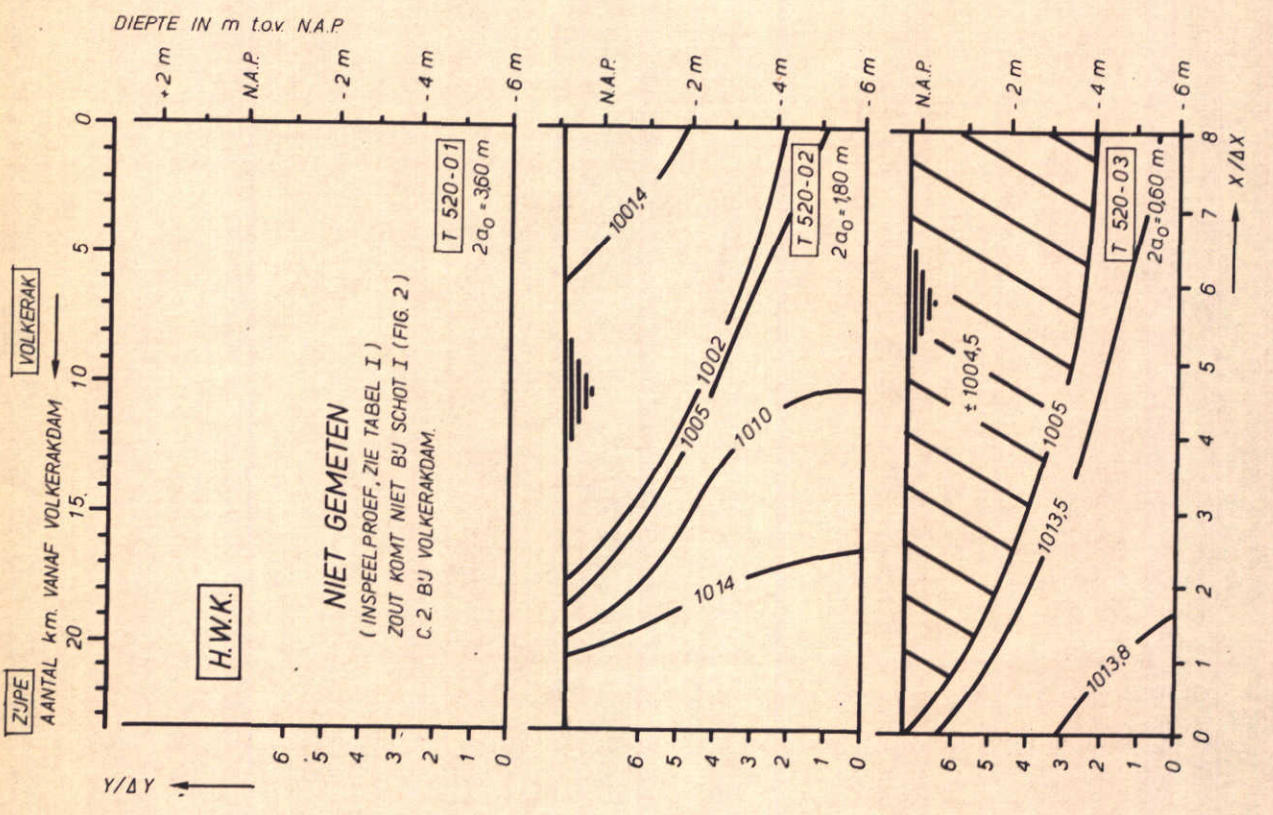
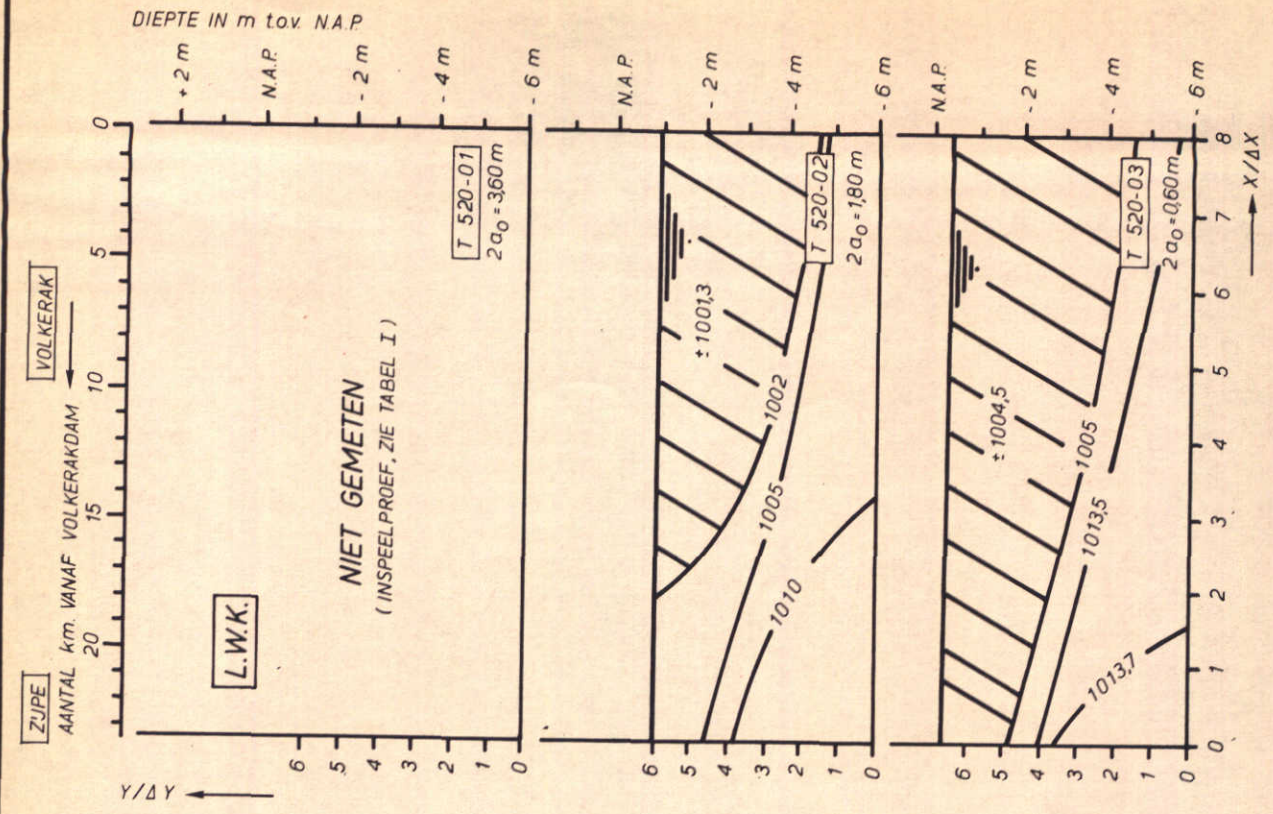


ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTHEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 519

$Q_{\text{SPUI}} : 100\text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360; 180; 0,60\text{ m}$
 $\Delta\rho : 15\text{ kg/m}^3$

R.R.

A4



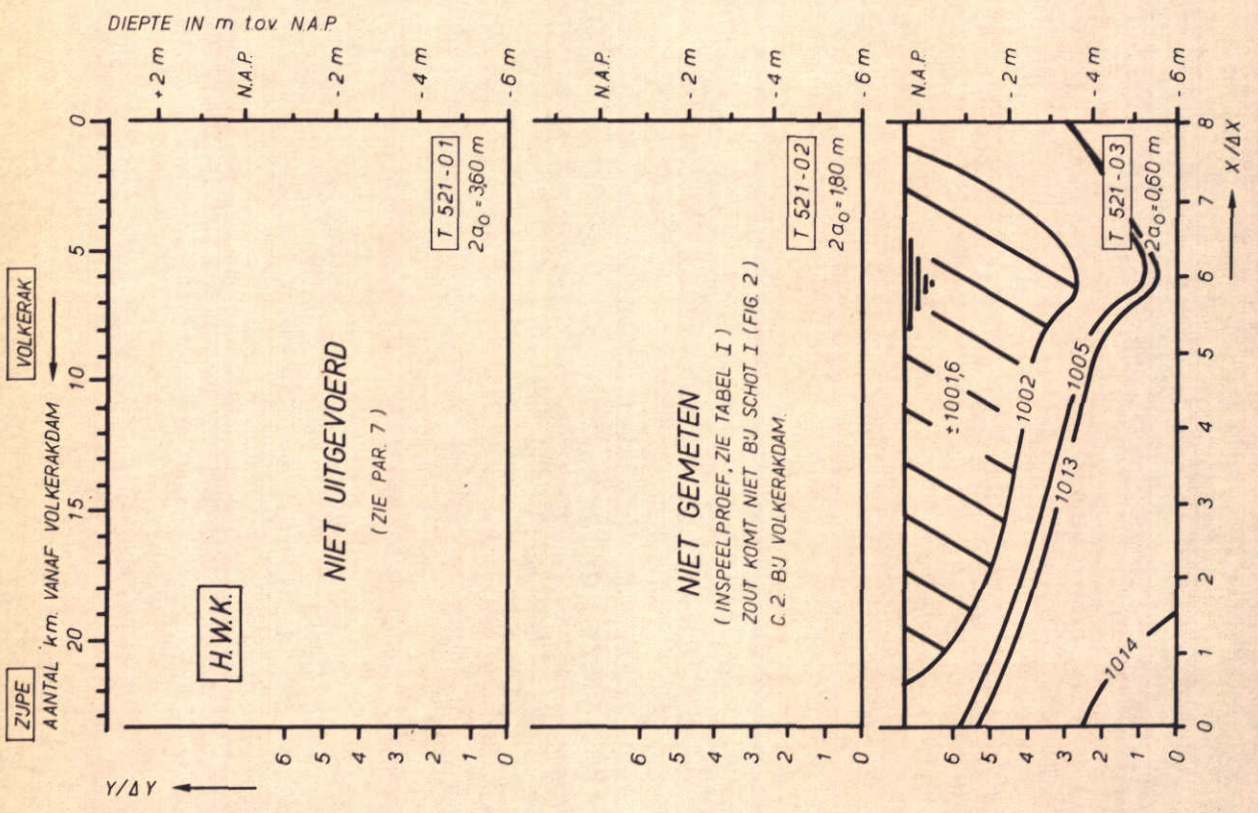
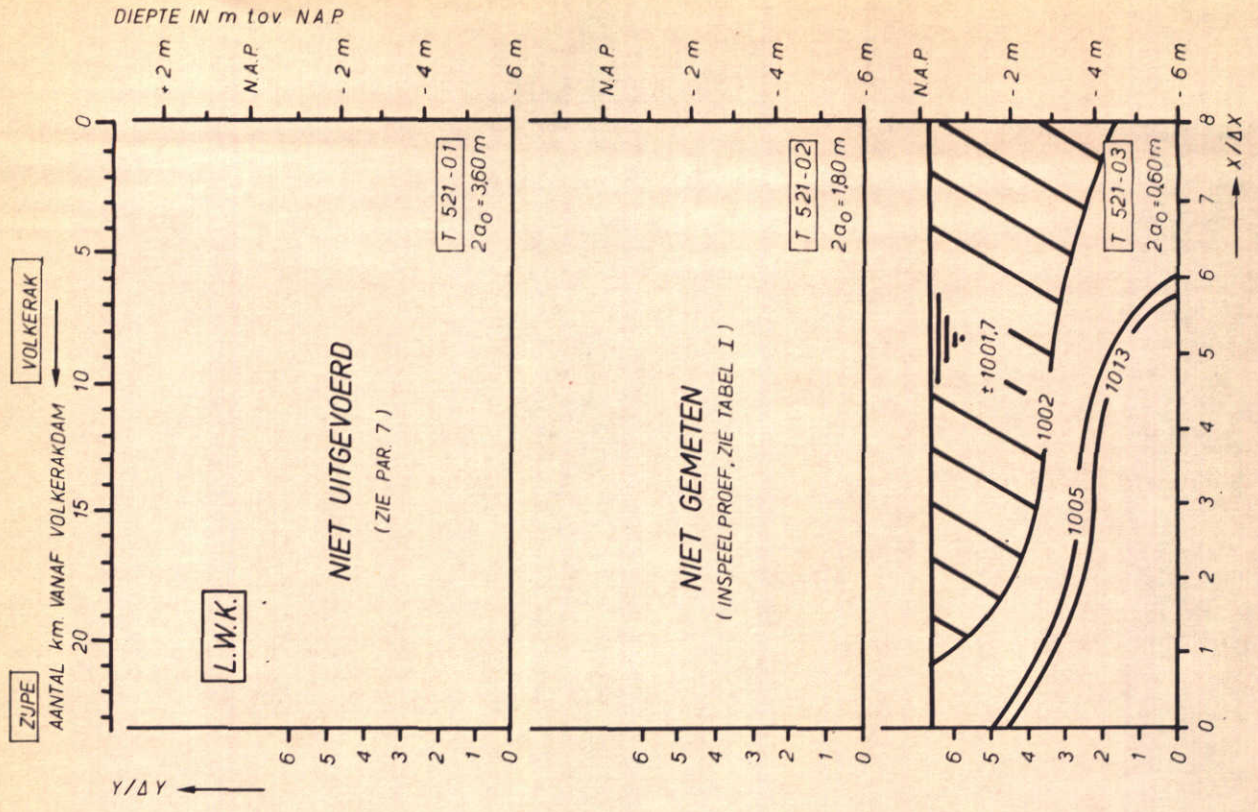
ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 520

$Q_{\text{SPUI}} : 300 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 360; 180; 0,60 \text{ m}$
 $\Delta p : 15 \text{ kg/m}^3$

R.R.
 A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

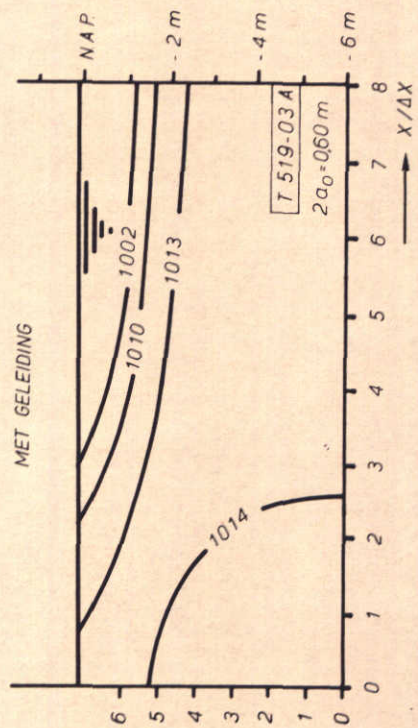
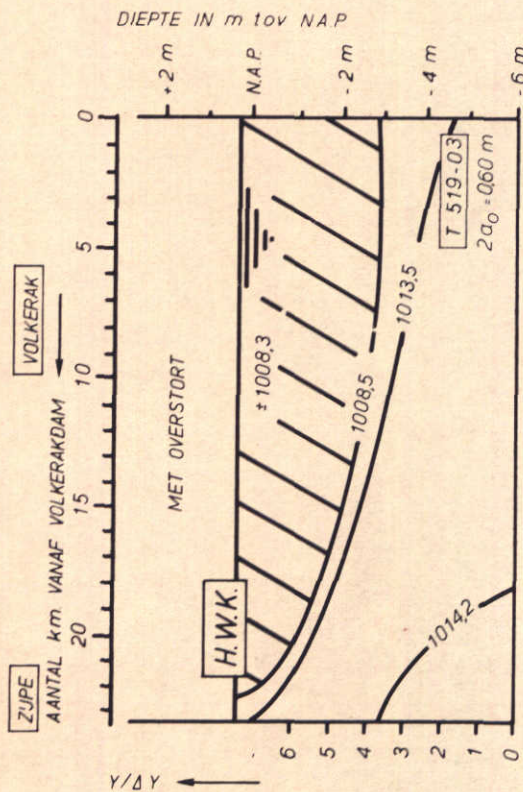
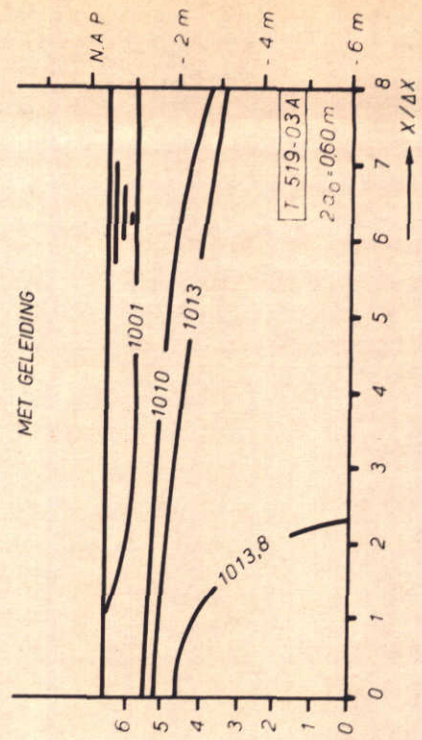
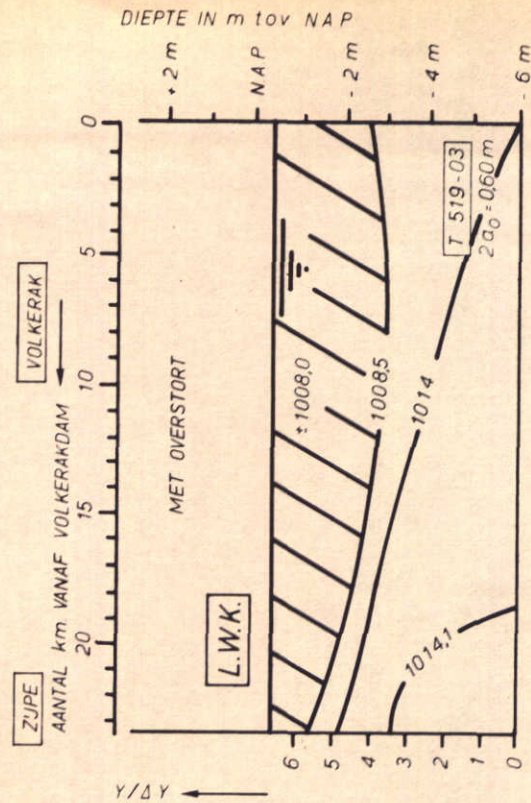
M. 896 - 2241 FIG. 28



ZOUTVERDELING BIJ H.W.K. EN L.W.K. WEERGEGEVEN MET
 LIJNEN VAN GELIJKE DICHTHEID ρ IN kg/m^3
 SCHEMATISATIE II PROEVENSERIE : T 521

Q_{SPUIJ} : $600 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0$: $360; 180; 0,60 \text{ m}$
 $\Delta\rho$: $15 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.
A4

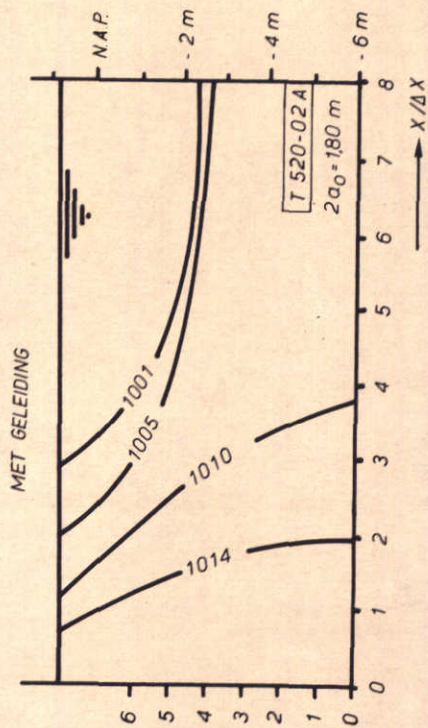
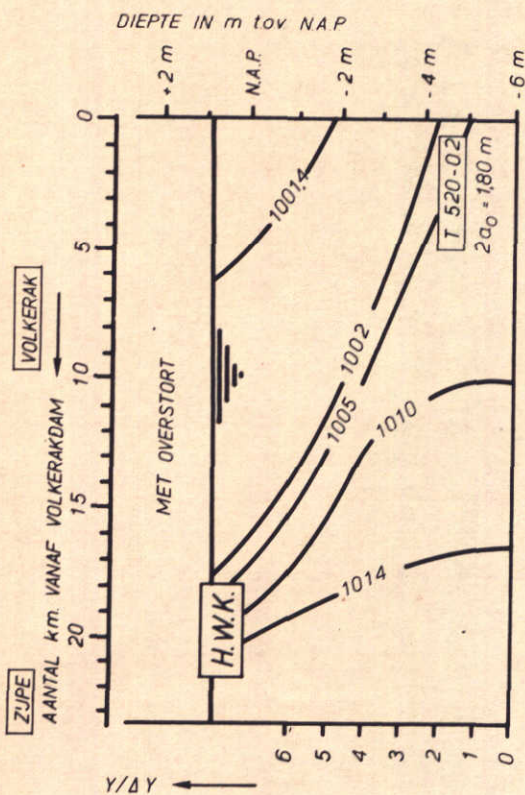
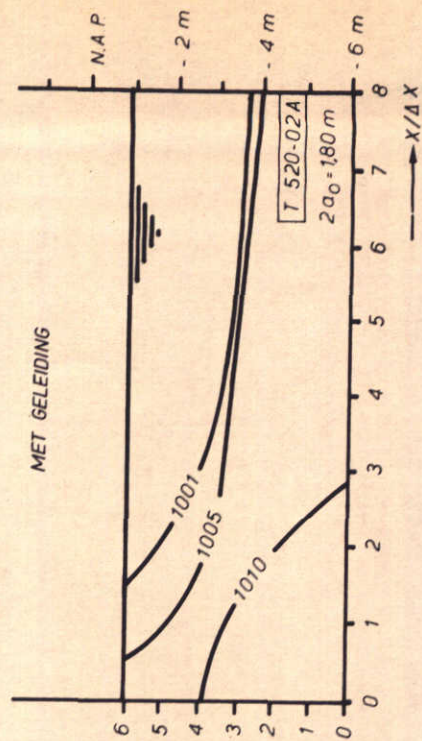
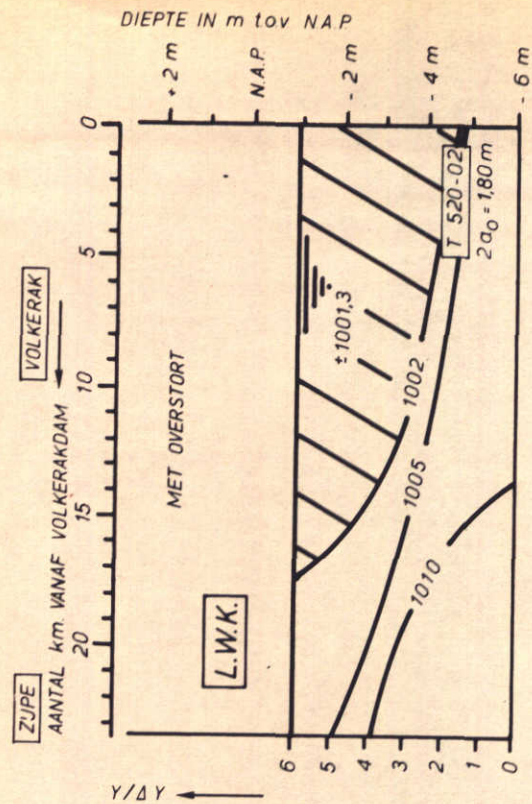


INVLOED WIJZE VAN INBRENGEN VAN HET SPUIDEBIET OP DE
ZOUTVERDELING WEERGEGEVEN MET LUNEN VAN GELUKE
DICHTEID ρ IN kg/m^3 , SCHEMATISATIE. II PROEVENSERIE : T 519

$Q_{\text{SPUI}} : 100 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2\sigma_0 : 0,60 \text{ m}$
 $\Delta\rho : 15 \text{ kg/m}^3$

R.R.

A4

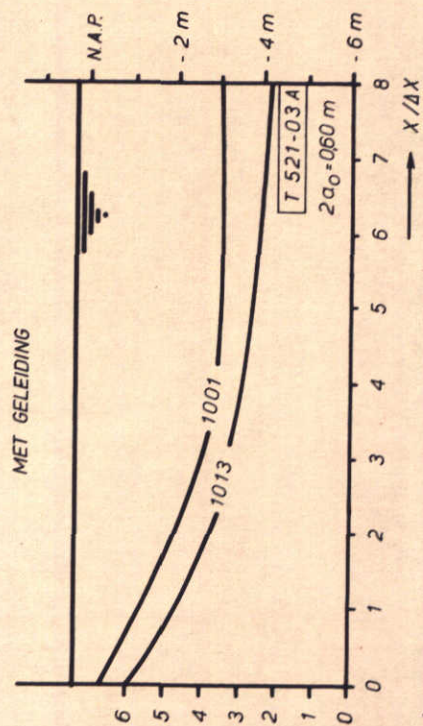
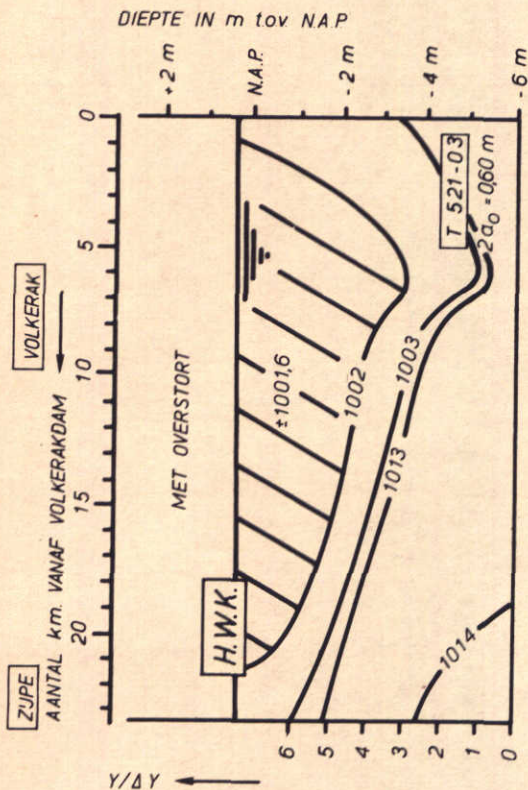
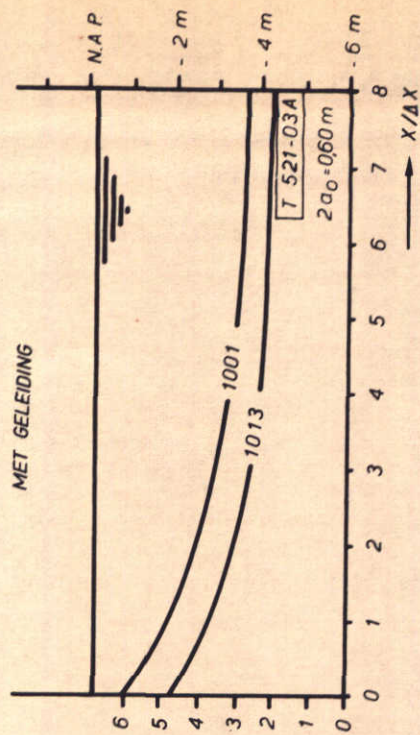
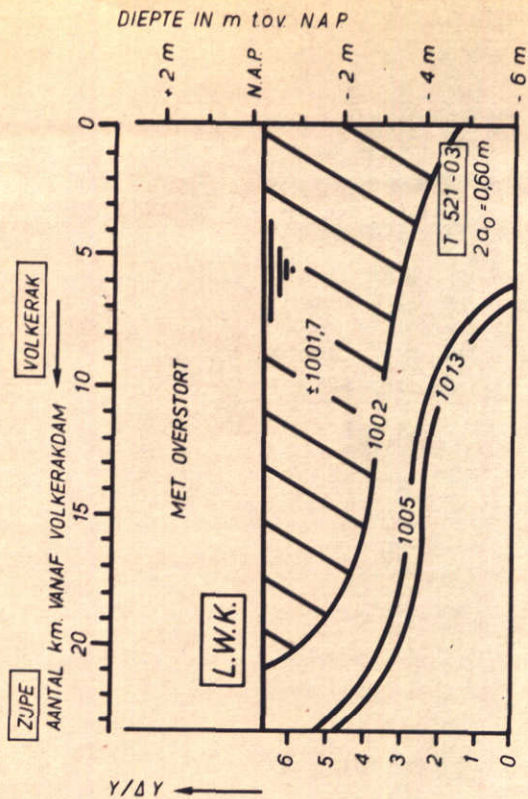


INVLOED WIJZE VAN INBRENGEN VAN HET SPUIDEBIET OP DE
ZOUTVERDELING WEERGEGEVEN MET LUNEN VAN GELIJKE
DICHTHEID p IN kg/m^3 , SCHEMATISATIE . II PROEVENSERIE : T 520

$Q_{\text{SPUI}} : 300 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 180 \text{ m}$
 $\Delta p : 15 \text{ kg}/\text{m}^3$

R.R.

A4



INVLOED WIJZE VAN INBRENGEN VAN HET SPUIDEBIET OP DE
ZOUTVERDELING WEERGEGEVEN MET LIJNEN VAN GELIJKE
DICHTHEID ρ IN kg/m^3 , SCHEMATISATIE . II PROEVENSERIE : T 521

$Q_{\text{SPUI}} : 600 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2a_0 : 0.60 \text{ m}$
 $\Delta p : 15 \text{ kg/m}^3$

R.R.

A4

