

REPRODUCTIE ZOUTTOESTAND
GETIJRIVIEREN

VII

INVLOED GETIJBEWEGING EN BODEMVERHOGING
OP ZOUTTOESTAND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
DELFT

M 896-VII

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

REPRODUCTIE ZOUTTOESTAND GETIJRIVIEREN

deel VII

INVLOED GETIJBEWEGING EN
BODEMVERHOOGING OP ZOUTTOESTAND

M 896 - VII

maart 1971

INHOUD

Blz.

LIJST VAN FIGUREN

| | |
|---|-----|
| 1. INLEIDING | 1. |
| 2. KORTE BESCHRIJVING GETIJGOOT | 2. |
| 3. GEOMETRIE EN SCHAALKEUZE | 3. |
| 4. INSTELLING GETIJGOOT | |
| 4.1. Inleiding | 4. |
| 4.2. Zeerand | 5. |
| 4.3. Rivierrand | 5. |
| 4.4. Aanvoer van zoet water op 30,85 m van zee | 6. |
| 4.5. Samenvatting | 7. |
| 5. PROEVENPROGRAMMA | 8. |
| 6. GEMETEN GROOTHEDEN | 9. |
| 7. RESULTATEN | |
| 7.1. Proeven eerste fase | 10. |
| 7.2. Conclusies eerste fase | 10. |
| 7.3. Proeven tweede fase | 11. |
| 7.4. Conclusies tweede fase | 11. |
| 8. RELATIE PRISMATISCHE RIVIER MET ROTTERDAMSE WATERWEG | 13. |
| 9. CONCLUSIES | 15. |
| APPENDIX: Afleiding formule voor Q_3 | 17. |
| TABEL I: Resultaten eerste fase | 18. |
| TABEL II: Resultaten tweede fase | 19. |

Lijst van figuren

1. Overzicht geometrie
2. Inlaatconstructie, Langsdoorsneden
3. Invloed Deltaplan op debieten
4. Invloed Deltaplan op debieten
5. Getij Hoek van Holland 16 april 1966
6. Getij Hoek van Holland 24 september 1966
7. Getij Hoek van Holland 23 april 1967
8. Debieten na Deltaplan, getij H.v.H. 16-4-1966
9. Waterstanden Maassluis na Deltaplan, getij H.v.H. 16-4-1966
10. Debieten na Deltaplan, getij H.v.H. 24-9-1966
11. Waterstanden Maassluis na Deltaplan, getij H.v.H. 24-9-1966
12. Debieten na Deltaplan, getij H.v.H. 23-4-1967
13. Waterstanden Maassluis na Deltaplan, getij H.v.H. 23-4-1967
14. Invloed bodemverhoging in mathematisch model op debieten bij Maassluis, getij Hoek van Holland 16-4-1966
15. Invloed bodemverhoging in mathematisch model op waterstanden bij Maassluis, getij Hoek van Holland 16-4-1966
16. Invloed opperwaterafvoer op debieten en waterstanden
17. Invloed opperwaterafvoer in mathematisch model
18. Isopycnen bij minimum en maximum zoutindringing
19. IJking waterstanden
20. Verloop snelheden voor Deltaplan
21. Verloop snelheden na Deltaplan
22. Verloop snelheden na Deltaplan
23. Verloop snelheden na Deltaplan
24. IJking waterstanden
25. Verloop snelheden na Deltaplan
26. Verloop snelheden na Deltaplan
- 27a. Minimale zoutindringing, invloed getij
- 27b. Maximale zoutindringing, invloed getij
- 28a. Minimale " , " verhouding \emptyset
- 28b. Maximale " , " " "
- 29a. Minimale " , " Bodemverhoging
- 29b. Maximale " , " "
- 30a. Minimale " , " "
- 30b. Maximale " , " "
31. Minimale zoutindringing
32. Maximale zoutindringing

1. INLEIDING

In dit rapport zijn in de getijgoot uitgevoerde proeven beschreven, waarbij de invloed van een in een rivier aangebrachte drempel op de zoutpenetratie in getijrivieren is bestudeerd. De plaats van de drempel is daarbij in globale zin gekozen conform de in de Rotterdamse Waterweg geprojecteerde verondieping. De getijomstandigheden zijn gekozen als in globale zin overeenstemmend met die in de Rotterdamse Waterweg voor en na afsluiting van Volkerak en Haringvliet (in dit rapport verder aangegeven met getij als voor en na Deltaplan).

Bij voorafgaand onderzoek is gebleken dat de zoutindringing in de Rotterdamse Waterweg in de getijgoot kwantitatief kan worden weergegeven (rapport M 896-6 Reproductie Rotterdamse Waterweg in getijgoot), ondanks de wat grotere gelaagdheid in het model in vergelijking met die in de werkelijkheid. Hierbij dient verder de beperking te worden gemaakt dat uit alleen opgaat als het zout niet ver landinwaarts van de Oude Maas doordringt. Bij de meeste van de in het onderhavige onderzoek verrichte proeven bleek niet aan deze voorwaarde te worden voldaan. Dit betekent dat uit onderlinge vergelijking van proefresultaten wel tendenties kunnen worden bepaald ten aanzien van de invloed van veranderingen in getijomstandigheden en de invloed van een verondieping op de zoutpenetratie maar dat een uiteindelijk oordeel over deze invloeden pas kan worden gegeven na uitvoeren van enige proeven in het geometrisch gelijkvormig getijmodel Rijnmond (M 900).

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en in maandelijks overleg met de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadiens, Rijkswaterstaat.

Het is uitgevoerd in de periode van 1 januari tot 30 april 1970 door Irs. A. van Mazijk en B.P. Rigter.

2. KORTE BESCHRIJVING GETIJGOOT

De getijgoot is 101,5 m lang en 0,67 m breed. De grootst toelaatbare diepte is 0,5 m. De goot is aan het benedenstroomse einde verbonden met een zeebassin van 6 x 8 x 1,5 m. Het vertikale getij op zee wordt geregeld met een regelklep. Het horizontale getij (debiet) aan het bovenstroomse eind wordt geregeld met behulp van een getijtank. De dichtheid van het zeewater wordt constant gehouden. Met behulp van zgn. skimmers kan een eventuele zoete laag in het zeebassin worden afgezogen. Op ongeveer 64 m uit het zeebassin is de goot gebogen over 180° . Deze afstand komt bij de voor dit onderzoek gekozen horizontale schaal overeen met 40 km in prototype.

Om de benodigde ruwheid te verkrijgen werden vierkante messing staafjes gebruikt (5 x 5 mm).

Dichtheden, snelheden en waterstanden werden gemeten met apparatuur die gemonteerd was op twee verrijdbare wagens.

Voor een meer uitgebreide beschrijving van de getijgoot wordt verwezen naar rapport M 896 - 2 Ontwerp getijgoot (in voorbereiding).

3. GEOMETRIE EN SCHAALKEUZE

Bij het onderzoek Reproductie Rotterdamse Waterweg in getijgoot (rapport M 896 - 6) bleek dat de zoutpenetratie in de Rotterdamse Waterweg in globale zin in de getijgoot gereproduceerd kon worden, mits het zout bij laagwaterkentering niet ver landinwaarts van de Oude Maas doordringt. Daarom is bij het onderhavige onderzoek dezelfde gemiddelde waterdiepte en Chézy-coëfficiënt genomen als bij de proeven van het reproductie-onderzoek voor de situatie 1966-1967. De getijgoot kan dan beschouwd worden als een model van een prismatische rivier, breed 430 m, met gemiddelde diepte van 15,80 m en Chézy-coëfficiënt van $60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ op een verticale schaal 1/64 en horizontale schaal 1/640.

Deze maten stemmen slechts in globale zin overeen met die van de Rotterdamse Waterweg tussen Hoek van Holland en de Oude Maas en wijken af van die van de Nieuwe Maas (zie fig. 1).

Bij proeven met een drempel werd deze gedimensioneerd in globale overeenstemming met de voorgestelde toekomstige geuldiepte van de Rotterdamse Waterweg (zie fig. 1 en 2).

4. INSTELLING GETIJGOOT

4.1. Inleiding

De proeven zijn zodanig uitgevoerd dat de debiet- en waterstandskrommen in de prismatische rivier, waarvan de getijgoot een model vormt, over de eerste 19 km vanaf zee zoveel mogelijk overeenstemmen met de debiet- en waterstandskrommen in de Rotterdamse Waterweg bij de volgende situaties:

1. Toestand voor Deltaplan zonder bodemverhoging.
2. Toestand voor Deltaplan met bodemverhoging.
3. Toestand na Deltaplan zonder bodemverhoging.
4. Toestand na Deltaplan met bodemverhoging.

De getijden in de situaties voor en na Deltaplan onderscheiden zich vooral door een verzwakking van de horizontale getijbeweging ten gevolge van de afsluiting van Volkerak en Haringvliet (zie fig. 3 en 4).

Om in de getijgoot een getijbeweging in te stellen die overeenkomt met de getijbeweging na Deltaplan over de eerste 19 km van de Rotterdamse Waterweg was het nodig over getijberekeningen voor de Waterweg na afsluiting van het Haringvliet te beschikken. Door de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst zijn de resultaten van voor deze omstandigheden met behulp van de Deltar uitgevoerde getijberekeningen ter beschikking gesteld.

Voor de getijbeweging op de Waterweg voor de afsluiting van het Haringvliet werd gebruik gemaakt van de resultaten van de Riviermetingen Noordelijk Deltagebied (nota's W - 68.031 en W - 69.001 t/m W - 69.004 van Waterloopkundige Afdeling - Deltadienst - Rijkswaterstaat).

In nota W 69 - 015 (Waterloopk. Afd. - Deltadienst - R.W.S.) wordt het effect van de verondieping van de Nieuwe Maas op de getijbeweging in het Noordelijk Deltagebied onderzocht. De conclusie is dat de debieten en waterstanden nauwelijks beïnvloed worden, zodat in de getijgoot voor proeven met en zonder bodemverhoging dezelfde getijbeweging ingesteld kan worden.

4.2. Zeerand

Er zijn proeven uitgevoerd met drie verschillende verticale getijden bij de uitmonding in zee, overeenkomend met de getijden te Hoek van Holland

van

- 24 september 1966 (doodtij),
- 16 april 1966 (normaaltij),
- 23 april 1967 (springtij).

De proeven waren zuiver periodiek met een periode op de tijdschaal overeenstemmend met 24 uur 50 minuten. Daartoe moesten de getijden Hoek van Holland aan begin en eind van deze periode aangepast worden (zie figuren 5, 6 en 7).

De saliniteit van het water in het zeebasin werd bij alle proeven op een constante waarde van 30⁰/oo ingesteld waardoor het dichtheidsverschil tussen zout en zoet water ca. 22,5 kg/m³ bedroeg met afwijkingen ten gevolge van temperatuurschommelingen.

4.3. Rivierstrand (bovenstroomse rand)

De debietregeling aan de bovenstroomse rand van de getijgoot is aangebracht op een afstand van 101,5 m uit de mond. Aldaar zijn voorzieningen getroffen om onafhankelijk van elkaar te kunnen instellen: een constant debiet en een variabel debiet. Het momentane debiet is dan gelijk aan de som van het constante en het variabele debiet:

$$Q^{\#}(t) = Q(t) + \bar{Q}_2 \quad (1)$$

met $\int_T Q(t) dt = 0$

Hierin zijn: $Q^{\#}(t)$: momentane debiet

$\bar{Q}(t)$: variabele bijdrage tot het momentane debiet

\bar{Q}_2 : constante debiet (opperwaterafvoer)

T : getijperiode overeenkomend met 24 uur 50 min.

Het variabele debiet $Q(t)$ werd met behulp van getijberekeningen bepaald. Het moest voor de drie "dagen" 16 april 1966, 24 september 1966 en 23 april 1967 en voor de getijden als "voor" en "na Deltaplan" afzonderlijk worden bepaald.

Voor de getijden als na Deltaplan met bodemverhoging bleek het mogelijk het variabele debiet $Q(t)$ te bepalen door getijberekeningen uit te voeren met een mathematisch model als aangegeven in fig. 10 en 17. In fig. 8 t/m 13 zijn debiet- en waterstandskrommen getekend zoals die volgen uit deze getijberekeningen en uit berekeningen met de Deltar. De krommen hebben betrekking op plaatsen langs de prismatische rivier die ongeveer even ver van zee liggen als Maassluis, Vlaardingen en van Brienenoord. De debietkrommen voor Vlaardingen en van Brienenoord (voorbij Oude Maas) worden gegeven in verband met par. 8.

Getijberekeningen, uitgevoerd met mathematisch model zonder drempel en met als randvoorwaarde dezelfde debietkromme als verkregen uit bovengenoemde getijberekeningen ter plaatse van het punt overeenkomend met de bovenstroomse rand van de getijgoot, geven een geringe vervorming van debiet- en waterstandskrommen (fig. 14 en 15). Hierdoor is het mogelijk voor het onderzoek naar de invloed van een bodemverhoging op de zoutindringing de bovenstroomse rand voor proeven met en zonder bodemverhoging op dezelfde manier in te stellen.

Voor de getijden als voor Deltaplan werden dezelfde variabele debieten $Q(t)$ ingesteld als bij het onderzoek Reproductie Rotterdamse Waterweg in getijgoot (M 896 - 6).

Er mag van worden uitgegaan dat de in de getijgoot opgetreden waterstands- en debietvariatiën overeenstemmen met de volgens de mathematische modellen berekende variatiën (zie fig. 19 en 24). De volgens deze figuren optredende afwijkingen zijn toe te schrijven aan effecten van dichtheidsverschillen.

4.4. Aanvoer van zoet water op 30,85 m uit mond van getijgoot

Door de regulatie van de Benedenrijn zal de opperwaterafvoer door de Nieuwe Maas afnemen en die door de Oude Maas toenemen. Het effect van deze verandering is in de getijgoot schematisch onderzocht door op 30,85 m uit de mond van de getijgoot een constant debiet van zoet water \bar{Q}_3 toe te voeren. Voor inlaatconstructie zie figuur 2. Deze afstand komt bij de horizontale schaal van 1/640 overeen met 19,75 km uit de mond van de onderzochte prismatische rivier en komt dus in globale zin overeen met de afstand van de Oude Maas tot de kop van de voormalige pieren (kmr 1032,750).

Voor de bepaling van \bar{Q}_3 voor de prismatische rivier wordt de formule

$$\bar{Q}_3 = Q_{WW} \left(\frac{1 - 0,3\Phi}{1 + \Phi} \right) \quad (2)$$

gebruikt met

$$\Phi = \frac{Q_{NM}}{Q_{OM}}$$

waarin Q_{WW} , Q_{NM} , Q_{OM} de opperwaterafvoeren door resp. Rotterdamse

Waterweg, Nieuwe Maas en Oude Maas voorstellen. De in de getijgoot ingestelde waarde \bar{Q}_3 wordt met de debietenschaal uit de door vergelijking 2 gegeven waarde bepaald. Voor de afleiding van de formule zie appendix.

4.5. Samenvatting

Bij de gekozen wijze van instellen is de getijgoot onderverdeeld in twee delen met verschillend opperwaterafvoer. Vanaf het bovenstroomse einde op 101,5 m uit de mond tot 30,85 m uit de mond bedraagt de opperwaterafvoer \bar{Q}_2 . In het benedenstroomse gedeelte bedraagt de opperwaterafvoer $\bar{Q}_1 = \bar{Q}_2 + \bar{Q}_3$. (3)

\bar{Q}_1 wordt zodanig gekozen dat ze overeenstemt met een opperwaterafvoer door de Rotterdamse Waterweg; \bar{Q}_3 wordt bepaald met formule (2).

Het aan de bovenstroomse rand van de getijgoot in te stellen gemiddelde debiet \bar{Q}_2 wordt bepaald uit (3).

Voor de randvoorwaarde in de mond van de getijgoot wordt uitgegaan van de verticale getijden zoals gemeten in Hoek van Holland op 16 april 1966, 24 september 1966 en 23 april 1967.

De variabele debieten $Q(t)$, zie vergelijking (1), aan het eind van de getijgoot worden met behulp van getijberekeningen zodanig bepaald dat de getijbeweging bij de mond van de getijgoot zo goed mogelijk overeenstemt met de getijbeweging in de Rotterdamse Waterweg tussen Hoek van Holland en Oude Maas.

Voor het onderzoek naar de invloed van de opperwaterafvoer werden bij dezelfde ingestelde variabele debieten $Q(t)$ de opperwaterafvoeren \bar{Q}_2 en \bar{Q}_3 gevarieerd. Variaties in de opperwaterafvoeren geven in eerste benadering geen veranderingen in de plaatselijke variabele bijdrage tot de momentane debieten (zie figuren 4, 16 en 17).

5. PROEVENPROGRAMMA

Het onderzoek is in twee fasen uitgevoerd:

Eerste fase. Hierbij werden getijden ingesteld in globale zin overeenstemmend met getijden voor en na Deltaplan en randvoorwaarden te Hoek van Holland als op 16 april 1966, 24 september 1966 en 23 april 1967. Voor de opperwaterafvoeren door Rotterdamse Waterweg, Nieuwe Maas en Oude Maas zijn enige waarden aangenomen bepaald door middeling van de debieten zoals berekend met de Deltar over een periode van 24 uur 50 minuten. Een overzicht van de proeven is gegeven in tabel 1.

Tweede fase. Hierbij zijn proeven uitgevoerd met een randvoorwaarde te Hoek van Holland als op 16 april 1966 (normaal getij). Bij deze proeven is de opperwaterafvoer door het gedeelte van de getijgoot dat globaal overeenstemt met de Waterweg systematisch gevarieerd. Voor de verhouding

$\Phi = \frac{Q_{NM}}{Q_{OM}}$, nodig ter bepaling van het zoetwater debiet dat op 30,85 m

vanaf de mond in de getijgoot moet worden toegevoerd zijn waarden van 3,3, 1 en 0,5 genomen. Proeven zijn uitgevoerd met en zonder drempel. De zoutindringing bij getijden als voor Deltaplan is alleen onderzocht zonder drempel. Voor een overzicht van de proeven zie tabel 2.

6. GEMETEN GROOTHEDEN

Het onderzoek was in hoofdzaak gericht op het bepalen van de afstand waarover het zout bij de bodem de rivier binnendringt. Deze afstand wordt zoutindringingslengte genoemd. Het was mogelijk de zoutindringing met het oog te volgen doordat aan het zoute water methylblauw als kleurstof was toegevoegd.

Ter controle werden met behulp van een verplaatsbare geleidbaarheidsmeter de nauwkeurigheid van de visueel waargenomen zoutindringingslengten bepaald. Verplaatsing van de meter over een afstand van 20 cm gaf een duidelijke overgang van rivierwater naar water met een ca. $0,4 \text{ kg/m}^3$ hogere dichtheid.

Bij enkele proeven zijn ook zoutmetingen in vaste stations langs de getijgoot verricht met behulp van geleidbaarheidsmeters. Het bleek dat de visueel bepaalde zoutindringing telkens tussen een station met een hoger zoutgehalte dan die van het leidingwater en een station met hetzelfde zoutgehalte als het leidingwater in lag (fig. 18). Deze ervaring was reeds bij vroegere proeven opgedaan.

Ter controle van de ingestelde getijbeweging zijn in enige stations ook waterstanden en snelheden gemeten.

7. RESULTATEN

7.1. Proeven eerste fase

In tabel 1 worden minimale (aan het eind van de eb) een maximale (aan het eind van de vloed) zoutindringingslengten gegeven, omgerekend met de horizontale schaal 1/640.

Ten gevolge van de dagelijkse ongelijkheid van de getijbeweging worden twee maximale zoutindringingslengten gevonden. De minimale zoutindringingslengte blijkt ongevoelig voor de dagelijkse ongelijkheid.

In figuur 18 zijn isopycnen getekend voor een aantal proeven op tijdstippen rond hoog- en laagwaterkentering.

In figuur 19 wordt het verloop van de waterstanden in twee meetstations langs de getijgoot vergeleken met het berekende verloop.

In de figuren 20 t/m 23 wordt het verloop van de snelheden voor proeven met en zonder drempel gegeven. Boven de drempel zullen de snelheden ongeveer twee keer zo groot moeten zijn als bij de overeenkomstige proef zonder drempel, omdat het profiel door de drempel bij benadering gehalveerd wordt.

7.2. Conclusies eerste fase

a) Effect verzwakking horizontale getijbeweging:

Indien in een prismatische rivier zonder drempel getijden worden opgewekt die over ca. 20 km vanaf zee globaal overeenstemmen met getijden in de Rotterdamse Waterweg tussen Hoek van Holland en Oude Maas voor en na Deltaplan dan wordt de zoutpenetratie bij getijden als na Deltaplan vele kilometers meer dan bij getijden als voor Deltaplan (T 230 - 02 en T 215 - 02, T 320 - 01 en T 219 - 01).

b) Een wijziging in de verdeling van de opperwaterafvoer bij dezelfde totale opperwaterafvoer kan grote invloed hebben op de zoutindringing in de prismatische rivier (proeven T 215 - 01 en T 215 - 02).

c) Een verondieping volgens fig. 1 aangebracht in de prismatische rivier kan een aanzienlijke reductie van de zoutpenetratie geven (proeven T 215 - 01 en T 215 - 00). Bij springtij is de reductie gering (proeven T 219 - 01 en T 219 - 00).

7.3. Proeven tweede fase

In tabel 2 worden minimale en maximale zoutindringingslengten gegeven, omgerekend met de horizontale schaal 1/640.

In fig. 24 wordt verloop van gemeten en berekende waterstanden gegeven.

In de figuren 25 en 26 wordt het verloop van de snelheden voor proeven met en zonder drempel gegeven.

In de figuren 27 t/m 32 worden minimum en maximum indringingslengten uitgezet als functie van de totale opperwaterafvoer.

7.4. Conclusies tweede fase

a) Effect verzwakking horizontale getijbeweging (fig. 27a en b, tabel 2, series I en II):

Indien in een zuiver prismatische rivier zonder plaatselijke toevoer van water ($\Phi = 3,3$) getijden worden opgewekt, die over ca. 20 km vanaf zee overeenstemmen met de getijden in de Waterweg tussen H.v.H. en O.M. voor en na Deltaplan dan is de zoutpenetratie bij getijden als na Deltaplan enkele kilometers (orde 7 km) meer dan bij getijden als voor Deltaplan met dezelfde opperwaterafvoer. Bij lage opperwaterafvoeren worden verschillen in zoutpenetratie bij getijden als voor en na Deltaplan nog groter.

b) Effect verhouding bovenafvoeren (fig. 28a en b, tabel 2, series II en III):

Indien in dezelfde prismatische rivier met getijbeweging als na Deltaplan een gedeelte van de totale opperwaterafvoer wordt aangevoerd op 19,75 km uit de mond dan neemt de zoutpenetratie toe.

c) Effect bodemverhoging zonder plaatselijke toevoer van opperwaterafvoer (figuren 29a en b, tabel 2, series II en VI):

Indien in dezelfde prismatische rivier een bodemverhoging wordt aangebracht volgens figuur 2 en een getijbeweging als na Deltaplan wordt ingesteld, dan wordt het zout tijdens eb van de bodemverhoging gespoeld. Dit geeft een aanzienlijke reductie van de zoutpenetratie bij eb.

d) Effect bodemverhoging bij plaatselijke toevoer van water (fig. 30a en b, tabel 2):

Indien in de prismatische rivier met bodemverhoging een gedeelte van de totale opperwaterafvoer wordt aangevoerd op 19,75 km van de mond zal het zout tijdens eb eveneens van de bodemverhoging worden gespoeld.

- e) De conclusies c en d gelden in ieder geval voor totale opperwaterafvoeren groter dan $600 \text{ m}^3/\text{s}$ en $\phi \gg 0,5$. Voor lagere afvoeren kon dit niet in de getijgoot worden onderzocht omdat het zout bij hoogwaterkentering voorbij de aangebrachte drempel zou komen.
- f) Volgens conclusie a neemt de zoutindringing toe bij verzwakking van de getijbeweging. De proeven zijn uitgevoerd met een randvoorwaarde aan zee voor normaal tij. Te verwachten is dat bij doodtij de zoutpenetratie nog meer zal toenemen (zie ook rapport M 896 - 10, proeven met variatie getijverschil).
- g) Door de vergroting van de snelheden ten gevolge van de profielvermindering boven de verondieping neemt de vloedweg toe. Het gunstige effect van een verondieping op de zoutindringing tijdens laagwaterkentering wordt hierdoor tijdens hoogwaterkering verminderd (vergelijk fig. 31 en 32).

8. RELATIE PRISMATISCHE RIVIER MET ROTTERDAMSE WATERWEG

a) Zonder verondieping

Zoals vermeld wijkt de prismatische rivier in vele opzichten af van de Nieuwe Maas. De debieten zijn groter maar de doorsneden ook. De verschillen in snelheden zijn dus minder groot. Omdat de zoutindringing behalve van de snelheden in sterke mate afhangt van de diepte zullen de in de prismatische rivier gemeten grote zoutindringingslengten bij vertaling naar de Rotterdamse Waterweg gereduceerd moeten worden.

b) Met verondieping

In deze situatie zijn de doorsneden en diepten in de prismatische rivier globaal in overeenstemming met de Nieuwe Maas maar de debieten blijven groter. De snelheden boven de verondieping in de prismatische rivier zijn $\pm 1,5$ maal zo groot als in de Nieuwe Maas. Of het effect op de zoutpenetratie boven de verondieping even gunstig zal zijn als gevonden voor de prismatische rivier is niet zonder verder onderzoek te zeggen. Wel zal het verschil tussen maximale en minimale zoutindringing in de prismatische rivier ca. 1,5 maal groter zijn dan in de Nieuwe Maas.

Een bovengrens voor de zoutpenetratie boven de voorgestelde verondieping in de Nieuwe Maas kan wellicht verkregen worden door vergelijking met de zoutpenetratie in de Rotterdamse Waterweg in 1908. Deze had toen een gemiddelde diepte van ca. 8 m en een oppervlakte van de dwarsdoorsnede van ca. 3500 m^2 , dus overeenkomend met de situatie boven de verondieping in de Nieuwe Maas. De maximale debieten waren van de orde $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ en de opperwaterafvoer van de orde $300 \text{ m}^3/\text{s}$. De zoutpenetratie aan het eind van de eb was van de orde 4 à 8 km (zie rapport M 896 - 6).

Voor de Nieuwe Maas met verondieping zullen de maximale ebdebieten van de orde van $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ zijn (dus minder dan in de Rotterdamse Waterweg in 1908). De opperwaterafvoer door de Nieuwe Maas zal bij extreem lage Bovenrijnafvoeren (orde $600 \text{ m}^3/\text{s}$) minder dan $200 \text{ m}^3/\text{s}$ kunnen worden.

Zou men aannemen dat bij deze lage opperwaterafvoeren het water tot aan de verondieping volledig zout is dan zal door het zwakkere horizontale getij (t.o.v. 1908) en bij lage bovenafvoer de zoutindringing boven de verondieping aan het eind van de eb aanzienlijk meer bedragen dan de 4 à 8 km in 1908. Het niet volledig zout zijn van het water tot aan de verondieping heeft weliswaar een gunstig effect, maar het moet niet uitgesloten worden geacht dat bij extreme omstandigheden zout water tijdens de laagwater kentering bij de Hollandse IJssel aanwezig blijft.

9. CONCLUSIES

1. Volgens proeven in de getijgoot zal de zoutindringing in een prismatische rivier (diep 15,80 m, breed 430 m) bij gelijkblijvende opperwaterafvoer toenemen naarmate de horizontale getijbeweging zwakker wordt (fig. 27a en b).
2. Indien een gedeelte van de totale opperwaterafvoer in een prismatische rivier plaatselijk wordt aangevoerd op een afstand van 19,75 km van de mond zal de zoutindringing toenemen (fig. 28a en b).
3. Door de prismatische rivier (diepte 15.80 m, breedte 430 m) over een traject van ca 30 km van zee tot ca 45 km van zee te verondiepen tot een diepte van 8 m (zie fig. 2) wordt een reductie van de zoutindringing verkregen ten opzichte van de zoutpenetratie in een prismatische rivier met een diepte van 15.80 m over de gehele lengte, waarin dezelfde debieten als functie van plaats en tijd zijn ingesteld.

Zout dat bij vloed tot boven de verondieping was doorgedrongen werd tijdens eb teruggedrongen tot aan het begin (zeewaartse einde) van de verondieping (fig. 29a, 30a, 31). Deze conclusie geldt voor totale opperwaterafvoeren groter dan $600 \text{ m}^3/\text{s}$. Voor lagere afvoeren konden geen proeven in de getijgoot worden uitgevoerd.

De reductie van de zoutpenetratie tijdens hoogwaterkentering is minder groot dan de reductie tijdens laagwaterkentering (fig. 29b, 30b, 32). Bij een totale opperwaterafvoer van $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt een reductie van ca. 6 km verkregen (fig. 29b).

4. Door de afsluiting van Volkerak en Haringvliet en door de regulatie van de Benedenrijn worden de eb- en vloeddebieten in de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas verzwakt en zal een groter gedeelte van de opperwaterafvoer van de Nieuwe Waterweg worden aangevoerd door de Oude Maas. Volgens de bij de proeven gevonden tendenties zou de zoutpenetratie in de Nieuwe Maas na de afsluitings- en regulatiewerken toenemen indien de opperwaterafvoer door de Nieuwe Waterweg niet zou worden vergroot en de Nieuwe Maas niet zou worden verondiept. Dit zou zowel veroorzaakt door de verzwakking van de horizontale getijbeweging (conclusie 1) als door het groter worden van het aandeel van de Oude Maas in de opperwaterafvoer (conclusie 2).

5. Door de geprojecteerde verondieping van de Nieuwe Maas zal de zoutpenetratie worden verminderd (conclusie 3). Door het niet gelijkvormig zijn van getijgoot en Nieuwe Maas kan niet worden aangegeven of het zout ook in de verondiepte Nieuwe Maas tot het zeewaartse einde van de verondieping zal worden teruggedrongen (par. 8).
6. Er konden geen proeven worden uitgevoerd voor afvoeren minder dan $600 \text{ m}^3/\text{s}$. Door vergelijking met de zoutpenetratie in de Rotterdamse Waterweg als gemeenten bij de toestand van 1908 moet het niet uitgesloten worden geacht dat bij extreem lage Bovenrijnafvoer (van de orde van $600 \text{ m}^3/\text{s}$) en bij doodtij zout water gedurende de gehele getijperiode bij de Hollandse IJssel aanwezig blijft, ook na uitvoering van de verondieping (par. 8).

APPENDIX

Afleiding formule voor \bar{Q}_3 .

Voor de bepaling van \bar{Q}_3 wordt ervan uitgegaan dat de diepte van de gereproduceerde prismatische rivier 15,80 m is en de breedte 4,30 m. De gemiddelde diepte van de Waterweg ten westen van de Oude Maas wordt eveneens gesteld op 15,80 m en die van de Nieuwe Maas ten oosten van de Oude Maas op 13,00 m (zie rapport M 896 - 6, par. 5.4). De breedte van beide rivieren wordt gesteld op 430 m. Gesteld wordt nu dat Q_3 zodanig bepaald moet worden dat de Froude getallen betrokken op de oppervlakterafvoer voor de prismatische rivier en voor de met behulp van bovenstaande maten geschematiseerde Waterweg en Nieuwe Maas aan elkaar gelijk zijn.

Uit deze eis volgt:

$$\bar{Q}_3 = Q_{WW} \left\{ 1 - \left(\frac{h_{WW}}{h_{NM}} \right)^{3/2} \frac{Q_{NM}}{Q_{WW}} \right\}$$

waarin:

Q_{WW} : oppervlakterafvoer door de Waterweg,

Q_{NM} : oppervlakterafvoer door de Nieuwe Maas,

h_{WW} : gemiddelde diepte Waterweg,

h_{NM} : gemiddelde diepte Nieuwe Maas.

Voor de aangenomen diepten van Waterweg en Nieuwe Maas volgt hieruit

$$\bar{Q}_3 = Q_{WW} - 1,3 Q_{NM}$$

of, omdat de oppervlakterafvoer door de Oude Maas Q_{OM} , gelijk is aan

$$Q_{OM} = Q_{WW} - Q_{NM}$$

$$Q_3 = Q_{OM} \left(1 - 0,3 \frac{Q_{NM}}{Q_{OM}} \right)$$

De verhouding $\frac{Q_{NM}}{Q_{OM}}$ wordt aangegeven met ϕ .

Wordt de oppervlakterafvoer door de Rotterdamse Waterweg als referentiedebiet gebruikt dan wordt Q_3 bepaald uit:

$$Q_3 = Q_{WW} \left(\frac{1 - 0,3\phi}{1 + \phi} \right)$$

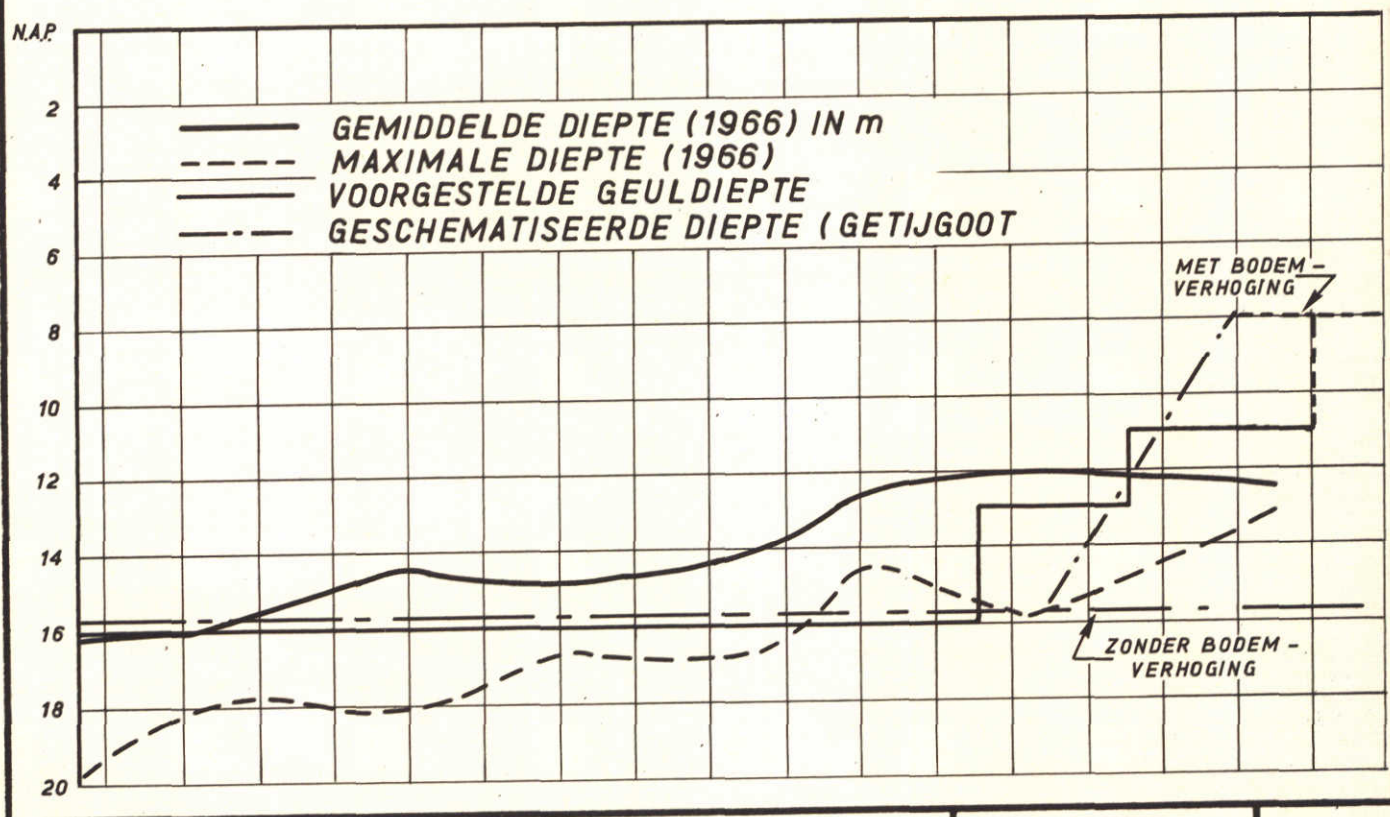
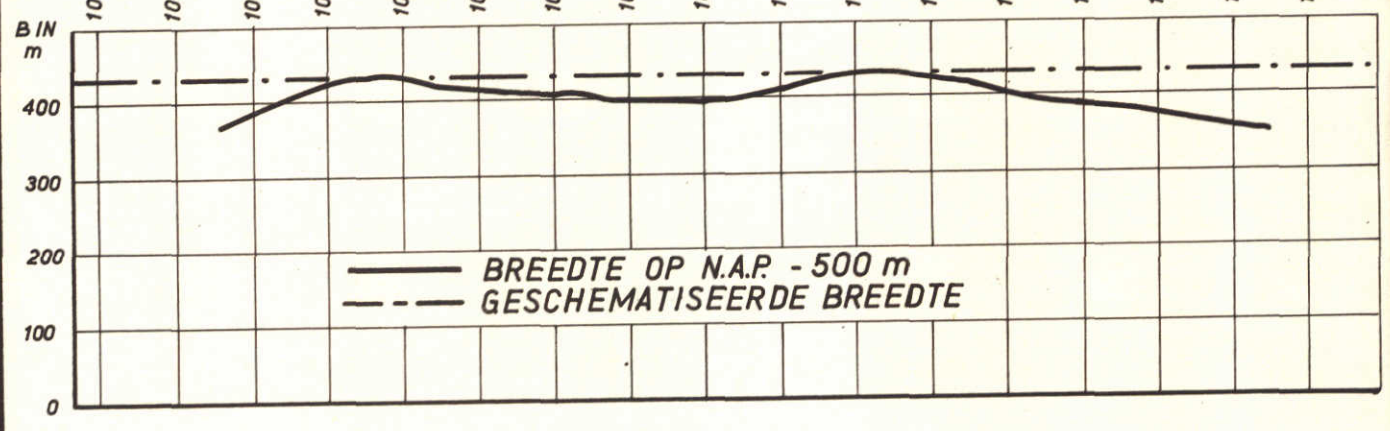
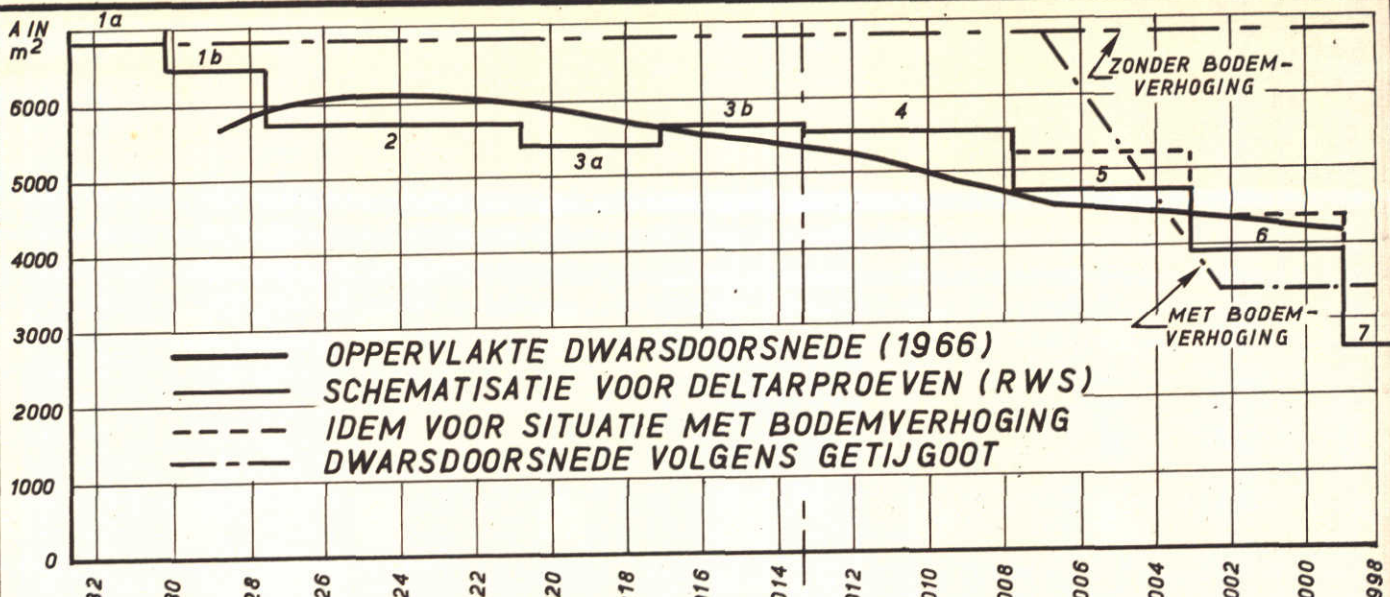
TABEL 1 RESULTATEN EERSTE FASE

| zoutindringingslengten in km | | bij getijden als voor Deltaplan | | | | | | | | | | bij getijden als na Deltaplan | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------|--|--|--|--------|----------------------------|----------------------|---------|------------------------------------|-------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|------------------------------------|-------|---------------------------------|----------------------|------------------|----------------|
| | | Q_1 (Q_{vzw}) m ³ /s | Q_N .Maas (aangenomen) m ³ /s | Q_0 .Maas (aangenomen) m ³ /s | ϕ | Q_3 m ³ /s | max. max. min. | PROEF | zonder bodem- verho- ging | PROEF | met bodem- verho- ging | PROEF | zonder bodem- verho- ging | PROEF | met bodem- verho- ging | PROEF | zonder bodem- verho- ging | PROEF | met bodem- verho- ging | | | |
| Getij Hoek van Holland | 16 - 4 - 1966 | 1400 | 1075 | 325 | 3,3 | 0 | max. max. min. | T210-01 | 27 30 21 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 950 | 520 | 430 | 1,21 | 274 | max. max. min. | | | | | | | | | | | | | 39,5 36,5 26,5 | | |
| | | 1000 | 770 | 230 | 3,3 | 0 | max. max. min. | T230-02 | 34,5 36 28,5 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 - 9 - 1966 | | 1060 | 815 | 245 | 3,3 | 0 | max. max. min. | | | | | | | | | | | | | 48,5 50 46 | | |
| | | 1060 | 530 | 530 | 1 | 370 | max. max. min. | | | | | | | | | | | | | | 57 58 55 | |
| | | 1000 | 770 | 230 | 3,3 | 0 | max. max. min. | T320-01 | 30 32 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 - 4 - 1967 | | 1210 | 650 | 560 | 1,16 | 365 | max. max. min. | | | | | | | | | | | | | | 32 33 24,5 | |
| | | 360 | 156 | 204 | 0,77 | 156 | max. max. min. | | | | | | | | | | | | | | | 51 51 45 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TABEL II RESULTATEN TWEEDE FASE

Serie I: Getijden als voor Deltaplan; series II t/m VI: Getijden als na Deltaplan

| serie | proef nummer | Q_{ww} m ³ /s | ϕ | bodem verhoging | zoutindringing (km prototype) | | | Opmerkingen |
|-------|--------------|-------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------|------|------|----------------------|
| | | | | | max. | max. | min. | |
| I | 210-01 | 1400 | 3,3 | geen | 27 | 30 | 31 | sinusvormig getij |
| | 217-22 | 1300 | 3,3 | geen | | 27,5 | 19,2 | |
| | 217-23 | 750 | 3,3 | geen | | 40,5 | 31 | |
| II | 217-23 | 1000 | 3,3 | geen | 44,7 | 42,5 | 38,6 | |
| | 217-20 | 1500 | 3,3 | geen | 32 | 30 | 26,1 | |
| III | 217-03 | 750 | 1 | geen | 50 | 50 | | |
| | 02 | 1000 | 1 | geen | 49 | 47,5 | 42,2 | |
| | 04 | 1500 | 1 | geen | 32,6 | 32,2 | 27,7 | |
| | 13 | 2500 | 1 | geen | 21,4 | 19,3 | 14,7 | |
| | 05 | 3000 | 1 | geen | 39,0 | 16,7 | 10,9 | |
| IV | 217-09 | 600 | 1 | geen | 45,0 | 40,7 | 27,3 | |
| | 07 | 750 | 1 | met | 43,0 | 39,0 | 27,2 | |
| | 06 | 1000 | 1 | met | 40,0 | 36,5 | 26,4 | |
| | 08 | 1500 | 1 | met | 33,3 | 29,4 | 24,9 | |
| | 18 | 2500 | 1 | met | 21,6 | 19,2 | 16,0 | |
| V | 217-10 | 1000 | 0,5 | met | 42,3 | 38,6 | 27,2 | |
| | 11 | 1500 | 0,5 | met | 36,5 | 30,7 | 25,4 | |
| | 12 | 2500 | 0,5 | met | 21,4 | 19,8 | 15,4 | |
| VI | 217-16 | 600 | 3,3 | met | 42,8 | 39,0 | 27,2 | |
| | 15 | 750 | 3,3 | met | 41,4 | 37,4 | 26,6 | |
| | 14 | 1000 | 3,3 | met | 39,2 | 35,1 | 26,2 | |
| | 17 | 1500 | 3,3 | met | 30,4 | 27,8 | 24,0 | |



| | |
|------------------------------|--------------|
| OVERZICHT GEOMETRIE | JM |
| | A4 |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | M.896 - 1346 |
| | FIG. 1 |

FIG. A: INLAATCONSTRUCTIE VOOR PLAATSELIJKE TOEVOER ZOET WATER

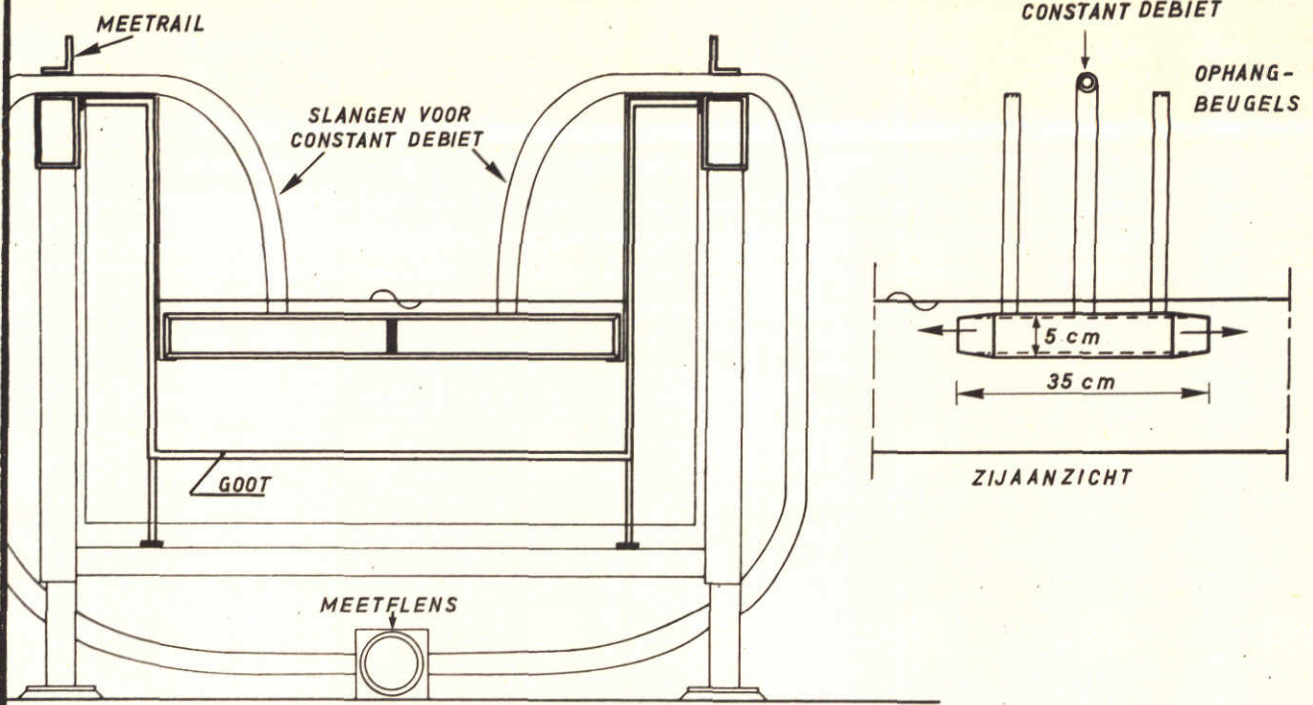
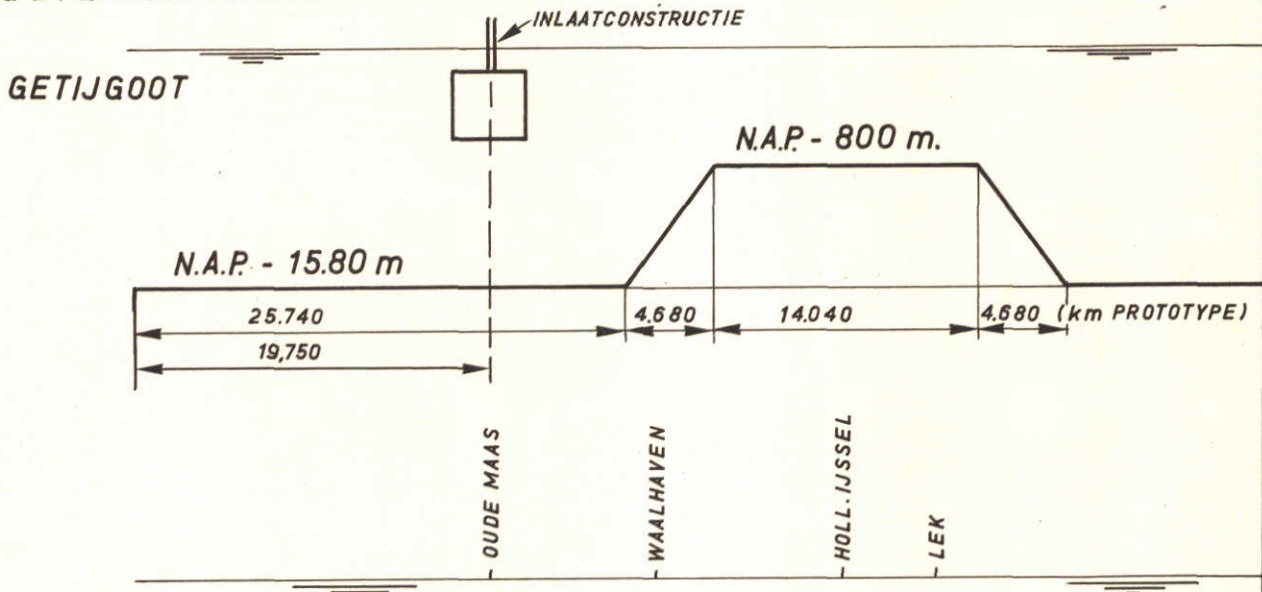
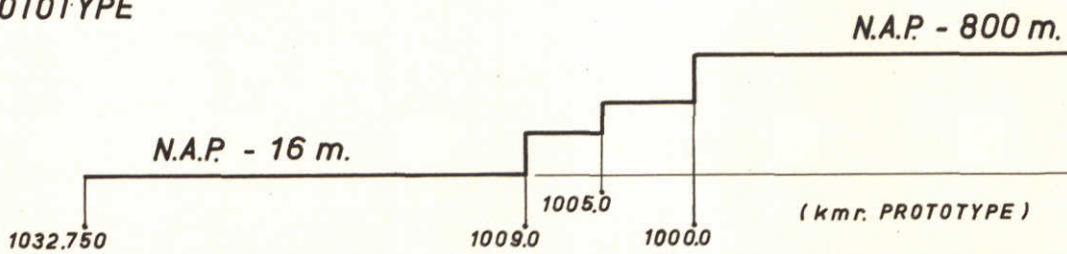


FIG B: LANGSDOORSNEDEN



PROTOTYPE



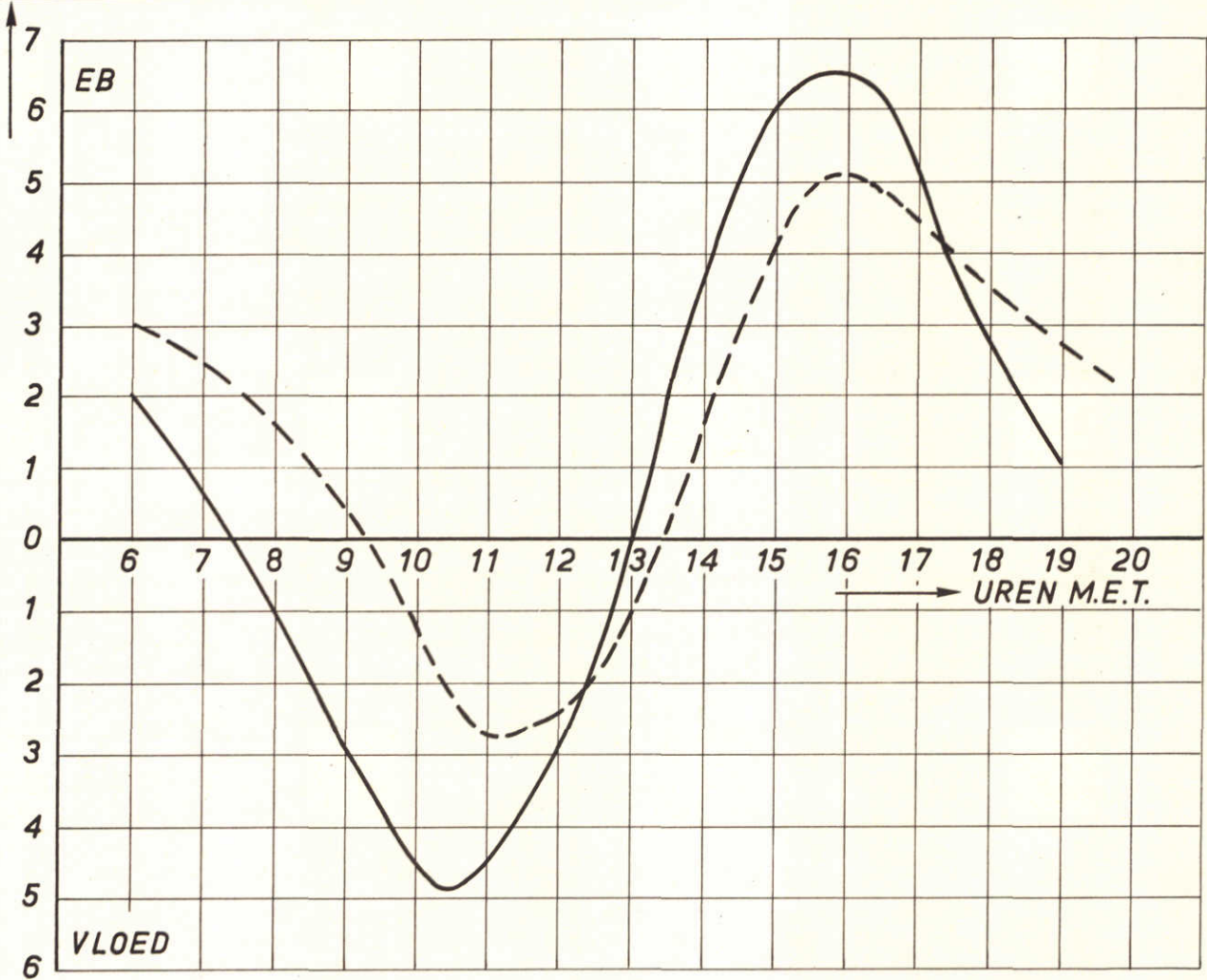
VOORGESTELDE TOEKOMSTIGE GEULDIEPTE
(UIT NOTA W- 69.015, DELTADIENST)

A : INLAATCONSTRUCTIE
B : LANGSDOORSNEDE GETIJGROOT EN PROTOTYPE

JM

A4

DEBIET
IN 1000 m³/s



—— VOOR DELTAPLAN - METING 24-9-66 Q_{BR} 1800 m³/s

----- NA DELTAPLAN - DELTARBEREKENING Q_{BR} 2400 m³/s

(T 13 VAN L 68.155 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 24-9-1966)

INVLOED DELTAPLAN OP DEBIETEN IN kmr. 1029

JM

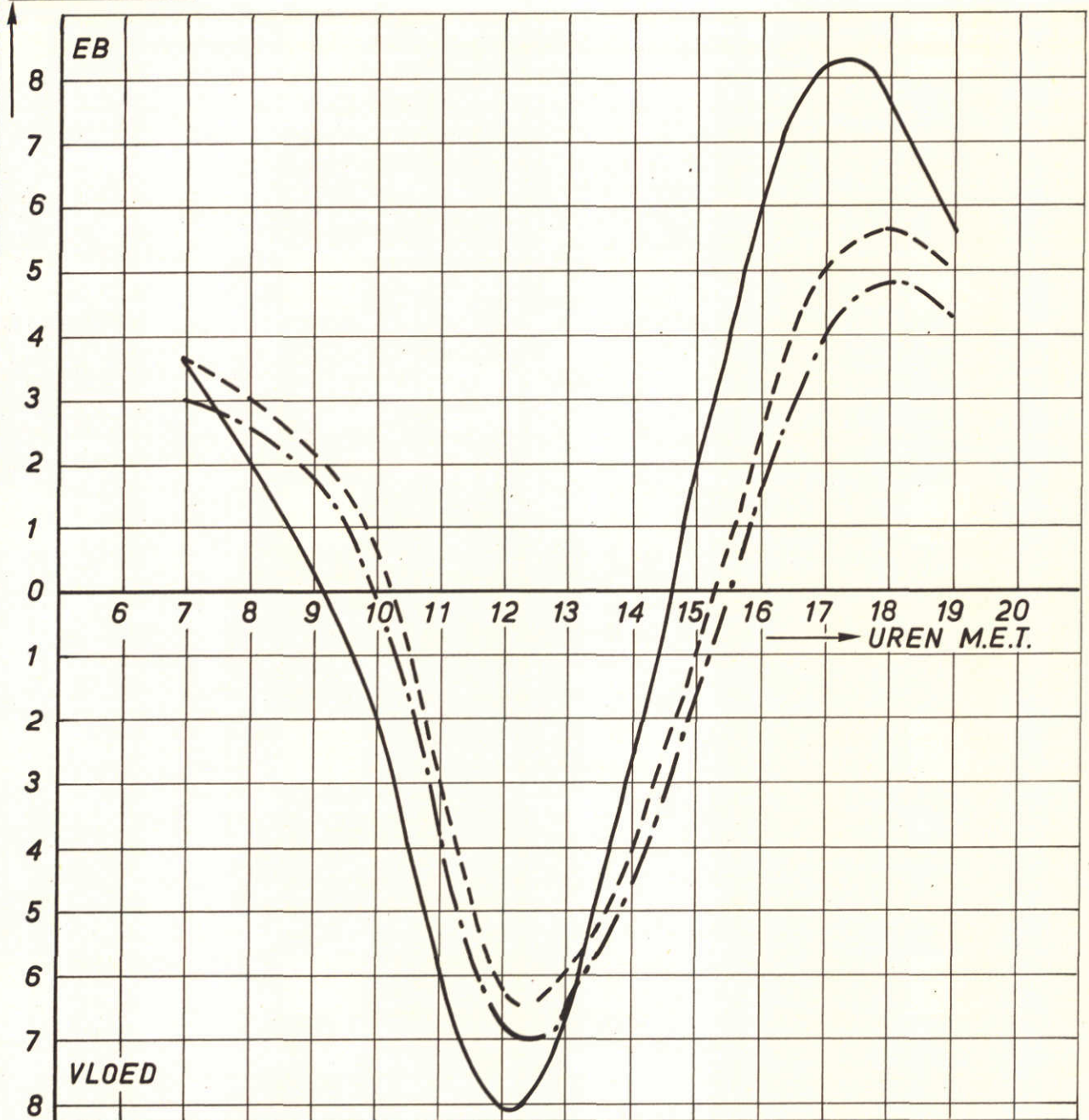
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1348

FIG.3

DEBIET
IN 1000 m³/s



- VOOR DELTAPLAN 16-4-1966 $Q_{BR} 3250 \text{ m}^3/\text{s}$
- - - NA DELTAPLAN (DELTAR) $Q_{BR} 2400 \text{ m}^3/\text{s}$
- · - NA DELTAPLAN (DELTAR) $Q_{BR} 985 \text{ m}^3/\text{s}$ }
- } * DELTAR-BEREKENINGEN T13 EN T16 VAN L 68.155
- } * GETIJ HOEK VAN HOLLAND 16-4-1966

INVLOED DELTAPLAN OP DEBIETEN IN kmr. 1029

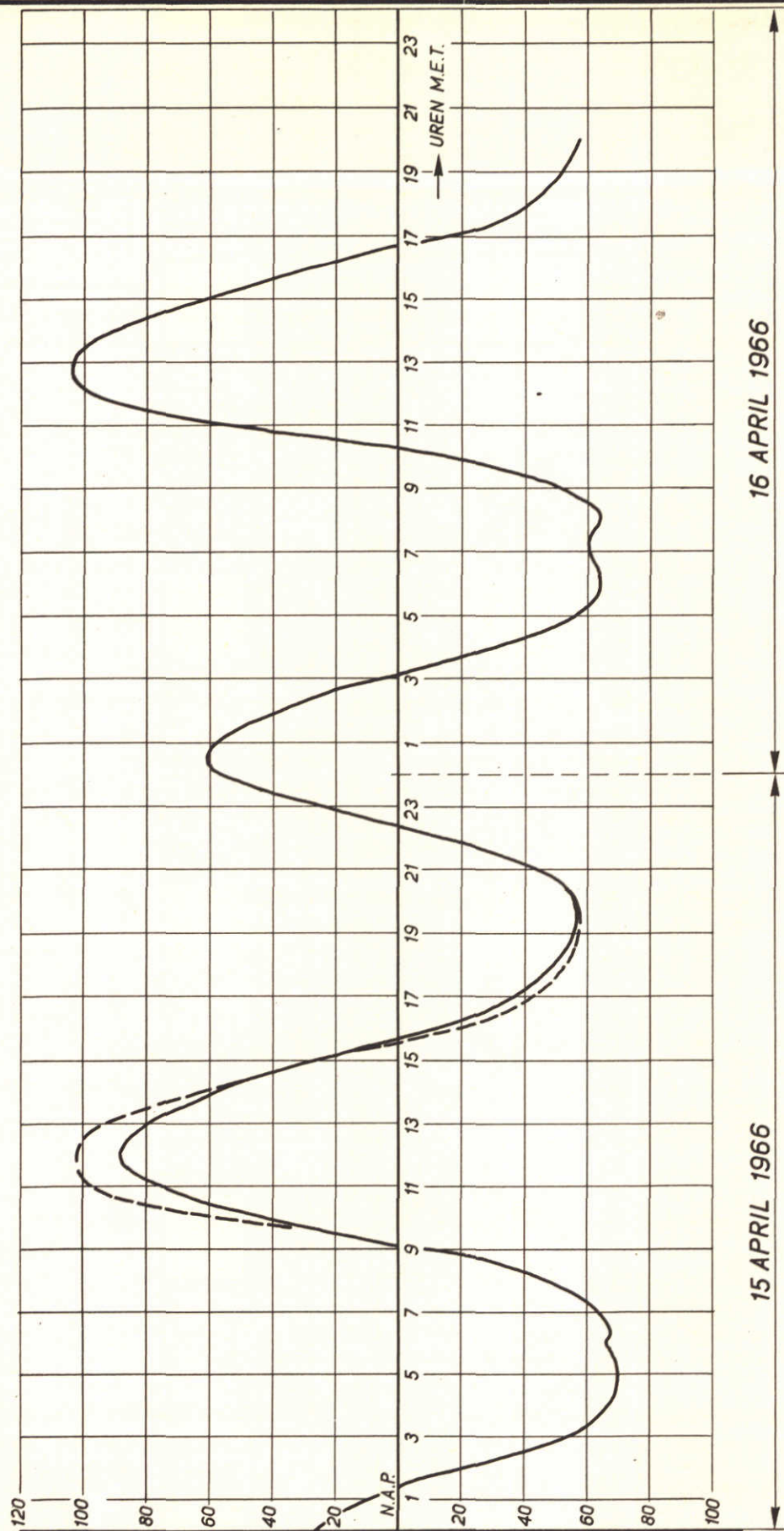
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1349

FIG.4



16 APRIL 1966

15 APRIL 1966

— WAARGENOMEN GETIJ
 - - - PERIODIEK GETIJ INGESTELD IN GOOT
 PERIODE 24 uur 50 min

GETIJ HOEK VAN HOLLAND 15-16 APRIL '66

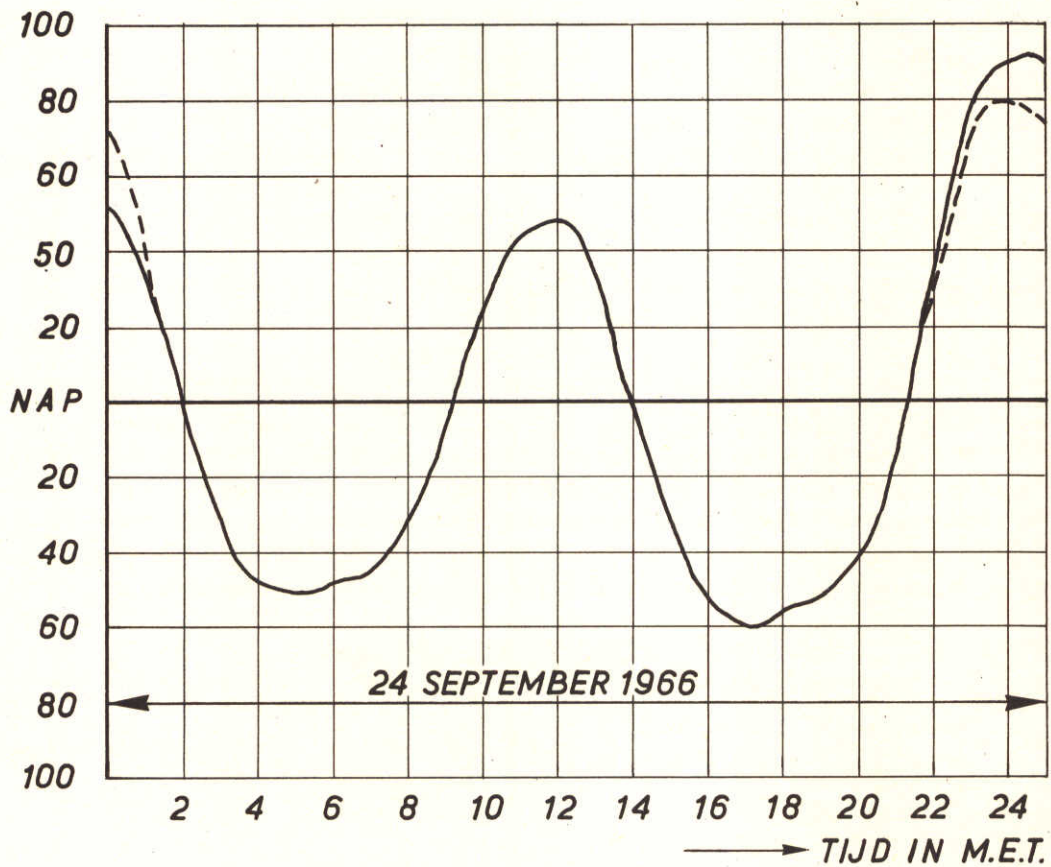
cb

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-1350

FIG. 5



CODERING :

- WAARGENOMEN GETIJ
- - - - - PERIODIEK GETIJ INGESTELD IN GETIJGOOT

GETIJ HOEK VAN HOLLAND 24 SEPTEMBER 1966

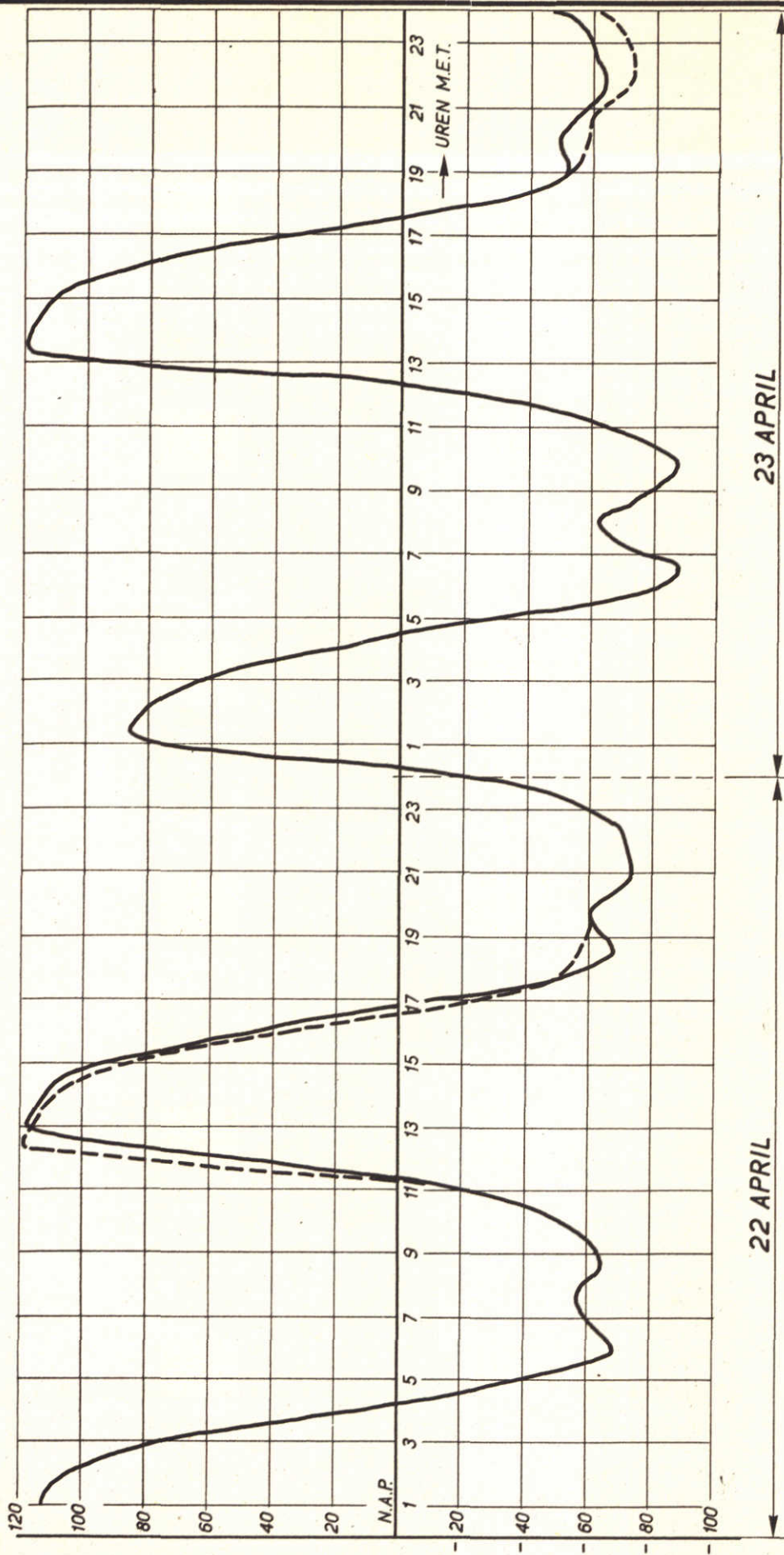
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896- 1351

FIG.6



— WAARGENOMEN GETJ
 - - - PERIODIEK GETJ INGESTELD IN GOOT
 PERIODE 24 uur 50 min

GETJ HOEK VAN HOLLAND 22-23 APRIL '67

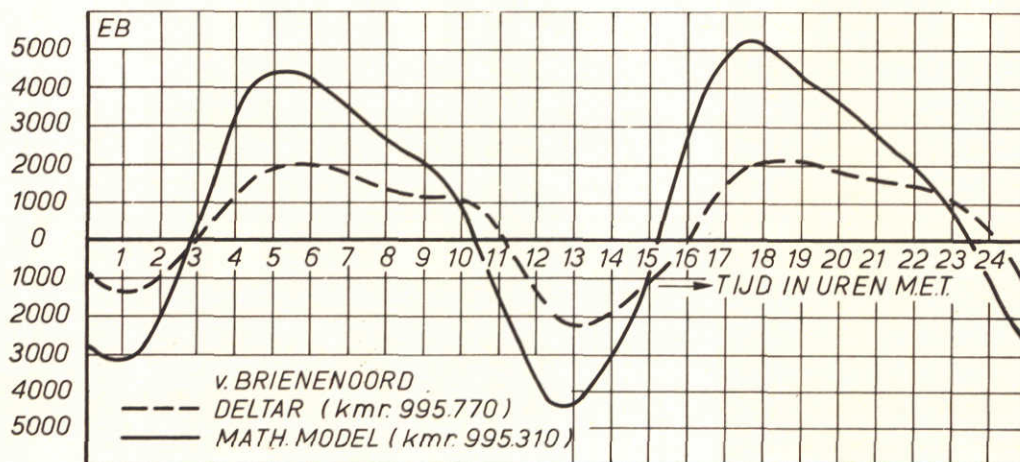
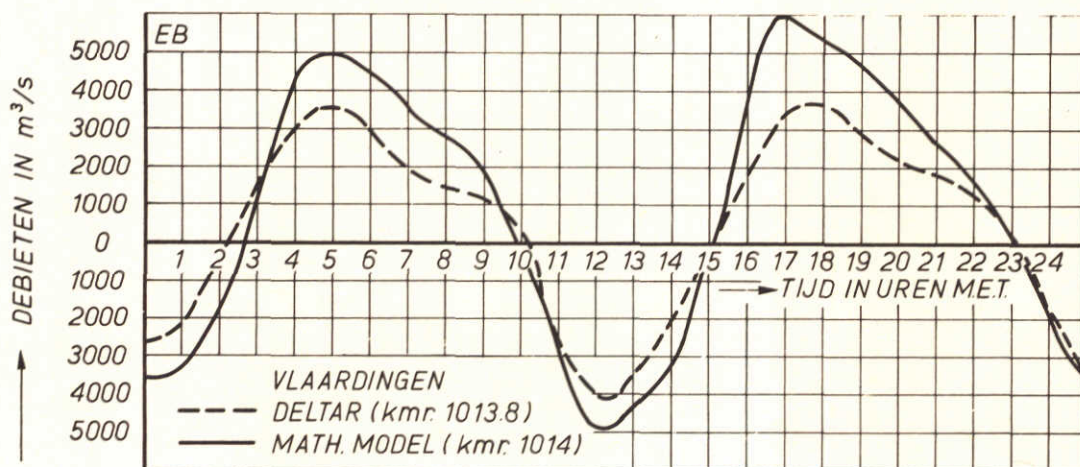
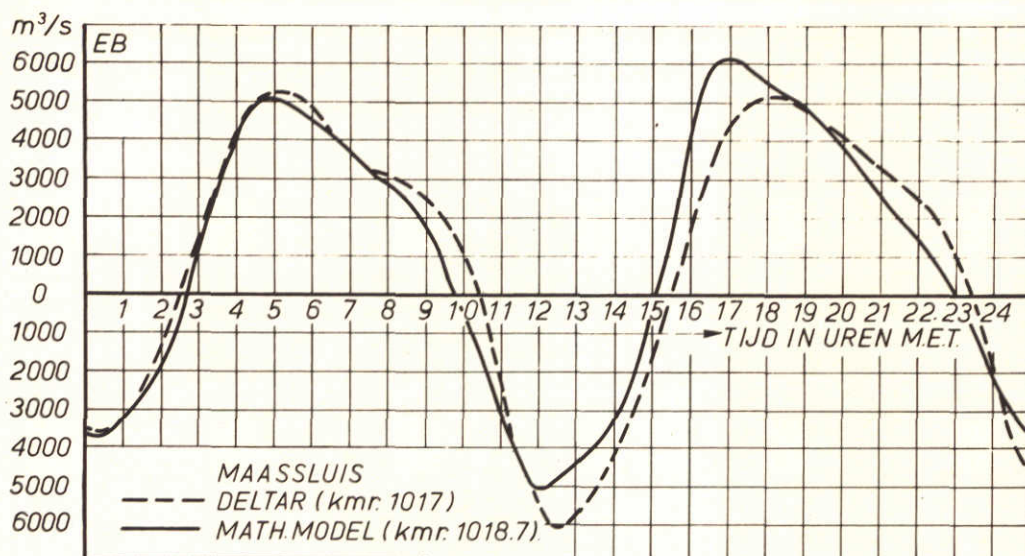
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-1352

FIG. 7

cb

A4

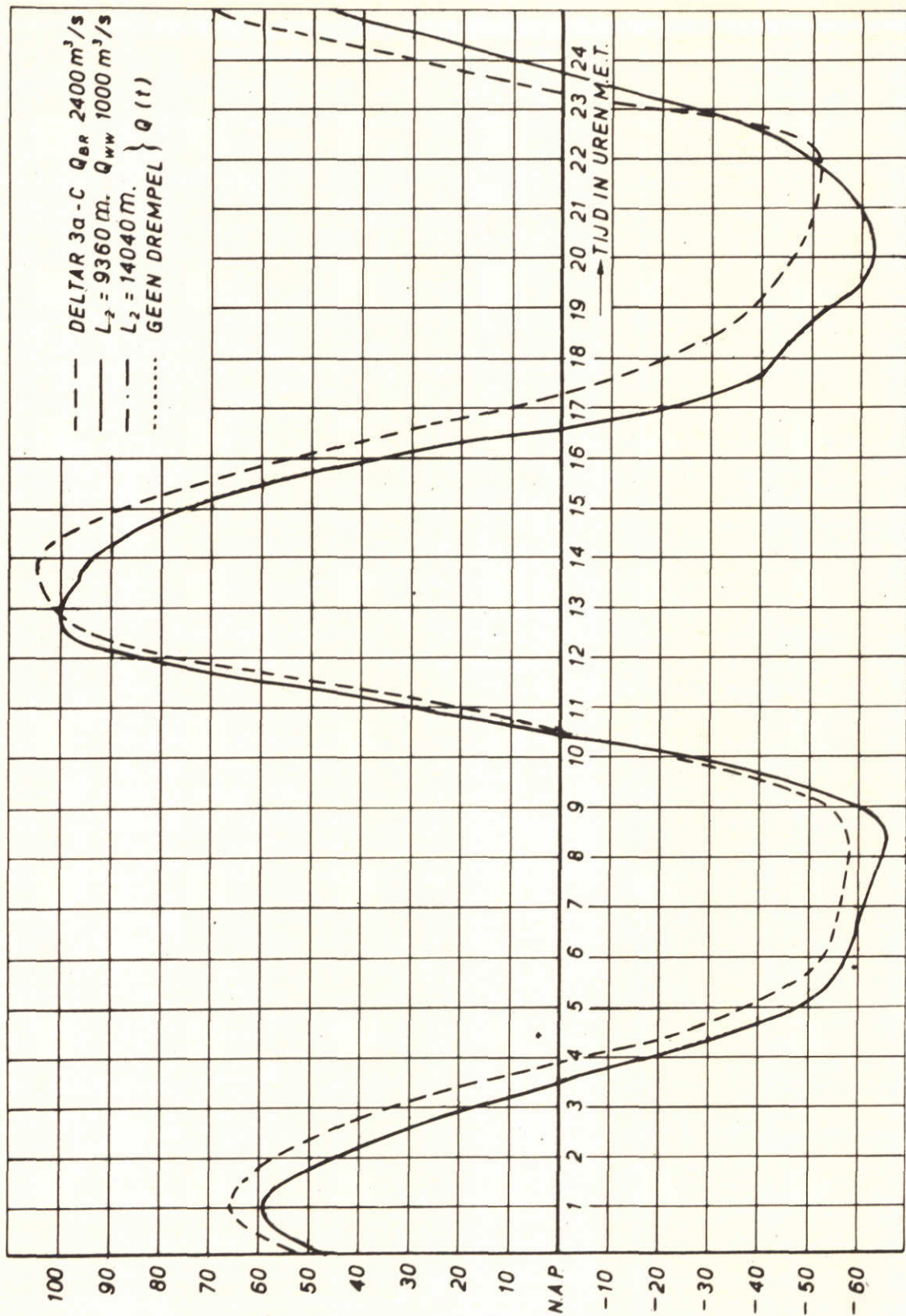


DELTAR: T 13 VAN L 68.155 $Q_{BR} = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$
 MATH. MODEL: $Q_{WW} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

DEBIETEN NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 16 APRIL 1966

JM

A4



WATERSTANDEN MAASSLUIS NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 16-4-1966

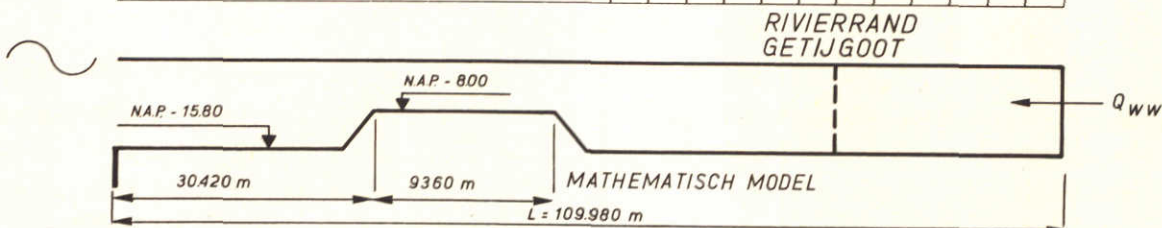
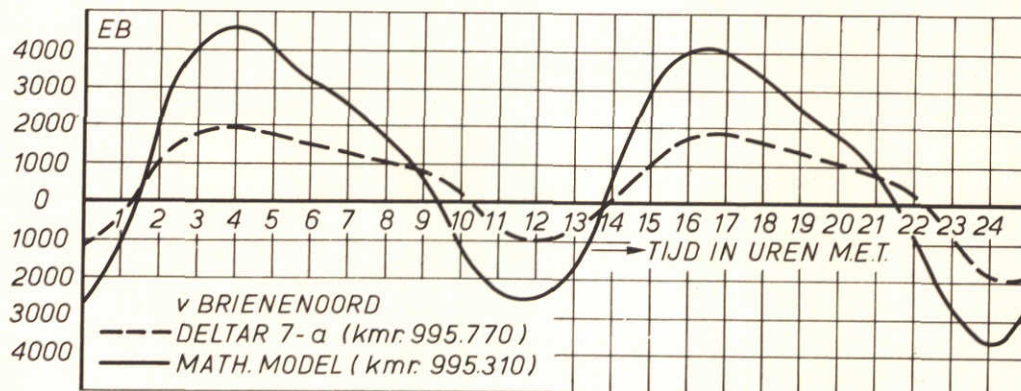
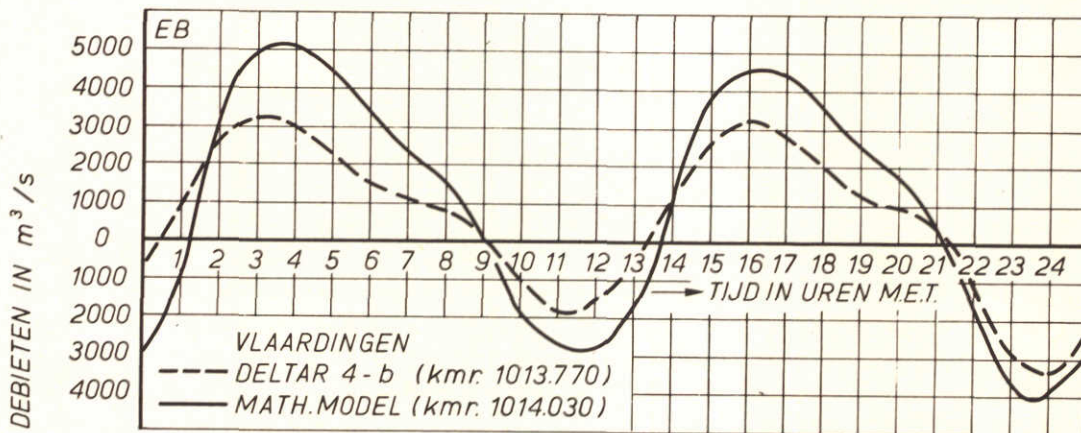
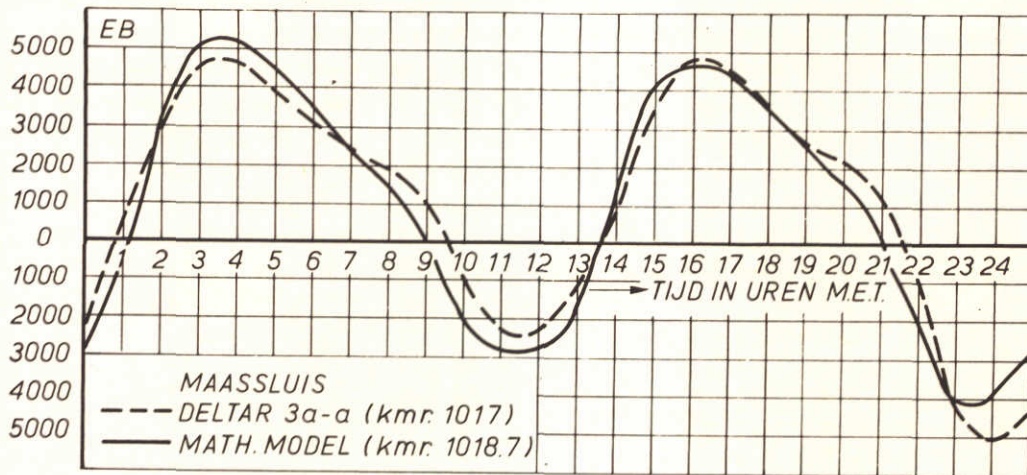
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1354

FIG.9

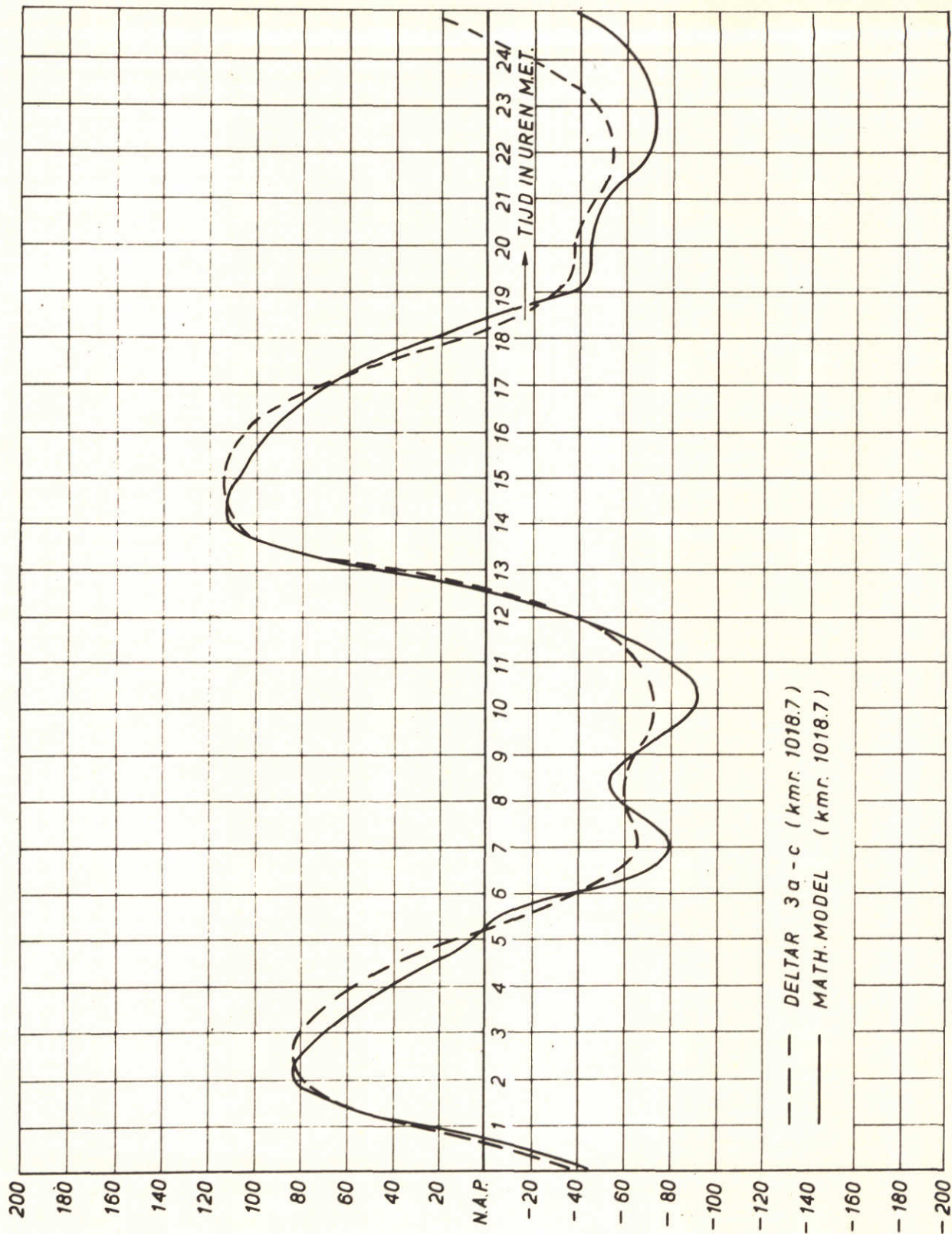


DELTAR : T 13 VAN L 68.155 $Q_{BR} = 2400 m^3/s$
 MATH. MODEL : $Q_{ww} = 1000 m^3/s$

DEBIETEN NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 24 SEPTEMBER 1966

JM

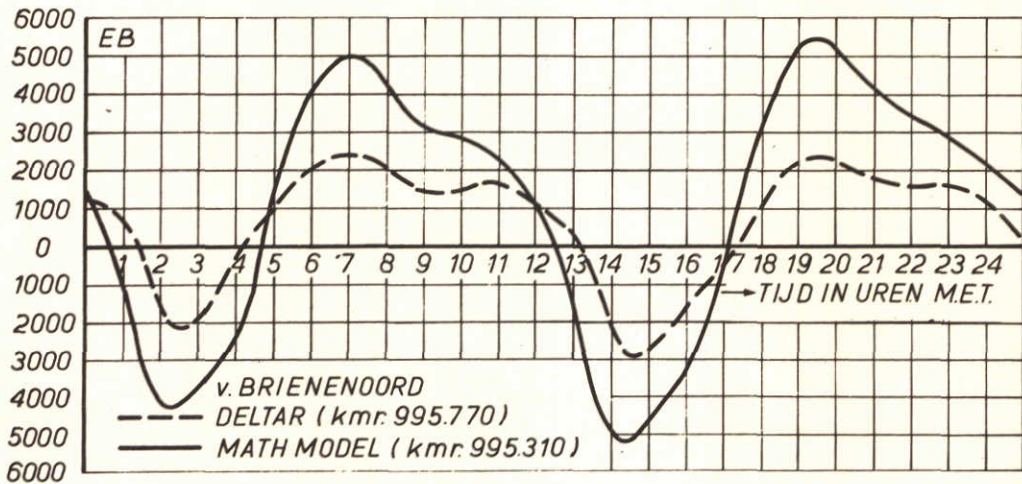
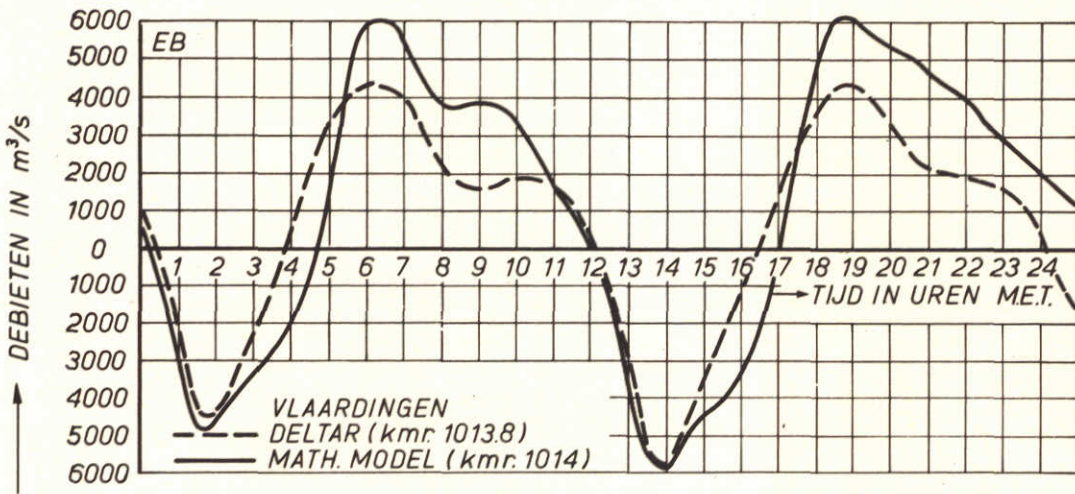
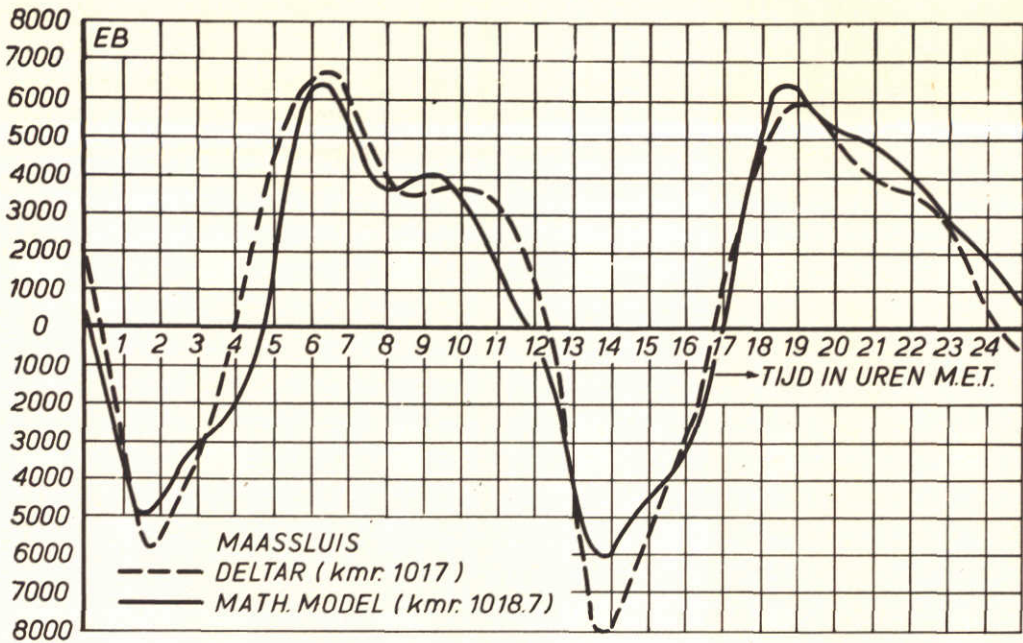
A4



WATERSTANDEN MAASSLUIS NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 24-9-1966

JM

A4



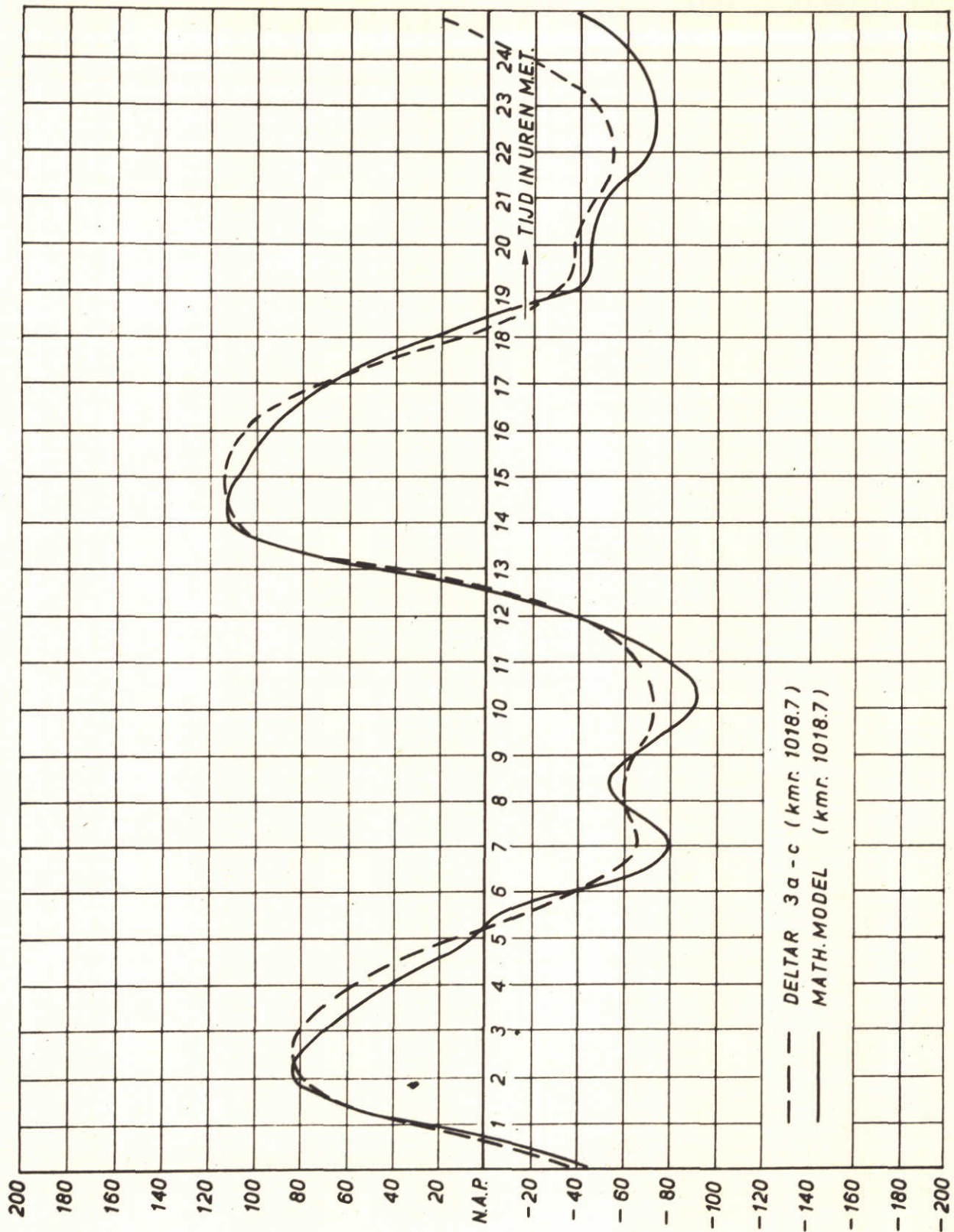
DELTAR : T 13 VAN L 68.155 $Q_{BR} = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

MATH. MODEL : $Q_{WW} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

DEBIETEN NA DELTAPLAN
GETIJ HOEK VAN HOLLAND 23 APRIL 1966

JM

A4



WATERSTANDEN MAASSLUIS NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 23-4-1967

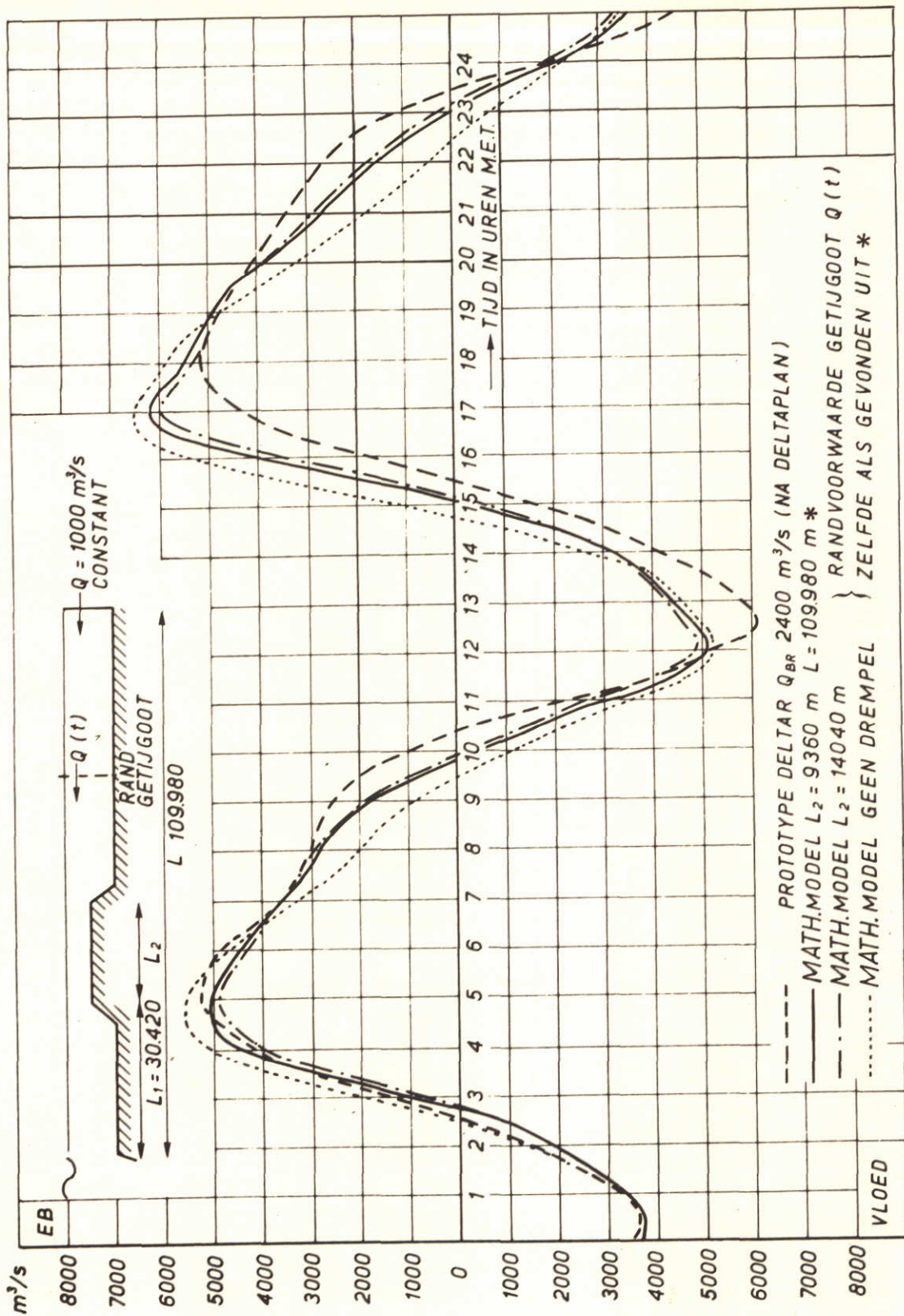
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1358

FIG.13



INVLOED BODEMVERHOOGING IN MATHEMATISCH
 MODEL OP DEBIETEN BIJ MAASSLUIS
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 16-4-1966

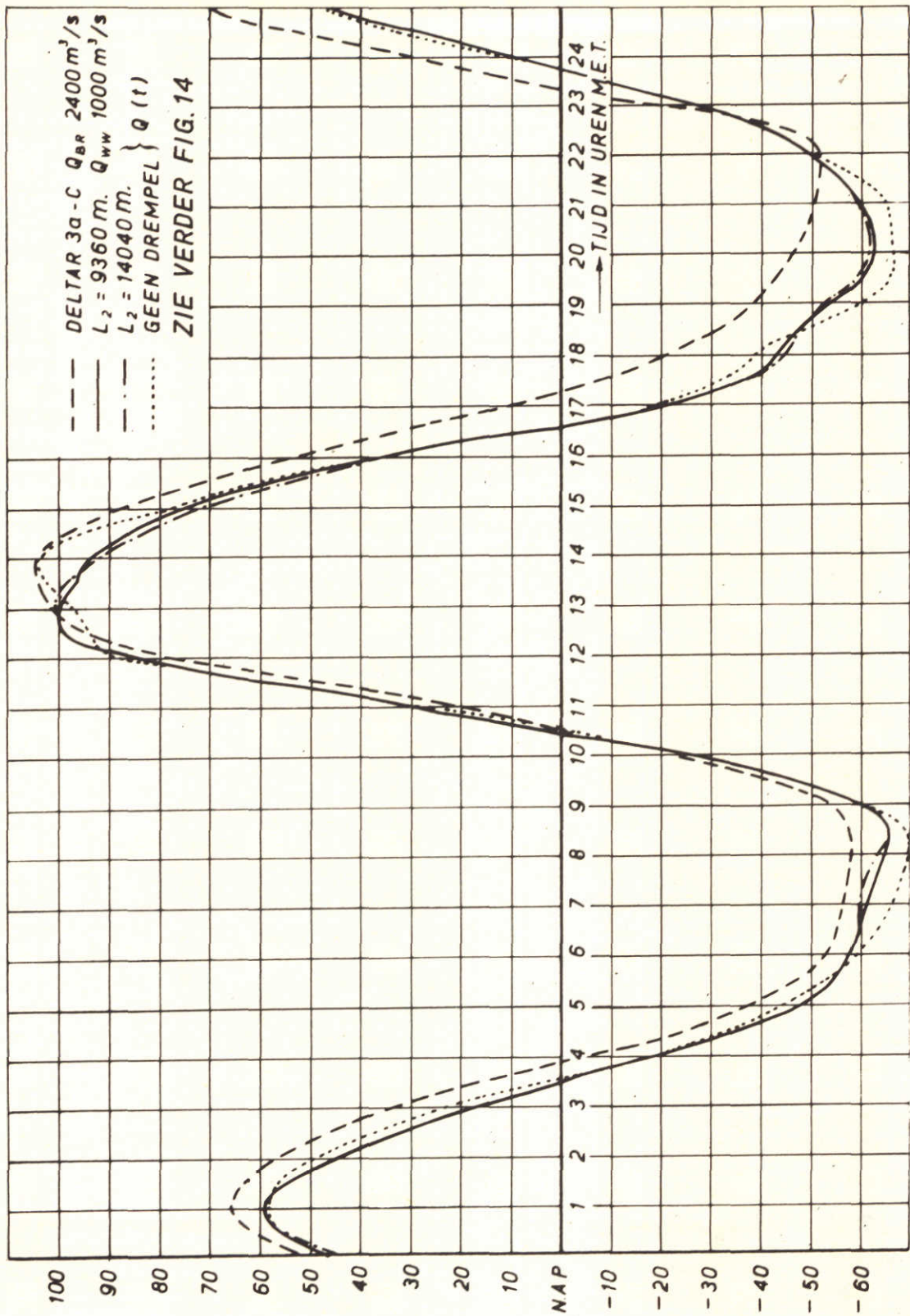
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1359

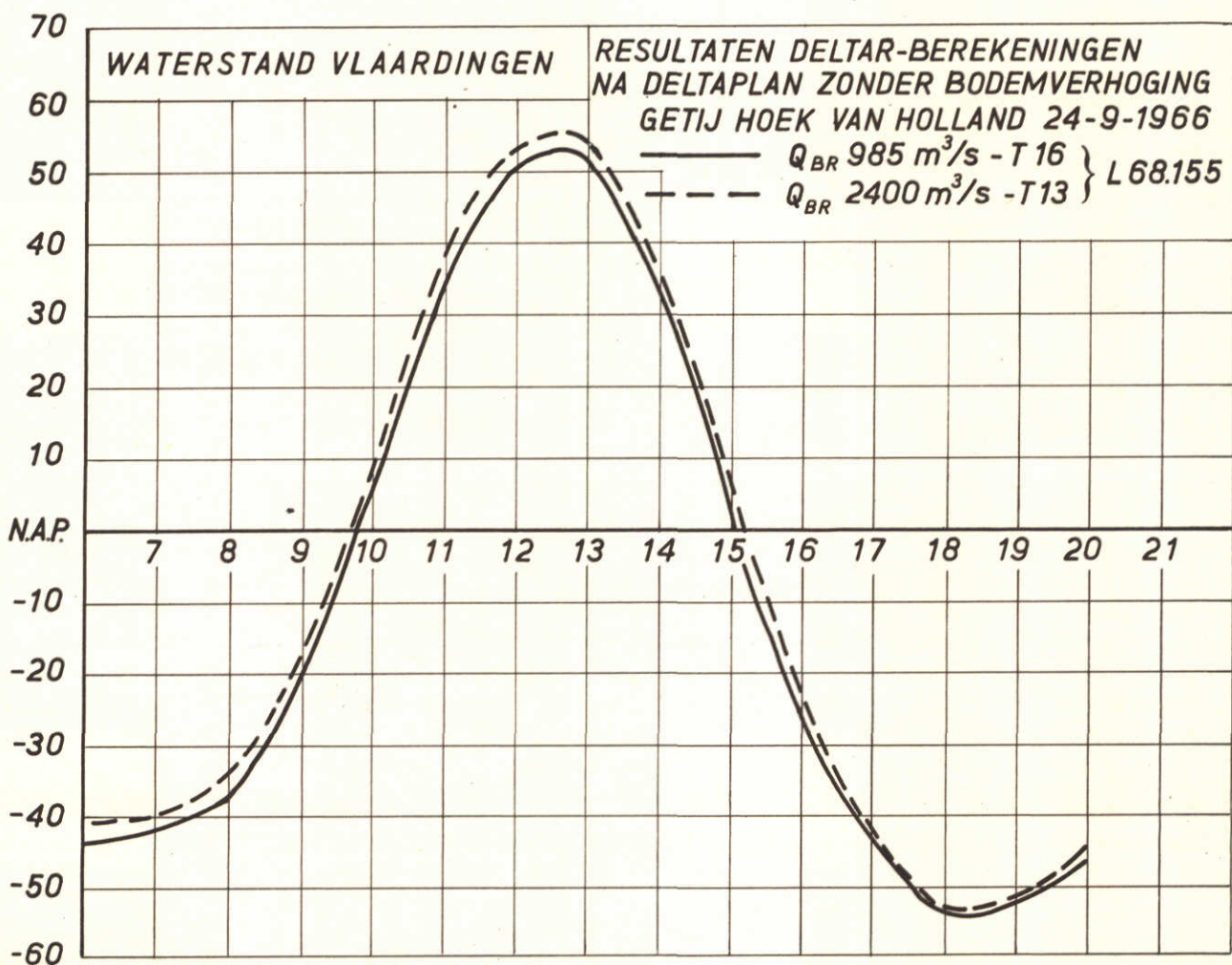
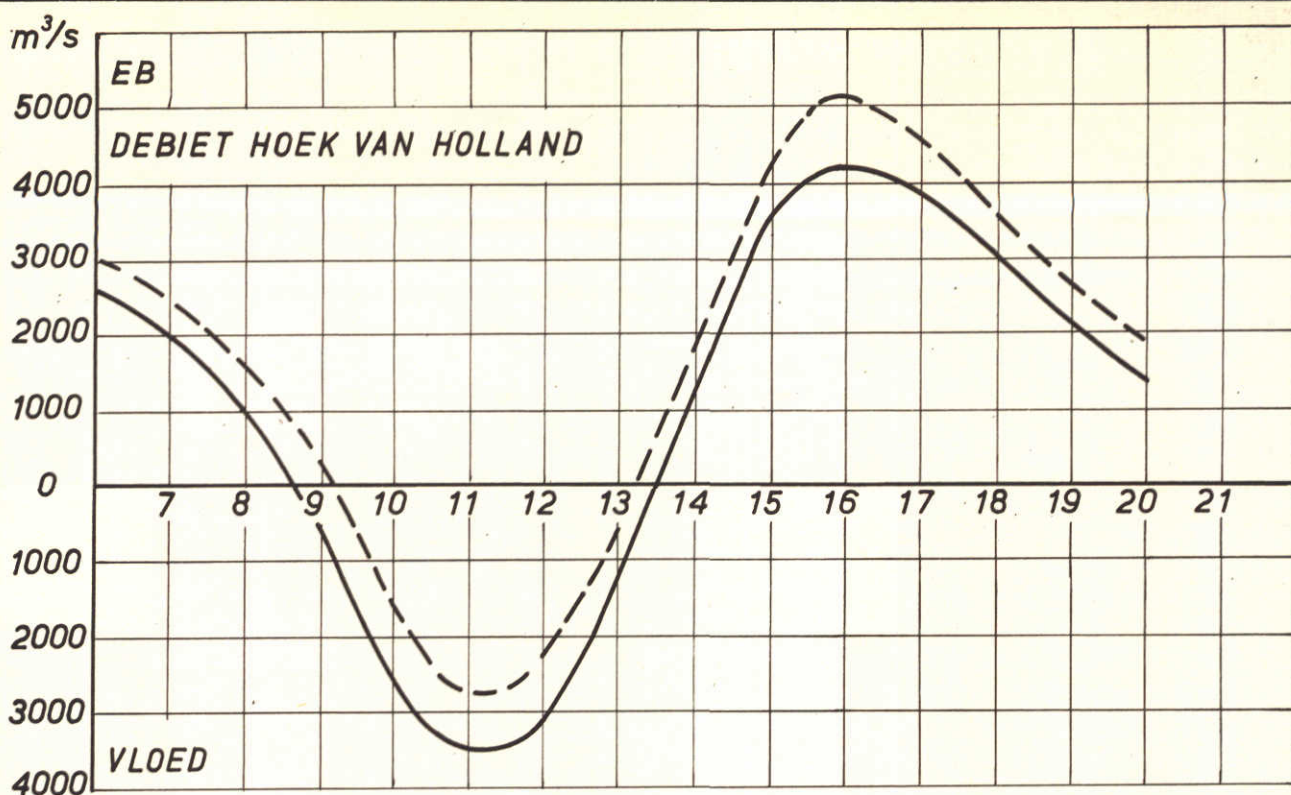
FIG.14



INVLOED BODEMVERHOOGING IN MATHEMATISCH
 MODEL OP WATERSTANDEN BIJ MAASSLUIS
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 16-4-1966

JM

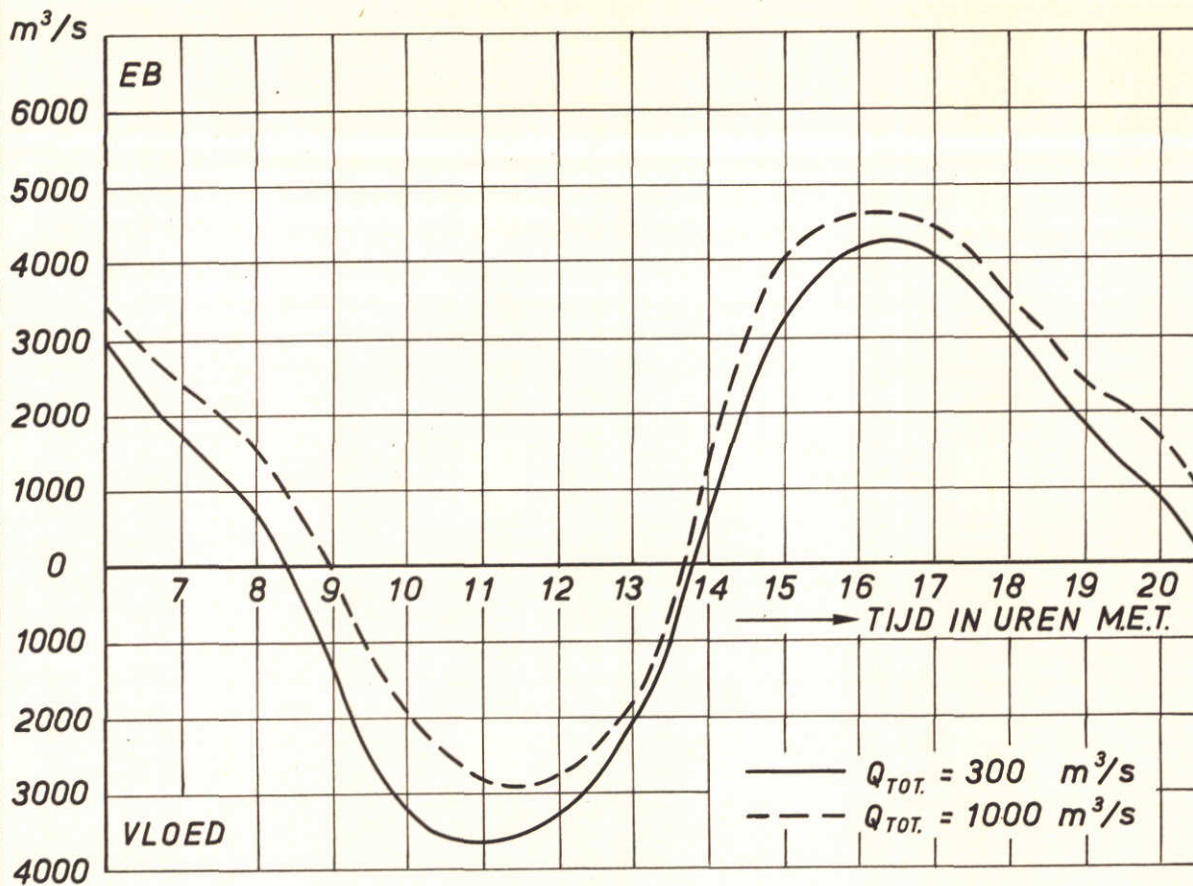
A4



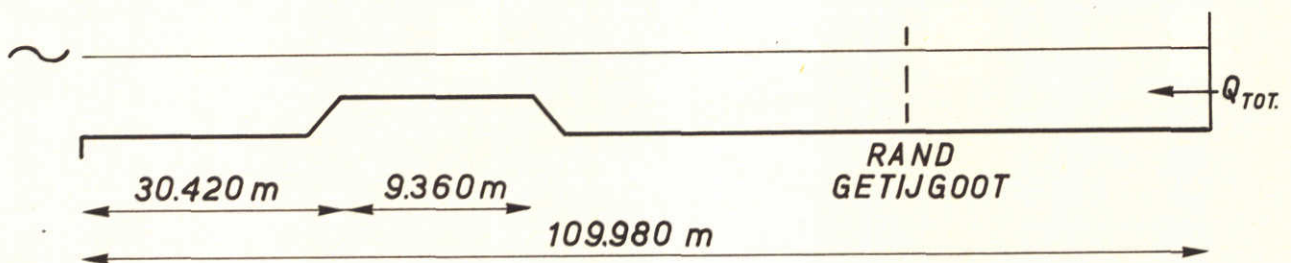
INVLOED OPPERWATER AFVOER OP
DEBIETEN EN WATERSTANDEN

JM

A4



DEBIETEN OP 14,040 km VAN MOND VOLGENS GETIJBEREKENING VOOR GETIJGOOT



MATHEMATISCH MODEL WAARMEE GETIJBEREKENINGEN VOOR GETIJGOOT ZIJN UITGEVOERD

INVLOED OPPERWATERAFVOER
IN MATHEMATISCH MODEL

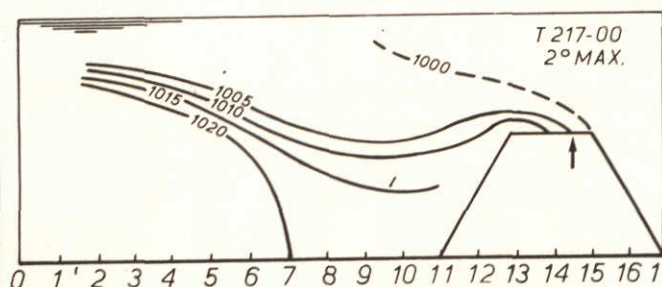
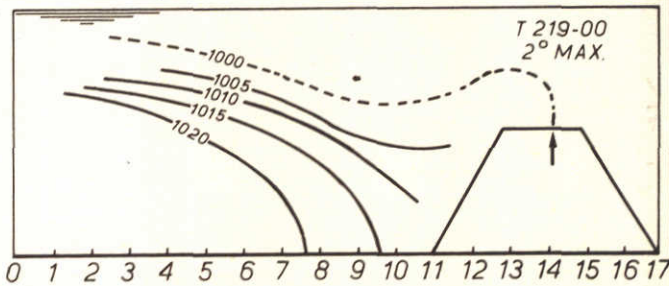
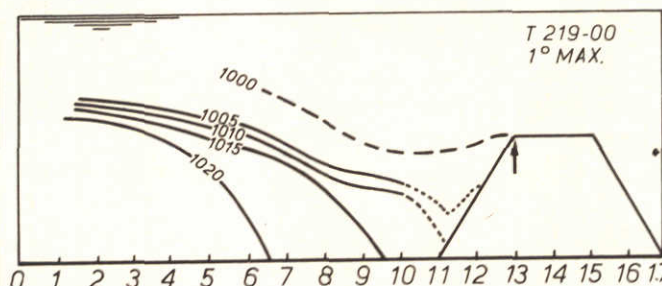
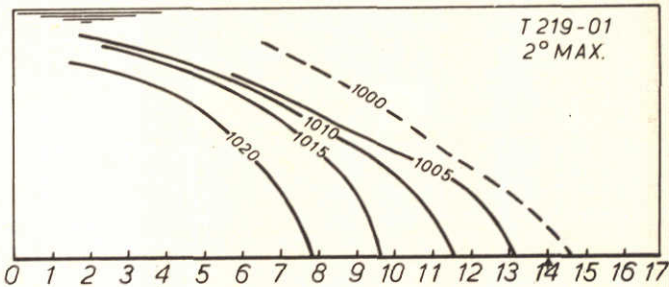
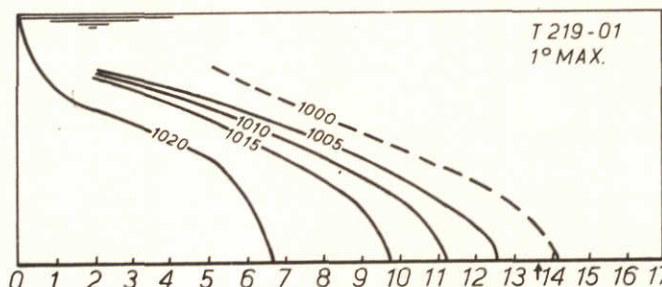
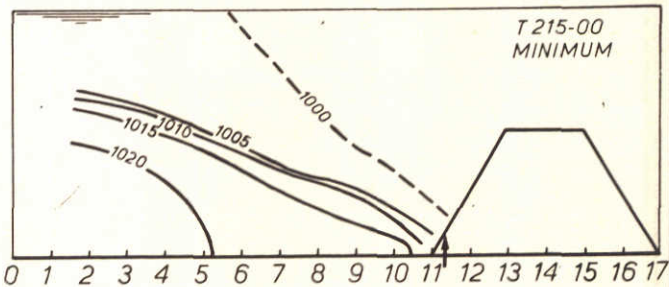
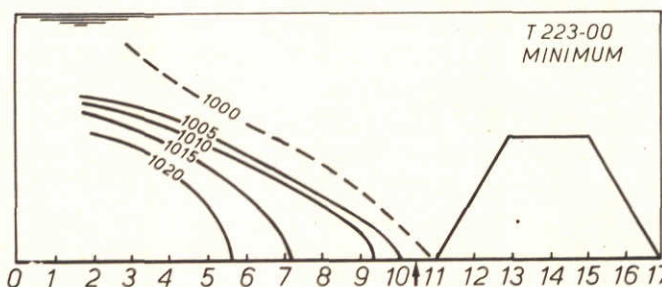
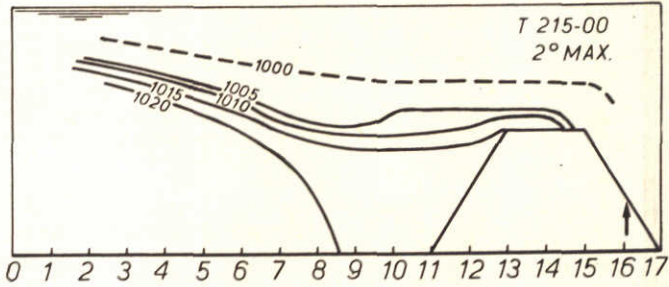
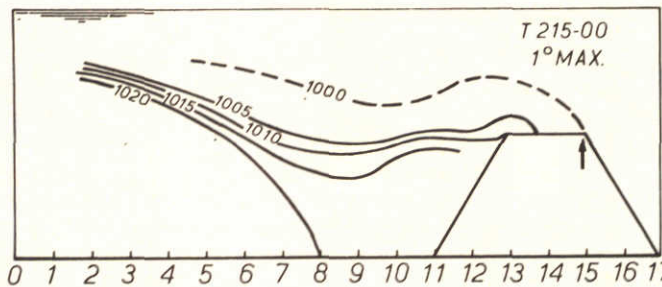
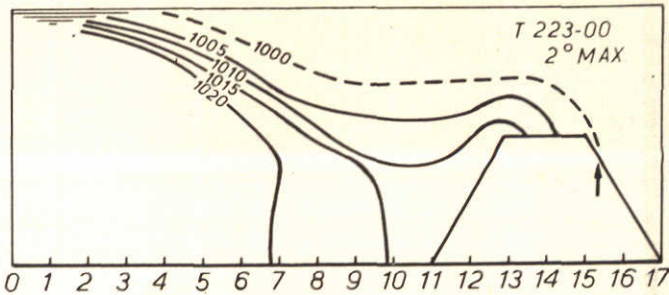
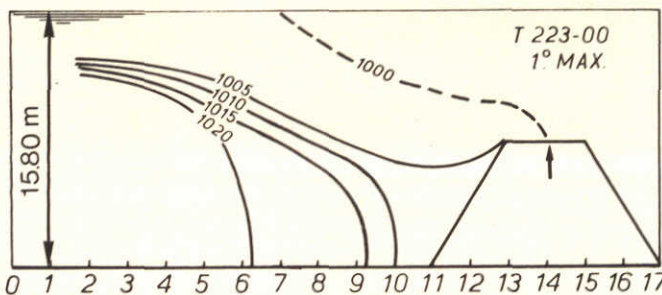
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1362

FIG.17



| CODE PROEF | VOOR/NA DELTA PLAN | Q_{NM} Q_{OM} | VERT GETIJ HOEK v. HOLL. | MET/ZONDER BODEMVERHOOG |
|---------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 223-00 | VOOR | 3 | 24-9-1966 | MET |
| 215-00 | NA | 1 | 24-9-1966 | MET |
| 219-01 | NA | 1 | 23-4-1967 | ZONDER |
| 219-00 | NA | 1 | 23-4-1967 | MET |
| 217-00 | NA | 1 | 16-4-1966 | MET |

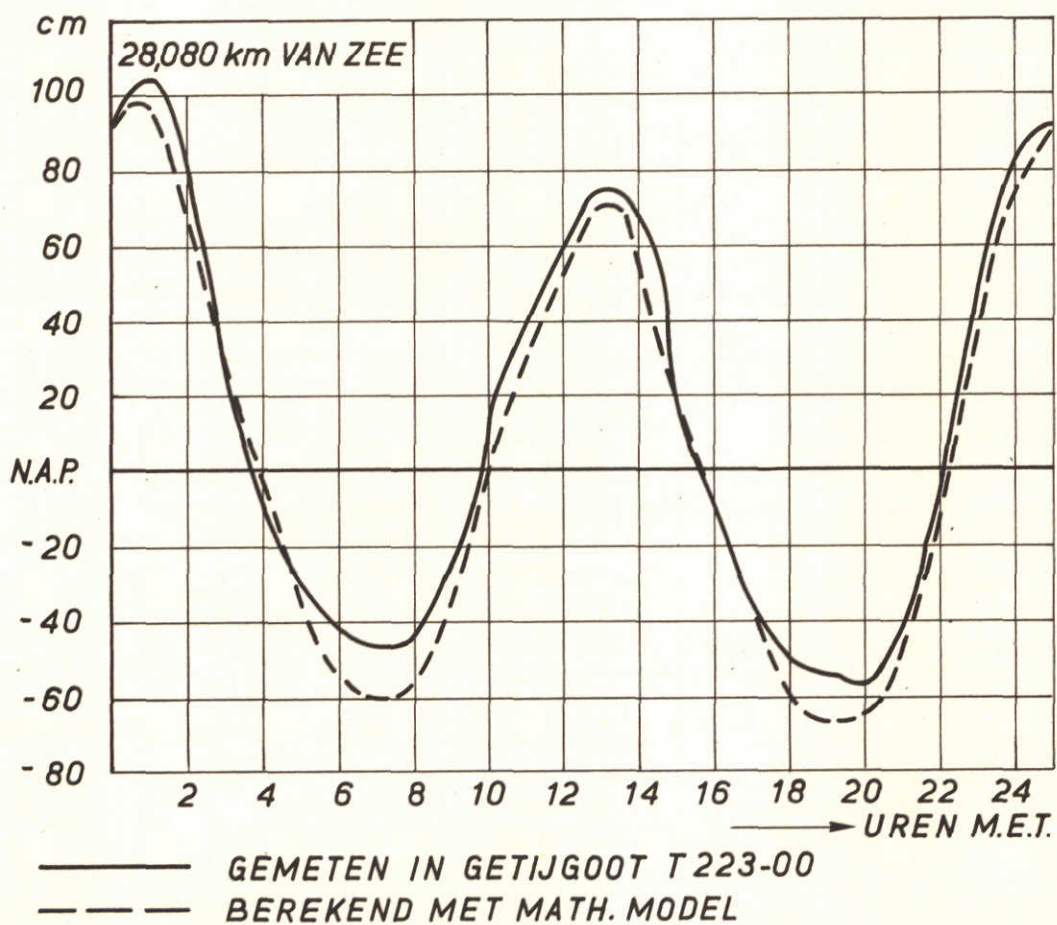
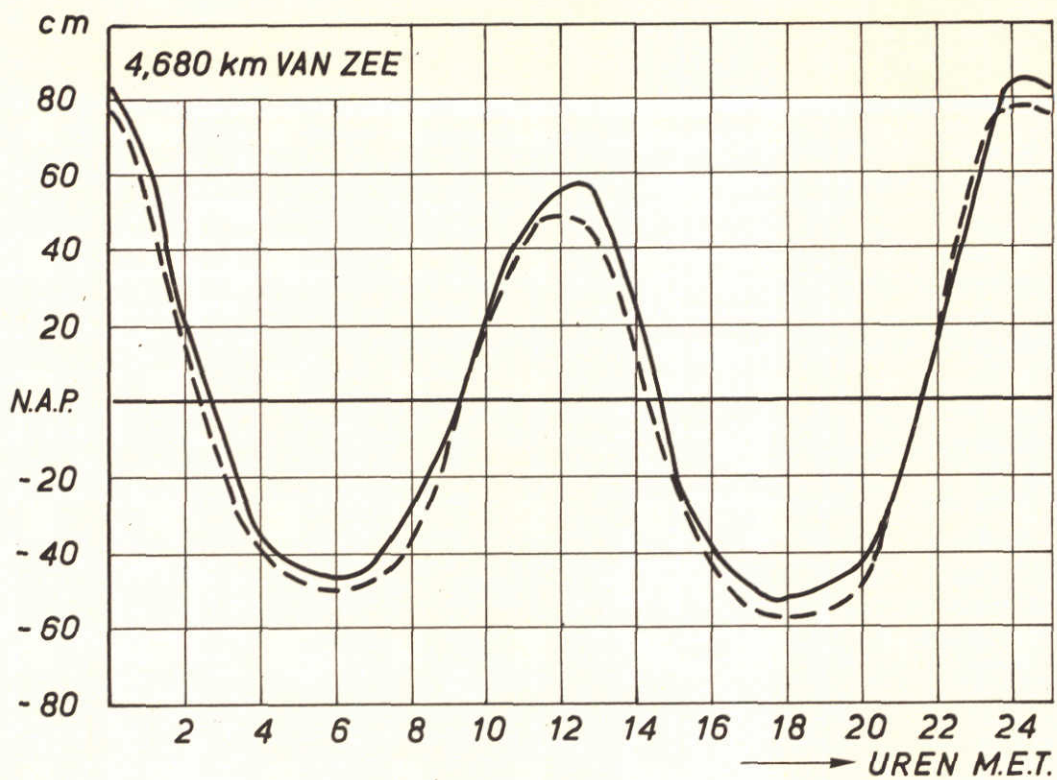
↑: VISUEEL WAARGENOMEN OVERGANG ZOUT-ZOET

ONDERLINGE AFSTAND STATIONS 2,340 km

ISOPYCENEN BIJ MINIMUM EN MAXIMUM ZOUTINDRINGING

JM

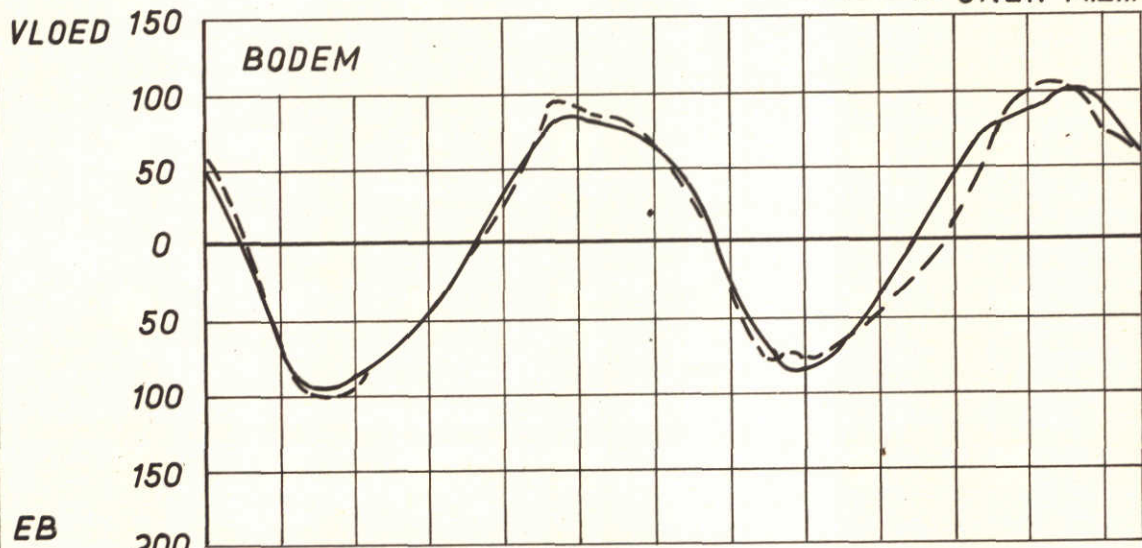
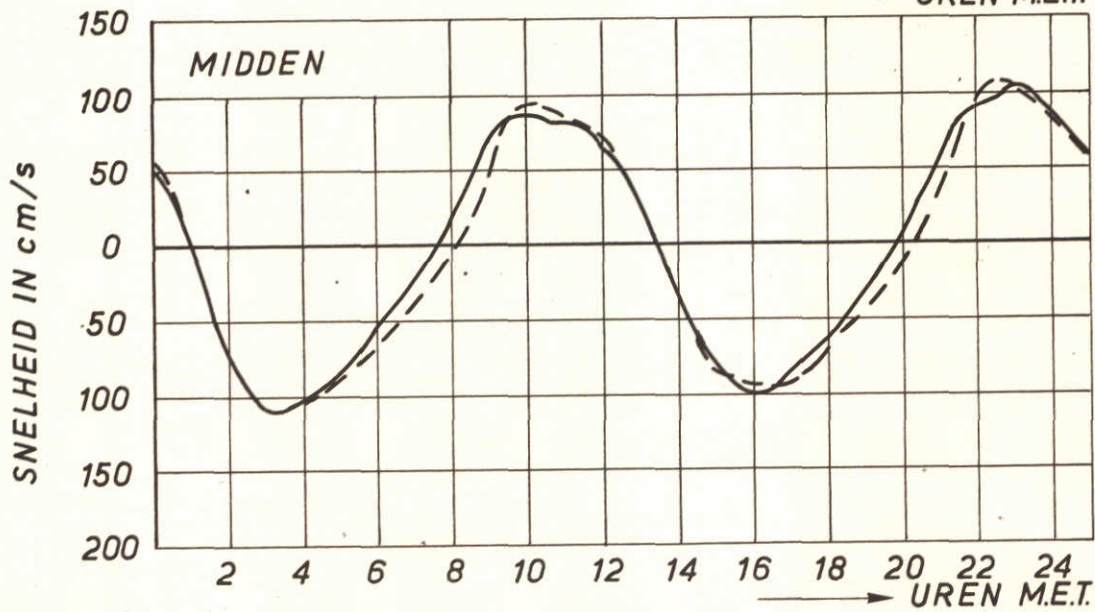
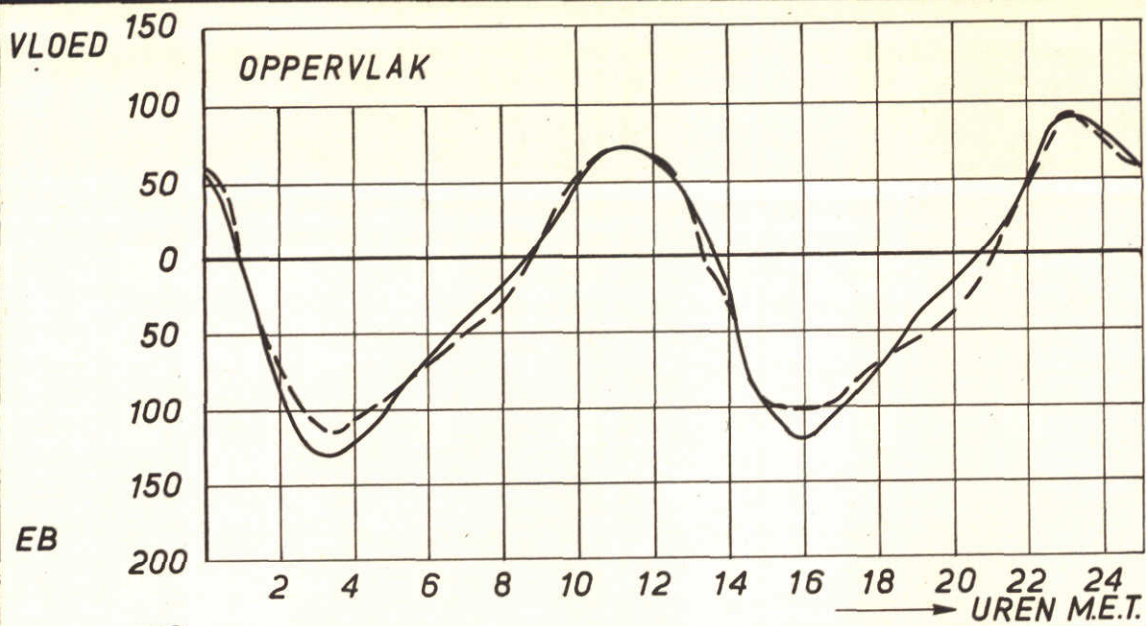
A4



IJKING WATERSTANDEN - GETIJ 24 SEPT. 1966
 VOOR DELTAPLAN - MET VERONDIEPING

JM

A4



METINGEN IN GETIJGOOT
 T223.00 MET VERONDIPIPING } $\Phi_{TOT} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$
 T230.02 ZONDER VERONDIPIPING } 4,680 \text{ km VAN ZEE}

VERLOOP SNELHEDEN VOOR DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 24 SEPTEMBER 1966

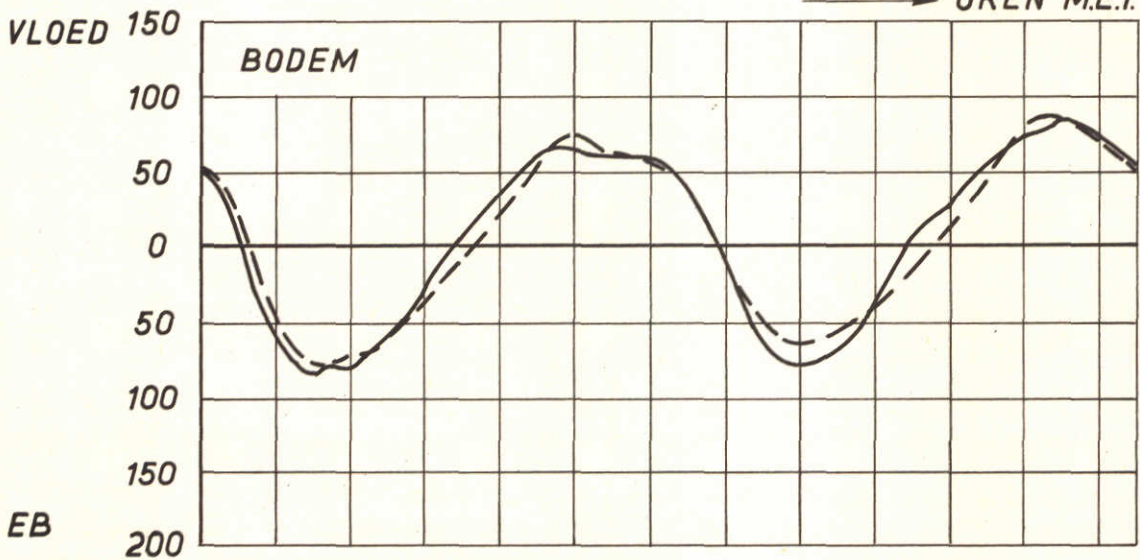
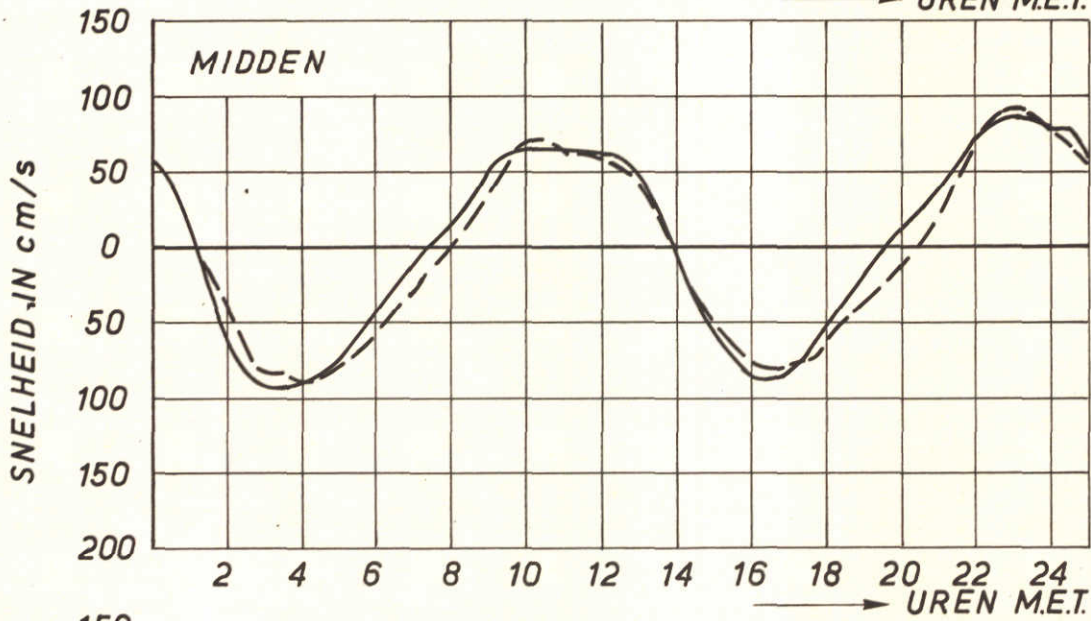
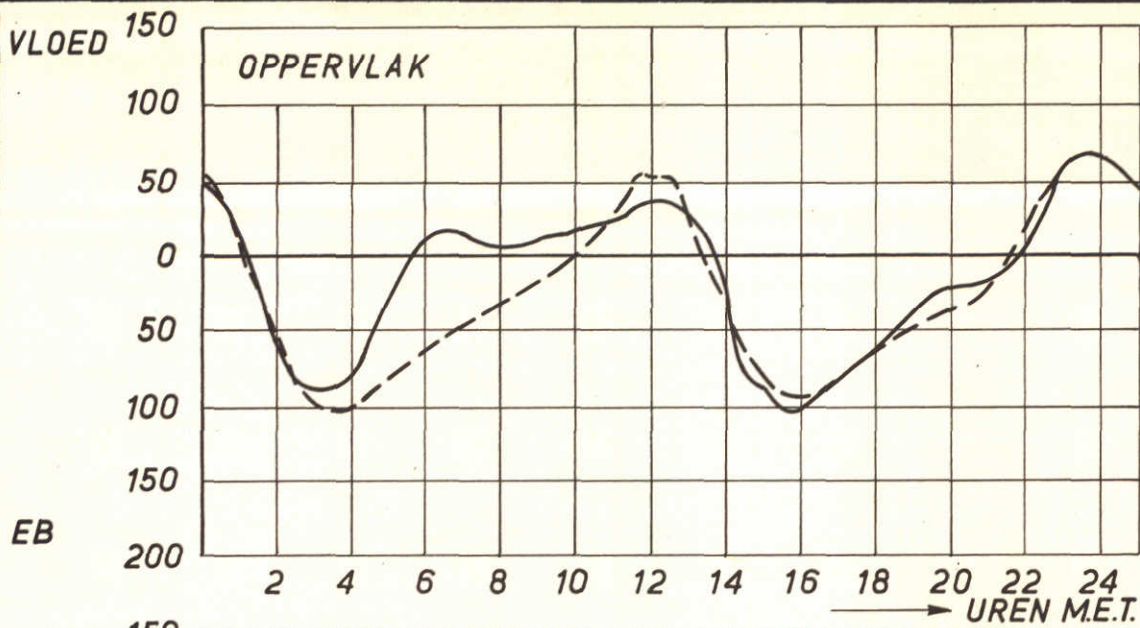
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1365

FIG.20

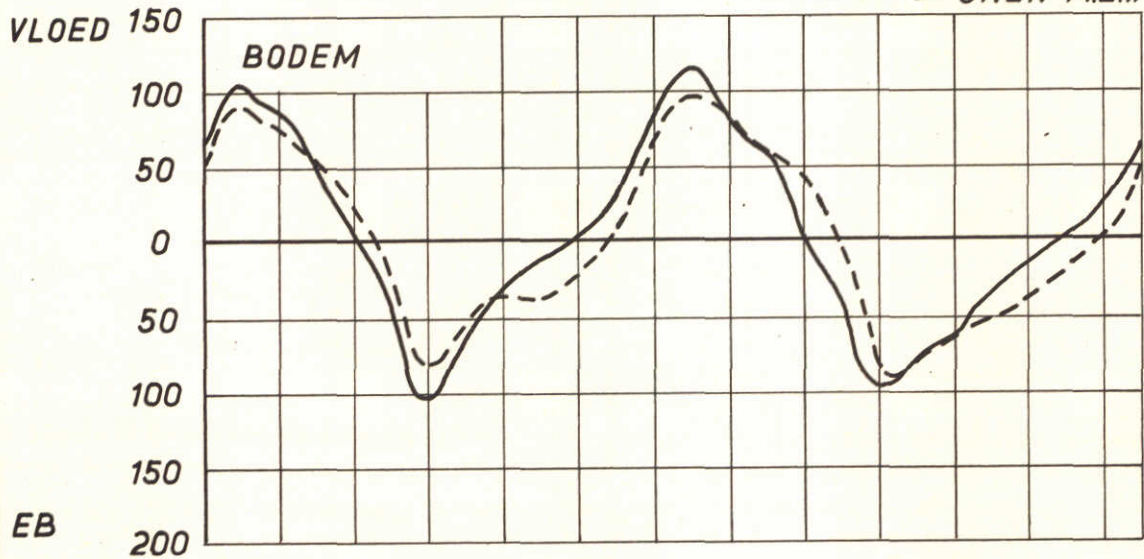
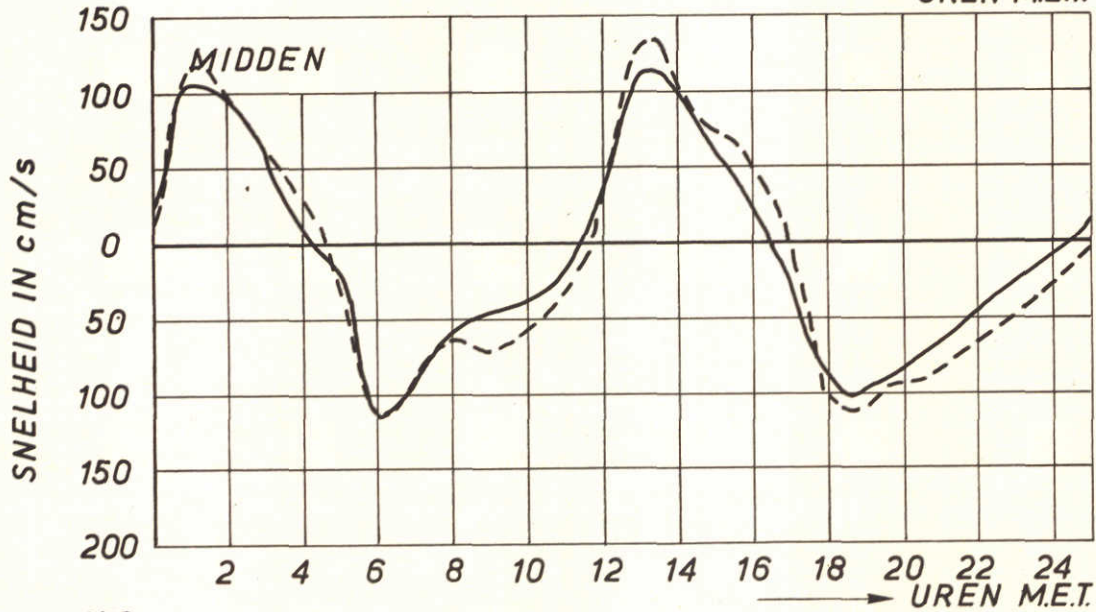
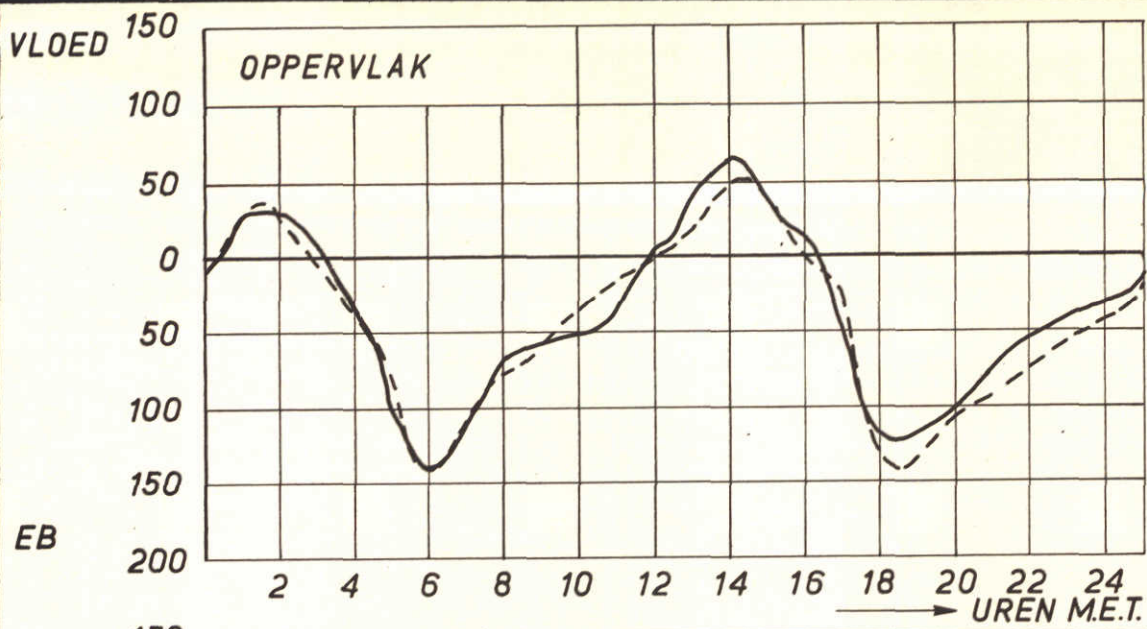


--- 215-00 MET VERONDIEPING } $\Phi_{TOT.} = 1060 \text{ m}^3/\text{s}$
 — 215-01 ZONDER VERONDIEPING } 4,680 \text{ km VAN ZEE}

VERLOOP SNELHEDEN NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 24 SEPTEMBER 1966

JM

A4



- - - - 219-00 MET VERONDIEPING } $Q_{TOT} 1210 \text{ m}^3/\text{s}$
 ———— 219-01 ZONDER VERONDIEPING } 4,680 km VAN ZEE

VERLOOP SNELHEDEN NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 23 APRIL 1967

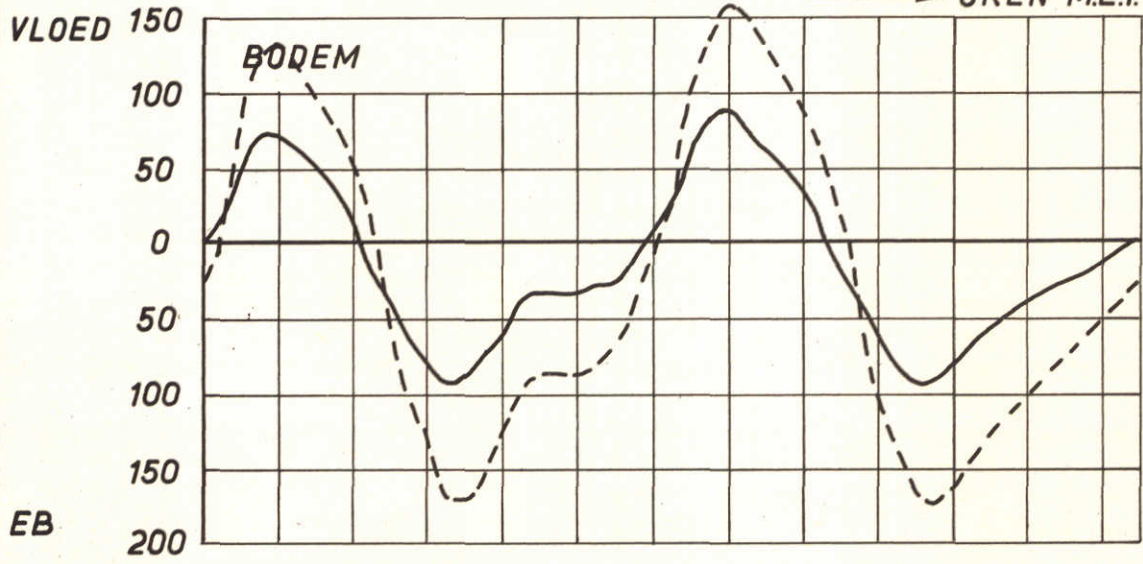
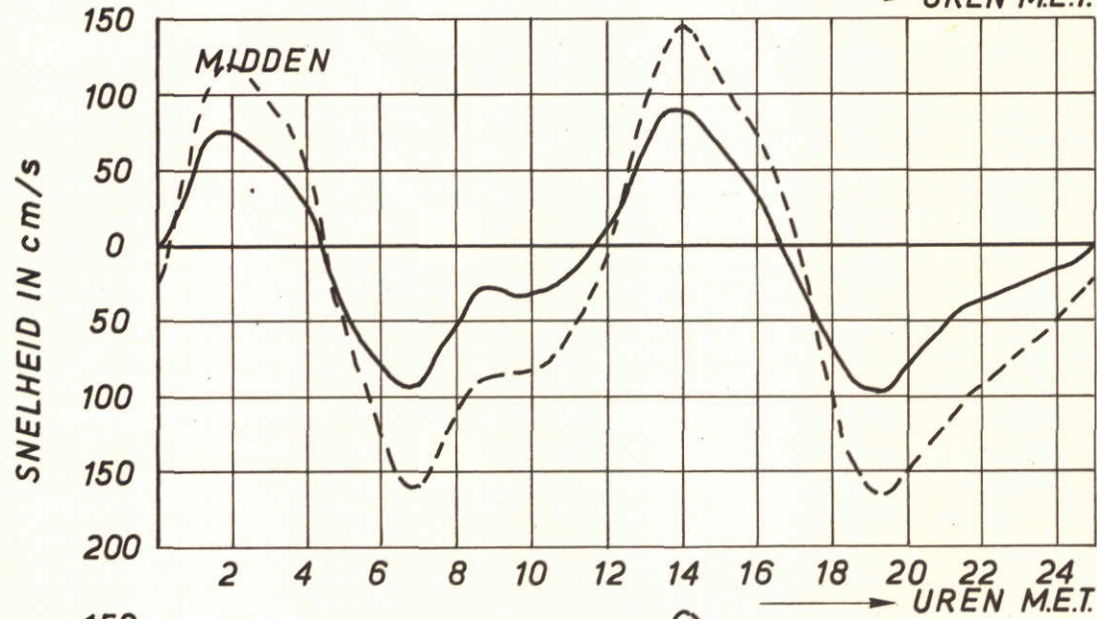
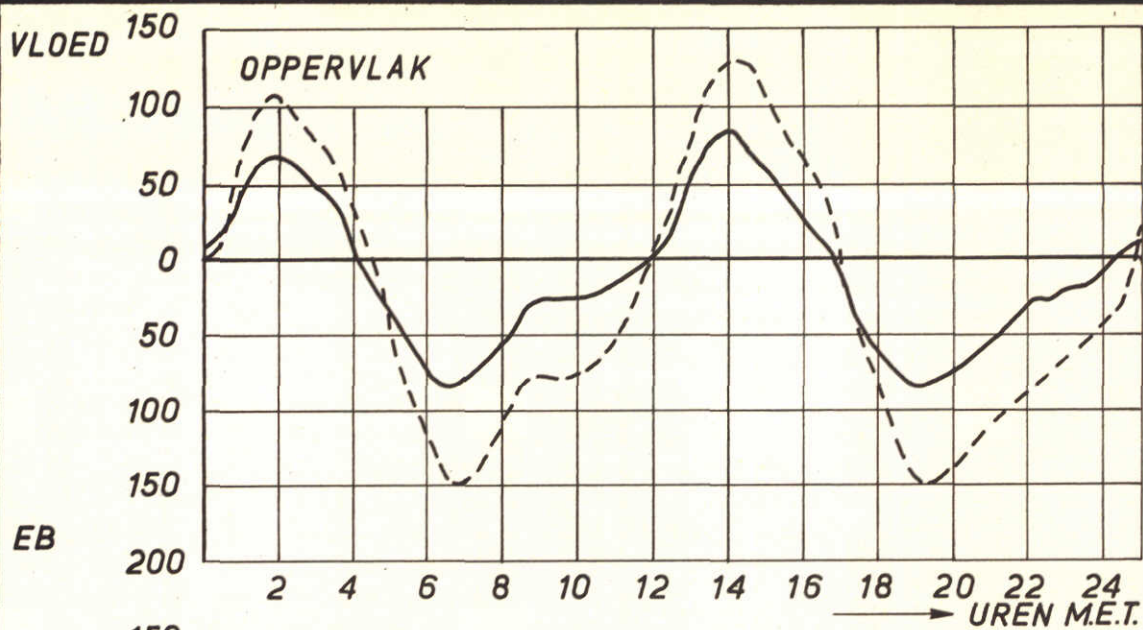
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1367

FIG.22



- - - - 219-00 MET VERONDIEPING } Q_{TOT} 1210 m/s
 ——— 219-01 ZONDER VERONDIEPING } 32,760 km VAN ZEE

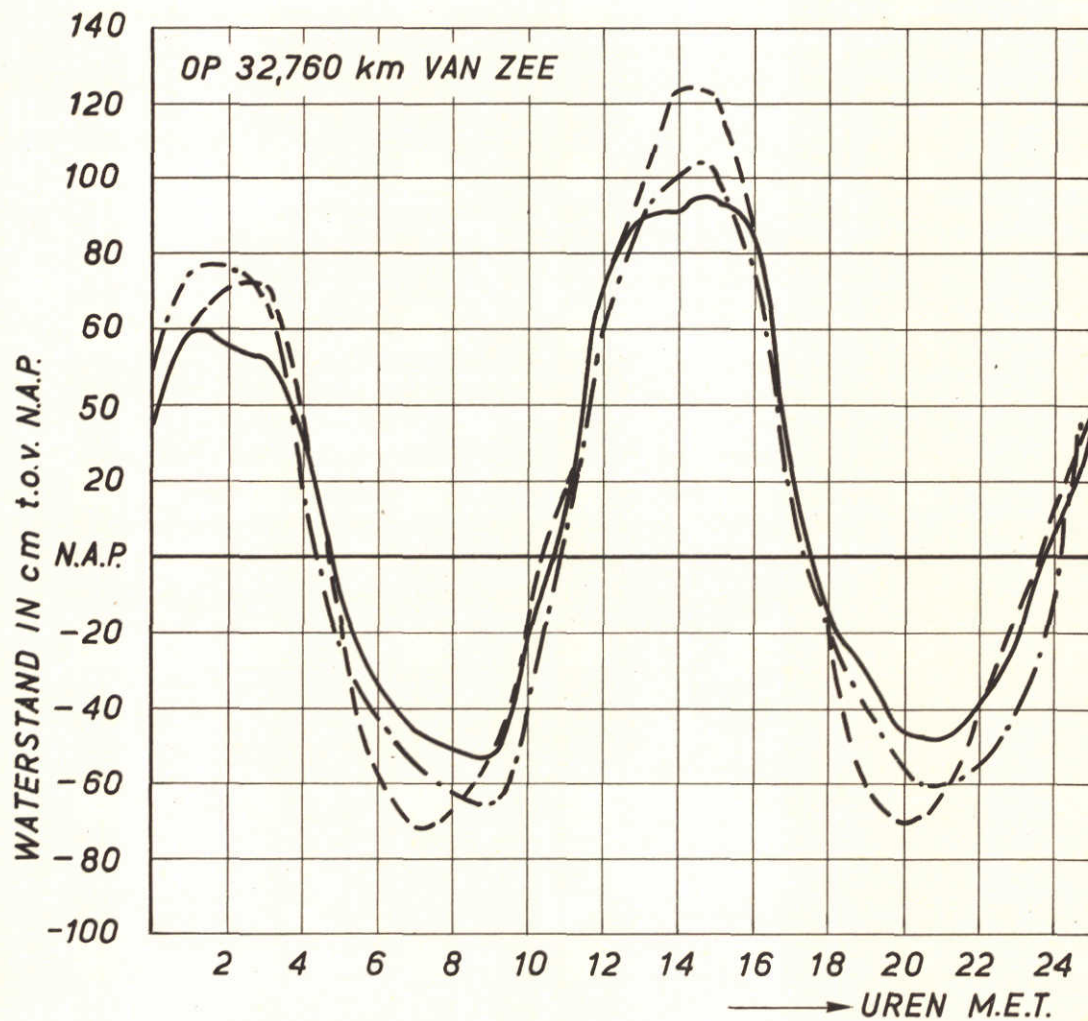
VERLOOP SNELHEDEN NA DELTAPLAN
 GETIJ HOEK VAN HOLLAND 23 APRIL 1967

JM
 A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896 - 1368

FIG.23



CODERING :

- 217-06 PROEF MET DREMPEL $Q_{NM} / Q_{OM} = 1$
- - - - 217-02 PROEF ZONDER DREMPEL $Q_{NM} / Q_{OM} = 1$
- . - . BEREKENING MATH. MODEL

IJKING WATERSTANDEN - GETIJ 16 APRIL 1966
NA DELTAPLAN

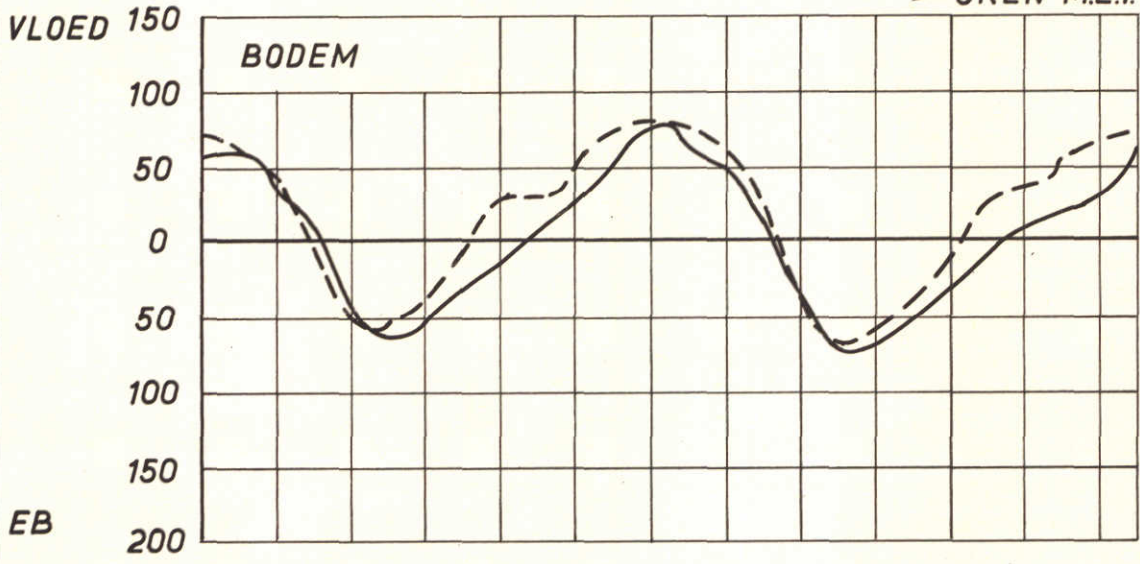
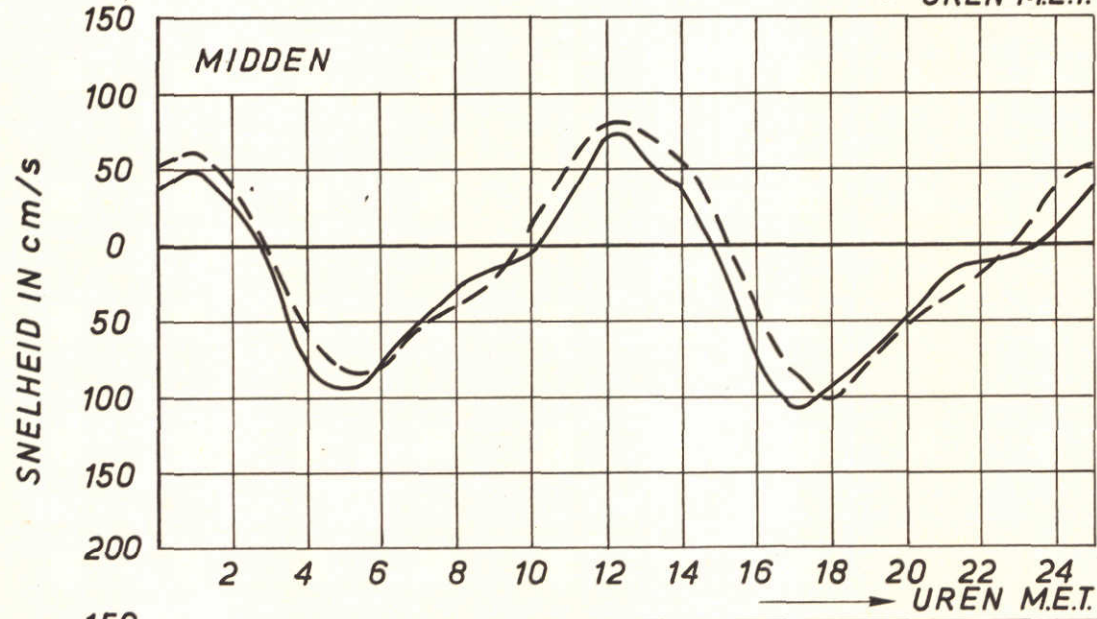
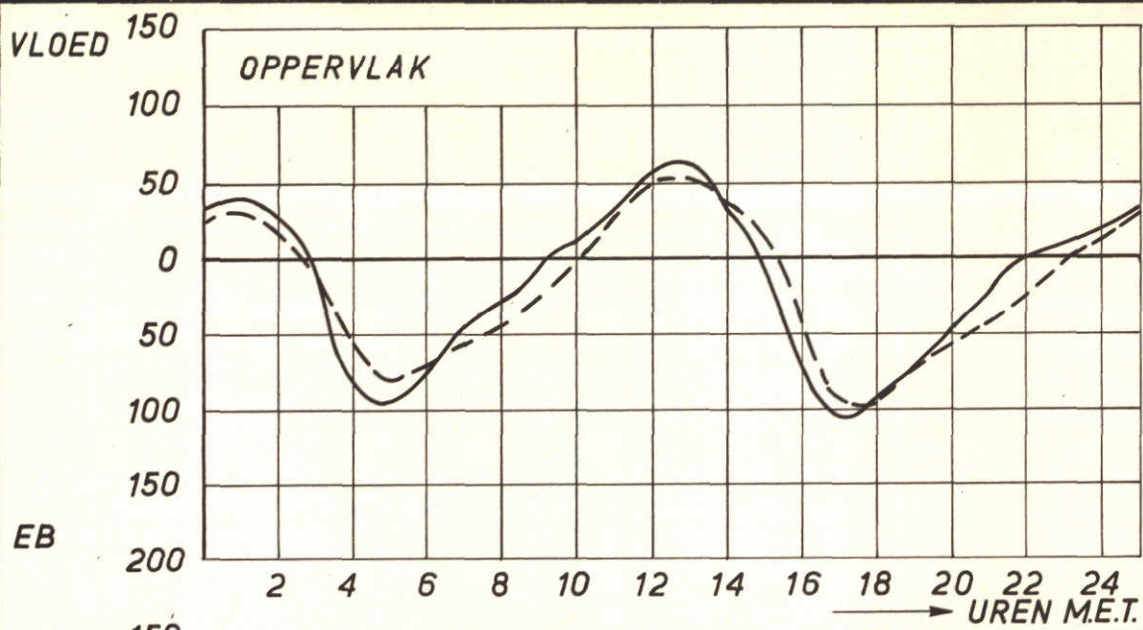
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-1369

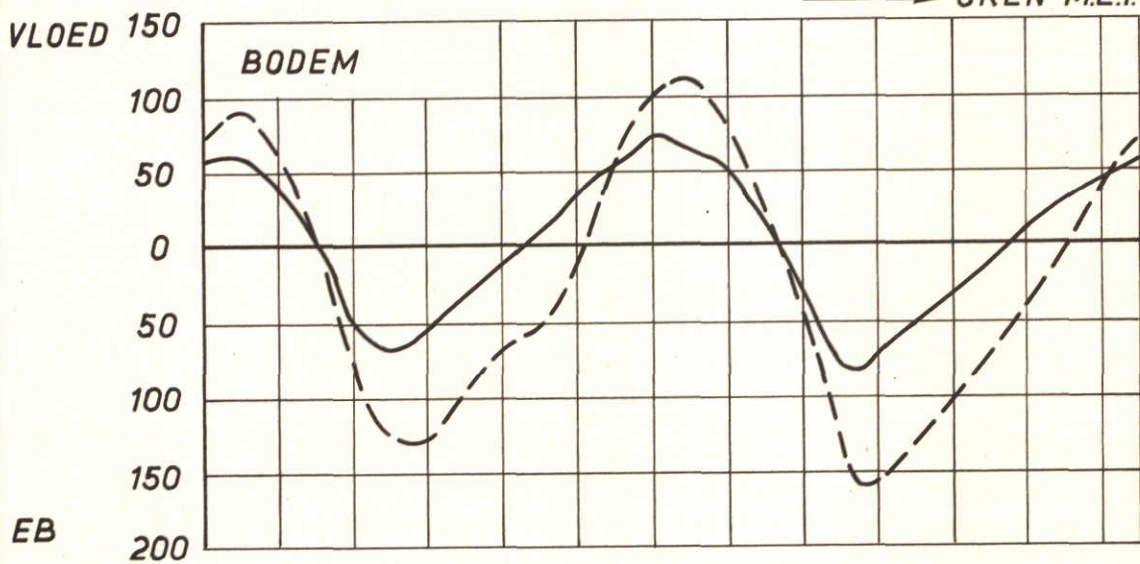
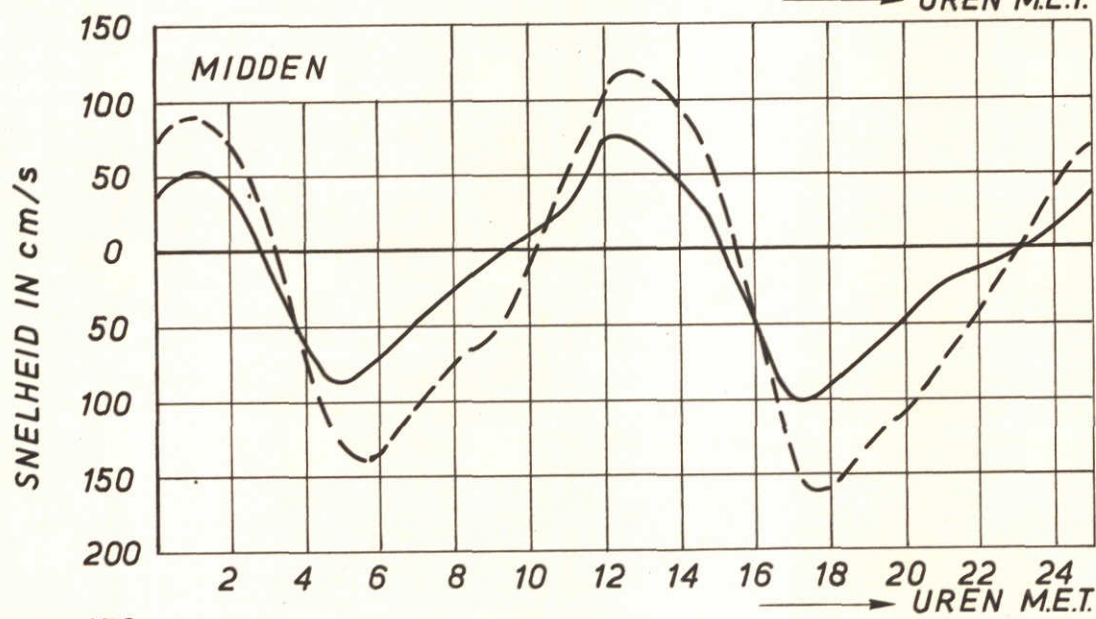
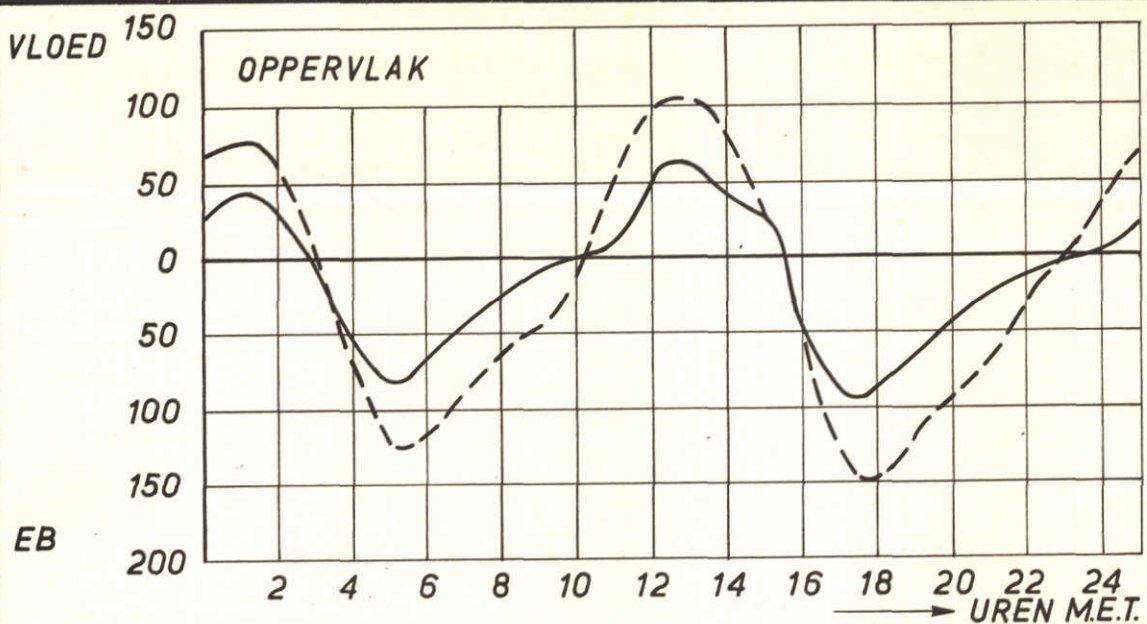
FIG.24



——— 217-04 MET VERONDEPIPING } GETIJ HOEK VAN HOLLAND
 - - - - 217-00 ZONDER VERONDEPIPING } 16 APRIL 1966

VERLOOP SNELHEDEN OP 23,400 km VAN ZEE
 ZONDER EN MET BODEMVERHOOGING (NA DELTAPLAN)

JM
 A4



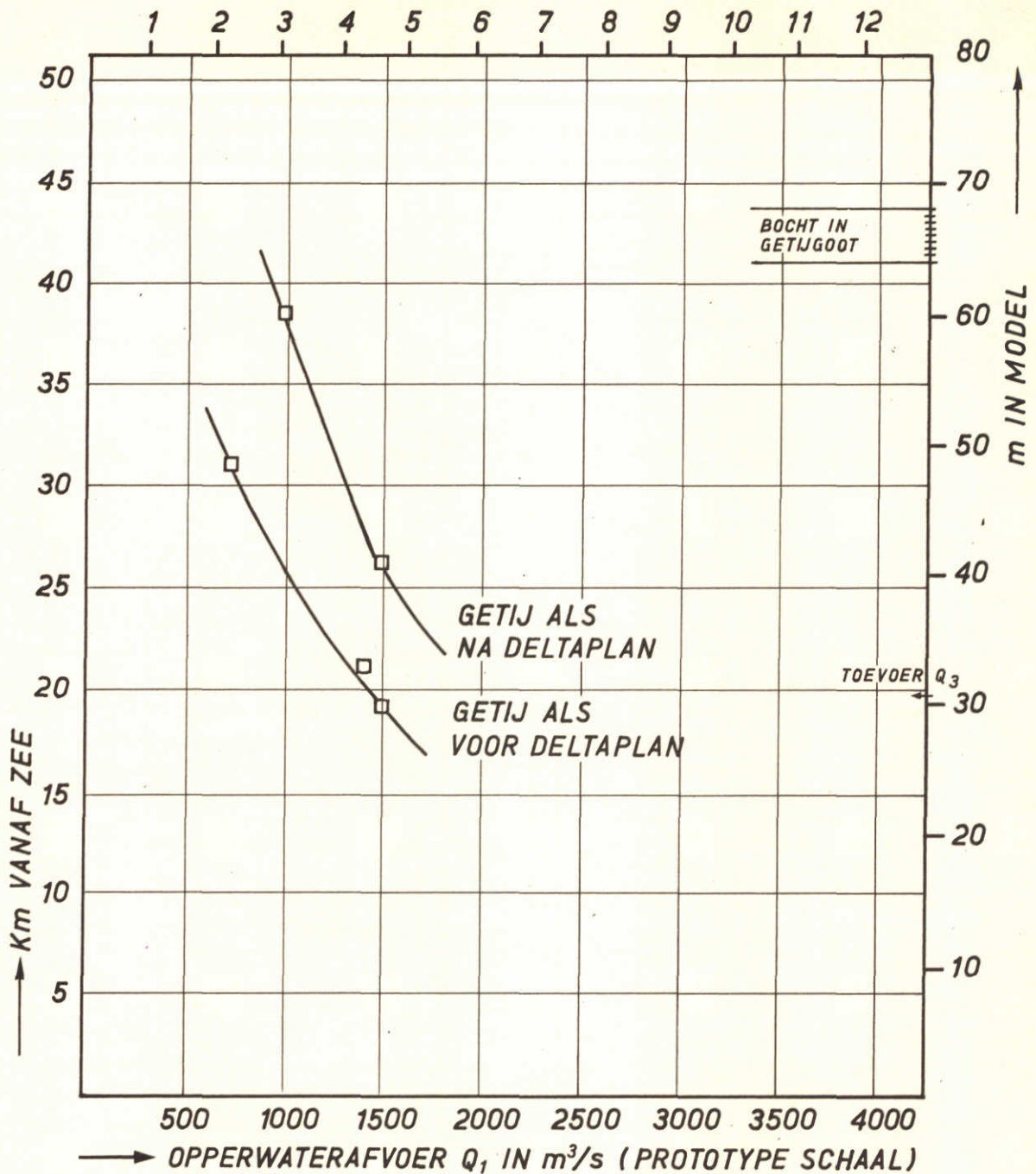
--- 217-06 MET VERONDIEPING } HOEK VAN HOLLAND
 ——— 217-02 ZONDER VERONDIEPING } 16 APRIL 1966

VERLOOP SNELHEDEN OP 32,760 km VAN ZEE
 ZONDER EN MET BODEMVERHOOGING (NA DELTAPLAN)

JM

A4

OPPERWATERAFVOER Q_1 , IN $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (MODEL)



ZONDER BODEMVERHOOGING ; $\frac{Q_{NM}}{Q_{OM}} = 3,3$

□ PROEFRESULTATEN

MINIMALE ZOUTINDRINGING
INVLOED GETIJ

JM

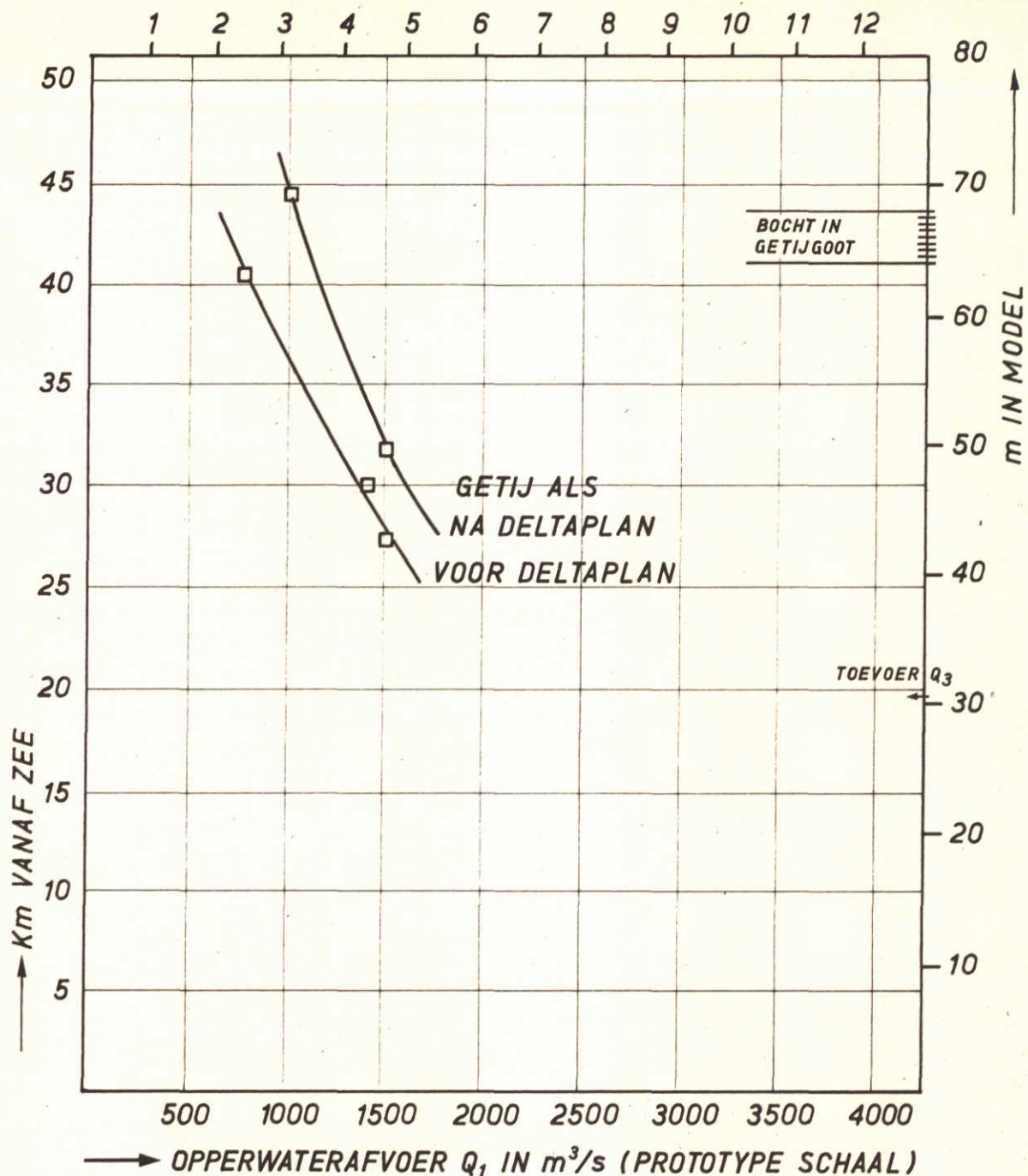
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M896 - 1372

FIG27a

OPPERWATERAFVOER Q_1 , IN $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (MODEL)



ZONDER BODEMVERHOOGING; $\frac{Q_{NM}}{Q_{OM}} = 3,3$

□ PROEFRESULTATEN

MAXIMALE ZOUTINDRINGING
INVLOED GETIJ

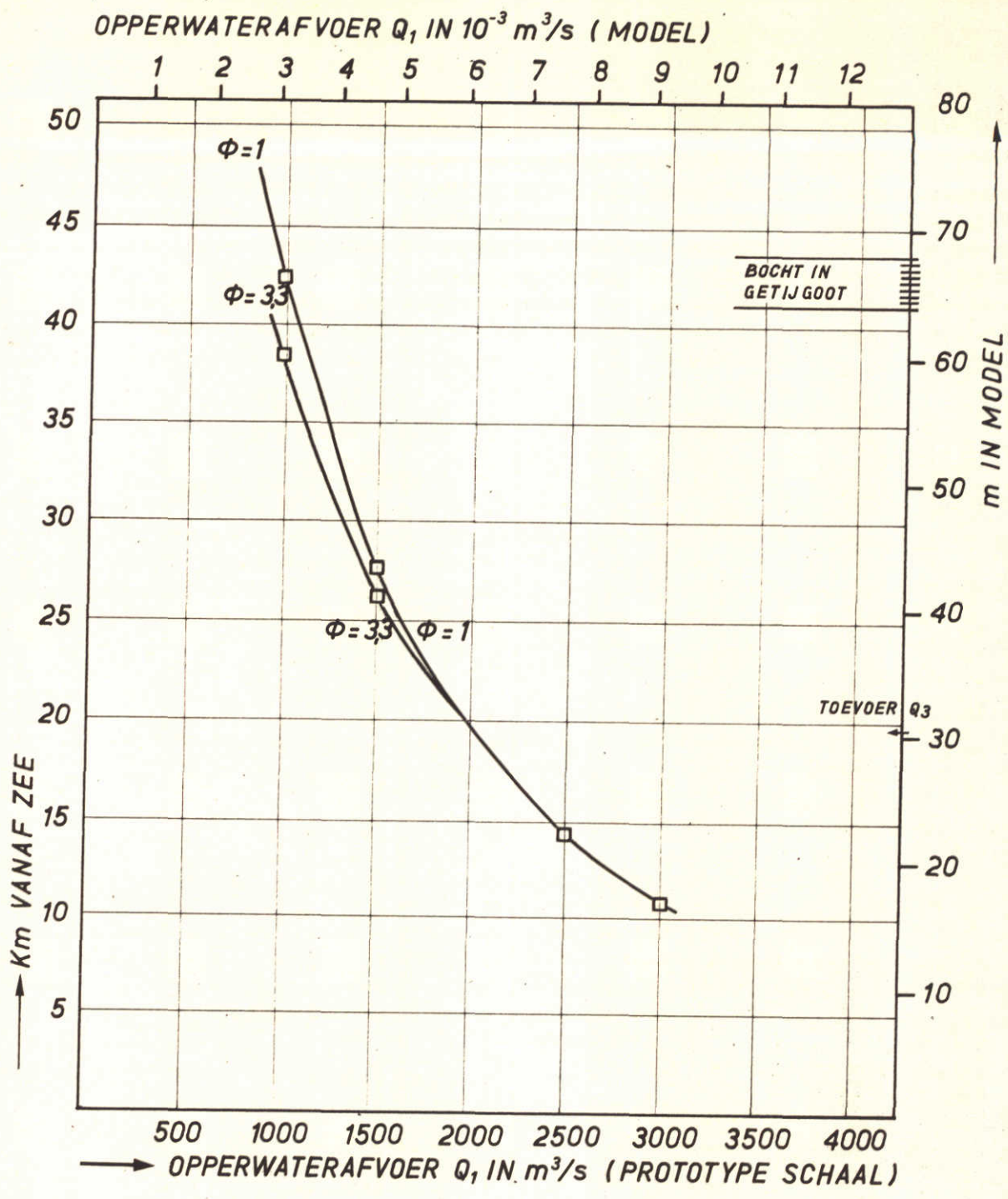
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M896-1373

FIG27b



GETIJ ALS NA DELTAPLAN ZONDER BODEMVERHOOGING

$\phi = \frac{\text{OPPERWATERAFVOER NIEUWE MAAS}}{\text{OPPERWATERAFVOER OUDE MAAS}}$

□ PROEFRESULTATEN

MINIMALE ZOUTYNDRINGING
INVLOED VERHOUDING ϕ

JM

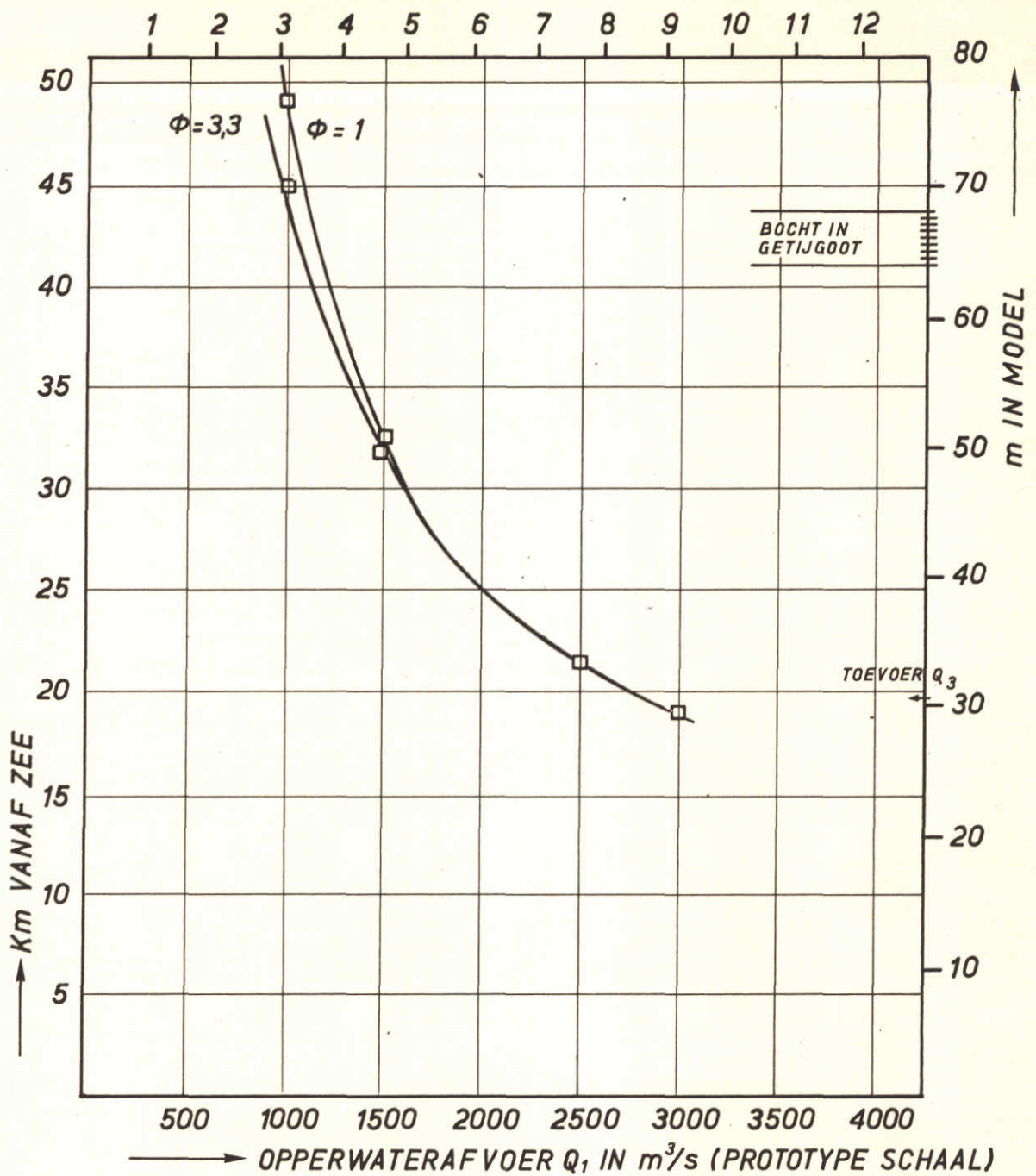
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M896-1374

FIG28c

OPPERWATERAFVOER Q_1^{-3} IN $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (MODEL)



GETIJ ALS NA DELTAPLAN ZONDER BODEMVERHOGING

$$\phi = \frac{\text{OPPERWATERAFVOER NIEUWE MAAS}}{\text{OPPERWATERAFVOER OUDE MAAS}}$$

□ PROEFRESULTATEN

MAXIMALE ZOUTINDRINGING
INVLOED VERHOUDING ϕ

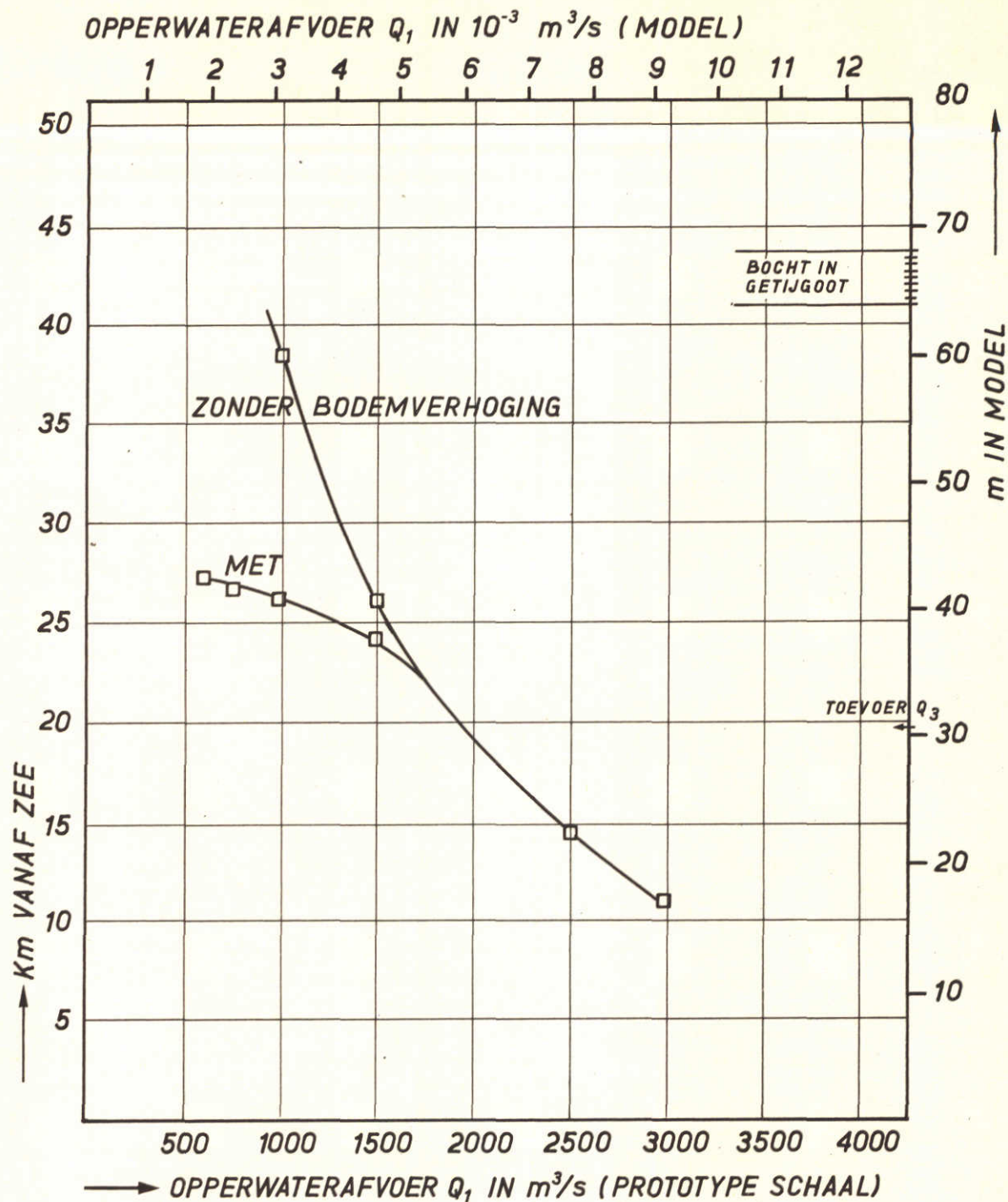
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M896-1375

FIG 28b



GETIJ ALS NA DELTAPLAN $\Phi = 3,3$

□ PROEFRESUTATEN

MINIMALE ZOUTINDRINGING
INVLOED BODEMVERHOGING

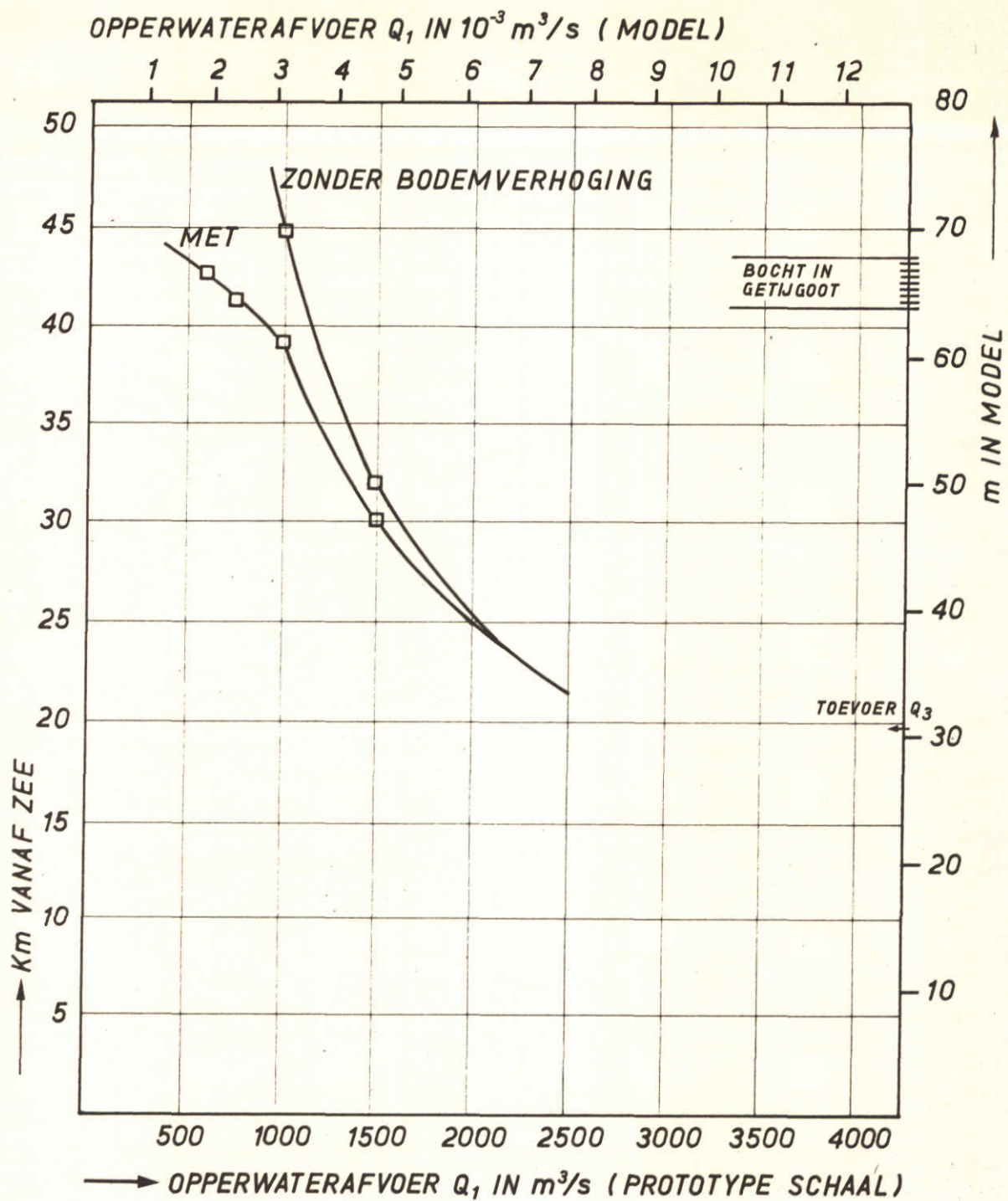
JM

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-1376

FIG.29c



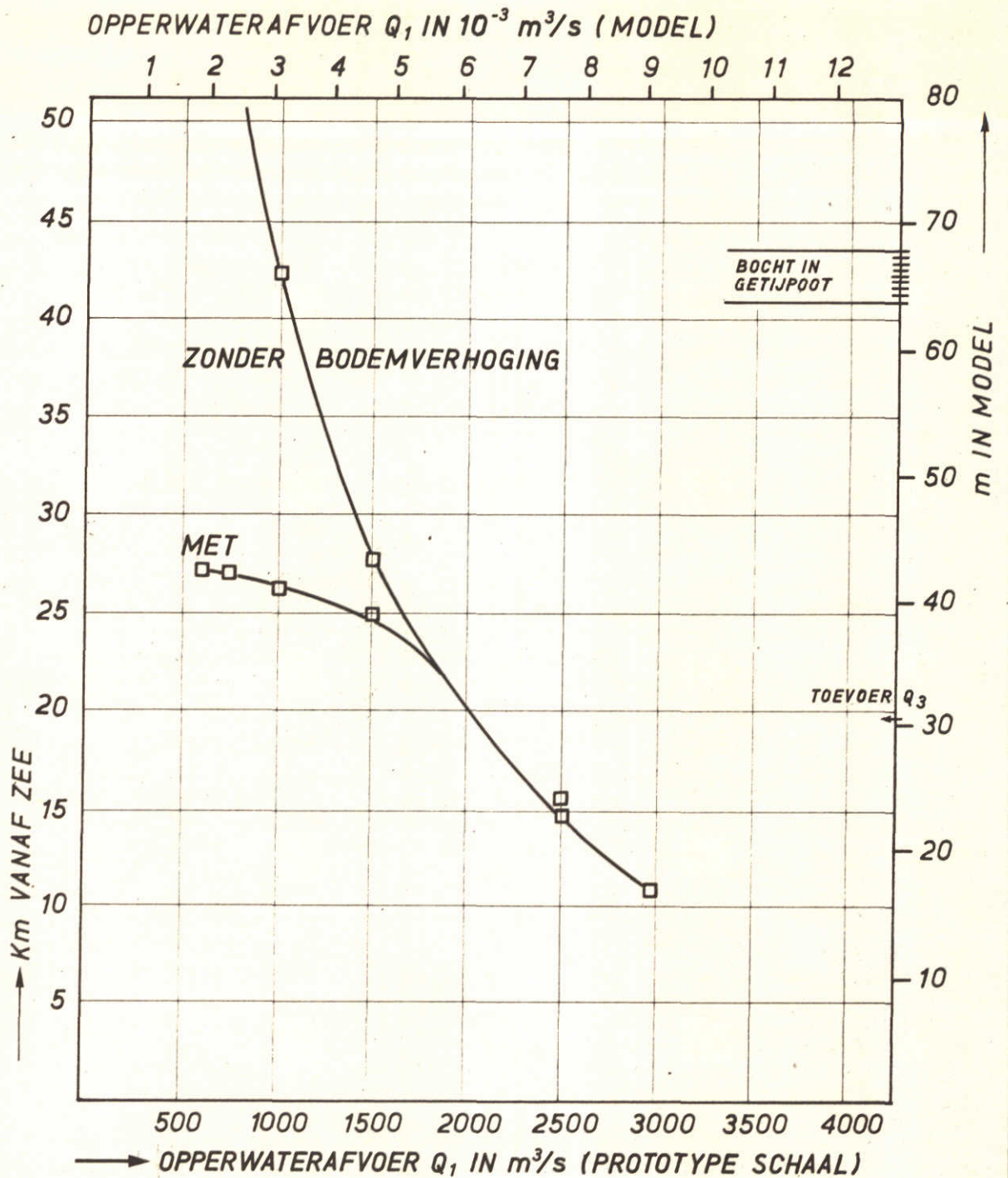
GETIJ NA DELTAPLAN $\Phi = 3$

□ PROEFRESUTATEN

MAXIMALE ZOUTINDRINGING
INVLOED BODEMVERHOOGING

JM

A4



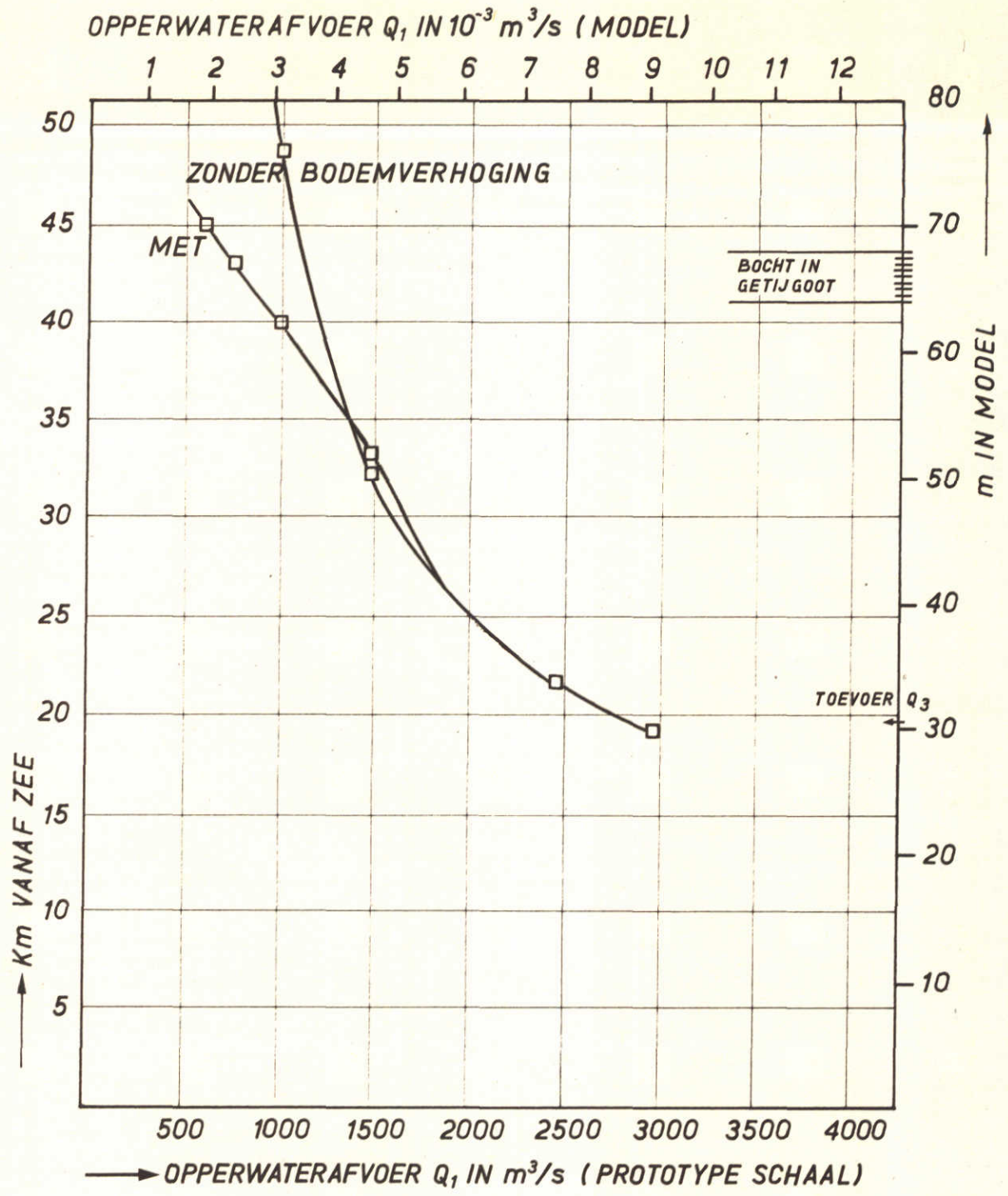
GETIJ ALS NA DELTAPLAN $\phi = 1$

□ PROEFRESUTATEN

MINIMALE ZOUTINDRINGING
INVLOED BODEMVERHOOGING

JM

A4

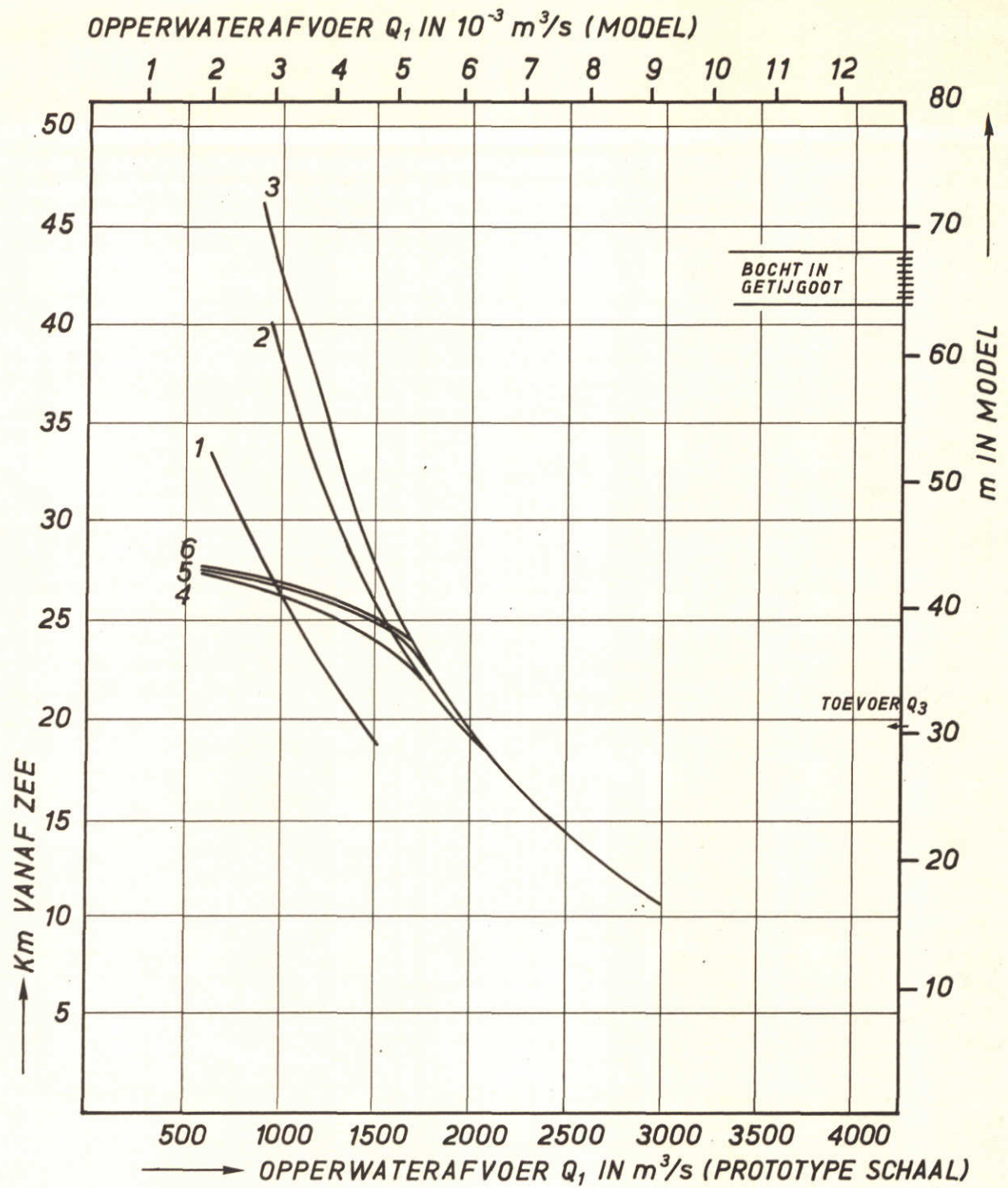


GETIJ ALS NA DELTAPLAN $\phi = 1$

□ PROEFRESUTATEN

MAXIMALE ZOUTINDRINGING
INVLOED BODEMVERHOOGING

JM
A4



| | | |
|-----|--|--------------|
| 1 : | GETIJ ALS VOOR DELTAPLAN, ZONDER BODEMVERHOOGING ; | $\Phi = 3,3$ |
| 2 : | " " NA " " " " | $\Phi = 3,3$ |
| 3 : | " " " " " " | $\Phi = 1$ |
| 4 : | " " " " " MET " " | $\Phi = 3,3$ |
| 5 : | " " " " " " " " | $\Phi = 1$ |
| 6 : | " " " " " " " " | $\Phi = 0,5$ |

MINIMALE ZOUTINDRINGING

JM

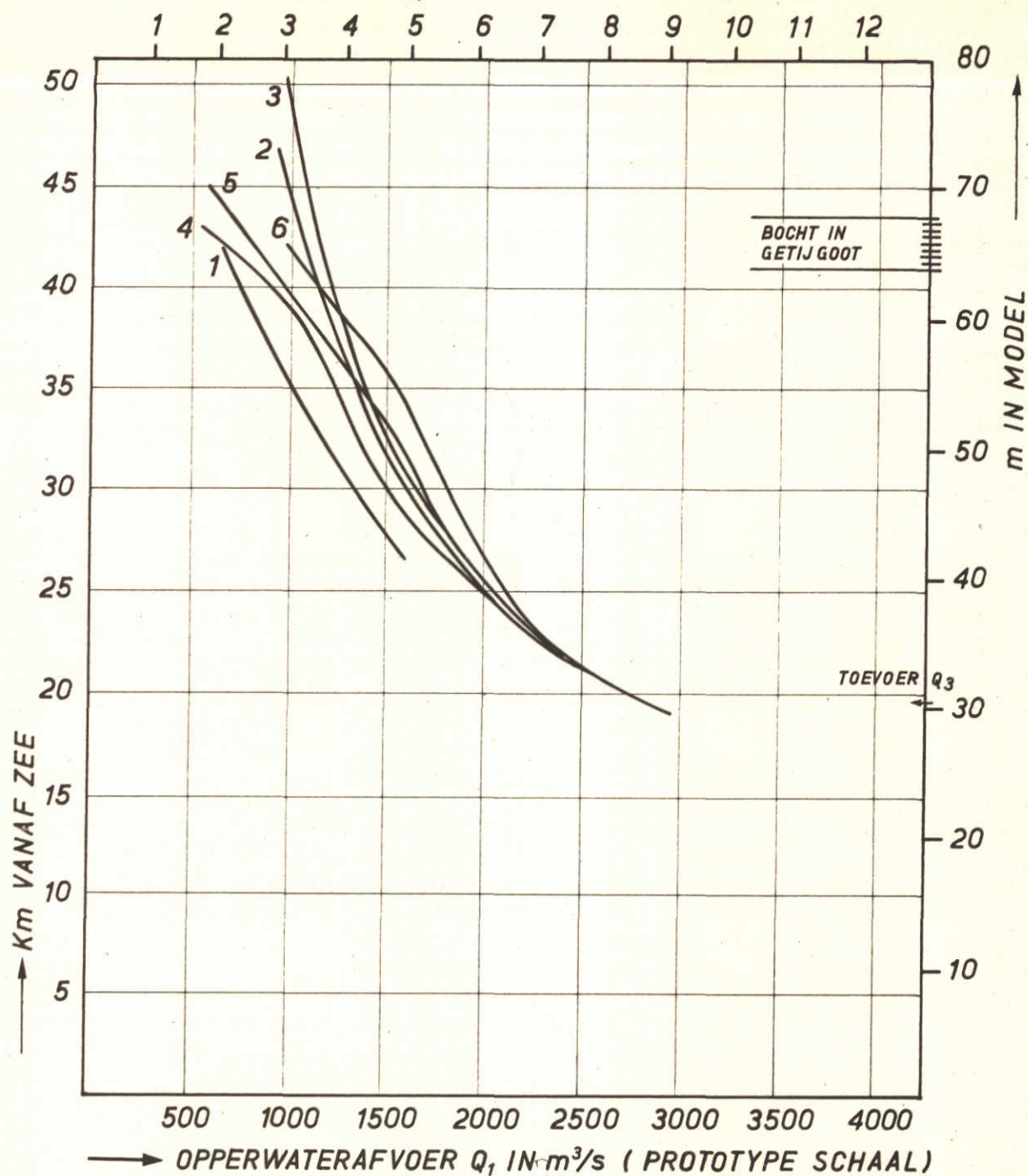
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M896-1380

FIG31

OPPERWATERAFVOER Q , IN $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (MODEL)



| | | |
|---|--|--------------|
| 1 | GETIJ ALS VOOR DELTAPLAN, ZONDER BODEMVERHOOGING ; | $\Phi = 3,3$ |
| 2 | " " NA " " " " | $\Phi = 3,3$ |
| 3 | " " " " " " | $\Phi = 1$ |
| 4 | " " " " " MET " " | $\Phi = 3,3$ |
| 5 | " " " " " " " " | $\Phi = 1$ |
| 6 | " " " " " " " " | $\Phi = 0,5$ |

MAXIMALE ZOUTINDRINGING

JM

A4

