

NUMERIEK ONDERZOEK NAAR DE GOLFGEDREVEN
STROMINGEN BIJ EEN RECHTE DAM

VLM/1989/H/5

R.H.C. Hoyinck

NUMERIEK ONDERZOEK NAAR DE GOLFGEDREVEN
STROMINGEN BIJ EEN RECHTE DAM

Door R.H.C. Hoyinck

Hoogleraar : prof. dr. ir. J.A. Battjes
Begeleiders: dr. ir. N. Booy
 dr. ir L.H. Holthuijsen
Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek
Vakgroep: Waterbouwkunde
Sektie : Vloeistofmechanica

augustus 1989.

INHOUDSOPGAVE

	<u>Blz.</u>
§1. Inleiding	1.
§2. Situatie in het hydraulische model	3.
§3. Numerieke modellen	
3.1 Inleiding	7.
3.2 HISWA	8.
3.3 DUCHESS	16.
3.4 Combinatie HISWA-DUCHESS	20.
§4. Invoergegevens	
4.1 Inleiding	21.
4.2 HISWA-bodemrooster	22.
4.3 HISWA-rekenrooster en DUCHESS-rooster	
4.3.1 Oriëntatie HISWA-rekenrooster en DUCHESS-rooster	24.
4.3.2 Keuze HISWA-rekenrooster en DUCHESS-rooster	25.
4.4 Overige invoergegevens HISWA	28.
4.5 Overige invoergegevens DUCHESS	33.
§5. Berekeningsresultaten	
5.1 Algemeen	38.
5.2 Invloed keuze rekenrooster op het golfbeeld	39.
5.3 Het golfbeeld	45.
5.4 Het stromingsbeeld	48.
§6. Conclusies	53.
 Bijlagen	

§ 1. INLEIDING

Na verlenging van de havendam bij Hoek van Holland (zie fig. 1.1) is in tegenstelling tot de verwachting geen aangroei maar een zeer sterke erosie van de kust direct ten noorden van de dam opgetreden.

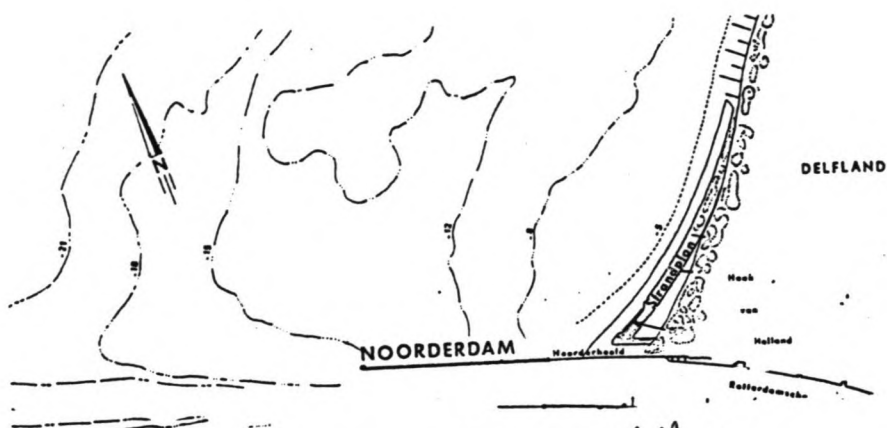
Teneinde een indruk te krijgen van de oorzaak van deze erosie is een experimenteel principeonderzoek verricht naar de golfgedreven stromingen bij een onder

een hoek van 115° met de kustlijn gesitueerde havendam.

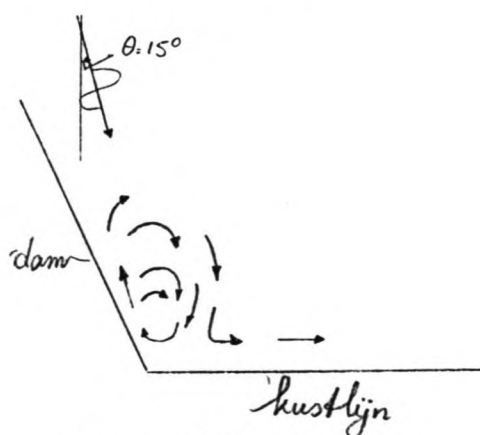
Uit dit onderzoek blijkt dat bij nagenoeg evenwijdig aan de dam en bij loodrecht op de kustlijn invallende golven een onverwachte neerstroming in de zone dam- kustlijn optreedt (zie fig. 1.2).

Aangezien het ontstaan van deze neerstroming, die een mogelijke oorzaak van de erosie bij de dam is, niet uit het onderzoek verklaard kan worden, is het in het onderhavige rapport beschreven numerieke onderzoek uitgevoerd.

Doel van het numerieke onderzoek is het verkrijgen van een indruk van de krachten die de neerstroming in de zone dam- kustlijn aandrijven en van de factoren die deze neerstroming beïnvloeden.



*Situatie Hoek van Holland
fig. 1.1*



*Stromingsbeeld aan het
wateroppervlak*

fig. 1.2

Bij het numerieke onderzoek wordt uitgegaan van de situatie zoals die in het hydraulische model aanwezig is:

- . strand met rechte en evenwijdige dieptelijnen (helling 1:25)
- . hoek dam- kustlijn 115°
- . lange rechte dam
- . golfgedreven stromingen.

De berekening is uitgevoerd voor een golfveld met een golfinvalshoek van 10° met de dam en een golfhoogte en golfperiode van respectievelijk 4.5 m en 8 s.

Bij de numerieke bepaling van het stromingsbeeld als gevolg van het invallende golfveld is gebruik gemaakt van twee computermodellen: HISWA en DUCHESS.

Met HISWA worden het golfbeeld en de stromingsaandrijvende krachten (de golfspanningsgradiënten) als gevolg van het invallende golfveld bepaald, terwijl vervolgens met DUCHESS de stromingen en de waterniveauvariëaties worden berekend.

Bij de berekeningen zijn de bodemwrijving en de horizontale viscositeit constant verondersteld. Tevens zijn de golfreflectie tegen de dam, de golfoverslag over de dam en de invloed van het stromingsbeeld en de waterniveauvariëaties op het golfbeeld verwaarloosd.

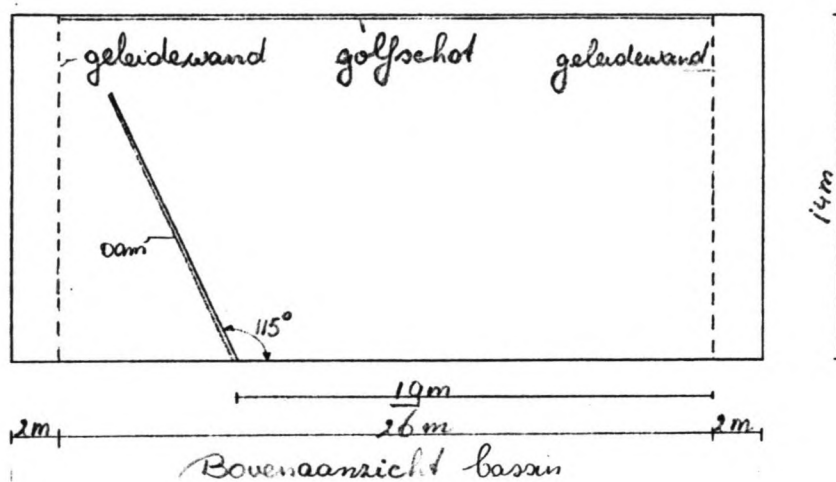
Een beschrijving van de situatie in het hydraulisch model is in §2 gegeven. In §3 is de werking van HISWA en DUCHESS globaal uiteengezet en is tevens nader ingegaan op een aantal aspecten van de modellen die bij het onderzoek van belang zijn gebleken. De invoergegevens voor beide modellen (rooster, randvoorwaarden en modelcoëfficiënten) zijn in §4 beschreven.

In §5 zijn de resultaten van de berekeningen gepresenteerd en is een vergelijking gemaakt tussen de golf- en stromingsbeelden in het hydraulisch model en die in het numerieke model. Tevens is nader ingegaan op de mogelijke oorzaken van de verschillen tussen de golf- en stromingsbeelden in het hydraulisch model en die in het numerieke model. De conclusies van het onderzoek zijn in §6 uiteengezet.

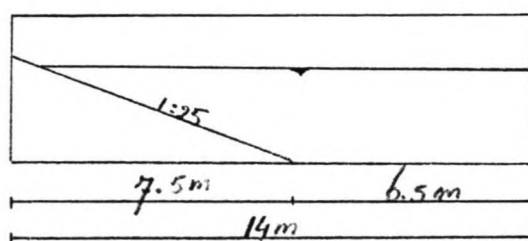
§2. BESCHRIJVING HYDRAULISCH ONDERZOEK

In het Laboratorium voor Vloeistofmechanica van de T.U.-Delft is een hydraulisch modelonderzoek verricht naar de golfgedreven stromingen bij een onder een hoek van 115° met de kustlijn geplaatste rechte dam (zie lit.7) Het onderzoek is uitgevoerd in een rechthoekig bassin van 30 m x 14 m.

Op 2 m van de zijwanden van het bassin zijn geleidewanden geplaatst (zie fig. 2.1), opgebouwd uit open stenen die een groot gedeelte van de invallende golfenergie absorberen, waardoor de golfreflectie tegen deze geleidewanden gering is. De gladgestreken betonnen bodem van het bassin is tot 6.5 m vanaf het golfschot horizontaal en heeft vervolgens een helling van 1:25 (zie fig. 2.2).



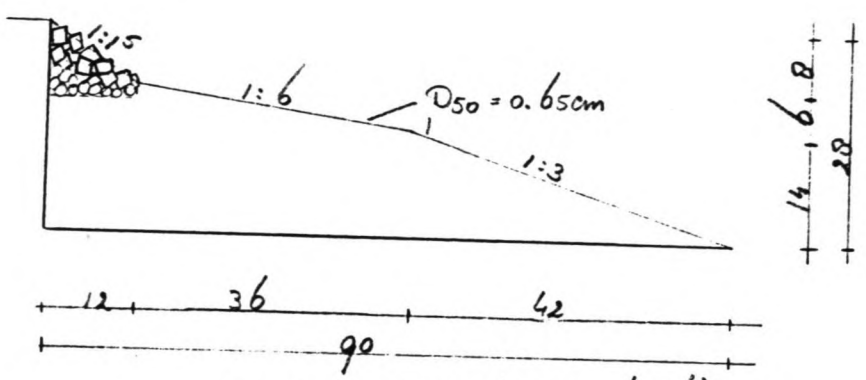
Bovenaanzicht bassin
fig. 2.1



Oversdoornede bassin
-vertoeken schaal-
fig 2.2

De dam, die een hoek van 115° met de kustlijn maakt, heeft een lengte van 12 m en is gemaakt van beton. De aanzet van de dam is op 19 m van de rechter geleidewand (zie fig. 2.1).

Op het onderwater-
talud van de dam is
grind aangebracht
($D_{50}=0.65$ cm) en
ter plaatse van
de waterlijn
zijn kubussen
zijn kubussen
(ribbe $R = 3$ cm)
willekeurig op
een grof grindbed
geplaatst (zie fig. 2.3).



*Dwars doorsnede damconstructie
maten in cm
fig 2.3*

Het met de golfmachine opgewekte golfveld is uniform en regelmatig.

In totaal zijn tijdens het hydraulische onderzoek tien verschillende modelproeven uitgevoerd. De verschillen tussen deze proeven zijn gelegen in verschillen in de golfhoogte, de golfinvalshoek en/of de waterdiepte in het bassin, terwijl de periode van de invallende golven tijdens alle proeven constant is (zie tabel 2.1).

Tijdens de proeven zijn, in met name de zone langs de dam bepaald:

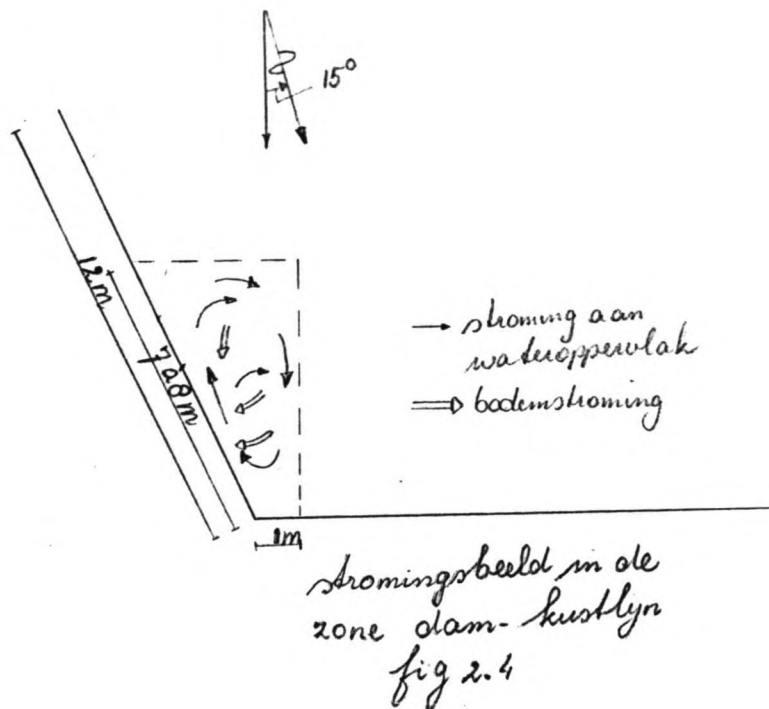
- de golfhoogten met behulp van een elektrische golfhoogtemeter
- de stroomsnelheden en richtingen aan het wateroppervlak door middel van kleurstofinjecties. Tevens zijn op beperkte schaal de stroomrichtingen bij de bodem van het bassin bepaald.

Proef	Invallende golf		Waterdiepte bij golfschot
	0	H	
	-	cm	cm
1	0°	4.0	22.6
2	0°	6.3	22.6
3	0°	3.4	22.7
4	0°	4.0	22.7
5	15°	4.5	26.2
6	15°	4.1	22.6
7	330°	4.2	26.2
8	330°	4.1	22.6
9	25°	3.7	22.6
10	0°	3.5	26.2
$T = 0.8$ s			

Proevenserie hydraulisch onderzoek
Tabel 2.1

Uit de proevenserie blijkt dat onafhankelijk van de golfhoogte en waterdiepte in het bassin, bij een golfinvalshoek nagenoeg evenwijdig aan de dam en

loodrecht op de kustlijn in de zone dam-kustlijn een neerstroming aan het wateroppervlak optreedt, terwijl bij de bodem de stromingen min of meer langs de dam naar de kust toe zijn gericht (zie fig. 2.4).



Bij een gedetailleerde vergelijking van de bij deze proeven waargenomen neerstromingen blijken wel verschillen tussen de neerstromingen aanwezig te zijn.

De oorzaak van de onverwachte neerstroming in de zone dam-kustlijn kan niet uit het hydraulische onderzoek worden bepaald. Teneinde toch een indruk te krijgen van de aandrijvingskrachten van deze stromingen en de eventueel op deze stromingen van invloed zijnde factoren, is het in het onderhavige rapport beschreven numerieke onderzoek uitgevoerd.

Bij het numerieke onderzoek is gekozen voor de reproductie van één situatie uit het hydraulische onderzoek waarbij de neerstroming optrad ($\theta=0^\circ$ of $\theta=15^\circ$).

Vraag hoe dat vel met numeriek onderzoek \times

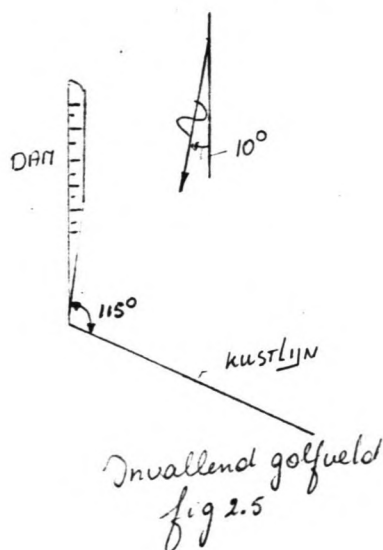
Aangezien bij de loodrecht op de kustlijn invallende golven het golf- en stromingsbeeld in de zone dam-kustlijn niet constant was in de tijd waardoor de nauwkeurigheid van de metingen beperkt is, is bij het numerieke onderzoek gekozen voor een golfvalshoek van 10° met de dam, 15° met de kust.

Bij het hydraulische onderzoek zijn twee proeven uitgevoerd met deze golfvalshoek met als belangrijkste verschil tussen beide proeven de waterdiepte voor het golfschot, 26.2 cm en 22.6 cm (zie tabel 2.1).

? Gekozen is voor de reproductie van de proef met een waterdiepte van 26.2 cm omdat bij deze proef het golf- en stromingsbeeld nauwkeuriger is bepaald dan bij de proef met een waterdiepte van 22.6 cm.

Verondersteld wordt dat het hydraulische onderzoek is uitgevoerd op schaal: diepteschaal = lengteschaal = 100, en dat in het numerieke onderzoek de situatie op prototype schaal wordt onderzocht.

Bij het numerieke onderzoek is de waterdiepte ter plaatste van de horizontale bodem 26.2 m en zijn de golfhoogte en periode van de onder een hoek van 10° met de dam invallende golven respectievelijk 4.5 m en 8 s (zie fig. 2.5).



Variatie van grootheden? (welke?)
Hoe anders tot een verklarings te komen?

§3 NUMERIEKE MODELLEN

3.1 INLEIDING

Bij het numerieke onderzoek is verondersteld dat met een over de vertikaal geïntegreerd twee-dimensionaal golf- en stromingsmodel (2 DH-model) de situatie zoals die in het hydraulisch model optreedt, voldoende nauwkeurig benaderd kan worden, waarbij de neerstroming in de zone dam- kustlijn eveneens gereproduceerd kan worden.

De numerieke bepaling van het stromingsbeeld dat als gevolg van het invalende golfveld in het bassin ontstaat, geschiedt in twee stappen.

In de eerste stap wordt met HISWA het golfbeeld ten gevolge van een invalend golfveld bepaald en wordt ^{er} uit dit golfbeeld de stromingsaandrijvende krachten, de golfspanningsgradiënten, berekend.

In de tweede stap worden met DUCHESS de stromingen en waterniveaus bepaald als gevolg van deze golfspanningsgradiënten.

In de navolgende paragrafen wordt de werking van beide modellen in grote lijnen uiteengezet.

§3.2 HISWA

Het model HISWA (Hindcasting shallow water waves) is een tweedimensionaal numeriek golfvoorspellingsmodel waarmee voor een stationair invallend golfveld, het golfbeeld in een rechthoekig (ondiep) rekengebied bepaald kan worden.

De fysische verschijnselen die in HISWA worden meegenomen zijn: refractie, shoaling, de invloed van een windveld en de dissipatie, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de bodemdissipatie, de dissipatie als gevolg van het breken van golven en de dissipatie tengevolge van een sterke tegen de golfvoortplantingsrichting in gerichte stroming ("BLOCKING").

Voor het in de berekening meenemen van de niet-lineaire golfopwekking en dissipatie is het noodzakelijk dat het gehele golfspectrum in (een aantal) vaste punten in het rooster in het horizontale vlak bekend is. Opdat deze verschijnselen op een efficiënte wijze in de berekening worden meegenomen is bij HISWA gekozen voor een berekening in een rechthoekig rooster en niet zoals bij conventionele golfvoorspellingsmodellen in de kustzone langs de golfstralen.

HISWA is speciaal ontworpen voor niet al te grote rekengebieden met een groot ruimtelijk oplossend vermogen. Tevens is er bij HISWA van uitgegaan dat de berekeningen met een beperkte computercapaciteit uitgevoerd moeten kunnen worden. Aangezien een volledige discrete spectraalberekening teveel computercapaciteit zou vergen, is ten opzichte van deze modellen bij HISWA een reductie van de computercapaciteit verkregen door:

- te veronderstellen dat het golfveld onafhankelijk van de tijd is. Daarvoor is het nodig dat het windveld, het bodemprofiel en de aanwezige stromingen constant zijn in de tijd
- het twee-dimensionale golfspectrum te parametiseren over het frequentiedomein. Per spectrale golfrichting wordt vervolgens de over de frequentie geïntegreerde energie (of beter actie) dichtheid en de gemiddelde golf-frequentie bepaald.

HISWA is gebaseerd op de actiebalansvergelijking (zie lit. 4 en 6), waarbij de actiedichtheid gedefinieerd wordt door:

$$A(\omega, \theta, x, y, t) = E(\omega, \theta, x, y, t) / \sigma \quad (2.1)$$

Waarin: A = actiedichtheid (Js/m^2)
 E = energiedichtheid (J/m^2)
 σ = relatieve frequentie = $\omega - \underline{k} \cdot \underline{v} = (\text{gk} \tanh kd)^{0.5} \text{ (s}^{-1}\text{)}$
 \underline{k} = golfgetalvector = $(k \cos \theta, k \sin \theta) \text{ (m}^{-1}\text{)}$
 \underline{v} = stroomsnelheidsvector (ms^{-1})
 ω = golffrequentie (s^{-1})
 θ = golfvoortplantingsrichting ($^\circ$)
 d = waterdiepte (m).

(Bij aanwezigheid van stromingen is niet de golfenergie maar de actie behouden.)

De actie- en de energiedichtheid zijn een functie van frequentie ω en golfrichting θ (en locatie x , y en tijd t).

De actiebalansvergelijking is:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (c_x A) + \frac{\partial}{\partial y} (c_y A) + \frac{\partial}{\partial \theta} (c_\theta A) + \frac{\partial}{\partial \omega} (c_\omega A) = T \quad (2.2)$$

Waarin: c_x , c_y : de x - en de y - component van de actie-voortplantingssnelheid (= de groepssnelheid).

Uit de lineaire golftheorie volgt:

$$\underline{c} = \frac{\partial \sigma}{\partial \underline{k}} \frac{\underline{k}}{k} + \underline{v} \quad (2.3)$$

c_θ : met deze term wordt de verandering van de actie voortplantingsrichting bepaald als met de groepssnelheid langs de golfraai wordt voortbewogen. Met andere woorden deze term vertegenwoordigt de refractie in het model.

Uit de lineaire golftheorie volgt:

$$c_\theta = -\frac{1}{k} \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial n} - \frac{k}{k} \frac{\partial v}{\partial n} \quad (2.4)$$

c_ω : met voortplantingssnelheid c_ω wordt de verschuiving van de actie in het frequentiedomein bepaald die ontstaat ten gevolge van een in de tijd variërende waterdiepte en/of stroming.

$$c_\omega = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial t} + k \frac{\partial y}{\partial t} \quad (2.5)$$

T : bronterm, waarmee het totale effect van generatie en dissipatie van actie in de balans tot uitdrukking wordt gebracht.

Aangezien bij HISWA wordt uitgegaan van een stationaire situatie zijn de eerste en de vijfde term van het linkerlid van de actiebalans gelijk aan nul en wordt de actiebalans:

$$\frac{\partial}{\partial x} (c_x A) + \frac{\partial}{\partial y} (c_y A) + \frac{\partial}{\partial \theta} (c_\theta A) = T \quad (2.6)$$

In HISWA wordt niet een volledige 2-dimensionale spectraalberekening uitgevoerd maar wordt het 2 dimensionale golfspectrum over het frequentiedomein geparаметriseerd en wordt per spectrale golfrioting de over het frequentiedomein geïntegreerde actiedichtheid en gemiddelde golffrequentie berekend.

De resulterende golf functies in HISWA zijn:

$$A_0(\theta) = m_0(\theta) \quad (2.7)$$

$$\omega_0(\theta) = m_1(\theta)/m_0(\theta) \quad (2.8)$$

Waarin:
$$m_n(\theta) = \int_0^\infty \omega^n A(\omega, \theta) d\omega \quad (2.9)$$

De balansvergelijkingen in HISWA worden dan:

$$\frac{\partial}{\partial x} (c_{0x} m_0) + \frac{\partial}{\partial y} (c_{0y} m_0) + \frac{\partial}{\partial \theta} (c_{0\theta} m_0) = T_0 \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (c_{1x} m_1) + \frac{\partial}{\partial y} (c_{1y} m_1) + \frac{\partial}{\partial \theta} (c_{1\theta} m_1) = T_1 \quad (2.11)$$

Waarin: c'_{0x}, c'_{0y} en $c'_{0\theta}$: voortplantingssnelheden in de (x,y,θ) ruimte van m_0
 c''_{0x}, c''_{0y} en $c''_{0\theta}$: voortplantingssnelheden in de (x,y,θ) ruimte van m_1
 T_0 : geparametriseerde bronfunctie van m_0
 T_i : geparametriseerde bronfunctie van m_1

De voortplantingssnelheden c_{0x} , c_{0y} en $c_{0\theta}$ zijn gelijk genomen aan de snelheden bij de gemiddelde frequentie ω_0 waarbij σ_0 en k_0 worden bepaald uit:

$$\begin{cases} \omega_0 = \sigma_0 + k_0 v \\ \text{en} \\ \sigma_0 = (g k_0 \tanh kd)^{1/2} \end{cases} \quad (2.12)$$

Voor de bepaling van de bronfunctie T_0 en T_1 en het verdere verloop van de berekeningen wordt verwezen naar de literatuur (6).

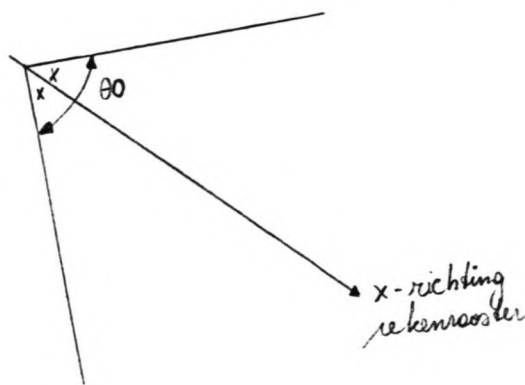
In HISWA wordt onderscheid gemaakt tussen een drietal typen roosters, te weten: het bodemrooster waarin de bodemdiepten en de stromingen worden opgegeven, het rekenrooster waarin de berekening van het golfveld plaatsvindt en tenslotte het uitvoerrooster waarbinnen de uitvoergegevens worden bepaald.

De oorsprong, maaswijdten en oriëntaties van deze roosters kunnen willekeurig ten opzichte van elkaar worden gekozen, alhoewel in het algemeen het uitvoerrooster binnen het rekenrooster en het rekenrooster binnen het bodemrooster ligt. Vallen de punten van de verschillende roosters niet samen dan worden, indien dit voor de berekening en/of uitvoer noodzakelijk is, de waarden van de in het bodem- of rekenrooster gedefinieerde grootheden via interpolaties in de reken- of uitvoerroosterpunten bepaald.

In HISWA wordt verondersteld dat de richtings spreiding van het golfveld in het gehele rekenrooster binnen een nader door de gebruiker te definiëren richtingssector valt.

In de berekening wordt alleen de golfenergie die binnen de sector valt meegenomen en is de buiten deze sector vallende golfenergie, de LEAK, verloren voor het vervolg van de berekening.

De richtingssector is zodanig gedefinieerd dat het midden van de sector overeenkomt met de x-richting van het rekenrooster (zie fig. 3.1).



$-\theta_0/2$ 0 $\theta_0/2$
Richtingssector
fig 3.1

De richtingssector (grootte θ_0) wordt opgesplitst in een, door de gebruiker te bepalen aantal (MD) deelsectoren (grootte $\theta_0/MD = \theta_0$).

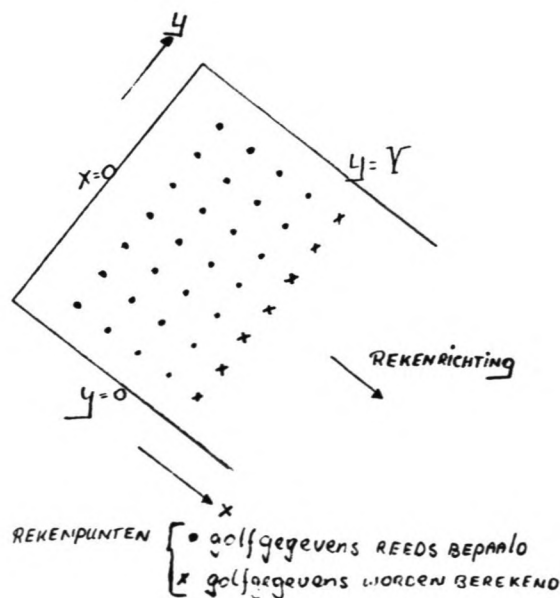
Bij de berekening van het golfbeeld wordt vervolgens in ieder roosterpunt per spectrale golfrichting de actiebalans opgesteld? *geïntegreerd*

De berekening wordt uitgevoerd in het rekenrooster met de constante maaswijdten DX en DY. Gebruik wordt gemaakt van een expliciet integratieschema.

De berekening vangt aan op de lijn $x = 0$ (zie fig. 3.2) en wordt vervolgens uitgevoerd in de positieve x-richting van het rekenrooster.

Nadat de golfgegevens op een lijn loodrecht op de rekenrichting (is de y-richting) zijn bepaald worden

de golfgegevens op de volgende roosterlijn loodrecht op de x-as berekend.



HISWA-rekenrooster
fig 3.2

Langs drie van de vier zijden van het rekengebied, te weten: $x = 0$, $y = 0$ en $y = Y$ moeten randvoorwaarden worden opgelegd, terwijl van de over de laterale grenzen het rekengebied uitgaande golven wordt aangenomen dat deze volledig door de randen worden geabsorbeerd.

Als gevolg van het toegepaste expliciete integratieschema worden er numerieke stabiliteitsvoorwaarden aan het model gesteld (zie lit.6):

$$1^e \text{ voorwaarde: } DX/DY \leq P_n * c_x/c_y \quad (2.13)$$

Waarin: DX = stapgrootte in x-richting

DY = stapgrootte in y-richting

P_n = dimensieloze constante, gelijk aan 0.7

c_x = voortplantingssnelheid van de golven in de x-richting

c_y = voortplantingssnelheid van de golven in de y-richting.

Zijn er geen stromingen aanwezig, dan is deze eerste stabiliteitsvoorwaarde te vereenvoudigen tot:

$$DX/DY \leq P_n \cotg(\theta) \quad (2.14)$$

Waarin θ = voortplantingsrichting van de golven ten opzichte van de rekenrichting.

$$2^e \text{ voorwaarde: } DX/D\theta \leq P_d * c_x/c_\theta \quad (2.15)$$

Waarin: D_θ = stapgrootte van de richtings spreiding van het golfveld

P_d = dimensieloze constante, gelijk aan 0.7

c_θ = voortplantingssnelheid van de golven in θ -richting.

Deze tweede stabiliteitsvoorwaarde kan ruwweg benaderd worden door:

$$DX/D\theta \leq P_d * d/m \quad (2.16)$$

Waarin: d = bodemdiepte

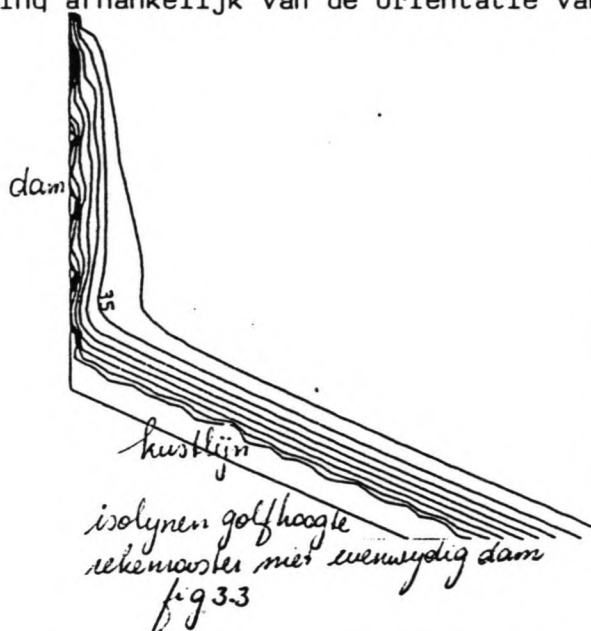
m = bodemhelling

Uit de stabiliteitsvoorwaarden volgt ondermeer dat de richtingssector kleiner moet zijn dan 180° en dat de verhouding van DX tot DY kleiner en daarmee ongunstiger wordt naarmate de richtingssector groter wordt (zie vergelijking 2.14).

Bij de bepaling van de oriëntatie van het rekenrooster dient er derhalve rekening mee gehouden te worden dat de richtingssector niet al te groot wordt (midden richtingssector komt overeen met de x-richting van het rekenrooster).

Naast de grootte van de richtingssector is eveneens de weergave van het bodemprofiel tijdens de berekening afhankelijk van de oriëntatie van het rekenrooster.

Zo wordt bijvoorbeeld de kustlijn in de berekening tot een trapjeslijn geschematiseerd indien de kustlijn een hoek maakt met de rekenroosterlijnen, hetgeen een grote invloed op het golfbeeld kan hebben. (zie fig. 3.3).



In het algemeen wordt de HISWA-berekening nauwkeuriger naarmate de maaswijdten DX, DY en D θ kleiner zijn. Het gevolg van kleinere maaswijdten is echter dat het aantal berekeningen per (HISWA)run groter wordt waardoor de vereiste capaciteit van het interne HISWA-geheugen en de rekenkosten/tijd groter wordt. Opdat de kosten acceptabel blijven en gezien de beperkte interne geheugencapaciteit is het aantal berekeningen per run gelimiteerd. Uitgegaan wordt van een programma-run die maximaal drie minuten op het mainframe (IBM 3083-jxl) in beslag neemt.

Uit de invoergegevens zoals gekozen bij het in het onderhavige rapport beschreven onderzoek (zie bijlage IV.1 t/m IV.4) en de tijdslimiet van drie minuten per run, volgt dat het rekenrooster maximaal $(4 \text{ à } 5) \cdot 10^4$ roosterpunten kan bevatten indien de richtingssector is opgesplitst in vijf richtingsintervallen.

Is de maaswijdte van het rooster te groot om de gewenste nauwkeurigheid van de berekening te krijgen, dan kan er genest worden, dat wil zeggen: de berekening wordt nogmaals uitgevoerd in een kleiner rekenrooster met fijnere maaswijdten waarbij de rand- en beginvoorwaarden van de geneste berekening via interpolaties uit de originele berekening worden bepaald.

Eselpennings-gradienten - - ?

§3.3 DUCHESS

Met het twee dimensionale, niet-stationaire model DUCHESS (Delft University Computer Program for 2-dimensional Horizontal Estuary and Sea Surges) kan het stromingsbeeld in een rechthoekig gebied worden bepaald als gevolg van een getijbeweging en/of de invloed van een windveld.

De invloed van het al dan niet-stationaire windveld op het stromingsbeeld wordt in de berekening meegenomen via de luchtdruk en/of via uitwendige schuifspanningen.

DUCHESS is gebaseerd op de 2-dimensionale lange golfvergelijkingen in ondiep water (continuïteits- en twee bewegingsvergelijkingen) met als onbekende grootheden de stromingen Q_x en Q_y (gemiddelde stroomsnelheid in respectievelijk de x- en de y-richting * de waterdiepte) en het waterniveau H ten opzichte van een gekozen referentieniveau (zie lit. 10 en 11):

Continuïteitsvergelijking:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad (2.17)$$

Bewegingsvergelijking in x-richting:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial(Q_x * Q_x / D)}{\partial x} + \frac{\partial(Q_y * Q_x / D)}{\partial y} + \\ \frac{\partial}{\partial x} (D * E * \frac{\partial(Q_x / D)}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y} (D * E * \frac{\partial(Q_x / D)}{\partial y}) + \\ g * D * \frac{\partial(H+P)}{\partial x} + F_r / Q_l * \frac{Q_x}{D^2} - C_o * Q_y - W_x = 0 \end{aligned} \quad (2.18)$$

- Waarvan: g = versnelling van de zwaartekracht (m/s^2)
 H = waterniveau ten opzichte van een gekozen referentieniveau (m)
 Z = bodemniveau ten opzichte van hetzelfde referentieniveau (m)
 D = waterdiepte = $(H-Z)$ (m)
 Q_x = gemiddelde stroomsnelheid in de x-richting * de waterdiepte (m^2/s)
 Q_y = gemiddelde stroomsnelheid in de y-richting * de waterdiepte (m^2/s)

*Collopannings-
termen?*

$$|Q| = (Q_x^2 \times Q_y^2)^{0.5} \text{ (m}^2/\text{s)}$$

E = horizontale viscositeit ("eddy viscosity") (m²/s)

P = luchtdruk gedeeld door de zwaartekrachtversnelling (g)
en de massadichtheid (ρ) (m)

Fr = wrijvingscoëfficiënt ($=g/C^2$) (-)

C = Chezy-coëfficiënt ($=18 \log(12D/k)$) (m^{0.5}/s)

CO = Corioliscoëfficiënt ($=2\Omega \sin \varphi^1$ met Ω = hoeksnelheid
aarde en φ^1 = de breedtegraad)(S⁻¹)

W_x = Windschuifspanning in x-richting gedeeld door de massa-
dichtheid (ρ) (m²/s²).

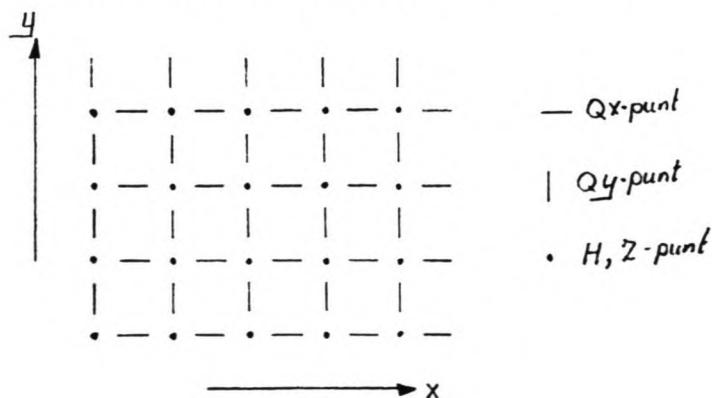
De berekening in het niet-stationaire DUCHESS-model wordt met een tijdstap DT uitgevoerd in een rechthoekig rooster met constante maaswijdten DX en DY . Langs de randen van het rooster moeten randvoorwaarden ten aanzien van de stroming en of het waterniveau worden opgelegd.

De berekening is gesplitst in twee (halve tijd)stappen, waarbij de berekening afwisselend impliciet in de x- en de y-richting wordt uitgevoerd (zie lit. 5). In de eerste halve tijdstap worden de partiële afgeleiden in de x-richting impliciet benaderd en in de y-richting expliciet en omgekeerd in de tweede halve tijdstap.

De stromingen en waterniveaus worden in verschillende punten berekend (zie fig. 3.4), waarbij de waterdiepte in de stromingspunten gelijk wordt gesteld aan de gemiddelde waterdiepte van de twee naaste H-punten.

Tijdens de berekening kunnen punten droogvallen en drooggevallen punten weer onder water komen te liggen. Het eventueel droogvallen van punten wordt bepaald door de waterdiepten in de H-punten; Is de waterdiepte negatief geworden dan valt het punt droog en

worden zowel het H-punt als de omringende Q-punten inactief gemaakt. Het eventueel weer actief worden (dat wil zeggen het weer onder water komen) van drooggevallen punten wordt bepaald in die punten waar een inactief Q-punt tussen en actief- en een inactief H-punt ligt.



REKENPUNTEN
DUCHESS ROOSTER

fig 34

Is het waterniveau in het actieve H-punt hoger dan het bodemniveau in het inactieve H-punt dan worden het inactieve H- en Q-punt actief gemaakt.

Aangezien in DUCHESS gebruik wordt gemaakt van een impliciet integratieschema, zijn er geen stabiliteitsvoorwaarden waar het model aan moet voldoen.

Wel werden enige voorwaarden ten aanzien van de nauwkeurigheid van de berekening aan het model gesteld. Van invloed op de nauwkeurigheid zijn onder andere de tijdstap DT en de keuze van het DUCHESS-rooster.

Voor de numerieke nauwkeurigheid van de berekening is het van belang dat de tijdstap DT zodanig wordt gekozen dat het Courant-getal (σ), dat gelijk is aan de verhouding tussen de karakteristieke voortplantingssnelheid c en de werkelijke voortplantingssnelheid in het numerieke model kleiner is dan circa 10,

$$\sigma = c * \frac{DT}{Dx} < 10 \iff DT < \frac{10 * Dx}{c} \quad (2.19)$$

waarbij de karakteristieke voortplantingssnelheid c gelijk is aan: $u \pm \sqrt{gD}$ (zie lit. 9).

Bij de bepaling van het DUCHESS-rooster moet rekening worden gehouden met de weergave van het bodemprofiel in het rooster. Zo zal bijvoorbeeld, als bij HISWA, een oeverlijn die een hoek met de roosterlijnen in de berekening tot een trapjeslijn worden geschematiseerd.

Naast de oriëntatie van het DUCHESS-rooster is de nauwkeurigheid van de berekening eveneens afhankelijk van de maaswijdten van het rooster. Het oplossend vermogen van het rooster moet zodanig worden gekozen dat de variaties in de verschillende grootheden in het horizontale vlak zoals de bodemgeometrie, de aandrijvingskrachten en het uiteindelijke stromingsbeeld, in het rooster tot uitdrukking komen.

In het algemeen zal de stromingsberekening nauwkeuriger zijn naarmate de maaswijdten van het DUCHESS-rooster kleiner zijn. In verband met de toenemende kosten van een programmeren bij een groter aantal roosterpunten is het totale aantal roosterpunten gelimiteerd.

De kosten van de berekening zijn afhankelijk van het aantal roosterpunten, de tijdstap DT, de duur van de berekening en enkele andere invoergegevens (zie §4.5). Aangenomen is dat de kosten van een DUCHESS-berekening nog acceptabel zijn indien de berekening niet meer dan drie minuten op het mainframe (IBM-3083-Jx1) in beslag neemt.

Uitgaande van de invoergegevens zoals die zijn gekozen bij het in het onderhavige rapport beschreven onderzoek (zie bijlage V.1 t/m V.4) leidt deze voorwaarde bij een rekentijd van circa 5000 s tot een maximum van circa $3 \cdot 10^3$ roosterpunten per berekening.

Is het niet mogelijk de berekening met de gewenste maaswijdten (nauwkeurigheid) uit te voeren zonder dat het maximaal toelaatbare aantal rekenpunten wordt overschreden, dan kan, net als bij HISWA, een geneste berekening worden uitgevoerd, waarbij de randvoorwaarden voor de geneste berekening uit de originele berekening worden bepaald.

§3.4 COMBINATIE HISWA-DUCHESS

Het stromingsbeeld dat als gevolg van een invallend golfveld in het rekengebied ontstaat wordt numeriek bepaald met een combinatie van HISWA en DUCHESS.

Met HISWA wordt het golfbeeld in het rekengebied ten gevolge van het invallende golfveld berekend en worden uit dit golfbeeld de stromingsaandrijvende krachten, te weten de golfspanningsgradiënten berekend.

Vervolgens worden met DUCHESS het stromingsbeeld en de waterniveauvariaties in het rekengebied berekend als gevolg van de golfspanningsgradiënten die als uitwendige krachten worden ingevoerd.

Aangezien deze krachten met HISWA worden berekend en de nauwkeurigheid van de HISWA-berekening afhankelijk is van de maaswijdten van het rekenrooster, is de nauwkeurigheid van de DUCHESS-berekening eveneens afhankelijk van de maaswijdten van het HISWA-rekenrooster. In eerste instantie is ten aanzien van de maaswijdten van het DUCHESS-rooster aangenomen dat de optimale nauwkeurigheid van de stromingsberekening wordt verkregen bij maaswijdten van het DUCHESS-rooster die min of meer gelijk zijn aan de maaswijdten van het HISWA rekenrooster.

Bij het op bovenstaande wijze berekende golfbeeld wordt de invloed van de stromingen en waterniveauvariaties op het golfbeeld niet in de HISWA-berekening meegenomen.

In werkelijkheid is het golfbeeld wel afhankelijk van het stromingsbeeld en de waterniveauvariaties. Uitgaande van HISWA en DUCHESS betekent dit dat er niet alleen een koppeling van HISWA naar DUCHESS moet plaatsvinden maar tevens van DUCHESS naar HISWA. Er ontstaat een iteratief proces dat net zolang uitgevoerd moet worden totdat de veranderingen in het stromingsbeeld en de waterniveaus na een iteratiestap minimaal zijn.

Beide modellen sluiten goed op elkaar aan zodat de koppeling tussen beide relatief eenvoudig gemaakt kan worden. Desondanks is bij het in het onderhavige rapport beschreven onderzoek afgezien van de (terug)koppeling van DUCHESS naar HISWA omdat de eraan verbonden kosten erg hoog zijn.

§4 GEGEVENS NUMERIEKE MODELLEN

§4.1 INLEIDING

Het numerieke onderzoek wordt uitgevoerd met als doel een indruk te krijgen van de krachten die de in het hydraulisch model waargenomen neerstroming veroorzaken.

De neerstroming in het hydraulische model kan worden beïnvloed door de stromingen in het gehele bassin.

Bij het numerieke onderzoek wordt er dan ook van uitgegaan dat het stromingsbeeld bepaald moet worden in een rooster dat overeenkomt met het bassin in het hydraulisch model.

Voor een goede weergave van ondermeer het bodemprofiel in dit DUCHESS-rooster en het bijbehorende HISWA-rooster is een dermate groot aantal roosterpunten noodzakelijk dat onafhankelijk van de overige invoergegevens, de berekeningen erg kostbaar worden en daarnaast bij HISWA de capaciteit van het interne geheugen grotendeels benut zal worden.

Opdat de kosten van de HISWA- en DUCHESS-berekeningen nog enigszins acceptabel blijven en de capaciteit van het interne HISWA-geheugen toereikend is, zijn enkele grootheden uit het hydraulisch model vereenvoudigd in het numerieke model weergegeven en is ondermeer de invloed van de stromingen en waterniveauvariaties op het golfbeeld verwaarloosd.

Tevens is bij de berekeningen aangenomen dat er geen golfoverslag over de dam en geen golfreflectie tegen de dam optreedt.

Een nader onderzoek naar de invloed van deze geschematiseerde invoergegevens op het golf- en stromingsbeeld is gewenst. In verband met de hoge kosten die aan dit gevoeligheidsonderzoek zijn verbonden zijn deze berekeningen echter niet uitgevoerd.

In de navolgende paragrafen worden allereerst de verschillende roosters (HISWA-bodem- en rekenrooster, DUCHESS-rooster) bepaald en vervolgens de overige invoergegevens voor de HISWA en DUCHESS-berekeningen.

§4.2 HISWA-BODEMROOSTER

De bodemdiepten en de eventuele aanwezige stromingen worden bij HISWA ingevoerd in de roosterpunten van het bodemrooster. De oriëntatie en de maaswijdten van het bodemrooster moeten zodanig worden gekozen dat de bodemdiepten en de stromingen in de bodemroosterpunten, maar eveneens in de tussen de bodemroosterpunten in gelegen punten zo goed mogelijk overeenkomen met de bodemdiepten en stromingen in het hydraulisch model.

Bij het in het onderhavige rapport beschreven onderzoek worden geen stromingen in de HISWA-berekening meegenomen. De oriëntatie en de maaswijdten van het bodemrooster worden derhalve uitsluitend bepaald door de in het hydraulisch model aanwezige bodemgeometrie.

In het hydraulisch model zijn kniklijnen in het bodemprofiel aanwezig en is de bodemhelling tussen twee kniklijnen constant (zie fig. 2.1 t/m 2.3).

De optimale weergave van het bodemprofiel in het bodemrooster en een willekeurig ander rooster worden in deze situatie verkregen indien de kniklijnen in het bodemprofiel samenvallen met een bodemroosterlijn. Dit is echter niet mogelijk omdat de kniklijnen niet alle evenwijdig aan of loodrecht op elkaar zijn.

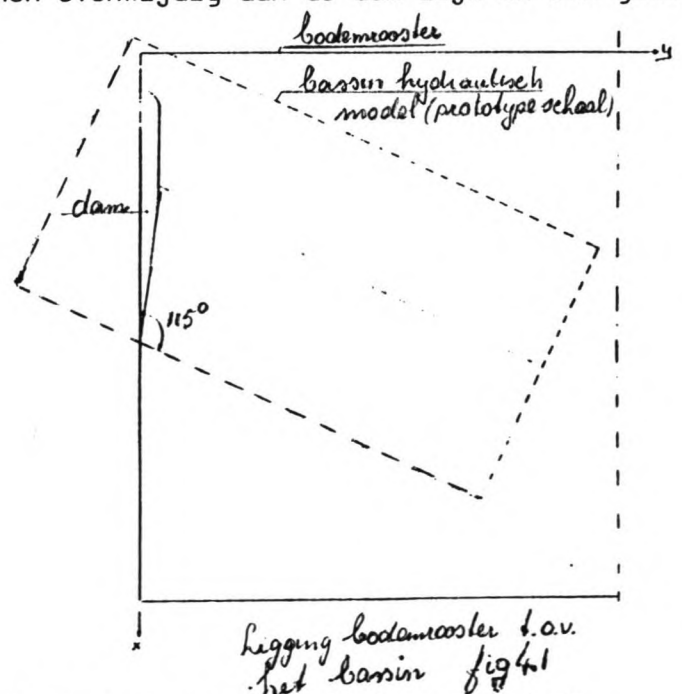
Aangezien nagenoeg alle kniklijnen evenwijdig aan de dam zijn en een goede weergave van het bodemprofiel

in de zone bij de dam van belang wordt geacht voor het onderzoek, is het bodemrooster evenwijdig aan de dam gekozen (zie fig. 4.1).

Opdat de roosterlijnen samenvallen met de kniklijnen evenwijdig aan de

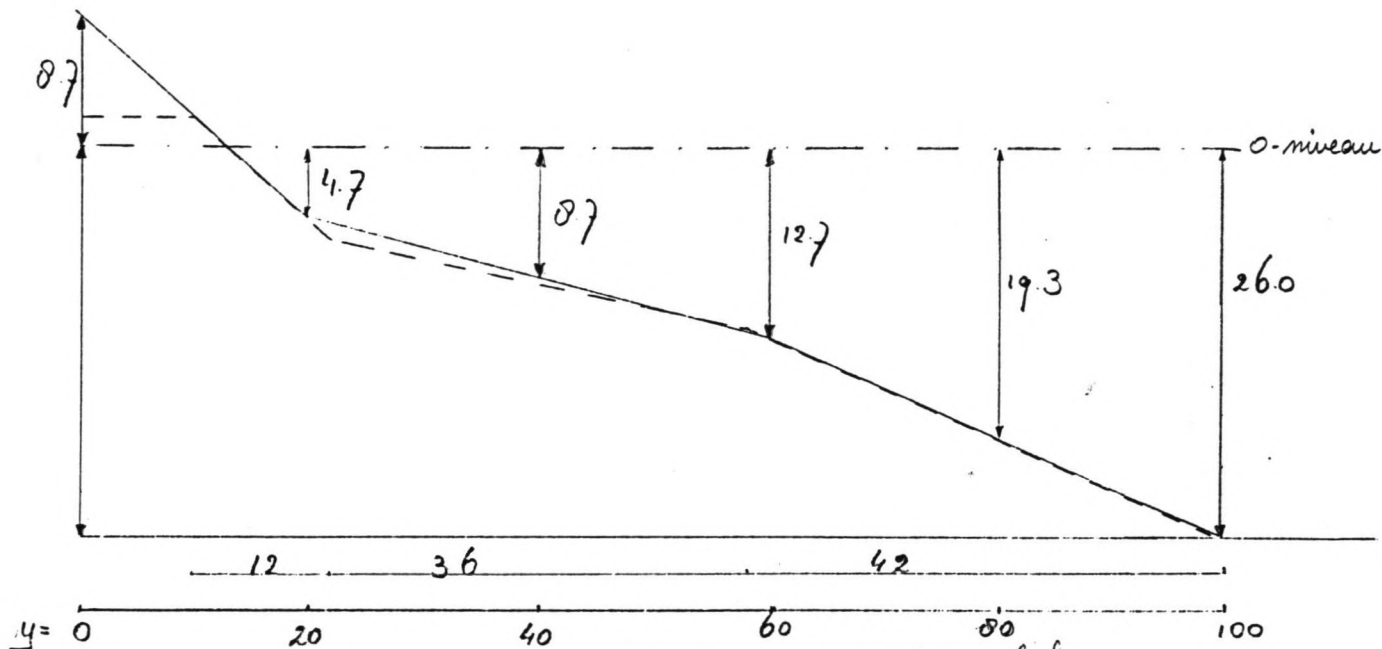
dam zou de maaswijdte dwars op de dam 2 m moeten zijn (zie fig.4.2).

Deze maaswijdte van 2 m dwars op de dam is echter dermate gering ten opzichte van de breedte van het HISWA-rekenrooster dat een berekening met deze maaswijdte niet mogelijk is.



Gekozen is dan ook voor een geschematiseerd dwarsprofiel van de dam in het numerieke model waarbij volstaan kan worden met een maaswijdte dwars op de dam van 20 m (zie fig. 4.2).

De maaswijdte van het rooster langs de dam is eveneens gelijk gekozen aan 20 m.



— Geschematiseerde damprofiel
 - - - Damprofiel in hydraulisch
 model op prototypeschaal
 maten in m
 Dwarsprofiel damconstructie
 fig 4.2

§4.3 HISWA-REKENROOSTER EN DUCHESS-ROOSTER

§4.3.1 Oriëntatie HISWA-rekenrooster en DUCHESS-rooster

Bij de bepaling van de oriëntatie van het HISWA-rekenrooster en het DUCHESS-rooster moet er rekening mee gehouden worden dat een oeverlijn die een hoek met de roosterlijnen maakt in het rooster tot een trapjeslijn wordt geschematiseerd, hetgeen een grote invloed op het te berekenen golf- en stromingsbeeld kan hebben.

Er van uitgaande dat voor het onderzoek een goede weergave van het golf- en stromingsbeeld in de zone bij de dam van belang is, is de optimale oriëntatie van de roosters met betrekking tot de weergave van de oeverlijnen in de roosters evenwijdig aan de dam.

De oriëntatie van het DUCHESS-rooster wordt met name bepaald door de weergave van de oeverlijnen in het rooster en is derhalve evenwijdig aan de dam gekozen.

Bij de bepaling van de oriëntatie van het HISWA-rekenrooster moet naast de weergave van de oeverlijnen in het rooster eveneens rekening worden gehouden met de richtingssector.

Op grond van de aanwezige bodemgeometrie is het aannemelijk dat de golfvalsrichting bij de dam min of meer loodrecht op de dam is.

Wordt uitgegaan van een HISWA-rekenrooster evenwijdig aan de dam dan zal, opdat geen golfenergie buiten de richtingssector valt, de richtingssector 180 ° of nog groter moeten zijn.

Uit de stabiliteitsvoorwaarde $DX/DY \leq P_n * \cotg(\theta)$ (formule 2.14) volgt echter dat dit niet mogelijk is. Ofwel, wordt het rekenrooster evenwijdig aan de dam gekozen dan zal altijd golfenergie buiten de richtingssector vallen.

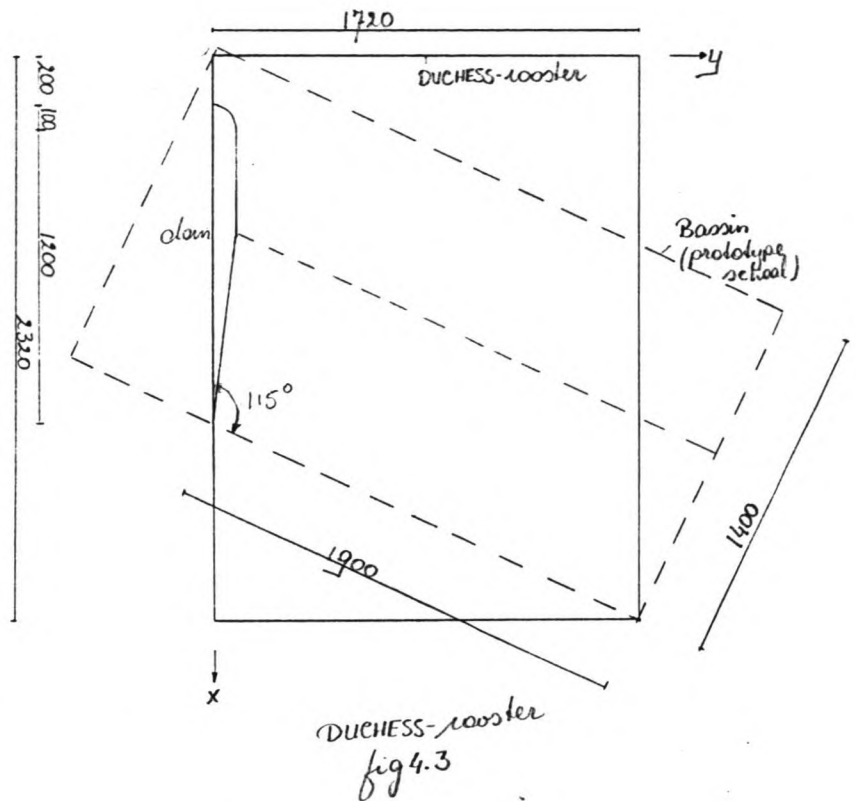
Wordt daarentegen uitgegaan van een rekenrooster dat een hoek met de dam maakt dan is het wel mogelijk de richtingssector zodanig te kiezen dat geen golfenergie buiten de richtingssector valt maar dan wordt de dam tot een trapjeslijn geschematiseerd.

Teneinde een indruk te krijgen van de invloed van de oriëntatie van het HISWA-rekenrooster op het te berekenen golfbeeld en de golfspanningsgradiënten is een HISWA-berekening uitgevoerd met het rekenrooster evenwijdig aan de dam en een berekening met het rooster onder een hoek met de dam.

Op grond van de resultaten van deze berekeningen (zie §5.2) is gekozen voor een rooster evenwijdig aan de dam.

§4.3.2 Keuze HISWA-rekenrooster en DUCHESS-rooster

De stromingen in het numerieke model moeten worden bepaald in een (DUCHESS)rooster, dat overeenkomt met het bassin in het hydraulisch model. Dit is echter niet te verwezenlijken omdat het rooster evenwijdig aan de dam moet zijn; het lijkt voldoende het rooster zodanig te nemen dat de dam en de kustlijn binnen het rooster vallen (zie fig. 4.3).



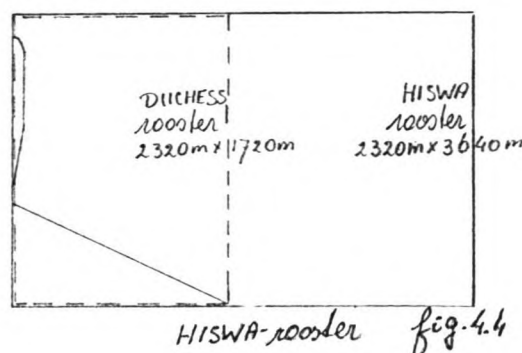
De laterale rand $y=0$ van het rooster valt samen met de rand $y=0$ van het bodemrooster zie fig 4.2 en derhalve voor $x \geq 300$ m samen met de kruin van de dam (zie fig. 4.2 en 4.3).

De golfspanningsgradiënten in de punten van het DUCHESS-rooster volgen uit het Δ in het HISWA-rekenrooster berekende golfbeeld. De afmetingen van het HISWA-rekenrooster worden zodanig gekozen dat de invloed van de randverstoringen op het golfbeeld niet in het interesse gebied (het DUCHESS-rooster) merkbaar is. Het HISWA-rekenrooster is evenwijdig aan de dam.

Aangezien ter plaatse van de dam geen invallend golfveld aanwezig is, is het rekenrooster zodanig gekozen dat een laterale rand van het rooster samenvalt met de kruin van de dam.

Langs de andere laterale randen van het HISWA-rekenrooster is het invallende golfveld niet bekend, waardoor het berekende golfbeeld in de zone langs deze randen onnauwkeurig is. Deze rand is dan ook op grote afstand van het DUCHESS-rooster gekozen.

Het rekenrooster dat aldus ontstaat (2320 m x 3640 m) is weergegeven in fig. 4.4.



De gewenste maaswijdte van het HISWA-rekenrooster dwars op de dam is zodanig dat de bodemkniklijnen samenvallen met roosterlijnen, ofwel $DY=20/n$ met $n=1, 2, 3..$ (zie fig.4.2).

Rekening houdende met het maximaal toelaatbare aantal rekenroosterpunten per berekening wordt bij $DY=20$ m de maaswijdte $DX=10$ m en de richtingssector 105° (± 43.000 rekenpunten). Bij het rooster evenwijdig aan de dam en een richtingssector van 105° zal echter veel golfenergie buiten de richtingssector vallen. De invloed van deze LEAK op de te berekenen golfspanningsgradiënten kan groot zijn; zo zal in de punten waar LEAK optreedt een extra golfspanningsgradiënt berekend, terwijl bij het vervolg van de berekening van het golfbeeld de totale golfenergie gereduceerd is.

Bij het onderzoek is dan ook gekozen voor een grotere richtingssector. Gevolg van deze grotere sector is echter wel dat de maaswijdte DY eveneens groter wordt omdat anders het aantal toelaatbare rekenpunten wordt overschreden.

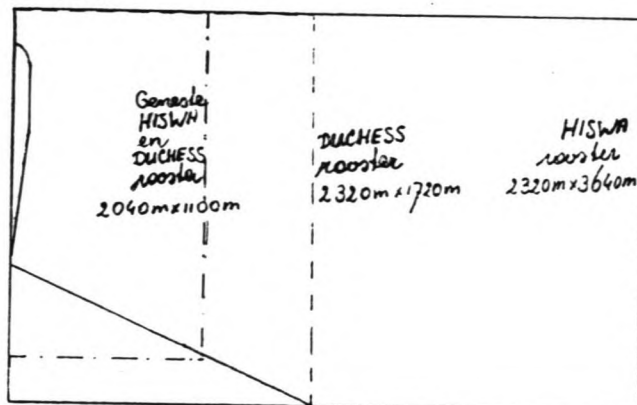
Gekozen is voor

Berekening G1 $DX = 5$ m, $DY = 40$ m (± 42.000 rekenpunten)
 richtingssector = 150°
 (rooster 2320 m x 3640 m).

Aangenomen is dat het met deze berekening bepaalde golfbeeld globaal correct is in het DUCHESS-rooster en dat slechts in detail in de zone bij de dam onnauwkeurigheden zullen optreden als gevolg van de grote maaswijdte dwars op de dam.

Opdat het golfbeeld en de golfspanningsgradiënten in deze zone eveneens voldoende nauwkeurig zijn om er een gedetailleerde stromingsberekening mee uit te voeren, wordt een geneste berekening uitgevoerd (zie fig. 4.5). De afmetingen van het geneste rooster zijn zodanig gekozen dat eventuele onnauwkeurigheden in de randvoorwaarden voor de geneste berekening geen significante invloed hebben op het te berekenen golfbeeld in het interesse gebied, in dit geval de zone bij de dam.

Berekening GN1
 rooster 2040 m x 1100 m.
 $DX = 2.5$ m, $DY = 20$ m
 (± 46.000 rekenpunten)
 richtingssector = 150°



Rooster overzicht
 fig 4.5

Bij de bepaling van de maaswijdten van het DUCHESS-rooster (totaal 2320 x 1720 m) wordt er van uitgegaan dat de maaswijdte dwars op de dam minimaal moet zijn omdat:

- de variatie in de golfspanningsgradiënten dwars op de dam sterk is in de zone bij de dam (zie bijlage III.1 t/m III.2)
- bij het hydraulisch onderzoek aanzienlijke snelheidsgradiënten loodrecht op de dam zijn waargenomen.

Rekening houdend met het oplossend vermogen van het HISWA-rekenrooster ($D_x = 5$ m, $D_y = 40$ m) en het maximale aantal DUCHESS-roosterpunten, is gekozen voor de maaswijdten $D_x = D_y = 40$ m.

Berekening S1 rooster 2320 m x 1720 m

$$D_x = D_y = 40 \text{ m} \quad (\pm 2600 \text{ rekenpunten})$$

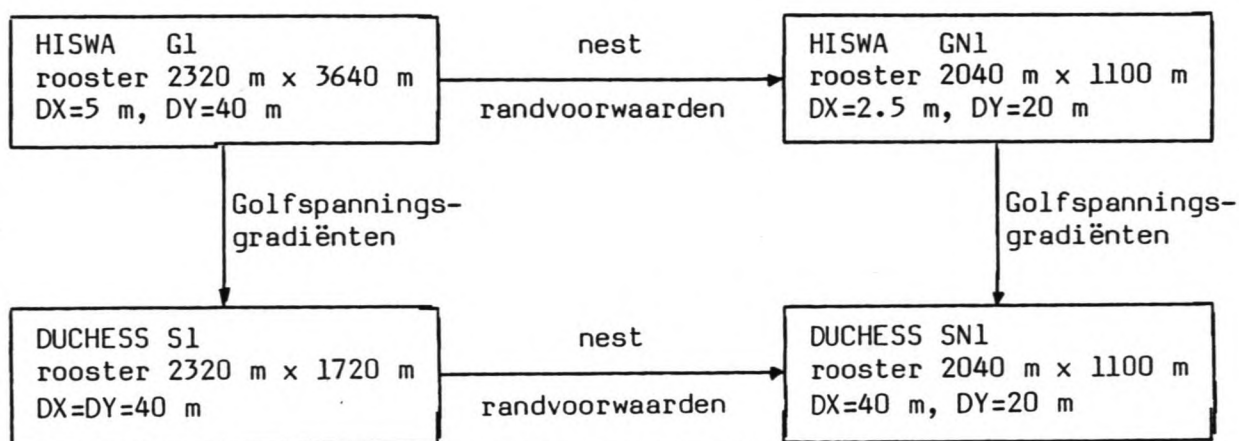
Het met berekening S1 bepaalde stromingsbeeld zal in de zone bij de dam onnauwkeurig zijn omdat de golfspanningsgradiënten in de roosterpunten zijn bepaald met HISWA-berekening G1 met een maaswijdte van 40 m dwars op de dam. Teneinde een betere indruk van het stromingsbeeld in deze zone bij de dam te krijgen is een geneste DUCHESS-berekening uitgevoerd, met maaswijdten $D_X=40$ m en $D_Y=20$ m.

De golfspanningsgradiënten in de roosterpunten van het geneste DUCHESS-rooster worden bepaald uit het in de geneste HISWA-berekening GN1 bepaalde golfbeeld. Opdat een eventuele onnauwkeurigheid in de randvoorwaarden voor de geneste berekening geen invloed heeft op het stromingsbeeld in de zone bij de dam is gekozen voor een genest DUCHESS-rooster met randen op voldoende grote afstand (zie fig. 4.5).

Berekening SN1 rooster 2040 m x 1100 m

$$D_X=40 \text{ m}, D_Y=20 \text{ m} \quad (\pm 2900 \text{ rekenpunten}).$$

De samenhang tussen de vier berekeningen is nogmaals weergegeven in fig. 4.6.



Uitgevoerde HISWA- en DUCHESS-berekeningen
fig. 4.6

§4.4 Overige invoergegevens HISWA

Met HISWA wordt het golfbeeld in een rechthoekig gebied bepaald als gevolg van een invallend golfveld. In ons geval zijn geen stromingen noch een windveld in het gebied aanwezig.

Naast het bodem- en rekenrooster moeten voor de HISWA-berekeningen de randvoorwaarden en de modelcoëfficiënten worden bepaald:

Randvoorwaarden:

- a. het invallend golfveld en het waterniveau
- b. richtings spreiding invallend golfveld en stapgrootte $D\theta$
- c. zijdelingse randvoorwaarden

Modelcoëfficiënten:

- d. brekingscriteria
- e. bodemwrijvingscoëfficiënten.

ad a. Het invallende golfveld en het waterniveau.

Bij het onderzoek is uitgegaan van een golfveld dat onder een hoek van 10° met de dam invalt en een golfhoogte en -periode van respectievelijk 4.5 m en 8 s (zie §2.1). De richtings spreiding van het invallende golfveld wordt bij punt b. bepaald.

De waterdiepte in het rekengebied is 26.2 m ter plaatse van de horizontale bodem.

ad b. Richtings spreiding invallend golfveld en stapgrootte $D\theta$

In HISWA wordt de richtingssector (hoek θ_0) opgesplitst in een aantal (MD) richtingsintervallen (hoek $D\theta = \theta_0/MD$) en wordt in ieder rekenroosterpunt voor iedere specifieke golfrichting de actiebalans opgesteld.

De stapgrootte in θ -richting, $D\theta$, is afhankelijk van de richtings spreiding van invallende golfveld. Als vuistregel wordt aangenomen dat voor een nauwkeurige bepaling van de richtings spreiding van het golfveld in het rekenrooster, het richtings spectrum van het invallende golfveld in 5 à 10 spectrale golfrichtingen onderverdeeld moet worden.

Aangezien het richtings spectrum van het invallende golfveld in het numerieke model smal zal zijn en de richtingssector in de numerieke berekening erg groot is ($\theta_0 = 150^\circ$, zie §4.3), zou dit leiden tot een extreem groot aantal spectrale golfrichtingen.

(Wordt bijvoorbeeld uitgegaan van een richtingsverspreiding van het invallende golfveld van 7° dan dient het oplossend vermogen van het richtingspectrum circa 1° te zijn en wordt derhalve het aantal spectrale golfrichtingen 150).

Opdat de kosten van de HISWA-berekening nog enigszins acceptabel zijn en de capaciteit van het interne HISWA-geheugen nog toereikend is, kan als gevolg van het grote aantal roosterpunten de richtingssector in slechts vijf intervallen worden opgesplitst ($MD = 5$). Als gevolg van de grote stap $D\theta$ komt een smal richtingspectrum van het invallende golfveld in het numerieke model niet tot zijn recht.

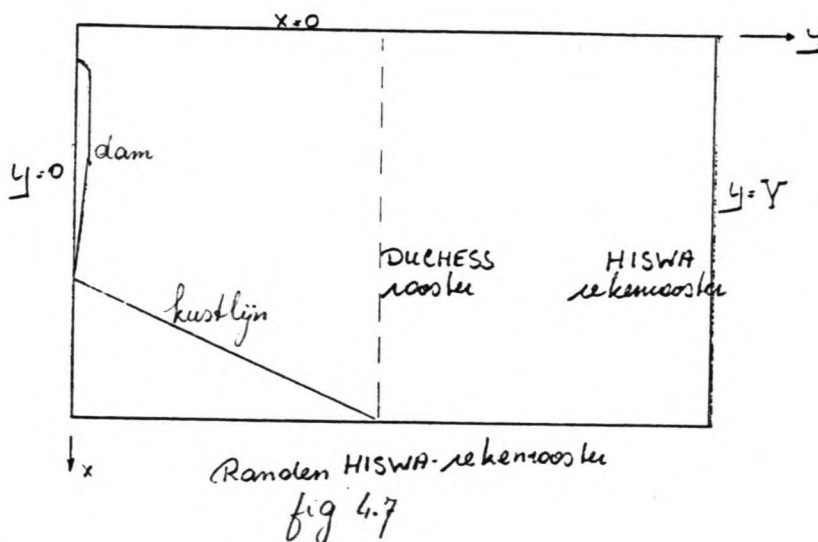
Gekozen is voor een richtingsverspreiding van het invallende golfveld van 25° waarbij de verdeling van de golfenergie over de golfrichtingen beschreven wordt met de functie $E(\theta) = \cos(\theta)^4$.

ad c. Zijdelingse randvoorwaarden voor de berekening.

Langs drie van de vier randen van het rekenrooster, te weten de beginrand $x = 0$ en de laterale randen $y = 0$ en $y = Y$ moet

het invallende golfveld worden gedefinieerd (zie fig. 4.7).

In het hydraulisch model wordt het golfveld opgewekt met het golfschot en zijn beide zijranden van het bassin min of meer ab-

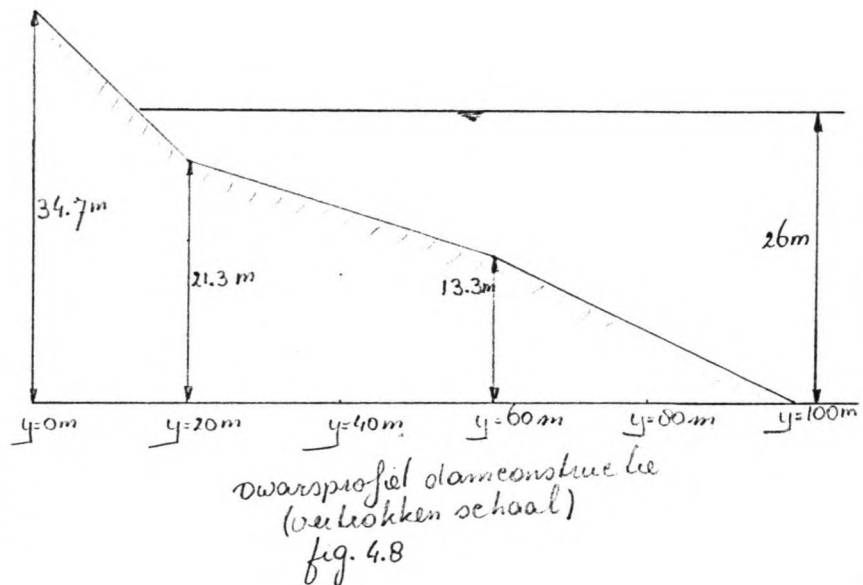


sorberend. Het invallende golfveld langs de rand $x = 0$ is reeds bij de punten a. en b. beschreven.

De rand $y = Y$ is in het numerieke model op een dermate grote afstand van het interessegebied, DUCHESS-rooster, gekozen dat de invloed van deze rand op het golfbeeld niet in het DUCHESS-rooster merkbaar is. Langs deze rand is dan ook geen invallend golfveld aanwezig.

In het hydraulische model is langs een raai evenwijdig aan het golfschot ter plaatse van de dam een beduidend hogere golfhoogte waargenomen dan op enige afstand van de dam. Het is aannemelijk dat deze hogere golfhoogte het gevolg is van de golfreflectie bij de damkop.

Opdat in het numerieke model de golfhoogte bij de (kop van de) dam eveneens hoger is dan op enige afstand van de dam, is de rekenroosterrand $y = 0$ golfreflecterend gekozen. Dit is mogelijk omdat in de punten van de rand $y = 0$ gelegen op de dam, het bodemniveau hoger is dan het waterniveau (zie fig. 4.8). Ter plaatse van de dam zijn derhalve geen golven aanwezig en zal dus geen golfreflectie optreden.



ad d. Brekingscriteria

In HISWA wordt de energiedissipatie tengevolge van brekende golven in de berekening meegenomen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen golven die breken als gevolg van:

d1) Een overschrijding van de maximale golfsteilheid.

De maximale golfhoogte die met betrekking tot de golfsteilheid nog kan optreden, wordt in het numerieke model beschreven door:

$$H_m = \gamma_i / k$$

waarin γ_i = brekerindex (-)

k = golfgetal (m^{-1})

De brekerindex γ_i wordt in het gehele rekengebied constant verondersteld.

Bij het onderhavige onderzoek is de brekerindex gelijk genomen aan de initiële waarde $\gamma_i = 1,2$. Dit is echter niet de juiste waarde. Deze waarde is namelijk afgeleid voor de situatie dat er een windveld in de berekening aanwezig is waarbij verondersteld wordt dat reeds een gedeelte van de golven bij de opwekking van de golven breekt.

Bij het onderzoek is echter geen windveld aanwezig en had γ_1 de waarde 0.88 moeten hebben.

d2) Overschrijding van de verhouding waterdiepte-golfhoogte.

In het numerieke model breken de golven indien de golven hoger worden dan:

$$H_m = \gamma_2 * d$$

met: d = waterdiepte (m)

γ_2 = brekerindex (-)

In HISWA wordt de brekerindex γ_2 in het gehele rekengebied constant verondersteld.

In de werkelijkheid zal de brekerindex in de zones langs de dam en langs de kust niet gelijk zijn.

In de zone langs de dam is de brekerindex als gevolg van het zeer steile en niet constante dwarsprofiel slechts zeer globaal te bepalen.

Langs de kust is de brekerindex γ_2 bij benadering gelijk aan:

$$\gamma_2 = (\xi)^{0.17} + 0.08 \quad (4.1)$$

met

$$\xi = m * (H_0/L_0)^{-0.5}$$

m = bodemhelling

H_0, L_0 = respectievelijk de golfhoogte en
golflengte op diep water

Bij de berekening is aangenomen dat γ_2 in het gehele rekengebied gelijk is aan γ_1 langs de kust. Met $m = 1/25$, $H_0 = 4.5$ m en $L_0 = 100$ m is de brekerindex γ_2 in het gehele rooster gelijk aan 0.8.

De waarde van de maximale golfhoogte is gelijk gesteld aan:

$$H_m = \gamma_1 k^{-1} \tanh(\gamma_2 k d / \gamma_1) \quad \text{-zie lit. 2-} \quad (4.2)$$

waarin: γ_1 = brekerindex - golfsteilheid

γ_2 = brekerindex - bodemeffecten

d = waterdiepten

k = golfgetal

De verdeling van de gedissipeerde golfenergie ten gevolg van brekende golven over de spectrale richtingen is in HISWA zodanig dat de vorm van het richtingsspectrum niet door de brekende golven wordt beïnvloed. Het effect van brekende golven op de gemiddelde golfrequentie wordt in HISWA geconcentreerd in lage frequentie-zijde van het spectrum (zie lit. 6).

ad e. De bodemwrijvingscoëfficiënten

De berekening van de energiedissipatie in HISWA is gebaseerd op de vergelijkingen:

$$D = \overline{\tau_b |\vec{u}_b|} \rightarrow \text{an just } \overline{\rho \tau_b \cdot \vec{u}_b} \quad (4.3)$$

Waarin: D = het tijdsgemiddelde vermogen dat in de grenslaag bij de bodem wordt gedissipeerd (W/m^2)

$\overline{\tau_b}$ = de bodemschuifspanning (N/m^2)

$\overline{u_b}$ = de snelheid bij de bodem (m/s)

en (4.4)

$$\overline{\tau_b} = c_f \rho \overline{u_b} |\overline{u_b}|$$

Waarin: c_f = dimensieloze wrijvingscoëfficiënt (-)

ρ = massadichtheid (kg/m^3)

(Voor de gedetailleerde uitwerking van de formules wordt verwezen naar lit. 6).

Bij de bepaling van de wrijvingscoëfficiënt wordt onderscheidt gemaakt tussen de wrijvingscoëfficiënt bij een golfbeweging, c_{fg} , en de coëfficiënt bij een stroming, c_{fs} .

In HISWA hebben de coëfficiënten c_{fg} en c_{fs} een constante waarde in het gehele rooster. Bij het onderzoek zijn de waarden gelijk gekozen aan de algemeen aangenomen gemiddelde waarden voor de coëfficiënten:

$$c_{fg} = 0.01 \text{ en } c_{fs} = 0.005.$$

$$c_f = \dots ?$$

§4.5 Invoergegevens DUCHESS-model

Met DUCHESS wordt het stromingsbeeld in een rechthoek bepaald.

De voor de berekening vereiste stromingsaandrijvende krachten en bodemdiepten in de roosterpunten van het DUCHESS-rooster worden met HISWA bepaald. Bij het in het onderhavige rapport beschreven onderzoek is geen windveld aanwezig en zijn vanwege de geringe afmetingen van het bassin waarin het hydraulisch onderzoek heeft plaatsgevonden de Coriolis krachten verwaarloosbaar.

De overige voor de DUCHESS-berekening noodzakelijke invoergegevens zijn:

- a. de bodemdiepten en de golfspanningsgradiënten
- b. de tijdstap DT
- c. de duur van de berekening
- d. de bodemwrijving
- e. de viscositeit
- f. de randvoorwaarden.

ad a. Bodemdiepte en golfspanningsgradiënten.

De bodemdiepten en de golfspanningsgradiënten in de DUCHESS-roosterpunten worden berekend met HISWA. De bodemdiepten via interpolaties uit het in het bodemrooster gedefinieerde bodemprofiel en de golfspanningsgradiënt uit het berekende golfbeeld. Daartoe wordt het HISWA-uitvoerrooster gelijk gekozen aan het DUCHESS-rooster en worden de gevraagde grootheden in de punten van het HISWA-uitvoerrooster berekend en opgeslagen.

ad b. Tijdstap DT.

De tijdstap DT waarmee in DUCHESS de berekeningen worden uitgevoerd volgt uit de voorwaarde dat het Courantgetal kleiner dan tien moet zijn (zie form. 2.19):

$$\sigma = \frac{c \cdot DT}{DX} < 10$$

Waarin de voortplantingssnelheid c gelijk is aan: $c = u \pm \sqrt{gD}$.

Bij de aanvang van de berekening wordt als gevolg van de plotseling aangrijpende krachten een golfbeweging in het model opgewekt.

Tijdens de berekening zullen deze initiële verstoringen uitdempen en zal uiteindelijk een stationaire stroming ontstaan (zie ook ad c.). Er zou overwogen kunnen worden bij de aanvang van de berekeningen een tijdstap te kiezen zodanig dat de initiële verstoringen goed gevolgd kunnen worden ($\sigma=1$) en de tijdstap in de loop van de berekening te vergroten (zodanig dat $\sigma = \pm 8$). Indien voor deze oplossing gekozen zou worden, is het aantal berekeningen in de aanvangsfase erg groot en worden de rekenkosten hoog. Opdat de kosten beperkt blijven is gekozen voor een constante tijdstap tijdens de gehele berekening die reeds bij de aanvang van de berekening aanzienlijk is. Uitgaande van een gemiddelde waterdiepte van circa 16 m en een maaswijdte $DX = 40$ m, moet de tijdstap DT kleiner zijn dan 30 s ($\sigma=10$). Gekozen is voor een tijdstap van 20 s.

ad c. Rekenduur

Aangezien de randvoorwaarden voor de DUCHESS-berekening en de stromingsaandrijvende krachten in de tijd constant zijn, zal het uiteindelijk met DUCHESS berekende stromingsbeeld in de tijd constant zijn. De berekening moet dan ook zolang worden uitgevoerd totdat het berekende stromingsbeeld stationair is.

Deze rekentijd is echter niet van te voren te bepalen maar moet uit de berekening blijken. Dit is bijvoorbeeld mogelijk door in een aantal punten de stroomsnelheden als functie van de tijd te bepalen.

ad d. De bodemwrijving

In DUCHESS is de bodemwrijvingscoëfficiënt f gerelateerd aan de Chezy-coëfficiënt.

$$f = g/C^2 \quad (4.5)$$

Waarin: f = bodemwrijvingscoëfficiënt (-)

g = versnelling van de zwaartekracht (m/s^2)

C = Chezy-coëfficiënt ($m^{0.5}/s$)

$= 18 \log(12d/k)$

d = waterdiepte (m)

k = bodemruwheid (m)

De coëfficiënt kan op een drietal manieren in DUCHESS worden weergegeven, te weten als:

- constante in het gehele rekengebied
- functie van de waterdiepte
- een constante in de afzonderlijke roosterpunten.

Aangezien in het hydraulisch model de ruwheid van het damtalud en de ruwheid van de bodem niet overeenkomen, zou in het numerieke model voor de laatste mogelijkheid gekozen moeten worden.

In eerste instantie is echter gekozen voor een constante bodemwrijvingscoëfficiënt in het gehele rooster. Aangezien bij het onderzoek een goede weergave van het stromingsbeeld in de ondiepe zones bij de dam en bij de kust van belang wordt geacht is de wrijvingscoëfficiënt zodanig gekozen dat deze in de ondiepe zones min of meer overeen zal komen met de waarde van de coëfficiënt in het hydraulisch model. Uitgaande van een gemiddelde bodemruwheid van $k=0.05$ m, $d=1$ m en $g=9.81$ m/s² wordt de wrijvingscoëfficiënt: $f=0.005$.

ad e. De horizontale viscositeit.

De horizontale viscositeit is een grootte die afhankelijk is van de turbulentie en die een afvlakking van het snelheidsprofiel veroorzaakt.

De turbulentie en derhalve de viscositeit zijn afhankelijk van de stroomsnelheid en de waterdiepte; Naarmate de snelheden en de waterdiepten groter worden kan de turbulentie zich beter ontwikkelen en wordt de viscositeit groter.

In de werkelijkheid zullen dan ook in een kustgebied de turbulentie en de viscositeit in de brekerzone groter zijn dan buiten de brekerzone.

De horizontale viscositeit wordt in DUCHESS beschreven met de formule:

$$E = C_0 + C_1Q + C_2Q^2 \quad (4.6)$$

waarin: E = horizontale viscositeit (m²/s)

C_0, C_1 en C_2 zijn te kiezen constanten

Q = stroomsnelheid * diepte (m²/s).

Influens golfbreking ?

Opdat de kosten/rekentijd nog enigszins acceptabel blijft, is bij de berekening gekozen voor een constante horizontale viscositeit in het gehele DUCHESS-rooster. Aangezien een goede weergave van de stromingen in de zones bij de dam en bij de kust van belang worden geacht bij het onderzoek en de turbulentie in deze zones intensief is, is gekozen voor een horizontale viscositeit van $4 \text{ m}^2/\text{s}$. Deze waarde is verkregen met de formule (zie lit. 8).

$$E = M \cdot q \cdot l \quad (4.7)$$

met

E = horizontale viscositeit (m^2/s)

M = dimensieloze coëfficiënt (-)

q = turbulentiesnelheid

$$= 0.8 * (5/32 * l/x_{pl} * g * H_0^2 * c_0 * \cos \theta_0)^{1/3}$$

x_{pl} = afstand tussen de kustlijn en de plungelijn (m)

g = versnelling van de zwaartekracht (m/s^2)

H_0 = golfhoogte op diep water

c_0 = fasesnelheid van de golf op diep water (m/s)

θ_0 = golfinvalshoek op diep water (-)

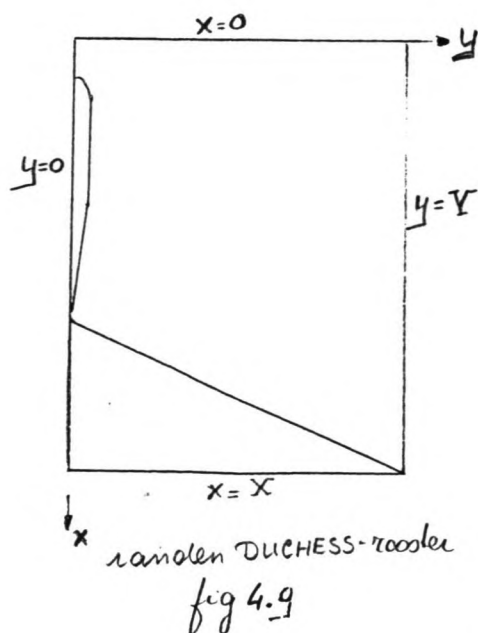
l = karakteristieke lengte van de turbulentie (m)

en is bepaald in de zone bij de kust. Aangenomen is dat de viscositeit in de zone bij de dam min of meer gelijk zal zijn aan deze waarde.

ad f. De randvoorwaarden.

Langs alle vier de randen van het DUCHESS-rooster moet een randvoorwaarde worden opgelegd.

Het DUCHESS-rooster is zodanig gekozen dat het min of meer overeenkomt met het bassin in het model.



Dit bassin in het hydraulisch model is een gesloten bak; Wordt er een stroming in het bassin opgewekt dan ontstaat er een circulatiestroming.

Om deze reden is dan ook gekozen voor gesloten randen van het DUCHESS-rooster.

De randvoorwaarden (zie fig.4.9):

$$y = 0 : Q_y = 0$$

$$y = Y : Q_y = 0$$

$$x = 0 : Q_x = 0$$

$x = X$: geen randvoorwaarden omdat deze rand bij de berekening droog is.

§5. BEREKENINGSRESULTATEN

§5.1 Algemeen

Het numerieke onderzoek is uitgevoerd met als doel een indruk te krijgen van de krachten die de neerstroming in de zone dam- kustlijn veroorzaken. Aangezien het stromingsbeeld in deze zone wordt beïnvloed door het stromingsbeeld in het totale bassin, zijn bij het numerieke onderzoek de stromingen bepaald in een (DUCHESS)rooster dat min of meer overeenkomt met het bassin in het hydraulisch model.

Voor de bepaling van het HISWA-rekenrooster zijn enkele golfberekeningen verricht met als doel een indruk te krijgen van de invloed van de oriëntatie van het rekenrooster op het te berekenen golfbeeld (zie §5.2).

Op grond van de resultaten van deze berekeningen is gekozen voor een HISWA-rekenrooster evenwijdig aan de dam.

De afmetingen van het HISWA-rooster volgen uit de voorwaarde dat de invloed van de randstoringen van het rooster niet binnen het DUCHESS-rooster merkbaar mag zijn.

De afmetingen van het resulterende DUCHESS- en HISWA-rooster zijn dermate groot dat, rekening houdend met het maximale aantal roosterpunten per berekening, het niet mogelijk is de berekening ineens met de gewenste nauwkeurigheid (maaswijdten) te verrichten. Teneinde toch de gewenste nauwkeurigheid te krijgen zijn naast de grove bepaling van het golf- en stromingsbeeld, een geneste HISWA- en DUCHESS-berekening uitgevoerd in een rooster langs de dam.

De samenhang tussen de vier uitgevoerde berekeningen is weergegeven in fig. 4.6.

De resultaten van de berekeningen worden in §5.3 en §5.4 gepresenteerd en voorzover mogelijk vergeleken met de waarnemingen in het hydraulisch model. Bij de presentatie wordt gebruik gemaakt van ^{het} de x-y assenstelsel en een hoek θ zoals weergegeven in het figuur op de laatste (uitvouw) bladzijde van het rapport (bijlage VII.1).

§5.2 Invloed HISWA-rekenrooster op het te berekenen golfbeeld

Bij de bepaling van de oriëntatie van het HISWA-rekenrooster moet met name rekening worden gehouden met de weergave van de oeverlijn langs de dam in het rooster en de richtingssector/de LEAK.

Het is niet mogelijk de oriëntatie van het rekenrooster zodanig te kiezen dat de oeverlijn langs de dam in het rooster door een rechte lijn wordt weergegeven zonder dat golfenergie buiten de richtingssector valt (zie §4.3.1). De oriëntatie van het rekenrooster zal derhalve altijd invloed hebben op het te berekenen golfbeeld.

Teneinde een indruk te krijgen van de invloed van de oriëntatie van het rekenrooster op het te berekenen golfbeeld en de golfspanningsgradiënten zijn drie HISWA-berekeningen uitgevoerd, twee met het rooster evenwijdig aan de dam en één met rooster onder een hoek van -30° met de dam en zijn in een aantal punten berekend:

- De golfspanningsgradiënten.

De golfspanningsgradiënten zijn ontbonden in een component in de x- en in de y-richting, respectievelijk FRX en FRY; deze richtingen komen overeen met de in figuur 5.1 aangegeven x- en y-richting.

- De LEAK en de dissipatie.

De LEAK is de hoeveelheid golfenergie die in een rekenstap buiten de richtingssector valt, en de dissipatie de hoeveelheid golfenergie die in een rekenstap gedissipeerd wordt.

Als gevolg van de LEAK in een roosterpunt ontstaan veranderingen in de golfspanningsgradiënten en is voor het vervolg van de berekening een gedeelte van de golfenergie verloren.

De invloed van de LEAK op het te berekenen golfbeeld en de golfspanningsgradiënten kan groot zijn en wel met name indien de LEAK in een roosterpunt van dezelfde orde grootte is als de dissipatie in het punt.

(In HISWA worden de golfspanningsgradiënten en de dissipatie/LEAK uitgedrukt in respectievelijk m^2/s^2 en m^2/s . Voor het verkrijgen van de werkelijke waarden van de golfspanningsgradiënten en de dissipatie/LEAK moeten de grootheden nog vermenigvuldigd worden met respectievelijk ρ en

g).

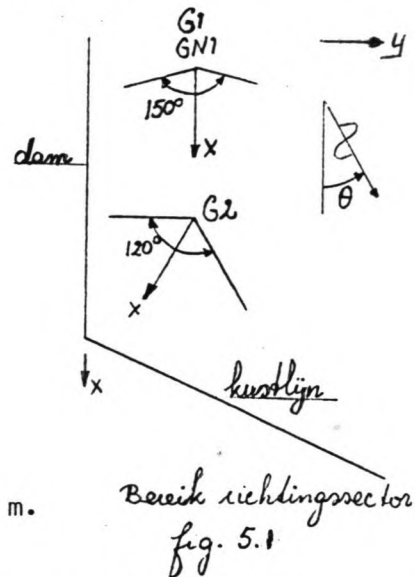
Bij de berekeningen met het rekenrooster evenwijdig aan de dam is opdat de LEAK beperkt blijft maar de verhouding van de maaswijdte DX tot DY niet al te klein wordt (zie vergelijking 2.14) gekozen voor een richtingssector van 150° (zie fig. 5.1).

Een berekening met het rekenrooster evenwijdig aan de dam is uitgevoerd met de maaswijdten $DX = 5 \text{ m}$ en $DY = 40 \text{ m}$. Aangezien bij deze berekening, aangeduid als berekening G1, het damprofiel niet nauwkeurig wordt weergegeven in het rooster (maaswijdte dwars op de dam, 40 m beduidend groter dan de afstand tussen de kniklijn, 20 m) is eveneens een geneste berekening met het rekenrooster evenwijdig aan de dam uitgevoerd maar met de maaswijdten $DX = 2.5 \text{ m}$ en $DY = 20 \text{ m}$ (berekening GN1).

Bij de berekening van het rekenrooster onder een hoek van -30° met de dam (berekening G2), is

de richtingssector zodanig gekozen dat de loodrecht op de dam invallende golven nog binnen de sector vallen ($\theta_0 = 120^\circ$, zie fig. 5.1).

De maaswijdten van het rooster bij deze berekening zijn $DX = 5 \text{ m}$ en $DY = 15 \text{ m}$.



De berekeningen zijn nogmaals in tabel 5.1 weergegeven.

Berekening	Hoek dam -x-as	Bereik richtings-sector	DX	DY
-	-	-	m	m
G1	0°	$-75^\circ \leq \theta \leq 75^\circ$	5	40
GN1	0°	$-75^\circ \leq \theta \leq 75^\circ$	2.5	20
G2	-30°	$-90^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$	5	15

tabel 5.1

De verschillen tussen de met berekeningen G1, GN1 en G2 berekende golfbeelden zullen met name in de zone bij de dam aanwezig zijn. Derhalve zijn de golfspanningsgradiënten, de LEAK en de dissipatie bepaald in de punten:

$$\begin{cases} x = N_x * 50 \text{ m met } N_x = 0, 1, 2, 3 \dots 32 \\ y = N_y * 20 \text{ m met } N_y = 0, 1, 2 \dots 10 \end{cases}$$

en is het verloop van deze grootheden langs de dam weergegeven in bijlage I.1 t/m I.9 en II.1 t/m II.7).

Uit de figuren blijkt onder meer dat:

- Bij berekening G2 het verloop van de golfspanningsgradiënten, de dissipatie en de LEAK in de zone langs de dam voor $y \leq 80$ m zeer grillig is. Dit grillige verloop is waarschijnlijk een gevolg van de tot trapjeslijn geschematiseerde oeverlijn in het rooster.
- De verschillen tussen de met berekening G1 en GN1 bepaalde golfspanningsgradiënten in de zone bij de dam voor $y \leq 80$ m groot zijn (bijlage I.1 t/m I.5); Zo zijn bijvoorbeeld FRY voor $y = 40$ m en FRX voor $x = 60$ m volgens beide berekeningen tegengesteld gericht (zie bijlage I.3 en I.4). Deze verschillen zullen met name een gevolg zijn van de ongelijke maaswijdte van de roosters dwars op de dam waardoor de weergave van het bodemprofiel in beide roosters ongelijk is en de waarden van de grootheden in de punten met een y -coördinaat: $y = 20$ m en $y = 60$ m bij berekening via interpolaties moeten worden berekend.
- Bij alle drie berekeningen langs de raaien evenwijdig aan de dam ter plaatse van de kustlijn en voor $y \leq 100$ m eveneens ter plaatse van de kop van de dam ($x \leq 300$ m) de golfspanningsgradiënten een extreme waarde hebben (zie bijlage I.1 t/m I.9).
De extreme golfspanningsgradiënten in de zone bij de kust en bij de kop van de dam zullen een gevolg zijn van de grote energiedissipatie in deze zones (zie bijlage II.1 t/m II.7) ten gevolge van brekende golven.
- Bij alle drie de berekeningen de golfspanningsgradiënten op grotere afstand van de dam ($y \geq 100$ m), met uitzondering van de zone bij de kust, gering zijn.
- De golfspanningsgradiënten in een punt berekend met de berekeningen G2 en GN1 niet gelijk zijn.
Dit verschil zal onder meer een gevolg zijn van het ongelijke bereik van de in de berekening G2 en GN1 meegenomen golfrichtingen (zie tabel 5.1), waardoor in afzonderlijke punten in de zone bij de dam de LEAK bij berekening G2 minder is dan bij berekening GN1 (zie ook bijlage II.1 t/m II.7).

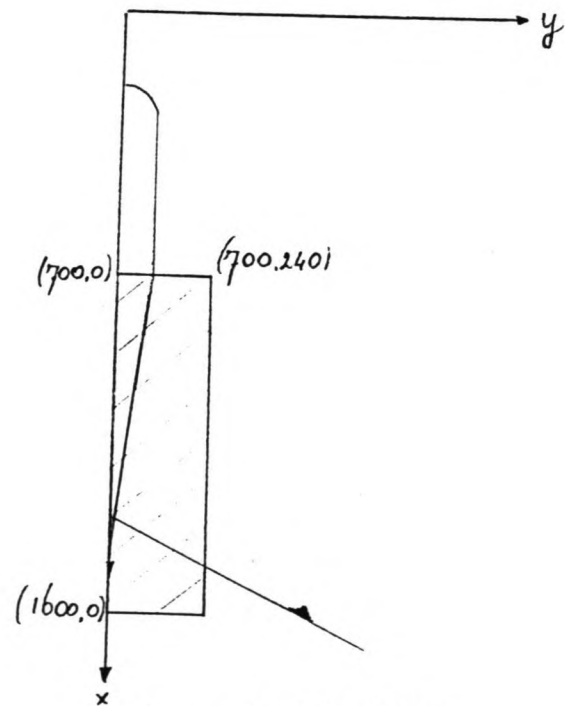
Duidelijk blijkt dat het verloop van de golfspanningsgradiënten in de ondiepe zone bij de dam wordt beïnvloed door de oriëntatie van het rekenrooster.

Als gevolg van de stromingstraagheid hebben geringe variaties in de golfspanningsgradiënten in de zone langs de dam geen grote invloed op het te berekenen stroombeeld. De variaties die bij berekening G2 in deze zone optreden zijn echter dermate groot dat deze het stromingsbeeld wel significant zullen beïnvloeden.

De invloed van de ruimtelijke variaties in de golfspanningsgradiënten op het stroombeeld wordt dermate groot geacht dat gekozen is voor een rekenrooster evenwijdig aan de dam ondanks dat bij deze oriëntatie de LEAK in de zone bij de dam aanzienlijk is.

Teneinde een indruk te krijgen van de invloed van de maaswijdten van het rekenrooster op het te berekenen golfbeeld en van de nauwkeurigheid van de met berekening GN1 berekende golfspanningsgradiënten zijn twee testberekeningen uitgevoerd.

Beide berekeningen zijn uitgevoerd in een rekenrooster met indentieke afmetingen en ligging (zie fig. 5.2), maar met verschillende maaswijdten. De maaswijdten zijn zodanig gekozen dat het bodemprofiel bij één berekening wel en bij de andere berekening niet overeenkomt met het bodemprofiel in het bodemrooster. De randvoorwaarden voor beide berekeningen zijn berekend met berekening GN1 (genest).



Berekening TE1 en TE2:

Rekenrooster evenwijdig aan de dam

Oorsprong rooster $(x, y) = (700, 0)$

Afmetingen rooster: 900 m x 240 m

Richtingssector: 150°

Maaswijdten: berekening TE1: $DX = 1$ m, $DY = 8$ m

berekening TE2: $DX = 1.5$ m, $DY = 10$ m.

Voor beide berekeningen zijn de golfspanningsgradiënten bepaald langs tien raaien evenwijdig aan de dam en vier raaien dwars op de dam:

$$\begin{cases} x = n_x * 50 \text{ m met } n_x = 14, 15, 16 \dots 32 \\ y = n_y * 20 \text{ m met } n_y = 1, 2, 3 \dots 10 \end{cases}$$

en

$$\begin{cases} x = 800 \text{ m, } 1000 \text{ m, } 1200 \text{ m en } 1400 \text{ m} \\ y = n_y * 10 \text{ m met } n_y = 1, 2, 3 \dots 20. \end{cases}$$

Uit de vergelijking van de met de berekening TE1 en TE2 bepaalde golfspanningsgradiënten (zie bijlage I.1 t/m I.9 en bijlage III.1 en III.2) blijkt onder andere dat de verschillen in de zone vlak bij de dam, $0 \leq y \leq 40$ m, groot en op enige afstand van de dam $y \geq 40$ m, minimaal zijn. Deze grote verschillen in de zone vlak bij de dam zijn waarschijnlijk het gevolg van de ongelijke weergave van het bodemprofiel in de beide roosters (zie tabel 5.2).

	Rooster berekening	y = 0 m	y = 20 m	y = 40 m	y = 60 m	y = 80 m	y = 100 m
x = 700 m	TE2, GN1	-8.5	4.9	8.9	12.9	19.5	26.2
	TE1	-8.5	4.2	8.9	13.1	19.5	25,7
x = 1200 m	TE2, GN1	-8.5	4.9	8.9	8.1	8.4	8.7
	TE1	-8.5	4.1	8.9	8.4	8.7	8.7

Waterdiepte (m)

tabel 5.2

Voor het onderzoek wordt het derhalve van belang geacht dat de maaswijdten van het HISWA-rekenrooster zodanig worden gekozen dat de kniklijnen in het bodemprofiel samenvallen met de rekenroosterlijnen.

De verschillen tussen het verloop van de golfspanningsgradiënten langs de dam bij de berekening GN1 en de berekening TE2 zijn met uitzondering van de zone vlak bij de dam ($0 \leq y \leq 40$ m) gering (zie bijlage I.1 t/m I.9 en III.1 en III.2).

Deze verschillen in de zone vlakbij de dam zijn waarschijnlijk het gevolg van de kleinere maaswijdten dwars op de dam bij berekening TE2 (10 m) dan bij berekening GN1 (20 m).

De invloed van deze kleinere maaswijdte bij berekening TE2 op het te berekenen golfbeeld zal met name in de zone bij de dam merkbaar zijn omdat in deze zone de veranderingen in het golfbeeld sterk zullen zijn.

Aangezien de verschillen tussen de met berekening GN1 en berekening TE2 bepaalde golfspanningsgradiënten slechts in een smalle zone langs de dam optreden wordt aangenomen dat de met berekening GN1 berekende golfspanningsgradiënten voldoende nauwkeurig zijn om er de stromingsberekeningen mee uit te voeren.

§5.3 HET GOLFBEELD

Met de HISWA-berekening G1, uitgevoerd in een rooster van 2320 m x 3640 m met maaswijdten $DX = 5$ m en $DY = 40$ m (zie bijlage IV.1 en IV.2) is het globale golfbeeld bepaald (zie bijlage IV.5 en IV.6).

Vervolgens zijn uit deze berekening de randvoorwaarden voor de geneste berekening GN1, rooster 2040 m x 1100 m met maaswijdten $DX = 2.5$ m en $DY = 20$ m bepaald. De met deze geneste berekening (zie bijlage IV.3 en IV.4) berekende golfhoogten (en golfspanningsgradiënten) in de zone bij de dam zijn weergegeven in bijlage IV.7 t/m IV.10 (en bijlage I.1 t/m I.9).

De situatie in het numerieke model is een reproductie van de situatie in het hydraulische model, waarbij de golven onder een hoek van 10° met de dam invallen, $H_0 = 4.5$ cm en $h_0 = 26.2$ cm, aangeduid als proef P1. Aangezien in het numerieke model geen en bij proef P1 wel golfoverslag over de dam optreedt, zullen het in het numerieke model en bijproef P1 bepaalde golfbeeld in de zone bij de dam niet overeenkomen.

Bij het hydraulisch onderzoek is naast proef P1 nog een proef met een gelijke golfinvalsrichting uitgevoerd maar met een lager waterniveau en een lagere golfhoogte, respectievelijk 22.6 cm en 4.1 cm.

Bij deze proef, aangeduid als proef P2, is wel de neerstroming in de zone dam-kustlijn waargenomen maar treedt geen golfoverslag over de dam op. Worden de bij de geneste HISWA-berekening GN1 berekende golfhoogten in de zone bij de dam vergeleken met de proeven P1 en P2 gemeten golfhoogten (zie bijlage IV.7 t/m IV.10) dan blijkt onder meer dat:

- De variatie in de golfhoogte dwars op de dam in het hydraulisch model groter is dan in het numerieke model (zie bijlage IV.8 en IV.9) en met name in de zone bij de kust ($x = 800$ m, $x = 1000$ m).
- De variatie in de golfhoogte langs de raaien met $y = 60$ m, $y = 80$ m en $y = 100$ m in het numerieke model minder is dan in het hydraulisch model (zie bijlage IV.7).
- Langs de raaien met $y = 160$ m en $y = 200$ m, de golfhoogte in het hydraulisch model toeneemt in het traject van $x = 300$ m naar $x = 1000$ m terwijl deze in het numerieke model afneemt van $x = 300$ naar $x = 1000$ m (zie bijlage IV.8).

Duidelijk is dat de verschillen tussen het golfbeeld in de zone bij de dam in het numerieke en hydraulische model aanzienlijk zijn.

Enige verschillen tussen de golfbeelden in de zone bij de dam in het numerieke en het hydraulische model waren te verwachten, als gevolg van bijvoorbeeld de schematisering van enkele grootheden in het numerieke model.

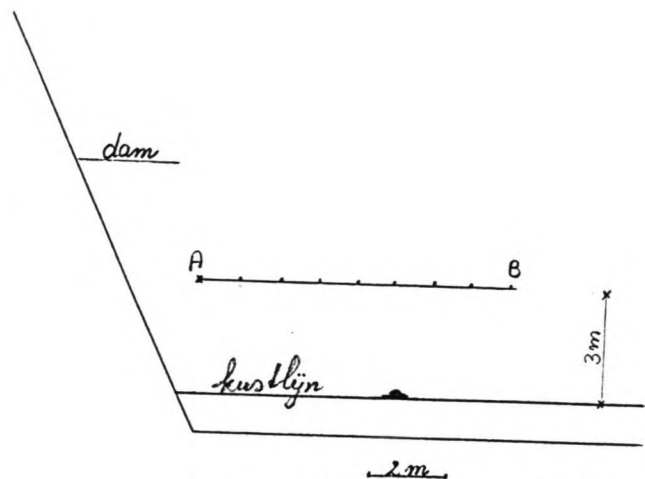
Deze verschillen zijn echter dermate groot dat het zeer waarschijnlijk is dat de processen die bij de dam in het hydraulisch model optreden niet goed worden weergegeven in het numerieke model.

Verwacht wordt dat de belangrijkste oorzaak van de verschillen de verwaarlozing van de golfreflectie tegen de dam in het numerieke model is.

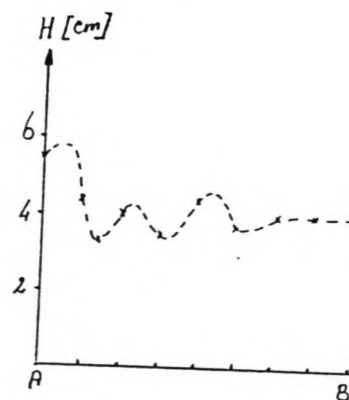
Mede op grond van het gemeten golfhoogteverloop langs de kustlijn in het hydraulisch model (zie fig. 5.3),

is het zeer aannemelijk dat in het hydraulisch model bij de dam wel golfreflectie optreedt.

Als gevolg van de toename van de golfhoogte langs de kust in de zone bij de dam in het hydraulisch model zal de set-up in deze zone hoger zijn waardoor aanzienlijke stromingsaandrijvende krachten kunnen ontstaan. Het lijkt derhalve van groot belang dat de golfreflectie tegen de dam ook in het numeriek model wordt meegenomen.



ligging lynstuk AB in het bassin



Golfhoogteverloop langs AB

fig 5.3

Van invloed op de verschillen tussen het golf- en stroombeeld in het numerieke en het hydraulisch model zullen eveneens zijn:

- . De LEAK

In het numerieke model treedt de LEAK op in een smalle zone bij de dam ($y \leq 100$ m, zie bijlage I.1 t/m I.9).

Als gevolg van de LEAK nemen de energiedichtheid en derhalve de golfhoogten af. Tevens ontstaan als gevolg van de LEAK veranderingen in de golfspanningsgradiënten.

- . De breedte van het richtingspectrum van het invallende golfveld

In het numerieke model is het richtingspectrum van het invallende golfveld breder dan in het hydraulisch model. Het is aannemelijk dat hierdoor in het numerieke model een afvlakking van het golfhoogteverloop en het verloop van de golfspanningsgradiënten zal optreden omdat de golfenergie niet zo zeer in één richting is geconcentreerd maar over een breder spectrum wordt verdeeld (zie lit. 1).

- . De verwaarlozing van de stromingsrefractie en dissipatie

- . De verschillen in de bodemruwheid

etc.

De invloed van de verschillende factoren op het golf- en/of stromingsbeeld kan met behulp van een gevoeligheidsonderzoek worden bepaald. Dit onderzoek is echter niet uitgevoerd omdat verwacht wordt dat de belangrijkste oorzaak van de verschillen het gevolg is van de verwaarlozing van de golfreflectie tegen de dam en omdat de aan een gevoeligheidsonderzoek verbonden kosten erg hoog zijn.

§ 5.4 HET STROMINGSBEELD

Met de originele DUCHESS-berekening S1 wordt het globale stromingsbeeld bepaald in een rooster dat min of meer overeenkomt met het bassin in het hydraulisch model; rooster 2320 m x 1720 m, DX = 40 m, DY = 40 m (zie fig. 4.5).

Vervolgens wordt met de geneste DUCHESS-berekening SN1 in een rooster van 2040 m x 1100 m met DX = 40 m en DY = 20 m (zie fig. 4.5) een nauwkeuriger beeld van de stromingen in de zone langs de dam bepaald.

Aangezien de met het HISWA-model berekende stromingsaandrijvende krachten en de randvoorwaarden constant zijn in de tijd, zal het uiteindelijke stromingsbeeld stationair moeten zijn. Teneinde vast te stellen of de stationaire stromingstoestand in het DUCHESS-model is bereikt, worden in een aantal punten binnen het rooster de stromingsgrootheden QX en QY (de x- en de y-component van de snelheid * waterdiepte) en de waterdiepte als functie van de tijd bepaald. Is het stromingsbeeld na de verwachte rekentijd (eindtijdstip - begintijdstip) nog niet stationair dan kan één maal gebruik worden gemaakt van de mogelijkheid de berekening te herstarten op het aanvankelijke eindtijdstip (van deze mogelijkheid is zowel bij de berekening S1 als bij de berekening SN1 gebruik gemaakt).

*and in the als gelyke
in a venen*

Met berekening S1 (zie bijlage V.1 en V.2) is het globale stromingsbeeld bepaald (zie bijlage V.5 en V.6) en is tevens in elf controlepunten (zie bijlage V.7) de stroomsnelheid als functie van de tijd bepaald (zie bijlage V.11 t/m V.14). Uit het verloop van de stroomsnelheid als functie van de tijd in de controlepunten blijkt dat de stationaire stromingstoestand bij benadering is bereikt op het tijdstip $T = 6000$ s.

De situatie op dit tijdstip wordt voldoende nauwkeurig geacht voor de bepaling van de randvoorwaarden voor de geneste berekening.

Alvorens de geneste stromingsberekening uitgevoerd kan worden zijn een tweetal correcties van de nestrandvoorwaarden noodzakelijk. Deze correcties zijn een gevolg van de aannamen die worden gedaan bij de bepaling van de nestrandvoorwaarden, te weten:

- Bij de bepaling van de randvoorwaarden (QX, QY en H) uit berekening S1 wordt in de (rand)punten waar geen water aanwezig is (de randen langs de dam en langs de kust) het waterniveau gelijk gesteld aan het bodemniveau. Dit leidt echter tot incorrecte waterniveaus in de drooggevallen punten.

De waterniveaus in deze punten zijn derhalve gecorrigeerd ($H = 0$).

- Bij het nesten wordt verondersteld dat de randen van het geneste rooster zwak reflecterend (ofwel golfdoorlatend) zijn. In de onderhavige situatie is het geneste rooster zodanig gekozen dat de randen $x = 0$ en $y = 0$ samenvallen met een golfdoorlatende rand. De aanname dat beide randen zwak reflecterend zijn is derhalve naderhand gecorrigeerd.

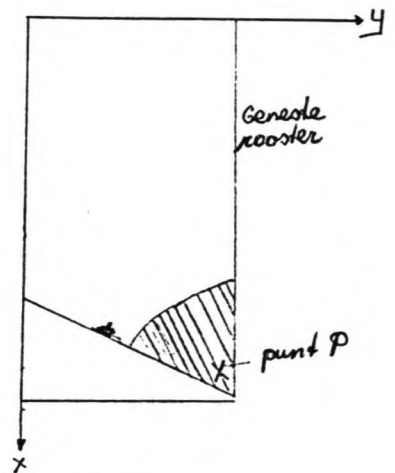
Wordt vervolgens de geneste stromingsberekening SN1 in het rooster met afmetingen 2040 m x 1100 m met maaswijdten $DX = 40$ m en $DY = 20$ m gestart, dan ontstaan na enige rekenstappen in de zone langs de kustlijn extreem grote stroomsnelheden en waterdiepten (zie fig. 5.4 en tabel 5.3) als gevolg van instabiliteit.

T(s)	6000	6020	6040	6060	6080	6100
H(m)	0	0.23	-0.25	-1.81	-12.50	-42
$Q_x(m^2/s)$	0	0.63	-0.38	0	0	0
$Q_y(m^2/s)$	0	-0.90	0.32	9.89	19.51	41.69

$P(x,y) = (1840,1040)$

Verloop H, Q_x en Q_y in de tijd in punt P

tabel 5.3



Instabiele zone
fig 5.4

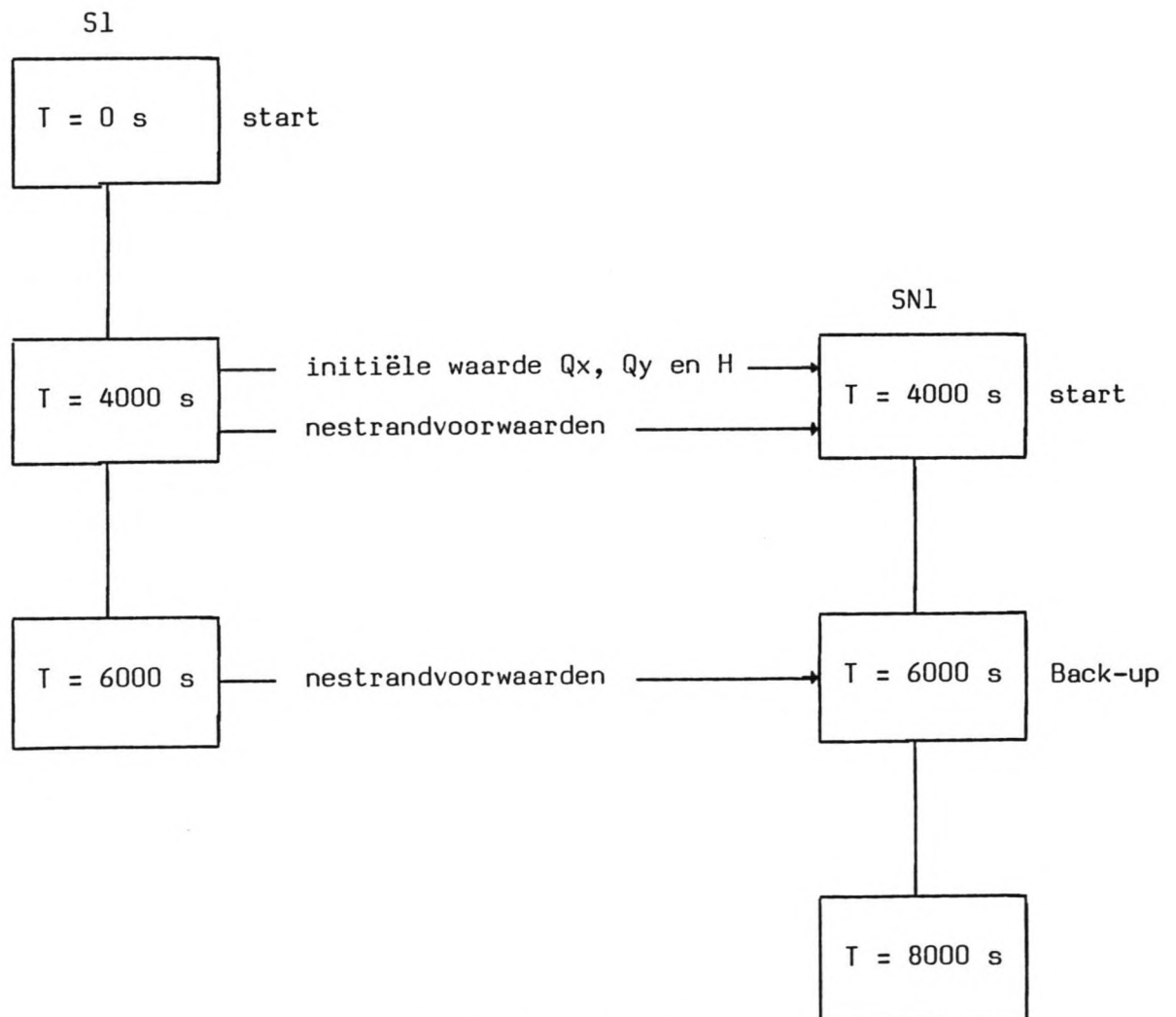
Dit probleem kan waarschijnlijk op verschillende manieren ondervangen worden zoals bijvoorbeeld een kleinere tijdstap DT bij de aanvang van de berekening, tijdelijke verhoging van de viscositeit of bijvoorbeeld door het opleggen van betere initiële stromingen en waterniveaus in de roosterpunten binnen het DUCHESS-rooster.

Gekozen is voor deze laatste mogelijkheid, waarbij de initiële waarden van de stromingen en waterniveaus zijn bepaald uit de waarden van deze grootheden in de originele berekening S1 op het tijdstip $t = 4000$ s. (De grootheden waren beschikbaar uit de op dit tijdstip gemaakte back-up.)

In de punten van het geneste rooster die niet samenvallen met roosterpunten in het originele DUCHESS-rooster (de punten met y -coördinaten: $y = 20 + N_y * 40$ m met $N_y = 1, 2, 3 \dots 37$) zijn de waarden van de grootheden via een lineaire interpolatie van de grootheid in de naastgelegen roosterpunten bepaald. In de drooggevallen punten van het geneste rooster zijn de waterniveaus net als bij de nestrandvoorwaarden gelijk aan 0 gemaakt.

Opdat de randvoorwaarden en de initiële waarden van Q_X , Q_Y en H bij de geneste berekening op elkaar aansluiten, zijn ook de randvoorwaarden voor de geneste berekening op het tijdstip $T = 4000$ s bepaald.

Het stromingsbeeld in de originele berekening op $T = 4000$ s is echter nog niet stationair (zie bijlage V.11 t/m V.14). Om deze reden is de geneste berekening van $T = 4000$ s tot $T = 6000$ s uitgevoerd met de randvoorwaarden en initiële waarden bepaald op $T = 4000$ s in de originele berekening en is vanaf $T = 6000$ verder gerekend met de op dit tijdstip in berekening S1 bepaalde randvoorwaarden die wel behoren bij een nagenoeg stationaire stromingstoestand. Het totale rekenschema voor de DUCHESS-berekening is weergegeven in fig. 5.5.



Rekenschema DUCHESS

fig. 5.5

De geneste berekening SN1 is uitgevoerd vanaf $T = 4000$ s tot $T = 8000$ s (zie bijlage V.3 en V.4). Het stromingsbeeld en de waterniveaus op $T = 8000$ s zijn weergegeven in bijlage V.8 t/m V.10.

Eveneens zijn tijdens de geneste berekeningen de stromingen en waterniveaus als functie van de tijd in de controlepunten bepaald (zie bijlage V.11 t/m V.14).

Uit het verloop van de stroomsnelheden als functie van de tijd in de controlepunten blijkt onder meer dat:

- In de zone bij de dam de stroomsnelheden bepaald met berekening S1 en SN1 aanzienlijk verschillen (sprong op $T = 4000$ s) terwijl op grotere afstand van de dam de verschillen gering zijn.

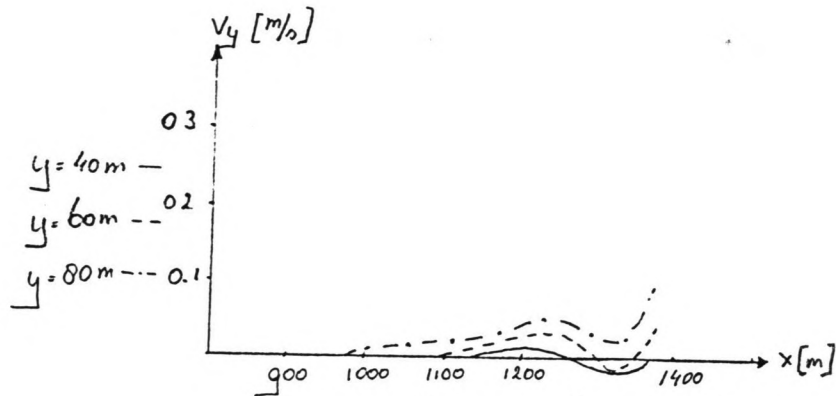
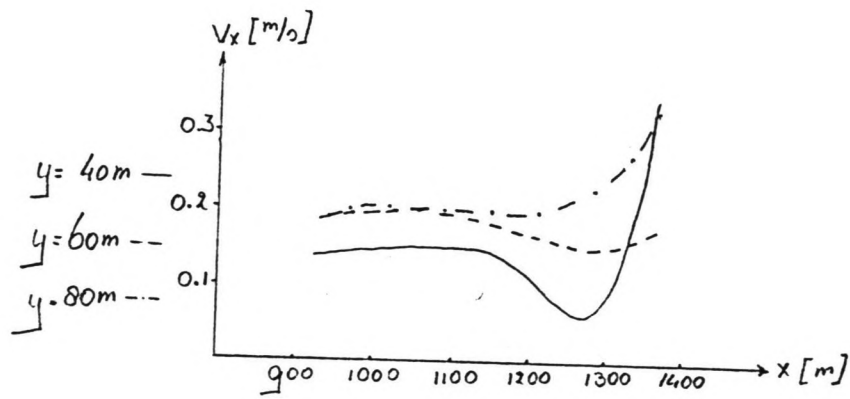
Deze grote verschillen tussen de stroomsnelheden in de zone bij de dam bij berekening S1 en SN1 worden veroorzaakt door de grote verschillen tussen de ingevoerde golfspanningsgradiënten (de gradiënten bij S1 en SN1 zijn berekend met respectievelijk G1 en GN1 - zie ook fig. 4.6).

- Het stromingsbeeld bepaald met de geneste berekening op het tijdstip $T = 8000$ s nog niet stationair is maar dat deze toestand wel benaderd wordt.

De neerstroming die bij het hydraulisch onderzoek bij de onder een hoek van 10° met de dam invallende golven in de zone dam- kustlijn is waargenomen (zie bijlage VI.1 en VI.2), treedt in het numeriek model niet op bij berekening S1 (zie bijlage V.5) noch bij de geneste berekening SN1 (zie bijlage V.8 en V.9).

Bij een nadere bestudering van het met berekening SN1 verkregen stromingsbeeld in de zone dam- kustlijn (zie bijlage V.9), waar de stromingen in ieder roosterpunt zijn weergegeven blijkt dat (zie fig. 5.6):

- De stromingen in de zone bij de dam nagenoeg evenwijdig aan de dam zijn (stroomsnelheid dwars op de dam zeer gering).
- De stromingscomponent langs de dam in alle punten naar de kust toe is gericht ($v_x > 0$).
- In een zeer gering aantal roosterpunten (3) een minimale naar de dam toe gerichte snelheidscomponent aanwezig is ($v_y < 0$).



stroomsnelheden langs raaien
evenwijdig aan de dam
fig 5.6

Aangezien het stromingsbeeld in het interessegebied, de zone dam- kustlijn, van het hydraulisch model en het numerieke model aanzienlijk verschilt (wel/niet optreden neerstrooming) is geen nadere vergelijking gemaakt tussen de in beide modellen aanwezige stromingsbeelden.

De meest aannemelijke verklaring dat de neerstrooming in het numerieke model niet optreedt is waarschijnlijk dat de stromingsaandrijvende krachten onvolledige nauwkeurig zijn.

§6. CONCLUSIES

Bij een experimenteel onderzoek naar de golfgedreven stromingen bij een rechte dam is bij bepaalde golfinvalsrichtingen een neerstroming aan de door de golven aangevallen zijde van de dam waargenomen.

Teneinde een indruk te krijgen van de oorzaak van deze neerstroming is het numerieke onderzoek uitgevoerd. Daarbij is gebruik gemaakt van de modellen HISWA en DUCHESS.

Bij het numerieke onderzoek zijn de golfreflectie tegen de dam, de golfoverslag over de dam en de invloed van de stromingen op het golfbeeld verwaarloosd en zijn onder meer brekerindex, de bodemruwheid en de horizontale viscositeit in het rekengebied constant verondersteld.

In het numerieke model treedt de neerstroming echter niet op.

De indruk is verkregen dat dit met name het gevolg is van de grote verschillen tussen de golfbeelden (en derhalve de golfspanningsgradiënten) in de zone bij de dam in het numerieke en het hydraulisch model. Een belangrijke oorzaak daarvan is zeer waarschijnlijk de verwaarlozing van de golfreflectie tegen de dam in het numerieke model.

Hierbij moet echter wel bedacht worden dat het niet zeker is dat de neerstroming met een combinatie van HISWA en DUCHESS verkregen kan worden. Er zullen altijd verschillen tussen de golf- en stromingsbeelden in het hydraulisch en numerieke model optreden omdat:

- . De numerieke modellen rekenen met over de verticaal geïntegreerde grootheden (2DH-modellen), terwijl de neerstroming een drie-dimensionaal karakter heeft.
- . In de zone bij de dam aanzienlijke veranderingen in het golfbeeld optreden binnen een zeer klein gebied ten opzichte van de golflengte.
Het is twijfelachtig of de processen in HISWA de veranderingen in zo'n klein gebied wel voldoende nauwkeurig beschrijven.

Wordt het onderzoek desondanks voortgezet inclusief de golfreflectie tegen de dam dan is het de vraag of HISWA daartoe het meest geschikte model is, omdat:

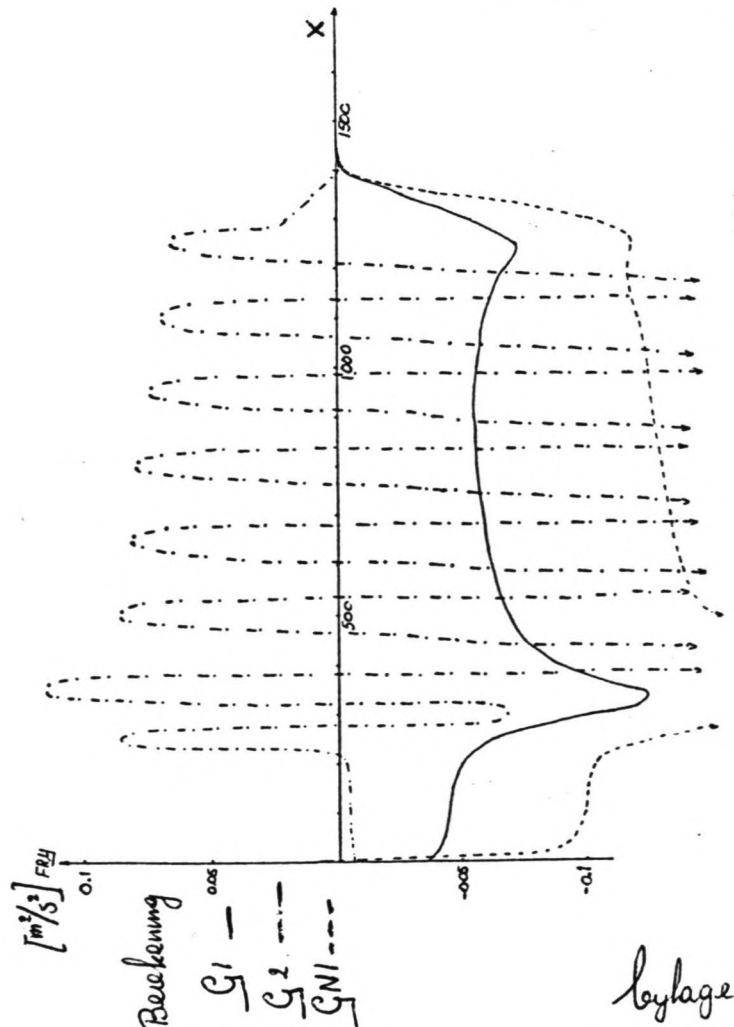
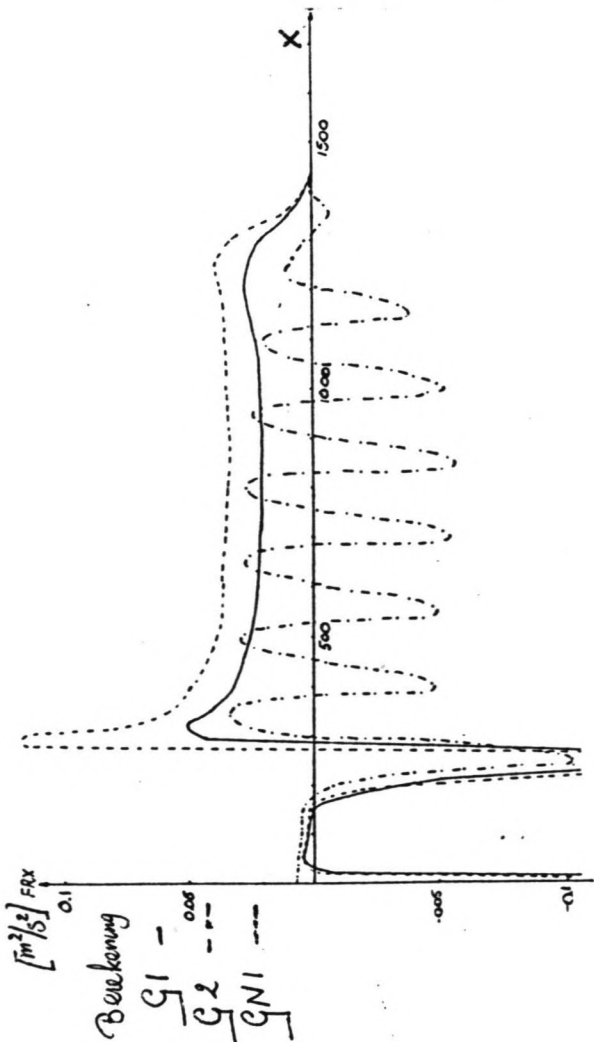
- . In HISWA door de richtingsverspreiding van het golfveld een afvlakking van het golfhoogteverloop en de golfspanningsgradiënten zal optreden.
- . De HISWA-berekening onafhankelijk van de fase van de golven is (random phase-model) en derhalve de golfinterferentie niet in HISWA wordt waargenomen.
- . Bij het in de berekening meenemen van de golfreflectie het rooster evenwijdig aan de dam moet zijn en derhalve altijd LEAK zal optreden in de zone bij de dam.

Bij een voortzetting van het onderzoek zou derhalve overwogen kunnen worden een geschikter golfvoorspellingsmodel te nemen.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

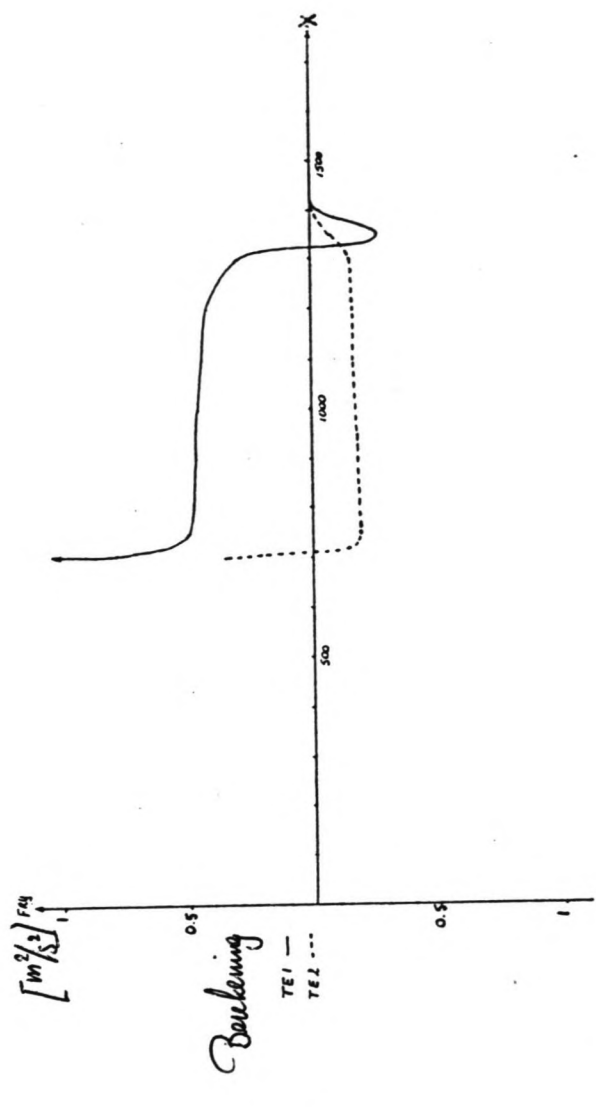
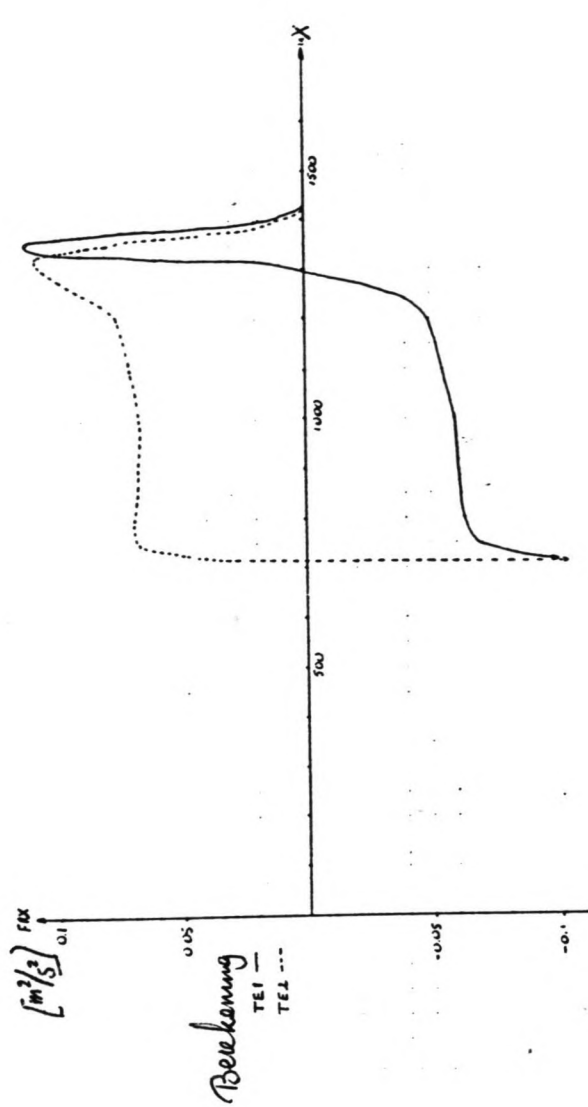
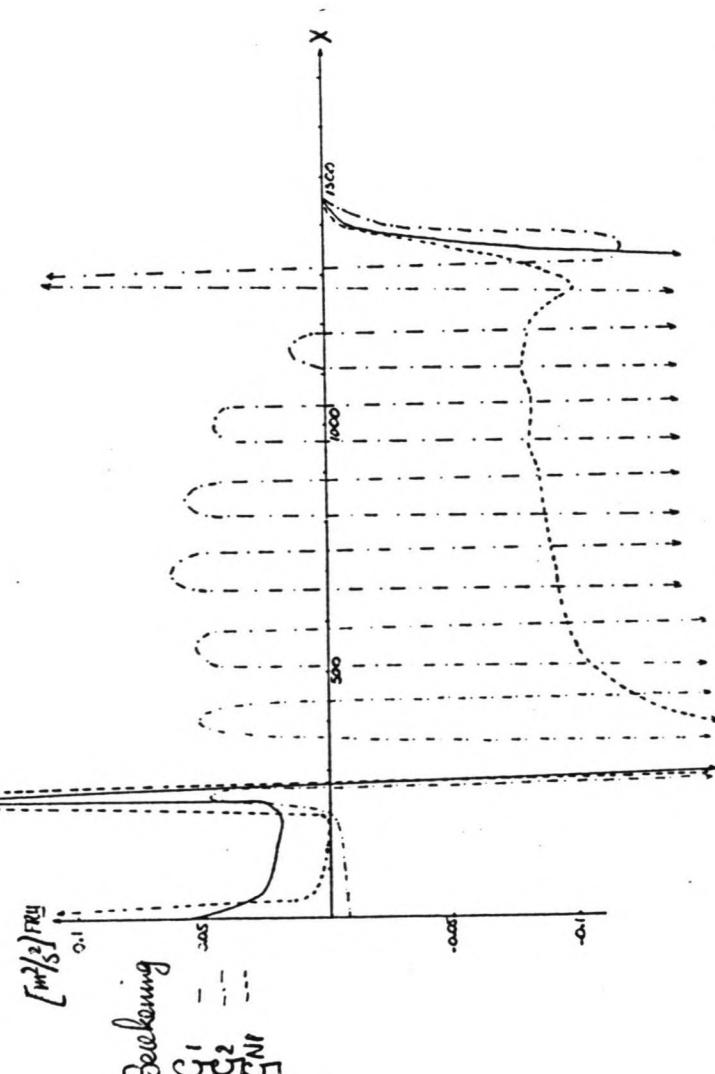
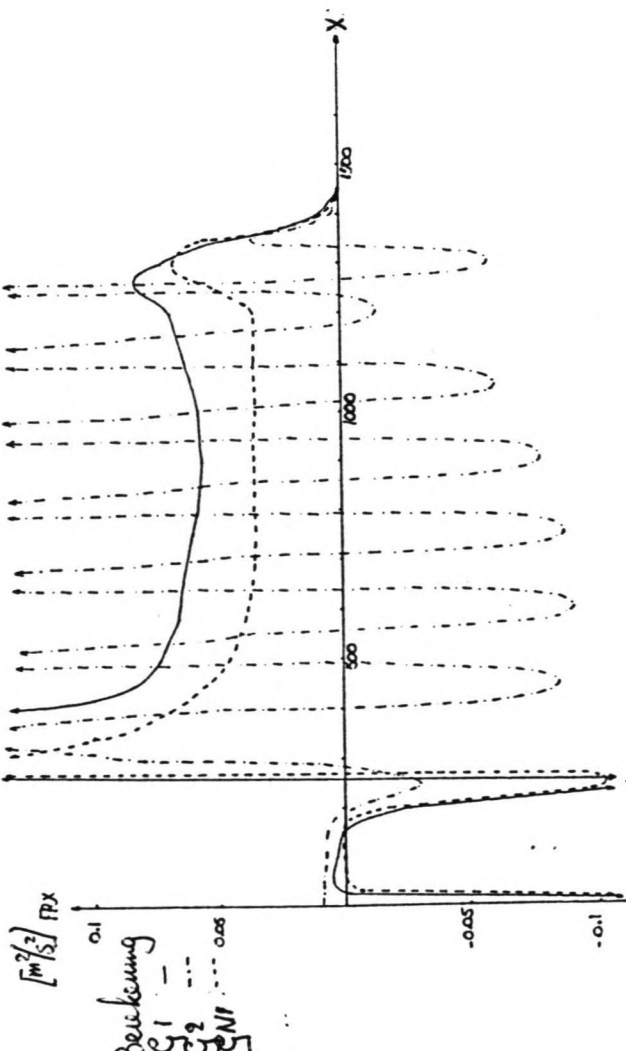
1. Battjes J.A. Computation of set-up longshore currents, run-up and overtopping due to wind-generated waves, Department of Civil Engineering, Delft University of Technology.
2. Battjes J.A. and J.P.F.M. Jansen Energy loss and set-up due to breaking of random waves, Proceedings of the 16th Coastal Engineering Conference Hamburg A.S.C.E. New York.
3. Battjes J.A. Korte golven, collegedictaat b-76 T.U.-Delft.
4. Booy N. The shallow water waves hindcast model HISWA Part I: physical and numerical background; Delft University of Technology, Department of Civil Engineering Group of Fluid Mechanics, Report no. 6-85.
5. Booy N. Users's Guide for the program DUCHESS.
6. Holthuijsen L.H., N. Booy en T.H.C. Herbes A prediction model for stationary short-crested waves in shallow water with ambient current; Coastal Engineering, 13 (1989), pp 23-54.
7. Hoyinck R.H.C. Hydraulisch onderzoek naar golfgedreven stromingen bij een rechte dam (tekst en bijlagen) - afstudeerverslag.
8. Visser P.J. A mathematical model of uniform long shore currents and the comparison with laboratory data, Delft University of Technology, Laboratory of Fluid Mechanics, Department of Civil Engineering, Report no. 84-2.
9. Vreugdenhil C.B. Waterloopkundige berekeningen I, collegedictaat b-84, T.U.-Delft.
10. De Vries Lange golven, collegedictaat b-73, T.U.-Delft.
11. Shore Protection Manual, U.S. Army Coastal Engineering Research Center Corps of Engineers.

BIJLAGEN

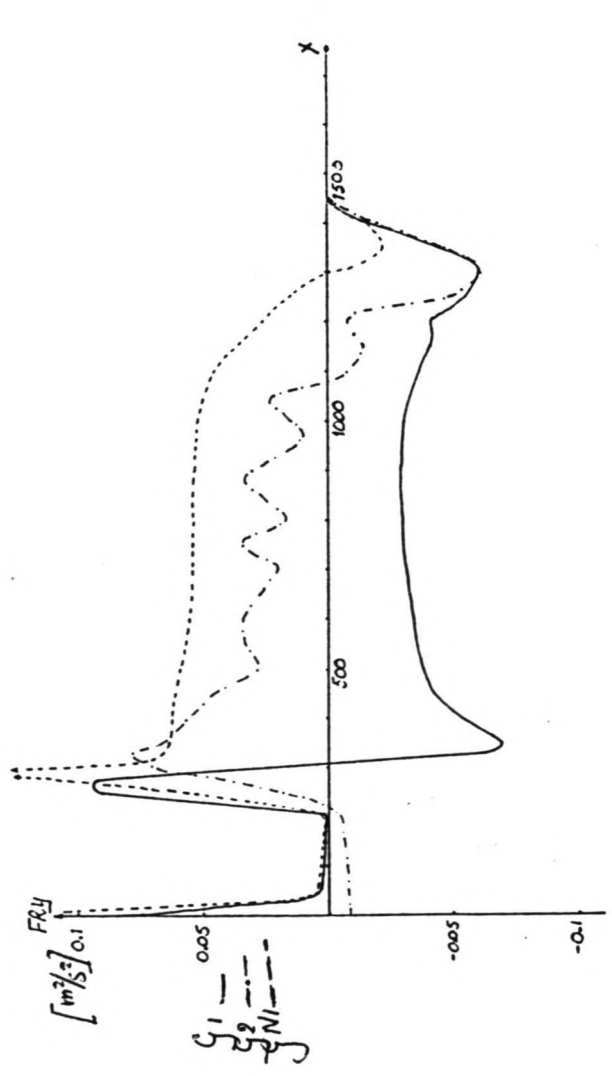
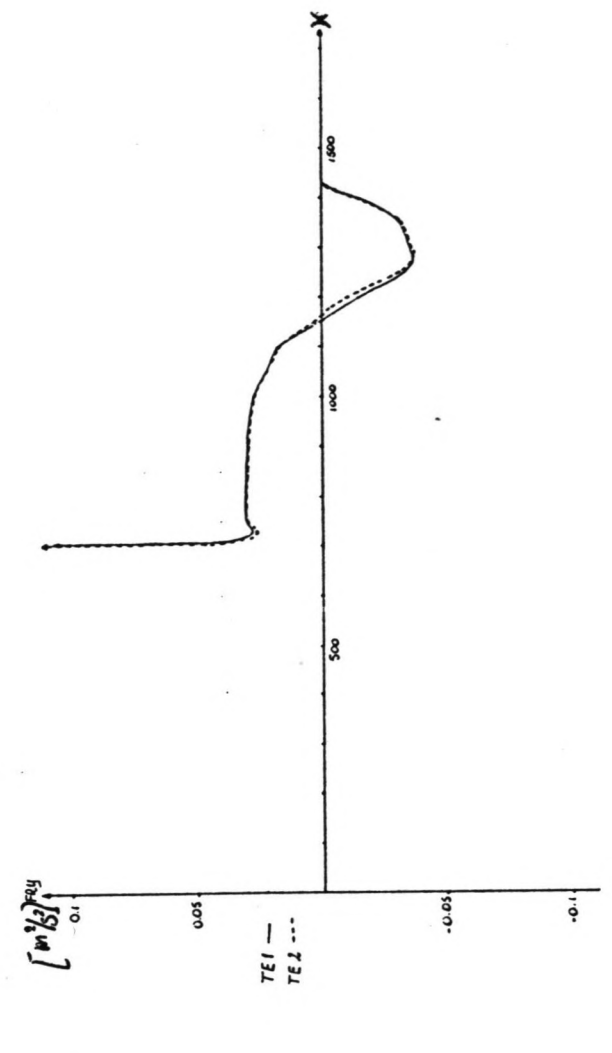
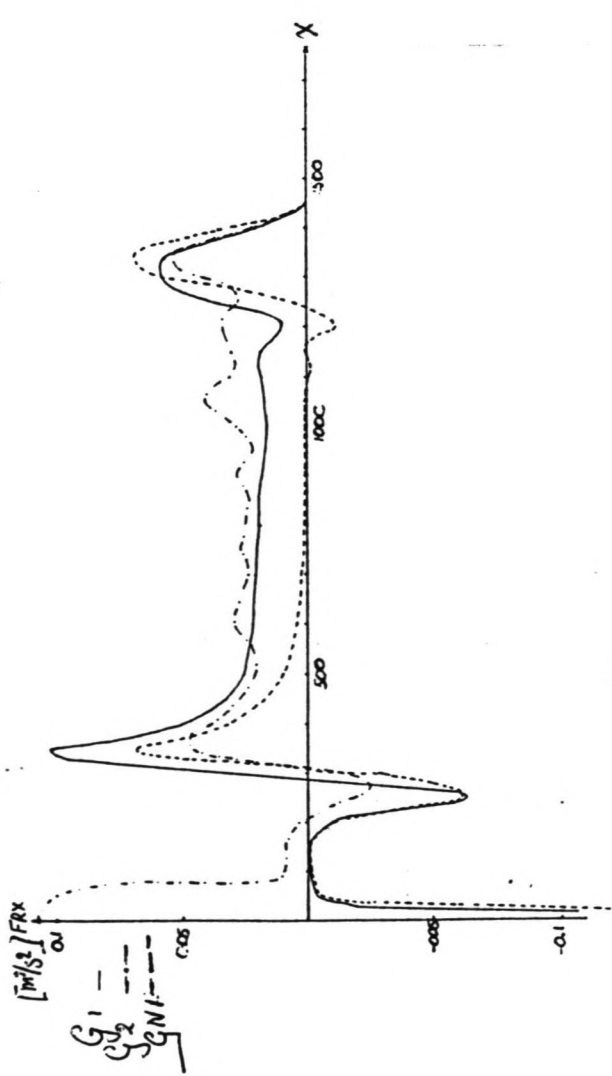
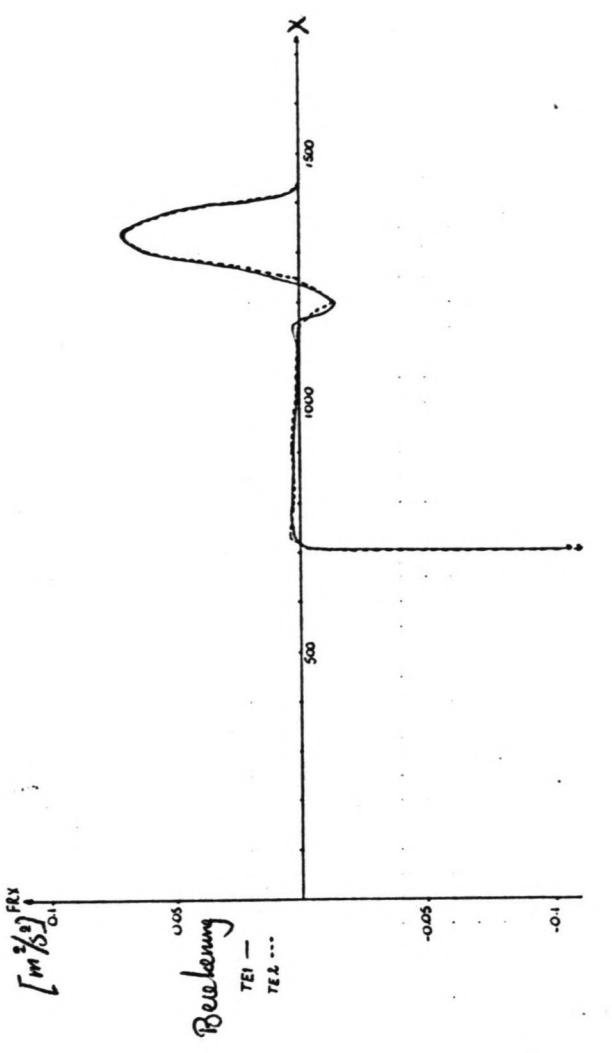


Verloop golfspanningsgradienten langs de dam
 $u = 0m$

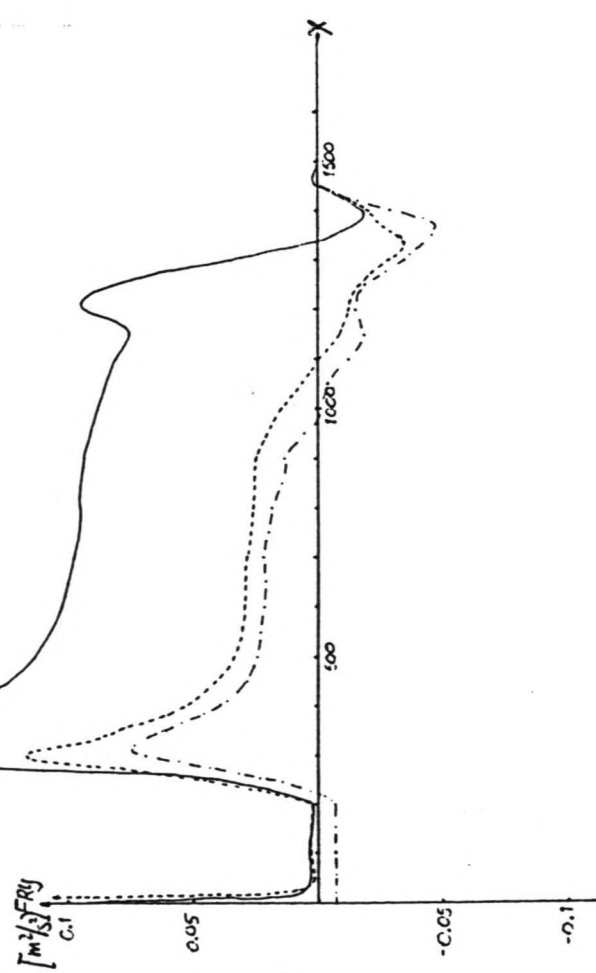
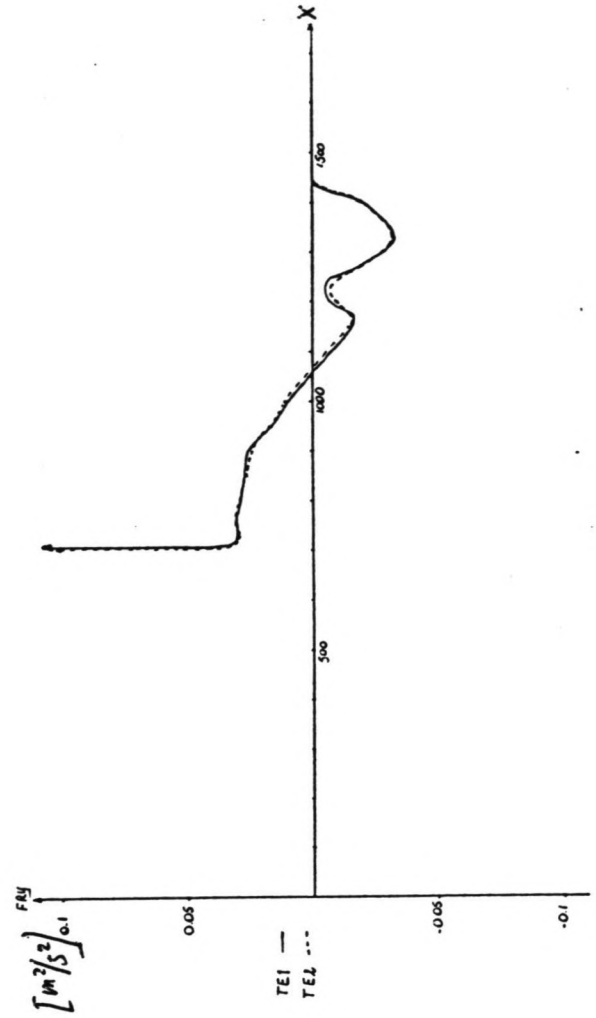
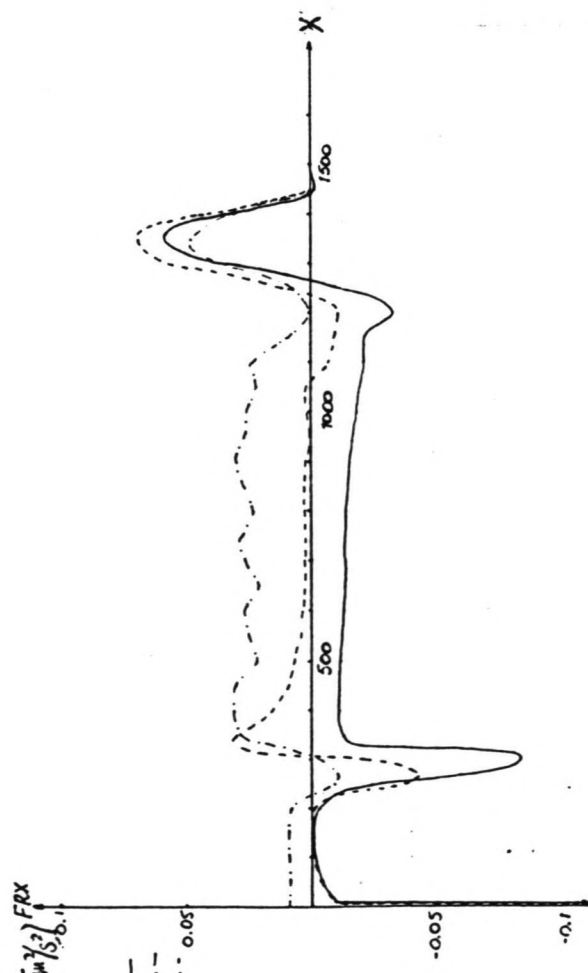
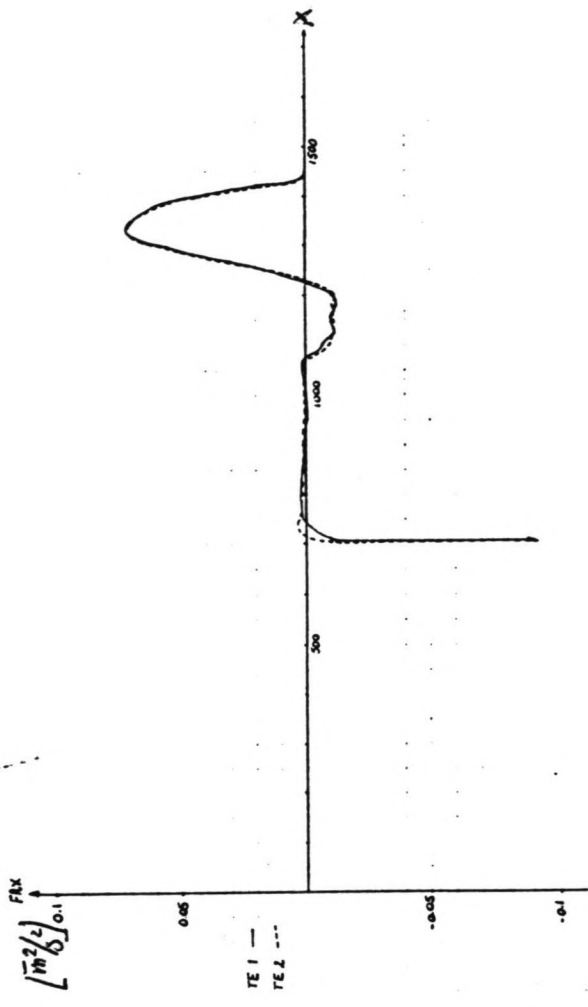
beilage I.1



Nulloop golfspanningsgradienten langs de dam
 $u = 10 \text{ m}$



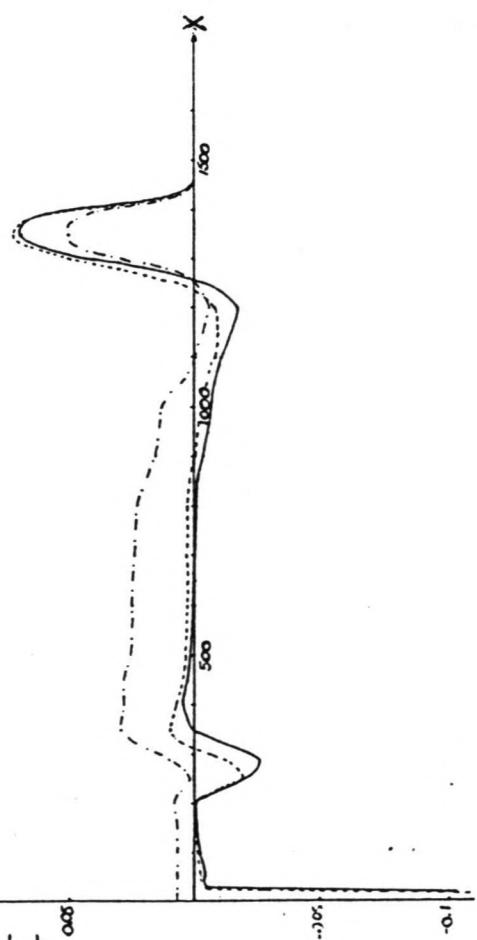
Verloop golfspanningsgradienten langs de stam
 $y = 40 \text{ m}$



Neutrop golfspanningsgradienten langs de ebam
 $y = 60 \text{ m}$

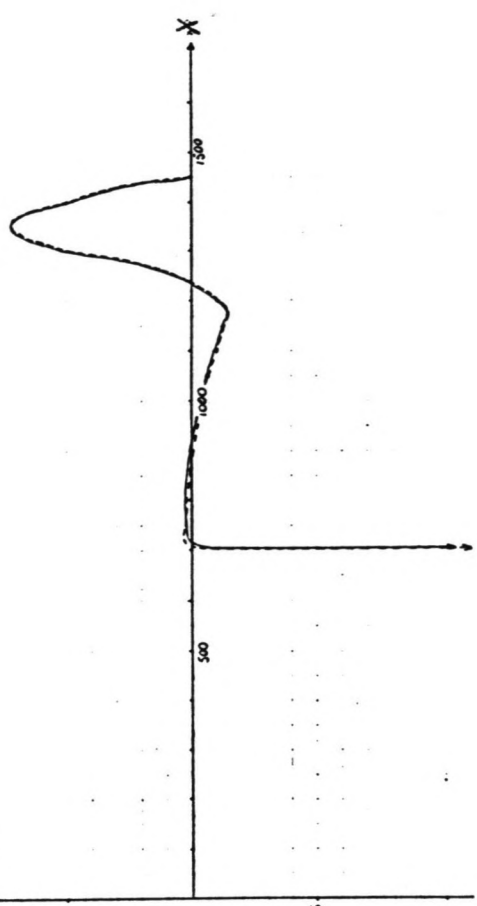
$[m^2/s]$ FRX

G_1 ---
 G_2 ---
 G_3 ---



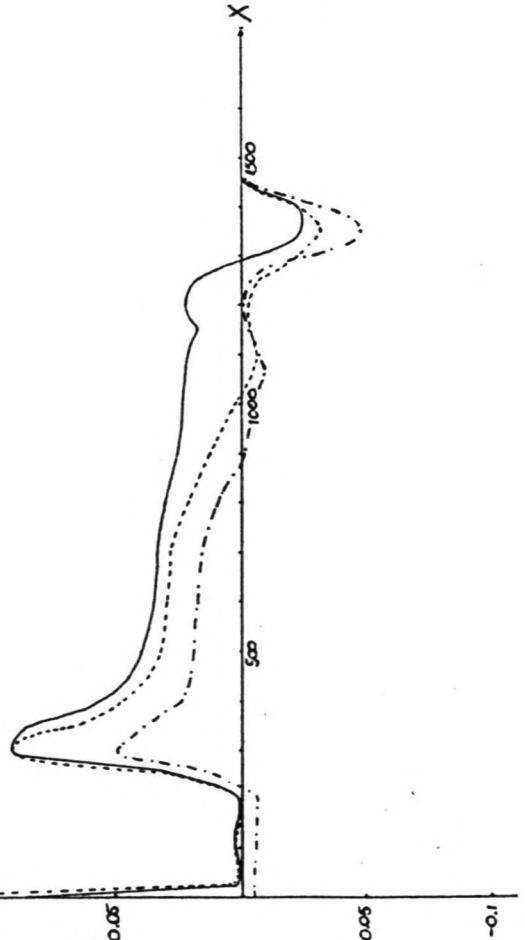
$[m^2/s]$ FRX

Berekening
TE1 ---
TE2 ---



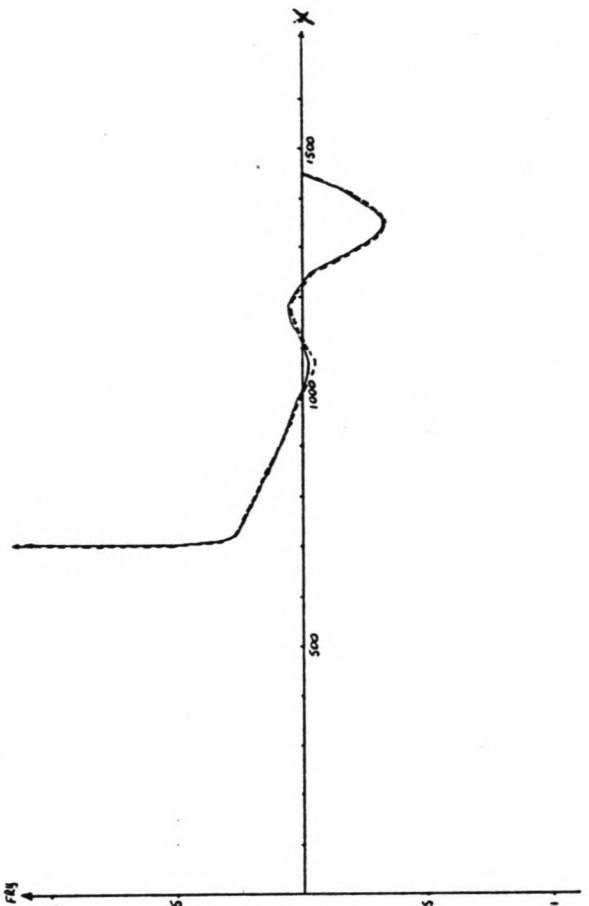
$[m^2/s]$ FRX

G_1 ---
 G_2 ---
 G_3 ---

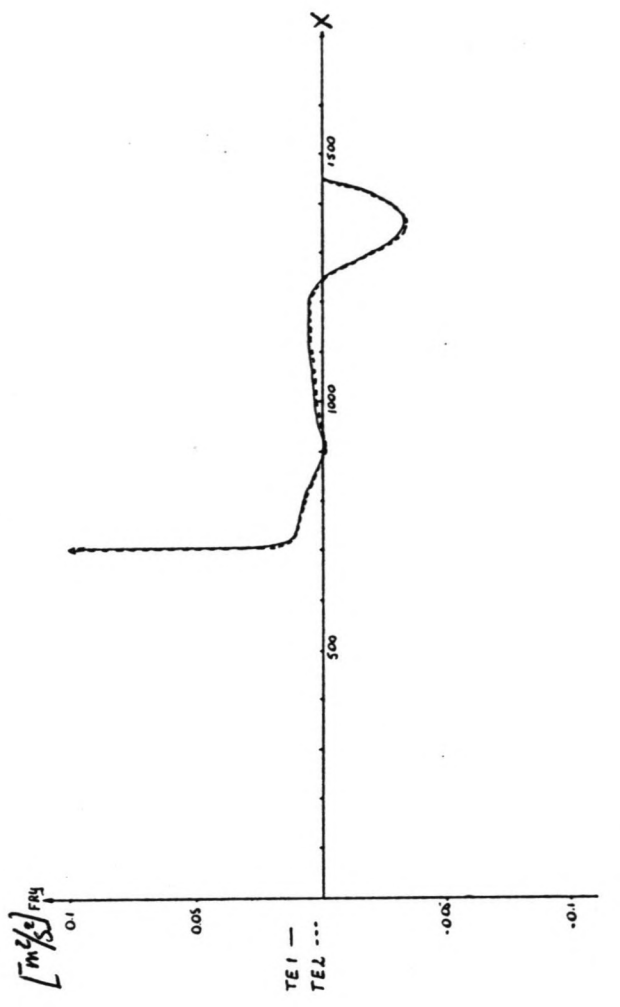
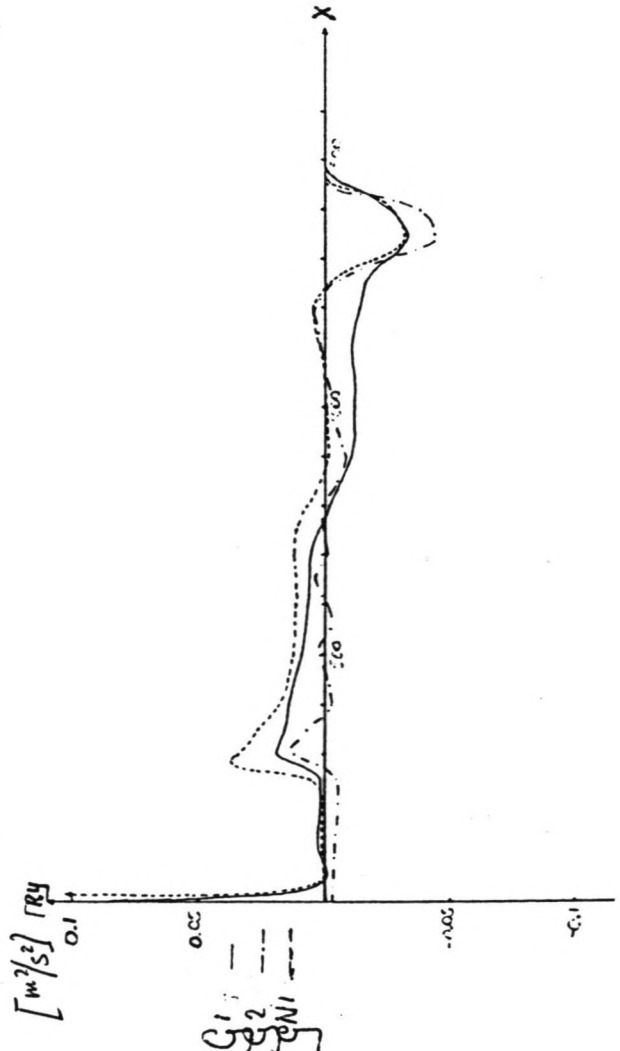
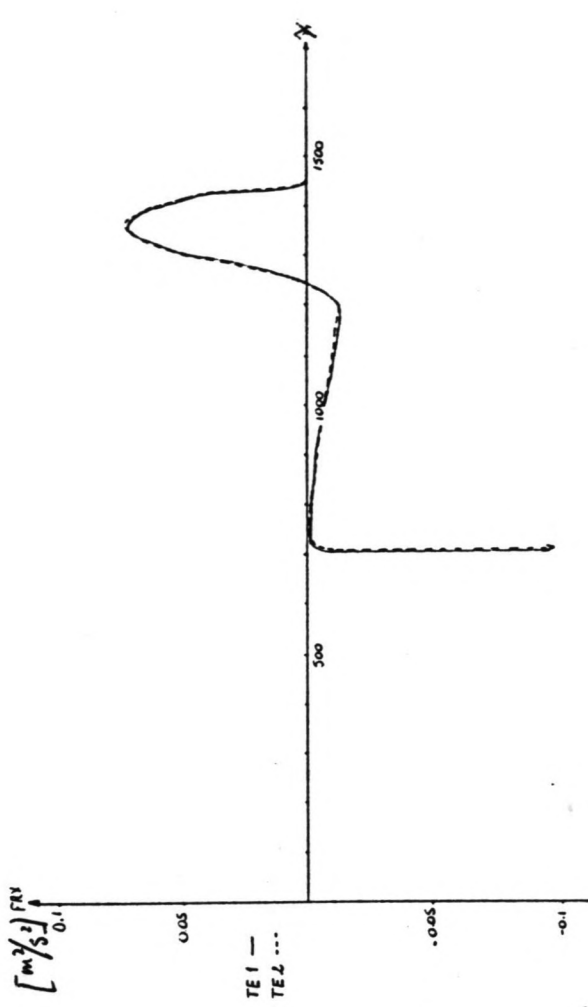
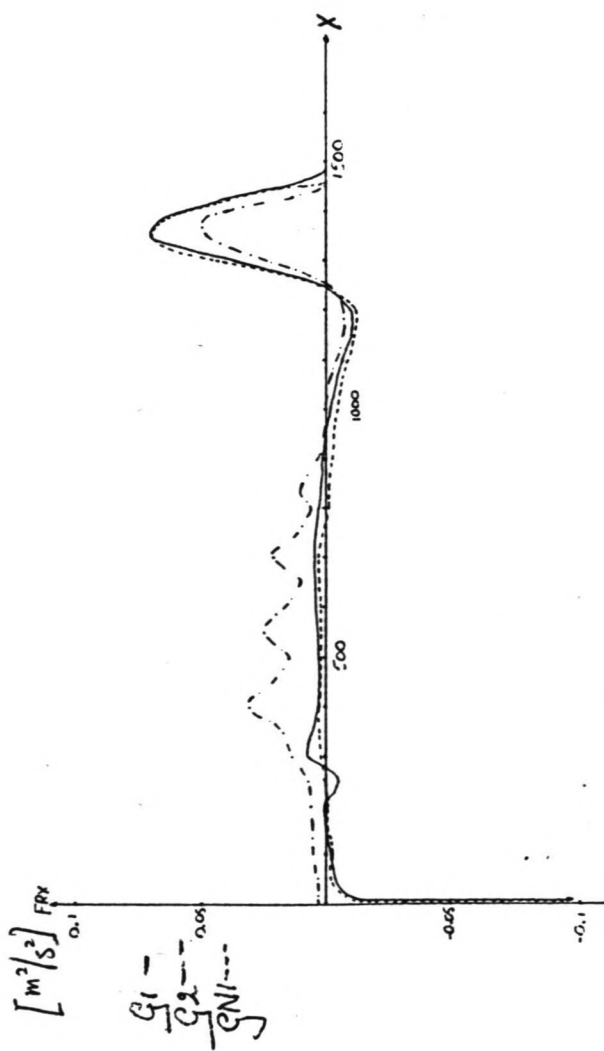


FRX

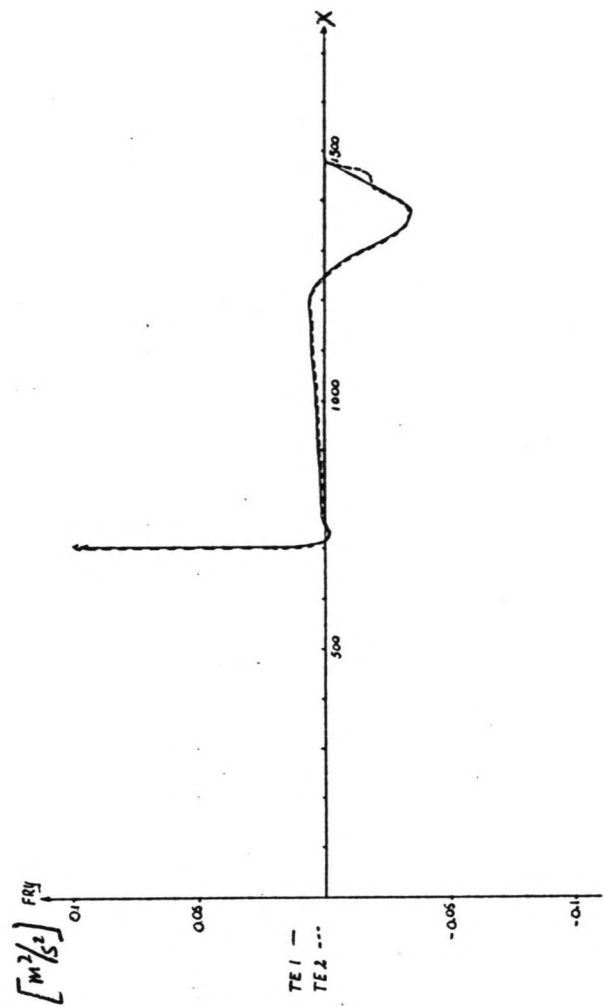
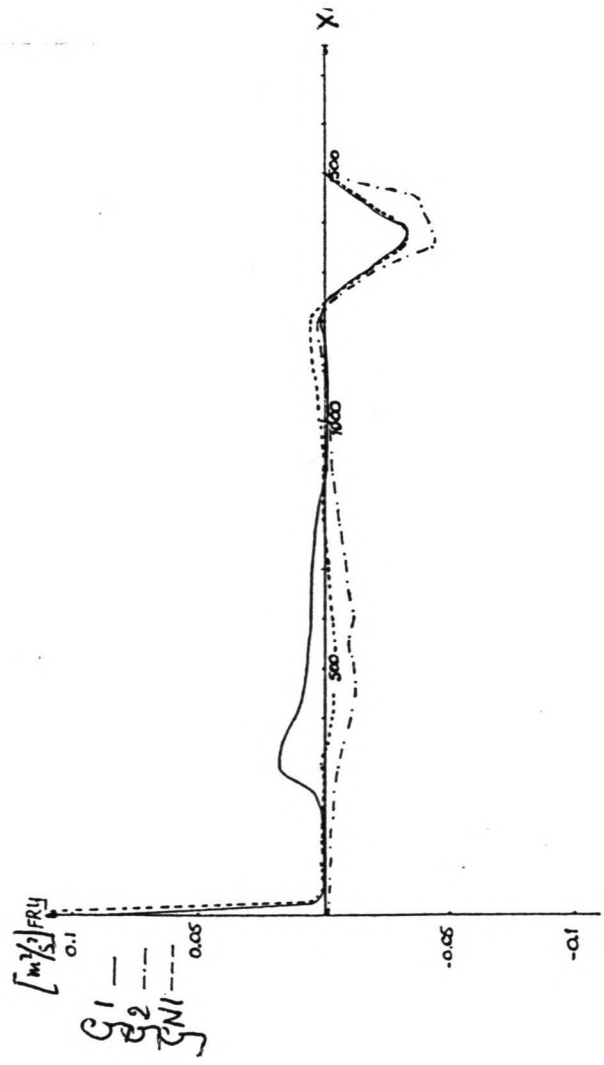
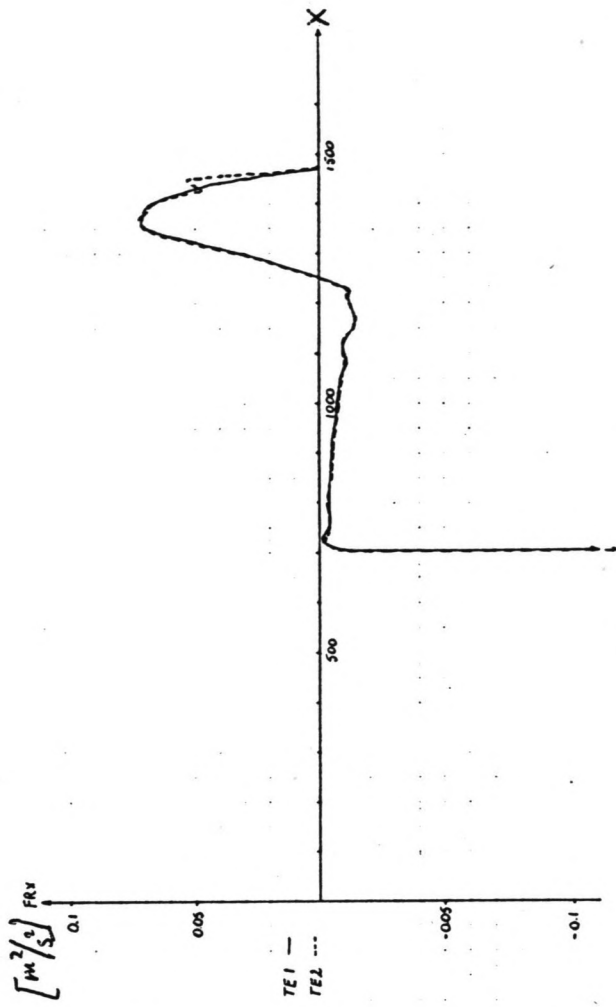
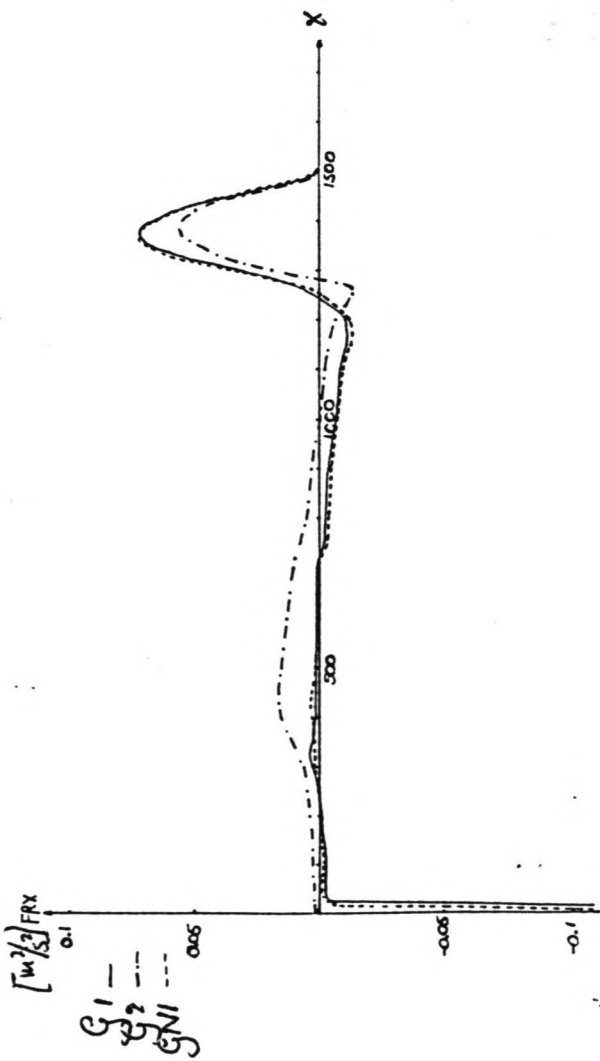
TE1 ---
TE2 ---



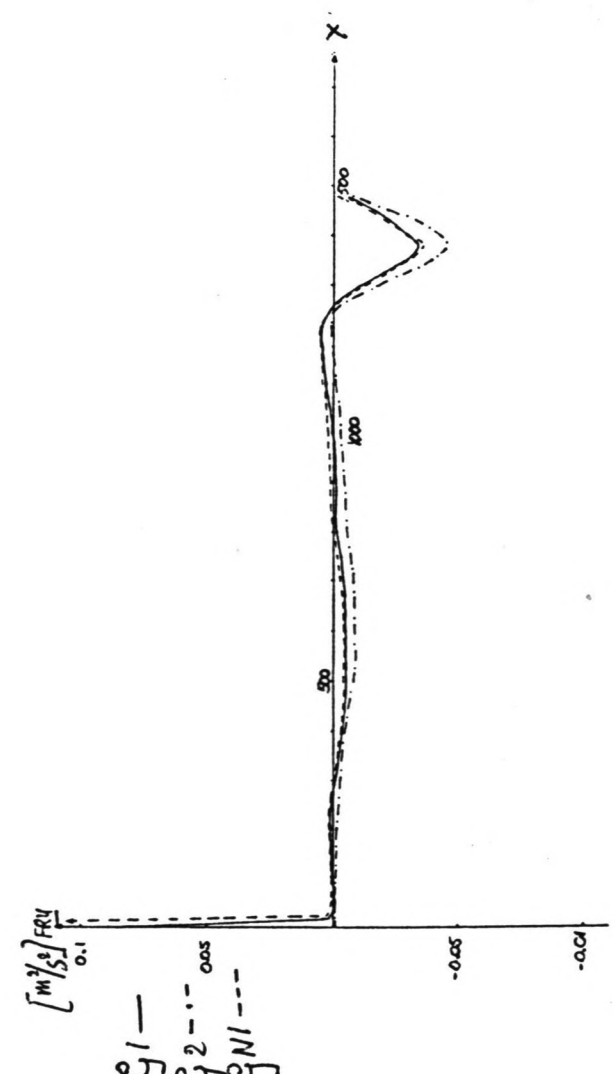
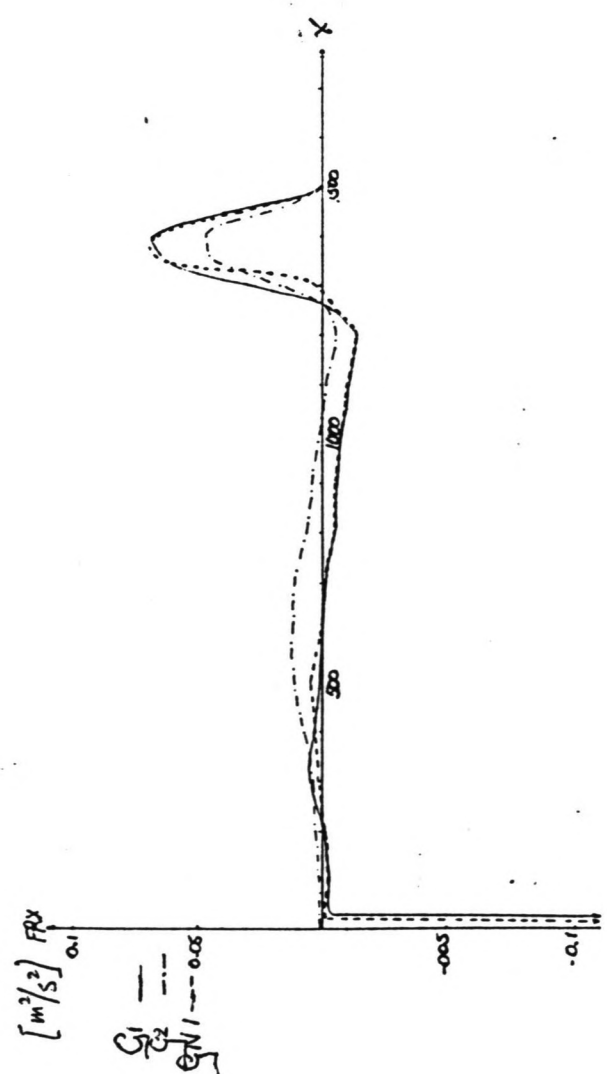
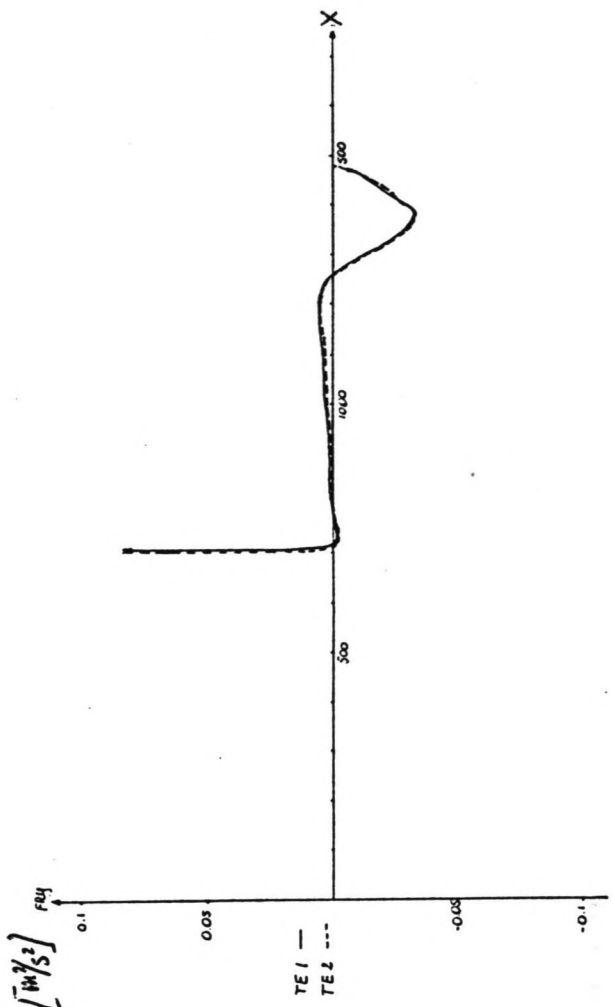
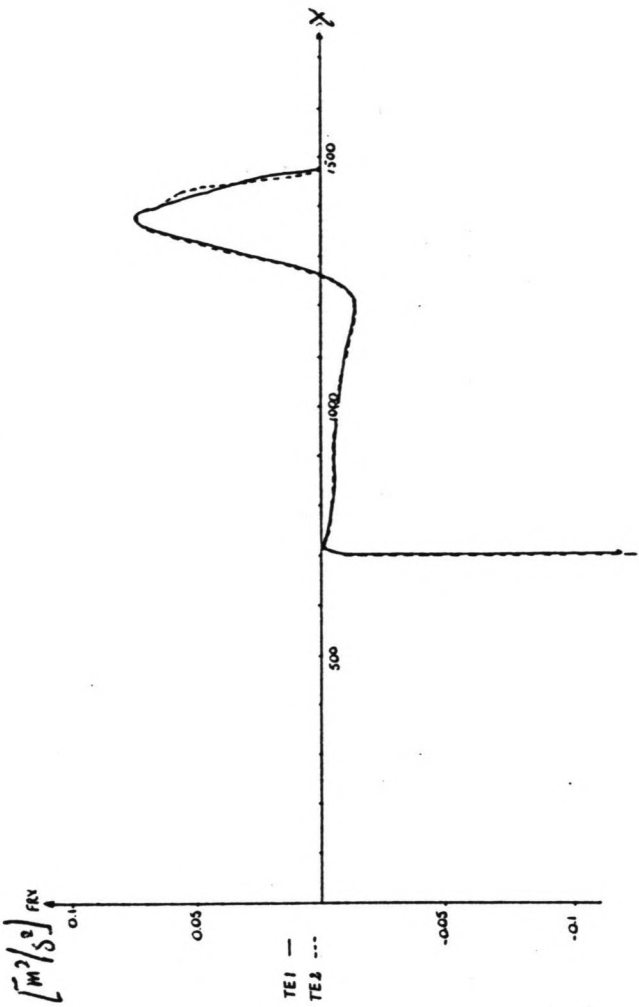
Verloop golfspanningsgradienten langs de dam
 $y = 0.0m$



*Reuloop 90 spanningningsgradienten langs de dam
y = 100 m*



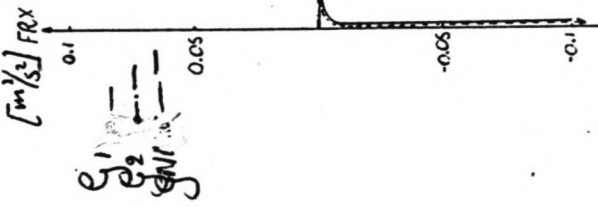
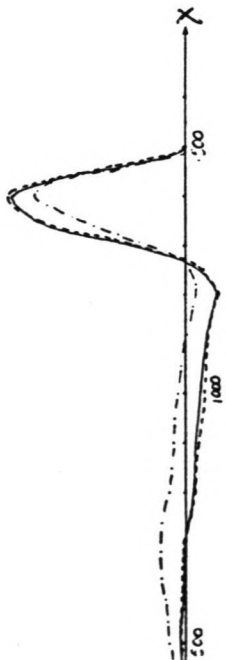
Nulloop golfspanningsgradienten langs de dam
 $y = 120 m$



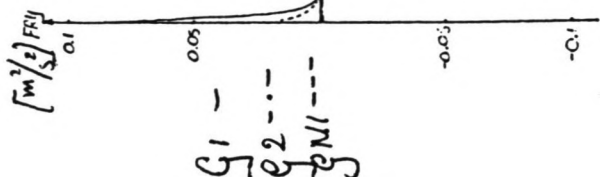
Nettopgolfspanningigradien ten langs de dem
 $y = 140m$



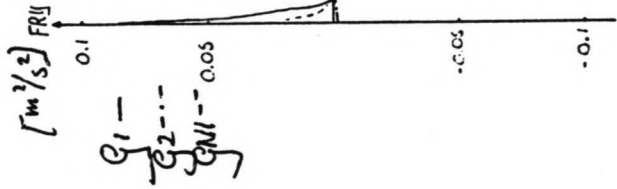
G1 —
G2 - - -
GNI ···



G1 —
G2 - - -
GNI ···



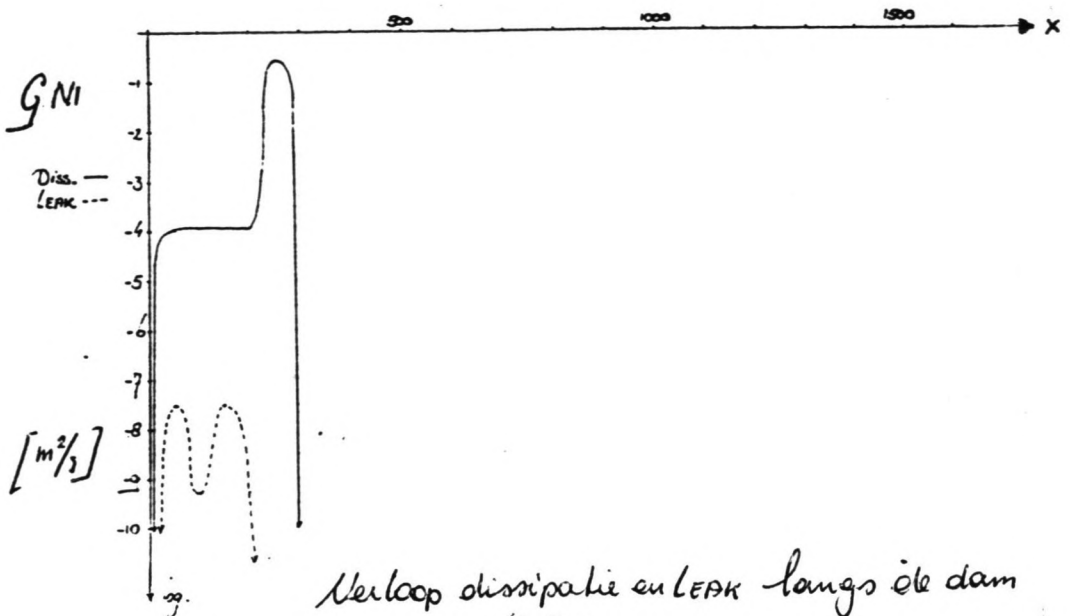
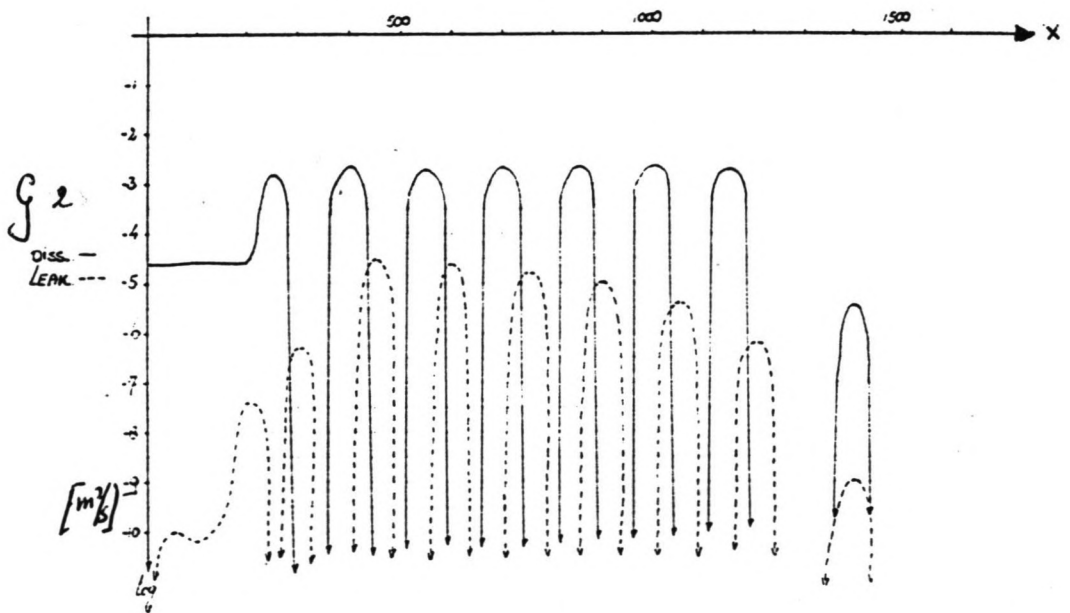
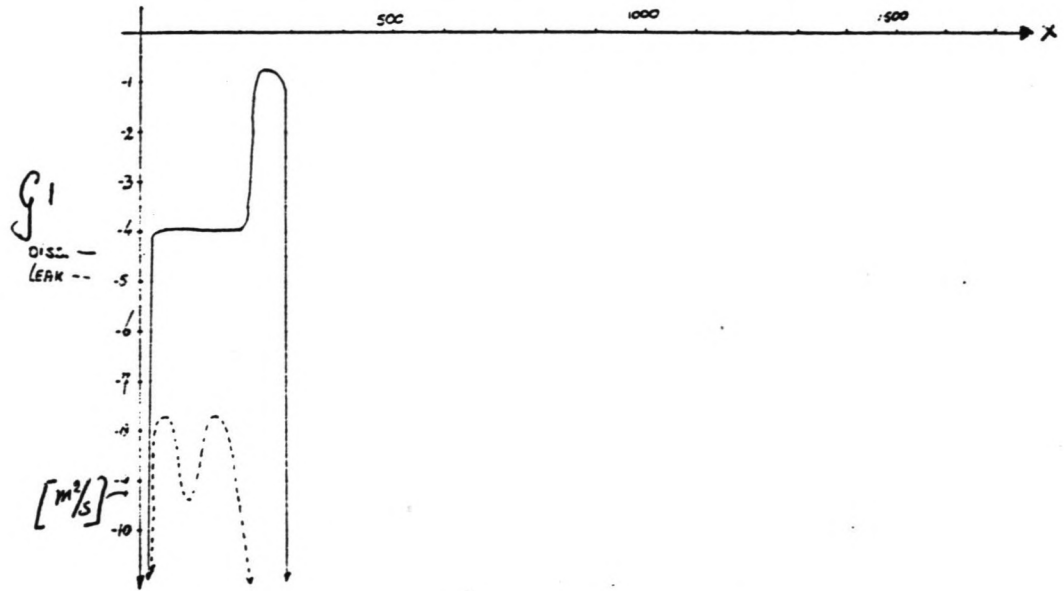
G1 —
G2 - - -
GNI ···



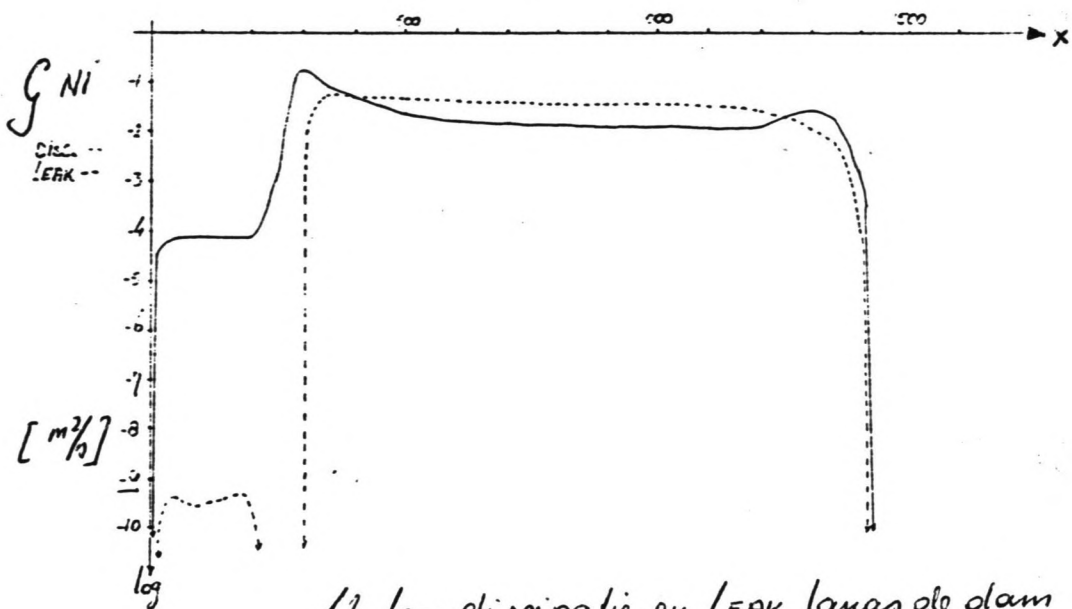
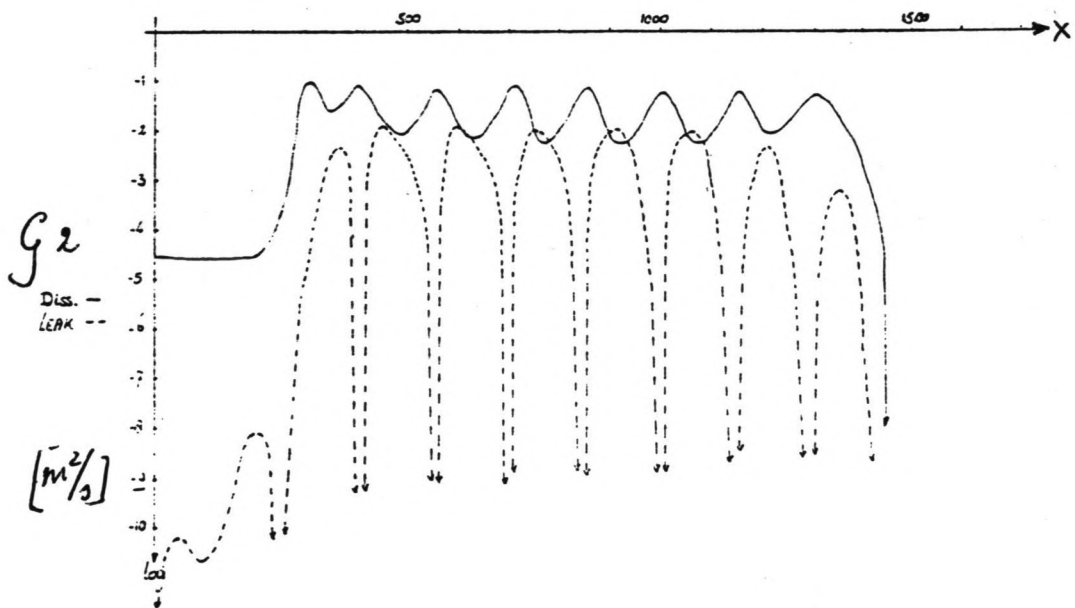
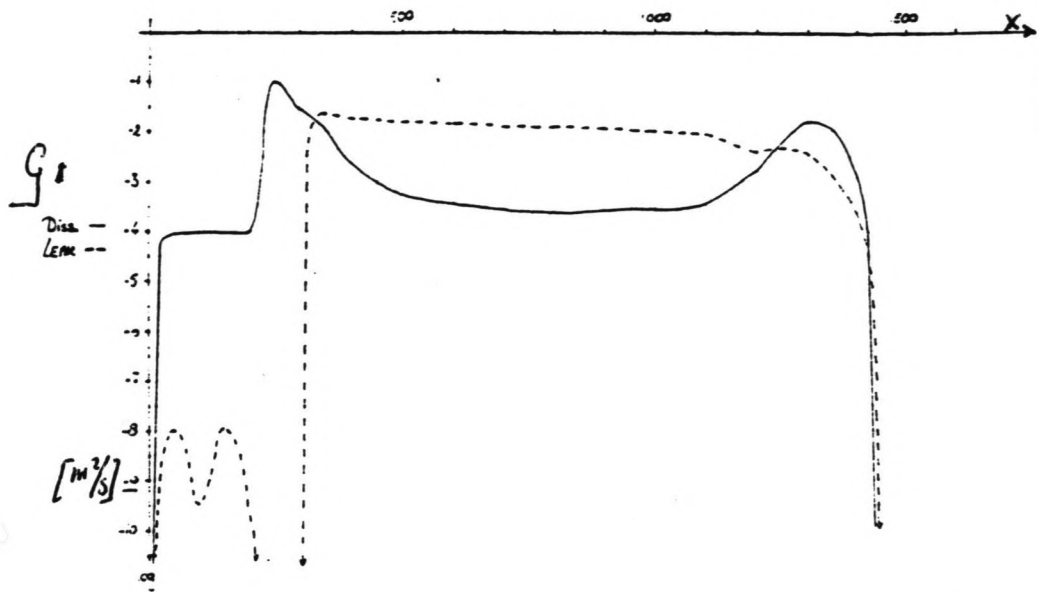
G1 —
G2 - - -
GNI ···

y=160m

Verloop golfspanningsgradienten langs y=200 m
de dam ; y=160m, y=200m

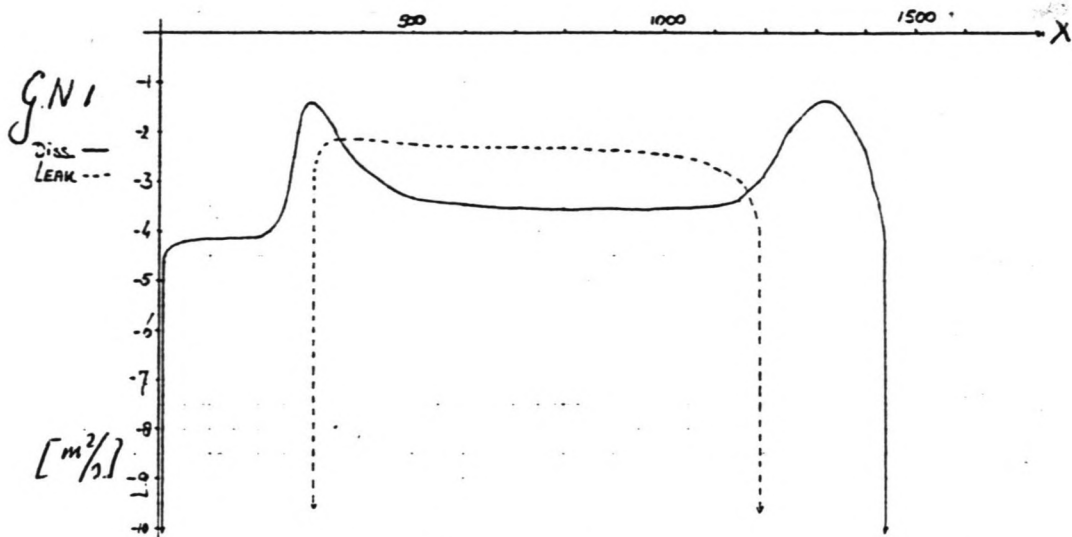
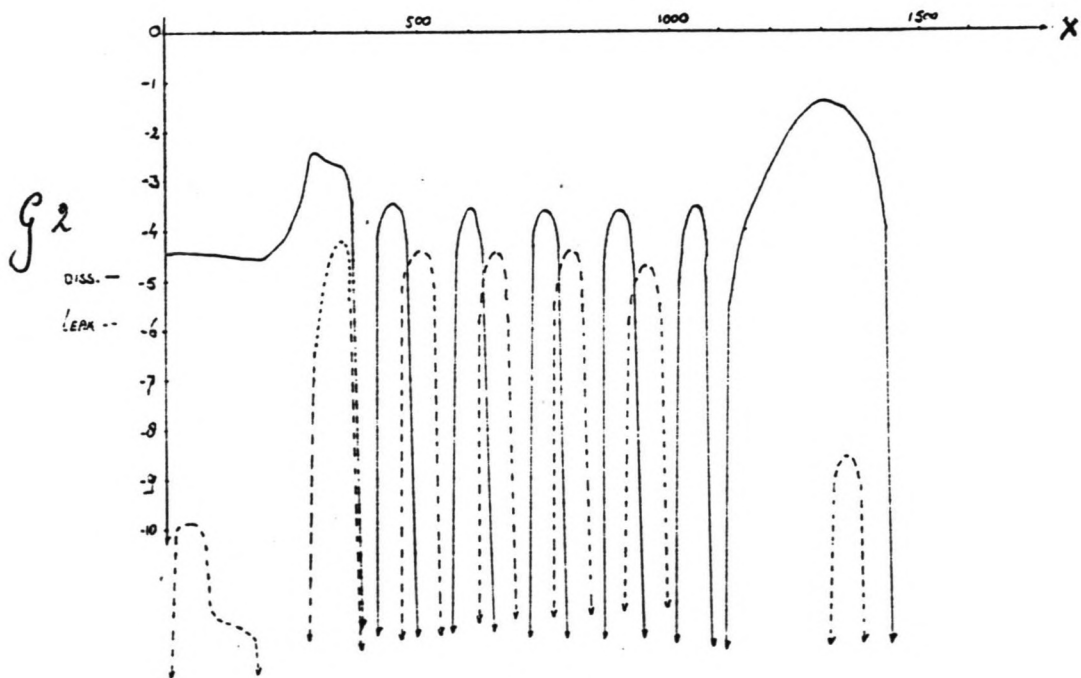
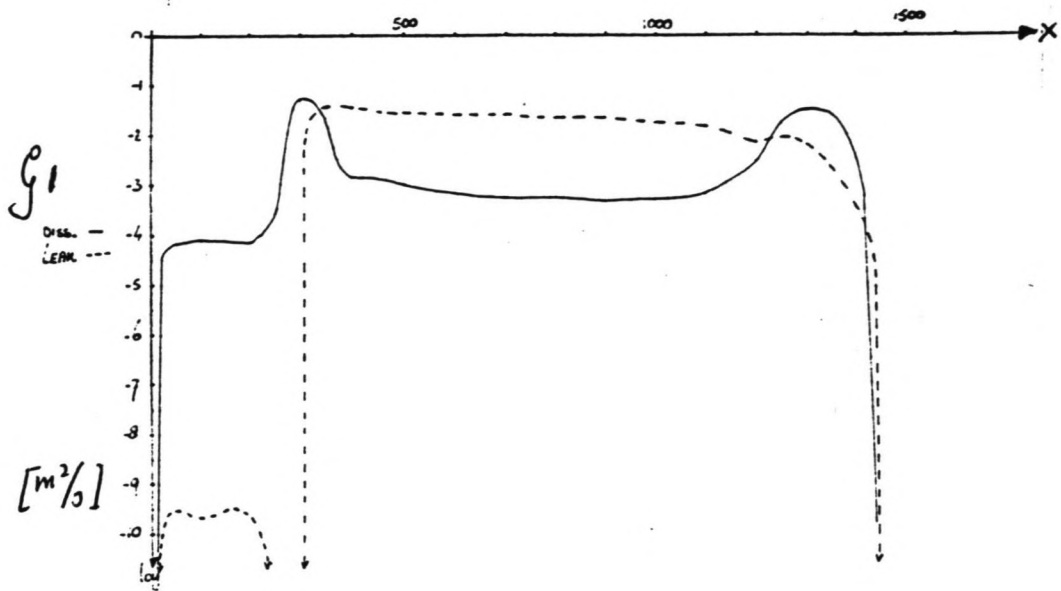


Verloop dissipatie en LEAK langs de dam
 $\gamma = 0 \text{ m}$

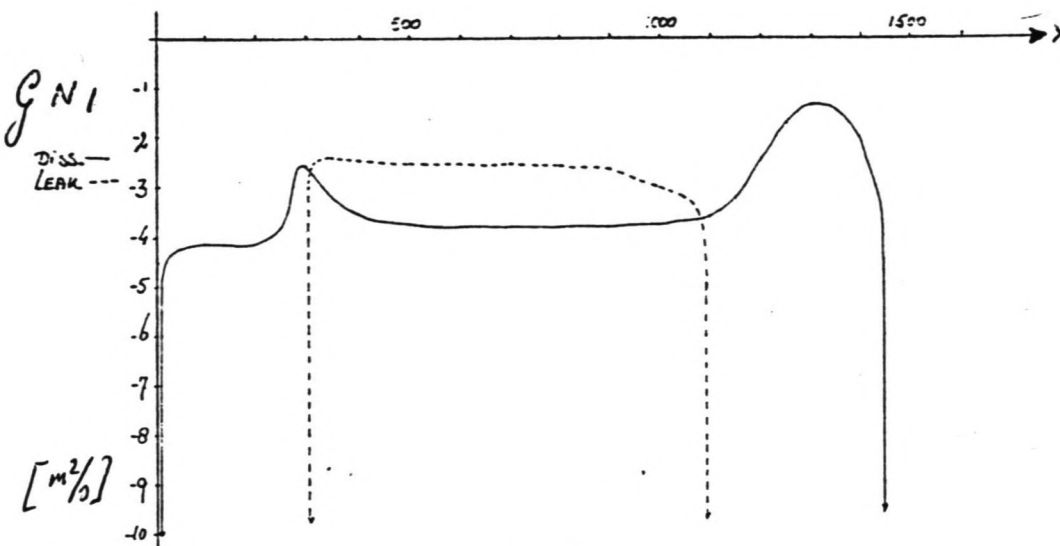
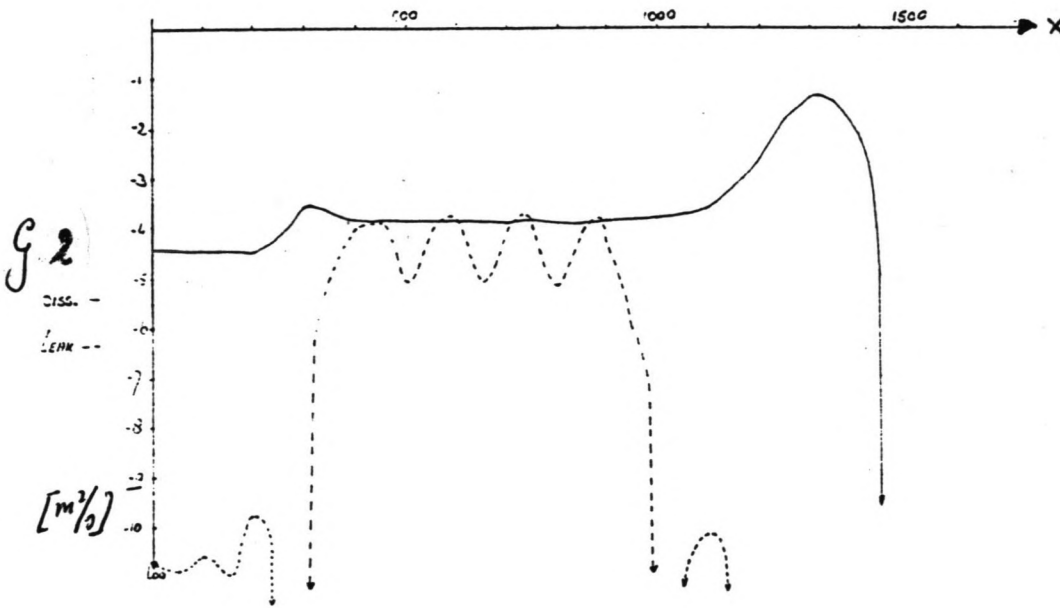
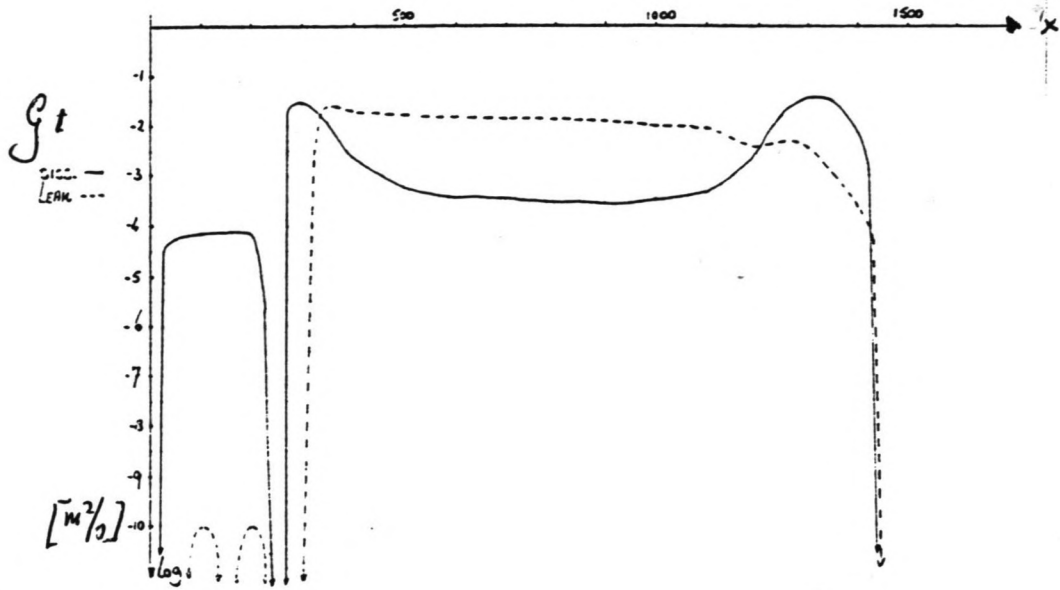


Un loop dissipatif en LEAK le long de dam

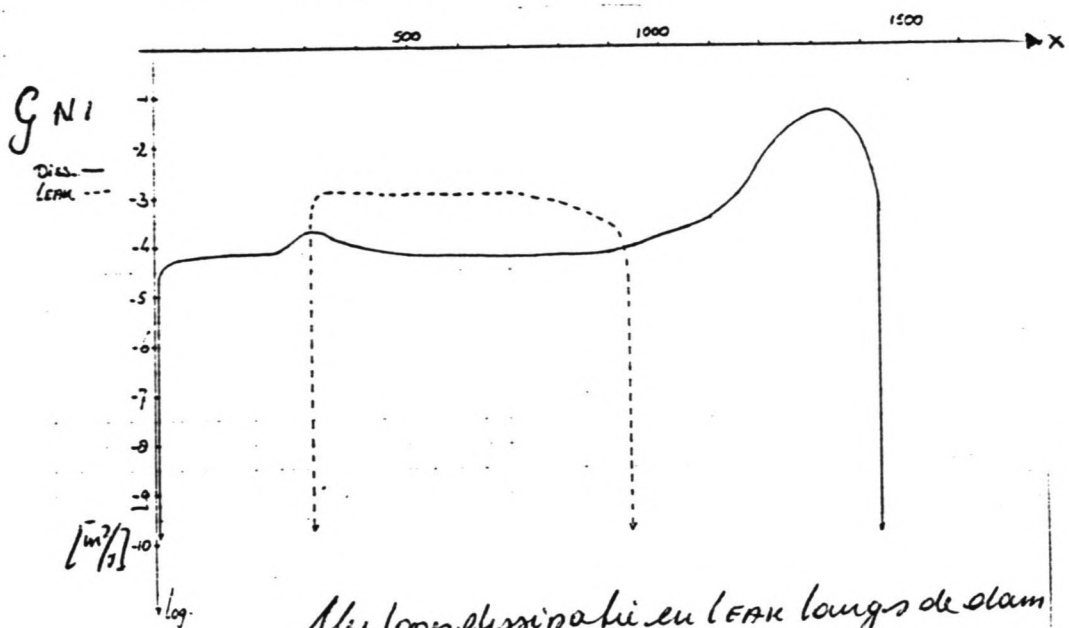
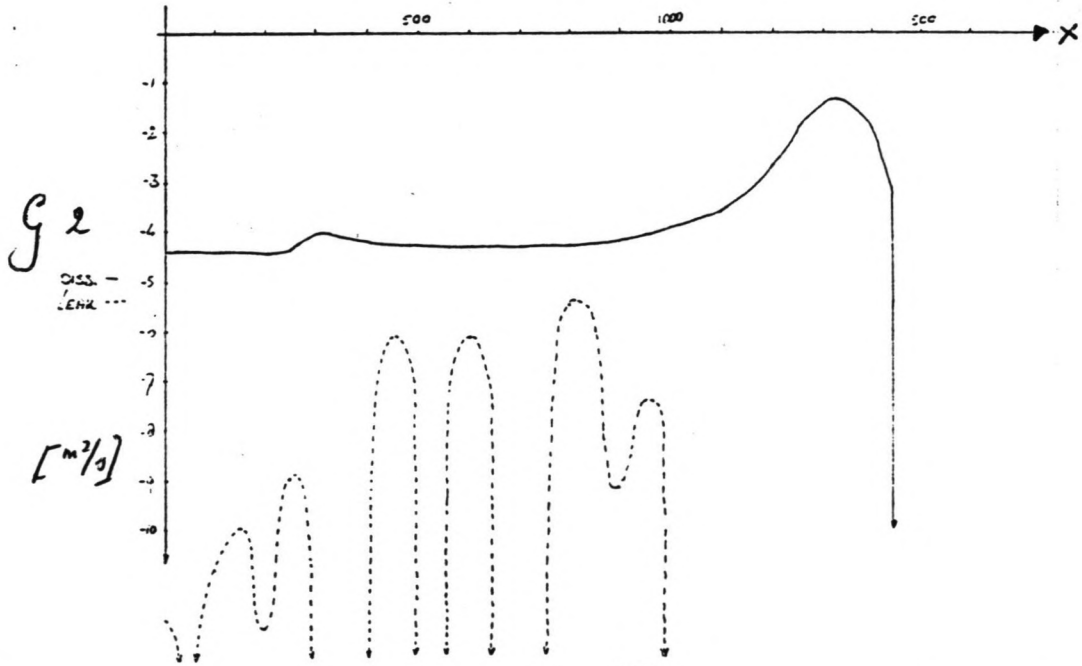
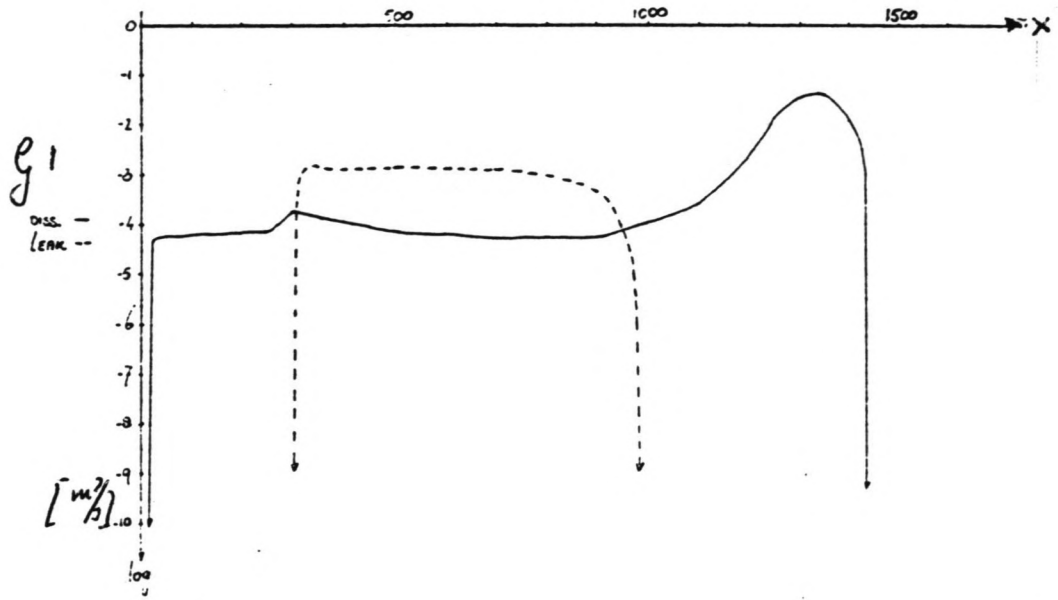
$\gamma = 20m$



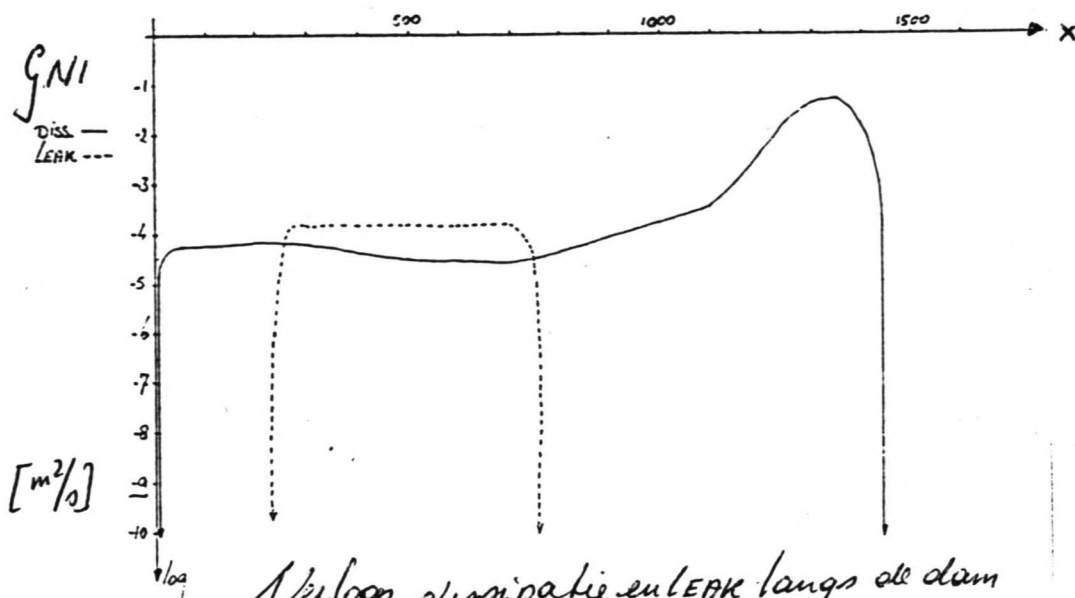
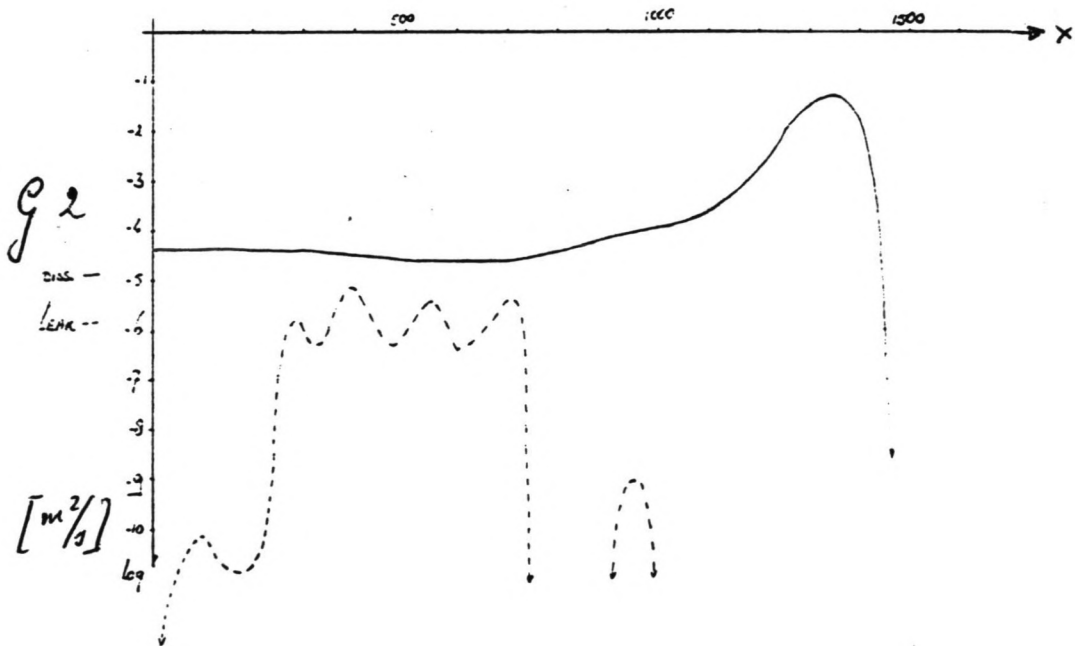
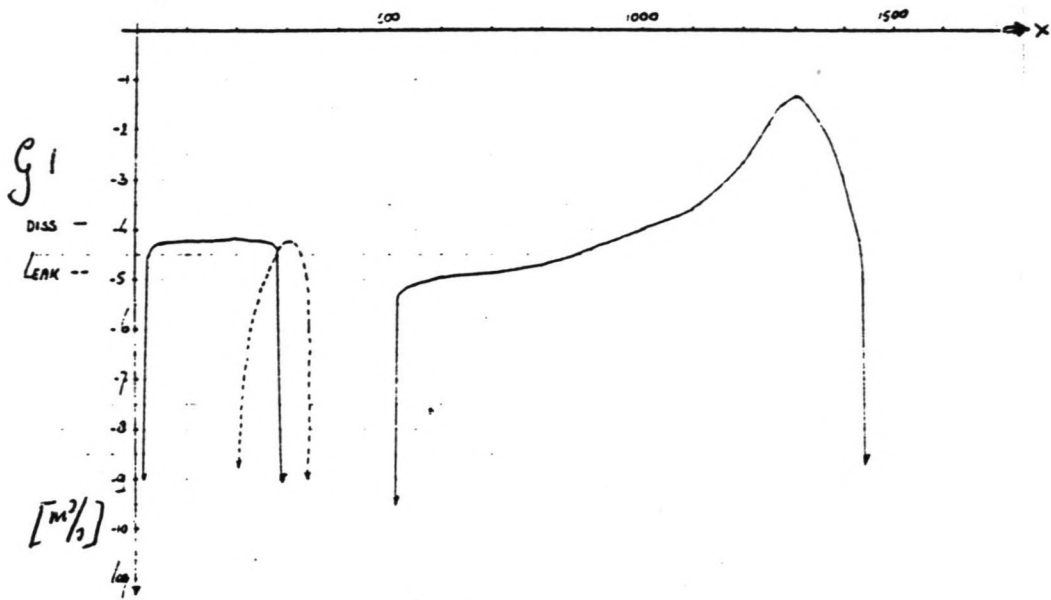
Ne loop dissipatie en LEAK langs de dam
 $y=40m$



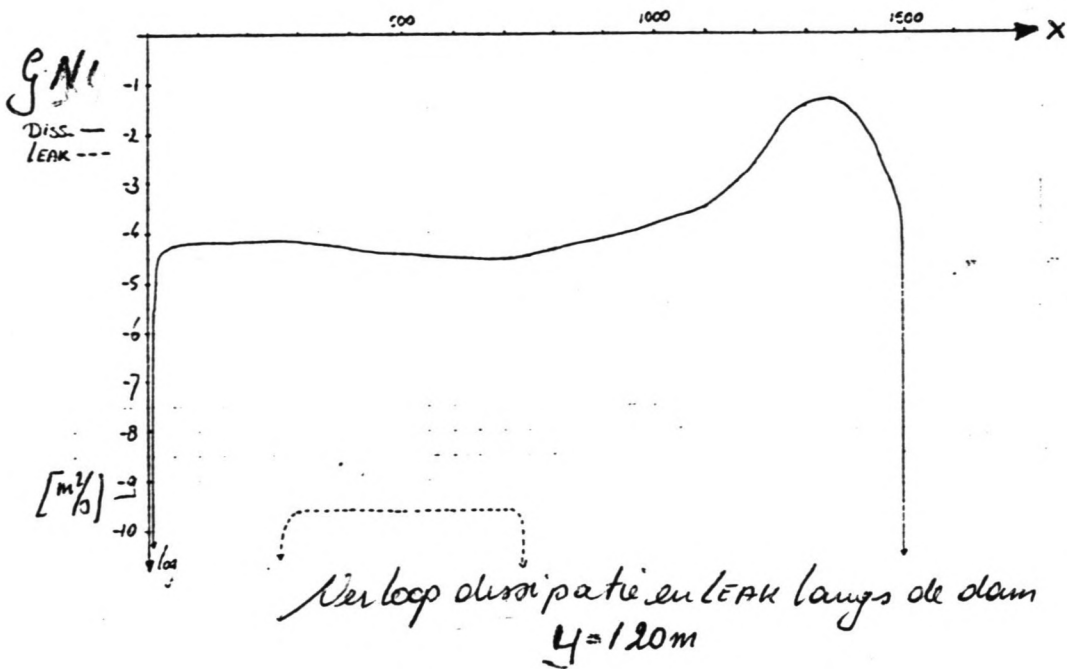
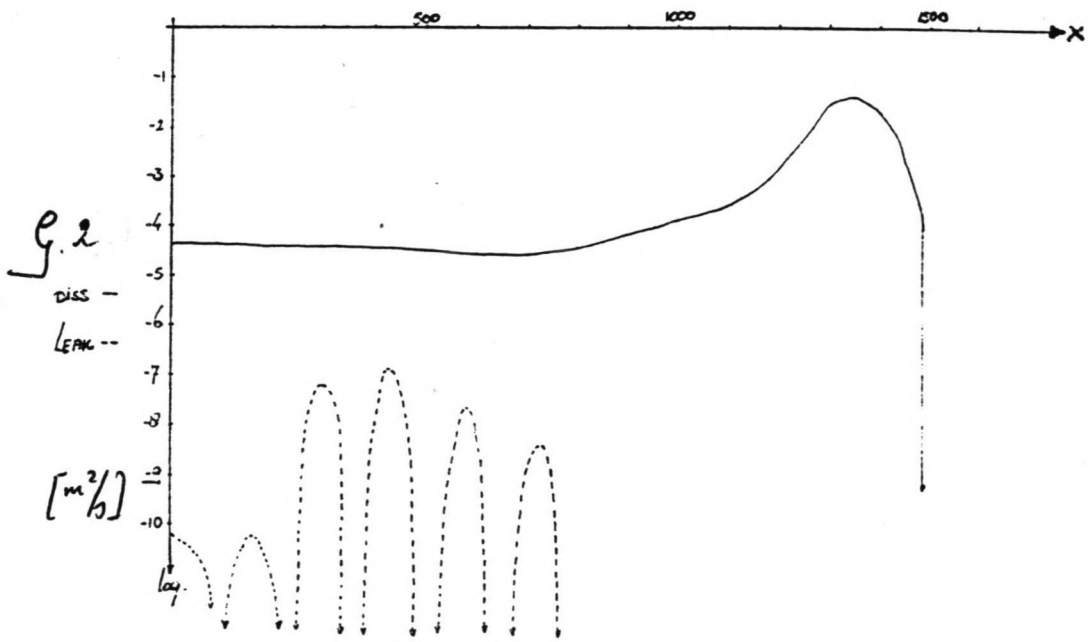
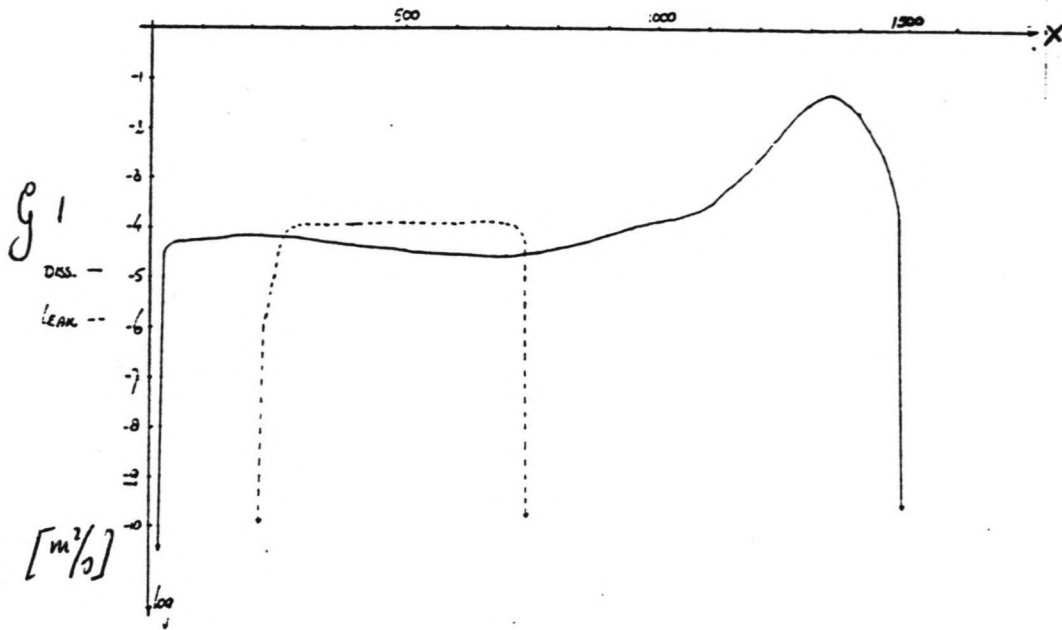
\log
 Meeloo dissipatie en LEAK langs de dam
 $y=60m$

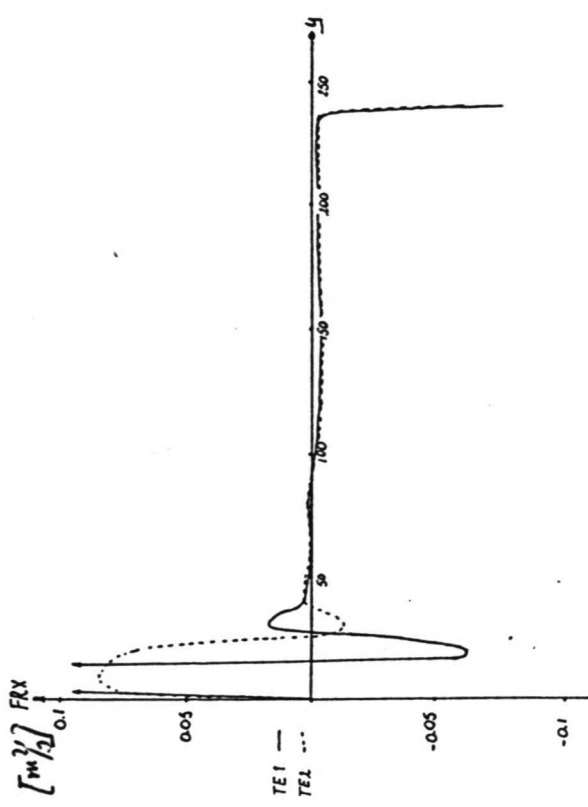


Avec loop dissipatif en LEAK long de dam
 $y = 80 \text{ m}$

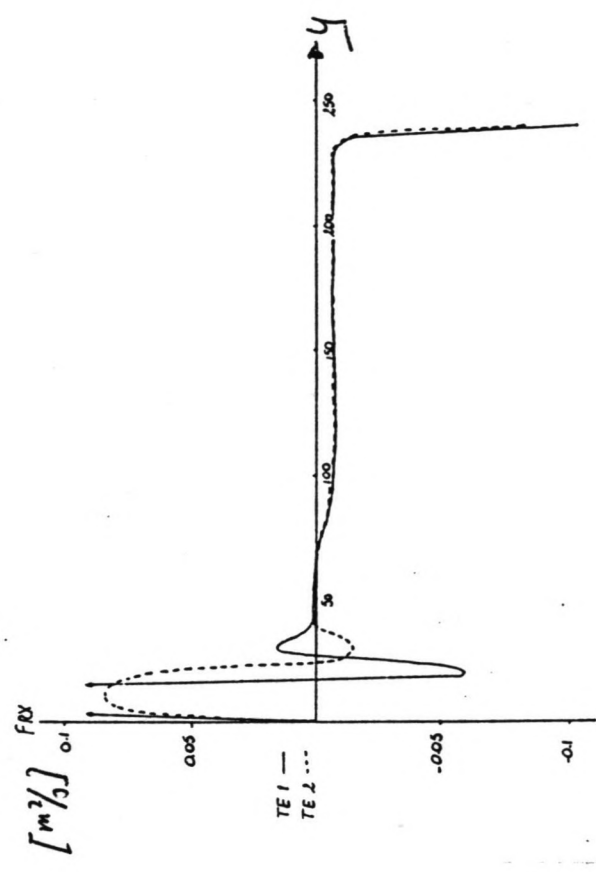


Nulop dissipatie en LEAK langs de dam
 $y = 100m$

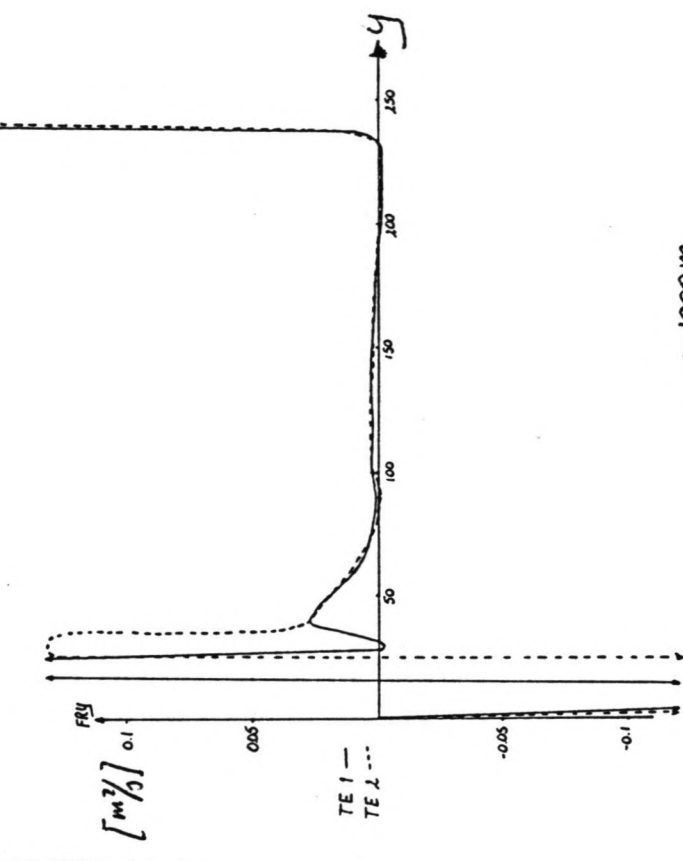
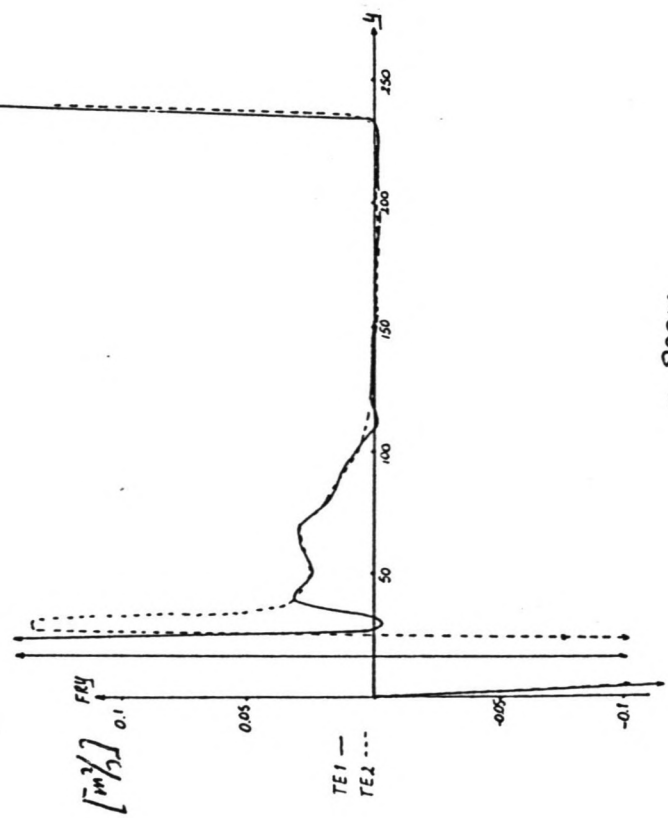




X = 800m

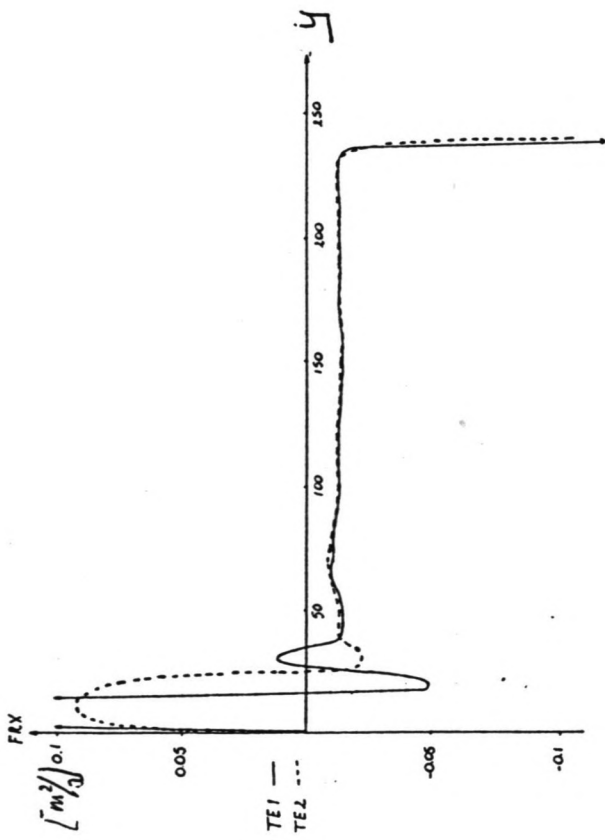


X = 1000m

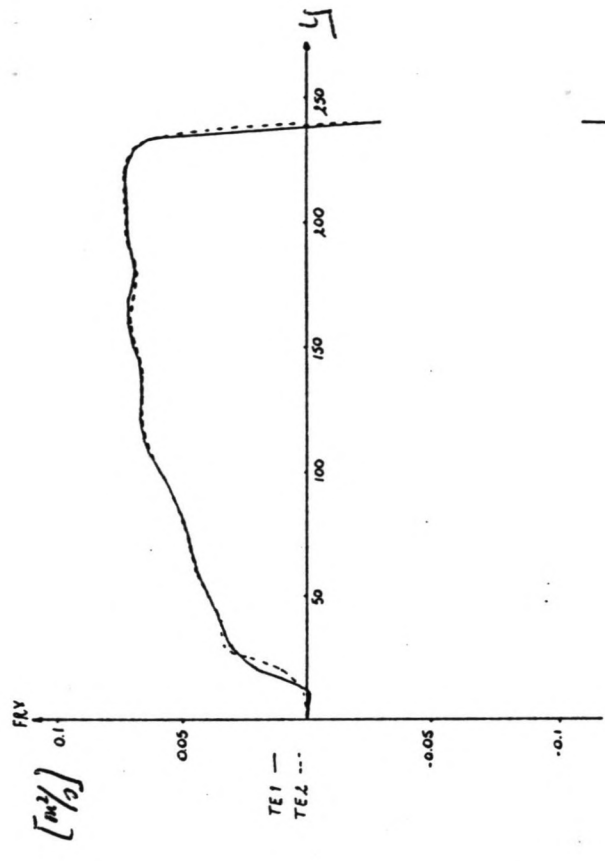


Overloop golfspanningsgeadienten sluis op de dam

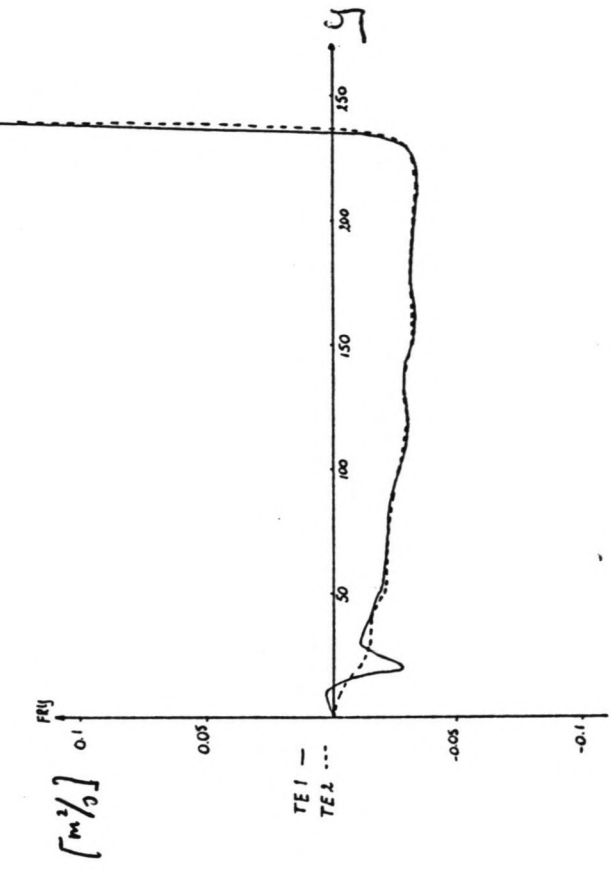
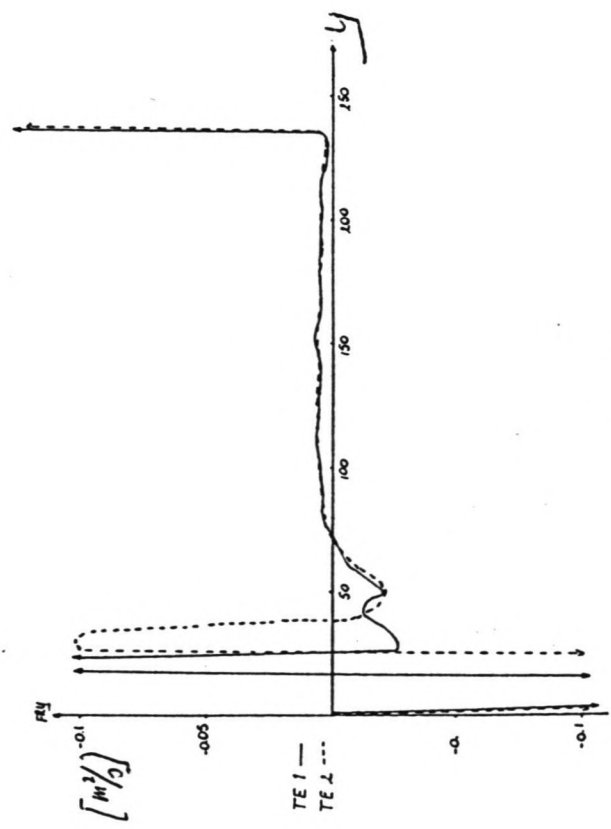
X = 800m, 1000 m



X=1200m



X=1400m



Nieuw golfspanningsgradienten always op de clam
X=1200 m, 1400m

//WWVMGOLF JOB (490,56),R.HOYINCK,REGION=1024K,TIME=(2,30)

//*LOKAAL.HDETJD2 DAG

//*

//PREP EXEC PGM=HISPREP

//STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB,DISP=SHR

//FT06F001 DD SYSOUT=A

//INPUT DD *

\$

*****KOP*****

*****REKENROOSTER IS EVENWYDIG AAN DE DAM*****

\$

PROJ 'HISWA ' '1B'

'BEPALING VAN HET GOLFEELD EN DE GOLFSPANNINGEN'

' BY GOLVEN :

' DIR=-10 H=4.5M T=8S MS=4 (DX=5 , DY=40) '

\$

*****DE INVOER GEGEVENS*****

\$

SET 0.2,1,9.81,1

GRID 2320,3640,140,464,91,5 FIXED 0,0,0

BOTTOM 0,0,0,160,163,20,20

READ BOTTOM 1,5,0 FREE

INC PAR 4.5,8,-10,4

BOUNDARY RIGHT REFLECTING

BRE

FRIC

\$

*****DE UITVOEROPDRACHTEN*****

MAASWYDE FRAMED : DX=40M DY=40M --INVOER DUCHESS--**

FRAME 'FRAMED' 2320,1720,0,0,0,58,43

BLOCK 'FRAMED' FILE 'DEPTHB' DEPTH

BLOCK 'FRAMED' FILE 'FORCEB' FORCE

\$FRAME 'FRAPLD' 2320,1720,0,0,0,50,50

\$PLOT 'FRAPLD' 'DETAIL 1B GOLFSPANNINGEN' VEC FORCE 2,1 LINES

\$

***GENESTE FRAME3 : DX=2.5M DY=20M;INVOER BY DUCHESS : DX=40M DY=20M*

\$

\$FRAME 'FRANB3' 2040,1100,0,0,0,816,55

\$NGRID 'FRANB3' 2040,1100,150,816,55,5,0,0,0

FRAME 'FRANB3' 2040,1100,0,0,0,51,55

BLOCK 'FRANB3' FILE 'DEPTNB3' DEPTH

\$FRAME 'FRAPLN3' 2040,1100,0,0,0,50,50

\$

*****CONTROLE UITVOER*****

\$

\$SHOW 'BOTTGRID' 'LOCATIES' LOC LINES

\$FRAME 'TABCON1' 1600,200,0,0,0,32,10

\$FRAME 'TABCON2' 400,200,1000,650,-25,20,10

\$TABLE 'TABCON1' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FOR LEAK DISS

\$TABLE 'TABCON2' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FOR LEAK DISS

\$PLOT 'FRAMED' 'DETAIL 1B BODEMPROFIEL' ISO DEPTH 5,-5,25

\$PLOT 'FRANB3' 'DETAIL 2B BODEMPROFIEL' ISO DEPTH 5,-5,25

\$PLOT 'FRAMED' 'DETAIL 1B GOLFHOOGTE ' ISO HS 0.5,0.5,6 LINES

\$PLOT 'FRANB3' 'DETAIL 2B GOLFHOOGTE ' ISO HS 0.5,0.5,6 LINES

\$PLOT 'FRAPLN3' 'DETAIL 2B GOLFSPANNINGEN' VEC FORCE 2,1 LINES

\$LINE CONT 200,0,1500,0

\$LINE CONT 1500,0,2300,1722

\$NEST 'FRANB3' 'NESTRB3'

STOP NORUN

//DEPF DD DSN=WWVMRHO.DEPF,DISP=OLD

//INSTR DD DSN=8INSTR,DISP=(NEW,PASS),

// UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(10,10)),

// DCB=(RECFM=YBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068)

//INSTH DD DSN=XINSTH,DISP=(NEW,PASS).

Invoer HISWA-beekening G1

```

//          UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(10,10)),
//          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068)
// *PLTDS  DD DSN=WWVMRHO.TESTB,DISP=OLD
// *PLTDS  DD DSN=WWVMRHO.TESTB,DISP=(NEW,CATLG),
// *          UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(2,2)),
// *          DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
// *
// COMPU   EXEC PGM=HISCOMP
// STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB,DISP=SHR
// FT06F001 DD SYSOUT=A
// INSTR   DD DSN=&INSTR,DISP=(OLD,DELETE)
// HRES    DD DSN=WWVMRHO.GOLFHOB,DISP=OLD
// *HRES   DD DSN=WWVMRHO.GOLFHOB,DISP=(NEW,CATLG),
// *          UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(300,50),RLSE),
// *          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068)
// *
// OUTP    EXEC PGM=HISOUT
// STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB,DISP=SHR
// FT06F001 DD SYSOUT=A
// INSTU   DD DSN=&INSTU,DISP=(OLD,DELETE)
// HRES    DD DSN=*.COMPU.HRES,DISP=OLD
// FORCEB   DD DSN=WWVMRHO.FORCEB,DISP=OLD
// *FORCEB DD DSN=WWVMRHO.FORCEB,DISP=(NEW,CATLG),
// *          UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
// *          DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
// DEPTHB  DD DSN=WWVMRHO.DEPTHB,DISP=OLD
// *DEPTHB DD DSN=WWVMRHO.DEPTHB,DISP=(NEW,CATLG),
// *          UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
// *          DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
// DEPTNB3 DD DSN=WWVMRHO.DEPTNB3,DISP=OLD
// *DEPTNB3 DD DSN=WWVMRHO.DEPTNB3,DISP=(NEW,CATLG),
// *          UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
// *          DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
// NESTRB3 DD DSN=WWVMRHO.NESTRB3,DISP=OLD
// *NESTRB3 DD DSN=WWVMRHO.NESTRB3,DISP=(NEW,CATLG),
// *          UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
// *          DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
// *PLTDS  DD DSN=WWVMRHO.HISWB0,DISP=OLD
// *PLTDS  DD DSN=WWVMRHO.HISWB0,DISP=(NEW,CATLG),
// *          UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(2,2)),
// *          DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
// * EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.FORCEB'
// * EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.GOLFHOB'
// * EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.DEPTHB'
// * EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.DEPTNB3'
// * EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.NESTRB3'
//

```

Invoer HISWA-berekening G1 (vervolg)

```
//WVVGOLF JOB (490,56),R.HOYINCK,REGION=1024K,TIME=(1,30)
//#LOKAAL.HDETUD2 DAG
//*
//PREP EXEC PGM=HISPREP
//STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB,DISP=SHR
//FT06F001 DD SYSOUT=A
//INPUT DD *
```

```
$
*****KOP*****
*****REKENROOSTER EVENWYDIG AAN DE DAM*****
```

```
$
PROJ 'HISWA 1B NEST 1 ' 'NB3'
' BEPALING VAN HET GOLFEVELD EN DE GOLFSPANINGEN '
' IN DE ZONE DAM-KUSTLYN '
' DIR=-10 H=4.5M T=8S MS=4 (DX=2.5M , DY=20M) '
```

```
$
*****DE INVOER GEGEVENS*****
```

```
$
SET 0.2,1,9.21,1
GRID 2040,1100,150,316,55,5 FIXED 0,0,0
BOTTOM 0,0,0,160,183,20,20
READ BOTTOM 1,5,0 FREE
BOUNDARY NEST 'NESTRB3'
BRE
FRIC
```

```
$
*****DE UITVOEROPDRACHTEN*****
```

```
$
$SHOW 'COMPGRID' BOTTOM 5,-5,25 LINES
$SHOW 'BOTTGRID' 'LOCATIES' LOC LINES
```

```
$
**TESTFRAME 'FRTEST1' :DX=1M DY=2M --CONTROLE GOLFSPANNINGSVERLOOP--**
```

```
$
$NGRID 'FRTEST1' 900,240,150,900,30,5,700,0,0
$NEST 'FRTEST1' 'NESTTE1'
```

```
$
**TESTFRAME 'FRTEST2' :DX=1.5M DY=10M --CONTR. GOLFSPANNINGSVERL.--*
```

```
$
$NGRID 'FRTEST2' 900,240,150,600,24,5,700,0,0
$NEST 'FRTEST2' 'NESTTE2'
```

```
$
*****MAASWYDTE 'FRAMEN3' :DX=40M DY=20M --INVOER DUCHESS--***
```

```
$
$FRAME 'FRAMEN3' 2040,1100,0,0,0,51,55
$BLOCK 'FRAMEN3' FILE 'FORCNB3' FORCE
```

```
$
*****GENESTE 'FRAMEN2' : DX=1.5M DY=10M*****
```

```
$
NGRID 'FRAMES2' 1050,800,150,700,80,5,800,0,0
```

```
$
*****
```

```
$
$FRAME 'TABCON1' 1600,200,0,0,0,32,10
$FRAME 'TABCON2' 400,200,1000,650,-25,20,10
$TABLE 'TABCON1' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FOR LEAK DISS
$TABLE 'TABCON2' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FOR LEAK DISS
$FRAME 'TABCON3' 400,200,1250,450,-25,20,10
$TABLE 'TABCON3' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FOR LEAK DISS
$CURVE 'CA' 800,0 24 800,240
$CURVE 'CB' 1000,0 24 1000,240
$CURVE 'CC' 1200,0 24 1200,240
$CURVE 'CD' 1400,0 24 1400,240
$TABLE 'CA' PAPER YP YP DEPTH HS DIR FORCE
```

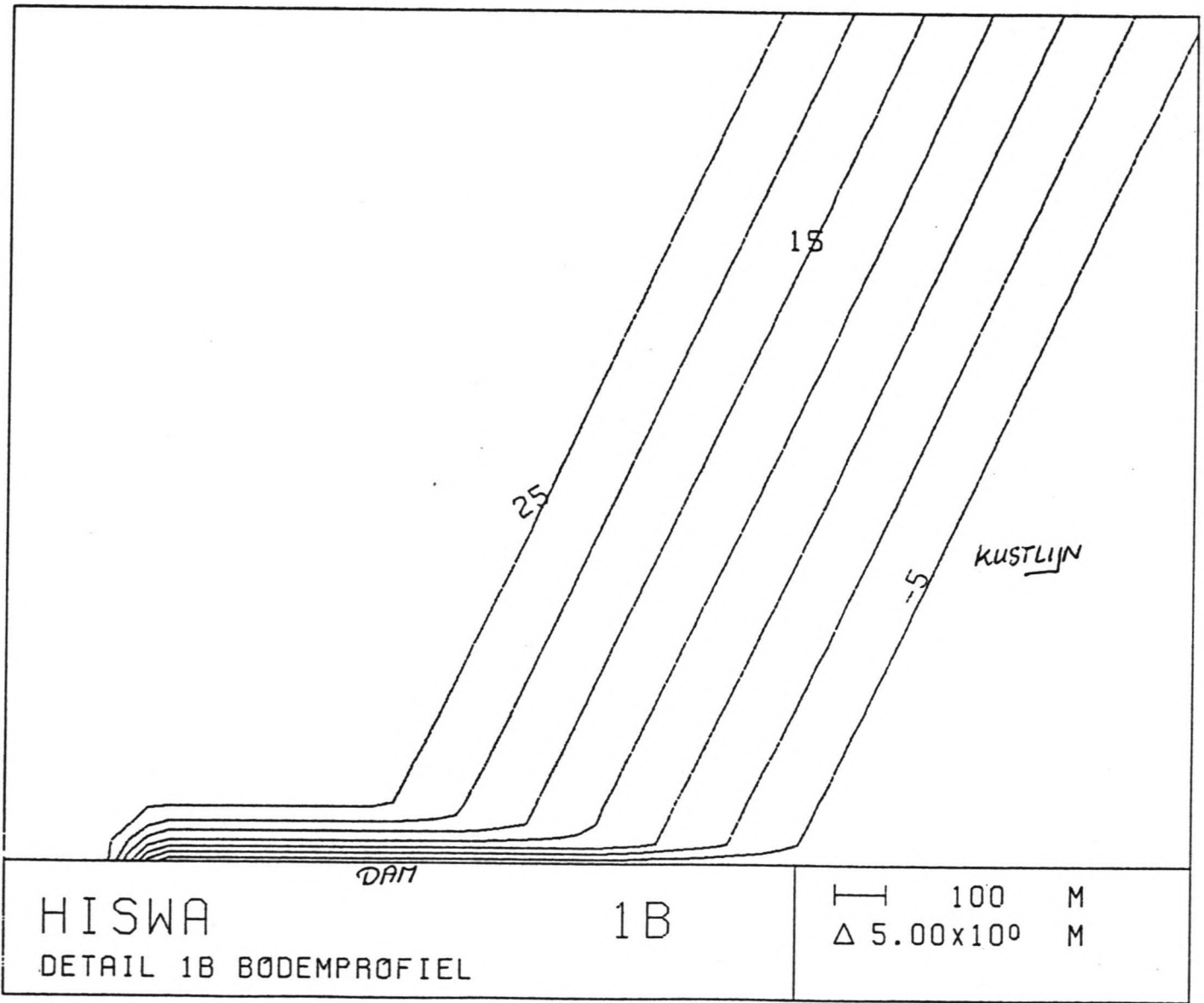
Invoer HISWA-berekening GNI


```

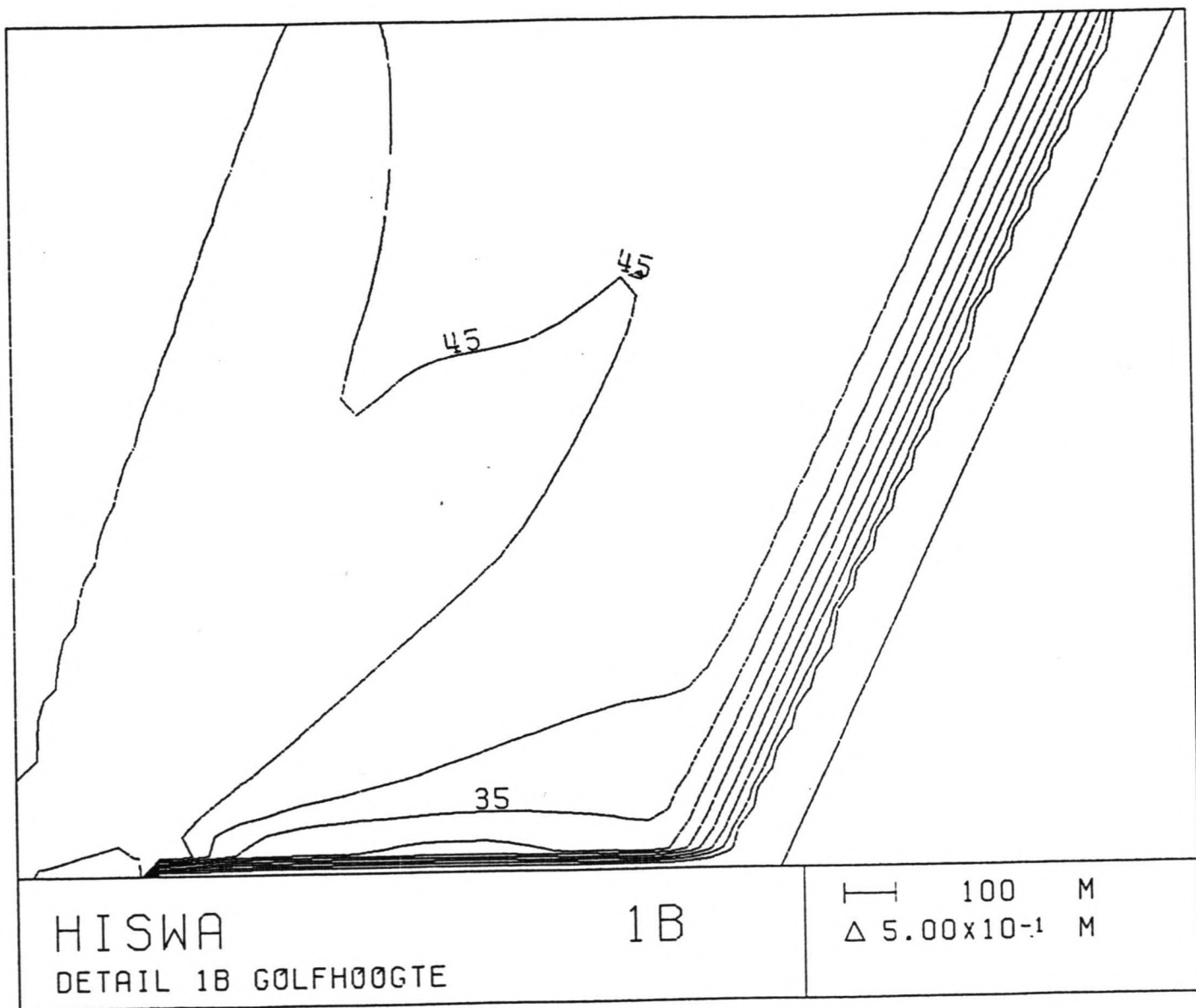
$STABLE 'CS' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FORCE
$STABLE 'CC' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FORCE
$STABLE 'CD' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FORCE
$CURVE 'TE1' 700,0 24 700,240
$CURVE 'TE2' 700,240 45 1600,240
$STABLE 'TE1' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FORCE
$STABLE 'TE2' PAPER XP YP DEPTH HS DIR FORCE
$PLOT 'COMPGRID' 'GOLFSPANNINGEN -NB3-' VEC FORCE 2,2 LINES
$PLOT 'TABCON1' 'GOLFSPANNINGEN LANGS DE DAM-NB3-' VEC FORCE 2,2 LINES
$PLOT 'COMPGRID' 'GOLFHOOGTEN' ISO HS 0.5,0.5,5 LINES
$LINE CONT 200,0,1500,0
$LINE CONT 1500,0,2300,1722
NEST 'FRANES2' 'NESTRB2'
STOP NORUN
//DEPF DD DSN=WWVMRHO.DEPF,DISP=OLD
//INSTR DD DSN=&INSTR,DISP=(NEW,PASS),
// UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(10,10)),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068)
//INSTU DD DSN=&INSTU,DISP=(NEW,PASS),
// UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(10,10)),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068)
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.TESTNB3,DISP=OLD
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.TESTNB3,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(2,2)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//*
//COMPU EXEC PGM=HISCOMP
//STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB,DISP=SHR
//FT06F001 DD SYSOUT=A
//INSTR DD DSN=&INSTR,DISP=(OLD,DELETE)
//HRES DD DSN=WWVMRHO.GOLFN3,DISP=OLD
//*HRES DD DSN=WWVMRHO.GOLFN3,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(300,50),RLSE),
//* DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068)
//*
//NESTRB3 DD DSN=WWVMRHO.NESTRB3,DISP=OLD
//OUTP EXEC PGM=HISOUT
//STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB,DISP=SHR
//FT06F001 DD SYSOUT=A
//INSTU DD DSN=&INSTU,DISP=(OLD,DELETE)
//HRES DD DSN=*.COMPU.HRES,DISP=OLD
//FORCNB3 DD DSN=WWVMRHO.FORCNB3,DISP=OLD
//*FORCNB3 DD DSN=WWVMRHO.FORCNB3,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//*NESTTE2 DD DSN=WWVMRHO.NESTTE2,DISP=OLD
//*NESTTE2 DD DSN=WWVMRHO.NESTTE2,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//NESTTE1 DD DSN=WWVMRHO.NESTTE1,DISP=OLD
//*NESTTE1 DD DSN=WWVMRHO.NESTTE1,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//NESTRB2 DD DSN=WWVMRHO.NESTRB2,DISP=OLD
//*NESTRB2 DD DSN=WWVMRHO.NESTRB2,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.HISWNB3,DISP=OLD
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.HISWNB3,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(2,2)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//* EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.FORCNB3'
//* EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.GOLFN3'
//* EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.NESTTE1'
//* EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.NESTTE2'
//* EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.NESTRB2'
//

```

Invoer HISWA-berekening GN1
(Luzweg)

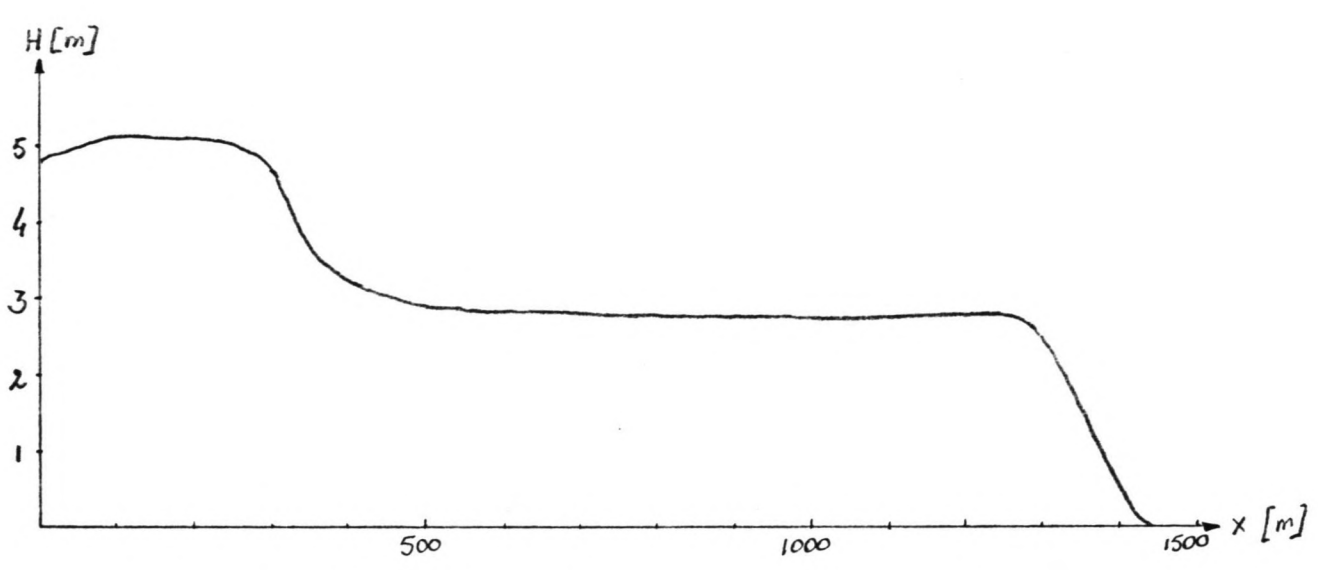


Isolijnen bodemdiepten in het DUCHES-rooster

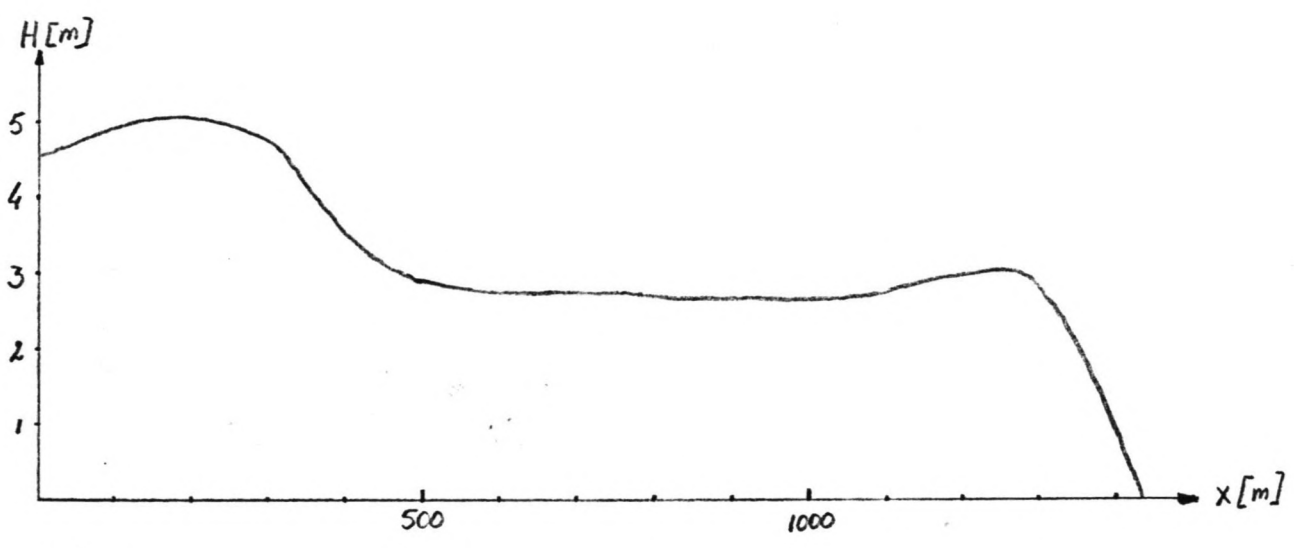


Isolynen golfhoogten - berekening G1

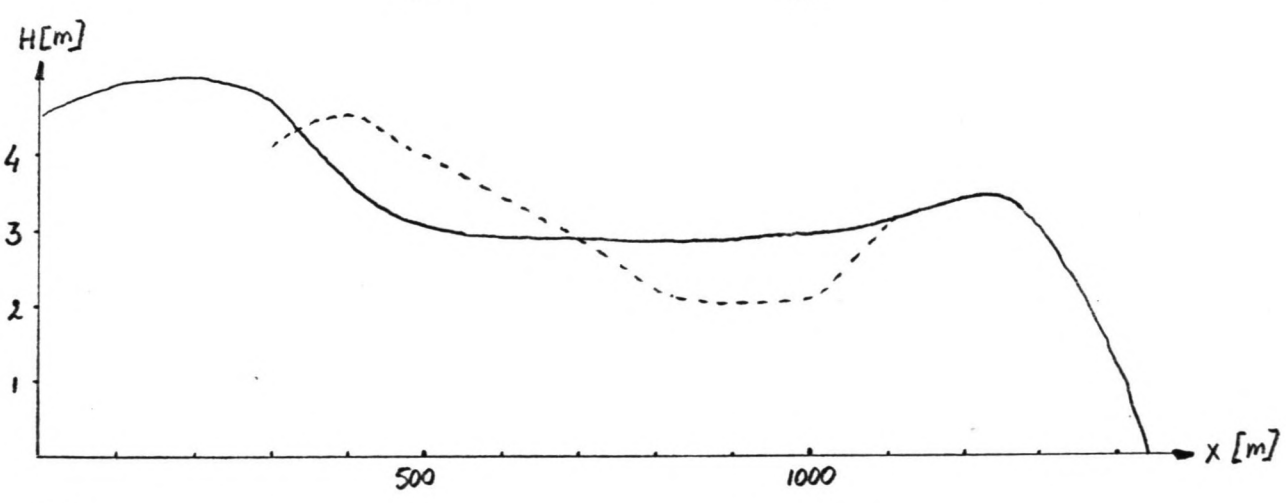
$y = 20m$
GN1



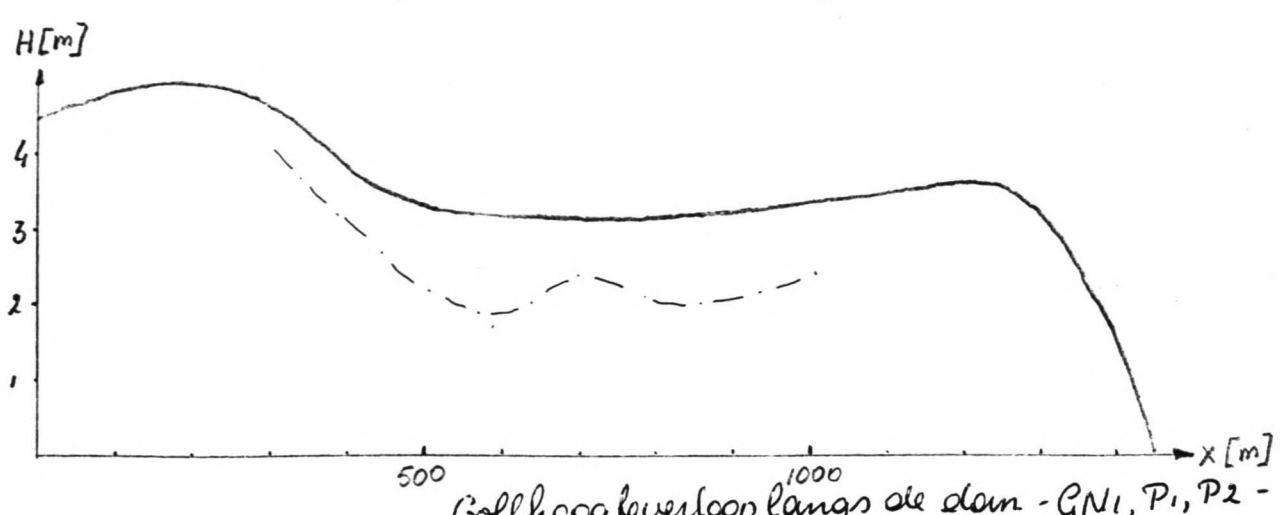
$y = 40m$
GN1



$y = 60m$
GN1
P1

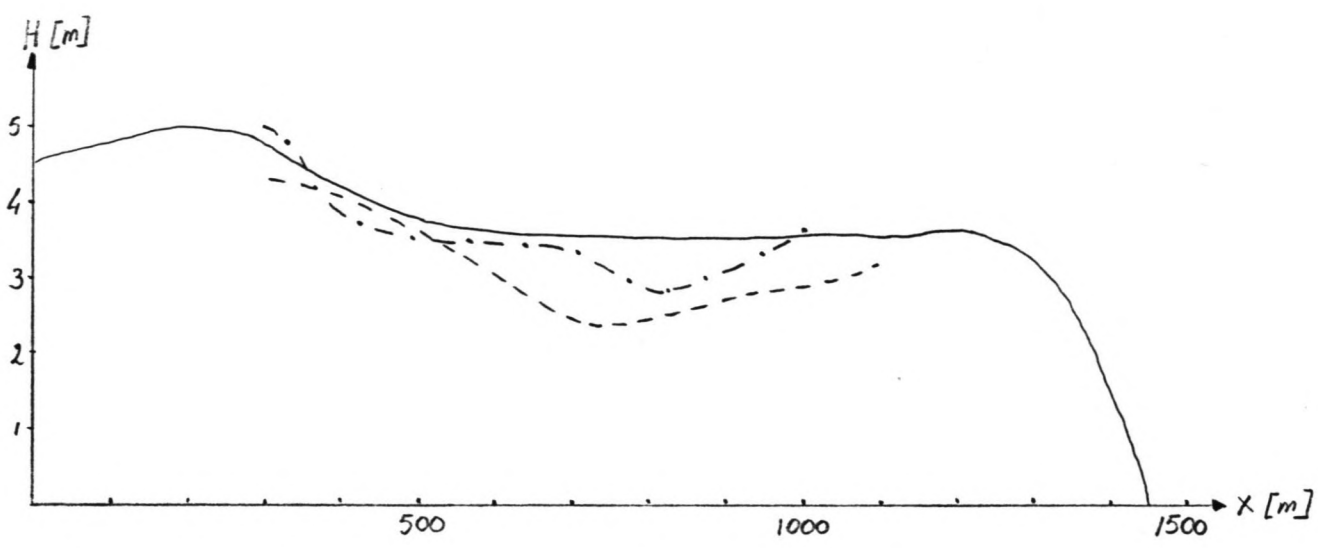


$y = 80m$
GN1
P2

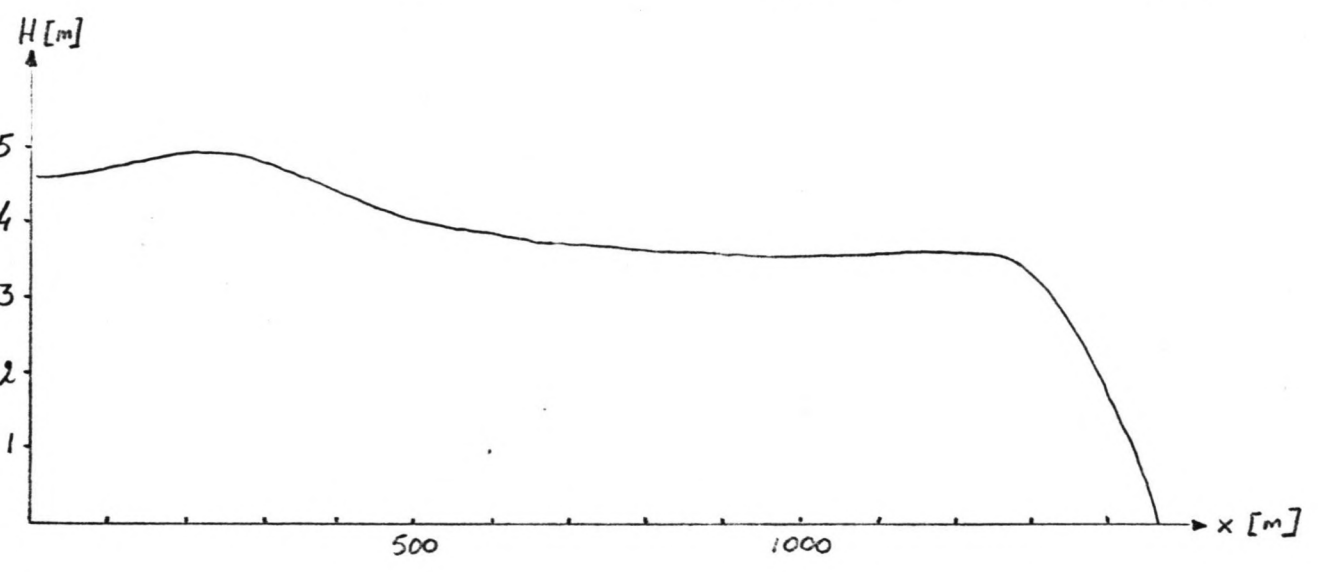


Golfhoogteverloop langs de dam - GN1, P1, P2 -

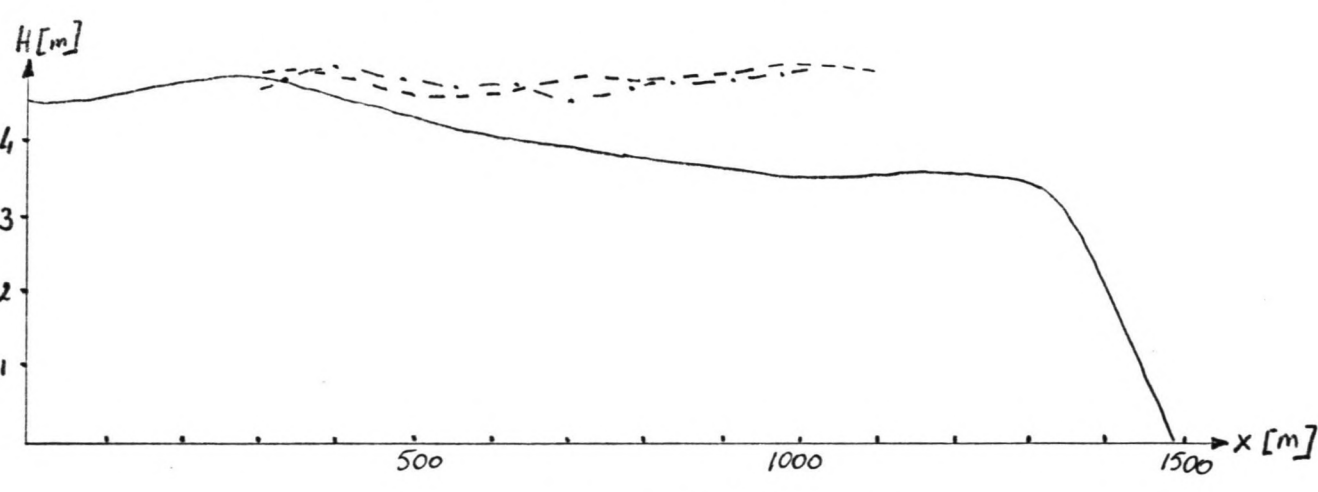
$y = 100m$
 GN1
 P1
 P2



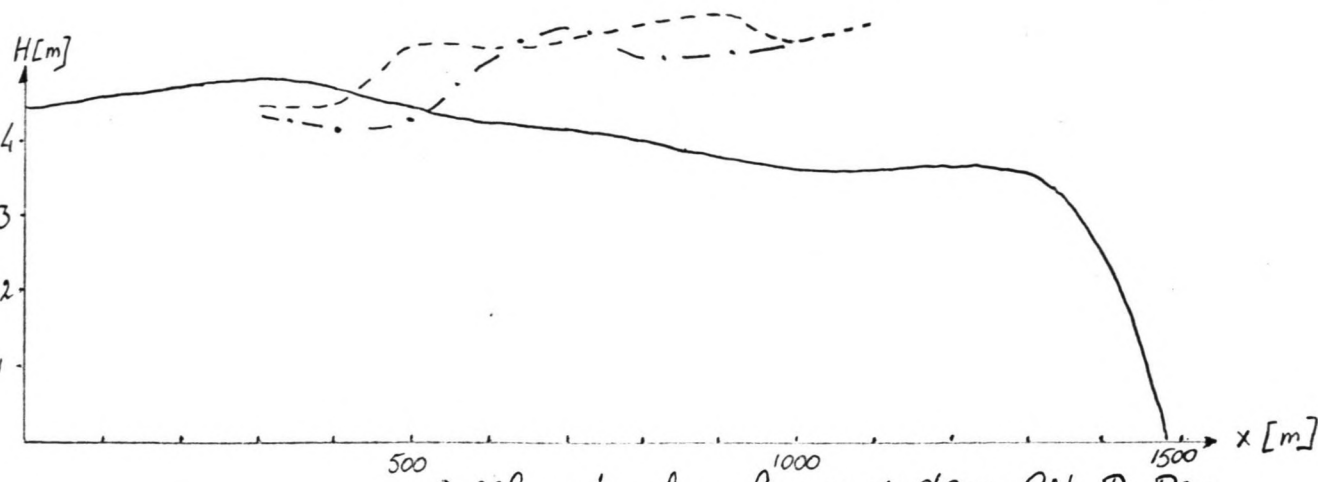
$y = 120m$
 GN1



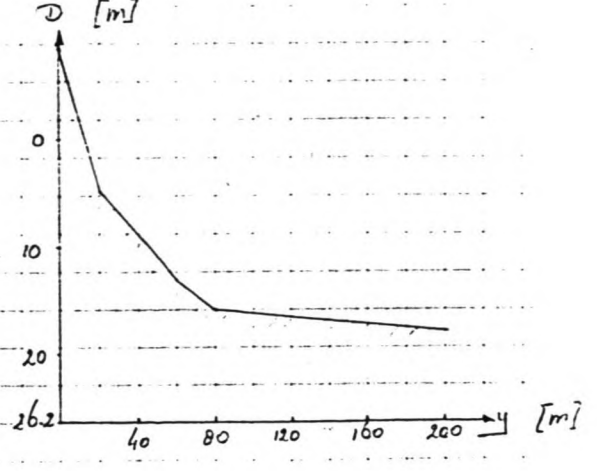
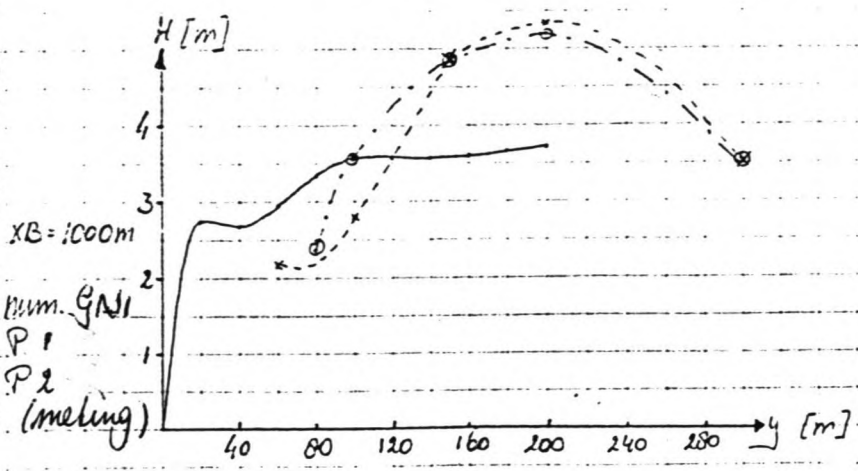
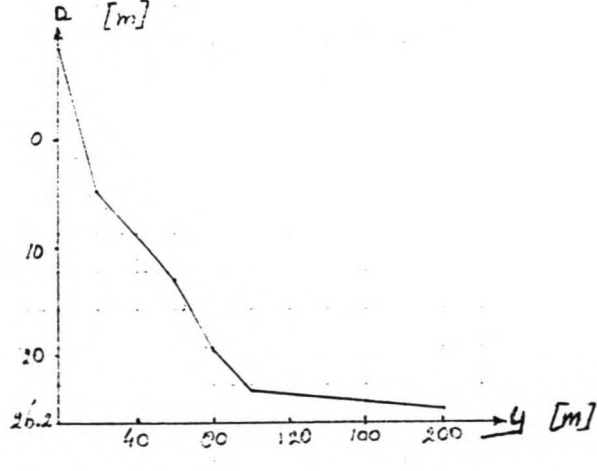
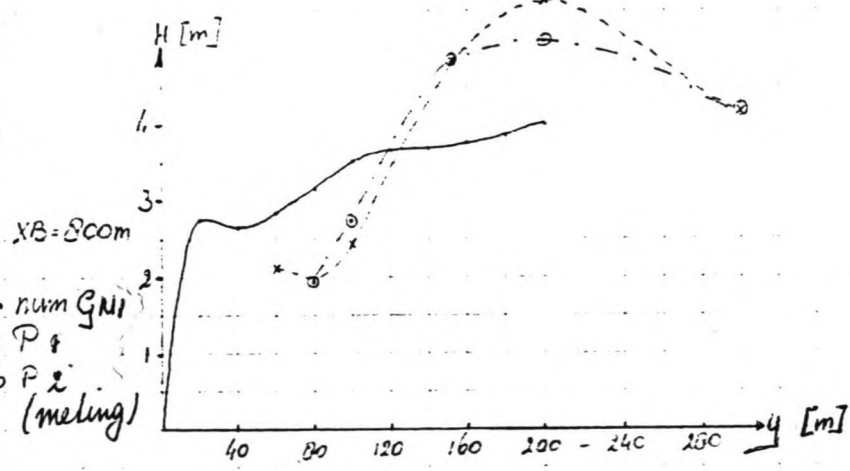
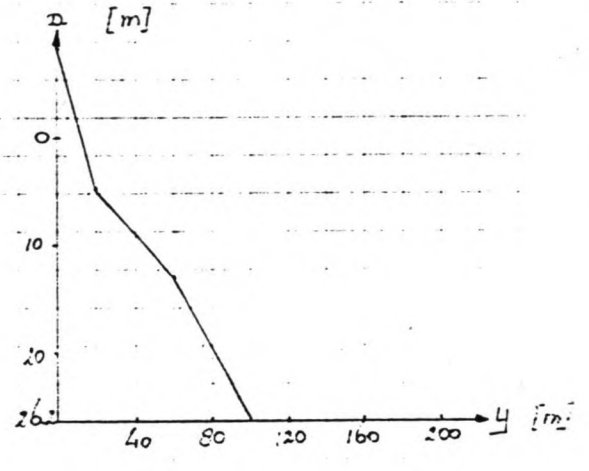
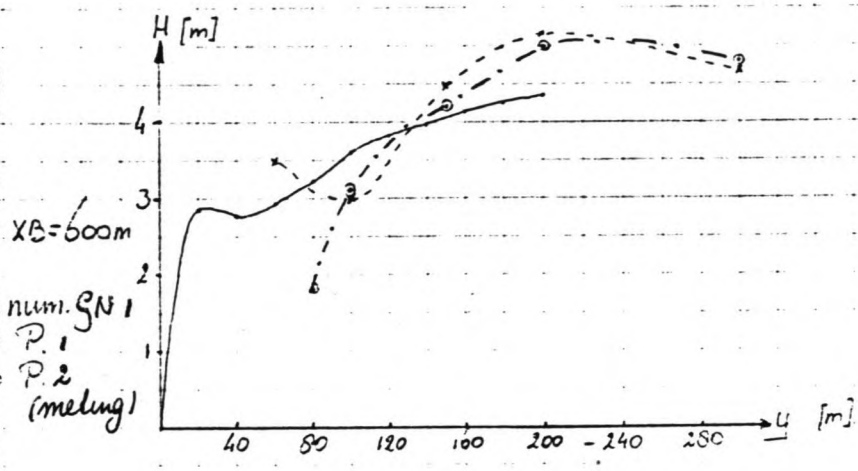
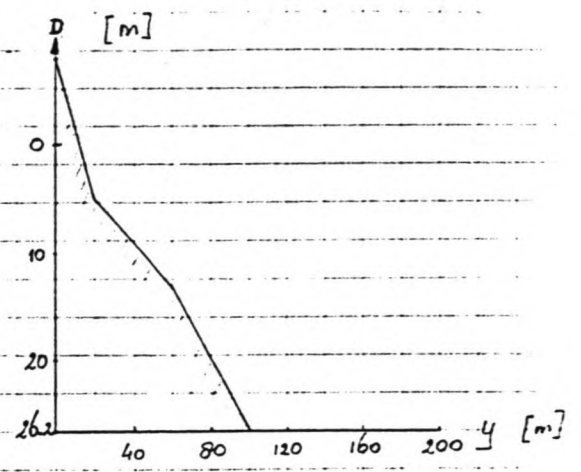
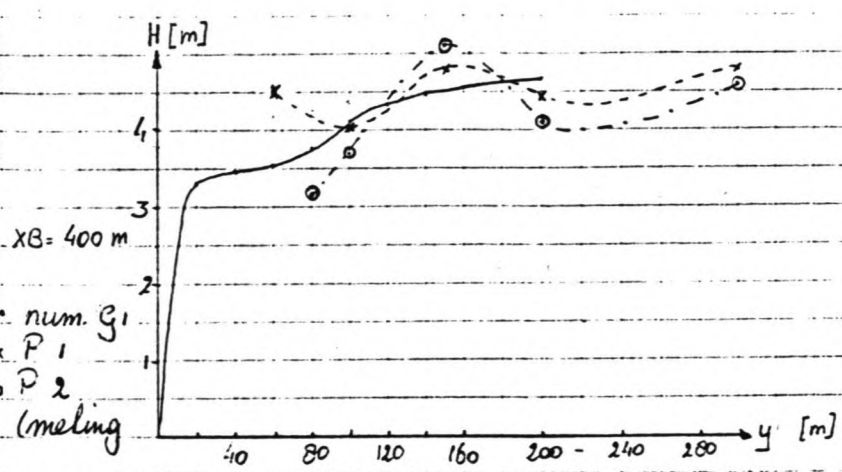
$y = 160m$
 GN1
 P1
 ($y = 150m$)
 P2
 ($y = 150m$)



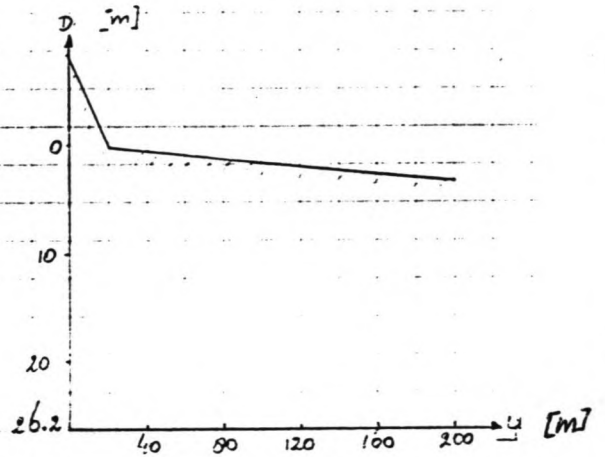
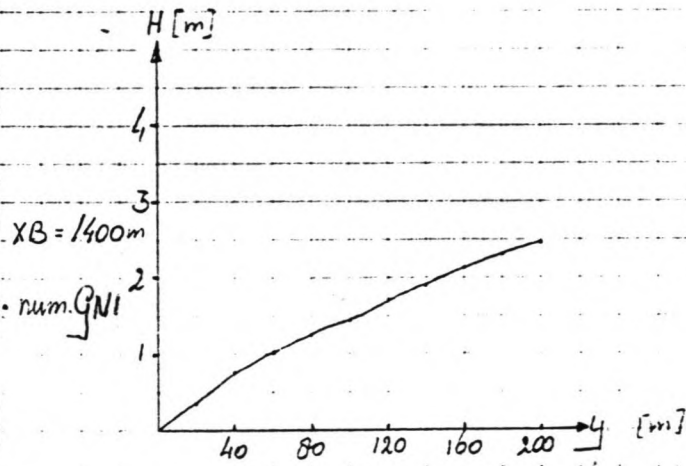
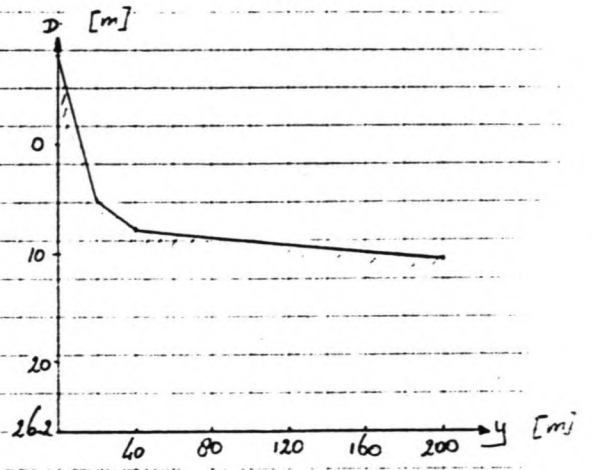
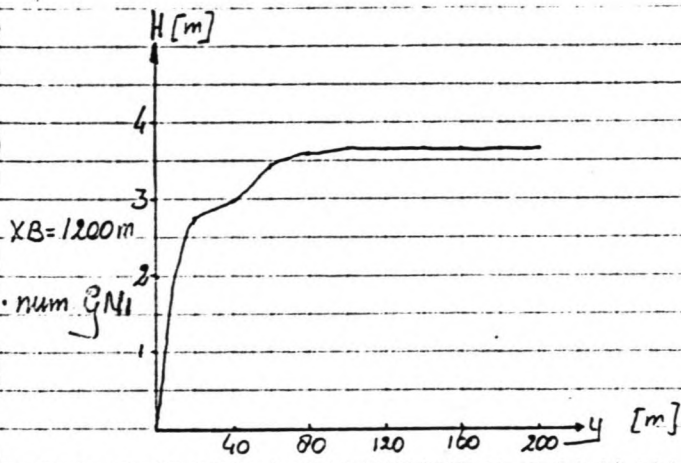
$y = 200m$
 GN1
 P1
 P2



Golfhoogteverloop langs de dam - GN1, P1, P2 -



Golfhoogteverloop en bodiem diepten
 dwars op de dunn - GN1, P1 en P2 -



Golf hoogteverloop en bodemdiepten
dwars op de clam - GN1

```

//WVVCURR JOB (490,56), 'R.HOYINCK', REGION=2000K, TIME=(,10)
//*LOKAAL.HDETUD2 DAG
#JOBPARM LINES=4
// EXEC PGM=DUCHESS
//STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB, DISP=SHR
//FT06F001 DD SYSOUT=A
//TABLE14 DD SYSOUT=A
//TABLE15 DD SYSOUT=A
//TABLE20 DD SYSOUT=A
//TABLE21 DD SYSOUT=A
//BACKUP1 DD DSN=WWVMRHO.BACKUP1, DISP=OLD
//*BACKUP1 DD DSN=WWVMRHO.BACKUP1, UNIT=DISK,
//* DISP=(NEW,CATLG), SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(RECFM=VBS, LRECL=19064, BLKSIZE=19068)
//INPUT DD *
PROJECT 'DUCHESS' '180'
'BEPALING VAN DE STROMINGEN AAN DE HAND VAN DE BY'
' HISWA BEPAALDE GOLFSPANNINGEN DX=40M DY=40M '
' DIR=-10 H=4.5M T=3S MS=4 VISC=4 F=0.005 '

COND 1
SET STEP=20
GRID 59,44,40,40 LEFT
PLAN ALL
BOTTOM FILE 'DEPTHB' -1,3,0 FREE
FRICT CONSTANT 0.005
VISC 4
STORM FILE STRESS SC=1 'FORCES' 3 FREE
INIT H CONSTANT 0
INIT QX CONSTANT 0
INIT QY CONSTANT 0
BOUNDARY QY CONSTANT 0 1,1 59,1
BOUNDARY QX CONSTANT 0 1,1 1,44
BOUNDARY QY CONSTANT 0 1,44 59,44
$
$*****PROGRAMMA TEND=4000*****
$
$OUTPUT BEGIN=4000 INTERVAL=1.E10 'BACKUP1' BACKUP
$*****
$OUTPUT INTERVAL=1.E10 PLOT TITLE='DIEPTELYNEN INT=5M' BOUND &
$ISO B 5,-25,5
$OUTPUT BEGIN=3800 INTERV=100 BLOCK PAPER VX ,3,1,59,1,44
$OUTPUT BEGIN=3800 INTERV=100 BLOCK PAPER VY ,3,1,59,1,44
$OUTPUT BEGIN=3800 INTERV=100 BLOCK PAPER H ,3,1,59,1,44
$OUTPUT BEGIN=3000 INTERV=50 'TABLE14' TABLE DISK QX SC=1 1300,50 &
$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
$1691,958 2000,1500 2000,1600 2100,1600 600,100 600,200 600,300 &
$1100,1600 100,800
$OUTPUT BEGIN=3000 INTERV=50 'TABLE14' TABLE DISK QY SC=1 1300,50 &
$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
$1691,958 2000,1500 2000,1600 2100,1600 600,100 600,200 600,300 &
$1100,1600 100,800
$OUTPUT BEGIN=3000 INTERV=50 'TABLE14' TABLE DISK H SC=1 1300,50 &
$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
$1691,958 2000,1500 2000,1600 2100,1600 600,100 600,200 600,300 &
$1100,1600 100,800
$OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=1.E10 'TABLE20' TABLE DISK D SC=1 1300,50 &
$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
$1691,958 2000,1500 2000,1600 2100,1600 600,100 600,200 600,300 &
$1100,1600 100,800
$OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=1.E10 'TABLE21' TABLE DISK D SC=1 100,1100 &
$500,1100 1000,1100 1500,1100 2000,1100
$COMPUTE 4000
$
$*****VERVOLG PROGRAMMA TEND=6000(BACKUP.TEND=4000)*****

```



```

*****GEEN NIEUWE BACKUP MEER MOGELYK*****
$
*****NESTEN 'FRANB3' --DX=40M DY=20M--(HISWA DX=2.5M DY=20M)**
$
OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=1.E10 'DUCNB34' NEST 52,56,40,20,0,0,0
$
RECALL 4000 'BACKUP1'
$
*****NESTEN 'FRANB3' --DX=40M DY=20M--(HISWA DX=2.5M DY=20M)**
$
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 'DUCNB3' NEST 52,56,40,20,0,0,0
$
*****
$
OUTPUT BEGIN=5500 INTERV=100 BLOCK PAPER VX ,3,1,59,1,44
OUTPUT BEGIN=5500 INTERV=100 BLOCK PAPER VY ,3,1,59,1,44
OUTPUT BEGIN=5500 INTERV=100 BLOCK PAPER H ,3,1,59,1,44
OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=100 'TABLE14' TABLE DISK QX SC=1 1300,50 &
1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
1691,958 2000,1500 2000,1600 2100,1600 600,100 600,200 600,300 &
1100,1600 100,300
OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=100 'TABLE14' TABLE DISK QY SC=1 1300,50 &
1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
1691,958 2000,1500 2000,1600 2100,1600 600,100 600,200 600,300 &
1100,1600 100,300
OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=100 'TABLE14' TABLE DISK H SC=1 1300,50 &
1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
1691,958 2000,1500 2000,1600 2100,1600 600,100 600,200 600,300 &
1100,1600 100,300
OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=100 'TABLE15' TABLE DISK QX SC=1 100,1100 &
500,1100 1000,1100 1500,1100 2000,1100
OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=100 'TABLE15' TABLE DISK QY SC=1 100,1100 &
500,1100 1000,1100 1500,1100 2000,1100
OUTPUT BEGIN=4000 INTERV=100 'TABLE15' TABLE DISK H SC=1 100,1100 &
500,1100 1000,1100 1500,1100 2000,1100
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 PLOT ,0,2320,0,1720 'GOLFSPANNINGEN' &
WIND DIST=2 SHORE
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 PLOT ,0,2320,0,1720 &
'GEM.STROOMSNELHEDEN' VEL VSC=1,DIST=2 BOUNDARY
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 PLOT ,0,2320,0,1720 &
'WATERNIVEAU VARIATIES' BOUNDARY ISO H 0.1
COMPUTE 6000
STOP
/*
//DEPTHB DD DSN=WWVMRHO.DEPTHB,DISP=OLD
//FORCEB DD DSN=WWVMRHO.FORCEB,DISP=OLD
//DUCNB3 DD DSN=WWVMRHO.DUCNB3,DISP=OLD
//*DUCNB3 DD DSN=WWVMRHO.DUCNB3,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=4000)
//DUCNB34 DD DSN=WWVMRHO.DUCNB34,DISP=OLD
//*DUCNB34 DD DSN=WWVMRHO.DUCNB34,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=4000)
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.DUCHEB1,DISP=OLD
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.DUCHEB1,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(2,2)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//* EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.DUCNB3'
//* EXEC KEEP,DSN='WWVMRHO.DUCNB34'
//* EXEC KEEP,DSN='BACKUP1'
//

```

Invoer DUCHESS "SI" (nieuwolg)

//WVVCURR JOB (490,56), 'R.HOYINCK', REGION=2000K, TIME=(,10)

//*LOKAAL.HDETUD2 DAG

/*JOBPARM LINES=4

// EXEC PGM=DUCHESS

//STEPLIB DD DSN=WWVM.PROGLIB, DISP=SHR

//FT06F001 DD SYSOUT=A

//TABLE14 DD SYSOUT=A

//TABLE15 DD SYSOUT=A

//TABLE16 DD SYSOUT=A

//TABLE17 DD SYSOUT=A

//TABLE20 DD SYSOUT=A

//TABLE21 DD SYSOUT=A

//BACKUP3 DD DSN=WWVMRHO.BACKUP3, DISP=OLD

//*BACKUP3 DD DSN=WWVMRHO.BACKUP3, UNIT=DISK,

//* DISP=(NEW,CATLG), SPACE=(TRK,(10,10)),

//* DCB=(RECFM=VBS, LRECL=19064, BLKSIZE=19068)

//INPUT DD *

PROJECT 'DUCHESS' '1NB3'

'BEPALING VAN DE STROMINGEN AAN DE HAND VAN DE 3Y'

' HISWA BEPAALDE GOLFSPANNINGEN DX=40M DY=20M '

' DIR=-10 H=4.5M T=8S MS=4 VISC=4 F=0.005 '

COND 1

SET STEP=20, TIME=4000

GRID 52,56,40,20 LEFT

PLAN ALL

BOTTOM FILE 'DEPTHB3' -1,3,0 FREE

FRICT CONSTANT 0.005

VISC 4

STORM FILE STRESS SC=1 'FORCNB3' 3 FREE

INIT H FILE 'INIT' IDLA=4 FREE

INIT QX FILE 'INIT'

INIT QY FILE 'INIT'

*****INVOER VAN 4000-6000 *****

\$

\$BOUNDARY NEST 'CORNB34' 20

\$

*****INVOER VAN 6000-..... *****

\$

BOUNDARY NEST 'CORNB3' 20

\$

\$

BOUNDARY QY CONSTANT 0 1,1 52,1

BOUNDARY QX CONSTANT 0 1,1 1,56

\$

*****PROGRAMMA TEND=6000*****

\$

\$OUTPUT BEGIN=6000 INTERVAL=1.E10 'BACKUP3' BACKUP

\$

\$

\$OUTPUT BEGIN=3000 INTERV=100 'TABLE14' TABLE DISK QX SC=1 1300,50 &

\$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &

\$1691,958 600,100 600,200 600,300 100,800

\$OUTPUT BEGIN=3000 INTERV=100 'TABLE15' TABLE DISK QY SC=1 1300,50 &

\$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &

\$1691,958 600,100 600,200 600,300 100,800

\$OUTPUT BEGIN=3000 INTERV=100 'TABLE16' TABLE DISK H SC=1 1300,50 &

\$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &

\$1691,958 600,100 600,200 600,300 100,800

\$OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 'TABLE20' TABLE DISK D SC=1 1300,50 &

\$1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &

\$1691,958 600,100 600,200 600,300 100,800

\$OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 'TABLE21'

Invoer DUCHESS "SI"

```
$750,500 1000,700 1300,700
$OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 PLOT ,0,2080,0,1120 &
$'GEM.STROOMSNELHEDEN' VEL VSC=1,DIST=2 BOUNDARY
$OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=1.E10 PLOT ,910,1830,0,720 &
$'GEM.STROOMSNELHEDEN IN DE ZONE DAM-KUSTLYN' VEL VSC=1,DIST=1 BOUNDARY
$COMPUTE 6000
$STOP
$
```

```
$*****EINDE PROGRAMMA 4000-6000*****
$
```

```
RECALL 6000 'BACKUP3'
SHOW LOCATIONS , 'CONTROLEPUNTEN'
OUTPUT INTERVAL=1.E10 PLOT TITLE='DIEPTELYNEN INT=5M' BOUND &
ISO B 5,-25,5
```

```
OUTPUT BEGIN=7800 INTERV=100 BLOCK PAPER VX ,3,1,52,1,56
OUTPUT BEGIN=7800 INTERV=100 BLOCK PAPER VY ,3,1,52,1,56
OUTPUT BEGIN=7800 INTERV=100 BLOCK PAPER H ,3,1,52,1,56
OUTPUT BEGIN=7800 INTERV=100 BLOCK PAPER VX ,1,24,35,1,35
OUTPUT BEGIN=7800 INTERV=100 BLOCK PAPER VY ,1,24,35,1,35
OUTPUT BEGIN=7800 INTERV=100 BLOCK PAPER H ,1,24,35,1,35
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=100 'TABLE14' TABLE DISK QX SC=1 1300,50 &
1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
1691,958 600,100 600,200 600,300 100,800
```

```
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=100 'TABLE15' TABLE DISK QY SC=1 1300,50 &
1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
1691,958 600,100 600,200 600,300 100,800
```

```
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=100 'TABLE16' TABLE DISK H SC=1 1300,50 &
1300,100 1300,150 1300,200 1345,179 1391,158 1600,1000 1645,979 &
1691,958 600,100 600,200 600,300 100,800
```

```
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=100 'TABLE17' TABLE DISK QX SC=1 950,100 &
950,500 1000,700 1500,700
```

```
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=100 'TABLE17' TABLE DISK QY SC=1 950,100 &
950,500 1000,700 1500,700
```

```
OUTPUT BEGIN=6000 INTERV=100 'TABLE17' TABLE DISK H SC=1 950,100 &
950,500 1000,700 1500,700
```

```
OUTPUT BEGIN=8000 INTERV=1.E10 TABLE PAPER QX 0,0 0,200 0,500 &
0,1000 0,2000 100,2040 600,2040 500,1100 0,1100 500,0 200,0
```

```
OUTPUT BEGIN=8000 INTERV=1.E10 TABLE PAPER QY 0,0 0,200 0,500 &
0,1000 0,2000 100,2040 600,2040 500,1100 0,1100 500,0 200,0
```

```
OUTPUT BEGIN=8000 INTERV=1.E10 TABLE PAPER H 0,0 0,200 0,500 &
0,1000 0,2000 100,2040 600,2040 500,1100 0,1100 500,0 200,0
```

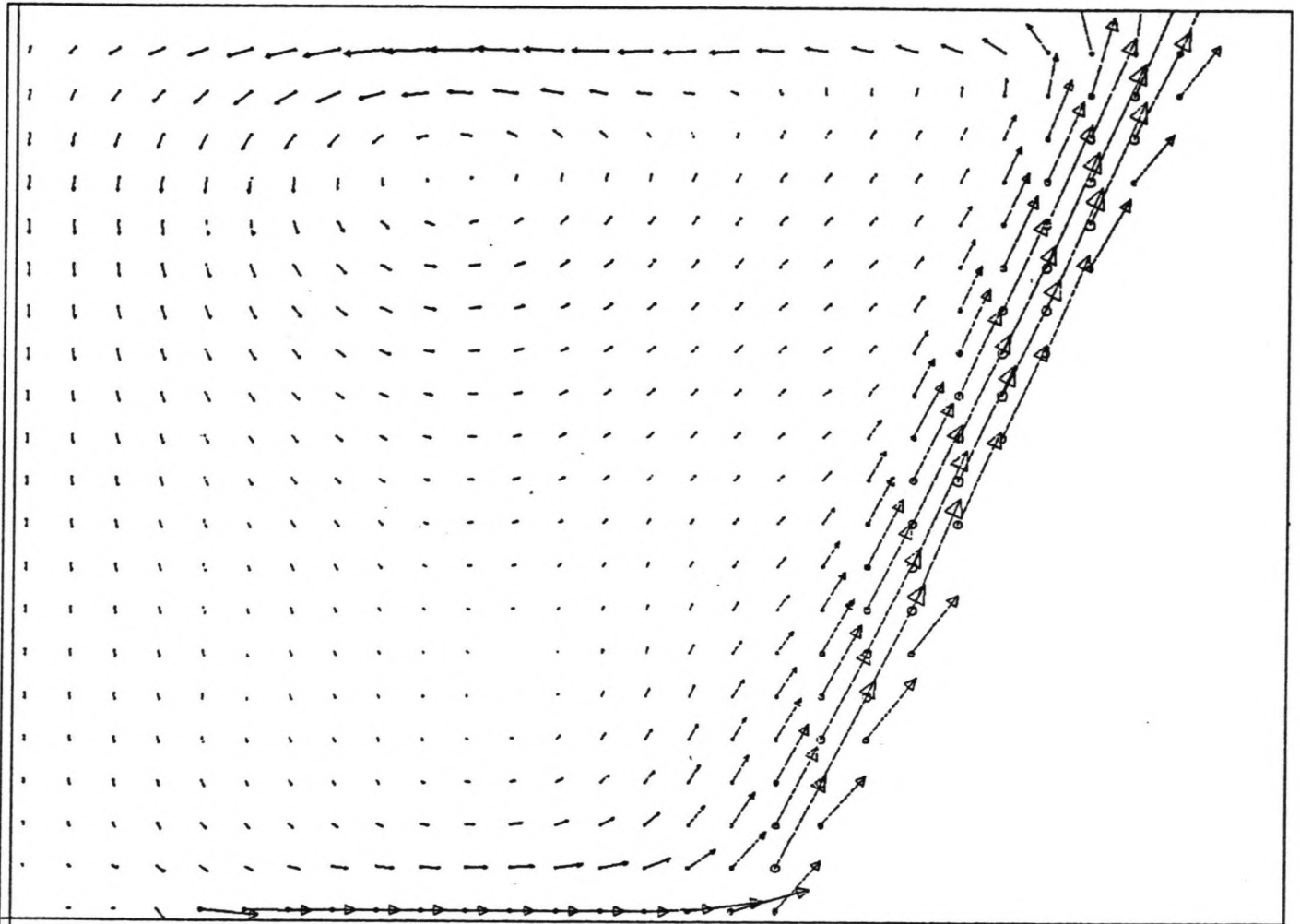
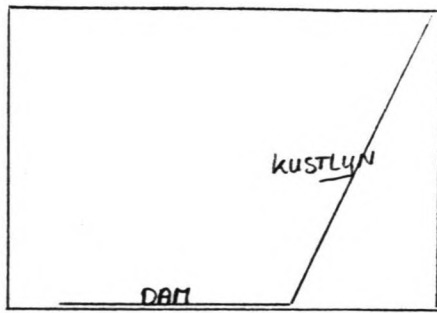
```
OUTPUT BEGIN=8000 INTERV=1.E10 PLOT ,0,2080,0,1120 &
'GEM.STROOMSNELHEDEN' VEL VSC=1,DIST=2 BOUNDARY
OUTPUT BEGIN=8000 INTERV=1.E10 PLOT ,910,1830,0,720 &
'GEM.STROOMSNELHEDEN IN DE ZONE DAM-KUSTLYN' VEL VSC=1,DIST=1 BOUNDARY
OUTPUT BEGIN=8000 INTERV=1.E10 PLOT ,0,2080,0,1120 &
'WATERNIVEAU VARIATIES' BOUNDARY ISO H 0.1
```

```
$
$*****NESTEN 'FRAME1' --DX=20M DY=10M--(HISWA.DX=1.5M DY=10M)**
$
```

```
OUTPUT BEGIN=8000 INTERV=1.E10 'DUCNB1' NEST 43,71,20,10,950,0,0
$
```



```
COMPUTE 8000
STOP
/*
```

```
//DEPTNB3 DD DSN=WWVMRHO.DEPTNB3,DISP=OLD
//FORCNB3 DD DSN=WWVMRHO.FORCNB3,DISP=OLD
//CORNB34 DD DSN=WWVMRHO.CORNB34,DISP=OLD
//CORNB3 DD DSN=WWVMRHO.CORNB3,DISP=OLD
//INIT DD DSN=WWVMRHO.INIT4000,DISP=OLD
//DUCNB1 DD DSN=WWVMRHO.DUCNB1,DISP=OLD
//*DUCNB1 DD DSN=WWVMRHO.DUCNB1,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,SPACE=(TRK,(10,10)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=4000)
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.DUCHEB3,DISP=OLD
//*PLTDS DD DSN=WWVMRHO.DUCHEB3,DISP=(NEW,CATLG),
//* UNIT=DISK,VOL=SER=DISK10,SPACE=(TRK,(2,2)),
//* DCB=(LRECL=80,RECFM=FB,BLKSIZE=2400)
//* EXEC KEEP,DSN=WWVMRHO.DUCNB1'
//* EXEC KEEP,DSN='BACKUP3'
```

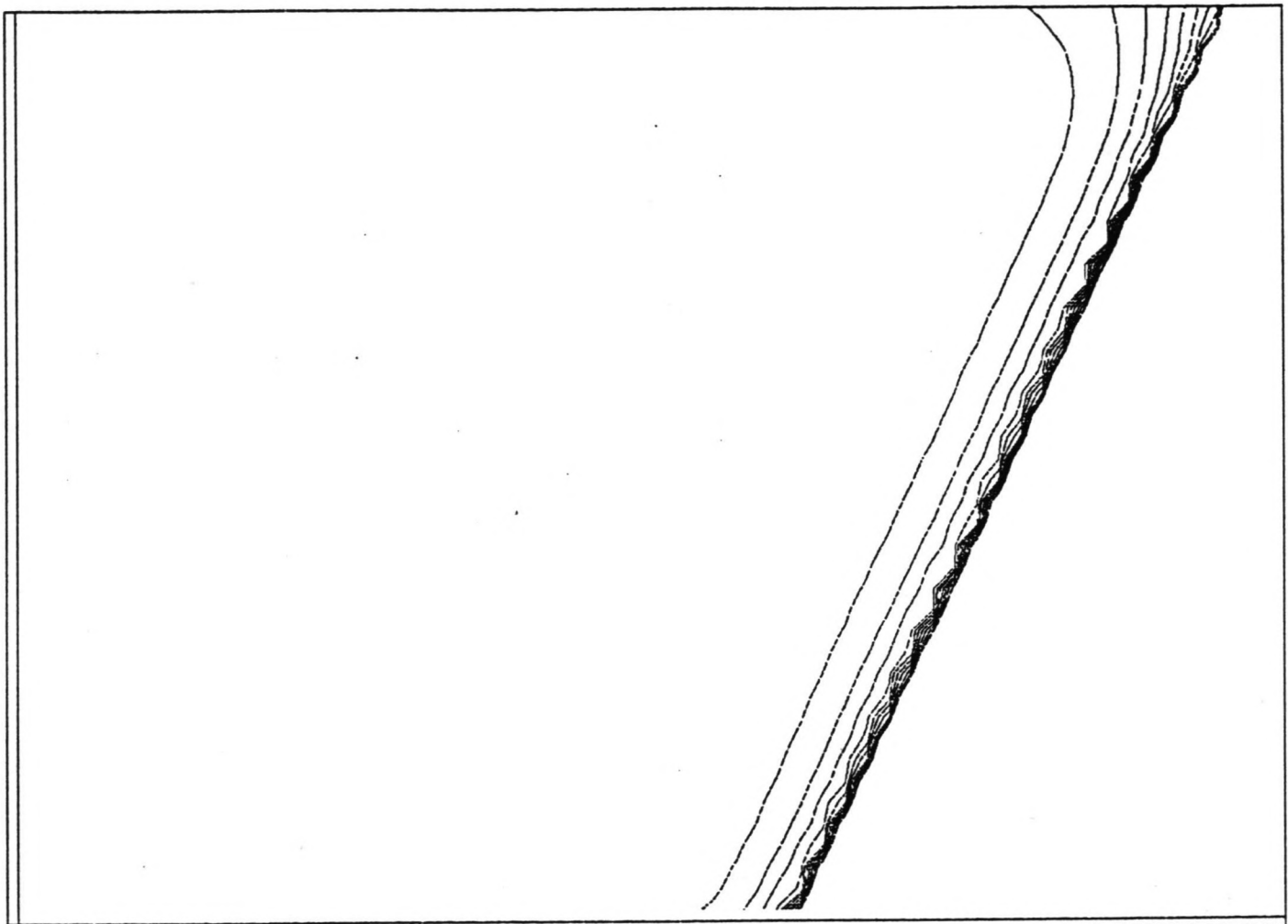


DUCHESS
 GEM. STROOMSNELHEDEN

180

TIME	6000	SEC
	100	M
	1.000	M/S

Stroomingsbeeld in DUCHESS-rooster
 - bepaald met 'SI' -



DUCHESS

1B0

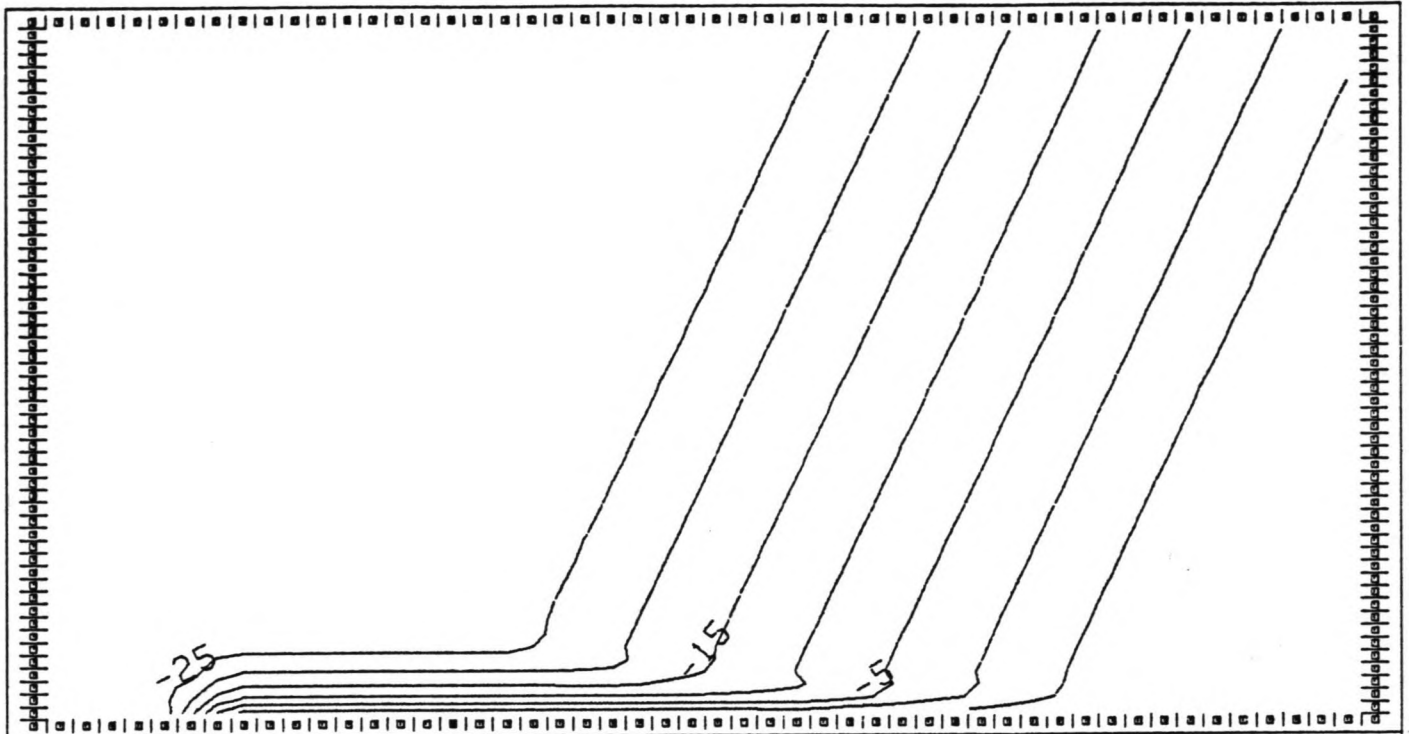
WATERNIVEAU VARIATIES

TIME 6000 SEC

— 100 M

$\Delta 1.00 \times 10^{-1}$ M

*isolijnen waterniveauvariaties in DUCHESS-1000 test
- bepaald met "S1"*

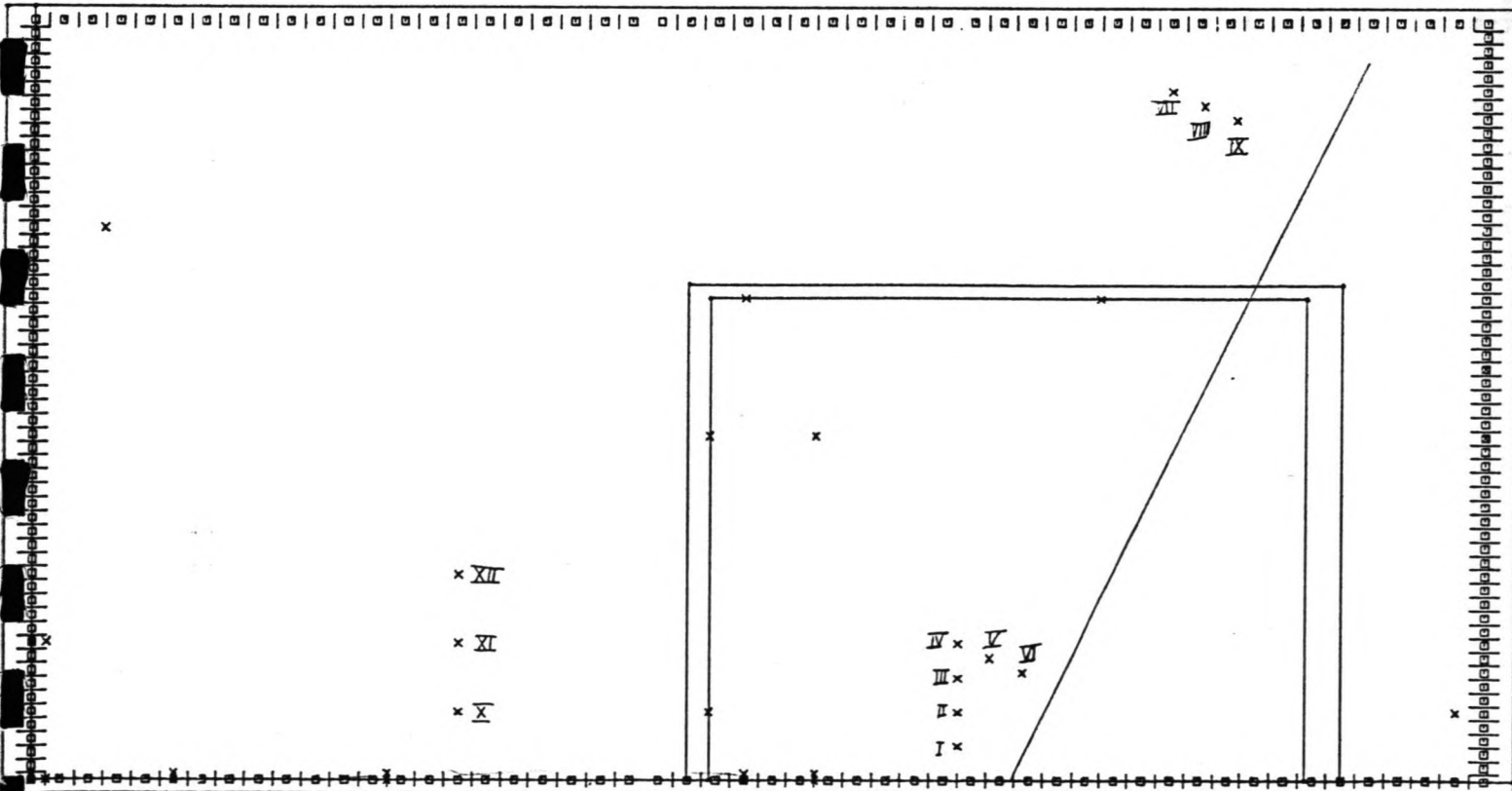


DUCHESS
 DIEPTELYNEN INT=5M

1NB3

TIME 6000 SEC
 — 100 M
 $\Delta 5.00 \times 10^0$ M

Isolijnen bodemdiepten in geneste DUCHESS-rooster

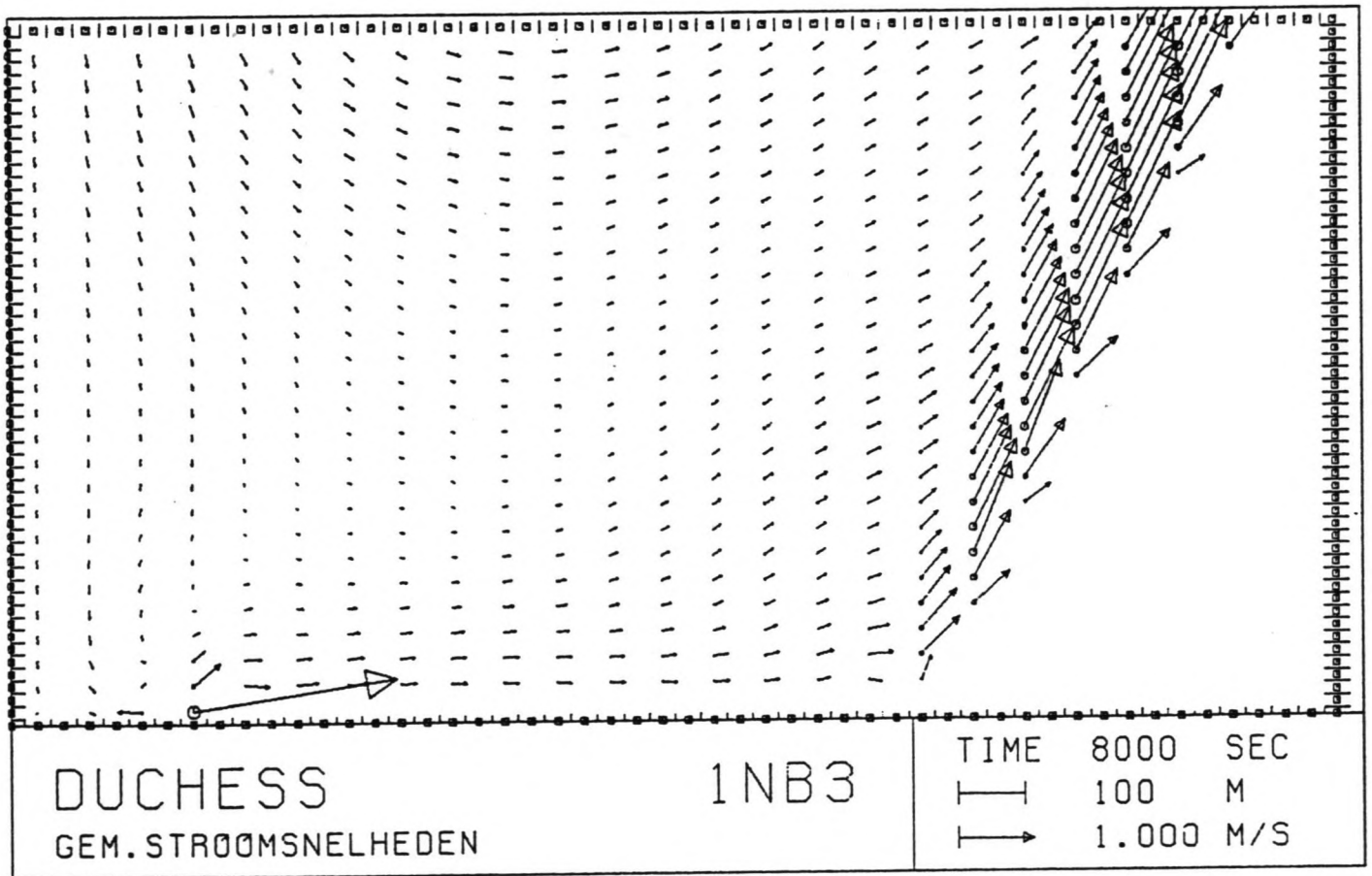


DUCHESS
 CONTROLPUNTEN

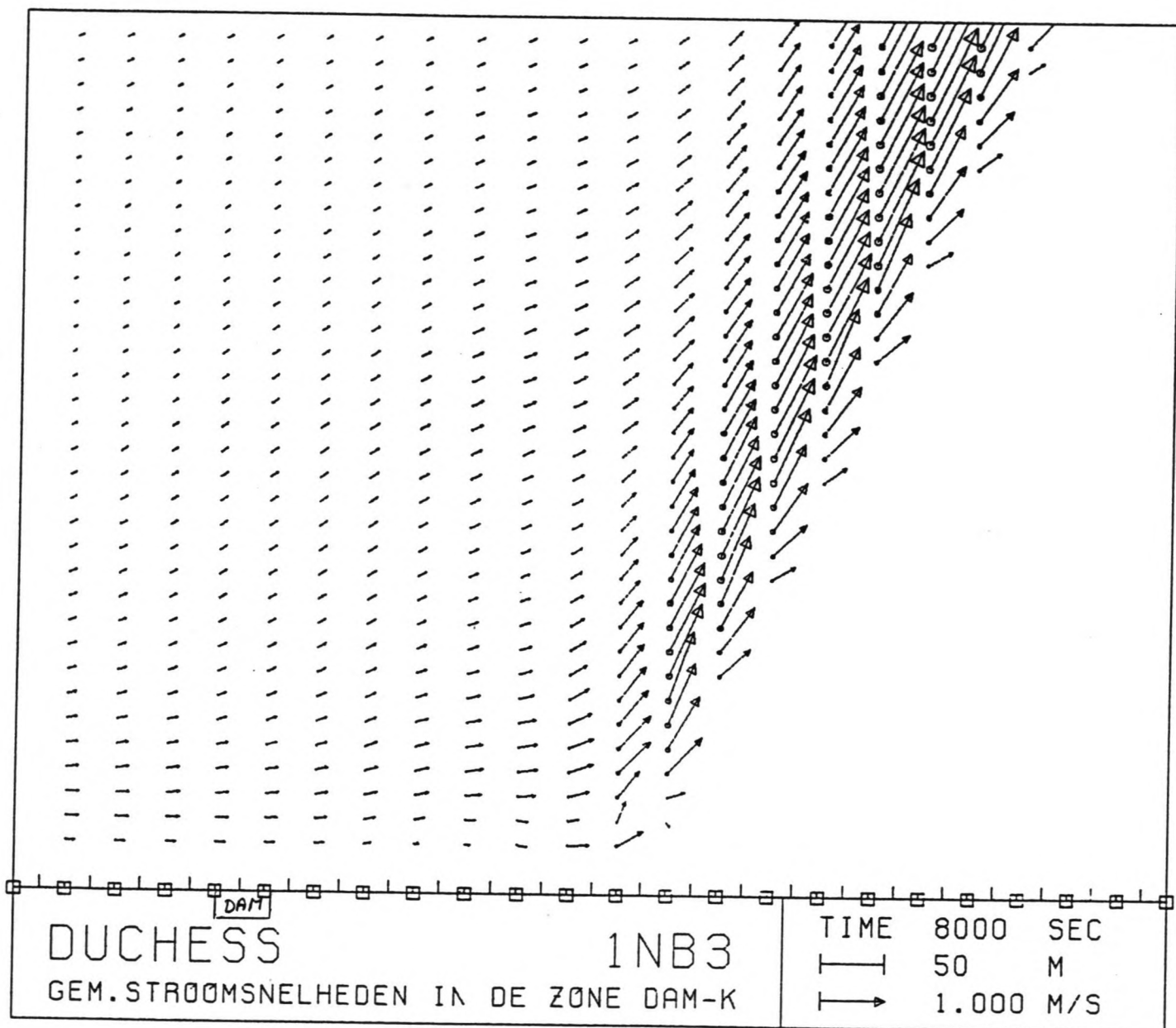
1NB3

— 100 M

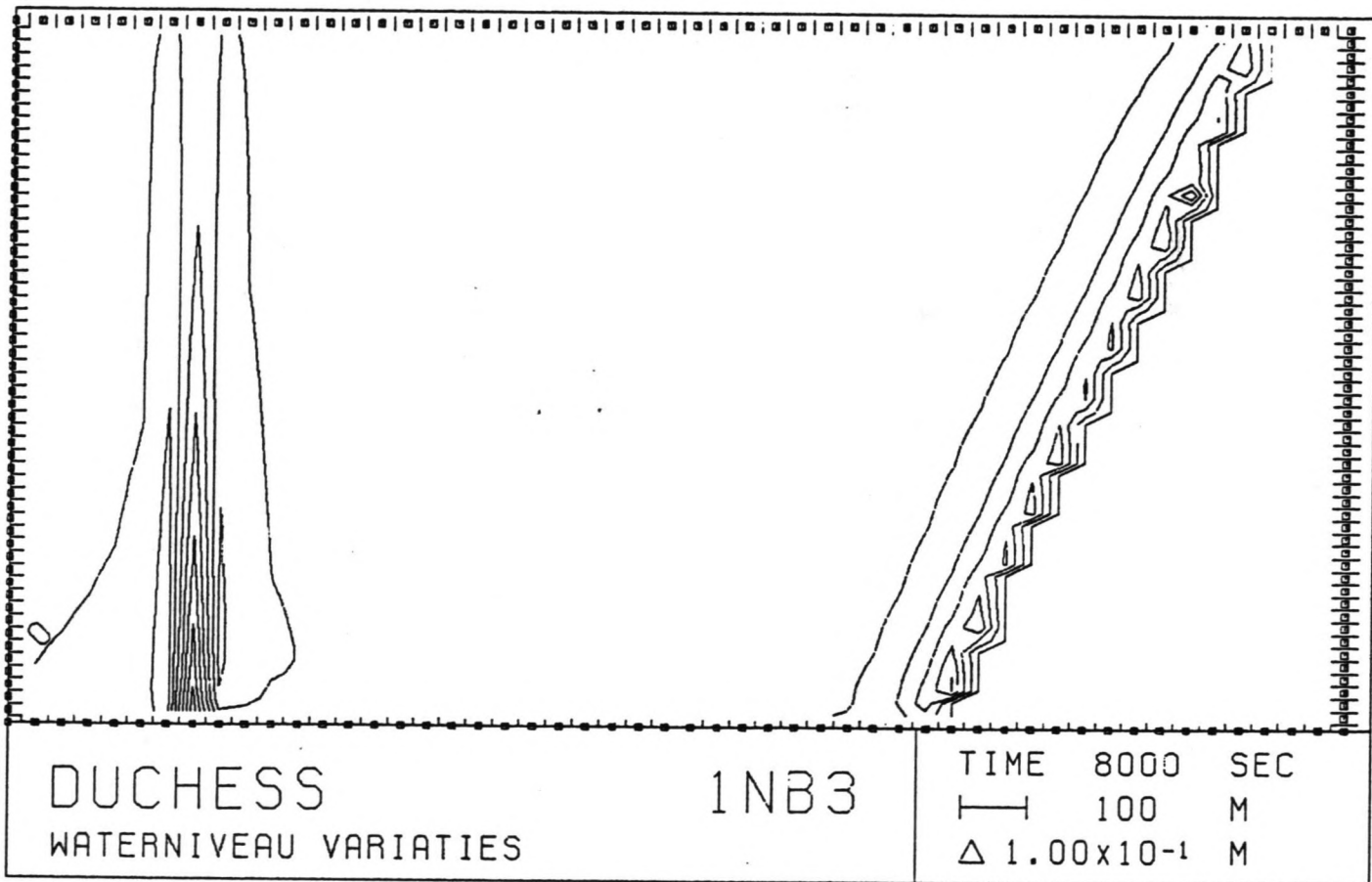
Controlpunten in geneste DUCHESS-rooster



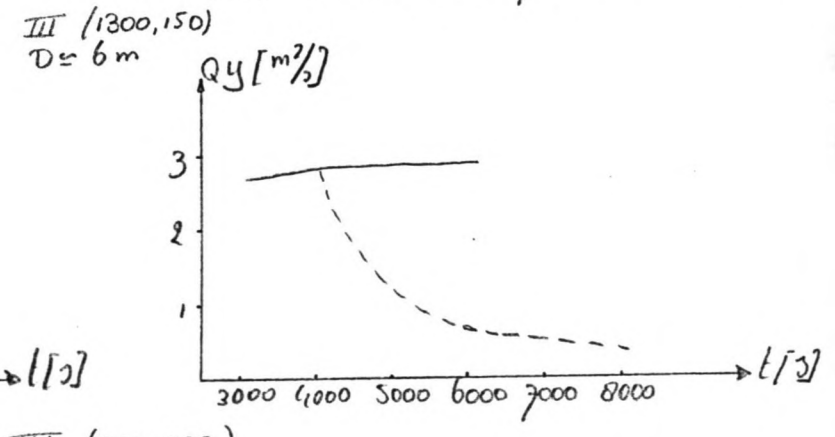
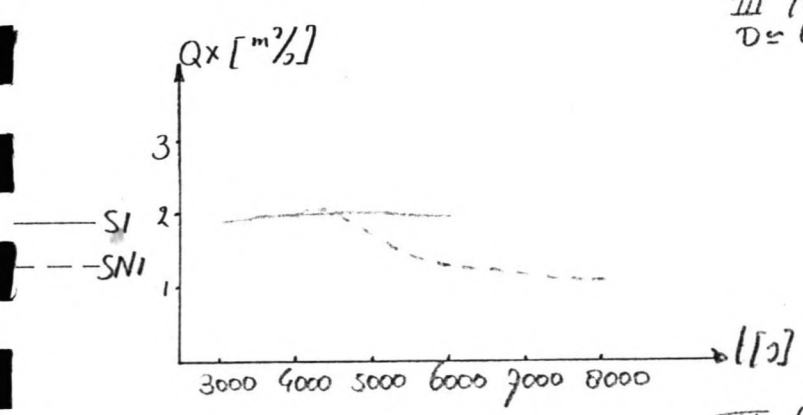
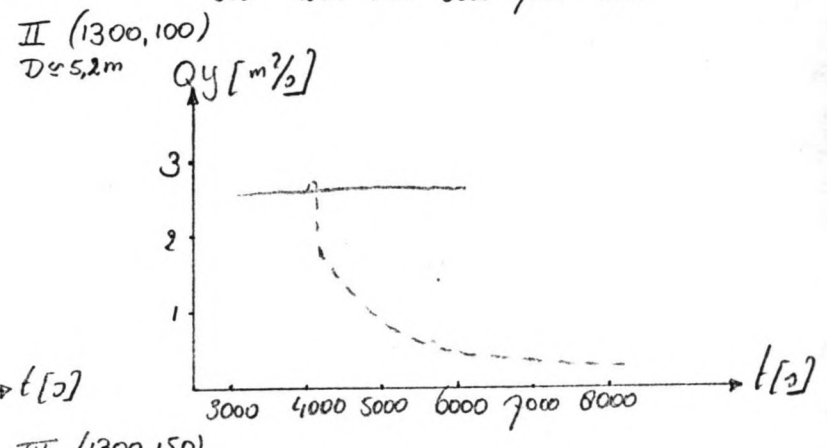
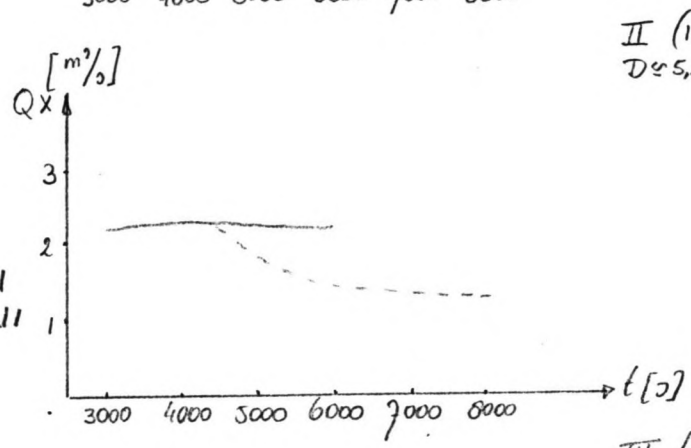
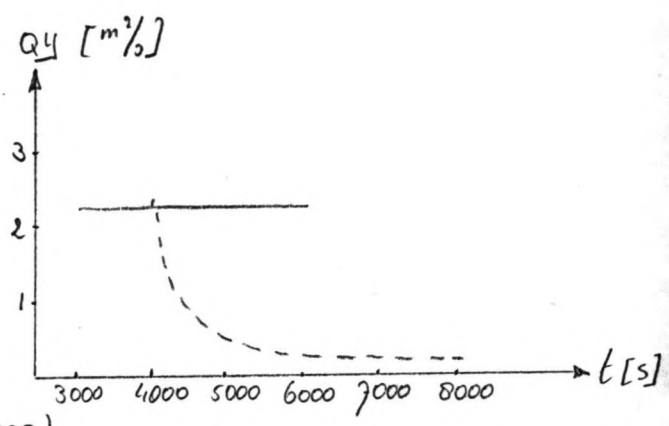
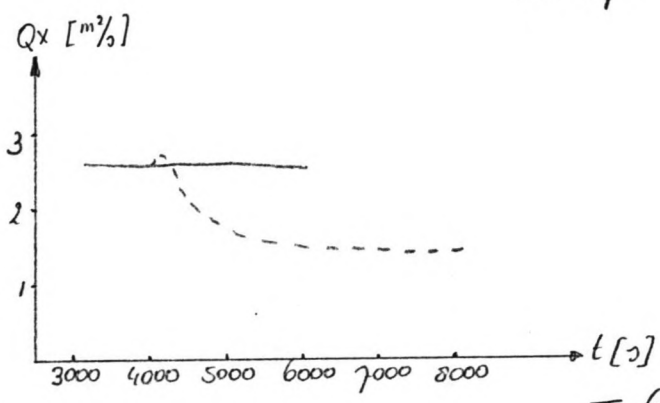
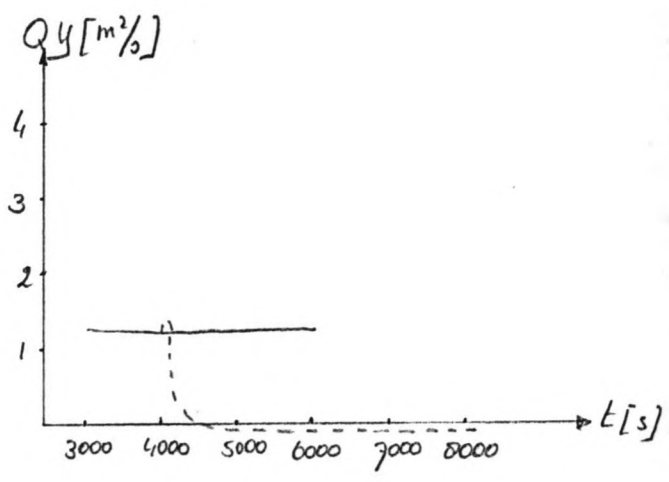
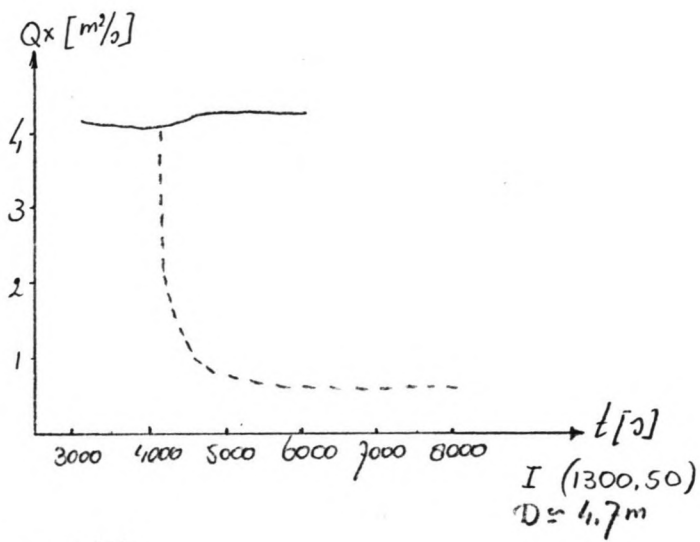
Stromingsbeeld in geneste DUCHESS-rooster
 - bepaald met "SNI"



Stromingsbeeld in de zone dam-kustlijn
 - bepaald met "SNI"

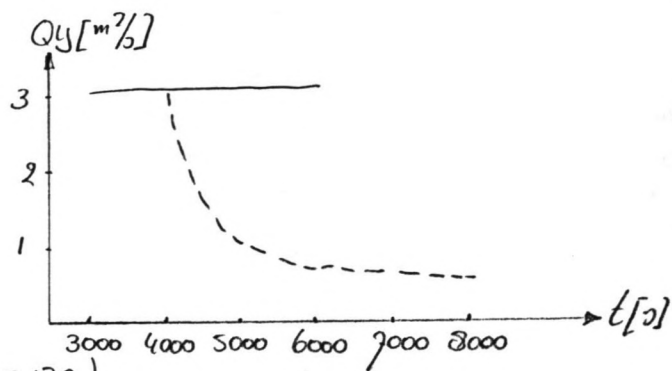
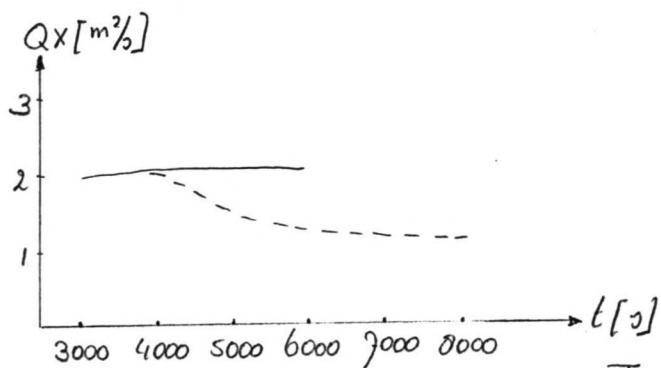


*Isolynen waterniveau variaties
 in geneste DUCHESS-rooster
 - bepaald met SNI-*



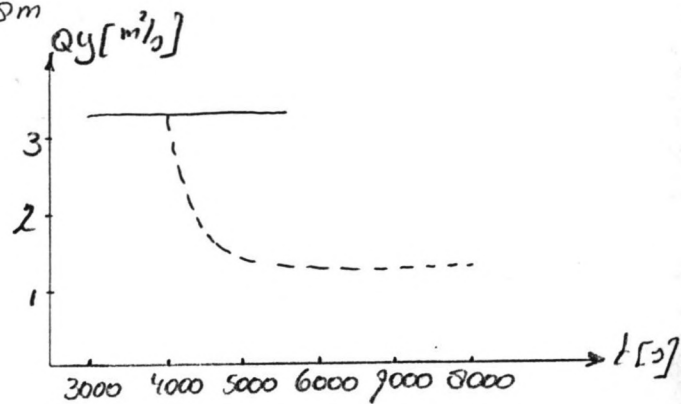
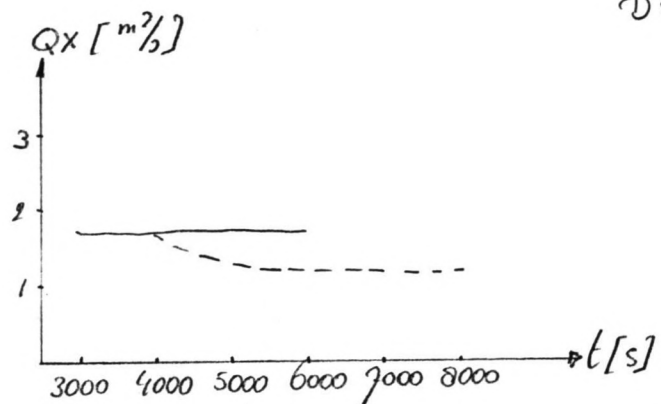
IV (1300, 200)
 $D \approx 6,8 m$

Snelheid als functie van
 de tijd, in de controlpunten
 - berekening SI en SNI -



V (1345, 179)

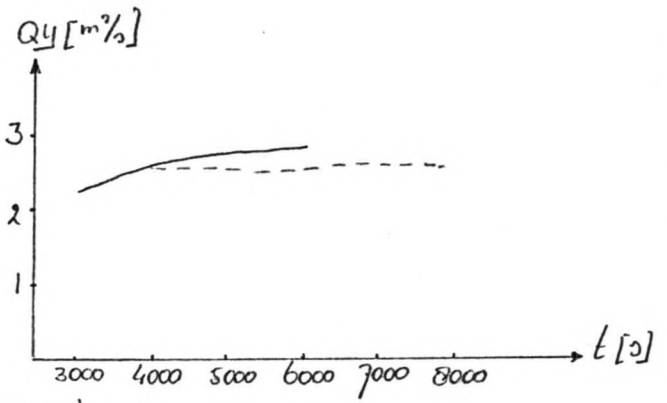
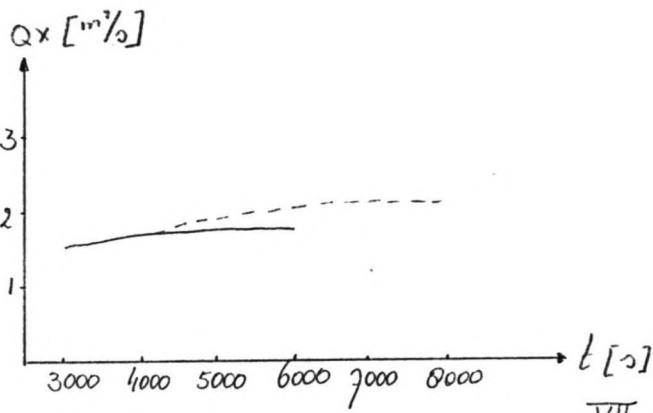
$D \approx 4,8 \text{ m}$



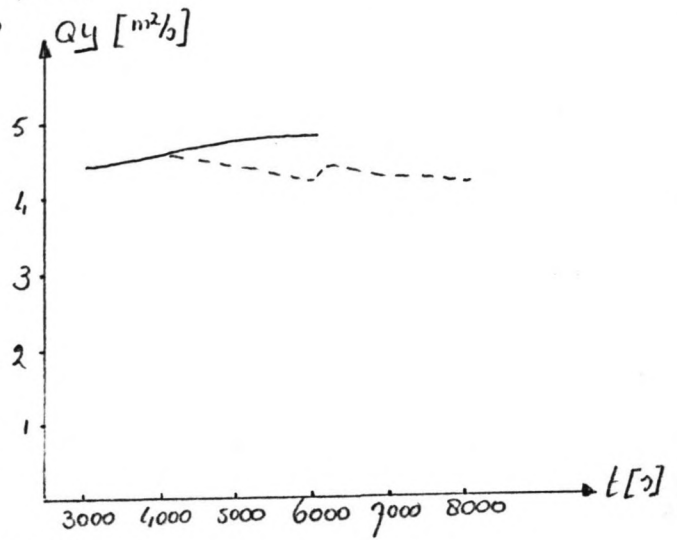
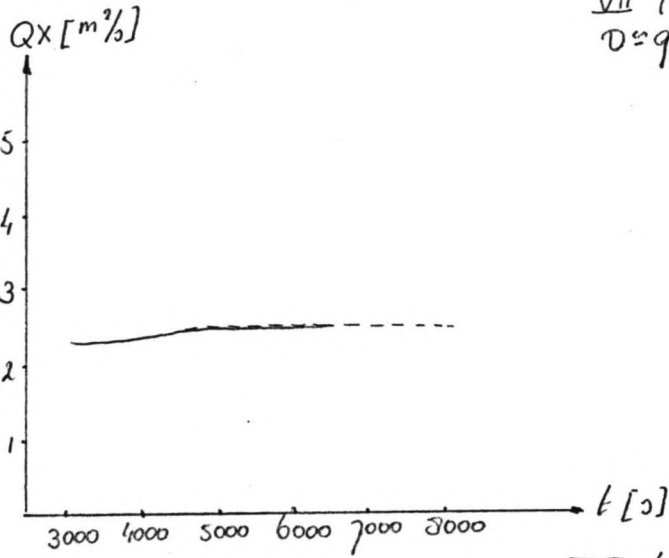
VI (1391, 158)

$D \approx 2,9 \text{ m}$

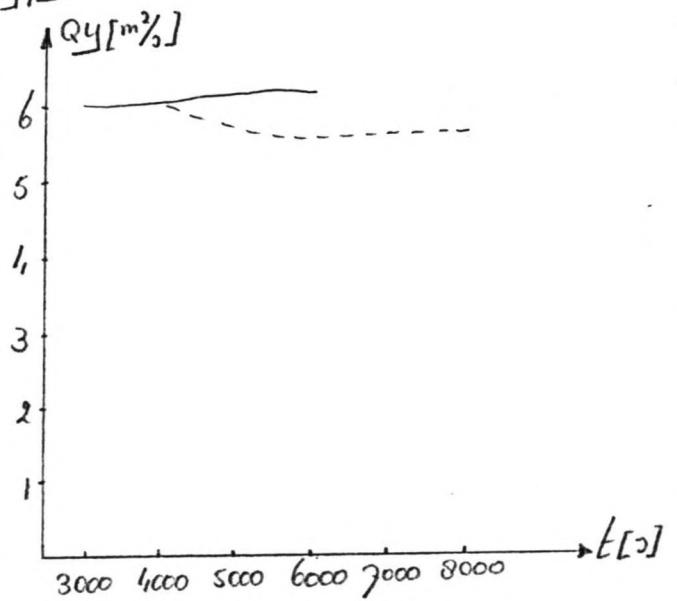
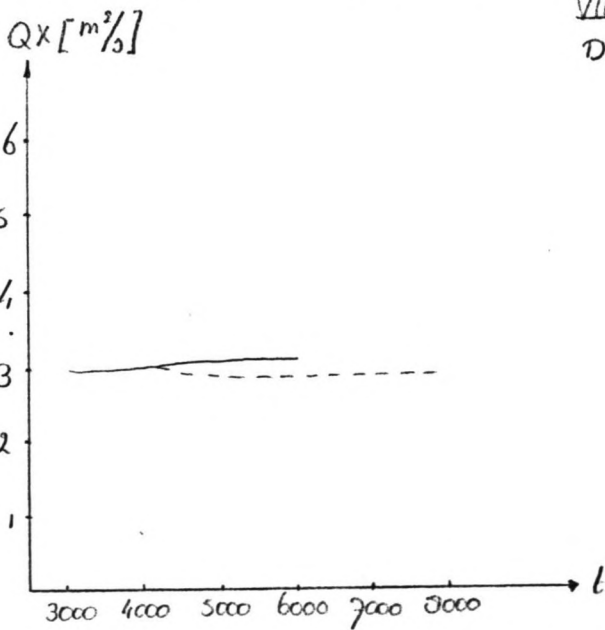
Stroomsnelheid als functie van
de tijd in de controlepunten
(vervolg)



VII (1600, 1000)
 $D \approx 9,5m$

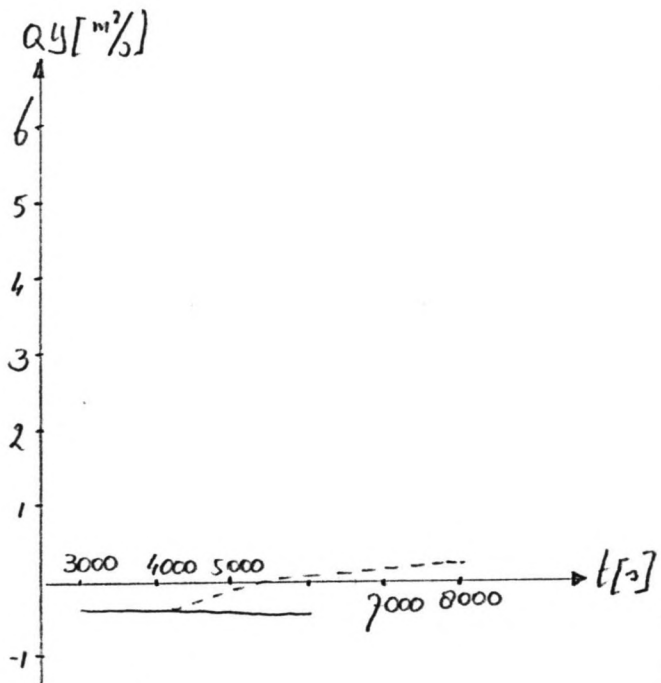
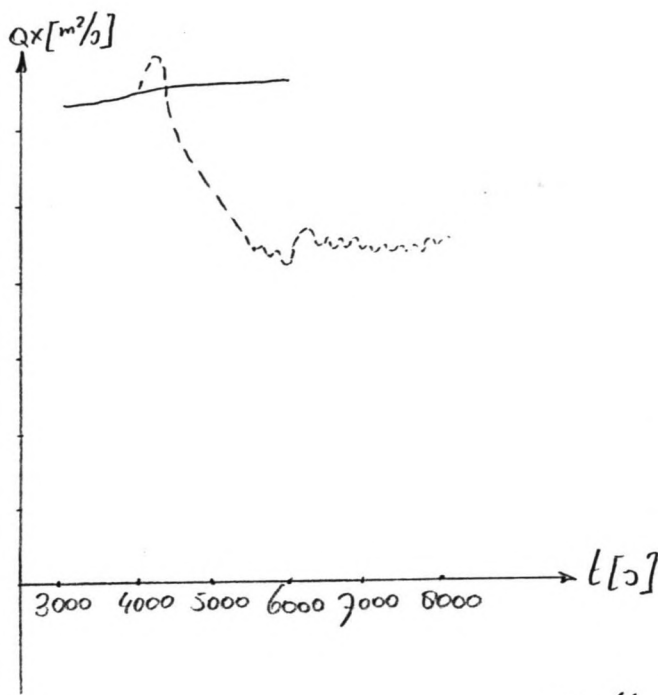


VIII (1645, 979)
 $D \approx 7,4m$

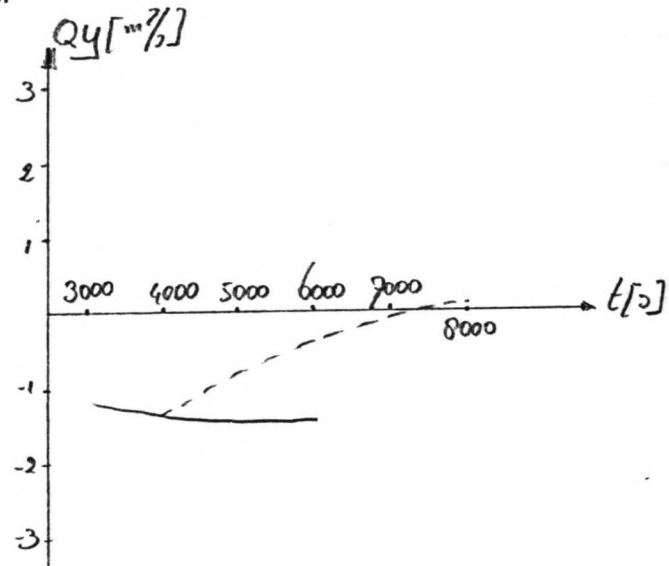
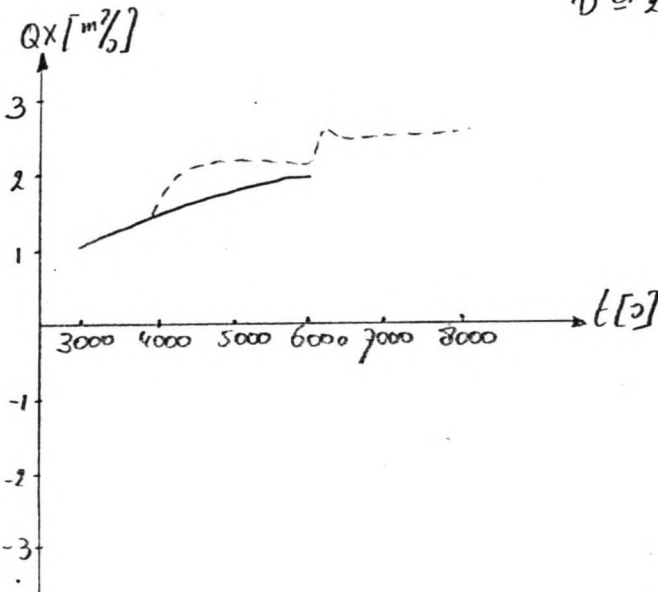


IX (1691, 958)
 $D \approx 5,5m$

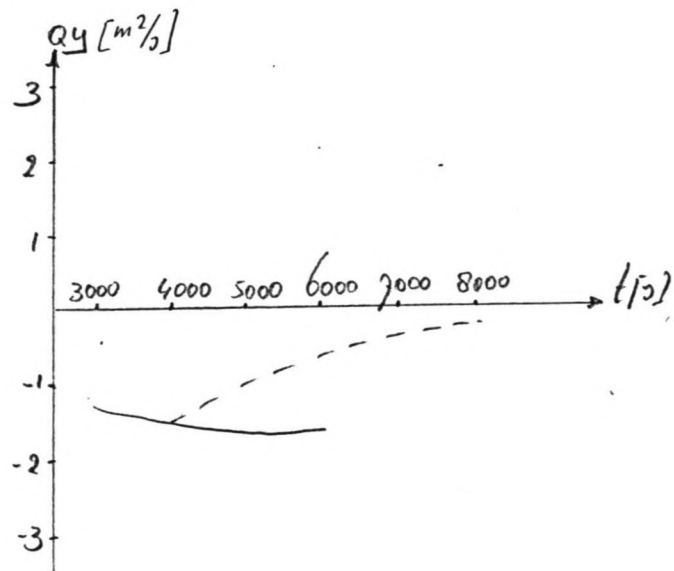
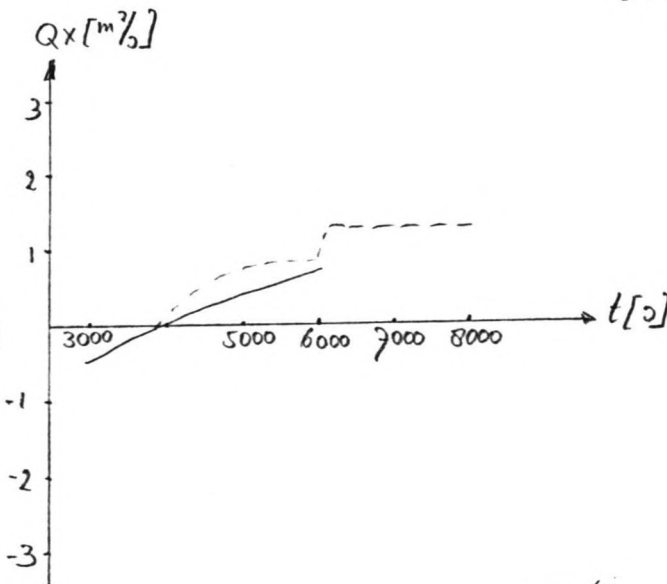
Stroomsnelheid als functie van
 de tijd in de controlepunten
 (nervolg)



X (600, 100)
 $D \approx 23,5m$

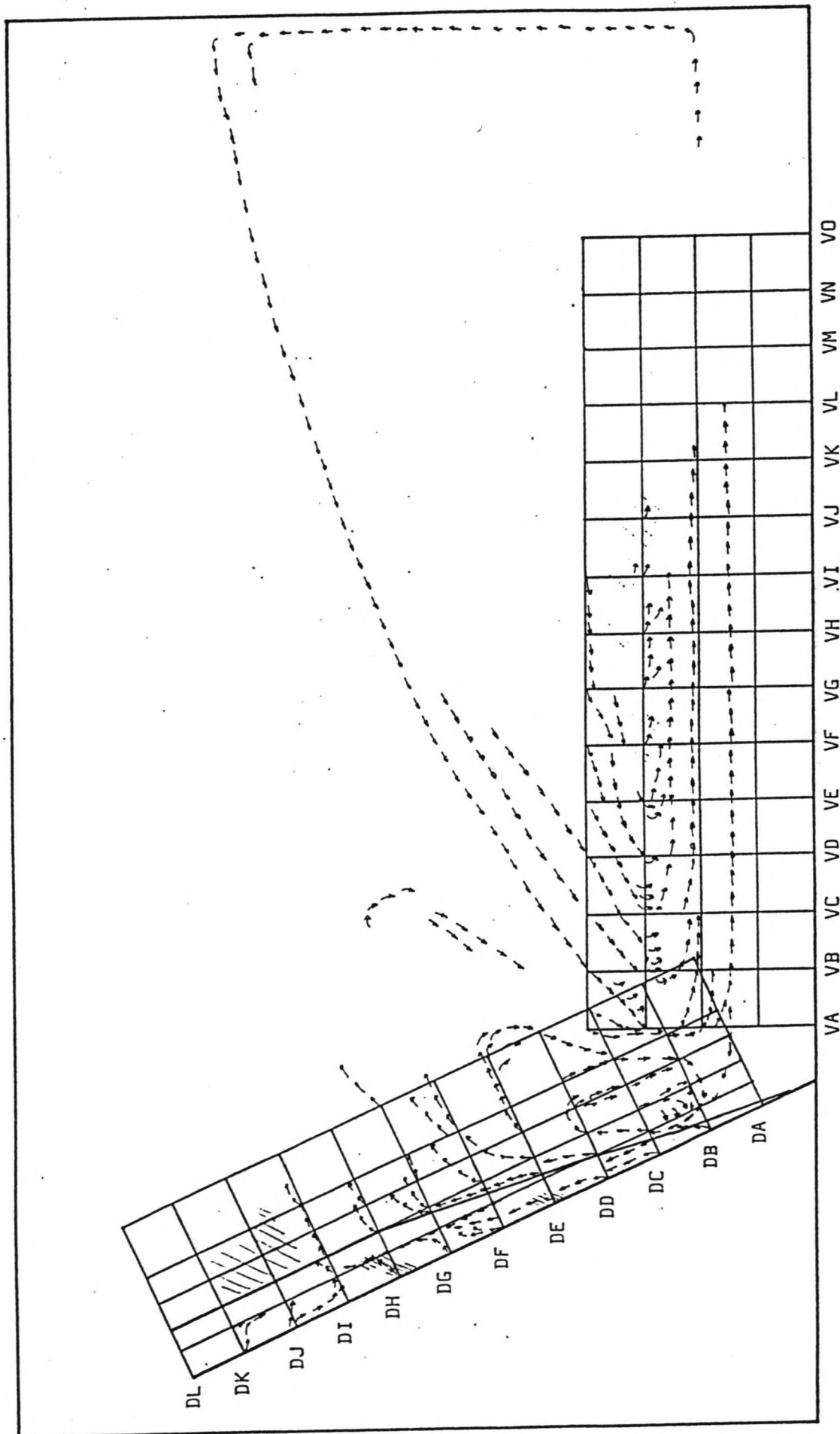


XI (600, 200)
 $D \approx 26,2m$

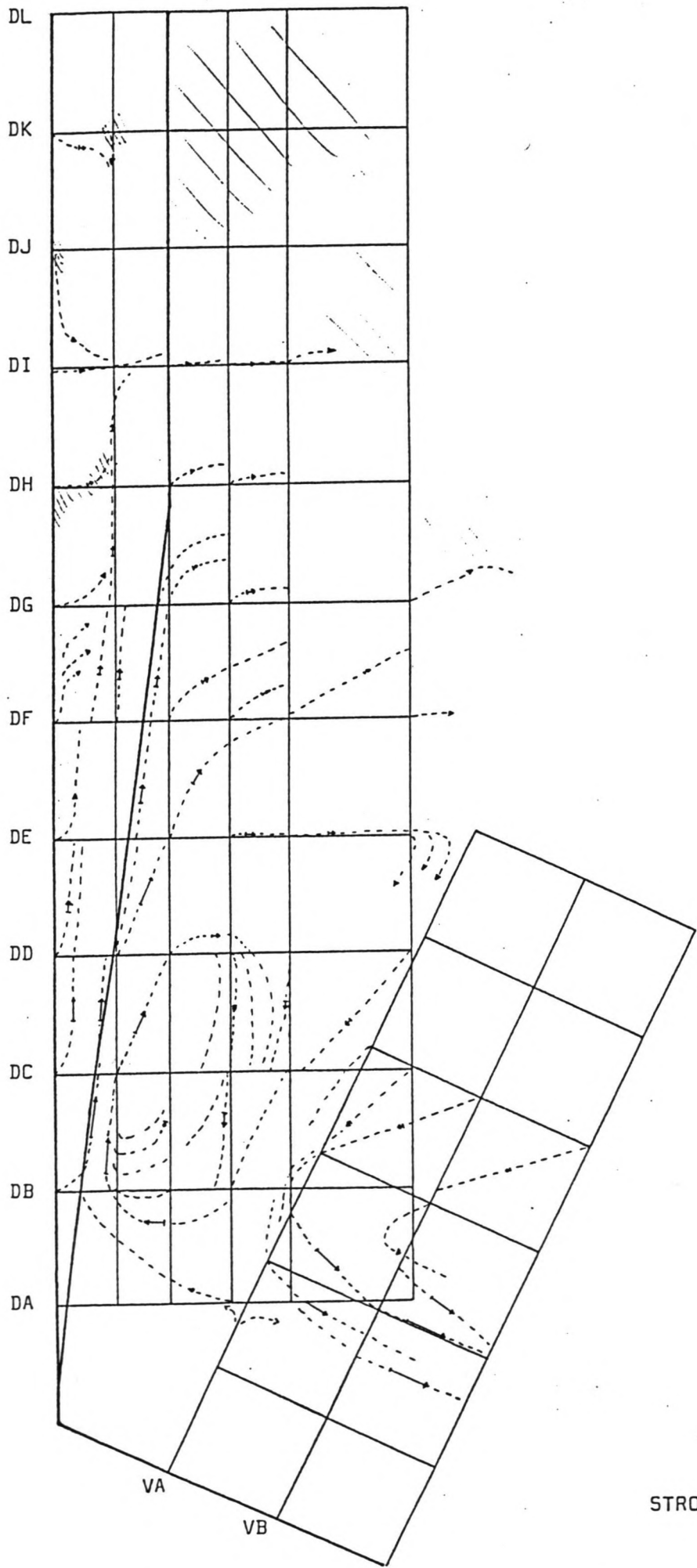


XII (600, 300)
 $D \approx 26,2m$

Stroomsnelheid als functie van de tijd (nervolg)



STROMINGSBEELD AAN HET OPPERVLAK
 Lengteschaal 1 m



SCHAAL

lengte | 1 m |
 snelheid | 0.5 m/s |

STROMING AAN HET OPPERVLAK

