MODELONDERZOEK KLEPSTUW IN DE GROENLOSE SLINGE BIJ BEEKVLIET

Nota no. 24

LABORATORIUM VOOR HYDRAULICA EN AFVOERHYDROLOGIE
LANDBOUWHOGESCHOOL

MODELONDERZOEK

KLEPSTUW IN DE GROENLOSE SLINGE BIJ BEEKVLIET

NOTA 24

Laboratorium voor Hydraulica
en Afvoerhydrologie van de
Landbouwhogeschool,
juni 1972
(71 - 54)

INHOUD

		Pag.
1.	Inleiding	1
2.	Vooronderzoek	2
3.	Modelonderzoek	5
3.1.	Het model	5
3.2.	De metingen:	5
3.2.1.	Ongestuwde afvoeren	5
3.2.2.	Gestuwde afvoeren	8
4.	Nauwkeurigheidskontrole	9
5.	Samenvatting en konklusie	11

BIJLAGEN

I. Gestuwde afvoeren

II. Verband klephoek, kruinniveau, aflezing ponsband, enz.

III. Fortran rekenprogramma

IV. Meetcijfers

2 Figuren

1 Grafiek.

1. INLEIDING

Ter plaatse van de uitmonding van de Groenlose Slinge in de Berkel bevindt zich een kunstwerk waarin drie gelijke stuwkleppen zijn aangebracht. Twee van deze kleppen regelen het waterpeil in een pand van de Berkel, de derde het peil in een pand van de Groenlose Slinge. De peilregeling geschiedt automatisch met behulp van elektroden die bovenstrooms van de stuw zijn geplaatst. De stuwkleppen zijn draaibaar om laaggelegen horizontale assen (zie fig. 1 en foto's). Teneinde de stuw ook voor afvoermetingen te kunnen gebruiken vond in samenwerking met de Provinciale Waterstaat van Gelderland een modelonderzoek plaats in het Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie van de Landbouwhogeschool te Wageningen. Bij dit onderzoek werd één klep (van de Groenlose Slinge) in model nagebouwd. Tekeningen van het kunstwerk werden door genoemde dienst ter beschikking gesteld. In het veld werden aanvullende metingen verricht.

Het onderzoek vormt een onderdeel van een gezamenlijk onderzoek van het Laboratorium met Rijkswaterstaat en Provinciale Waterstaat van Gelderland naar de invloed van de klepvorm op de afvoerrelatie bij klepstuwen.

De leiding van het onderzoek berustte bij Ir. R.H. Pitlo.

2. VOORONDERZOEK

Bij het inventariseren van veel voorkomende kruinvormen bij stuwkleppen bleek, dat de reden waarom voor een bepaalde kruinvorm was gekozen veelal moeilijk was te achterhalen.

In het onderhavige geval heeft de kruin van de klep in doorsnede een parabolische vorm (fig. 1). De oorsprong van deze parabolische vorm moet vermoedelijk worden gezocht in een onderzoek dat in 1963 door het Waterloopkundig Laboratorium te Delft werd verricht naar de oorzaak van het trillen bij klepstuwen. Enkele van de toen onderzochte modellen hadden een parabolische kruinvorm.

De kleppen van de stuw te Beekvliet dienen voor peilregulatie van het water in de bovenstroomse panden van Berkel en Slinge. Voor de Groenlose Slinge dient hierbij een waterpeil van 13,60 m + N.A.P. zo goed mogelijk gehandhaafd te worden. Afhankelijk van de optredende afvoer zal de klep hierbij een hogere of lagere stand innemen. Bij het vaststellen van de relatie tussen de overstorthoogte van het water en het debiet dat de stuw passeert, vormt de klepstand een afzonderlijke variabele. Bovendien veroorzaakt de parabolische vorm van de klep nog een bijzondere komplikatie omdat de klephoek daarbij mede bepalend is voor het hoogste punt van de klep en dientengevolge ook voor de overstorthoogte.

In het veld wordt de klepstand afgelezen met behulp van een teller die gekoppeld is aan het windwerk waarmee de klep wordt bewogen. Tevens wordt de stand van dit windwerk via een servo-systeem op ponsband geregistreerd.

Getracht zou eerst moeten worden om een verband te vinden tussen de klepstand (klephoek) en de stand van de teller (of ponsband) en tussen het niveau van de bovenkant van de kruin en de ponsbandstand. Hiertoe werden zowel in het veld als in het Laboratorium waterpassingen verricht.

Bij verschillende klepstanden werd telkens de klephoek* en het niveau van de kruin t.o.v. een in fig. 1 aangegeven referentiebout afgelezen (afstand Z). In het veld werden bovendien de aflezing van de teller en van de ponsbandapparatuur genoteerd. Als extra referentiepunt werd een stalen pen aangebracht in het hart van het draaipunt van de ophangkonstruktie.

---

* Aangezien de klep in doorsnede nergens vlak is, werd als klephoek gekozen de hoek tussen ophangblok en vertikaal (zie fig. 1). Alle metingen werden in de stroomrichting gezien verricht aan het <u>linker</u> ophangblok.

De resultaten van bovengenoemde metingen zijn weergegeven in fig. 2 en vermeld in bijlage II. De metingen werden in het veld verricht bij zowel opgaande als neergaande klepbeweging.

Uit bijlage II valt af te leiden dat hierbij in de niveaumeting een hysteresis optreedt in de orde van 4 mm.

Door middel van regressie met behulp van logarithmen zijn uit de waarnemingen herleidingsformules verkregen welke het verband aangeven tussen de ponsbandgegevens (F) en de klephoek (α) en tussen F en het niveau van de kruin gemeten t.o.v. de eerder genoemde bout (Z). De herleidingsformules zijn op de gegevens van opgaande zowel als neergaande klep gebaseerd, zodat de hysteresis is uitgemiddeld. De door hysteresis veroorzaakte mogelijke fout is dan niet groter dan 2 mm.

Het gevonden verband tussen (F) en de klephoek (α) luidt:

$$\alpha = 48{,}7217 \cdot (F)^{0{,}8813} + 33{,}3.$$

De afwijkingen tussen de met behulp van deze formule berekende klephoek (α) en de in het veld gemeten hoek waren slechts gering: in één geval $0{,}3^{\circ}$, in alle overige gevallen minder dan $0{,}2^{\circ}$. In fig. 2^{A} is het verband tussen F en α weergegeven.

Het verband tussen F en de afstand Z tussen kruinniveau en bout bleek minder regelmatig te verlopen (zie fig. 2^{B}). Een 2e graads kromme bleek onvoldoende bij de meetpunten aan te sluiten. Verschillen van 15 mm tussen berekende en gemeten Z traden op. Besloten werd cm op grond van het gemeten verloop van F en Z twee trajecten te kiezen:

A.: $F \leq 0{,}2$ Hiervoor werd gevonden:
$\log(Z - 0{,}84) = 0{,}0213 + 0{,}5869 \log(F) - 0{,}1768 \{\log(F)\}^2$ (Z en F in meters).
De grootste afwijking tussen de aldus berekende en in het veld gemeten waarde van Z bedroeg 6 mm.

B.: $0{,}2 < F < 0{,}5$ In dit traject gold:
$\log(Z - 0{,}84) = 0{,}2446 + 0{,}9762 \log(F) - 0{,}0903 \{\log(F)\}^2$ (Z en F in meters).
De grootste afwijking bedroeg ruim 5 mm. (Eén sterk afwijkend punt werd niet in de regressie berekening opgenomen.)

Uit een en ander valt af te leiden, dat extrapolatie boven $F = 0{,}5$ moet worden ontraden. In verband met de grote gevoeligheid van de debieten voor Z wordt aanbevolen om het gehele traject van F en Z in het veld met kleine intervallen door te meten en uit de verkregen resultaten door interpolatie de tussenliggende waarden van F en Z af te leiden.

Opgemerkt moet worden, dat de bovenvermelde formules alleen geldig zijn voor de huidige afstelling van de ponsbandapparatuur van de klep in de Groenlose Slinge. Bij wijziging van deze afstelling of bij gebruik van deze nota voor soortgelijke kleppen dient het verband tussen F, α en Z opnieuw te worden bepaald.

Tenslotte dient d.m.v. een nulpuntsbepaling* het niveau van de bout nog te worden gekoppeld aan de aflezingen van de peilschrijvers boven- en benedenstrooms van de stuw (resp. h_1 en h_2).

---

* Nulpuntsbepaling bij meetstuwen, Nota No. 15, Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie, december 1969.

3. MODELONDERZOEK

3.1. Het model

Zoals reeds in de inleiding werd vermeld, is van de klepstuw "Beekvliet" alleen de klep in de Groenlose Slinge in model nagebouwd. De gekozen modelschaal bedroeg 1:10. Zowel boven- als benedenstrooms van de klep werd een gedeelte van de waterloop op schaal nagebootst.(zie fig. 1).

Voor het meten van de bovenwaterstanden bevindt zich in het betonlichaam van de stuw een opening (meetpunt h_1).

In het model werden nog twee extra meetpunten aangebracht: met het oog op vergelijkende metingen met andere stuwtypen een punt op ongeveer 10 meter stroomopwaarts van de stuw (h_{boven}) en met het oog op de verdrinking een punt op ongeveer 10,5 meter benedenstrooms van de stuw (h_2) (fig. 1).

De stuwklep werd vervaardigd van glad afgewerkt roestvrijstaal, de rest van het model van hard P.V.C.-plaat (Trovidur).

3.2. De metingen

3.2.1. Ongestuwde afvoeren

De overstortende straal in het model bleek bij alle onderzochte klepstanden of debieten de klep geheel te volgen. Dit moet worden toegeschreven aan de parabolische vorm van de stuwkruin die als geleiding van de overstortende straal fungeert. De overstortende straal wordt belucht door een verbreking van de straal bij de ophangkonstruktie ter weerszijden van de klep en een tweetal straalbrekers. Bovendien zijn in de ophangkonstruktie buisjes opgenomen welke in verbinding staan met de ruimte onder de overstortende straal.

Bij hoge afvoeren kan de gehele ophangkonstruktie onder water geraken, waardoor de toevoer van lucht naar de ruimte onder de straal wordt belemmerd. Het aanbrengen van extra beluchtingspijpen had in deze gevallen in het model echter een te verwaarlozen effect op de gemeten waterstanden bovenstrooms van de stuw.

Bij een overlaat met horizontale kruin gaat men in het algemeen uit van de afvoerformule:

$$Q = C_v \, C_d \, . \, B \, . \, (2/3)^{3/2} \, . \, g^{1/2} \, . \, h_1^{3/2} \qquad \text{.....(1)}$$

Hierin is:

Q = afvoer (m^3/sec)

$C_v = (\frac{H}{h_1})^{3/2}$

C_d = afvoercoëfficiënt (dimensieloos)

B = kruinbreedte (m), hier 5 meter

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

h_1 = overstorthoogte (m)

H = hoogte bovenstrooms energieniveau t.o.v. de kruin (m).

Indien de stroomsnelheid in het aanvoerkanaal gering is en indien voldoende ver stroomopwaarts het waterpeil wordt gemeten, mag men H vervangen door h_1, m.a.w. $C_v = 1$. Bij de klepstuw "Beekvliet" wordt de bovenwaterstand gemeten in een peilkoker op korte afstand bovenstrooms van de klep binnen het betonwerk van de stuw. Ter plaatse bevindt men zich vooral bij hogere afvoeren binnen het afzuigingsgebied van de overstortende straal (hier is in principe $C_v > 1$). Bovendien is de opening van de peilkoker niet loodrecht aangebracht op de stroomrichting van het water, zodat het gemeten waterpeil kan afwijken van het piëzometrische niveau in de hoofdstroom. Voorts treedt bij de betonnen landhoofden nog een zijdelingse kontraktie op in de aanstroming van het water naar de klep. Tenslotte zal de kromming van de stuwkruin vooral bij grotere afvoeren een toename van de afvoercoëfficiënt C_d veroorzaken. Door een en ander kunnen afwijkingen worden verwacht van het in formule (1) gegeven verband tussen Q en de bovenwaterstand h_1. Uit de modelproeven bleek inderdaad, dat de afvoercoëfficiënt C_d niet konstant was, maar een funktie van de bovenwaterstand h_1.

Voor klephoeken* <u>kleiner of gelijk aan 45°</u> werd gevonden:

$$C_d = 1{,}24 \, . \, h_1^{0{,}12} \qquad (h_1 \text{ in meters}) \qquad \text{.....(2)}$$

Ingevuld in formule (1) (bij een kruinbreedte van 5 meter) werd verkregen:

$$Q_{ongestuwd} = 10{,}61 \, . \, h_1^{1{,}62} \quad (m^3/\text{sec}) \qquad \text{.....(3)}$$

Voor debieten groter dan overeenkomende met ± 200 l/sec in werkelijkheid of een overstorthoogte van ± 9 cm en klephoeken ≤ 45° geeft deze formule een goede weergave van de modelmetingen.

---

* Zie opmerking in voetnoot pag. 2.

Van 76 modelmetingen werd het ingestelde debiet vergeleken met het uit formule (3) berekende debiet bij dezelfde overstorthoogte. In 61 gevallen bedroeg de afwijking minder dan 2%. Alleen bij de kleinere debieten (< 400 l/sec) werd een afwijking van ruim 3% gevonden.

Voor klephoeken groter dan 45° bleken de modelmetingen in toenemende mate af te wijken van de uitkomsten van formule (3). Zo bedroeg de uitkomst voor een klephoek van 86°:

$$Q_{ongestuwd} = 9{,}92 \cdot h_1^{1{,}62} \ m^3/sec.$$

In het algemeen bleek te gelden:

$$Q_{ongestuwd} = m \cdot h_1^{1{,}62} \ m^3/sec. \qquad \text{.....(4)}$$

Hierin is m een funktie van de klephoek (α).

Teneinde ook voor klephoeken groter dan 45° bij benadering de afvoeren te kunnen bepalen, werd met behulp van een regressieberekening uit de meetcijfers het volgende empirische verband tussen m en α afgeleid:

$$m = 16{,}23 \cdot (\alpha)^{-0{,}109} \qquad \text{.....(5)}$$

Ingevuld in formule (4) geeft deze betrekking bevredigende resultaten: de afwijkingen bleven beneden 3%. In grafiek 1 zijn de modelmetingen weergegeven.

Alle genoemde formules hebben betrekking op het meetpunt h_1 in het betonwerk bovenstrooms van de klep (zie fig. 1). Zoals reeds werd vermeld, is, met het oog op nog te verrichten vergelijkende studies aan andere klepvormen, een tweede peilbuis geplaatst 10 meter bovenstrooms van de klep (h_{boven}) in het midden van de beek.

Tot een debiet van omstreeks 8 m^3/sec in werkelijkheid was er tussen beide peilaflezingen geen significant verschil, dit gold voor alle klephoeken. Boven de 8 m^3/sec nam het verschil in peilaflezing geleidelijk toe tot maximaal 6 à 7 cm bij een debiet overeenkomende met ongeveer 28 m^3/sec in werkelijkheid bij een klephoek van 86°. Hierbij gaf de peilaflezing h_{boven} steeds een hogere waterstand aan. Bij verdrinking nam het verschil tussen h_1 en h_{boven} af naarmate de waarde van h_2/h_1 toenam.

In het model bleken de stoorelementen op de stuwkruin geen meetbare invloed te hebben op de gevonden afvoerrelaties.

3.2.2. Gestuwde afvoeren

De invloed van de opstuwingsgraad (h_2/h_1) op de relatie tussen debiet en overstorthoogte is in het tweede kwadrant van grafiek 1 weergegeven voor klephoeken tot ongeveer 30°. Het is mogelijk gebleken om voor de andere klephoeken de invloed van h_2/h_1 op de relatie tussen debiet en overstorthoogte in een empirische betrekking vast te leggen als funktie van de klephoek. Deze betrekking gaat op voor debieten groter dan ongeveer 1,5 m^3/sec. en $h_2/h_1 < 0,8$.

De in formule (4) gegeven relatie voor ongestuwde afvoeren krijgt dan de volgende gewijzigde vorm:

$$(Q_{gestuwd} - 0,8) = (Q_{ongestuwd} - 0,8)\ (1 - R)\ m^3/sec \ldots\ldots (6)$$

Hierin stelt R een van de opstuwingsgraad (h_2/h_1) en de klephoek (α) afhankelijke grootheid voor.

De afleiding van formule (6) staat vermeld in bijlage I.

Aangezien bij dit modelonderzoek de waterloop benedenstrooms van de klep slechts gedeeltelijk kon worden nagebootst, werd -zij het op primitieve wijze- nagegaan of bij hoge afvoeren de benedenwaterstand (h_2) wordt beïnvloed door het toestromende water van de Berkel. Hiertoe werd een houten schot aangebracht benedenstrooms van de stuw (in fig. 1 gestippeld weergegeven). De stroomrichting van het water in het benedenpand kon hierdoor worden beïnvloed.

Bij een klephoek van ongeveer 95° en een debiet overeenkomende met ongeveer 26 m^3/sec in werkelijkheid werd de benedenwaterstand trapsgewijze verhoogd. Telkens werd de waterstand afgelezen, vervolgens werd het schot verwijderd en werd de waterstand opnieuw afgelezen. Hierbij bleek, dat bij kleine waarden van h_2/h_1 de benedenwaterstand systematisch lager was zonder het geleide schot. Nadat de duikende straal was overgegaan in een oppervlaktestraal ($h_2/h_1 \approx 0,6$) was dit juist omgekeerd. De invloed van dit verschijnsel op het totale debiet bedroeg niet meer dan 3%.

4. NAUWKEURIGHEIDSKONTROLE

In 489 gevallen werd het, met behulp van de formules (3) t/m (6) berekende debiet vergeleken met het in het model ingestelde debiet. Zowel gestuwde als ongestuwde afvoeren werden gekozen*. De procentuele afwijking t.o.v. het ingestelde debiet werd berekend.

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Klephoek	Aantal punten met een procentuele afwijking van:					
α^{o}	0 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	>5	totaal
30 - 35	55	13	2	1	-	71
45,8	59	17	8	6(1)	-(6)	97
60,8	60	20	11	1(1)	-(1)	94
75,8	99	29	6(1)	4(1)	-	140
86,0	48	6	1	-	-	55
95,8	14	4	3	2	7(2)	32
totaal	335	89	31(1)	14(3)	7(9)	489

De tussen haakjes geplaatste aantallen hebben betrekking op gestuwde afvoeren waarbij h_2/h_1 tussen 0,75 en 0,8.

Alle berekeningen werden uitgevoerd op de CDC computer van het rekencentrum van de Landbouwhogeschool.

In bijlage III is een rekenprogramma opgenomen met behulp waarvan het debiet kan worden bepaald uit de waterstanden en de klephoek.

Te velde moeten evenwel het kruinniveau en de klephoek worden afgeleid uit de ponsbandgegevens (F). Over de nauwkeurigheid van de hiervoor opgestelde formules kan slechts een uitspraak worden gedaan tot klephoeken van omstreeks 60°. Hierbij bedroeg het grootste verschil tussen de gemeten en de uit de ponsband berekende hoek: 19 minuten (= $0,3^{o}$).

Voor ponsbandgegevens boven 0.500 (overeenkomende met klephoeken boven 60°) kan voorlopig worden geëxtrapoleerd.

---

* Bij deze keuze werden punten waarvan is aan te nemen dat zij in de praktijk niet kunnen voorkomen (b.v. meer dan 60 cm onderschrijding van het stuwpeil) weggelaten.

Het kruinniveau kan uit de ponsbandgegevens worden afgeleid indien de afstand Z tussen kruin en bout bekend is. Deze afstand is met de huidige gegevens (F < 0,5) gemiddeld op ongeveer 3 mm nauwkeurig te bepalen (de maximale afwijking bedroeg in één geval 6 mm). Door het grillige verloop van het verband tussen F en Z wordt extrapolatie sterk ontraden. IJking te velde is uiterst gewenst.

Als ondergrens van het meetbereik van de klepstuw bij Beekvliet kan worden aangehouden: 200 l/sec per klep. De nauwkeurigheid waarmee de overstorthoogte kan worden bepaald is, door de indirekte meting van de kruinhoogte te stellen op gemiddeld ± 4 mm. Wenst men het debiet (Q) binnen 5% nauwkeurig te bepalen, dan valt af te leiden*, dat dit alleen mogelijk is voor debieten groter dan ongeveer 200 l/sec.

---

* Pitlo R.H., Nomogram ter bepaling van de ondergrens van het meetbereik bij debietmeetinrichtingen, Landbouwkundig Tijdschrift, 83e jaargang nr. 12, december 1971.

5. SAMENVATTING EN KONKLUSIE

Uit het onderzoek is gebleken, dat voor klepstanden die minder dan 45° van de vertikaal afwijken*, er een eenduidige relatie bestaat tussen debiet en overstorthoogte voor ongestuwde afvoeren:

$$Q_{ongestuwd} = 10{,}61 \cdot h_1^{1{,}62} \ m^3/sec.$$

Voor klephoeken groter dan 45° verandert in bovenstaande formule de coëfficiënt (m) in afhankelijkheid van de klephoek (α):

$$m = 16{,}23 \cdot (\alpha)^{-0{,}109}$$

Onder het in het voorgaande genoemde voorbehoud zijn de overstorthoogte (h_1), de benedenstroomse waterhoogte (h_2) en de klephoek (α) te berekenen uit resp. het bovenstroomse en benedenstroomse waterpeil en de ponsbandgegevens welke betrekking hebben op de stand van de klep. Genoemde ponsbandgegevens worden hier als grootheid (F) ingevoerd. Deze bleek met de kruinhoogte* en de klephoek (α) samen te hangen als in de figuren 2^A en 2^B is aangegeven.

Wanneer de benedenwaterstand de relatie tussen afvoer en overstorthoogte gaat beïnvloeden, blijkt het mogelijk te zijn, om ook dit effekt in de afvoerrelatie onder te brengen. Hiertoe moet allereerst de opstuwingsgraad h_2/h_1 worden gekorrigeerd met een term Δ welke afhankelijk is van de klephoek:

$$\Delta = 0{,}00333 \cdot \alpha - 0{,}0999$$
$$(\Delta = 0 \text{ voor } \alpha \leqslant 31{,}6^{\circ}).$$

De gekorrigeerde opstuwingsgraad is dan:

$$P = h_2/h_1 - \Delta.$$

Voert men vervolgens een grootheid R in, welke weer een funktie is van P:

$$\log R = -0{,}2680 + 2{,}0811 \log(P) + 0{,}6795 \{\log(P)\}^2$$

dan geldt voor $P \geqslant 0{,}01$ en $h_2/h_1 < 0{,}8$:

$$(Q_{gestuwd} - 0{,}8) = (Q_{ongestuwd} - 0{,}8)\ (1 - R) \ \ m^3/sec.$$

---

* Alle klephoeken en kruinhoogten zijn gemeten bij het linker ophangblok van de klep. Bij een eventuele scheve ligging van de kruin moet op de verkregen kruinhoogte nog een extra korrektie worden toegepast.

Hierbij moet nog het volgende worden opgemerkt:

1. De afvoer via de naastgelegen kleppen in de Berkel blijkt de Q-h relatie van de klep in de Groenlose Slinge enigermate te beïnvloeden. Het zonder meer toepassen van de gevonden relatie op andere soortgelijke kleppen moet in verband met deze omstandigheid worden ontraden.

2. Een uitgesproken zwakke schakel in het aanwezige meetmechanisme vormt de aandrijving van het ponsbandapparaat dat de klepstand registreert. Vooral de relatie tussen de geregistreerde waarde (F) en de kruinhoogte (uitgedrukt als afstand (Z) t.o.v. de referentiebout) is onduidelijk. Hierdoor ontstaat onzekerheid in een overigens goed gedefiniëerde relatie. Wijziging van deze aandrijving is dan ook gewenst.

3. De konstruktie van het model liet niet toe dat de klep evenver werd gestreken als in de werkelijkheid mogelijk is: de grootste waarde van α was in het model $\approx 96^{\circ}$, terwijl bij volledig gestreken klep in het prototype $\alpha \approx 103^{\circ}$ wordt bereikt. Verder zijn de betrekkingen gevonden bij waarden van de verdrinkingsgraad h_2/h_1 kleiner dan 0,8. Het is niet bekend of bij de grootste optredende afvoeren deze grootste waarden van α en h_2/h_1 niet worden overschreden. Mocht dit wel het geval zijn, dan moet rekening worden gehouden met een toenemende onnauwkeurigheid in de berekende hoogste afvoeren.

BIJLAGE I.

Gestuwde afvoeren

Benedenwaterstanden welke hoger zijn dan de stuwkruin verhogen de bovenwaterstand (h_1). De invloed van de benedenwaterstand op de relatie tussen afvoer en bovenwaterstand werd in het model onderzocht met behulp van een peilbuis welke op een afstand overeenkomende met ongeveer 10,5 meter in werkelijkheid benedenstrooms van de stuw was geplaatst.

Nadat in het model een bepaalde klephoek was gekozen (resp. 31,6°; 45,8°; 60,8°; 75,8°; 86°; 95,8°) werd een bepaald debiet ingesteld. De benedenwaterstand werd hierbij trapsgewijze verhoogd. Na elke verhoging werd eerst het evenwicht afgewacht en werden de waarden voor h_1 en h_2 afgelezen. Uit grafiek 1 voor ongestuwde afvoeren werd bij de betrokken h_1 de bijbehorende ongestuwde afvoer afgelezen. Vervolgens werden tegen elkaar uitgezet de ingestelde (gestuwde) en de bij h_1 behorende ongestuwde afvoer voor een klephoek van 31,6°. Bij elk punt werd de opstuwingsgraad P* genoteerd.

Door de aldus verkregen puntenwolk werden lijnen getrokken voor konstante waarden van P. De getrokken lijnen bleken bij benadering te kunnen worden vervangen door een bundel rechten die voldoet aan:

$$(Q_{gestuwd} - 0,8) = (Q_{ongestuwd} - 0,8)\ (1 - R)\ m^3/sec \quad .....(6)$$

In deze formule is R een van P afhankelijke functie. Door middel van regressie met behulp van logarithmen werd gevonden:

$$\text{Log } R = A' + B'\log(P) + C'\{\log(P)\}^2 \quad .....(7)$$

hierin is:

$A' = -0,2680$

$B' = 2,0811$

$C' = 0,6775.$

Begrenzingen van deze formule:

$P \geq 0,01$ en

$h_2/h_1 < 0,8$ of

$0,8 - \Delta > P \geq 0,01$ (R = 0 indien $P < 0,01$)

---

* Voor een klephoek van 31,6° geldt: $P = h_2/h_1$. Voor grotere klephoeken geldt: $P = h_2/h_1 - \Delta$, waarin Δ een van de klephoek afhankelijke korrektievoorstelt (zie tekst).

Uit metingen aan klephoeken groter dan $31{,}6^{\circ}$ is gebleken, dat bij een konstante waarde van $\frac{Q_{gestuwd}}{Q_{ongestuwd}}$ de waarde van P toeneemt met de klephoek zonder korrektie (Δ) is daarom de rechterhelft van grafiek 1 alleen bruikbaar voor een klephoek van ongeveeks 30° of kleiner ($\Delta = 0$ voor $\alpha \leq 30^{\circ}$). Uit de modelproeven werd het volgende verband gevonden tussen de klephoek α en de op P toe te passen korrektie (Δ):

$$\Delta = 0{,}00333\ \alpha - 0{,}0999 \qquad \text{.....(8)}$$

In de inzet van grafiek 1 is dit verband weergegeven.

BIJLAGE II

Verband tussen klephoek, kruinniveau[1], referentieniveau (pen)[1], tellerstand en aflezing ponsbandniveaumeter (F. en P.)

A. Prototype

Klephoek (α)	Kruinniveau[1] (m)	Ref. niveau[1] pen (m)	Tellerstand	Aflezing[2] ponsband (F) (m)	Bewegingsrichting klep
-	1.6790	1.3199	240	0.4765	op
-	1.5966	1.2260	± 220	0.4380	"
-	1.5196	1.1419	200	0.3970	"
-	1.4502	1.0642	180	0.3555	"
51°05'	1.3790	0.9869	160	0.3150	"
48°55'	1.3033	0.9042	140	0.2750	"
46°40'	1.2298	0.8248	120	0.2350	"
44°30'	1.1638	0.7532	100	0.1948	"
42°40'	1.1023	0.6862	80	0.1530	"
40°30'	1.0388	0.6202	60	0.1123	"
38°10'	0.9710	0.5480	40	0.0730	"
35°40'	0.9028	0.4795	20	0.0331	"
(32°45'	0.8388	0.4152	0	-0.0080	")
35°45'	0.9062	0.4838	20	0.0339	neer
38°10'	0.9738	0.5519	40	0.0716	"
40°30'	1.0419	0.6246	60	0.1119	"
42°45'	1.1049	0.6898	80	0.1535	"
44°40'	1.1668	0.7570	100	0.1932	"
46°50'	1.2332	0.8288	120	0.2333	"
48°50'	1.3070	0.9092	140	0.2735	"
50°55'	1.3821	0.9912	160	0.3134	"
52°55'	1.4532	1.0692	180	0.3549	"
54°45'	1.5245	1.1461	200	0.3960	"
56°30'	1.6005	1.2328	220	0.4355	"

---

1) De niveaux zijn aangegeven als hoogteverschil t.o.v. een ter plaatse aanwezige referentiebout (zie fig. 1).
N.B. Het kruinniveau werd, in de stroomrichting gezien, gemeten bij het linker ophangblok van de klep; voor een eventuele scheve ligging van de kruin werd niet gekorrigeerd.

2) Aflezing ponsband = 0.0000 bij een klephoek van 33°30'.

B. Model (omgerekend op prototype)

Klephoek (α)	Kruinniveau (m)	Ref. niveau pen (m)
33°05'	0.8410	0.4200
37°20'	0.9470	0.5240
42°00'	1.0760	0.6560
45°50'	1.1980	0.7840
49°40'	1.3320	0.9280
51°55'	1.4140	1.0200
54°55'	1.5260	1.1410
58°35'	1.6740	1.3040
62°25'	1.8390	1.4980
66°00'	1.9960	1.6790
69°27'	2.1570	1.8590
72°55'	2.3260	2.0630
75°00'	2.4260	2.1780
76°35'	2.4980	2.2770
81°50'	2.7530	2.5860
84°20'	2,8710	2.7380
86°00'	2.9560	2.8400
87°10'	3.0090	2.9230
88°40'	3.0720	3.0080

Hoogteverschil hart klep-as tot bout bedraagt ongeveer 3,975 m.

BIJLAGE III

31/32/3300 FORTRAN (3.1)/MSOS 22/06/72

```
      PROGRAM PITLO
C     AFD.HYDRAULICA,PROJECT 71-54
C     BEREKENING AFVOER KLEPSTUW BEEKVLIET UIT KLEPHOEK EN WATERPEILEN
C     INVOER KLEPHOEK IN HONDERDSTEN GRADEN BV. 45.83  H1,H2 IN METERS
C     INDIEN ONVERDRONKEN DAN IS H2=-1.
C     INDIEN H2/H1 GROTER DAN 0.8 GEEN OUTPUT *
C     LAATSTE KAART 99999
C
      PRINT105
      PRINT 104
      F=1./ALOG(10.)
      A=-0.2680
      B=2.0811
      C=0.6775
      BB=1.62
    1 READ100,NR,HOEK,H1,H2
      PP=H2/H1
      AA=10.61
      IF(NR.EQ.99999)STOP1
      IF(HOEK.GT.45.)2,3
    2 AA=16.23/HOEK**0.109
    3 DELH=0.00333*HOEK-0.0999
      P=H2/H1
      IF(HOEK.GT.30.)5,6
    5 P=H2/H1-DELH
    6 IF(P.LE.0.01)11,7
    7 X1=ALOG(P)*F
      X2=X1**2
      Y=A+B*X1+C*X2
      R=10.**Y
      GO TO 15
   11 R=0.
   15 QBER=(AA*H1**BB-0.8)*(1.0-R)+0.8
      IF(H2/H1.LT.0.8)16,25
   16 IF(P.LE.0.01)17,20
   17 PRINT103,NR,HOEK,H1,H2,QBER
      GO TO 1
   20 PRINT102,NR,HOEK,H1,H2,PP,QBER
      GO TO 1
   25 PRINT 101,NR,HOEK,H1,H2,PP
      GO TO 1
C
  100 FORMAT(I5,3F10.4)
  101 FORMAT(I5,4F10.4,9X1H*)
  102 FORMAT(I5,5F10.4)
  103 FORMAT(I5,3F10.4,10X,F10.4)
  104 FORMAT(H01X2HNR,6X4HHOEK,8X2HH1,8X2HH2,6X5HH2/H1,5X4HQBER)
  105 FORMAT(1H1//////)
      END

          FORTRAN DIAGNOSTIC RESULTS  FOR    PITLO

ERRORS
D,56
,5,NM
```

VOORBEELDEN

NR	HOEK	H1	H2	H2/H1	QBER
109	45.8300	.2910	-1.0000		1.4480
176	45.8300	.8570	.6060	.7071	6.5583
185	45.8300	.9560	.7820	.8180	*
420	60.8300	1.0550	.6720	.6370	9.5842
840	86.0000	1.5640	.4560	.2916	20.1743

A FTN 061 (STOP 00001)

BIJLAGE IV

MEETCIJFERS (omgerekend op prototype met 2 stoorelementen)

$\alpha = 31{,}58^{\circ}$

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.263	0.260	- 1.	1.2079	0.507	-	0.322	3.0010
0.265	-	0.035	"	0.522	-	0.363	"
0.266	-	0.055	"	0.537	-	0.395	"
0.267	-	0.060	"	0.552	-	0.425	"
0.268	-	0.075	"	0.567	-	0.450	"
0.269	0.265	0.088	"	0.582	-	0.473	"
0.271	0.268	0.128	"	0.597	-	0.497	"
0.277	-	0.155	"	0.612	-	0.519	"
0.283	-	0.180	"	0.617	-	0.539	"
0.292	0.291	0.210	"	0.530	0.528	- 1.	3.8137
0.302	-	0.230	"	0.537	-	0.032	"
0.352	0.349	- 1.	1.9701	0.542	-	0.105	"
0.367	-	0.177	"	0.547	-	0.148	"
0.374	-	0.194	"	0.552	-	0.190	"
0.377	-	0.206	"	0.557	-	0.200	"
0.387	-	0.245	"	0.562	-	0.232	"
0.397	-	0.274	"	0.567	-	0.253	"
0.407	-	0.296	"	0.572	-	0.278	"
0.422	-	0.328	"	0.582	-	0.312	"
0.437	-	0.354	"	0.592	-	0.348	"
0.452	-	0.376	"	0.602	-	0.375	"
0.454	-	- 1.	3.0010	0.612	-	0.410	"
0.467	-	0.123	"	0.622	-	0.421	"
0.477	-	0.190	"	0.632	-	0.450	"
0.487	-	0.247	"	0.642	-	0.474	"
0.492	-	0.291	"	0.652	-	0.491	"

$\alpha = 35^{\circ}66'$ (zonder stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.086	-	- 1.	0.1929	0.442	-	- 1.	2.8461
0.113	-	"	0.3004	0.449	-	"	2.8461
0.150	-	"	0.4807	0.457	-	"	3.0010
0.164	-	"	0.5534	0.470	-	"	3.1402
0.179	-	"	0.6388	0.485	-	"	3.3141
0.193	-	"	0.7242	0.500	-	"	3.4943
0.204	-	"	0.7906	0.513	-	"	3.6240
0.229	-	"	0.9582	0.527	-	"	3.7943
0.246	-	"	1.0783	0.540	-	"	3.9560
0.271	-	"	1.2649	0.552	-	"	4.1236
0.290	-	"	1.4104	0.567	-	"	4.2691
0.311	-	"	1.5875	0.579	-	"	4.4209
0.331	-	"	1.7677	0.591	-	"	4.5790
0.346	-	"	1.9005	0.603	-	"	4.7308
0.359	-	"	2.0302	0.618	-	"	4.9111
0.377	-	"	2.2105	0.632	-	"	5.0787
0.389	-	"	2.3496	0.645	-	"	5.2273
0.408	-	"	2.5077	0.656	-	"	5.3759

$\alpha = 45{,}8^{\circ}$ (zonder stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.081	-	- 1.	0.1739	0.650	-	- 1.	5.3854
0.109	-	"	0.2814	0.665	-	"	5.5941
0.148	-	"	0.4649	0.679	-	"	5.7870
0.181	-	"	0.6451		Met twee stoorelementen:		
0.205	-	"	0.7937				
0.230	-	"	0.9582	0.422	-	- 1.	2.6627
0.255	-	"	1.1384	0.523	-	"	3.7884
0.274	-	"	1.2776	0.595	-	"	4.6581
0.291	-	"	1.4230	0.680	-	"	5.7870
0.310	-	"	1.5812	0.699	-	"	5.9989
0.328	-	"	1.7456	0.723	-	"	6.3183
0.354	-	"	1.9322	0.751	-	"	6.6883
0.367	-	"	2.1029	0.786	-	"	7.1549
0.385	-	"	2.2769	0.820	-	"	7.6369
0.412	-	"	2.5425	0.864	-	"	8.3358
0.425	-	"	2.6943	0.902	-	"	8.8766
0.440	-	"	2.8587	0.426	-	"	2.6879
0.466	-	"	3.1180	0.440	-	0.128	"
0.485	-	"	3.3204	0.460	-	0.262	"
0.507	-	"	3.5797	0.480	-	0.329	"
0.525	-	"	3.7948	0.500	-	0.378	"
0.544	-	"	3.9971	0.520	-	0.410	"
0.563	-	"	4.2881	0.560	-	0.459	"
0.595	-	"	4.6644				
0.617	-	"	4.9269				
0.631	-	"	5.1419				

$\alpha = 45{,}8^0$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.607	-	- 1.	4.8130	0.857	-	0.606	6.4353
0.624	-	0.140	"	0.870	-	0.627	"
0.633	-	0.195	"	0.878	-	0.638	"
0.642	-	0.254	"	0.886	-	0.657	"
0.652	-	0.313	"	0.895	-	0.673	"
0.669	-	0.318	"	0.911	-	0.707	"
0.718	-	0.511	"	0.933	-	0.748	"
0.732	-	0.542	"	0.996	-	0.841	"
0.745	-	0.565	"	0.839	-	- 1.	7.5216
0.756	-	0.589	"	0.846	-	0.031	"
0.772	-	0.619	"	0.862	-	0.188	"
0.789	-	0.643	"	0.870	-	0.260	"
0.730	-	- 1.	6.4353	0.880	-	0.318	"
0.741	-	0.082	"	0.890	-	0.368	"
0.750	-	0.137	"	0.900	-	0.418	"
0.761	-	0.208	"	0.915	-	0.472	"
0.763	-	0.233	"	0.925	-	0.508	"
0.766	-	0.263	"	0.936	-	0.548	"
0.775	-	0.341	"	0.958	-	0.618	"
0.788	-	0.390	"	0.983	-	0.674	"
0.800	-	0.443	"	0.497	-	- 1.	3.4765
0.813	-	0.474	"	0.520	-	0.193	"
0.820	-	0.502	"	0.540	-	0.298	"
0.826	-	0.522	"	0.560	-	0.363	"
0.834	-	0.538	"	0.580	-	0.415	"
0.843	-	0.560	"	0.600	-	0.456	"
0.850	-	0.587	"	0.620	-	0.491	"
				0.640	-	0.521	"

$\alpha = 60{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.047	-	- 1.	0.0696	0.944	0.949	- 1.	9.4369
0.057	-	"	0.0980	0.946	-	"	9.5754
0.074	-	"	0.1517	0.989	0.996	"	10.1257
0.086	-	"	0.1897	1.012	-	"	10.6253
0.099	-	"	0.2403	1.063	1.070	"	11.3685
0.110	-	"	0.2909	1.055	-	"	11.3843
0.135	-	"	0.4016	1.105	-	"	12.2160
0.178	-	"	0.6356	1.138	1.147	"	12.6650
0.228	-	"	0.9582	1.148	-	"	12.9718
0.291	-	"	1.4199	1.189	-	"	13.7908
0.343	-	"	1.9005	1.243	-	"	14.7616
0.414	-	"	2.5678	1.288	-	"	15.5395
0.453	0.454	"	2.9568	1.350	-	"	16.5894
0.472	-	"	3.1686	1.428	-	"	17.6836
0.527	-	"	3.7948	0.327	-	"	1.7393
0.577	0.578	"	4.3640	0.345	-	0.218	"
0.585	-	"	4.4715	0.365	-	0.285	"
0.633	-	"	5.0628	0.385	-	0.323	"
0.682	-	"	5.6763	0.405	-	0.349	"
0.705	0.707	"	5.9704	0.425	-	0.378	"
0.709	-	"	6.0653	0.500	-	- 1.	3.4785
0.756	-	"	6.6978	0.515	-	0.203	"
0.794	-	"	7.2164	0.535	-	0.313	"
0.834	0.837	"	7.7192	0.555	-	0.387	"
0.846	-	"	7.9816	0.575	-	0.435	"
0.860	0.864	"	8.1366	0.595	-	0.475	"
0.889	-	"	8.6362	0.615	-	0.504	"
				0.655	-	0.566	"

$\alpha = 60{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.612	-	- 1.	4.8067	0.955	-	0.655	7.9216
0.625	-	0.173	"	0.975	-	0.715	"
0.645	-	0.303	"	0.995	-	0.754	"
0.665	-	0.395	"	1.015	-	0.795	"
0.685	-	0.461	"	1.035	-	0.828	"
0.705	-	0.509	"	1.075	-	0.888	"
0.725	-	0.563	"	0.942	-	- 1.	9.4932
0.745	-	0.598	"	0.955	-	0.035	"
0.765	-	0.682	"	0.975	-	0.270	"
0.785	-	0.667	"	0.995	-	0.425	"
0.737	-	- 1.	6.4353	1.015	-	0.510	"
0.745	-	0.063	"	1.035	-	0.601	"
0.765	-	0.259	"	1.055	-	0.672	"
0.785	-	0.385	"	1.075	-	0.729	"
0.805	-	0.473	"	1.095	-	0.789	"
0.825	-	0.553	"	1.115	-	0.820	"
0.845	-	0.595	"	1.135	-	0.873	"
0.865	-	0.649	"	1.155	-	0.904	"
0.885	-	0.683	"	1.195	-	0.971	"
0.905	-	0.725	"	1.042	-	- 1.	11.0744
0.945	-	0.788	"	1.055	-	0.049	"
0.840	-	- 1.	7.9216	1.075	-	0.300	"
0.855	-	0.101	"	1.095	-	0.465	"
0.875	-	0.327	"	1.115	-	0.541	"
0.895	-	0.434	"	1.135	-	0.618	"
0.915	-	0.516	"	1.155	-	0.708	"
0.935	-	0.593	"	1.175	-	0.774	"

$\alpha = 60{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
1.195	-	0.819	11.0744
1.215	-	0.877	"
1.235	-	0.913	"
1.255	-	0.950	"
1.275	-	0.986	"
1.295	-	1.029	"
1.315	-	1.061	"
1.355	-	1.136	"
1.130	-	- 1.	12.6524
1.150	-	0.128	"
1.170	-	0.315	"
1.190	-	0.430	"
1.210	-	0.593	"
1.230	-	0.657	"
1.250	-	0.732	"
1.270	-	0.795	"
1.290	-	0.838	"

$\alpha = 75{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.049	-	- 1.	0.0759
0.061	-	"	0.1075
0.067	-	"	0.1297
0.076	-	"	0.1549
0.087	-	"	0.1992
0.099	-	"	0.2435
0.108	-	"	0.2814
0.118	-	"	0.3257
0.129	-	"	0.3795
0.138	-	"	0.4301
0.148	-	"	0.4807
0.162	-	"	0.5471
0.177	-	"	0.6325
0.191	-	"	0.7147
0.204	-	"	0.7937
0.216	-	"	0.8728
0.229	-	"	0.9550
0.252	-	"	1.1131
0.273	-	"	1.2649
0.293	-	"	1.4230
0.314	-	"	1.6159
0.353	-	"	1.9005
0.395	-	"	2.2136
0.422	-	"	2.5266
0.454	-	"	2.8524
0.489	-	"	3.2034
0.543	-	"	3.7948

$\alpha = 75,8^{o}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3sec)
0.544	0.542	- 1.	3.8137	1.963	-	- 1.	30.4529
0.599	-	"	4.4209	2.039	-	"	32.0499
0.650	-	"	5.0787	2.129	-	"	34.3995
0.699	-	"	5.6953	2.172	2.229	"	35.3008
0.748	-	"	6.3025	2.197	-	"	36.2305
0.818	-	"	7.2923	2.207	-	"	36.3413
0.879	-	"	8.2536	0.332	-	"	1.7393
0.928	0.934	"	8.9873	0.338	-	0.196	"
0.939	-	"	9.1738	0.343	-	0.216	"
1.010	-	"	10.1858	0.348	-	0.239	"
1.050	-	"	11.0364	0.353	-	0.262	"
1.128	-	"	12.3930	0.358	-	0.276	"
1.144	1.155	"	12.6524	0.363	-	0.284	"
1.192	-	"	13.5283	0.368	-	0.293	"
1.289	-	"	15.2107	0.373	-	0.305	"
1.387	-	"	16.8392	0.393	-	0.335	"
1.281	-	"	15.2018	0.403	-	0.350	"
1.364	-	"	16.8171	0.516	-	- 1.	3.4817
1.382	1.396	"	17.1397	0.523	-	0.166	"
1.458	-	"	18.7366	0.528	-	0.248	"
1.618	1.648	"	21.6744	0.533	-	0.309	"
1.600	-	"	21.7377	0.538	-	0.339	"
1.665	-	"	23.1164	0.543	-	0.366	"
1.753	-	"	25.0580	0.548	-	0.387	"
1.817	-	"	26.8131	0.553	-	0.403	"
1.897	1.935	"	28.5967	0.563	-	0.429	"
1.900	-	"	28.8370	0.573	-	0.453	"

$\alpha = 75{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.630	-	- 1.	4.8067	0.833	-	0.625	6.4353
0.638	-	0.186	"	0.843	-	0.650	"
0.643	-	0.245	"	0.853	-	0.670	"
0.648	-	0.315	"	0.863	-	0.690	"
0.653	-	0.364	"	0.873	-	0.709	"
0.658	-	0.403	"	0.860	-	- 1.	7.9216
0.663	-	0.426	"	0.868	-	0.129	"
0.668	-	0.451	"	0.873	-	0.213	"
0.673	-	0.466	"	0.878	-	0.303	"
0.678	-	0.487	"	0.883	-	0.365	"
0.683	-	0.500	"	0.888	-	0.401	"
0.693	-	0.525	"	0.893	-	0.427	"
0.703	-	0.545	"	0.898	-	0.467	"
0.713	-	0.567	"	0.903	-	0.502	"
0.723	-	0.583	"	0.908	-	0.519	"
0.755	-	- 1.	6.4353	0.913	-	0.558	"
0.763	-	0.153	"	0.923	-	0.593	"
0.768	-	0.213	"	0.933	-	0.626	"
0.773	-	0.309	"	0.943	-	0.652	"
0.778	-	0.373	"	0.963	-	0.724	"
0.783	-	0.415	"	0.973	-	0.741	"
0.788	-	0.451	"	0.983	-	0.767	"
0.793	-	0.476	"	0.993	-	0.773	"
0.798	-	0.504	"	1.013	-	0.821	"
0.803	-	0.527	"	1.063	-	0.902	"
0.813	-	0.557	"	0.963	-	- 1.	9.4932
0.823	-	0.601	"	0.968	-	0.100	"

$\alpha = 75{,}8^{o}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)	h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.973	-	0.137	9.4932	1.363	-	0.937	14.2398
0.978	-	0.219	"	1.388	-	1.016	"
0.983	-	0.298	"	1.418	-	1.076	"
0.988	-	0.355	"	1.463	-	1.152	"
0.993	-	0.434	"	1.493	-	1.224	"
1.003	-	0.476	"	1.462	-	- 1.	18.8378
1.008	-	0.507	"	1.483	-	0.015	"
1.023	-	0.586	"	1.493	-	0.188	"
1.033	-	0.646	"	1.498	-	0.269	"
1.053	-	0.716	"	1.503	-	0.359	"
1.073	-	0.782	"	1.508	-	0.453	"
1.103	-	0.856	"	1.513	-	0.480	"
1.133	-	0.908	"	1.523	-	0.588	"
1.229	-	- 1.	14.2398	1.533	-	0.675	"
1.243	-	0.079	"	1.543	-	0.716	"
1.248	-	0.147	"	1.553	-	0.798	"
1.253	-	0.226	"	1.578	-	0.919	"
1.258	-	0.300	"	1.608	-	1.018	"
1.263	-	0.406	"	1.638	-	1.128	"
1.268	-	0.483	"	1.668	-	1.163	"
1.273	-	0.546	"	1.683	-	1.224	"
1.278	-	0.561	"	1.713	-	1.305	"
1.283	-	0.578	"	1.753	-	1.382	"
1.288	-	0.634	"	1.773	-	- 1.	25.0929
1.303	-	0.721	"	1.742	-	- 1.	25.0929
1.323	-	0.786	"	1.778	-	0.077	"
1.343	-	0.871	"	1.783	-	0.175	"

$\alpha = 75{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
1.788	-	0.287	25.0929
1.793	-	0.371	"
1.803	-	0.510	"
1.813	-	0.595	"
1.823	-	0.658	"
1.833	-	0.730	"
1.843	-	0.821	"
1.853	-	0.821	"
1.868	-	0.936	"
1.883	-	1.038	"
1.913	-	1.181	"
1.943	-	1.266	"
1.973	-	1.364	"
1.988	-	1.397	"
2.033	-	1.531	"

$\alpha = 86{,}0^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.318	0.318	- 1.	1.5748
0.490	0.490	"	3.1338
0.637	0.639	"	4.7624
0.760	0.762	"	6.3467
0.872	0.874	"	7.8805
0.975	0.979	"	9.4806
1.078	1.086	"	11.0997
1.168	1.179	"	12.6113
1.241	1.257	"	14.0022
1.344	1.366	"	15.9690
1.339	1.359	"	15.9791
1.401	1.426	"	17.3421
1.478	1.506	"	18.9485
1.555	1.583	"	20.5075
1.628	1.663	"	22.1076
1.710	1.752	"	23.8817
1.802	1.849	"	25.7917
1.870	1.927	"	27.5500
1.331	1.347	"	15.6977
1.342	1.361	0.128	"
1.346	1.367	0.214	"
1.349	1.369	0.293	"
1.357	1.375	0.471	"
1.367	1.387	0.592	"
1.386	1.404	0.700	"
1.397	1.416	0.767	"
1.427	1.448	0.871	"

$\alpha = 86{,}0^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
1.434	1.451	0.944	15.6977
1.452	1.470	1.004	"
1.468	1.486	1.053	"
1.485	1.504	1.110	"
1.499	1.515	1.144	"
1.522	1.540	1.204	"
1.526	1.562	- 1.	19.9939
1.544	1.579	0.083	"
1.549	1.584	0.155	"
1.558	1.588	0.304	"
1.560	1.591	0.385	"
1.564	1.597	0.456	"
1.571	1.605	0.523	"
1.575	1.609	0.617	"
1.589	1.621	0.761	"
1.607	1.635	0.894	"
1.633	1.665	1.039	"
1.651	1.681	1.104	"
1.692	1.719	1.224	"
1.748	1.771	1.370	"
1.812	1.838	1.499	"
1.793	1.838	- 1.	25.6969)*
1.797	1.845	- 1.	"
1.804	1.853	0.029	")*
1.811	1.856	0.224	"
1.823	1.863	0.429	")*
1.847	1.889	0.762	"

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
1.889	1.931	1.179	25.6969
1.975	2.007	1.449	"
2.221	2.255	1.929	"
2.592	2.618	2.412	"

$\alpha = 95{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

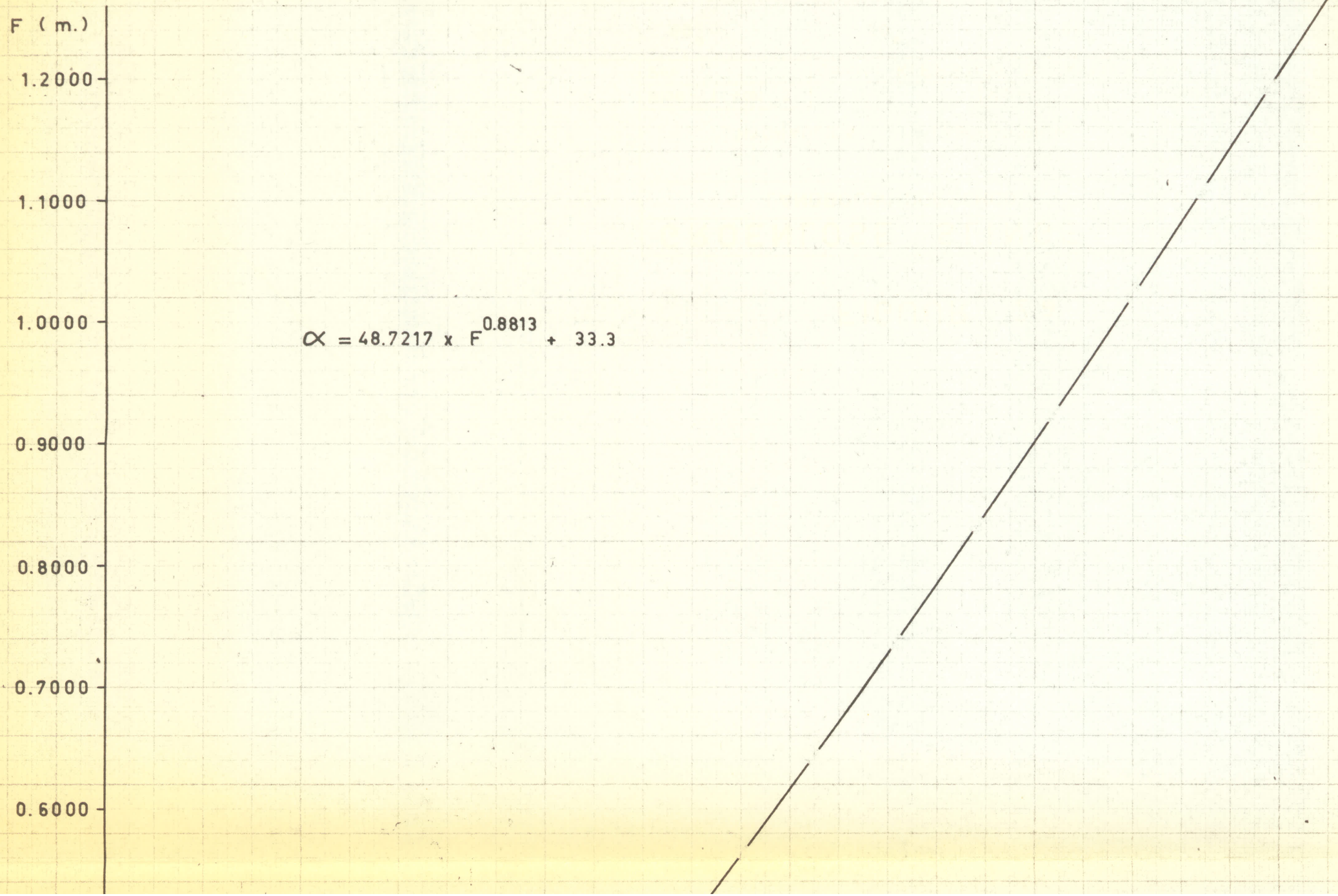
h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
0.502	0.499	- 1.	3.1591
0.641	0.641	"	4.7245
0.770	0.768	"	6.3910
0.884	0.886	"	7.9400
0.983	0.991	"	9.4490
1.076	1.090	"	10.9890
1.169	1.189	"	12.6524
1.297	1.321	"	14.9324
1.421	1.459	"	17.2598
1.533	1.578	"	19.5746
1.623	1.673	"	21.6270
1.742	1.805	"	24.4857
1.859	1.934	"	27.4677
1.769	1.823	"	25.1972
1.773	-	0.406	"
1.776	-	)* 0.466	"
1.781	-	0.636	"
1.786	-	)* 0.766	"
1.805	-	0.941	"
1.809	-	)* 1.076	"
1.834	1.885	1.246	"

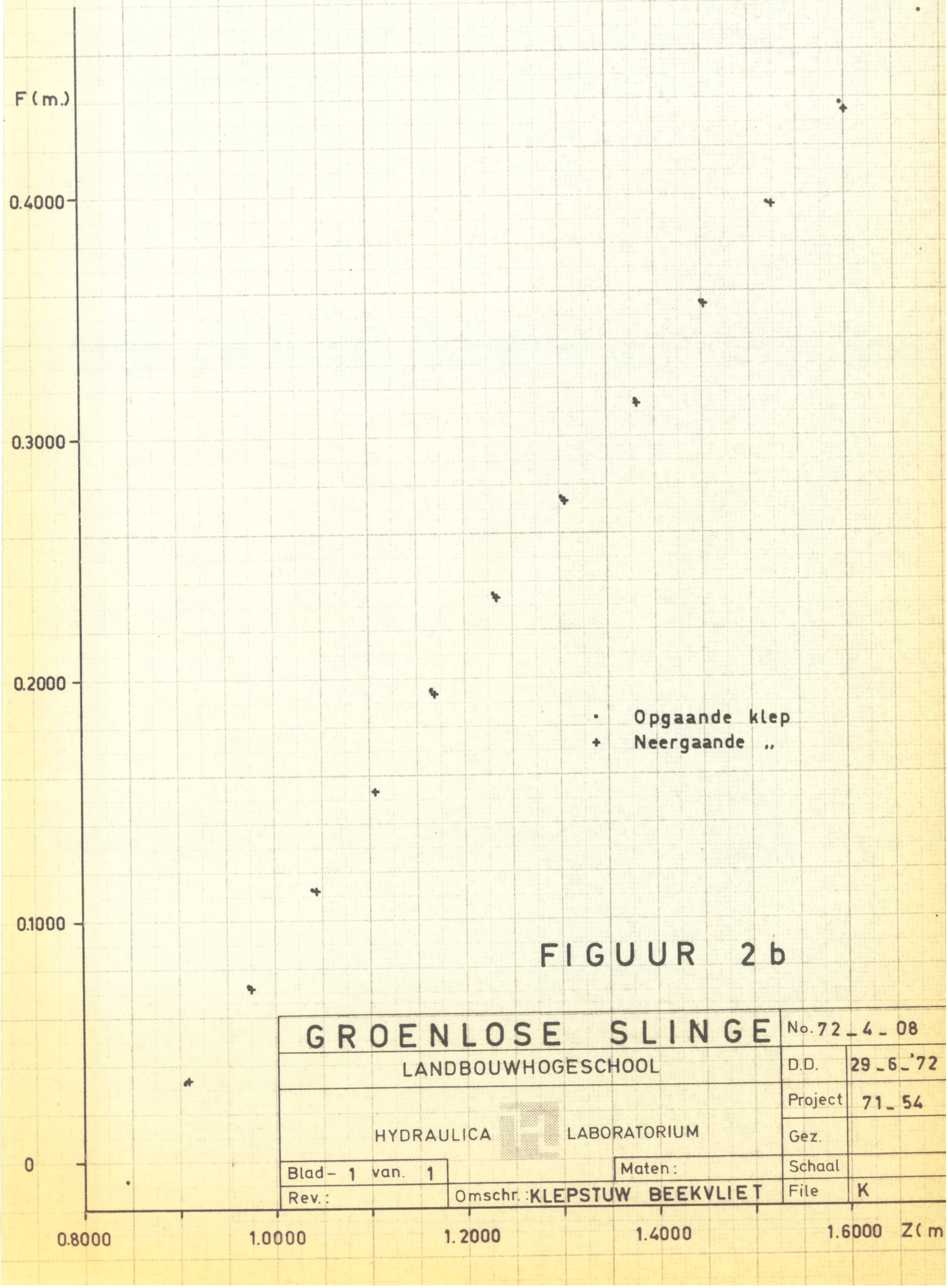
)* Met geleide schot.

$\alpha = 95{,}8^{\circ}$ (met 2 stoorelementen)

h_1 (m)	h_{boven} (m)	h_2 (m)	Q (m^3/sec)
)* 1.836	1.886	)* 1.251	25.1972
1.896	-	1.486	"
)* 1.896	-	)* 1.396	"
2.311	-	2.106	"
)* 2.311	-	)* 2.046	"
1.915	1.988	- 1.	28.9319
1.928	1.995	0.601	"
1.937	2.000	0.741	"
1.950	2.019	0.946	"
1.959	2.027	1.081	"
1.968	2.032	1.166	"
1.997	2.058	1.381	"
2.045	2.114	1.606	"
2.133	2.192	1.736	"
2.293	2.344	2.036	"

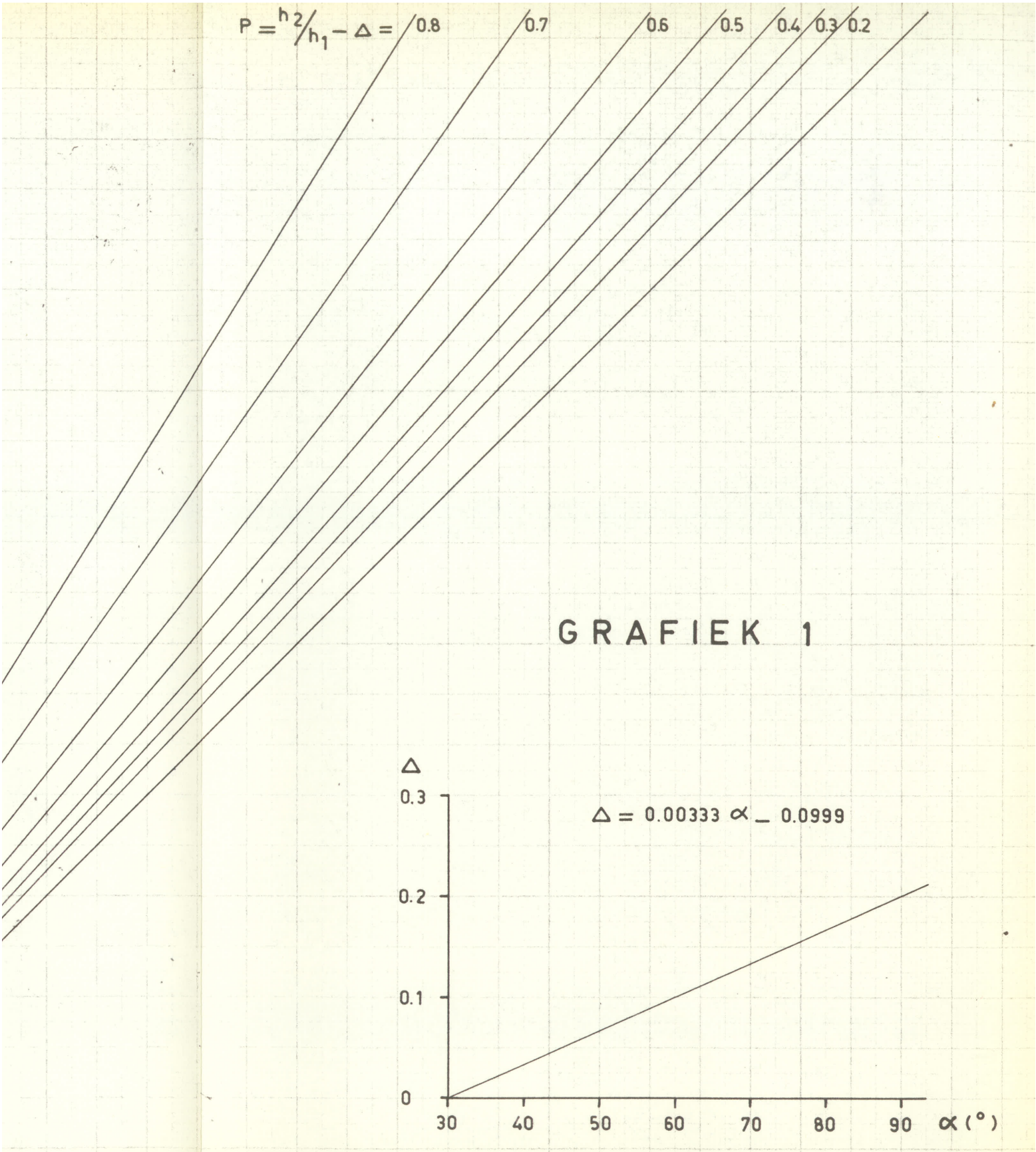
)* Met geleide schot.


F (m.)
1.2000
1.1000
1.0000
0.9000
0.8000
0.7000
0.6000
$\alpha = 48.7217 \times F^{0.8813} + 33.3$



FIGUUR 2b

GROENLOSE SLINGE	No. 72_4_08	
LANDBOUWHOGESCHOOL	D.D.	29_6_'72
HYDRAULICA LABORATORIUM	Project	71_54
	Gez.	
Blad – 1 van. 1 / Maten:	Schaal	
Rev.: / Omschr.: KLEPSTUW BEEKVLIET	File	K



GROENLOSE SLINGE		No. 72 - 3x - 09	
LANDBOUWHOGESCHOOL		D.D.	30 - 6 - '72
HYDRAULICA LABORATORIUM		Project	71 - 54
		Gez.	
Blad - 1 van. 1	Maten:	Schaal	
Rev.:	Omschr.: KLEPSTUW BEEKVLIET	File	K