

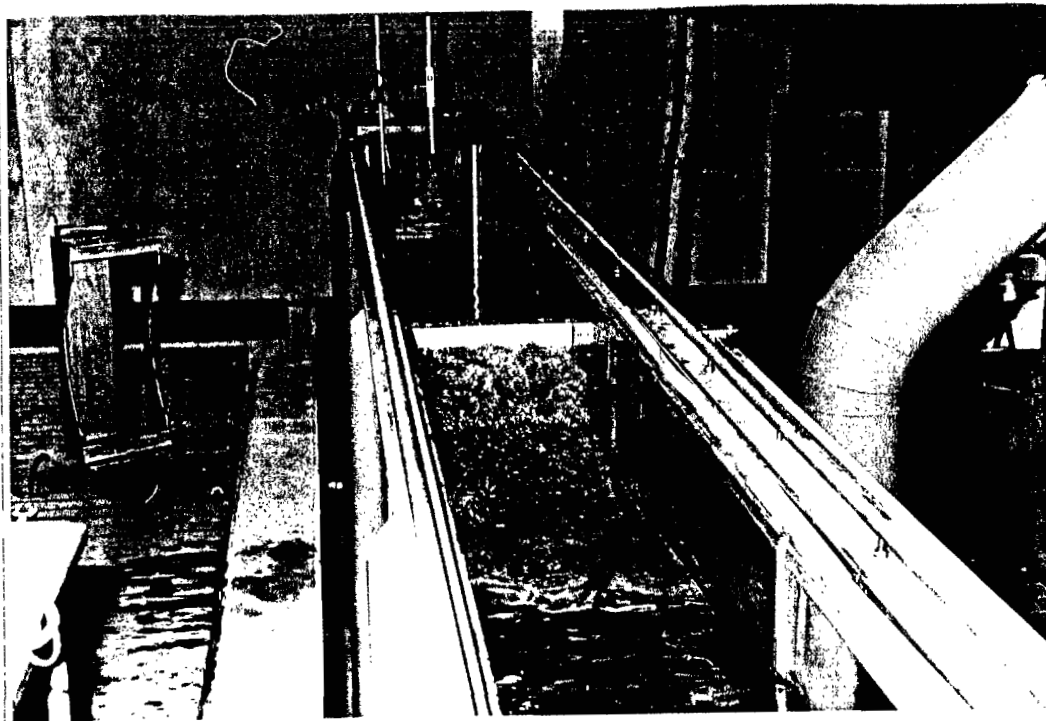
Proefondervindelijk onderzoek naar het verschil  
in golfoverslag tussen dijken met en zonder een  
( Muralt- ) muurtje en de invloed van deze  
golfoverslag op het proces van dijkdoorbraak.

S - 85.018

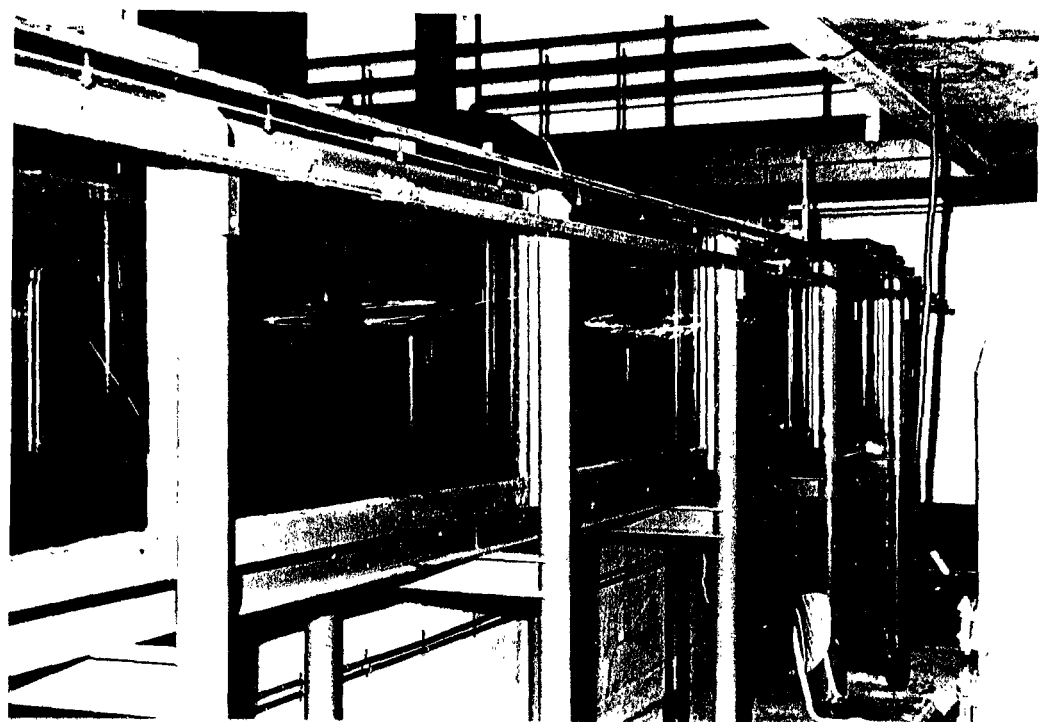
*hoewel kopie*

*toch origineel*

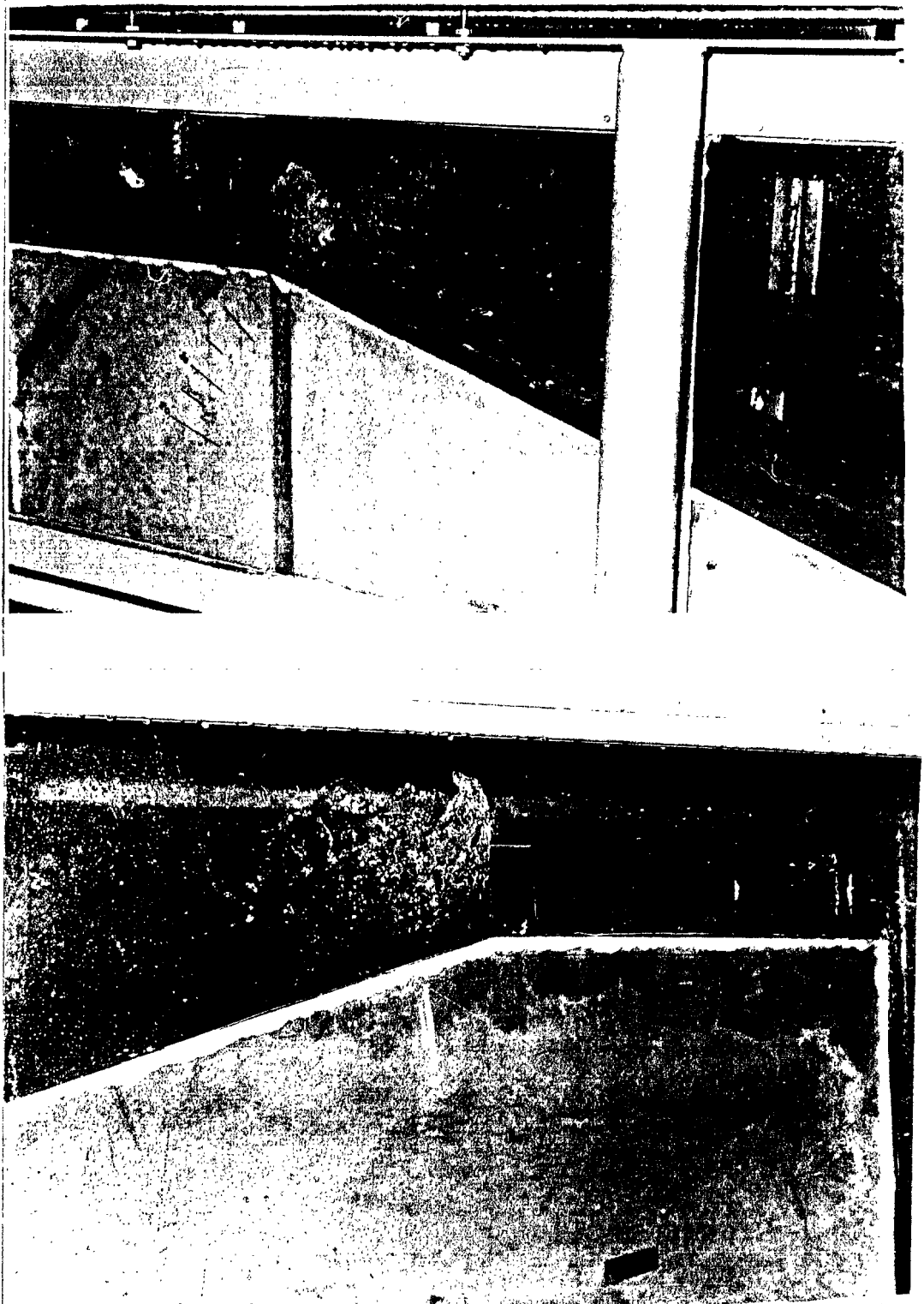
DEEL 2 : Koppeling tussen resultaten uit de  
proef en de nota WWKZ-8I.V007



DEEL I : PROEF



Bijlagen, grafieken.



Proefondervindelijk onderzoek naar het verschil  
in golfoverslag tussen dijken met en zonder een  
( Muralt- ) muurtje en de invloed van deze  
golfoverslag op het proces van dijkdoorbraak.

S - 85.018

Proefondervindelijk onderzoek naar het verschil  
in golfoverslag tussen dijken met en zonder een  
( Muralt- ) muurtje en de invloed van deze  
golfoverslag op het proces van dijkdoorbraak.

april '85

A.M. Doodeman  
student T.H. Delft

## Inhoudsopgave

	<u>blz.</u>
Voorwoord.	I
I. Inleiding.	2
Deel I : Proef	5
2. Beschrijving proef.	6
3. Meetresultaten.	8
4. Nauwkeurigheid.	12
5. Opmerkingen.	16
6. Theoretische achtergrond.	18
7. Conclusie.	22
Deel 2 : Koppeling tussen resultaten uit de proef en de nota WWKZ-8I.V007	23
8. Proef als vervolg op nota.	24
9. Conclusie.	27
10. Grondmechanische aspecten.	28
11. Rekenvoorbeeld.	33
12. Toepassing grondmechanische methode op dijkvakken uit de nota, m.b.v. resultaten uit deel I.	34
13. Samenvatting en conclusies.	35
Literatuurslijst.	38
Lijst van bijlagen, grafieken.	39
Lijst van symbolen.	41
Bijlagen, grafieken.	

## Voorwoord

Dit rapport is gemaakt als afstudeerwerk bij Prof. dr. ir. E.W. Bijker, hoogleraar van de vakgroep Kustwaterbouwkunde van de studierichting civiele techniek van de T.H. in Delft.

De hoofdbegeleiding van het projekt was in handen van Ir. A. Paape van het Waterloopkundig Laboratorium.

Daarnaast was er geregeld contact met de mentor van de vakgroep Kustwaterbouwkunde Ir. J.J. van Dijk.

Het rapport zelf kan worden gezien als een vervolg op de nota "WWKZ-8I.V007". Deze nota had ondermeer als conclusie dat onder bepaalde situaties dijken met muur een significant kleinere bezwijkkans hadden dan dijken zonder muur.

Het nader onderzoeken hiervan was de basis voor dit afstudeerwerk.



## 1. Inleiding

In de nota "WWKZ-81.V007" van het ministerie van verkeer en waterstaat is op statistische wijze onderzoek verricht naar het verschil in bezwijken van binnentaluds bij dijken zonder en met een kruinmuurtje bij gelijk dijkskruinhoogte-tekort.

Het dijkskruinhoogte-tekort is daar gedefinieerd als het verschil tussen de oploophoogte en de waakhogte, en is als karakteristieke grootte voor de belasting van de dijk beschouwd.

Het vergelijken van dijken met en zonder een kruinmuurtje leverde op, dat bij gelijk dijkskruinhoogte-tekort dijken met een muur een significant kleinere bezwijkkans hadden dan dijken zonder muur, indien het binnentalud 1:1,5 of steiler was.

Het afstudeerwerk gaat op deze weg verder, echter als karakteristieke grootte voor de belasting van de dijk wordt nu de golfoverslag gekozen. Om na te gaan of het verschil in bezwijken van binnentaluds bij dijken zonder en met een kruinmuurtje verklaard kunnen worden uit het verschil in golfoverslag, zijn golfoverslagproeven gedaan in het laboratorium voor vloeistofmechanica van de T.H. Delft. Bij de proeven is gebruik gemaakt van een model van een dijk, bestaande uit een basisprofiel en 2 demonteerbare gelijke verhogingen, waarvan één een gewone kruin en de ander het kruinmuurtje voorstelde.

Bij de opzet van de proeven en bij de uitwerking van de resultaten is getracht een zo goed mogelijke aansluiting te krijgen bij de beschouwingen in de nota "WWKZ-81.V007". (In het vervolg wordt met nota bedoeld nota "WWKZ-81.V007".)

Dit betekent dat niet alleen is getracht experimentele gegevens te verkrijgen in een voor de beschouwde dijken relevant bereik van omstandigheden, maar dat ook is getracht deze gegevens te presenteren in de vorm van parameters zoals deze in de nota zijn gehanteerd. Dit betreft met name het leggen van een verband tussen een genormeerd overslag ( $q/H\sqrt{H}$ ) en een genormeerd kruinhoogte-tekort, gedefinieerd als oploophoogte minus waakhogte gedeeld door golfhoogte ( $R-W/H$ ). Om dit te realiseren zijn naast golfoverslagmetingen ook golfoplopmetingen verricht voor situaties met verhoogde kruin om zodoende het dijkskruinhoogte-tekort te kunnen bepalen voor de niet-verhoogde kruin.

Dit werd gedaan voor 3 verschillende waakhogten.

Bij dit alles moet worden opgemerkt dat de situaties met en zonder muur in principe niet door dezelfde parameters kunnen worden gekarakteriseerd. Zo speelt bij de muur ondermeer een rol de positie van de waterstand t.o.v. de teen van de muur. Hieraan is in dit onderzoek voorbijgegaan. Doch het blijkt dat de golfoverslag zich voor beide situaties goed laat beschrijven door de gekozen parameters.

Dit rapport is zo ingedeeld dat in Deel I de proef met al zijn facetten wordt bekeken zonder een direkte koppeling te maken met de nota, terwijl in Deel II juist de koppeling tussen de proef en de nota tot stand wordt gebracht. Want nadat in Deel I een voldoende ruime verzameling van resultaten is gemaakt wordt in deel II getracht deze in relatie te brengen met de dijkvakken uit de nota. In de nota zelf werd een relatie gelegd tussen het dijkskruinhoogte-tekort en de beschouwde dijkvakken. In dit rapport wordt dus in plaats van het dijkskruinhoogte-tekort de meeromvattende golfoverslag in relatie gebracht met de beschouwde dijkvakken. Daarbij doen zich in principe 2 problemen voor, namelijk:

- Het onderzoek is uitgevoerd met regelmatige golven i.p.v. de in de werkelijkheid voorkomende onregelmatige golven. Bij het gedeelte 'theoretische achtergrond' wordt hier verder op ingegaan.
- De golfhoogten, die zijn opgetreden in 1953, zijn voor de verschillende dijkvakken niet met redelijke nauwkeurigheid bekend.

Wel is in de nota de golfoploop bepaald door extrapolatie van het windeffekt naar de maatgevende stormvloed. Waar het primair gaat om verschillen tussen situaties met en zonder muur is een vergelijking gemaakt voor enkele golfhoogten, welke via een eenvoudige formule afgeleid zijn van de reeds bepaalde oploophoogte.

Door op bovenstaande wijze te werk te gaan kan voor de verschillende dijkvakken worden aangegeven welke mate van golfoverslag is opgetreden (afhankelijk van veronderstellingen omtrent de golfhoogte). Tevens is getracht een verband tussen de golfoverslag en het bezwijken van het binnentalud aan te geven, op basis van de beschouwingen in de nota. Er wordt gekeken in hoeverre de aanname, dat golfoverslag de oorzaak is van dijkdoorbraak, ondersteund wordt door gegevens over de dijkvakken uit de nota, waarop de resultaten uit deel I zijn toegepast. Ook de invloed van de

aanwezigheid van een muur op het al dan niet bezwijken van de beschouwde dijkvakken komt aan de orde. Hiervoor wordt ook gekeken naar de verandering in golfoverslag als een dijk met muur vervangen zou worden door een dijk zonder muur, en andersom.

Als laatste wordt een grondmechanische beschouwing over de dijkvakken gehouden. Hierin speelt de golfoverslag een belangrijke rol. Na eerst ingegaan te zijn op de wijze waarop de dijken in 1953 waarschijnlijk zijn doorgebroken, is getracht een relatie te leggen tussen golfoverslag en de benodigde tijdsduur voor het bereiken van een kritische situatie t.a.v. afschuivingsgevaar. Het niet bekend zijn van een groot aantal parameters (zoals de doorlatendheid van de grondlagen) vormt hier een probleem.

DEEL I : PROEF



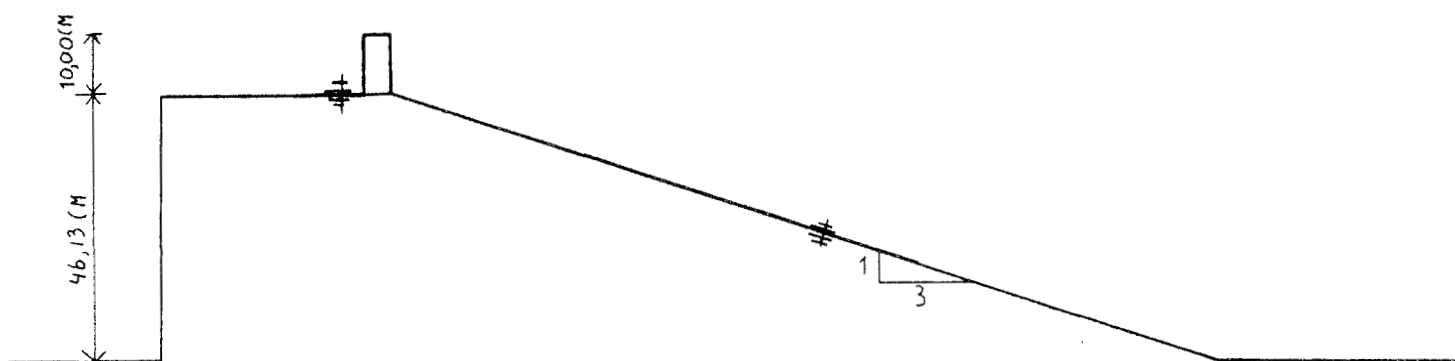
## 2. Beschrijving proef

De proef vond plaats in een goot van het Laboratorium voor vloeistofmechanika van de T.H. Het model van de dijk bestond uit een basisprofiel en 2 demonteerbare gelijke verhogingen. Een verhoging bestond uit een (Muralt-) muurtje. (zie fig. Ia). De tweede verhoging was een kruin, welke een zelfde talud had als het basisprofiel en even hoog was als het muurtje (fig. Ib). Zodoende was het mogelijk om 2 verschillende soorten dijken met gelijke hoogten te vergelijken wat betreft de golfoverslag. De golven werden opgewekt via een niet-verplaatsbare golfschot en stemden overeen met de golven welke Qua orde van grootte voorkwamen in de ramp in 1953. De golven in het model waren regelmatige golven. Door de golfhoogten op verschillende plaatsen te meten kan zowel de inkomende als de terugkomende golfhoogte bepaald worden.

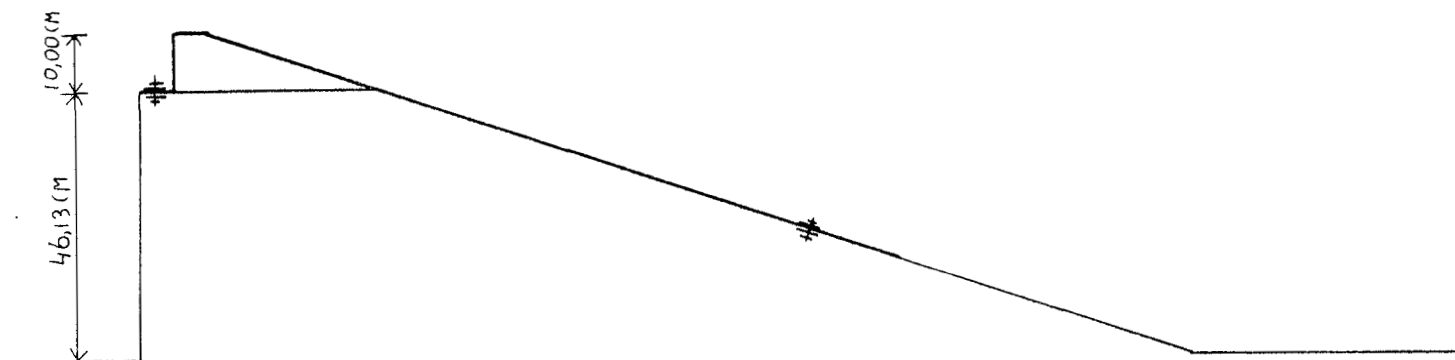
De hoeveelheid overslaand water werd opgevangen in de ruimte binnen de goot achter het profiel. Na 15 à 20 minuten vanaf het begin van een proef werd via peilglazen de waterstand zowel voor als achter het profiel gelezen. Uit de waarneming achter het profiel kan de golfoverslag bepaald worden. De ruimte achter het profiel was vantevoren geijkt zodat een bepaalde waterstand correleerde met een bepaalde volume aan water dat de dijk was gepasseerd.

Voor het bereiken van een juiste waarneming van de golfoverslag diende de waterstand voor de dijk konstant te blijven. Hier werd aan voldaan door toevoeging van water via een slang welke was aangesloten op een kraan. Werd een kleine wijziging in deze waterstand gekonstateerd dan diende de proef opnieuw gedaan te worden.

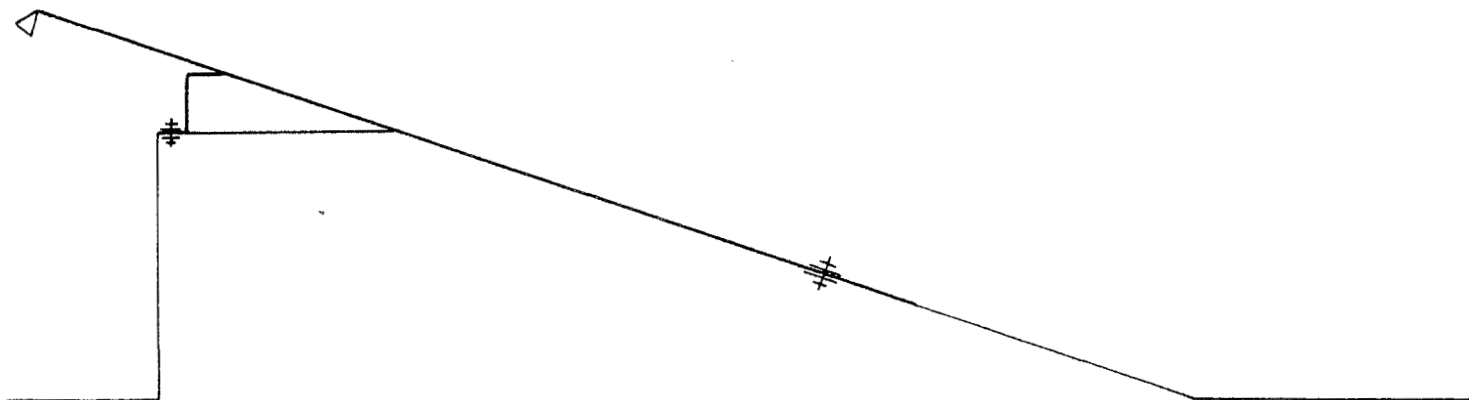
Voor de bepaling van de golfoploop werd gebruik gemaakt van een houten hardboard plaat, welke aan het basisprofiel en de demonteerbare kruin bevestigd werd. (fig. Ic). De golfoploop werd visueel waargenomen. Hiervoor waren op de plaat horizontale strepen aangebracht. Van 3 opeenvolgende aankomende golven werd de hoogste waarde van de 3 daarbijbehorende golfoplopen waargenomen en genoteerd. Dit werd per golfinstelling 10 maal gedaan. De golfoploop bij een bepaalde golfhoogte en periode werd dan het gemiddelde van deze 10 noteringen. Deze cyclus werd bij 3 verschillende waakhoogten uitgevoerd. De lengteschaal voor dit model bedroeg 1:10.



Figuur 1a : Dijk met muur



Figuur 1b : Dijk zonder muur



Figuur 1c : Dijk met schot ter bepaling golfoploop

schaal 1:10

### 3. Meetresultaten

Voor de meetresultaten wordt verwezen naar bijlage I t/m 9.

Zoals in de inleiding staat vermeld is bij de opzet van de proeven en bij de uitwerking van de metingen geprobeerd een zo goed mogelijke aansluiting te krijgen bij de beschouwingen in de nota. Dit heeft tot de volgende wijze van uitwerken geleid :

1. Voor verschillende waakhogten wordt m.b.v. de golfoploopmetingen gekeken naar het volgende verband

$$\frac{R}{H} \sim \frac{H}{L_0} = \frac{H}{T^2} \frac{2\pi}{g}$$

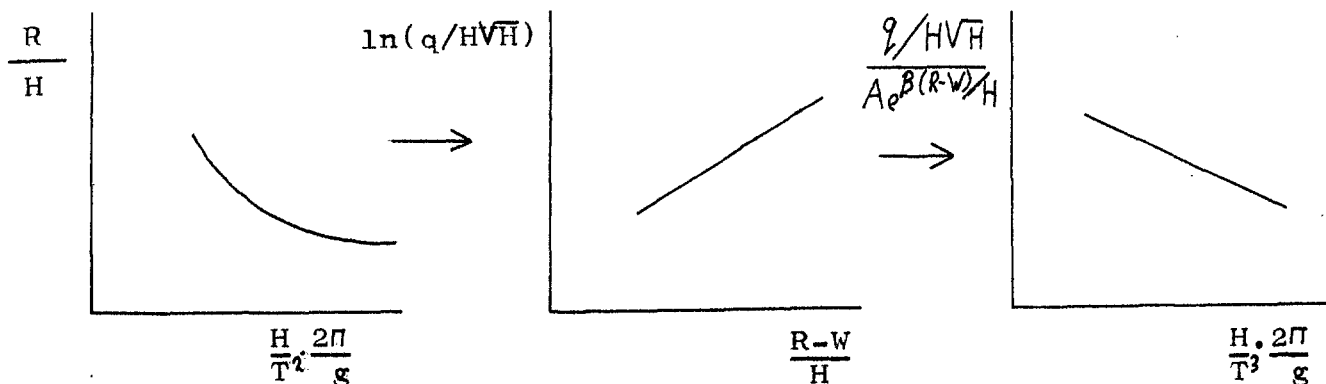
Het is nu mogelijk om voor een golf met een bepaalde golfhoogte en periode de daarbijbehorende oploophoogte te bepalen. Hiervan wordt bij de uitwerking in 2 gebruik gemaakt.

2. Voor verschillende waakhogten wordt m.b.v. de golfoverslagmetingen gekeken naar het volgende verband

$$\underline{a} \quad \ln(q/H\sqrt{VH}) \sim (R-W)/H \quad \rightarrow \quad q = A \cdot H\sqrt{VH} \cdot \exp(\beta \cdot (R-W)/H)$$

$$\underline{b} \quad \frac{q}{A \cdot H\sqrt{VH} \cdot \exp(\beta \cdot (R-W)/H)} \sim \frac{H}{L_0 T} \quad ; \text{hierin zijn } A \text{ en } \beta \text{ konstanten}$$

Dit alles kan verduidelijkt worden door onderstaande grafieken :



### Golfoploop

In de grafieken I t/m 5 en de bijlage 7,8 en 9 worden de golfoploopmetingen verwerkt, met name toegespitst op het verband

$$\frac{R}{H} \sim \frac{H}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g}$$

Uit de grafieken kan bepaald worden dat voor relatief grote golfsteilheid als gemiddelde resultaat wordt verkregen:  $R=1,80 H$ . Het blijkt dat bij afnemende steilheid de verhouding  $R/H$  toeneemt. De invloed van de waterdiepte is tot nu toe niet in de beschouwing meegenomen. Wordt dit wel gedaan dan blijkt dat bij relatief grote steilheid een toenemende waterdiepte in een afnemende  $R/H$  verhouding resulteert. Hier spelen 2 factoren een rol. De eerste faktor is de golflengte. De golflengte kan bepaald worden door de formule  $L=L_0 \tanh kd$ , waarin  $L_0$  evenredig is met  $T^2$ . Als golfsteilheidsparameter is  $(H/T^2) \cdot (2\pi/g)$  ingevoerd. Echter voor gelijke  $T$  en  $H$  zal een toenemende waterdiepte ook een toenemende golflengte betekenen omdat in de formule  $L=L_0 \tanh kd$   $kd$  zal toenemen. De tweede faktor is de horizontale snelheid van het water. Hiervoor luidt de formule  $u_{\max} = (\pi H/T) \cdot (\cosh k(z+h)/\sinh kh)$ . Een toename van de waterdiepte zal een afname van de horizontale snelheid betekenen. Bij relatief grote steilheid geeft klaarblijkelijk het 2<sup>e</sup> effect de doorslag.

Ook kan uit de grafieken worden waargenomen dat bij afnemende golfsteilheid de  $R/H$ -verhouding eerder afbuigt naar hogere waarden voor grotere waterdiepten.

Zoals in Deel I, op blz. 18 onderaan, staat vermeld speelt voor de golfoploop de faktor  $\xi = \tan \alpha \sqrt{H/L_0}$  een belangrijke rol. Volgens Hunt geldt voor  $\xi$ -waarde  $< 2,3$  :  $R/H = \xi$ . Om te zien in hoeverre dit klopt met de resultaten uit de proef is een grafiek gemaakt welke het verband weergeeft tussen  $R/H$  en  $\xi$  (grafiek 4). Voor  $\xi$ -waarden groter dan 1,8 blijkt er enige overeenkomst te zijn. Beneden een  $\xi$ -waarde van 1,8 blijkt de  $R/H$ -waarde enigszins af te buigen naar een bepaalde waarde.



Golfoverslag

De proeven hebben de volgende resultaten opgeleverd voor de golfoverslag (zie grafieken 6 t/m I9) :

W=I,II3 m.	MM : $q=4,16.H\sqrt{H}.exp(2,67(R-W)/H).(2,I4-0,90k)$
	ZM : $q=8,48.H\sqrt{H}.exp(3,33(R-W)/H).(I,37-0,34k)$
W=I,363 m.	MM : $q=2,27.H\sqrt{H}.exp(4,I3(R-W)/H).(I,67-0,64k)$
	ZM : $q=3,24.H\sqrt{H}.exp(5,22(R-W)/H).(2,II-0,97k)$
W=I,6I3 m.	MM : $q=4,4I.H\sqrt{H}.exp(2,I2(R-W)/H).(I,I5-0,22k)$
	ZM : $q=2,68.H\sqrt{H}.exp(5,IO(R-W)/H).(I,89-0,98k)$
Alle W	MM : $q=4,I3.H\sqrt{H}.exp(2,70(R-W)/H)$
	ZM : $q=4,20.H\sqrt{H}.exp(4,38(R-W)/H)$

Hierin zijn : W=waakhoogte in m.

MM=dijk met muur ; hoogte muur is I,000 m.

ZM=dijk zonder muur

q=golfoverslag in l/ms

H=golfhoogte in m.

R=golfoploop in m.

k=(H/T<sup>3</sup>). (2π/g).IO0 in I/s

T=golfperiode in s.

Voor waakhoogten van W=I,II3 m. en W=I,363 m. is er meer overslag bij dijken zonder muur dan bij dijken met muur.

Als de waakhoogte I,6I3 m. is, is voor geringe R-W waarde de overslag gering. Wel kan voor die situatie (dus voor geringe R-W) de overslag bij een dijk met muur groter zijn dan de overslag bij een dijk zonder muur. Een verhoogde verticale uitwijking van het water t.g.v. de terugkaatsing van de muur draagt hiertoe bij. Kwantitatief gezien is dit niet van belang.

Echter, voor de overige situaties blijkt de golfoverslag bij dijken zonder muur aanzienlijker dan bij dijken met muur. De verklaring hiervoor zal voor een groot deel te vinden zijn in de mate van terugkaatsing. De tabel op de volgende blz. kan dit verduidelijken.

	Waakhoogte	Terugkaatsingscoëfficiënt
dijk zonder muur	W=1,113 m.	$r=0,12 \pm 0,06$
	W=1,363 m.	$r=0,12 \pm 0,07$
	W=1,613 m.	$r=0,14 \pm 0,08$
dijk met muur	W=1,113 m.	$r=0,40 \pm 0,11$
	W=1,363 m.	$r=0,32 \pm 0,12$
	W=1,613 m.	$r=0,30 \pm 0,13$

tabel 1: mate van terugkaatsing bij dijken zowel met als zonder muur

Ten aanzien van de grafieken waarin het verband tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$  wordt weergegeven kan het volgende worden opgemerkt:

Bij de dijken zonder muur is er sprake van enige samenhang tussen de resultaten voor de 3 verschillende waakhoogten. Dit is echter bij de dijken met muur minder het geval. Om deze samenhang te aanschouwen dient grafiek 9 bekeken te worden. In grafiek 9 zijn voor zowel een dijk met als zonder muur een aantal lijnen aangegeven welke het verband weergegeven tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$  voor 3 verschillende waakhoogten. Voor een dijk zonder muur loopt de lijn, behorend bij de middelste waakhoogte, grotendeels tussen de lijnen, behorende bij de andere 2 waakhoogten. Bij een dijk met muur is dit minder het geval.

#### 4. Nauwkeurigheid

In de proef zijn situaties met en zonder muur door een beperkt aantal, gelijke parameters gekarakteriseerd. In principe kan dit niet. Zo speelt bij een dijk met muur ondermeer de positie van de waterstand t.o.v. de teen van de muur een rol. Hieraan is in dit onderzoek voorbijgegaan. Ook de invloed van de windsnelheid is in deze proef buiten beschouwing gebleven. Opgemerkt kan worden dat een hoge windsnelheid de golfoverslag bij een dijk met muur waarschijnlijk meer zal doen toenemen dan bij een dijk zonder muur. Overigens blijkt dat de golfoverslag zich voor beide situaties goed laat beschrijven door de gekozen parameters. Belangrijk hiervoor is ook de mate van nauwkeurigheid welke, gegeven de hierboven genoemde aanpak, wordt bereikt bij het totstandkomen van het uiteindelijke resultaat. Deze nauwkeurigheid kan in 2 groepen worden gesplitst, namelijk:

a nauwkeurigheid in meetgegevens

b nauwkeurigheid in verwerking meetgegevens

- a-Voor het bereiken van een juiste waarneming van de golfoverslag diende de waterstand konstant te blijven. Zoals in de beschrijving van de proef staat vermeld werd hieraan voldaan door toevoeging van water via een slang, welke was aangesloten op een kraan. Werde een kleine wijziging in deze waterstand gekonstateerd dan diende de proef opnieuw gedaan te worden. De norm hiervoor was een afwijking van  $\pm 1,5$  mm, hetgeen een procentuele afwijking in de berekende golfoverslag van  $\pm 6\%$  inhield. Waar het gaat om de verschillen tussen situaties met en zonder muur kan de afwijking van het verschil in golfoverslag voor beide situaties oplopen tot het dubbele,  $12\%$ . Om deze nauwkeurigheid te bereiken te bereiken was het vaak nodig om dezelfde proeven een aantal malen uit te voeren.
- Ook in het beginnen en beeindigen van een proef kunnen onnauwkeurigheden optreden. Het beeindigen vond plaats door na het stilzetten van de golfmachine zowel de tijd stil te zetten alsmede een schot voor de dijk aan te brengen waardoor het water de dijk niet meer kon passeren. Voor situaties met veel overslag kan hier een onnauwkeurigheid van  $1\%$  optreden.
- Het werken met een niet-verplaatsbaar golfschot kan het ontstaan van staande golven in de hand werken. Het gebruik van matten in de goot om zodoende de terugkomende golf op te vangen, het controleren van aflezingen van de golfhoogten na het passeren van de matten richting golfschot en het eventuele bijstellen

van de frekwentie was hier de oplossing voor. Overigens zou het ontstaan van staande golven de golfoverslag doen afnemen. Deze onnauwkeurigheid wordt geschat op 5%.

- Ter bepaling van het dijkskruinhoogte-tekort werd ook de golfoploop waargenomen. Gezien het visuele karakter van deze waarnemingen werd per meting de onnauwkeurigheid geschat op max. 5 cm (dit staat gelijk aan 5 mm op de schaal van de proef). Aangezien per golfinstelling 10 metingen werden verricht wordt de onnauwkeurigheid voor elke golfinstelling geschat op  $5/\sqrt{10} = 1,5$  cm.

b

Wordt de verwerking van de meetgegevens als een op zichzelf staand iets beschouwd dan is het zinvol om met een redelijke exactheid de onnauwkeurigheid bij de verwerking van de meetgegevens te berekenen. Echter, hier kan dit niet losgezien worden van hetgene dat eerder in deze paragraaf ter sprake is gekomen. Door toch een redelijke exacte benadering te maken voor de onnauwkeurigheid bij de verwerking van de meetgegevens is het nu duidelijk in welke context dit geplaatst moet worden.

- verband  $R/H \sim H/T^2$  (zie grafieken I t/m 5 en bijlagen 7,8 en 9)

Het verband tussen deze variabelen kan benaderd worden door een 3<sup>e</sup> machtspolynoom. Een maat voor de nauwkeurigheid van dit verband is de correlatiecoëfficiënt van de 3<sup>e</sup> machtspolynoom. Voor de golfsteilheid werd de variabele  $s$  opgevoerd:  $s = (H/T^2) \cdot (2\pi/g) \cdot 100$

De correlatiecoëfficiënt is gedefinieerd als  $\sqrt{1 - \frac{\sum d_i^2}{\sum y_i^2 - n \bar{y}^2}}$

waarin : -n=aantal meetpunten

$$-y_i = R/H$$

$$-\bar{y} = \text{gem}(R/H)$$

$$-d_i = y_i - \bar{y}$$

Voor verschillende waterdiepten volgen nu de polynomen.

- Waterdiepte=4,500 m. correlatiecoëfficiënt 0,915

$$g_1(s) = 6,10 - 2,77s + 0,60s^2 - 0,04s^3$$

- Waterdiepte=4,250 m. correlatiecoëfficiënt 0,958

$$g_2(s) = 6,69 - 3,35s + 0,76s^2 - 0,06s^3$$

- Waterdiepte=4,000 m. correlatiecoëfficiënt 0,969

$$g_3(s) = 6,64 - 3,50s + 0,84s^2 - 0,07s^3$$

Door van elk gemeten punt de afwijking t.o.v. de functie  $g(s)$  te bepalen kan de standaardafwijking van deze formule berekend worden. De standaardafwijking wordt gedefinieerd als

$$\sigma = \sqrt{\sum (x_i - x_g)^2 / (n-1)} ; \begin{array}{l} - x_i = \text{gemeten waarde R/H} \\ - x_g = \text{waarde R/H volgens functie } g(s) \\ - n = \text{aantal meetpunten} \end{array}$$

Dit levert het volgende resultaat op :

- Waterdiepte=4,500 m. :  $R/H = g_1(s) \pm 0,12$
- Waterdiepte=4,250 m. :  $R/H = g_2(s) \pm 0,08$
- Waterdiepte=4,000 m. :  $R/H = g_3(s) \pm 0,06$

- verband  $\ln(q/HVH) \sim (R-W)/H$  (zie grafieken 6 t/m I9)

R(golfoploop) is bepaald door gebruik te maken van de resultaten welke voortkwamen uit de proef van de golfoploop. Bij deze proef werd gebruik gemaakt van een hardboard plaat welke bij de proef van de golfoverslag werd verwijderd. Mogelijke verschillen in golfoploop bleken echter niet te bestaan. Uit de grafieken kan het volgende verband gehaald worden.

- Waakhoogte=1,113 m.	: MM : $\ln(q/HVH) = 1,426 + 2,67(R-W/H)$
Waterdiepte=4,500 m.	ZM : $\ln(q/HVH) = 2,138 + 3,33(R-W/H)$
- Waakhoogte =1,363 m.	: MM : $\ln(q/HVH) = 0,819 + 4,13(R-W/H)$
Waterdiepte=4,250 m.	ZM : $\ln(q/HVH) = 1,176 + 5,22(R-W/H)$
- Waakhoogte =1,613 m.	: MM : $\ln(q/HVH) = 1,484 + 2,12(R-W/H)$
Waterdiepte=4,000 m.	ZM : $\ln(q/HVH) = 0,987 + 5,10(R-W/H)$
- Alle waakhoogten	: MM : $\ln(q/HVH) = 1,419 + 2,68(R-W/H)$
Alle waterdiepten	ZM : $\ln(q/HVH) = 1,435 + 4,38(R-W/H)$

Uit  $\ln(q/HVH) = A + B(R-W/H)$  volgt :

$$q = \exp(A) \cdot HVH \cdot \exp(B(R-W/H))$$

Door de invloed van zowel de periode T als de golfsteilheid H/L op de golfoverslag na te gaan is een nieuwe variabele geïntroduceerd, t.w. :  $k = (1/T) \cdot (H/T^2) \cdot (2\pi/g) \cdot 100$  .

Hiermee kan een grotere nauwkeurigheid bij de bepaling van de golfoverslag worden verkregen. Deze invloed op de golfoverslag wordt in een functie  $f(k)$  weergegeven. Voor de golfoverslag geldt dan :  $q = \exp(a) \cdot HVH \cdot \exp(\beta(R-W/H)) \cdot f(k)$

De resultaten staan vermeld op de volgende blz..

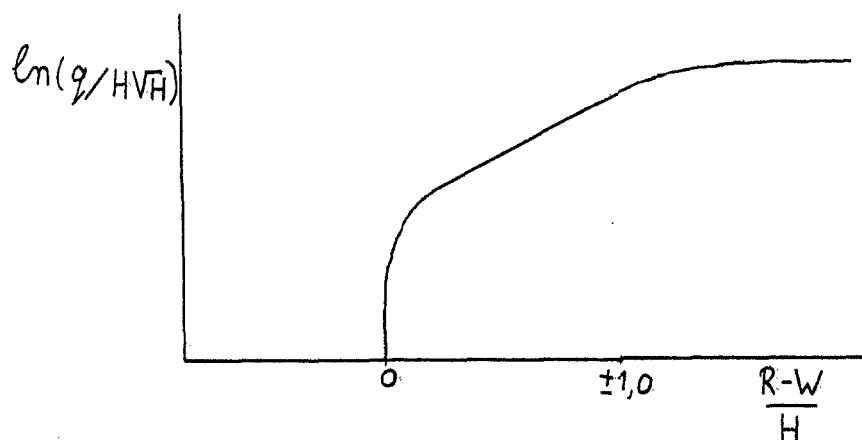
	dijk met muur	dijk zonder muur
Waakhoogte=1,113 m.	$f(k)=2,14-0,90k$	$f(k)=1,37-0,34k$
Waakhoogte=1,363 m.	$f(k)=1,67-0,64k$	$f(k)=2,11-0,97k$
Waakhoogte=1,613 m.	$f(k)=1,15-0,22k$	$f(k)=1,89-0,98k$

Door de standaardafwijking van de golfoverslag op dezelfde manier uit te rekenen als die van de golfoploop, wordt het volgende resultaat verkregen.

	$W=1,113$ m. : $q=4,16HV\sqrt{H} \cdot \exp(2,67(R-W/H)) \cdot (2,14-0,90k) \pm 0,22q$
dijk	$W=1,363$ m. : $q=2,27HV\sqrt{H} \cdot \exp(4,13(R-W/H)) \cdot (1,67-0,64k) \pm 0,27q$
met muur	$W=1,613$ m. : $q=4,41HV\sqrt{H} \cdot \exp(2,12(R-W/H)) \cdot (1,15-0,22k) \pm 0,15q$
	Alle W : $q=4,13HV\sqrt{H} \cdot \exp(2,70(R-W/H)) \pm 0,61q$
dijk	$W=1,113$ m. : $q=8,48HV\sqrt{H} \cdot \exp(3,33(R-W/H)) \cdot (1,37-0,34k) \pm 0,13q$
zonder	$W=1,363$ m. : $q=3,24HV\sqrt{H} \cdot \exp(5,22(R-W/H)) \cdot (2,11-0,97k) \pm 0,23q$
muur	$W=1,613$ m. : $q=2,68HV\sqrt{H} \cdot \exp(5,10(R-W/H)) \cdot (1,89-0,98k) \pm 0,33q$
	Alle W : $q=4,20HV\sqrt{H} \cdot \exp(4,38(R-W/H)) \pm 0,41q$

### 5. Opmerkingen

- In de bijlagen staan voornamelijk golven met een periode in de buurt van 3 à 4 sec.. Golven met een grote periode ( $\pm 6$  sec.) kwamen namelijk niet voor in de stormvloedsramp in 1953 ter plaatse van de dijkvakken uit de nota. Door toch een aantal waarnemingen van golven met een grote periode te maken kan het verband  $\ln(q/H\sqrt{H}) \sim (R-W)/H$  ook voor golven met geringe steilheid in grafiek worden gebracht. Deze golven, gekoppeld aan een groot dijkskruinhoogte-tekort, blijken overigens moeilijk in te passen binnen de formules die gelden voor golven met kleinere periode en dijkskruinhoogte-tekort. Dit komt ook tot uiting in de grafieken waar de verbanden  $\ln(q/H\sqrt{H}) \sim (R-W)/H$  worden weergegeven. Dit verband blijkt in de meeste gevallen volgens onderstaande grafiek te lopen. De aanwezigheid van een limietwaarde voor zowel  $\ln(q/H\sqrt{H})$  als  $(R-W)/H$  scheidt geen verbazing. Bij verminderde dijkskruinhoogte-tekort zal de golfoverslag uiteindelijk naar nul gaan waarbij de functie  $\ln(q/H\sqrt{H})$  naar  $-\infty$  zal gaan. Bij een dijk zonder muur blijkt dit plaats te vinden bij een  $(R-W)$ -waarde gelijk aan nul. Bij een dijk met muur blijkt er soms ook enige golfoverslag te zijn bij een muurhoogte-tekort geringer dan nul. Dit is kwantitatief echter niet van belang.



Figuur 2

- De nota geeft voor de overslag de volgende formule :

$q = A \cdot HVH \cdot \exp(\beta(R-W)/H)$  , waarin

$$A = (1/2\pi) \cdot \sqrt{10 \cdot g/\pi} \cdot 10^{-(n\sqrt{\cot\alpha} - 1,5)/5}$$

$$B = (\cot\alpha)^{3/2} \cdot (\ln 10)/5$$

Dit kan worden toegepast op en vergeleken met de resultaten van de proef.

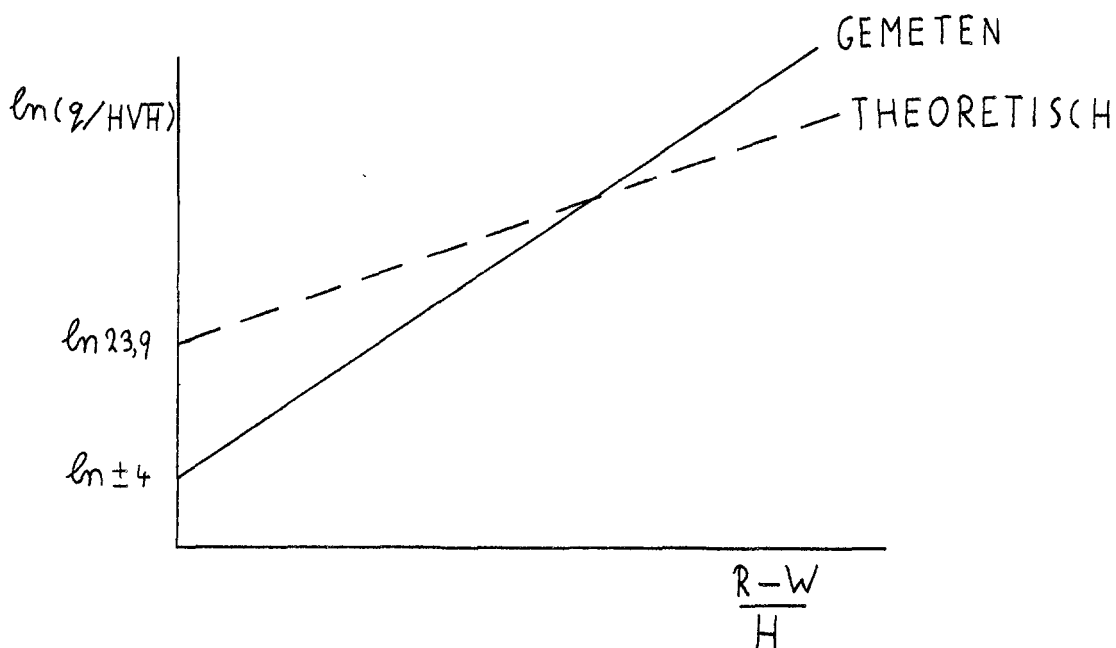
Theorie :  $R = nH \tan\alpha$

$$\tan\alpha = 1/3 \quad \text{--->} \quad n = 3 \cdot 1,8 = 5,4 \quad \text{--->} \quad A = 23,9 \text{ l/ms}$$

$$R/H = 1,8 \quad \text{--->} \quad B = 2,39$$

Proef :

	dijk met muur	dijk zonder muur
Waakhoogte = 1,113 m.	A = 4,16 B = 2,67	A = 8,48 B = 3,33
Waakhoogte = 1,363 m.	A = 2,27 B = 4,13	A = 3,24 B = 5,22
Waakhoogte = 1,613 m.	A = 4,41 B = 2,12	A = 2,68 B = 5,10
Alle waakhoogten	A = 4,13 B = 2,70	A = 4,20 B = 4,38



Figuur 3



## 6. Theoretische achtergrond

De golfoverslag hangt van een aantal factoren af zoals golfhoogte, waakhoogte, periode, waterdiepte, helling van talud, golfsteilheid, dijkmateriaal, buitenberm en hoek van inval. Een aantal van deze factoren komen ook tot uiting in de proef.

De golfoploop  $R$  (fiktief) minus de waakhoogte  $W$  bepaalt het dijkskruinhoogte-tekort  $z$ , welke in de nota wordt gesteld als een maat voor de belasting van de dijk. Dit wordt in de nota zelf ook als te onnauwkeurig gezien. Een verwijzing vindt dan ook plaats naar de volgende formule voor de golfoverslag :  $q = A \cdot HVH \cdot \exp(\beta(R-W/H))$ . Voor het statistisch onderzoek naar het bezwijken van dijkvakken is het daarom beter om de golfoverslag in plaats van het dijkskruinhoogte-tekort als maatgevende factor te nemen. In de proef wordt de golfoverslag bepaald door waakhoogte, golfsteilheid, golfhoogte, periode en de golfoploop. Er zal nu op de parameters golfoploop en golfoverslag afzonderlijk worden ingegaan.

### Golfoploop

De faktor  $\xi = \tan \alpha / \sqrt{H/L_0}$  speelt hierin een grote rol ( $L_0 = gT^2 / 2\pi =$  diepwatergolflengte).

$\xi$  bepaalt het type brekende golf op een talud met bepaalde steilheid : -spilling :  $\xi \leq 0,4$

-plunging :  $0,4 \leq \xi \leq 2,0$

-collapsing/surgling :  $\xi \geq 2,0$

Een onderscheid wordt nu gemaakt tussen regelmatige en onregelmatige golven.

#### Regelmatige golven

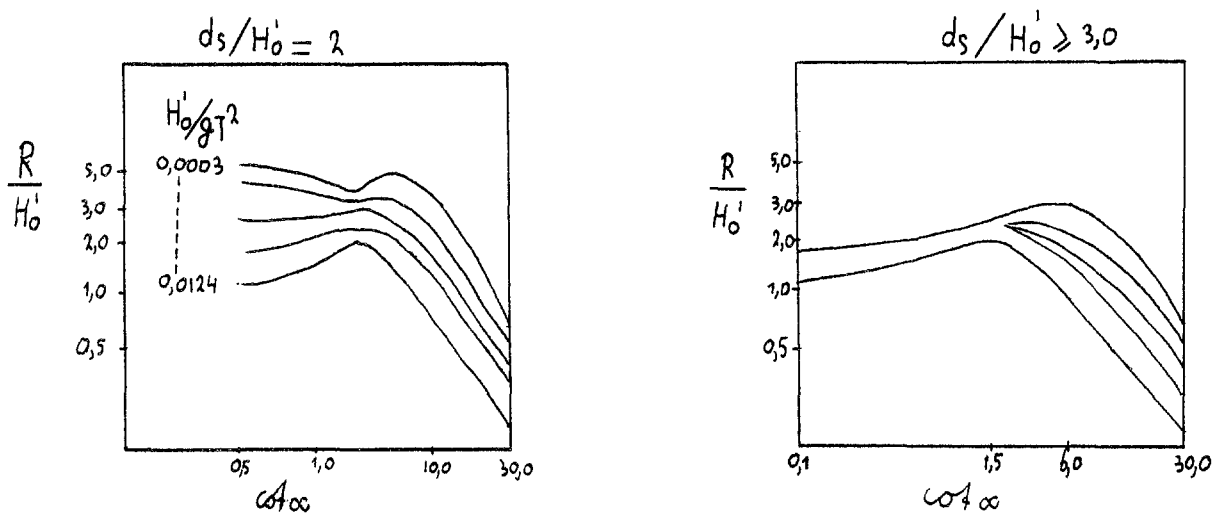
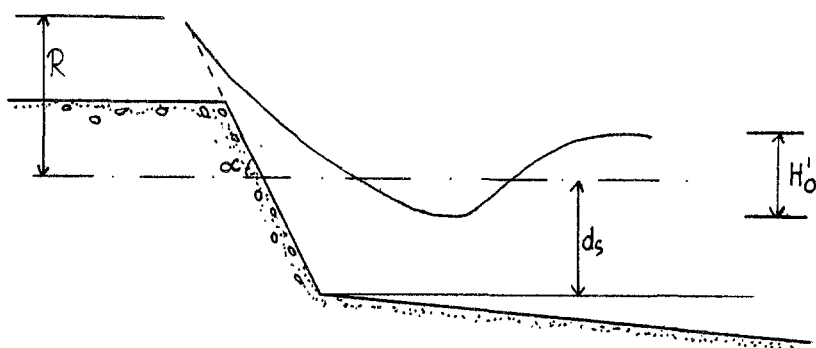
$\xi \leq 2,5$  :  $R_{\text{HUNT}}/H = \xi$ , golven breken.

$\xi \geq 3,0$  : golven breken niet op talud.

$2,5 < \xi < 3,0$  : overgangsgebied

De maximale golfoploop wordt bereikt op de overgang van brekende naar niet-brekende golven. Voor kleine waarden van  $\xi$  begeeft zich water naar beneden op het moment dat een nieuwe golf aankomt. Hierdoor wordt de golf gedempt hetgeen resulteert

in een kleinere golfloop. Voor hogere waarden van  $\xi$  breekt een punt aan waarbij het water die neergaande beweging juist heeft gemaakt. Hierdoor ontstaat een golfloop die groter is dan wanneer deze 'resonantie' niet aanwezig is. Het overgangsbied is daarom het meest gevaarlijk aangezien naast de golfloop ook de golfoverslag en de druk maximaal is. Het Shore Protection Manuel geeft de relatie weer in grafiekvorm tussen de golfloop/golfhoogte, helling van het talud en de steilheid van de golven voor verschillende waterdiepte-golfhoogte verhoudingen.



Figuur 4

### Onregelmatige golven

Voor onregelmatige golven zou de parameter van Iribarren kunnen worden omgebogen tot  $\xi = \tan \alpha \sqrt{2\pi H_s / g T_p^2}$  ;  $T_p = T_{\text{piek}}$   
 Aantal formules zijn beschikbaar voor de golfoploop, zoals :

- 'Delftse formule' :  $R_{2\%} = A \cdot H_s \cdot \tan \alpha$  , met  $A=8$  ( $H/L_0=0,05$ )

- formule Hunt :  $R_{2\%} = n \sqrt{H/L_0} \cdot \tan \alpha$  , waarin  $H=0,63 H_s$

- Battjes :  $R_n = C_n(\xi) \cdot \hat{T} \cdot \sqrt{g H_{I/3}}$  , waarin  
 $-C_n(\xi)$  is een coëfficiënt met  $= \frac{2\pi H_i / L_0}{\sin^2 \alpha}$

$-\hat{T}$  is periode van de spektraal komponent met maximum energie dichtheid

-  $\underline{H}$  en  $\underline{T}^2$  zijn Rayleigh verdeeld

Uit de experimenten volgt :

-In de nabijheid van  $\xi = 3$  is de golfoploop het hoogst

-De significante golfoploop stemt redelijk overeen met de golfoploop voor regelmatige golven

### Dissipatie en terugkaatsing

Regelmatige golven : via knoop- en buikpatronen kan worden vastgesteld wat de inkomende en terugkaatsende golf is :

$$H_i = (H_{\max} + H_{\min}) / 2$$

$$H_t = (H_{\max} - H_{\min}) / 2$$

Terugkaatsing hangt grotendeels af van de golfhoogte, golflengte, helling talud en materiaal van de dijkbekleding.

Battjes : terugkaatsingscoëfficiënt  $r = H_t / H_i \approx 0,1 \xi^2$  voor  $\xi < 2,5$

$2,3 < \xi < 2,7$  :  $r$  wijkt af en loopt naar limietwaarde voor ieder talud afzonderlijk

Onregelmatige golven : terugkaatsing bepalen via het golfspektrum.

In de proef worden regelmatige golven opgewekt. Het gevonden verschil tussen de overslag bij een dijk met muur en een dijk zonder muur kan hierdoor gewijzigd worden. Wordt in plaats van regelmatige golven overgegaan op onregelmatige golven dan zal de opwekking van regelmatige bewegingen voor de dijk met muur verminderen waardoor mogelijkerwijze het verschil in golfoverslag tussen een dijk met en zonder muur afneemt. Anderszijds zal

een teruggekaatste onregelmatige golf gemiddeld genomen minder opstuwing veroorzaken, meer dempend werken, waardoor het verschil in golfoverslag weer toeneemt. Het effect van de overgang van regelmatige naar onregelmatige golven op de golfoverslag voor een dijk zonder en met muur is dus niet duidelijk.

### Golfoverslag

Een aantal formules, gebaseerd op empirie, zijn beschikbaar voor de golfoverslag :

Battjes : - Regelmatige golven : gegeven het talud en kruin-hoogte is er een relatie tussen de hoeveelheid water dat over de dijk komt per golfperiode en de hoogte die de golf zou bereiken als de dijk hoog genoeg zou zijn. Hij is dus afhankelijk van de parameter  $\eta_c = W/R$ . De hoeveelheid water is gelijk aan  $b = A \cdot (1 - \eta_c)^2$ ; A is coefficient van de orde  $10^{-1}$ .

- Onregelmatige golven :  $b = 0,1 \cdot \cot^2 \alpha \cdot (R_H - W)^2$

Nota :  $q = A \cdot H \cdot V \cdot H \cdot \exp(\beta (R - W/H))$

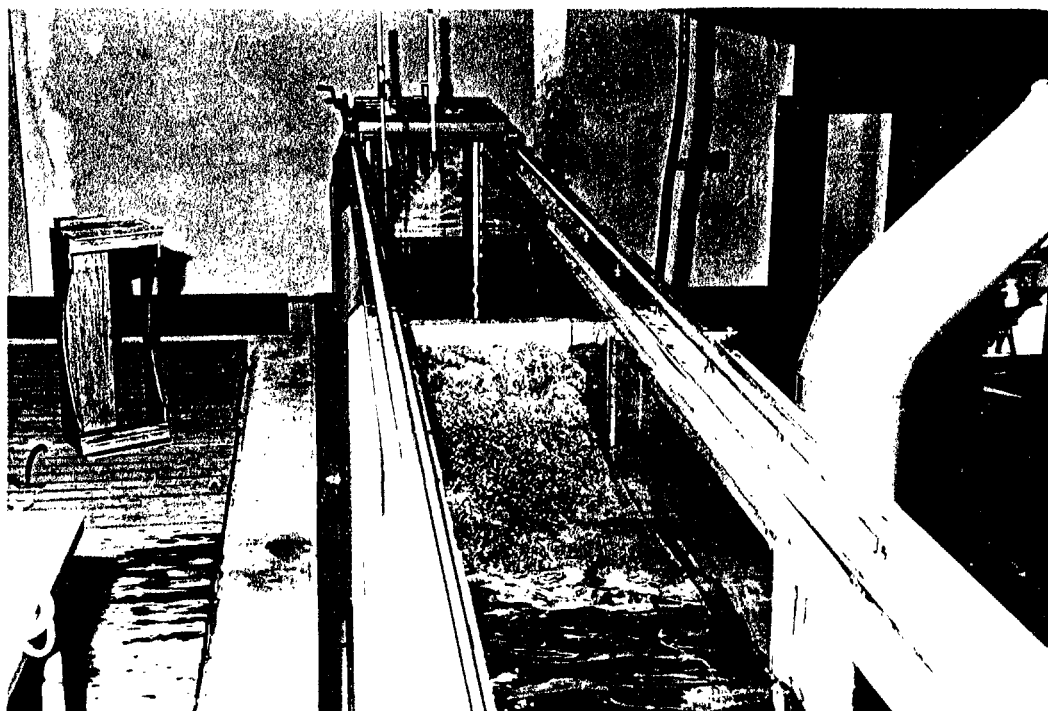
Saville :  $Q = (g \cdot Q_0 \cdot H_0^3)^{1/2} \cdot \exp(-(0,217/\alpha \cdot \tanh^{-1}(h - d_s/R)))$ ,  $Q_0$  en zijn empirisch bepaalde coefficienten, welke afhangen van de golfsteilheid  $H_0/gT^2$  en de relatieve hoogte  $d_s/H_0$

## 7. Conclusie

Door proeven is aangetoond dat een dijk met muur minder golfoverslag heeft dan een dijk zonder muur. Grafiek 6 laat dit op duidelijke wijze zien. Alleen bij zeer geringe golfoverslag gaat dit niet op. Er bestaat een correlatie tussen golfoverslag en het bezwijken van een dijk. Als hieraan de conclusie verbonden wordt dat een dijk met muur veiliger is, dient ook rekening worden gehouden met het volgende :

- Soms kan een dijk bij grote golfoverslag toch standhouden; daarnaast komt het ook voor dat een dijk bij geringe golfoverslag bezwijkt. Golfoverslag speelt weliswaar een zeer belangrijke rol in het proces van bezwijken van dijken, maar het dient echter wel gezien te worden als een onderdeel in de grondmechanische beschouwing van de mogelijke oorzaak van dijkvernielingen. Op dit punt wordt in de paragraaf 'grondmechanische aspecten' dieper ingegaan.
- Een probleem van een dijk met muur kan de moeilijke aansluiting tussen de muur en de rest van de dijk vormen. Ook al is de golfoverslag minder dan zou de dijk met muur toch eerder kunnen bezwijken door deze, mogelijk minder goede, aansluiting.

DEEL 2 : Koppeling tussen resultaten uit de  
proef en de nota WWKZ-8I.V007



8. Proef als vervolg op nota

In de nota wordt voor een aantal dijkvakken in Zeeland op statistische wijze bekeken of er een samenhang is tussen dijkdoorbraak, dijkskruinhoogte-tekort en het al dan niet aanwezig zijn van een muur. Bij een binnentalud steiler dan 1 : 1,5 bleek er een samenhang te zijn tussen dijkdoorbraak en het niet aanwezig zijn van een muur.

Hieronder wordt verwezen naar de dijkvakken welke in de nota voorkomen en voor deze korrelatie verantwoordelijk zijn

Dijkskruin- hoogte- tekort (m)	Zuid- Beveland	Schouwen Duiveland	Tholen	Sint- Philips- land	Noord- Beveland	Totaal
0 - 0,25	29 (31)	21	70 - <u>11</u> 71 - <u>49</u>		41 49	8 <u>2</u>
0,25-0,50	30 -	49 <u>50</u>		<u>10</u>		3 <u>2</u>
0,50-0,75	(32) (37)	<u>11</u>	<u>40</u>	13		1 <u>2</u>
0,75-1,00	68 (36)	<u>31</u>	<u>41</u>	15	(21)	2 <u>2</u>
1,00-1,25		<u>20</u>		14		1 <u>1</u>
1,25-1,50		<u>32</u>				0 <u>1</u>
1,50-1,75		59			13 <u>2</u> <u>3</u>	2 <u>2</u>
1,75-2,00					26 <u>7</u> <u>12</u>	1 <u>2</u>
2,00-2,25					<u>27</u>	0 <u>1</u>
2,25-2,50					8	1 0
Totaal	4	3 <u>5</u>	4 <u>4</u>	3 <u>1</u>	5 <u>5</u>	19 <u>15</u>

Tabel 2: Verdeling van de dijkvakken naar dijkskruinhoogte-tekort zonder muur, met binnentalud steiler dan 1:1,5

- onderstreepte nummers zijn doorgebroken dijkvakken
- nummers tussen haakjes worden in de nota niet meegeteld vanwege onduidelijke redenen
- ontbrekende dijkvakken worden aangegeven met een streepje
- dijkvakken, voor een gedeelte met muur, worden in de nota gerekend tot een dijk met muur

Dijkskruin- hoogte- tekort (m)	Zuid- Beveland	Schouwen Duiveland	Totaal
0 -0,25	21 60 66 <sup>A</sup>		3
0,25-0,50	69	17 51 52	4
0,75-1,00		44	1

Tabel 3: Verdeling van de dijkvakken naar dijkskruinhoogte-tekort met muur, met binnentalud steiler dan 1:1,5

- Alle dijkvakken, met muur en binnentalud steiler dan 1:1,5, zijn niet doorgebroken

In de nota is een indeling gemaakt naar dijkskruinhoogte-tekort. Dit dient daar als maatstaf voor de golfoverslag. Door echter gebruik te maken van de metingen uit de proef kan een indeling worden verkregen naar golfoverslag. Voor het toepassen van de golfoverslagformules, verkregen uit de proef, op de dijkvakken in Zeeland dient op het gebied van nauwkeurigheid iets ingeleverd te worden. Deze nauwkeurigheid wordt namelijk door de volgende punten bepaald :

- In de proef zijn metingen verricht voor 3 verschillende waakhoogten. De formules worden als volgt op de dijkvakken in Zeeland toegepast :
  - Voor waakhoogten die zich bevinden tussen 2 waakhoogten uit de proef is gebruik gemaakt van interpolatie. Voor een dijk zonder muur lijkt dit een minder foutieve handeling dan voor een dijk met muur waar het verband tussen de 3 waakhoogten niet duidelijk is (zie grafiek 9).
  - Voor geringere waakhoogten dan in de proef is de formule van de geringste waakhoogte genomen. Voor grotere waakhoogten is de formule van de grootste waakhoogte genomen. Ook in deze overname schuilt een onnauwkeurigheid.
- Materiaal, waaruit de helling bestaat, is anders dan in de proef. Dit kan een verschil veroorzaken met de werkelijk opgetreden golfoverslag
- Helling van het talud
- De waarden van de golfhoogten waren niet bekend. Daarnaast zorgt de vertaling van regelmatige golven uit de proef naar onregelmatige golven in de werkelijkheid voor een



vergroting van de onnauwkeurigheid. De konsekwentie voor de golfoverslag op deze vertaling is zoals eerder gemeld niet bekend ( zie 'Theoretische achtergrond' ). Daarom is gewerkt met een viertal golfhoogten, welke afgeleid zijn van de golfoploop, die bepaald is door extrapolatie van het windeffekt van de maatgevende stormvloed. Zo is gewerkt met een minimale golfhoogte ter waarde van  $(2/8) \cdot R$ , een maximale van  $(5/8) \cdot R$ , met daartussen één van  $(3/8) \cdot R$  en een ander van  $R/8 \tan \alpha$ , waarin  $\alpha$  de helling van het buitentalud weergeeft. Bij elke golfhoogte hoort een golfoverslag. De werkelijk opgetreden golfoverslag zal in de meeste gevallen liggen tussen de waarden voor de golfoverslag bij minimale en maximale golfhoogte.

Door nu de formules toe te passen op de dijkvakken in Zeeland kan een indeling worden gemaakt naar golfoverslag voor een dijk met en zonder muur. In bijlage I0, II heeft dit plaatsgevonden op basis van een golfhoogte welke zich bevindt tussen  $(2/8) \cdot R$  en  $(5/8) \cdot R$ . In bijlage I2, I5 is ditzelfde gedaan voor een golfhoogte van resp.  $H = (3/8) \cdot R$  en  $H = R/8 \tan \alpha$ . In bijlage I3, I4 is een indeling naar de golfoverslag gemaakt waarbij voor een dijk met muur de golfoverslag ook is bepaald als zijnde het een dijk zonder muur en andersom ( waarbij dus de formules voor een dijk met muur worden toegepast op een dijk zonder muur ). Deze golfoverslag wordt hier  $q_{\text{fictief}}$  genoemd. Bij alle indelingen is geen rekening gehouden met het afbuigen van de waarde van  $q$  voor toenemende  $(R-W)/H$  -waarde.

## 9. Conclusie

Gezien de gegevens ,gebaseerd op de stormvloedsramp en de resultaten uit de proef, lijkt het twijfelachtig om op basis van deze gegevens de golfoverslag als maatgevende faktor voor dijkdoorbraak aan te wijzen. Op zich zelf genomen wordt hier niet aan getwijfeld, echter uit bijlage II en I2 blijkt dat het percentage aan dijkdoorbraken pas bij een golfoverslag  $q > 500$  l/ms duidelijk toeneemt. Beneden deze waarde bestaat geen duidelijk verband tussen dijkdoorbraak en golfoverslag, waaruit evenwel niet de conclusie mag worden getrokken dat pas voor  $q > 500$  l/ms de golfoverslag wel van invloed is op dijkdoorbraak en voor  $q < 500$  l/ms niet van invloed is.

Wel is het zo dat een dijk met muur vaak minder golfoverslag heeft dan een dijk zonder muur (grafiek 6) zodat een dijk met muur minder snel geconfronteerd wordt met "grote golfoverslagen". Echter slechts voor 2 dijkvakken met muur zou bij toepassing van de formules, geldend voor dijkvakken zonder muur, de golfoverslag een relatief grote waarde krijgen (bijlage IO, I6). De andere 6 dijkvakken met muur zouden een golfoverslag, geringer dan 100 l/ms, krijgen. Dit is des te opvallender als in ogeschouw wordt genomen dat de conclusies uit de nota met name gebaseerd zijn op deze 8 dijkvakken met muur. Op grond hiervan kan de nota niet dienen als een ware ondersteuning voor de stelling "dijken met muur zijn veiliger dan dijken zonder muur omdat zij minder golfoverslag hebben". De nota doet natuurlijk ook geen afbreuk aan deze stelling. Temeer daar geen van de 8 dijkvakken met muur zijn doorgebroken terwijl 15 van de 34 dijkvakken zonder muur zijn doorgebroken.

## 10. Grondmechanische aspecten

Uit "Verslag over de stormvloed , 1953" blijkt dat het proces van het doorbreken van dijken plaats heeft gevonden binnen 6 uur. Daarvoor was nog niets aan de hand. Van het proces zelf waren geen nauwkeurige waarnemingen mogelijk, slechts "fragmentarische" waarnemingen. Deze waarnemingen hebben geleid tot de volgende beschrijving van een dijkdoorbraak:

- Fase 1: Onregelmatige overslag van de uitlopers van de hoogste golven over de dijk kruin
- Fase 2: Toename golfoverslag, waardoor het binnenbeloop dikwijls vrijwel onafgebroken met water bedekt is. Een deel van het overkomende water zal door het binnentalud worden opgenomen
- Fase 3: Ontstaan van langsscheuren in het binnentalud
- Fase 4: Afschuivingen vinden plaats op zeer snelle wijze
- Fase 5: Het overkomende water spoelt op de plaats van de afschuiving de blootgekomen dijkspecie weg en kan zodoende een doorbraak teweegbrengen.

Bij het bezwijken van een binnenbeloop bleek er in geen enkel geval sprake te zijn van een dijk waarbij geen water over de dijkskruin is gekomen. Om inzicht te verkrijgen in het proces van het bezwijken van een binnenbeloop dient eerst gekeken te worden naar de stabiliteit van een beloop onder invloed van overstromend water. Indien het binnenbeloop waterdicht is afgedekt zal het overkomende water in zeer weinig gevallen afschuiving kunnen veroorzaken. Alleen bij zeer steile binnenbelopen, geringe cohesie en een kleine Max. hoek van inwendige wrijving zou dit plaats kunnen vinden.

De afdekking door een Kleibedekking met grasmat blijkt echter niet waterdicht te zijn. Een grasmat heeft voor zijn groei water nodig, afkomstig van de regen. In het groeiseizoen (voorjaar en zomer) is de waterbehoefte van het gras groter dan de regenval zodat in deze periode aan de grond onder de grasmat, dus aan de bekledingslaag, al het water wordt onttrokken dat er nog aanwezig mocht zijn. Hier vindt uiteindelijk uitdroging plaats. In de winter is de situatie andersom, de regenval is groter dan de waterbehoefte van de plant. Het overtollige water dringt in de bekledingslaag door en verzadigt deze tot een bepaalde diepte. Per jaar zal de bekledingslaag dus eenmaal blootstaan aan volledige uitdroging, alsmede aan een grote

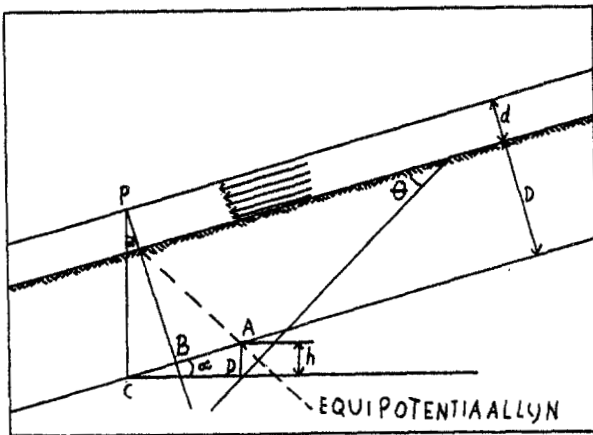
mate van waterverzadiging. Door dit proces kan de oorspronkelijke gelijkmatige korrelstructuur in deze laag overgaan in een structuur, waarbij onregelmatige, min of meer irreversibele ingedroogde kluiten of zuilen, als een dichtineengesloten steenpakking liggen, gescheiden door spleten en scheuren.

Door dit proces neemt de doorlatendheid van de bovenste laag van het binnenbeloop toe, soms zelfs in zulke mate dat de doorlatendheid groter wordt dan de laag hieronder waardoor gevaarlijke waterstromingen kunnen plaatsvinden, welke een grote stroomdruk op de grond uitoefent, dat het beloop gaat afschuiven.

Beschouwt men het geval, dat de stroomlijnen van deze grondwaterstroming recht zijn en evenwijdig aan elkaar, en dat deze stroomlijnen een hoek  $\theta$  maken met het beloop, dan kan het volgende afgeleid worden (zie figuur 5) (zie "Grasmat op dijken", 1958) CD wordt als vergelijkingsvlak gekozen voor de potentialen

$$OP=PC = (d+D) / \cos \alpha$$

Is de waterdruk in A gelijk aan  $\sigma_w$ , dan is per definitie  $\phi_A = h + \frac{\sigma_w}{\gamma_w}$  zodat  $h + \frac{\sigma_w}{\gamma_w} = \frac{d+D}{\cos \alpha}$  ofwel  $\sigma_w = \gamma_w \left( \frac{d+D}{\cos \alpha} - h \right)$



Figuur 5

Hierin is  $W$  = waterdruk

$K$  = Korrelkracht

$C$  = Cohesiekracht = " $c \cdot L$ "

$L$  = Afstand Beloop

$G = (\gamma_w d + \gamma_s D) \cdot L$

Uit figuur volgt dat

$$h = D \tan \theta \sin \alpha + (d+D) \tan \alpha \sin \alpha$$

$$\text{zodat } \sigma_w = \gamma_w (d+D) (\cos \alpha - D \tan \theta \sin \alpha)$$

Aangezien  $W = L \sigma_w$  Levert de evenwichtsvoorwaarde:

$$G (\tan \phi - \tan \alpha) = \frac{W \tan \phi - C}{\cos \alpha}$$

$$\text{(uit } G \cos \alpha = K + W \text{ EN } G \sin \alpha = K \tan \phi + C)$$

De betrekking :

$$d = \frac{C}{\gamma_w \sin \alpha} = \frac{c \gamma_s}{\gamma_w} - D \left\{ \frac{\tan \phi - \tan \alpha}{\tan \alpha} \right\} - D \tan \phi \frac{1 - \tan \alpha \tan \theta}{\tan \alpha}$$

Schrijft men dit expliciet in  $\tan \phi$  dan komt er :

$$\tan \phi = \frac{\frac{1}{D} \left( d - \frac{C}{\gamma_w \sin \alpha} \right) + \frac{\gamma_s}{\gamma_w}}{\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - (1 - \tan \alpha \tan \theta)}$$

Uit deze formule kan het volgende worden afgeleid:

- IS  $d > \frac{c}{\gamma_w \sin \alpha}$  , Dan is er altijd een diepte D, waardoor  $\text{tg } \varphi$  juist aan zijn maximum  $\text{tg } \varphi_c$  (De toelaatbare  $\varphi$ ) is gekomen. Over deze dikte D is  $\text{tg } \varphi$  dus te groot en schuift het beloop af.
- IS  $d = \frac{c}{\gamma_w \sin \alpha}$  , Dan is  $\text{tg } \varphi$  onafhankelijk van D en indien deze  $\text{tg } \varphi$  kleiner is dan de toelaatbare  $\text{tg } \varphi_c$  schuift het beloop nergens af.
- IS  $d < \frac{c}{\gamma_w \sin \alpha}$  , Dan is er geen gevaar voor afschuiving als D kleiner is dan de grenswaarde  $D_g = \frac{\gamma_w}{\gamma_g} \left( \frac{c}{\gamma_w \sin \alpha} - d \right)$ . Wordt D echter groter dan deze grenswaarde dan zal er alleen afschuiving plaatsvinden als  $\text{tg } \varphi$  groter is dan  $\text{tg } \varphi_c$ .

Uit het voorgaande blijkt dus dat er een grenswaarde bestaat voor de dikte van de laag water, dat over een beloop stroomt:  $d_g = \frac{c}{\gamma_w \sin \alpha}$ . De dikte van de laag met water, dat over de dijk komt wordt berekend met de formule  $d = (q^2 / C^2 i)^{1/3}$  waarin  $q =$  golfoverslag  
 $C =$  ruwheid binnentalud van de dijk  
 $i =$  tangens van het binnentalud

De golfoverslag heeft een onregelmatige karakter aangezien de golven zelf een onregelmatig karakter hebben. Er zijn dus momentopnamen waarbij de overslag meer is dan de gemiddelde  $q$  en waarbij de dikte  $d$  van de waterlaag ook meer is dan de evenwichtsdiepte. Ook de nauwkeurigheid van de Formule voor dit geval is door de geringe overslag (in verhouding tot rivierdebieten) niet zo hoog. Voor de C-waarde zal de dikte van de waterlaag en met name de helling van de binnendijk een belangrijke faktor zijn. Er zal nu worden toegewerkt naar de situaties van de dijkvakken in Zeeland waarbij gewerkt is met een C-waarde van  $10 \text{ M}^{1/2} / \text{S}$ . Dit is een ruwe schatting, wellicht iets te laag.

Als een dijkvak een  $d$ -waarde heeft, welke kleiner is dan de grenswaarde  $d_g = \frac{c}{\gamma_w \sin \alpha}$ , dan zal dit dijkvak niet bezwijken als de grondwaterstroming een geringere diepte bereikt heeft dan de grensdiepte  $D_g$ , welke gelijk is aan  $\frac{\gamma_w}{\gamma_g} \left( \frac{c}{\gamma_w \sin \alpha} - d \right)$  aangezien de cohesie dan nog niet maximaal is. Heeft deze grondwaterstroming een grotere diepte bereikt dan zal het bezwijken als deze diepte D de volgende waarde heeft:  $D = D_g / (1 - \text{tg } \varphi \cdot (1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_g} \cdot (1 - \text{tg } \alpha \cdot \text{tg } \varphi)))$

Zoals waargenomen kan worden neemt naast de hoek van inwendige wrijving en de hoek van het talud ook de hoek tussen de richting van de grondwaterstroming en de richting van het binnenbeloop een belangrijke plaats in. Deze hoek is maximaal gelijk aan  $90^\circ$  en minimaal  $0^\circ$ , namelijk evenwijdig aan het beloop. De laatste is het meest ongunstig. Ook van invloed op het al dan niet afschuiven is de cohesie.

Zand heeft een geringe cohesie, zavel iets meer  $\text{I} \approx 2 \text{ KN/M}^2$  en graszode heeft een cohesie van  $10 \text{ KN/M}^2$ .

Daar een dijk uit verschillende lagen bestaat waarbij elke laag verschillende grondeigenschappen heeft zal per laag bekeken moeten worden of er afschuivingsgevaar aanwezig is. Aangezien deze grondgegevens niet precies bekend zijn kan men bij de uitwerking van de dijkvakken in Zeeland niet precies op deze manier werken. Dit betekent dat deze variabelen niet meegenomen worden in de berekening waarbij verschillende dijkvakken vergeleken worden op benodigde tijdsduur voor het bereiken van een kritieke situatie t.a.v. afschuivingsgevaar, waarvoor later een rekenvoorbeeld is gemaakt. Er is nu een punt bereikt waarbij de diepte bekend is, welke weergeeft waar de grondwaterstroming gearriveerd moet zijn wil het tot een doorbraak komen.

Het volgende punt dat bekeken moet worden is of deze diepte gegeven de golfoverslag ook echt bereikt wordt. Dit kan onderverdeeld worden in 2 gedeeltes: Het eerste gedeelte zal weergeven hoe lang het duurt om deze diepte te bereiken in het geval van een overvloed aan water, dus waarin de golfoverslag niet als remmende faktor werkt op het al dan niet doorbreken van een dijk.

Uit "grasmat op dijken" volgt de formule:  $t' = (B/K) \cdot (D - C_I \ln((D/C_I) + I))$

, waarin  $t'$  = tijd

B = bergingscoefficient

$C_I$  = Capillaire inzuiging

K = Doorlatendheid

Het grote probleem hierbij is de bepaling van de doorlatendheid van de bekledingslaag. Een grote doorlatendheid doet de dijk in korte tijd bezwijken. De doorlatendheid van de grasmat met onderliggende grond moet daarom zo gering zijn, dat ook bij een hevige stormvloed gedurende bepaalde tijd de verzadiging van de specie van de dijk slechts over een toelaatbare, geringe marge voortschrijdt. Ondanks deze geringere doorlatendheid zal de watervoorziening van de grasmat niet in gevaar mogen komen.

Als laatste punt dient de mate van golfoverslag gerelateerd te worden aan de tijdsduur welke de grondwaterstroming nodig heeft om bij de kritieke diepte te arriveren. Bij geringe golfoverslag zal de grond geeneens verzadigd zijn met water. Als op theoretische wijze te werk zou worden gegaan dan zou dit mijns inziens als volgt moeten gebeuren. Eerst wordt berekend de benodigde hoeveelheid water om het verzadigingspunt te bereiken. Daarna dient bepaald te worden welk deel van de golfoverslag de dijk binnendringt. Hoe groot dit deel zal zijn zal afhangen van de doorlatendheid van de bekledingslaag, de druk van de waterlaag op het binnenbeloop, de helling van het binnenbeloop, het potentiaalverhang en de cohesie. Om hiervoor een formule af te leiden zal er nader onderzoek verricht dienen te worden.

Dit is de rede dat er in de uitwerking gewerkt wordt met een factor  $y$  welke de invloed van de golfoverslag op de benodigde tijdsduur voor het bereiken van afschuivingsgevaar weergeeft. Hierbij is als grensoverslag 100 l/m's genomen. Daarboven wordt de golfoverslag niet meer als remmende faktor beschouwd. Daarbeneden zal bij afnemende golfoverslag de faktor  $y$  omgekeerd evenredig zijn met de golfoverslag. Een verminderde aanwezigheid van water en een verminderde waterdruk beargumenteren dit. Dit heeft geleid tot de volgende formules:

$$y = 100/q \quad , \text{ voor } q < 100 \text{ l/ms}$$

$$y = 1 \quad , \text{ voor } q \geq 100 \text{ l/ms}$$

$$t = y \cdot t' = y \cdot (B/K) \cdot (D - C_I \ln((D/C_I) + 1))$$

## II. Rekenvoorbeeld

Er zal nu een rekenvoorbeeld worden gemaakt waardoor de procedure welke gevolgd is voor de uitwerking van de situaties bij de verschillende dijkvakken in Zeeland duidelijk wordt (zie bijlage I8).

### Stap 1

Stel : golfoverslag  $q = 100 \text{ l/ms} = 0,1 \text{ m}^2/\text{s}$ .

cohesie  $c = 2 \text{ KN/m}^2$ . Dit is voor zavel redelijk,  
voor zand te hoog.

$$d_{\text{grens}} = c / (\gamma_w \sin \alpha) \\ = 2 / (10 \cdot 0,55) = 0,363$$

### Stap 2

$$d = (q^2 / C^2 i)^{1/3} = (0,1^2 / (10^2 \cdot 0,67))^{1/3} = 0,053$$

### Stap 3

Stel :  $\gamma_s = 20 \text{ KN/m}^3$

$$D_g = (d_g - d) / 2 = (0,363 - 0,053) / 2 = 0,155$$

### Stap 4

$$\text{Stel : } \varphi = 30^\circ \quad D = D_g / (1 - \text{tg} \varphi \cdot (1 - (\frac{\gamma_w}{\gamma_s} (1 - \text{tg} \alpha \text{tg} \varphi)))) \\ 0 < \varphi < 90^\circ - \alpha \quad = 0,155 / (1 - 0,58 \cdot (1 - 0,5 \cdot (1 - 0,67 \cdot 0,37))) \\ < 57^\circ \quad = 0,24$$

Hier gekozen voor  $\vartheta = 20^\circ$

### Stap 5

Bij overvloed aan water

Stel :

bergingscoefficient  $B = 0,05$

capillaire zuiging  $C_I = 0,50 \text{ m}$   
(dit is redelijk hoog)

doorlatendheid  $K = 10^{-6} \text{ m/s}$

$$t' = (B/K) \cdot (D - C_I \ln((D/C_I) + 1)) \\ = 5 \cdot 10^4 \cdot (0,24 - 0,5 \ln((0,24/0,50) + 1)) \\ = 2199 \text{ sec.} = 36,6 \text{ min.}$$

Stap 6 Invloed golfoverslag op tijdsduur voor afschuiving is weergegeven door faktor  $y$  :

$$y = 100/q \text{ voor } q < 100 \text{ l/ms}$$

$$y = 1 \text{ voor } q \geq 100 \text{ l/ms}$$

$$\text{----> } y = 1$$

Stap 7 Benodigde tijdsduur voor het bereiken van een kritieke situatie t.a.v. afschuivingsgevaar :

$$t = t' \cdot y = 36,6 \cdot 1 = 36,6 \text{ min.}$$



I2. Toepassing grondmechanische methode op dijkvakken  
uit de nota, m.b.v. resultaten uit deel I

Wordt deze methode toegepast op de dijkvakken in Zeeland, met een binnentalud steiler dan 1:1,5, dan krijgt men de resultaten welke in bijlage I8 vermeld staan. Hierna worden de dijkvakken naar tijdsduur ingedeeld. Dit staat in bijlage I9. Door de steile helling van het binnenbeloop blijken de meeste tijden binnen de kritische 6 uren te liggen waarin het in werkelijkheid heeft plaatsgevonden. Het voordeel van de muurtjes is bij 2 dijkvakken zeer duidelijk. Zouden deze muurtjes er niet zijn dan zou de grondwaterstroming bij deze 2 dijkvakken al binnen het uur het kritieke punt bereikt hebben.

De resultaten spreken overigens voor zichzelf.

De volgende variabelen maken de resultaten onnauwkeuriger:

- Bepaling: - golfoverslag
- $\gamma$ -faktor
- Onbekendheid: - cohesiegrond
- grondlagen
- doorlatendheid grondlagen
- capillaire zuiging
- ruwheid beloop
- volumegewicht grond
- hoek tussen richting grondwaterstroming en binnenbeloop
- bergingscoefficient

### 13. Samenvatting en conclusies

Om na te gaan of er verschillen in bezwijken van binnentaluds bij dijken zonder en met een kruinmuurtje verklaard kunnen worden uit verschillen in overslag waren golfoverslagproeven gedaan in het laboratorium voor vloeistofmechanika van de T.H. Delft.

Bij de opzet van de proeven en bij de uitwerking van de resultaten is getracht een zo goed mogelijke aansluiting te krijgen bij beschouwingen in de nota " WWKZ-8I.V007". Deze nota had ondermeer als resultaat opgeleverd dat bij het vergelijken van dijken bij gelijk dijkskruinhoogte-tekort, gedefinieerd als oploophoogte minus waakhoogte, dijken met een muur een significant kleinere bezwijkkans hadden dan dijken zonder muren voor een binnentalud van 1:1,5 of steiler.

Voor het bereiken van een goede aansluiting met de nota werd getracht de meetgegevens te presenteren in de vorm van parameters zoals deze in de nota zijn gekarakteriseerd. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat de situaties met en zonder muur in principe niet door dezelfde parameters kunnen worden gekarakteriseerd. Zo speelt bij de muur ondermeer een rol de positie van de waterstand t.o.v. de teen van de muur. Hieraan is in dit onderdeel voorbijgegaan. Doch het blijkt dat de golfoverslag zich voor beide situaties goed laat beschrijven door de gekozen parameters. Door proeven werd aangetoond dat een dijk met muur minder golfoverslag heeft dan een dijk zonder muur. Dit blijkt o.a. uit de golfoverslagformules hieronder, welke tot stand zijn gekomen door verwerking van de volgende metingen: golfhoogte, oploophoogte, periode, waakhoogte en golfoverslag.

W=1,113 m.	MM :	$q=4,16.H\sqrt{H}.exp(2,67(R-W)/H).(2,14-0,90k)$
	ZM :	$q=8,48.H\sqrt{H}.exp(3,33(R-W)/H).(1,37-0,34k)$
W=1,363 m.	MM :	$q=2,27.H\sqrt{H}.exp(4,13(R-W)/H).(1,67-0,64k)$
	ZM :	$q=3,24.H\sqrt{H}.exp(5,22(R-W)/H).(2,11-0,97k)$
W=1,613 m.	MM :	$q=4,41.H\sqrt{H}.exp(2,12(R-W)/H).(1,15-0,97k)$
	ZM :	$q=2,68.H\sqrt{H}.exp(5,10(R-W)/H).(1,89-0,98k)$
Alle W	MM :	$q=4,13.H\sqrt{H}.exp(2,70(R-W)/H)$
	ZM :	$q=4,20.H\sqrt{H}.exp(4,38(R-W)/H)$

Hierin zijn :

W=waakhoogte in m., q=golfoverslag in l/ms, H=golfhoogte in m.

MM=dijk met muur, R=golfoploop in m., T=golfperiode in sec.

ZM=dijk zonder muur,  $k=(H/T^3).(2\pi/g).100$  in l/sec.

In dit rapport werd dus in plaats van het dijkskruinhoogte-tekort de meeromvattende golfoverslag in relatie gebracht met de beschouwde dijkvakken uit de nota. Daarbij doen zich in principe 2 problemen voor, namelijk:

- Het onderzoek is uitgevoerd met regelmatige golven in plaats van de in de werkelijkheid voorkomende onregelmatige golven
- De golfhoogten, die zijn opgetreden in 1953, zijn voor de verschillende dijkvakken niet met redelijke nauwkeurigheid bekend. Wel is in de nota de golfoploop bepaald door extrapolatie van het windeffekt naar de maatgevende stormvloed. Waar het primair gaat om verschillen tussen situaties met en zonder muur werd een vergelijking gemaakt van enkele golfhoogten, welke afgeleid zijn van de reeds bepaalde golfoploop.

Worden de beschikbare gegevens van de nota gecombineerd met de resultaten uit de proef dan blijkt dat pas voor een golfoverslag  $q > 500 \text{ l/m}^2 \text{ s}$  het percentage aan doorbraken van dijkvakken uit Zeeland duidelijk is toegenomen. Beneden deze hoeveelheid golfoverslag bestaat geen duidelijk verband tussen dijkdoorbraak en golfoverslag waaruit echter niet de conclusie mag worden getrokken dat pas voor  $q > 500 \text{ l/m}^2 \text{ s}$  de golfoverslag wel van invloed is op dijkdoorbraak en voor  $q < 500 \text{ l/m}^2 \text{ s}$  niet van invloed is.

Verder zou slechts bij 2 dijkvakken met muur een redelijke golfoverslag kunnen voorkomen als deze golfoverslag berekend zou worden door golfoverslagformules die gelden voor dijken zonder muur. Op grond hiervan kan de nota niet dienen als een ware ondersteuning voor de stelling "dijken met muur zijn veiliger dan dijken zonder muur omdat zij minder golfoverslag hebben". De nota doet echter geen afbreuk aan deze stelling. Temeer daar geen van de 8 dijkvakken met muur zijn doorgebroken terwijl 14 van de 31 dijkvakken zonder muur zijn doorgebroken.

Als laatste punt komen grondmechanische aspecten aan bod. Waarnemingen tijdens de ramp hebben ertoe geleid dat afschuiving, optredend onder invloed van de golfoverslag, als oorzaak van dijkdoorbraak werd gezien. Hierbij speelt de afdekking door een kleibekleding met grasmat een cruciale rol. Door situaties van zowel uitdroging als waterverzadiging van deze bekledingslaag zal de doorlatendheid hiervan toenemen. In situatie van golfoverslag zorgt deze toename van doorlatendheid eveneens voor een toename van afschuivingsgevaar. Het leggen van een relatie tussen golfover-

slag en de benodigde tijdsduur voor het bereiken van een kritieke situatie t.a.v. afschuivingsgevaar bleek theoretisch mogelijk. Echter, de onbekendheid van een groot aantal parameters maakt het niet mogelijk om dit te realiseren voor de beschouwde dijkvakken.

Literatuurslijst

- Ir. W.T. Bakker en ing. P. Roelse.  
Statistisch onderzoek naar de relatie tussen veekmerkhoogten en het bezwijken van dijken.
- Rijkswaterstaat-Deltacommissie.  
Verslag over de stormvloed, 1953.
- Ir. T. Edelman.  
Grasmat op dijken.
- Prof. dr. ir. J.A. Battjes.  
Computation of set-up, longshore currents, run-up and overtopping due to wind-generated waves.
- Vakgroep Kustwaterbouwkunde, T.H. Delft.  
Coastal Engineering Volume I, II en III.  
Harbor and beach problems.
- U.S. Army, Coastal Engineering Research Center.  
Shore Protection Manual.
- Collegediktaten civiele techniek, T.H. Delft :
  - Dijken
  - Grondmechanika
  - Vloeistofmechanika
  - Grondwatermechanika
  - Rivieren en rivierwerken

Lijst van bijlagen

- I Golfverslagmetingen, voor dijk zonder muur en waakhogte = I, II 3 m.
- 2 Golfverslagmetingen, voor dijk met muur en waakhogte = I, II 3 m.
- 3 Golfverslagmetingen, voor dijk zonder muur en waakhogte = I, 363 m.
- 4 Golfverslagmetingen, voor dijk met muur en waakhogte = I, 363 m.
- 5 Golfverslagmetingen, voor dijk zonder muur en waakhogte = I, 6 I 3 m.
- 6 Golfverslagmetingen, voor dijk met muur en waakhogte = I, 6 I 3 m.
- 7 Golfploopmetingen bij een waterdiepte van 4,500 m.
- 8 Golfploopmetingen bij een waterdiepte van 4,250 m.
- 9 Golfploopmetingen bij een waterdiepte van 4,000 m.
- IO Toepassing gemeten golfverslagformules op dijkvakken in Zeeland, met binnentalud steiler dan I:I,5.
- II Verdeling van de dijkvakken naar golfverslag, met golfhoogte H variërend van R.2/8 tot R.5/8 en binnentalud steiler dan I:I,5.
- I2 Verdeling van de dijkvakken naar golfverslag, met golfhoogte  $H=R.3/8$  en binnentalud steiler dan I:I,5.
- I3 Verdeling van de dijkvakken naar fictieve golfverslag, met H variërend van R.2/8 tot R.5/8 en binnentalud steiler dan I:I,5.
- I4 Verdeling van de dijkvakken naar golfverslag, met binnentalud steiler dan I:I,5 en golfhoogte  $H=R.3/8$ .
- I5 Verdeling van de dijkvakken naar golfverslag, met binnentalud steiler dan I:I,5 en golfhoogte  $H=R/(8.tg\alpha)$ .
- I6 Verdeling van de dijkvakken naar fictieve golfverslag, met binnentalud steiler dan I:I,5 en golfhoogte  $H=R/(8.tg\alpha)$ .
- I7 Verschil in indeling tussen bijlage I5 en I6.
- I8 Bepaling tijdsduur voor het bereiken van de kritieke diepte door de grondwaterstroming, voor de beschouwde dijkvakken.
- I9 Verdeling van de beschouwde dijkvakken naar benodigde tijdsduur voor het optreden van eventuele grondafschuivingen.

Vervolg van lijst van bijlagen, in de vorm van grafieken

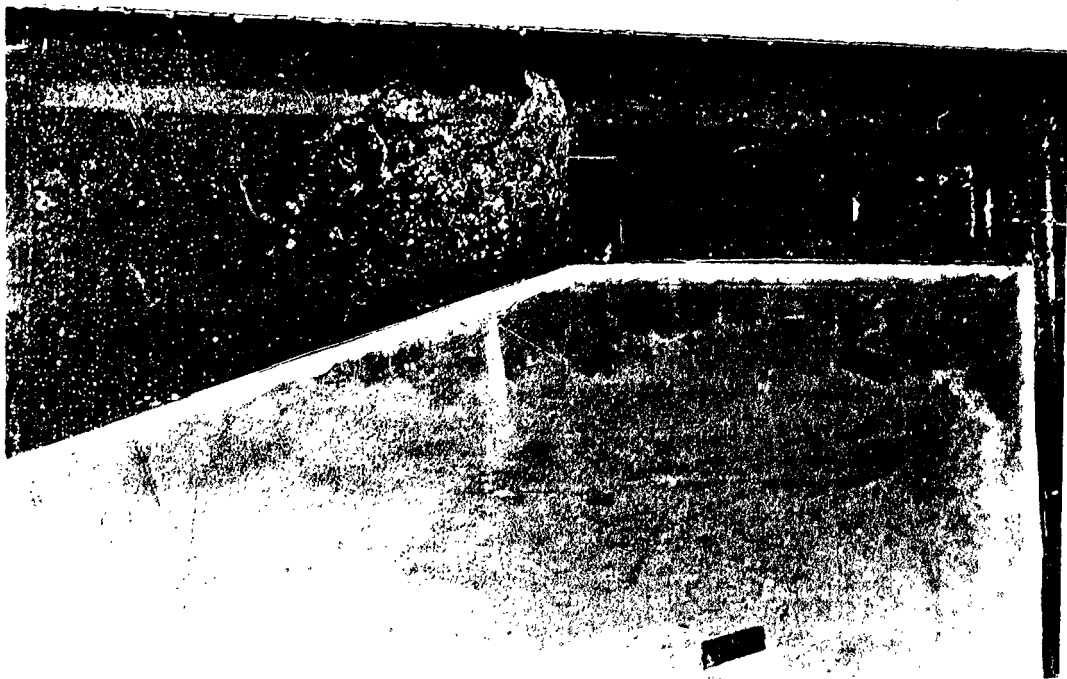
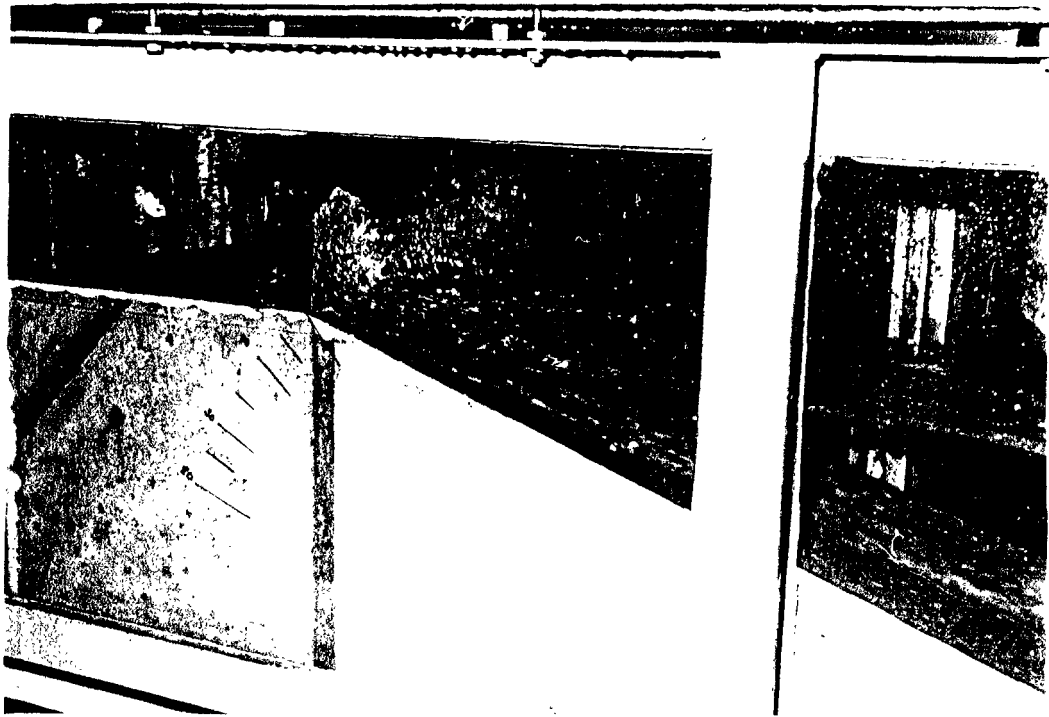
- I Verband tussen golfoploop, gedeeld door golfhoogte, en golfsteilheid bij 3 verschillende waterdiepten.
- 2 Vergelijking van de verbanden tussen golfoploop, gedeeld door golfhoogte, en golfsteilheid, behorend bij 3 verschillende waterdiepten.
- 3 Verband tussen golfoploop en golfhoogte, bij gegeven korrekcie voor de golfsteilheid.
- 4 Verband tussen golfoploop, gedeeld door golfhoogte, en de  $\xi$ -parameter.
- 5 Verband tussen golfoploop en golfhoogte.
- 6 Vergelijking tussen een dijk met en zonder muur t.a.v. het verband tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$ .
- 7 Verband tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$ , voor dijk zonder muur bij 3 verschillende waakhoogten.
- 8 Verband tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$ , voor dijk met muur bij 3 verschillende waakhoogten.
- 9 Vergelijking van de verbanden tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$ , behorend bij 3 verschillende waakhoogten, voor een dijk met en zonder muur.
- I0 Invloed golfsteilheid, gedeeld door periode, op door meting verkregen golfoverslagformules voor een dijk zonder muur bij 3 verschillende waakhoogten.
- II Invloed golfsteilheid, gedeeld door golfperiode, op door meting verkregen golfoverslagformules.
- I2 Verband tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$  voor een dijk zonder muur.
- I3 Verband tussen  $\ln(q/H\sqrt{H})$  en  $(R-W)/H$  voor een dijk met muur.
- I4 Invloed golfsteilheid, gedeeld door golfperiode, op de door meting verkregen golfoverslagformules.
- I5 Verband tussen golfoverslag en golfperiode voor dijk zonder muur bij verschillende golfhoogten en waakhoogten.
- I6 Verband tussen golfoverslag en golfperiode voor dijk met muur bij verschillende golfhoogten en waakhoogten.
- I7 Verband tussen golfsteilheid en golfoverslag voor dijk zonder muur bij verschillende golfhoogten en waakhoogten.
- I8 Verband tussen golfoverslag en golfsteilheid voor dijk met muur bij verschillende golfhoogten en waakhoogten.
- I9 Vervolg van grafiek I8.

Lijst van symbolen

- W : waakhoogte  
 q : golfoverslag per tijdseenheid  
 H : golfhoogte  
 R : golfoploop, gedefinieerd als de vertikaal boven de stilwaterlijn  
 L<sub>0</sub> : golflengte in diep water  
 T : golfperiode  
 A : coëfficiënt met dimensie  $\sqrt{m/s}$   
 $\beta$  : dimensieloze coëfficiënt  
 g : versnelling van de zwaartekracht  
 d : waterdiepte  
 z : dijkskruinhoogte-tekort  
 $\xi$  :  $\tan \alpha / \sqrt{H/L_0}$  = surfsimilarity parameter  
 $\alpha$  : helling van het talud van de dijk  
 H<sub>s</sub> : significante golfhoogte  
 $\hat{T}$  : periode van de spectraal komponent met maximum energie dichtheid  
 r : terugkaatsingscoëfficiënt  
 b : hoeveelheid water, dat over de dijk komt per golfperiode  
 $\sigma$  : waterdruk  
 $\gamma_w$  : volumegewicht water  
 $\gamma_g$  : volumegewicht grond  
 c : cohesiekracht per strekkende meter  
 $\varphi$  : hoek van inwendige wrijving  
 $\theta$  : hoek tussen binnenbeloop en richting van de stroomlijnen van de grondwaterstroming  
 B : bergingscoëfficiënt  
 K : doorlatendheid  
 C<sub>I</sub> : capillaire inzuiging  
 t : benodigde tijdsduur voor het bereiken van afschuivingsgevaar van grondlagen als gevolg van golfoverslag  
 h : waterdiepte  
 s :  $\frac{H}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 100$  = golfsteilheidsparameter voor diep water  
 : waakhoogte, gedeeld door golfoploop (fictief)  
 k :  $\frac{I}{T} \cdot \frac{H}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 100$  = parameter welke weergeeft de golfsteilheid, gedeeld door de periode  
 q<sub>f</sub> : berekende golfoverslag, waarbij voor een dijk met muur de formules geldend voor een dijk zonder muur, worden toegepast en andersom  
 t : benodigde tijdsduur voor het bereiken van afschuivingsgevaar van grondlagen als gevolg van golfoverslag bij een overvloed aan water, dat over de dijk komt



Bijlagen, grafieken.



$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (l/ms)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$Y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{8,48 \exp(3,33 \frac{R-W}{H_i})}$	$k = \frac{H_i}{T^3} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/s)	$f = \frac{1,371 - 0,344k}{f}$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,47	6,13	2,500	2,195	1,493	2,25	364,7	5,320	(0,44)	0,41	1,23	(0,36)	0,37	0,25
1,32	6,13	2,245	2,121	1,607	2,45	250,8	5,106	(0,09)	0,37	1,25	(0,07)	0,40	0,30
1,43	4,61	4,285	1,310	0,919	1,70	275,4	5,088	0,89	0,93	1,05	0,85	0,13	0,09
1,47	4,55	4,538	1,386	0,943	1,70	263,4	4,993	0,75	1,00	1,03	0,73	0,12	0,08
1,18	4,55	3,627	1,002	0,853	1,80	225,5	5,174	1,22	0,80	1,10	1,11	0,12	0,11
1,14	4,55	3,519	0,962	0,844	1,82	195,2	5,079	1,14	0,77	1,11	1,03	0,14	0,12
0,98	4,55	3,025	0,798	0,814	1,95	145,3	5,010	1,14	0,66	1,14	1,00	0,14	0,14
0,90	4,55	2,778	0,714	0,793	2,03	127,5	5,011	1,07	0,61	1,16	0,92	0,14	0,16
0,75	4,55	2,315	0,612	0,816	2,30	86,0	4,890	1,03	0,51	1,19	0,86	0,09	0,12
0,82	4,17	3,014	0,486	0,593	1,95	55,1	4,304	1,21	0,72	1,12	1,08	0,08	0,10
1,16	4,05	4,520	0,859	0,741	1,70	141,0	4,724	1,13	1,12	0,99	1,15	0,12	0,10
1,10	4,05	4,286	0,757	0,688	1,70	97,4	4,436	1,01	1,06	1,01	1,00	0,14	0,13
1,08	4,04	4,229	0,745	0,689	1,72	89,6	4,379	0,95	1,05	1,01	0,94	0,06	0,06
1,12	3,67	5,315	0,791	0,706	1,70	85,8	4,286	0,81	1,45	0,87	0,93	0,10	0,09

BIJLAGE 1

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR DYK ZONDER MUUR  
 BIJ EEN WAAKHOOGTE VAN 1,113 M.

$H_i$ (M)	T (SEC)	$\frac{H_i \cdot 2\pi \cdot 10^2}{T^2 \cdot g}$	R-W (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	q (l/ms)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$Y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{8,48 \exp(3,33 \frac{R-W}{H_i})}$	$k = \frac{H_i \cdot 2\pi \cdot 10^2}{T^3 \cdot g}$ (1/s)	$f = 1,371 - 0,344 k$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,00	3,67	4,745	0,587	0,587	1,70	66,1	4,190	1,10	1,29	0,93	1,18	0,08	0,08
0,76	3,67	3,606	0,255	0,336	1,80	16,9	3,237	0,98	0,98	1,03	0,95	0,10	0,13
0,43	3,67	2,040	0,027	0,063	2,65	3,1	2,395	1,05	0,56	1,18	0,89	0,05	0,12
1,30	4,05	5,065	1,097	0,844	1,70	217,6	4,980	1,04	1,25	0,94	1,10	0,15	0,12
0,82	4,04	3,211	0,445	0,543	1,90	51,1	4,232	1,33	0,79	1,10	0,91	0,10	0,12
0,96	3,29	5,688	0,519	0,541	1,70	36,3	3,656	0,75	1,72	0,78	0,96	0,08	0,08
0,87	3,29	5,137	0,366	0,421	1,70	17,8	3,092	0,63	1,56	0,83	0,76	0,13	0,15
0,76	3,29	4,487	0,179	0,236	1,70	13,4	3,000	1,09	1,36	0,90	1,21	0,08	0,11
0,66	3,29	3,897	0,055	0,084	1,77	6,0	2,409	1,00	1,18	0,97	1,03	0,10	0,15
0,78	3,04	5,394	0,213	0,273	1,70	10,1	2,679	0,70	1,77	0,76	0,92	0,10	0,13
0,72	3,04	4,979	0,111	0,154	1,70	8,0	2,569	0,92	1,64	0,81	1,14	0,04	0,06
0,66	2,97	4,782	0,009	0,014	1,70	6,8	2,540	(1,43)	1,61	0,82	(1,75)	0,04	0,06
0,60	2,97	4,347	-0,093	-0,155	1,70	4,3	2,217	(1,84)	1,46	0,87	(2,11)	0,08	0,17

VERVOLG BIJLAGE 1 GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR DYK ZONDER MUUR  
B) EEN WAAKHOOGTE VAN 1,113 M.

$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (l/ns)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{4,16 \exp(2,67 \frac{R-W}{H_i})}$	$R = \frac{H_i}{T^2} \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/s)	$f = \frac{2,14 - 0,89 f}{f}$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,30	6,07	2,255	2,033	1,564	2,42	319,1	5,369	(0,76)	0,37	1,81	(0,38)	0,60	0,46
1,65	4,62	4,941	1,692	1,025	1,70	234,8	4,709	1,67	1,07	1,17	1,43	0,55	0,33
1,57	4,55	4,847	1,556	0,991	1,70	187,5	4,557	1,63	1,06	1,19	1,37	0,57	0,36
1,25	4,55	3,859	1,100	0,880	1,77	93,9	4,208	1,50	0,85	1,38	1,09	0,60	0,48
1,21	4,55	3,735	1,041	0,860	1,78	86,1	4,174	1,52	0,82	1,40	1,09	0,63	0,52
1,00	4,55	3,087	0,847	0,847	1,96	50,3	3,920	1,26	0,68	1,53	0,82	0,49	0,49
0,77	4,55	2,377	0,666	0,865	2,31	37,5	4,071	1,32	0,52	1,67	0,79	0,40	0,52
1,15	4,43	3,745	0,934	0,812	1,78	80,3	4,174	1,75	0,85	1,38	1,16	0,61	0,53
1,10	4,43	3,582	0,878	0,798	1,81	44,5	3,654	1,08	0,81	1,41	0,77	0,46	0,42
1,30	4,04	5,091	1,097	0,844	1,70	51,6	3,550	0,88	1,26	1,07	0,87	0,52	0,40
1,16	4,04	4,588	0,859	0,747	1,70	35,2	3,338	0,91	1,14	1,11	0,82	0,40	0,34
0,95	4,04	3,720	0,578	0,608	1,78	26,5	3,358	1,33	0,92	1,31	1,02	0,41	0,43
0,82	4,04	3,211	0,437	0,533	1,89	20,2	3,305	1,55	0,80	1,43	1,09	0,34	0,42
0,73	4,04	2,859	0,347	0,475	2,00	14,9	3,178	1,60	0,71	1,50	1,06	0,33	0,45

Bijlage 2

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR Dijk MET MUUR  
Bij een waakhoogte van 1,113 m.

$H_i$ (M)	T (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	R-W (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	q (l/MS)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$\gamma = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{4,16 \exp(2,67 \frac{R-W}{H_i})}$	$k = \frac{H_i}{T^3} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/s)	$f = 2,14 - 0,89k$	$\frac{\gamma}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
0,66	4,04	2,584	0,313	0,474	2,16	5,5	2,328	1,93	0,64	1,56	1,23	0,40	0,61
1,06	3,67	5,029	0,689	0,650	1,70	16,0	2,685	0,61	1,37	0,91	0,67	0,38	0,36
1,14	3,60	5,620	0,825	0,724	1,70	25,2	3,026	0,71	1,56	0,74	0,97	0,38	0,33
1,06	3,54	5,406	0,689	0,650	1,70	12,5	2,434	0,47	1,53	0,77	0,61	0,14	0,13
0,70	3,60	3,452	0,168	0,240	1,83	5,5	2,243	1,18	0,96	1,28	0,92	0,06	0,09
0,57	3,60	2,811	0,044	0,077	2,03	2,4	1,719	1,09	0,78	1,44	0,76	0,25	0,44
1,05	3,29	6,200	0,672	0,640	1,70	14,9	2,754	0,34	1,88	0,45	0,76	0,39	0,37
0,89	3,29	5,255	0,400	0,449	1,70	8,7	2,337	0,74	1,60	0,70	1,05	0,33	0,37
0,76	3,29	4,487	0,179	0,236	1,70	6,0	2,493	1,16	1,36	0,91	1,27	0,30	0,40
0,66	3,29	3,897	0,049	0,074	1,76	2,7	1,621	0,99	1,18	1,07	0,93	0,16	0,24
0,76	3,04	5,256	0,179	0,236	1,70	4,0	1,798	0,77	1,73	0,58	1,33	0,34	0,45
0,74	3,04	5,118	0,145	0,196	1,70	3,8	1,787	0,85	1,68	0,63	1,35	0,30	0,41
0,61	3,04	4,219	-0,064	-0,105	1,72	1,5	1,869	(0,76)	1,39	0,90	(0,84)	0,23	0,38

VERVOLG BIJLAGE 2

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR D4K MET MUUR  
B) EEN WAAKHOOGTE VAN 1,113 M.

$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (L/MS)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$Y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{3,24 \exp(5,22 \frac{R-W}{H_i})}$	$k = \frac{H_i}{T^3} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/s)	$f = \frac{2,11 - 0,97k}{k}$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
0,95	5,95	1,715	1,425	1,495	2,93	137,3	5,000	(0,02)	0,29	1,83	(0,01)	0,35	0,37
1,03	5,95	1,859	1,387	1,347	2,67	225,9	5,379	(0,06)	0,31	1,81	(0,03)	0,16	0,16
1,45	4,49	4,597	1,175	0,810	1,75	212,4	4,801	0,55	1,02	1,02	0,54	0,18	0,12
1,30	4,49	4,121	0,912	0,702	1,75	169,5	4,738	0,90	0,92	1,22	0,74	0,14	0,11
1,08	4,49	3,424	0,613	0,568	1,83	102,6	4,519	1,46	0,76	1,37	1,07	0,15	0,14
0,95	4,49	3,012	0,461	0,485	1,92	74,0	4,379	1,96	0,67	1,46	1,34	0,09	0,10
0,78	4,49	2,473	0,322	0,413	2,16	25,1	3,596	1,31	0,55	1,57	0,83	0,08	0,10
1,29	4,02	5,102	0,895	0,694	1,75	101,1	4,232	0,57	1,27	0,86	0,66	0,09	0,07
1,20	4,02	4,746	0,737	0,614	1,75	75,4	4,050	0,72	1,18	0,97	0,74	0,08	0,07
1,04	4,02	4,113	0,457	0,439	1,75	46,2	3,779	1,36	1,02	1,12	1,21	0,08	0,08
0,96	4,05	3,741	0,346	0,360	1,78	30,8	3,489	1,54	0,92	1,21	1,27	0,08	0,08
0,90	4,05	3,507	0,266	0,296	2,81	12,6	2,692	0,97	0,87	1,27	0,76	0,14	0,16
0,68	4,05	2,650	0,051	0,076	2,08	4,4	2,059	1,63	0,65	1,47	1,11	0,08	0,12

BIJLAGE 3

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR DYK ZONDER MUUR  
 BIJ EEN WAAKHOOGTE VAN 1,363 M.

$H_i$ (M)	T (SEC)	$\frac{H_i \cdot 2\pi \cdot 10^2}{T^2 \cdot g}$	R-W (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	q (l/ms)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$Y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{3,24 \exp(5,22 \frac{R-W}{H_i})}$	$k = \frac{H_i \cdot 2\pi \cdot 10^2}{T^3 \cdot g}$ (1/s)	$f = 2,11 - 0,97 k$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,04	3,60	5,129	0,457	0,439	1,75	18,1	2,837	0,52	1,42	0,73	0,71	0,12	0,12
0,86	3,60	4,241	0,142	0,165	1,75	6,6	2,116	1,08	1,17	0,98	1,10	0,08	0,09
0,76	3,60	3,748	-0,010	-0,013	1,78	2,1	1,158	0,98	1,04	1,10	0,89	0,08	0,11
0,58	3,60	2,860	-0,250	-0,370	1,98	-	-	-	-	-	-	0,10	0,17
0,85	3,29	5,019	0,125	0,146	1,75	4,2	1,679	0,77	1,53	0,63	1,22	0,07	0,08
0,80	3,29	4,724	0,037	0,046	1,75	1,9	0,975	0,65	1,43	0,72	0,90	0,08	0,10
0,68	3,29	4,015	-0,166	-0,244	1,76	-	-	-	-	-	-	0,06	0,08
0,72	2,91	5,434	-0,103	-0,143	1,75	-	-	-	-	-	-	0,06	0,08

VERVOLG BIJLAGE 3

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR D4K ZONDER HUUR  
 BIJ EEN WAAKHOOGTE VAN 1,363 M.

$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (l/MS)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{2,27 \exp(4,13 \frac{R-W}{H_i})}$	$R = \frac{H_i}{T^3} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/5)	$\beta = 1,67 - 0,64 R$	$\frac{y}{\beta}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,13	5,95	2,031	1,562	1,388	2,60	174,9	4,987	0,21	0,34	1,45	0,14		
1,47	4,55	4,538	1,209	0,823	1,75	141,2	4,371	1,17	1,00	1,03	1,13	0,54	0,36
1,35	4,55	4,168	1,000	0,741	1,75	101,0	4,165	1,31	0,92	1,08	1,22	0,55	0,41
1,26	4,55	3,890	0,867	0,688	1,77	64,2	3,815	1,17	0,85	1,04	1,12	0,48	0,38
1,23	4,55	3,782	0,818	0,667	1,78	40,5	3,796	0,83	0,83	1,14	0,73	0,28	0,22
1,01	4,55	3,118	0,536	0,530	1,88	29,4	3,366	1,43	0,69	1,23	1,16	0,11	0,11
1,30	4,05	5,065	0,912	0,702	1,75	36,4	3,202	0,60	1,25	0,89	0,67	0,39	0,30
0,78	4,55	2,410	0,400	0,513	2,26	13,1	2,950	1,01	0,53	1,33	0,76	0,25	0,32
1,15	4,05	4,481	0,650	0,565	1,75	19,3	2,748	0,66	1,11	0,99	0,69	0,37	0,32
1,10	4,05	4,286	0,562	0,511	1,75	15,9	2,623	0,72	1,06	0,99	0,73	0,38	0,35
0,92	4,05	3,585	0,293	0,318	1,80	8,6	2,272	1,15	0,89	1,10	1,05	0,30	0,33
0,83	4,05	3,234	0,189	0,228	1,87	5,2	1,928	1,18	0,80	1,16	1,02	0,37	0,45
0,78	4,05	3,039	0,135	0,173	1,92	2,7	1,372	0,90	0,75	1,19	0,76	0,34	0,44

BIJLAGE 4

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR DYK MET MUUR  
Bij een WAAKHOOGTE VAN 1,363 m.



$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i \cdot 2\pi \cdot 10^2}{T^2 \cdot g}$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (l/ms)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$Y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{2,27 \exp(4,13 \frac{R-W}{H_i})}$	$R = \frac{H_i \cdot 2\pi \cdot 10^2}{T^2 \cdot g}$ (1/s)	$f = 1,67 - 0,64 R$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,02	3,60	5,030	0,422	0,414	1,75	7,5	1,980	0,58	1,39	0,78	0,75	0,14	0,14
0,86	3,60	4,241	0,142	0,165	1,75	4,9	1,814	1,37	1,18	0,91	1,50	0,12	0,14
0,78	3,60	3,847	0,018	0,023	1,77	2,5	1,289	1,45	1,07	0,99	1,46	0,30	0,39
0,67	3,60	3,304	-0,124	-0,185	1,85	-	-	-	-	-	-	0,17	0,25
0,92	3,29	5,432	0,247	0,268	1,75	3,8	1,460	0,62	1,65	0,61	1,02	0,16	0,17
0,68	3,29	4,015	-0,166	-0,244	1,76	1,9	1,220	(1,49)	1,22	0,89	(1,68)	0,32	0,47
0,64	3,29	3,779	-0,224	-0,350	1,78	-	-	-	-	-	-	0,18	0,28
0,66	3,04	4,564	-0,208	-0,315	1,75	-	-	-	-	-	-	0,24	0,36

VERVOLG BIJLAGE 4

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR DYK MET MUUR  
B) EEN WAAKHOOGTE VAN 1,363 M.

$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (l/ms)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{2,68 \exp(5,10 \frac{R-W}{H_i})}$	$k = \frac{H_i}{T^3} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/s)	$f = 1,89 - 0,98k$	$\frac{y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
0,75	5,95	1,35	0,41	0,549	1,70	58,4	3,640	(2,04)	0,23	1,67	(1,22)	0,31	0,41
0,94	5,19	2,23	0,50	0,534	1,25	56,6	4,128	(1,52)	0,43	1,47	(1,03)	0,14	0,15
1,42	4,55	4,38	0,99	0,694	1,83	90,6	3,980	0,58	0,96	0,95	0,61	0,20	0,14
1,30	4,43	4,23	0,77	0,592	1,83	52,7	4,362	0,65	0,96	0,95	0,68	0,10	0,08
1,13	4,55	3,49	0,50	0,443	1,87	24,6	3,018	0,80	0,77	1,14	0,68	0,11	0,10
1,02	4,55	3,15	0,33	0,319	1,90	13,5	2,573	0,96	0,69	1,43	0,67	0,14	0,14
1,00	4,55	3,07	0,29	0,296	1,91	10,3	2,340	0,86	0,68	1,44	0,60	0,13	0,13
0,84	4,55	2,59	0,08	0,100	2,02	4,6	1,786	1,34	0,57	1,33	1,01	0,16	0,19
0,72	4,55	2,22	0,01	0,010	2,25	3,0	1,591	1,74	0,49	1,41	1,23	0,16	0,22
1,18	4,05	4,99	0,69	0,540	1,80	36,4	3,220	0,60	1,23	0,68	0,88	0,14	0,11
1,14	3,92	4,74	0,46	0,405	1,82	19,8	2,789	0,77	1,21	0,70	1,09	0,10	0,09
1,06	3,98	4,28	0,33	0,308	1,83	12,7	2,453	0,90	1,07	0,84	1,07	0,14	0,13
0,95	4,05	3,68	0,14	0,143	1,85	5,0	1,693	0,97	0,91	1,00	0,97	0,11	0,11

BIJLAGE 5

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR D4K ZONDER MUUR  
B) EEN WAAKHOOGTE VAN 1,613 M.

$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (1/MS)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$Y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{2,68 \exp(5,10 \frac{R-W}{H_i})}$	$R = \frac{H_i}{T^3} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/5)	$f = 1,89 - 0,98R$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,02	3,92	4,242	0,254	0,249	1,83	9,5	2,599	0,96	1,08	0,83	1,15	0,10	0,10
0,79	4,05	3,078	-0,104	-0,132	1,91	1,0	0,342	(0,53)	0,76	1,15	(0,46)	0,13	0,16
1,00	3,60	4,931	0,187	0,187	1,80	6,2	1,830	0,90	1,37	0,55	1,63	0,14	0,14
0,96	3,60	4,734	0,134	0,140	1,82	1,6	2,063	0,36	1,32	0,59	1,02	0,11	0,13
0,84	3,60	4,142	-0,076	-0,090	1,83	—	—	—	—	—	—	0,10	0,12
0,75	3,60	3,699	-0,226	-0,301	1,85	—	—	—	—	—	—	0,13	0,17
0,92	3,29	5,432	0,034	0,037	1,79	0,9	-0,025	0,30	1,65	0,27	1,10	0,08	0,09
0,84	3,29	4,960	-0,101	-0,120	1,80	—	—	—	—	—	—	0,06	0,07
0,65	3,29	4,806	-0,437	-0,672	1,81	—	—	—	—	—	—	0,03	0,05

VERVOLG BIJLAGE 5

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR D4K ZONDER MUUR  
B) EEN WAAKHOOGTE VAN 1,613 M.

$H_i$ (M)	$T$ (SEC)	$\frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$	$R-W$ (M)	$\frac{R-W}{H_i}$	$\frac{R}{H_i}$	$q$ (l/ms)	$\ln(q/H_i\sqrt{H_i})$	$Y = \frac{q/H_i\sqrt{H_i}}{4.41 \exp(2.72 \frac{R-W}{H_i})}$	$k = \frac{H_i}{T^2} \cdot \frac{2\pi}{g} \cdot 10^2$ (1/s)	$f = \frac{1.15 - 0.22k}{k}$	$\frac{Y}{f}$	$H_T$ (M)	$r = \frac{H_T}{H_i}$
1,38	6,20	2,286	1,385	1,007	2,18	81,1	3,920	1,35	0,37	1,07	1,26	0,63	0,46
1,75	5,31	3,967	1,625	0,928	1,85	69,0	3,394	0,69	0,75	0,98	0,76	0,15	0,09
1,43	4,55	4,415	1,004	0,702	1,83	30,8	2,890	0,92	0,97	0,94	0,98	0,43	0,30
1,30	4,55	4,013	0,792	0,609	1,85	23,8	2,777	1,00	0,88	0,98	1,03	0,42	0,32
1,07	4,55	3,303	0,399	0,373	1,88	11,6	2,346	1,08	0,73	0,99	1,10	0,41	0,38
0,86	4,55	2,655	0,107	0,124	2,00	3,8	1,558	0,83	0,58	1,02	0,81	0,38	0,44
0,78	4,55	2,408	0,025	0,032	2,10	3,2	1,538	0,98	0,53	1,03	0,95	0,38	0,49
1,22	4,05	4,754	0,607	0,498	1,82	15,5	2,443	0,91	1,17	0,89	1,03	0,11	0,09
1,27	3,98	5,124	0,673	0,530	1,80	11,6	2,094	0,60	1,29	0,86	0,70	0,21	0,17
1,04	4,05	4,052	0,301	0,289	1,84	9,6	2,203	1,11	1,00	0,93	1,20	0,32	0,31
0,98	4,05	3,818	0,200	0,204	1,85	5,7	1,771	0,86	0,94	0,94	0,92	0,26	0,27
0,89	4,05	3,468	0,051	0,058	1,87	4,4	1,656	1,05	0,86	0,96	1,10	0,31	0,35
0,72	4,05	2,805	-0,209	-0,290	1,95	1,0	0,45	(0,37)	0,69	1,00	(0,37)	0,24	0,33

BIJLAGE 6

GOLFOVERSLAGMETINGEN VOOR DUK MET MUUR  
B) EEN WAAKHOOGTE VAN 1,613 M.

H (m)	T (s)	$\frac{H}{T^2} + \frac{2\pi}{g} \times 10^3$	R (m)	$\frac{R}{H}$	g (s)
1,28	3,95	3,31	3,110	2,430	1,356
1,46	4,38	4,86	2,650	1,828	1,203
1,38	4,38	4,60	2,350	1,703	1,725
1,36	4,38	4,53	2,183	1,605	1,730
1,11	4,38	3,70	1,955	1,761	1,812
0,91	4,38	3,03	1,739	1,911	1,979
0,75	4,40	2,48	1,618	2,157	2,243
1,32	3,95	5,41	2,175	1,648	1,636
1,03	3,95	4,22	1,891	1,836	1,753
0,92	3,95	3,77	1,676	1,822	1,801
0,81	3,95	3,31	1,569	1,937	1,892
1,19	3,95	4,87	2,052	1,724	1,704
1,12	3,54	5,71	1,898	1,695	1,571
0,96	3,54	4,90	1,643	1,711	1,702
0,87	3,54	4,44	1,498	1,717	1,736
0,80	3,54	4,08	1,345	1,681	1,765
0,69	3,54	3,52	1,244	1,803	1,844
0,56	3,54	2,86	1,172	2,003	2,246
0,87	3,26	5,73	1,477	1,698	1,665
0,85	3,26	5,11	1,426	1,678	1,680
0,81	3,26	4,87	1,324	1,635	1,704
0,67	3,26	4,03	1,216	1,815	1,770
0,73	3,00	5,18	1,235	2,692	2,677
0,66	3,00	4,69	1,204	1,824	1,719
0,62	3,00	4,40	1,147	1,850	1,739

H (m)	T (s)	$\frac{H}{T^2} \times \frac{2\pi}{g} \times 10^2$	R (m)	$\frac{R}{H}$	$g$ (s)
1,04	6,01	1,84	2,843	<del>1,53</del> 2,782	3,735
1,38	4,36	4,64	2,345	1,699	1,858
1,27	4,36	4,27	2,153	1,695	1,801
1,13	4,36	3,80	1,918	1,697	1,796
0,92	4,36	3,09	1,701	1,849	1,899
0,78	4,36	2,262	1,781	2,283	2,329
1,24	3,92	5,16	2,218	1,789	1,828
1,10	3,92	4,57	1,983	1,803	1,815
1,00	3,92	4,16	1,815	1,815	1,797
0,85	3,92	3,53	1,587	1,867	1,815
0,79	3,92	3,29	1,492	1,889	1,851
1,04	3,54	5,30	1,814	1,744	1,813
0,93	3,54	4,74	1,649	1,773	1,822
0,89	3,54	4,54	1,464	1,645	1,813
0,66	3,54	3,37	1,257	1,905	1,837
0,61	3,54	3,11	1,126	1,846	1,838
0,90	3,23	5,51	1,559	1,732	1,803
0,82	3,23	5,02	1,419	1,730	1,829
0,68	3,23	4,16	1,257	1,844	1,797
0,71	2,94	5,25	1,266	1,783	1,825

BIJLAGE 8 GOLFOPLOPMETINGEN BIJ EEN WATERDIEPTE VAN 4,250 M.

H (m)	T (s)	$\frac{H}{T^2} \times \frac{2\pi}{g} \times 10^2$	R (m)	$\frac{R}{H}$	$g$ (s)
1,06	6,13	1,80	2,895	2,731	2,686
1,41	4,55	4,353	2,566	1,820	1,858
1,22	4,55	3,77	2,126	1,743	1,843
1,11	4,55	3,43	2,094	1,886	1,855
1,00	4,55	3,09	1,942	1,942	1,904
0,85	4,55	2,62	1,701	2,001	2,058
0,76	4,55	2,35	1,625	2,138	2,207
1,20	4,02	4,74	2,184	1,820	1,861
1,08	4,02	4,27	1,932	1,789	1,855
0,90	4,02	3,56	1,782	1,980	1,847
0,83	4,02	3,28	1,513	1,823	1,871
1,00	3,60	4,931	1,820	1,820	1,851
0,93	3,57	4,66	1,825	1,967	1,862
0,85	3,57	4,26	1,590	1,871	1,855
0,77	3,57	3,86	1,410	1,831	1,843
0,64	3,57	3,21	1,222	1,909	1,882
0,52	3,57	2,61	1,057	2,033	2,058
0,83	3,23	5,08	1,503	1,811	1,836
0,82	3,23	5,02	1,489	1,816	1,844
0,77	3,23	4,72	1,348	1,751	1,860
0,63	2,97	4,56	1,135	1,801	1,862
0,75	2,97	5,43	1,320	1,760	1,769
1,30	4,02	5,14	2,340	1,800	1,829

BIJLAGE 9 GOLFOPLOOMMETINGEN BIJ EEN WATERDIEPTE VAN 4,000 M.

DIJK- VAK	W (M)	R-W (M)	R (M)	$H_{\text{MIN}} = \frac{2}{8}R$ (M)	$H_{\text{MAX}} = \frac{5}{8}R$ (M)	$H = \frac{3}{8}R$ (M)	$H_{q'=0} = \frac{2}{3}B(R-W)$ (M)	$q = A \cdot H \cdot V \cdot H^3 \cdot \exp(\beta \frac{R-W}{H})$	$q (H = \frac{2}{8}R)$ (L/MS)	$q (H = \frac{5}{8}R)$ (L/MS)	$q (H = \frac{3}{8}R)$ (L/MS)
ZB 29	2,22	0,22	2,44	0,61	1,53	0,92	0,75 (q=7,8)	2,68.H.VH <sup>3</sup> .exp(5,10 $\frac{R-W}{H}$ )	8,0	10,5	8,0
ZB 30	2,32	0,49	2,81	0,70	1,76	1,05	1,67 (q=25,8)	2,68.H.VH <sup>3</sup> .exp(5,10 $\frac{R-W}{H}$ )	55,3	25,8	31,0
ZB 68	1,23	0,93	2,16	0,54	1,35	0,81	1,69	5,41.H.VH <sup>3</sup> .exp(4,21 $\frac{R-W}{H}$ )	3.025,0	154,2	495,6
SD 21	0,71	0,14	0,85	0,21	0,53	0,32	0,31 (q=6,6)	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	7,4	7,9	6,6
SD 31	0,13	0,92	1,05	0,26	0,66	0,39	2,04	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	131.003,1	480,8	4.995,2
SD 49	0,54	0,36	0,90	0,22	0,56	0,34	0,80	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	186,5	30,1	57,8
SD 20	0,94	1,08	2,02	0,51	1,26	0,76	2,40	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	3.768,8	107,6	643,4
SD 50	0,35	0,50	0,85	0,21	0,53	0,32	1,11	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	2.069,2	95,4	606,5
SD 32	-0,02	1,32	1,30	0,33	0,81	0,49	2,93	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	1.174.952,6	1.385,5	23.598,2
SD 11	0,85	0,60	1,45	0,36	0,91	0,54	1,33	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	455,7	66,3	133,9
SD 59	1,35	1,58	2,93	0,73	1,83	1,10	5,39	3,41.H.VH <sup>3</sup> .exp(5,12 $\frac{R-W}{H}$ )	132.864,8	700,7	6.180,7
T 70	0,52	0,19	0,71	0,18	0,44	0,27	0,42 (q=104)	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	22,3	10,4	12,5
T 71	0,48	0,14	0,62	0,16	0,39	0,23	0,31 (q=6,6)	8,48.H.VH <sup>3</sup> .exp(3,33 $\frac{R-W}{H}$ )	10,5	6,8	7,1
T 11	1,35	0,10	1,45	0,36	0,91	0,54	0,34	3,41.H.VH <sup>3</sup> .exp(5,12 $\frac{R-W}{H}$ )	3,1	5,2	3,3
T 49	1,25	0,11	1,36	0,34	0,85	0,51	1,61	5,01.H.VH <sup>3</sup> .exp(4,37 $\frac{R-W}{H}$ )	4,1	6,9	4,7

Bijlage 10<sup>A</sup> TOEPASSING GEMETEN GOLFOVERSLAGFORMULES OP DE DIJKVAKKEN IN ZEELAND, MET  
BINNENTALUD STEILER DAN 1:1,5 EN DIJK ZONDER MUUR.



DIJK- VAK	W (M)	R-W (M)	R (M)	$H_{MIN} = \frac{2}{8}R$ (M)	$H_{MAX} = \frac{5}{8}R$ (M)	$H = \frac{3}{8}R$ (M)	$H_{\frac{q}{2}=0} = \frac{2}{3}\beta(R-W)$	$q = A \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(\beta \frac{R-W}{H})$	$q (H = \frac{2}{8}R)$ (L/MS)	$q (H = \frac{5}{8}R)$ (L/MS)	$q (H = \frac{3}{8}R)$ (L/MS)
T 40	-0,10	0,65	0,55	0,14	0,34	0,21	1,44	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	2.818.571,2	924,4	29.003,5
T 41	1,16	0,79	1,95	0,49	1,22	0,73	1,96	$7,08 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,69 \frac{R-W}{H})$	948,3	104,1	238,7
SP 10	1,06	0,41	1,47	0,37	0,92	0,55	0,91 ( $q = 33,0$ )	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	77,3	33,0	41,3
SP 13	0,90	0,69	1,59	0,40	0,99	0,60	1,53	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	648,6	84,7	184,3
SP 15	1,05	0,99	2,04	0,51	1,28	0,77	2,20	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	1.981,9	162,0	422,1
SP 14	0,90	1,07	1,97	0,49	1,23	0,74	2,38	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	4.185,2	204,8	668,8
NB 41	0,50	0,25	0,75	0,19	0,47	0,28	0,56	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	57,9	16,1	24,4
NB 49	0,40	0,10	0,50	0,13	0,31	0,19	0,22 ( $q = 4,0$ )	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	5,4	4,3	4,1
NB 13	1,90	1,55	3,45	0,86	2,16	1,29	5,27	$2,68 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(5,70 \frac{R-W}{H})$	20.429,1	331,8	3.377,2
NB 2	0,75	1,75	2,50	0,63	1,56	0,94	3,89	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	46.943,7	689,5	3.844,5
NB 3	1,50	1,70	3,20	0,80	2,00	1,20	5,84	$2,92 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(5,75 \frac{R-W}{H})$	118.257,3	657,7	41.282,9
NB 26	1,00	2,00	3,00	0,75	1,88	1,13	4,44	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	39.584,3	759,5	3.768,3
NB 7	0,95	1,85	2,80	0,70	1,75	1,05	4,11	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	32.971,9	663,4	3.222,9
NB 12	1,95	1,85	3,80	0,95	2,38	1,43	6,29	$2,68 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(5,70 \frac{R-W}{H})$	51.044,6	518,4	3.422,5
NB 27	1,00	2,10	3,10	0,78	1,95	1,16	4,66	$8,48 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	47.982,8	844,3	4.415,0
NB 8	1,15	2,35	3,50	0,88	2,19	1,31	2,00	$7,36 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(3,61 \frac{R-W}{H})$	97.810,2	1.150,0	7.081,8

VERVOLG BIJLAGE 10<sup>A</sup>

DIJK- VAK	W (M)	R-W (M)	R (M)	$H_{MIN} = \frac{2}{8}R$ (M)	$H_{MAX} = \frac{5}{8}R$ (M)	$H = \frac{3}{8}R$ (M)	$H_{q=0} = \frac{2}{8}R(R-W)$	$q = A \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(\beta \frac{R-W}{H})$	$q (H = \frac{2}{8}R)$ (L/MS)	$q (H = \frac{5}{8}R)$ (L/MS)	$q (H = \frac{3}{8}R)$ (L/MS)
ZB 21	1,84	0,19	2,03	0,51	1,27	0,76	0,27	$4,13 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	3,3	8,1	4,7
ZB 60	0,78	0,67	1,45	0,36	0,91	0,54	1,19	$4,16 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	125,6	26,0	44,7
ZB 66 <sup>A</sup>	1,70	0,25	1,95	0,49	1,22	0,73	0,35	$4,13 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	4,2	8,6	5,3
ZB 69	1,66	0,27	1,93	0,48	1,21	0,72	0,38	$4,13 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	4,5	8,8	5,6
SD 44	1,63	0,77	2,40	0,60	1,50	0,90	1,09 (q=21,0)	$4,13 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	29,2	22,5	21,6
SD 17	1,83	0,47	2,30	0,58	1,44	0,86	0,66 (q=19,0)	$4,13 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	10,1	14,7	10,7
SD 51	0,85	0,30	1,15	0,29	0,72	0,43	0,53 (q=7,3)	$4,16 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	10,4	7,7	7,5
SD 52	0,81	0,39	1,20	0,30	0,75	0,45	0,69 (q=10,8)	$4,16 \cdot H \sqrt{H} \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	22,0	10,8	12,7

BIJLAGE 10<sup>B</sup> TOEPASSING GEMETEN GOLFOVERSLAGFORMULES OP DE DIJKVAKKEN IN ZEELAND, MET MUUR EN BINNENTALUD STEILER DAN 1:1,5.

DIJK- VAK	W (M)	R-W (M)	R (M)	$H_{MIN} = \frac{2}{8}R$ (M)	$H_{MAX} = \frac{5}{8}R$ (M)	$H = \frac{3}{8}R$ (M)	$H = \frac{2}{3}\beta(R-W)$ $q_F^0$	$q = A \cdot HVH^3 \exp(\beta \frac{R-W}{H})$	$q_F (H = \frac{2}{8}R)$ (L/MS)	$q_F (H = \frac{5}{8}R)$ (L/MS)	$q_F (H = \frac{3}{8}R)$ (L/MS)
T 41	1,16	0,79	1,95	0,49	1,22	0,73	1,55	$3,71 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,94 \frac{R-W}{H})$	147,6	33,6	55,6
SP 10	1,06	0,41	1,47	0,37	0,92	0,55	0,73 (q=11,6)	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	18,2	12,1	12,4
SP 13	0,90	0,69	1,59	0,40	0,99	0,60	1,23	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	107,0	26,3	42,1
SP 15	1,05	0,99	2,04	0,51	1,28	0,77	1,76	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	270,0	47,6	86,6
SP 14	0,90	1,07	1,97	0,49	1,23	0,74	1,90	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	485,8	57,9	126,2
NB 41	0,50	0,25	0,75	0,19	0,47	0,28	0,45	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	11,8	5,5	6,7
NB 49	0,40	0,10	0,50	0,13	0,31	0,19	0,18 (q=34)	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	1,6	1,7	1,4
NB 13	1,90	1,55	3,45	0,86	2,16	1,29	2,19	$4,41 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	159,3	64,1	82,3
NB 2	0,75	1,75	2,50	0,63	1,56	0,94	3,12	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	2.628,3	161,6	550,5
NB 3	1,50	1,70	3,20	0,80	2,00	1,20	3,43	$3,27 \cdot HVH^3 \cdot \exp(3,03 \frac{R-W}{H})$	1.463,8	121,5	314,4
NB 26	1,00	2,00	3,00	0,75	1,88	1,13	3,56	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	3.340,9	184,3	367,0
NB 7	0,95	1,85	2,80	0,70	1,75	1,05	3,29	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	2.826,9	162,0	494,2
NB 12	1,95	1,85	3,80	0,95	2,38	1,43	2,61	$4,41 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	253,5	84,1	117,6
NB 27	1,00	2,10	3,10	0,78	1,94	1,16	3,74	$4,16 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	3.936,4	202,6	647,5
NB 8	1,15	2,35	3,50	0,88	2,19	1,31	4,53	$3,80 \cdot HVH^3 \cdot \exp(2,89 \frac{R-W}{H})$	7.305,8	274,1	1.008,3

Bijlage 10<sup>c</sup>

TOEPASSING GEMETEN GOLFOVERSLAGFORMULES (FICTIEF) OP DE DYKVAKKEN IN ZEELAND,  
ZONDER MUUR EN BINNENTALUD STEILER DAN 1:1,5.

DJK- VAK	W (M)	R-W (M)	R (M)	$H_{\min} = \frac{2}{8}R$ (M)	$H_{\max} = \frac{5}{8}R$ (M)	$H = \frac{3}{8}R$ (M)	$H_{q_f=0} = \frac{2}{3}B(R-W)$	$q_f = A \cdot HVH^2 \cdot \exp(\beta \frac{R-W}{H})$	$q_f (H = \frac{2}{8}R)$ (L/MS)	$q_f (H = \frac{5}{8}R)$ (L/MS)	$q_f (H = \frac{3}{8}R)$ (L/MS)
ZB 29	2,22	0,22	2,44	0,61	1,53	0,92	0,31	$4,41 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	4,5	11,3	11,1
ZB 30	2,32	0,49	2,81	0,70	1,76	1,05	0,69	$4,41 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,12 \frac{R-W}{H})$	11,4	18,5	12,8
ZB 68	1,23	0,93	2,16	0,54	1,35	0,81	2,08	$3,57 \cdot HVH^2 \cdot \exp(3,35 \frac{R-W}{H})$	454,6	56,3	122,1
SD 21	0,71	0,14	0,85	0,21	0,53	0,32	0,25 (q=2,3)	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	4,2	3,3	2,4
SD 31	0,13	0,92	1,05	0,26	0,66	0,39	1,64	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	6.387,1	93,5	524,8
SD 49	0,54	0,36	0,90	0,22	0,56	0,34	0,64 (q=9,6)	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	31,8	9,7	14,0
SD 20	0,94	1,08	2,02	0,51	1,26	0,76	1,92	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	295,3	57,9	123,2
SD 50	0,35	0,50	0,85	0,21	0,53	0,32	0,89	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	215,6	19,9	49,2
SD 32	-0,02	1,32	1,30	0,33	0,81	0,49	2,35	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	39.494,9	232,8	1.942,0
SD 11	0,85	0,60	1,45	0,36	0,91	0,54	1,07	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	75,1	21,0	31,7
SD 59	1,35	1,58	2,93	0,73	1,83	1,10	2,81	$2,34 \cdot HVH^2 \cdot \exp(4,05 \frac{R-W}{H})$	9.082,6	191,0	910,8
T 70	0,52	0,19	0,71	0,18	0,44	0,27	0,34 (q=3,7)	$2,98 \cdot HVH^2 \cdot \exp(3,47 \frac{R-W}{H})$	5,4	2,2	3,8
T 71	0,48	0,14	0,62	0,16	0,39	0,23	0,25 (q=2,3)	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	2,8	2,6	2,3
T 11	1,35	0,10	1,45	0,36	0,91	0,54	0,27	$3,71 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,94 \frac{R-W}{H})$	1,6	3,2	2,0
T 49	1,25	0,11	1,36	0,34	0,85	0,51	0,25	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	1,8	3,7	2,3
T 40	-0,10	0,65	0,55	0,14	0,34	0,21	1,16	$4,16 \cdot HVH^2 \cdot \exp(2,67 \frac{R-W}{H})$	61.750,0	130,3	5.594,6

VERVOLG BIJLAGE 10<sup>c</sup>

DIJK- VAK	W (M)	R-W (M)	R (M)	$H_{\text{MIN}} = \frac{2}{8}R$ (M)	$H_{\text{MAX}} = \frac{5}{8}R$ (M)	$H = \frac{3}{8}R$ (M)	$H_{\frac{q}{F}} = \frac{2}{3}\beta(R-W)$ $q_{\frac{q}{F}}$	$q = A \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(\beta \frac{R-W}{H})$	$q_F (H = \frac{2}{8}R)$ (L/MS)	$q_F (H = \frac{5}{8}R)$ (L/MS)	$q_F (H = \frac{3}{8}R)$ (L/MS)
ZB 21	1,84	0,19	2,03	0,51	1,27	0,76	0,65 (q=6,2)	$2,68 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(5,10 \frac{R-W}{H})$	6,5	8,2	6,4
ZB 60	0,78	0,67	1,45	0,36	0,91	0,54	1,49	$8,48 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	866,1	74,0	205,6
ZB 66 <sup>A</sup>	1,70	0,25	1,95	0,49	1,22	0,73	0,85 (q=9,4)	$2,68 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(5,10 \frac{R-W}{H})$	12,5	10,3	9,6
ZB 69	1,66	0,27	1,93	0,48	1,21	0,72	0,92 (q=10,6)	$2,68 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(5,10 \frac{R-W}{H})$	15,6	11,1	11,1
SD 44	1,63	0,77	2,40	0,60	1,50	0,90	2,62	$2,68 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(5,10 \frac{R-W}{H})$	866,6	67,5	197,7
SD 17	1,83	0,47	2,30	0,58	1,44	0,86	1,60	$2,68 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(5,10 \frac{R-W}{H})$	67,7	24,3	34,5
SD 51	0,85	0,30	1,15	0,29	0,72	0,43	0,67 (q=20,7)	$8,48 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	42,1	20,7	24,4
SD 52	0,81	0,39	1,20	0,30	0,75	0,45	0,87	$8,48 \cdot H\sqrt{H} \cdot \exp(3,33 \frac{R-W}{H})$	105,7	31,1	45,9

BIJLAGE 10<sup>D</sup>

TOEPASSING GEMETEN GOLFOVERSLAGFORMULES (FIKTIEF) OP DE DIJKVAKKEN IN ZEELAND,  
MET MUUR EN BINNENTALUD STEILER DAN 1:1,5.

	q<10	10<q<50	50<q<100	100<q<500	500<q<1000	1000<q
Dijk zonder muur	ZB 29	ZB 30		ZB 68 ←		→ZB 68
	SD 2I	SD 49 ←		SD 49		→SD 49
				SD 20 ←		→SD 20
				SD 50 ←		→SD 50
				SD II ←		→SD II
				SD II ←		→SD II
	T 7I	T 70		T 4I ←		→T 4I
	T II			SP I5 ←		→SP I5
	T 49			SP I4 ←		→SP I4
	NB 49		SP I3 ←			→SP I3
		SP IO ←	→SP IO	NB I3 ←		→NB I3
		NB 4I			NB 2 ←	→NB 2
					NB 3 ←	→NB 3
					NB 26 ←	→NB 26
				NB 7 ←	→NB 7	
				NB I2 ←	→NB I2	
				NB 27 ←	→NB 27	
Dijk met muur	ZB 2I ZB 66 <sup>A</sup> ZB 69 SD 5I	ZB 60 ← SD 44 SD I7 SD 52		→ZB 60		
Totaal	10	9	5	11	16	17
Aantal door- braken	2	1	2	4	8	10
Kans op door- braak P	0,20	0,11	0,40	0,36	0,50	0,59

- q in l/ms.

- doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept.

- q<100 : P=3/18=0,17 .

- q>100 : P=12/20=0,60 .

- q>500 : P=10/15=0,67 .

- q>1000: P=8/12=0,67 .

Bijlage II Verdeling van de dijkvakken naar golfoverslag, met binnentalud steiler dan 1:1,5 en golfhoogte H variërend van R.2/8 tot R.5/8 .

	$q < 10$	$10 < q < 50$	$50 < q < 100$	$100 < q < 500$	$500 < q < 1000$	$1000 < q$
Dijk zonder muur	ZB 29 SD 2I T 7I T <u>II</u> T <u>49</u> NB 49	ZB 30 T 70 SP <u>IO</u> NB 4I	SD 49	ZB 68 SD <u>II</u> T <u>4I</u> SP 13 SP 15	SD <u>20</u> SD <u>50</u> SP 14	SD <u>3I</u> SD <u>32</u> SD 59 T <u>40</u> NB 13 NB <u>2</u> NB <u>3</u> NB 26 NB <u>7</u> NB <u>12</u> NB <u>27</u> NB 8
Dijk met muur	ZB 2I ZB66 <sup>A</sup> ZB 69 SD 5I	ZB 60 SD 44 SD 17 SD 52				
Totaal	10	8	1	5	3	12
Aantal door- braken	2	1	0	2	2	8
Kans op doorbraak = P	0,20	0,13	0	0,40	0,67	0,67

- q in l/ms.

- doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept.

-  $q < 100$  :  $P = 3/18 = 0,17$ .

-  $q > 100$  :  $P = 12/20 = 0,60$ .

-  $q > 500$  :  $P = 10/15 = 0,67$ .

-  $q > 1000$  :  $P = 8/12 = 0,67$ .

Bijlage I2 Verdeling van de dijkvakken naar golfoverslag, met binnentalud steiler dan 1:1,5 en golfhoogte  $H = R \cdot 3/8$ .

	$q < 10$	$10 < q < 50$	$50 < q < 100$	$100 < q < 500$	$500 < q < 1000$	$1000 < q$
Dijk zonder muur; toe- passing formules met muur	ZB 29	ZB 30 SD 49	ZB 68 ← → ZB 68 SD 20 ← → SD 20	ZB 68 SD 31 ← → SD 31 SD 20 SD 50		SD 31
	T 70			SD 59 ← → SD 59		SD 59
	T 71			T 40 ← → T 40		T 40
	T II	T 41 ← → T 41		T 41		
	T 49	SP 10 SP 13 ← → SP 13	SP 15 ← → SP 15	SP 15		
	NB 41		SP 14 ← → SP 14	SP 14		
	NB 49		NB 13 ← → NB 13	NB 13		
				NB 2 ← → NB 2		NB 2
				NB 3 ← → NB 3		NB 3
				NB 26 ← → NB 26		NB 26
				NB 7 ← → NB 7		NB 7
			NB 12 ← → NB 12	NB 12		
				NB 27 ← → NB 27		NB 27
				NB 8 ← → NB 8		NB 8
	Dijk met muur; formules zonder muur	ZB 21 ZB 66 <sup>A</sup>	SD 51 ZB 66 <sup>A</sup> ZB 69 SD 17 ← → SD 17 SD 52 ← → SD 52	ZB 60 ← → ZB 60 SD 44 ← → SD 44	ZB 60 SD 44	
Totaal	9	12	14	20	12	10
Aantal door- braken	2	4	5	11	7	7
Kans op door- braak P	0,22	0,33	0,36	0,55	0,58	0,70

- $q$  in l/ms. - doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept.
- $q < 100$  :  $P = 11/35 = 0,31$ . -  $q > 100$  :  $P = 25/42 = 0,60$ .
- $q > 500$  :  $P = 14/22 = 0,64$ . -  $q > 1000$  :  $P = 7/10 = 0,70$ .

Bijlage I3 Verdeling van de dijkvakken naar fictieve golfoverslag,  
met binnentalud steiler dan 1:1,5 en golfhoogte H  
varierend van R.2/8 tot R.5/8



	$q < 10$	$10 < q < 50$	$50 < q < 100$	$100 < q < 500$	$500 < q < 1000$	$1000 < q$
Dijk zonder muur;  toepassing formules met muur.	ZB 29 T 70 T 7I T <u>II</u> T <u>49</u> NB 4I NB 49	ZB 30 SD 49 SD <u>50</u> SD <u>II</u> SP <u>IO</u> SP I3	T <u>4I</u> SP I5 NB I3	ZB 68 SD <u>20</u> SP I4 NB <u>3</u> NB 26 NB <u>7</u> NB <u>12</u>	SD <u>3I</u> SD 59 NB <u>2</u> NB <u>27</u>	SD <u>32</u> T <u>40</u> NB 8
Dijk met muur; formules zonder muur	ZB 2I ZB 66 <sup>A</sup>	ZB 69 SD I7 SD 5I SD 52		ZB 60 SD 44		
Totaal	9	10	3	9	4	3
Aantal doorbraken	2	3	I	4	3	2
Kans op doorbraak = P	0,22	0,30	0,33	0,44	0,75	0,67

- $q$  in l/ms.
- Doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept.
- $q < 100$  :  $P = 6/22 = 0,27$  .
- $q > 100$  :  $P = 9/16 = 0,56$  .
- $q > 500$  :  $P = 5/7 = 0,71$  .
- $q > 1000$  :  $P = 2/3 = 0,67$  .

Bijlage I4 Verdeling van de dijkvakken naar fictieve golfoverslag,  
met binnentalud steiler dan I:I,5 en golfhoogte  $H = R.3/8$ .

	q<10	10<q<50	50<q<100	100<q<500	500<q<1000	1000<q
Dijk zonder muur	ZB 29 SD 2I T 7I T <u>II</u> T <u>49</u> NB 49	ZB 30 T 70 SP <u>IO</u> NB 4I SD 49		ZB 68 SD <u>II</u> T <u>4I</u> SP I3 SD <u>50</u>	SP I5 SP I4	SD 32 SD <u>20</u> SD <u>3I</u> T <u>40</u> NB I3 NB <u>2</u> NB <u>3</u> NB 26 NB <u>7</u> NB <u>I2</u> NB <u>27</u> NB 8 SD 59
Dijk met muur	ZB 2I ZB 66 <sup>A</sup> ZB 69 SD 5I	ZB 60 SD 44 SD I7 SD 52				
Totaal	10	9	-	5	2	13
Aantal door- braken	2	I	-	3	-	9
Kans op door- braak P	0,20	0,II	-	0,60	0	0,69

- q in l/ms.

- doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept.

- q<10 : P=2/10=0,20.

- q<50 : P=3/19=0,16.

- q<100 : P=3/19=0,16.

- q>100 : P=12/20=0,60.

- q>500 : P=9/15=0,60.

- q>1000 : P=9/13=0,69.

Bijlage I5 Verdeling van de dijkvakken naar golfoverslag, met binnentalud steiler dan 1:1,5 en golfhoogte  $H=R/(8 \cdot \text{tg} \alpha)$ .

	q<10	10<q<50	50<q<100	100<q<500	500<q<1000	1000<q
Dijk zonder muur; toepassing formules met muur.	ZB 29 T 70 T 7I T 49 T II NB 4I NB 49 SD 2I	ZB 30 SD 49 SD 50 SP 10 SD II SP I3	T 4I	SP I5 NB I3 ZB 68 SD 20 SP I4 NB I2	NB 3 NB 26 NB 27	NB 7 SD 3I SD 59 NB 2 SD 32 T 40 NB 8
Dijk met muur; formules zonder muur.	ZB66 <sup>A</sup> ZB 2I	ZB 69 SD 5I SD 52	SD I7	ZB 60 SD 44		
Totaal	10	9	2	8	3	7
Aantal doorbraken	2	3	1	2	2	5
Kans op doorbraak = P	0,20	0,33	0,50	0,25	0,67	0,71

- q in l/ms.

- doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept.

- q<10 : P=2/10=0,20 .      - q<50 : P=5/19=0,26 .

- q<100 : P=6/21=0,29 .      - q>100 : P=9/18=0,50 .

- q>500 : P=7/10=0,70 .      - q>1000 : P=5/7=0,71 .

. Bijlage I6 Verdeling van de dijkvakken naar fictieve golfoverslag,  
met binnentalud steiler dan 1:1,5 en golfhoogte  
 $H=R/(8 \cdot \text{tg} \alpha)$ .

	$q < 10$	$10 < q < 50$	$50 < q < 100$	$100 < q < 500$	$500 < q < 1000$	$1000 < q$
Dijk zonder muur	(T 70) ← T 70 (NB 4I) ← NB 4I	(SD 50) ← SD 50 (SD II) ← SD II (SP I3) ← SP I3	(T 4I) ← T 4I	(SP I5) ← SP I5 (SP I4) ← SP I4 (NB I3) ← NB I3 (SD 20) ← SD 20 (NB I2) ← NB I2	(NB 3) ← NB 3 (NB 26) ← NB 26 (NB 27) ← NB 27	
Dijk met muur	ZB 69 → (ZB 69) SD 5I → (SD 5I)	SD I7 → (SD I7) ZB 60 → (ZB 60) SD 44 → (SD 44)				

- $q$  in 1/ms .
- doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept .
- golfoverslag voor dijkvakken tussen haakjes is berekend met de fictieve golfoverslagformule, d.w.z. :  
De golfoverslag voor een dijk met muur is berekend met de golfoverslagformule, geldend voor een dijk zonder muur, en andersom.

Dijk- VAK	$\cot \alpha$ , BUITEN- TALUD	H (M)	q (l/s)	$\cot \alpha'$ , BINNEN- TALUD	$d_g = \frac{0,2}{\sin \alpha'}$ (M)	$d = \sqrt[3]{\frac{q^2}{100 \cdot \cot \alpha'}}$ (M)	$D_g = 0,5(d_g - d)$ (M)	$D = \frac{D_g}{1 - 0,58(1 - 0,5(1 - 0,36 \cot \alpha'))}$	Y	$t = \frac{0,05}{60 \cdot 10^6} (D - 0,5 \cot \alpha) Y$ (MIN.)
ZB 29	4,4	1,34	9,6	1,5	0,361	0,011	0,175	0,273	10,4	478
ZB 30	4,4	1,55	25,9	1,5	0,361	0,021	0,170	0,265	3,9	170
ZB 68	2,9	0,78	389,0	1,5	0,361	0,131	0,115	0,180	1	21,9
SD 21	3,2	0,34	6,6	1,4	0,344	0,008	0,168	0,264	15,2	660
SD 31	2,2	0,29	51,2	1,4	0,344	0,033	0,311	0,489	2,0	247
SD 49	3,3	0,37	49,0	1,5	0,361	0,033	0,328	0,513	2,0	267
SD 20	2,3	0,58	1.847	1,5	0,361	0,371	-0,005	—	1	—
SD 50	3,3	0,35	204	1,5	0,361	0,085	0,138	0,215	1	30,1
SD 32	1,7	0,28	(8.10 <sup>6</sup> )	1,5	0,361	(9864)	—	—	1	—
SD 11	2,5	0,45	217	1,5	0,361	0,019	0,171	0,267	1	44,2
SD 59	2,1	0,77	(8.10 <sup>4</sup> )	1,5	0,361	(98,6)	—	—	1	—
T 70	2,2	0,20	17,9	1,5	0,361	0,017	0,172	0,269	5,6	251
T 71	2,2	0,17	9,2	1,5	0,361	0,011	0,175	0,273	10,9	501
T 11	3,2	0,58	3,6	1,5	0,361	0,006	0,178	0,278	27,8	1319
T 49	2,8	0,48	4,5	1,1	0,297	0,006	0,146	0,237	22,2	796

BIJLAGE 18<sup>A</sup> BEPALING TIJDSDUUR VOOR HET BEREIKEN VAN DE KRITIEKE DIEPTE DOOR DE GRONDWATERSTROMING, VOOR DYKVAKKEN ZONDER MUUR.

Dijk- VAK	$\cot \alpha$ , BUITEN- TALUD	H (M)	q (l/s)	$\cot \alpha'$ , BINNEN- TALUD	$d_g = \frac{0,2}{\sin \alpha'} (M)$	$d = \sqrt[3]{\frac{q^2}{100 \cdot \cot \alpha'}} (M)$	$D_g = 0,5(d_g - d) (M)$	$D = \frac{D_g}{1 - 0,5(1 - 0,36 \frac{d}{d_g})}$	Y	$t = \frac{0,05}{60 \cdot 10^6} (D - 0,5 \frac{D_g}{d_g} D) \cdot Y (MIN)$
T 40	2,0	0,14	(2.10 <sup>6</sup> )	1,0	0,283	(3420)	—	—	1	—
T 41	3,0	0,33	239	1,5	0,361	0,095	0,133	0,208	1	28,4
SP 10	3,4	0,62	38	1,4	0,344	0,027	0,0	0,250	2,6	102,4
SP 13	3,2	0,64	157	1,5	0,361	0,072	0,144	0,225	1	32,7
SP 15	2,8	0,71	527	1,5	0,361	0,161	0,100	0,156	1	16,8
SP 14	2,8	0,69	850	1,5	0,361	0,221	0,070	0,109	1	8,7
NB 41	2,3	0,22	38	1,5	0,361	0,028	0,167	0,261	2,6	110
NB 49	2,3	0,14	4,8	1,5	0,361	0,007	0,177	0,276	20,8	976
NB 13	2,5	1,08	4540	1,4	0,344	(0,661)	—	—	1	—
NB 2	2,4	0,35	(1,3.10 <sup>4</sup> )	1,4	0,344	(1,333)	—	—	1	—
NB 3	2,4	0,96	(2,5.10 <sup>4</sup> )	1,4	0,344	(2,061)	—	—	1	—
NB 26	2,5	0,94	(9.114)	1,5	0,361	(1,076)	—	—	1	—
NB 7	1,7	0,60	(2.10 <sup>4</sup> )	1,4	0,344	(1,776)	—	—	1	—
NB 12	2,5	1,19	(9.656)	1,4	0,344	(1,093)	—	—	1	—
NB 27	3,0	1,16	(4415)	1,3	0,328	(0,633)	—	—	1	—
NB 8	1,7	0,34	(4.10 <sup>5</sup> )	1,5	0,361	(13,389)	—	—	1	—

VERVOLG BIJLAGE 18<sup>A</sup>

Dijk- VAK	$\cot \alpha$ , BUITEN- TALUD	H (M)	q (l/MS)	$\cot \alpha'$ , BINNEN- TALUD	$d_g = \frac{0,2}{\sin \alpha'} \text{ (M)}$	$d = \sqrt[3]{\frac{q^2}{100 \cdot \cot \alpha'} \text{ (M)}}$	$D_g = 0,5(d_g - d) \text{ (M)}$	$D = \frac{D_g}{1 - 0,5(1 - 0,367 \cot \alpha) \text{ (M)}}$	Y	$t = \frac{0,05}{60 \cdot 10^6} (D - 0,5 \cot \alpha' + 1) \cdot Y \text{ (MIN)}$
ZB 21	3,0	0,76	4,7	1,3	0,328	0,007	0,161	0,256	21,3	875
ZB 60	3,0	0,54	45	1,4	0,344	0,030	0,157	0,247	2,2	85
ZB 66A	3,3	0,80	5,7	1,5	0,361	0,008	0,177	0,276	17,5	821
ZB 69	2,9	0,70	5,5	1,5	0,361	0,008	0,177	0,276	18,2	854
SD 44	3,7	1,11	21,1	1,5	0,361	0,019	0,171	0,267	4,7	208
SD 17	2,2	0,63	10	1,5	0,361	0,011	0,175	0,273	10,0	459
SD 51	3,3	0,47	7,4	1,5	0,361	0,009	0,176	0,275	13,5	629
SD 52	2,9	0,43	13,3	1,5	0,361	0,014	0,174	0,272	7,5	343

BIJLAGE 18<sup>B</sup> BEPALING TIJDSDUUR VOOR HET BEREIKEN VAN DE KRITIEKE DIEPTE DOOR DE GRONDWATERSTROMING, VOOR DIJKVAKKEN MET MUUR.

Dijk- vak	$\cot \alpha$ , BUITEN- TALUD	H (M)	q (l/s)	$\cot \alpha'$ , BINNEN- TALUD	$d_g = \frac{0,2}{\sin \alpha'} \text{ (M)}$	$d = \sqrt[3]{\frac{q^2}{100 \cdot \cot \alpha'} \text{ (M)}}$	$D_g = 0,5(d_g - d) \text{ (M)}$	$D = \frac{D_g}{1 - 0,58(1 - 0,5(1 - 0,36 \cot \alpha'))} \text{ (M)}$	Y	$t = \frac{0,05}{60 \cdot 10^3} (D - 0,5 \cot \alpha (2D + 1)) \cdot Y \text{ (MIN)}$
ZB 21	3,0	0,76	6,4	1,3	0,328	0,009	0,159	0,254	15,6	632
ZB 60	3,0	0,54	205,6	1,4	0,344	0,084	0,130	0,205	1	277
ZB 66 <sup>A</sup>	3,3	0,80	9,4	1,5	0,361	0,011	0,175	0,273	10,6	487
ZB 69	2,9	0,70	11,2	1,5	0,361	0,012	0,175	0,272	8,9	407
SD 44	3,7	1,11	108	1,5	0,361	0,056	0,153	0,238	1	36
SD 17	2,2	0,63	60	1,5	0,361	0,038	0,161	0,252	1,7	68
SD 51	3,3	0,47	22,9	1,5	0,361	0,020	0,171	0,266	4,4	193
SD 52	2,9	0,43	49	1,5	0,361	0,033	0,164	0,256	2,0	82

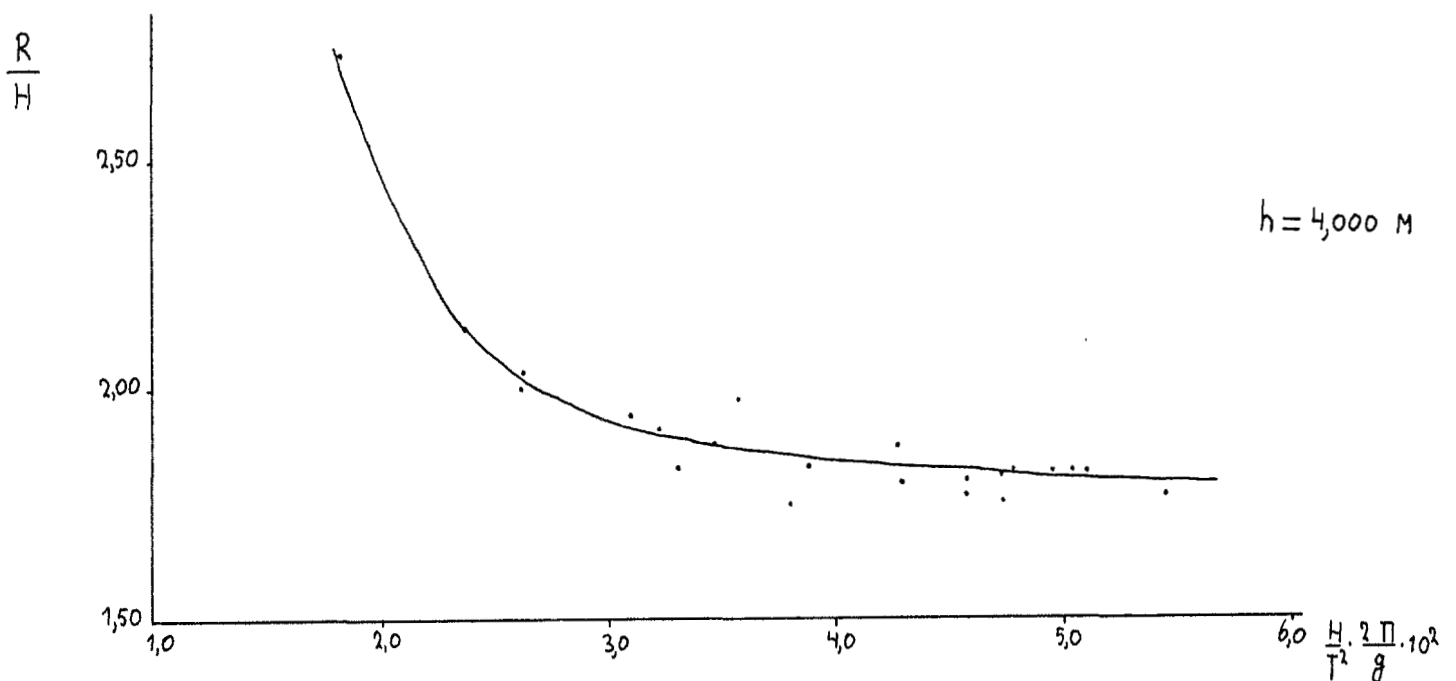
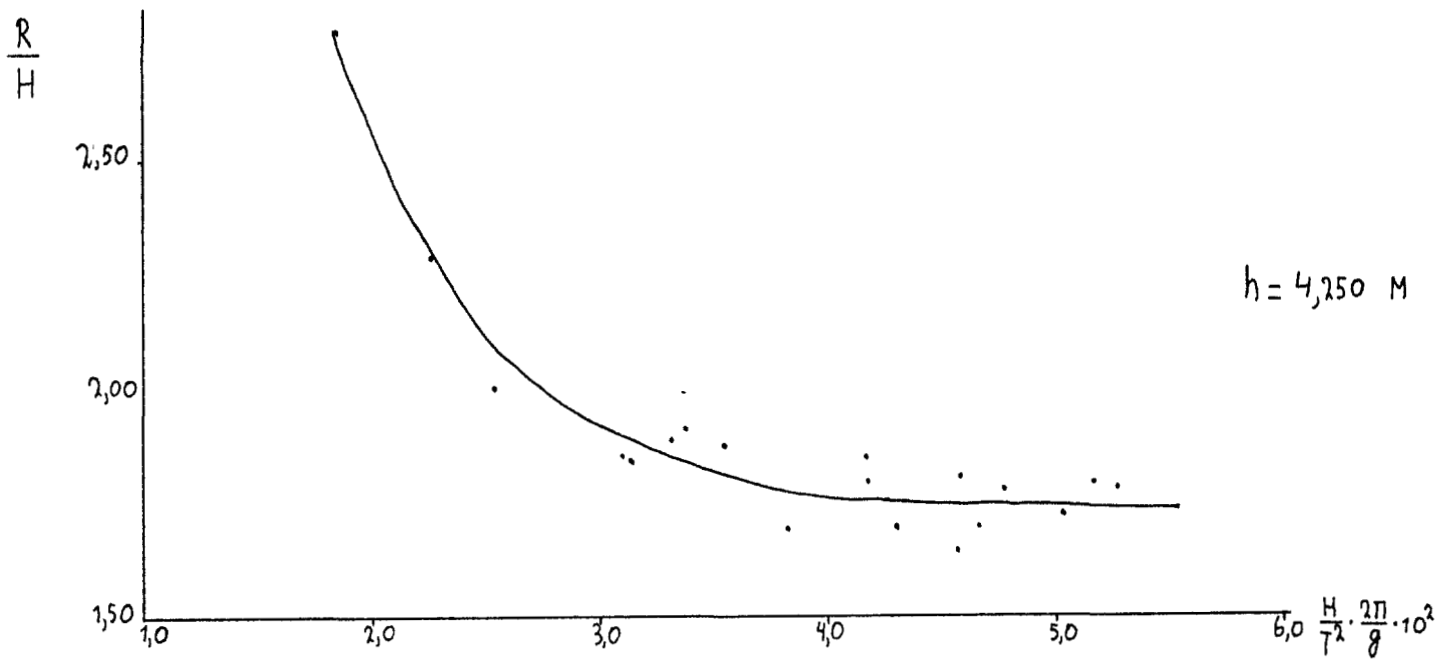
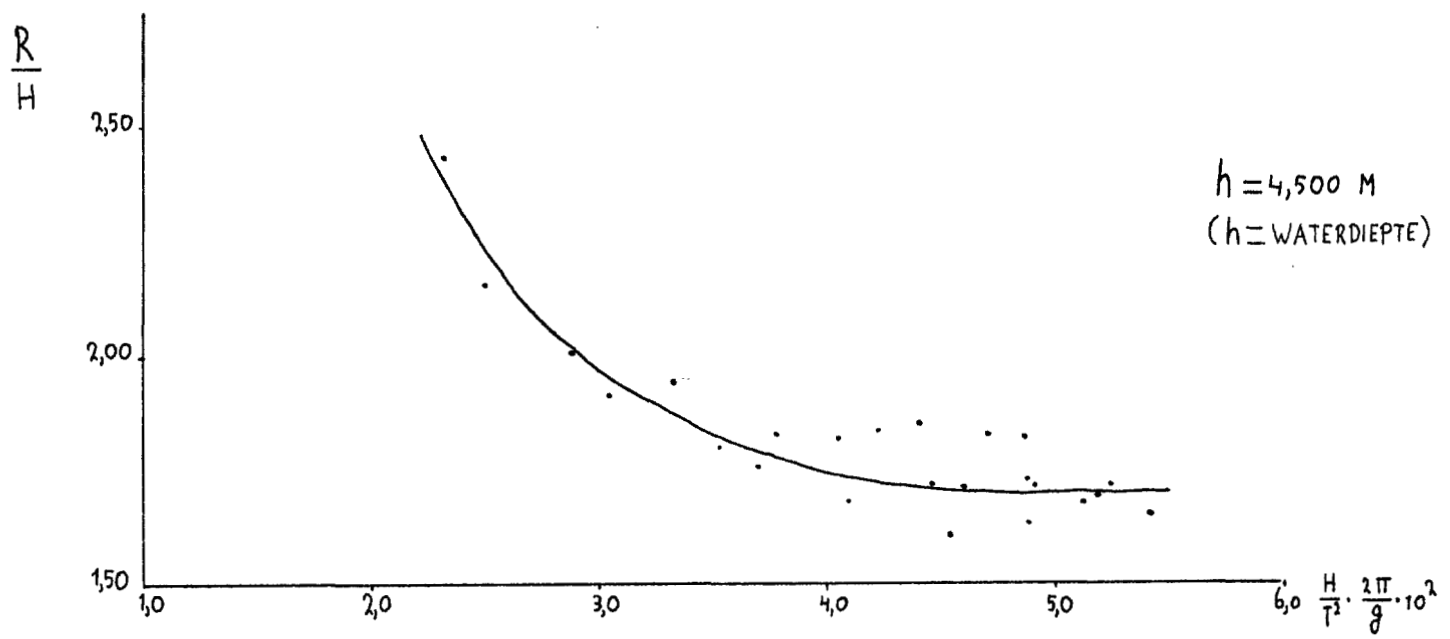
Bijlage 18<sup>c</sup> BEPALING TIJDSDUUR VOOR HET BEREIKEN VAN DE KRITIEKE DIEPTE DOOR DE GRONDWATERSTROMING,  
 VOOR DIJKVAKKEN MET MUUR M.B.V. DE FICTIEVE GOLF OVERSLAGFORMULES.



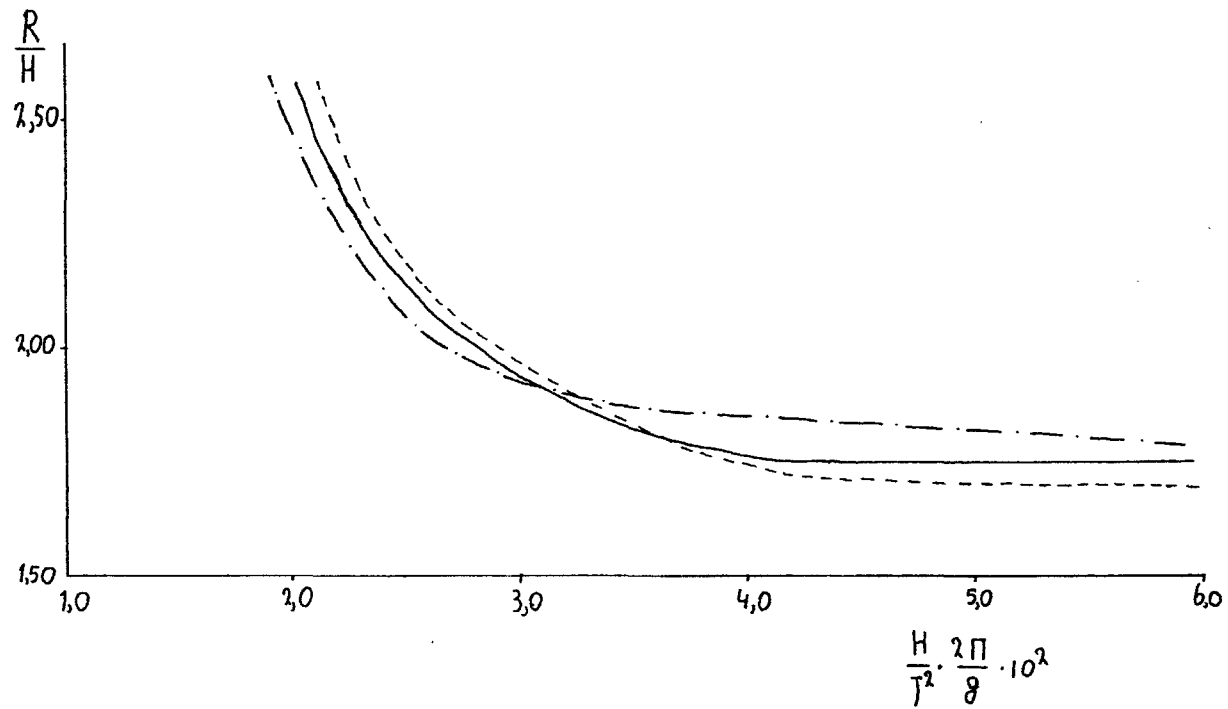
	t < 20	20 < t < 60	60 < t < 120	120 < t < 240	240 < t < 480	480 < t < 960	960 < t
Dijk zonder muur	SD <u>20</u>	ZB 68	SP <u>10</u>	ZB 30	ZB 29	SD 2I	T <u>11</u>
	SD <u>32</u>	SD <u>50</u>	NB 4I		SD <u>31</u>	T 7I	NB 49
	SD 59	SD <u>11</u>			SD 49	T <u>49</u>	
	T <u>40</u>	T <u>41</u>			T 70		
	SP 15	SP 13					
	SP 14						
	NB 13						
	NB <u>2</u>						
	NB <u>3</u>						
	NB 26						
	NB <u>7</u>						
	NB <u>12</u>						
	NB <u>27</u>						
	NB 8						
Dijk met muur		(ZB 60) ← ZB 60					
		(SD 44) ← SD 44					
			(SD 17) ← SD 17				
			(SD 52) ← SD 52				
					(ZB 69) ← ZB 69	ZB 2I	ZB 66 <sup>A</sup>
			(SD 51) ← SD 51				
Totaal	I4	5	3	2	6	7	2
Aantal door- braken	8	3	I	-	I	I	I
Kans op door braak	0,57	0,60	0,33	0	0,17	0,14	0,50

- t in min.
- doorgebroken dijkvakken zijn onderstreept.
- golfoverslag voor dijkvakken tussen haakjes is berekend met de fictieve golfoverslagformules.

Bijlage I9 Verdeling van de beschouwde dijkvakken naar benodigde tijdsduur voor het optreden van eventuele grondafschuivingen.

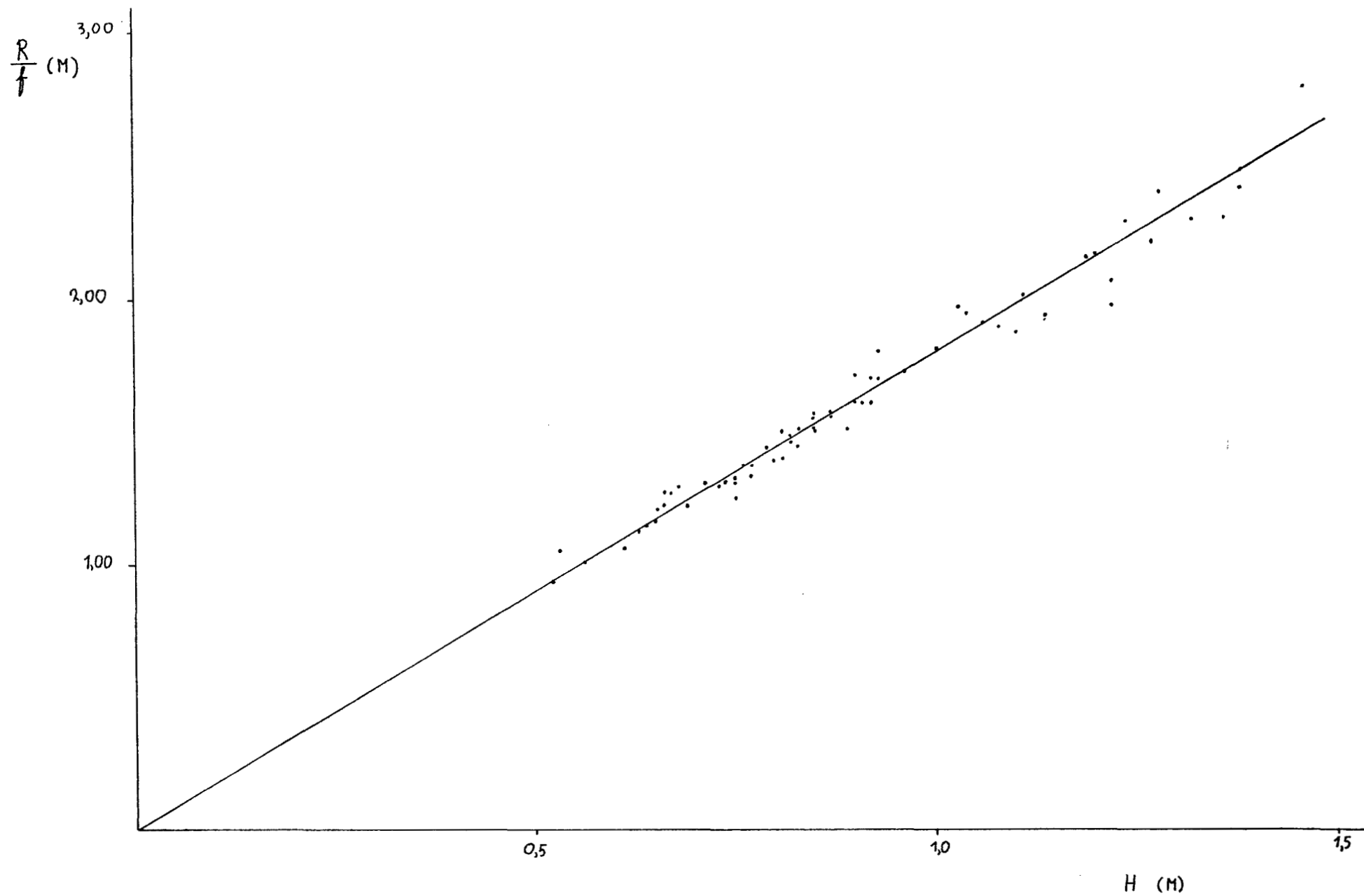


GRAFIEK 1 VERBAND TUSSEN GOLFOPLOOP, GEDEELD DOOR  
GOLFHOOGTE, EN GOLFSTEILHEID

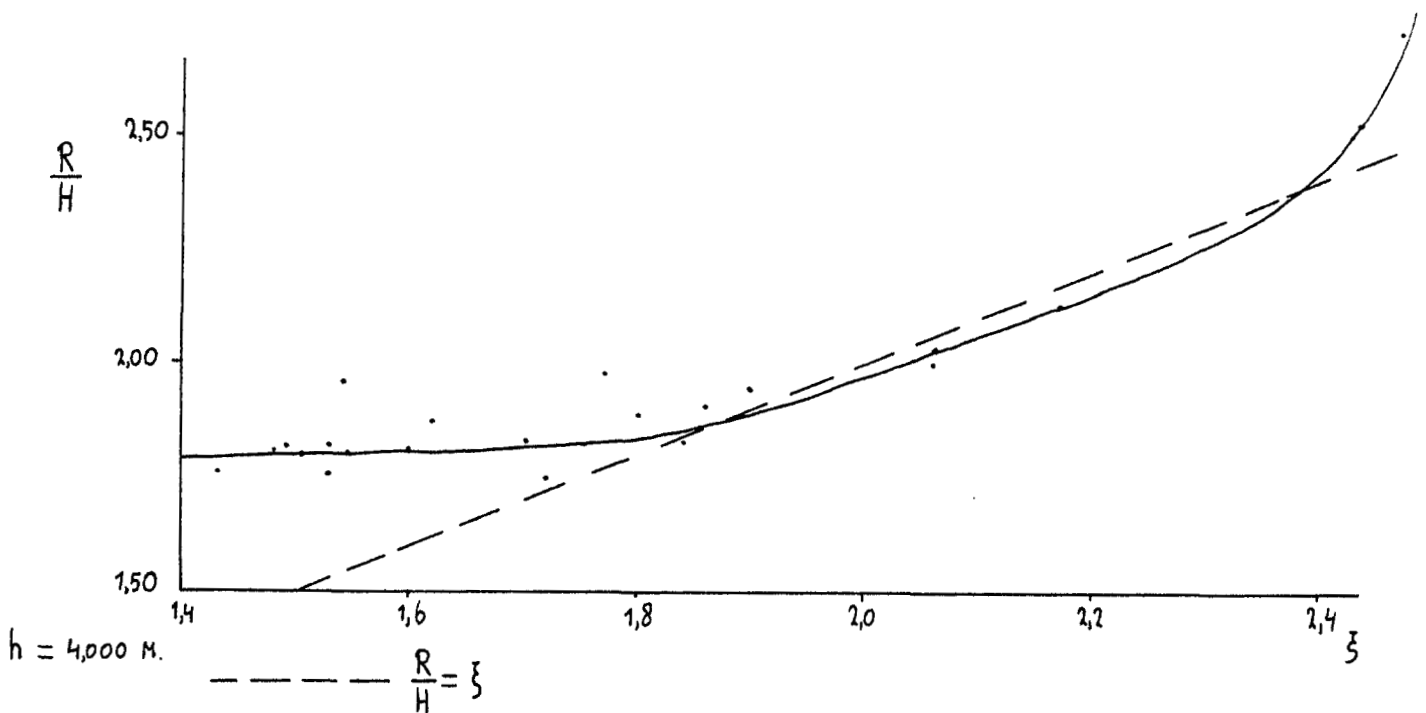
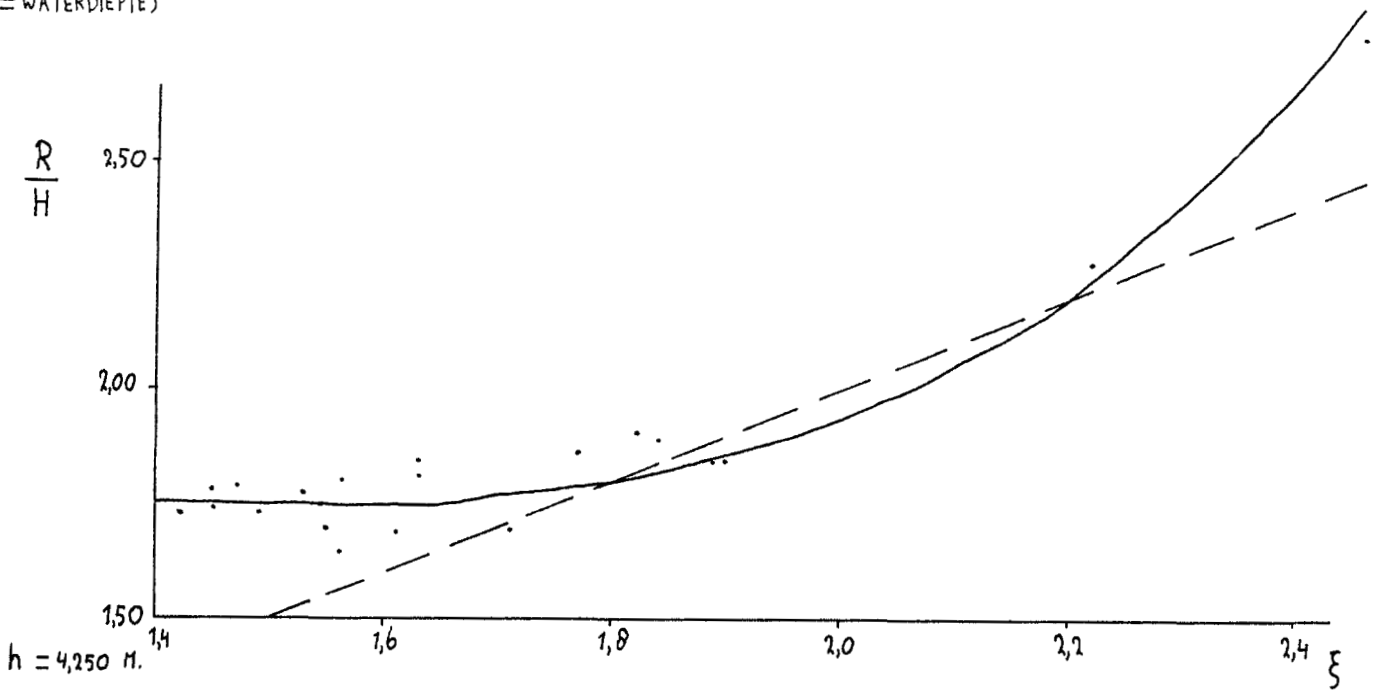
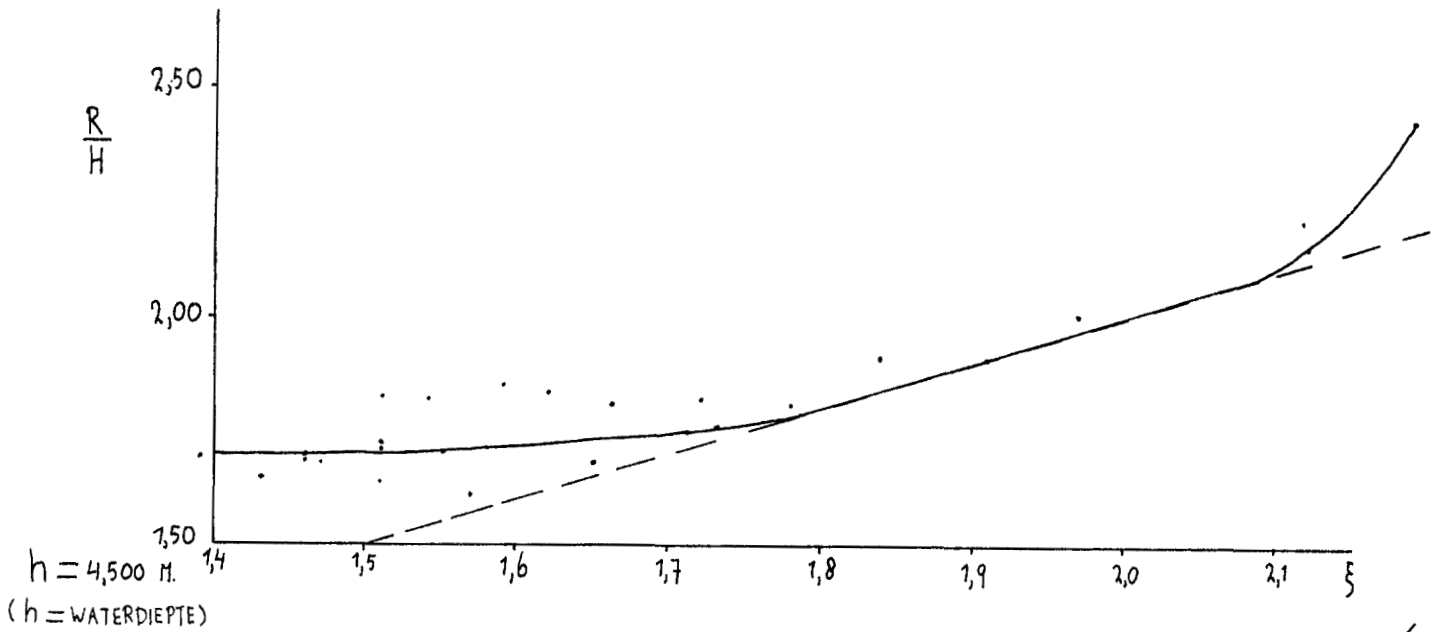


-----  $h = 4,500$  M.  
 \_\_\_\_\_  $h = 4,250$  M.  
 - . - . - .  $h = 4,000$  M.

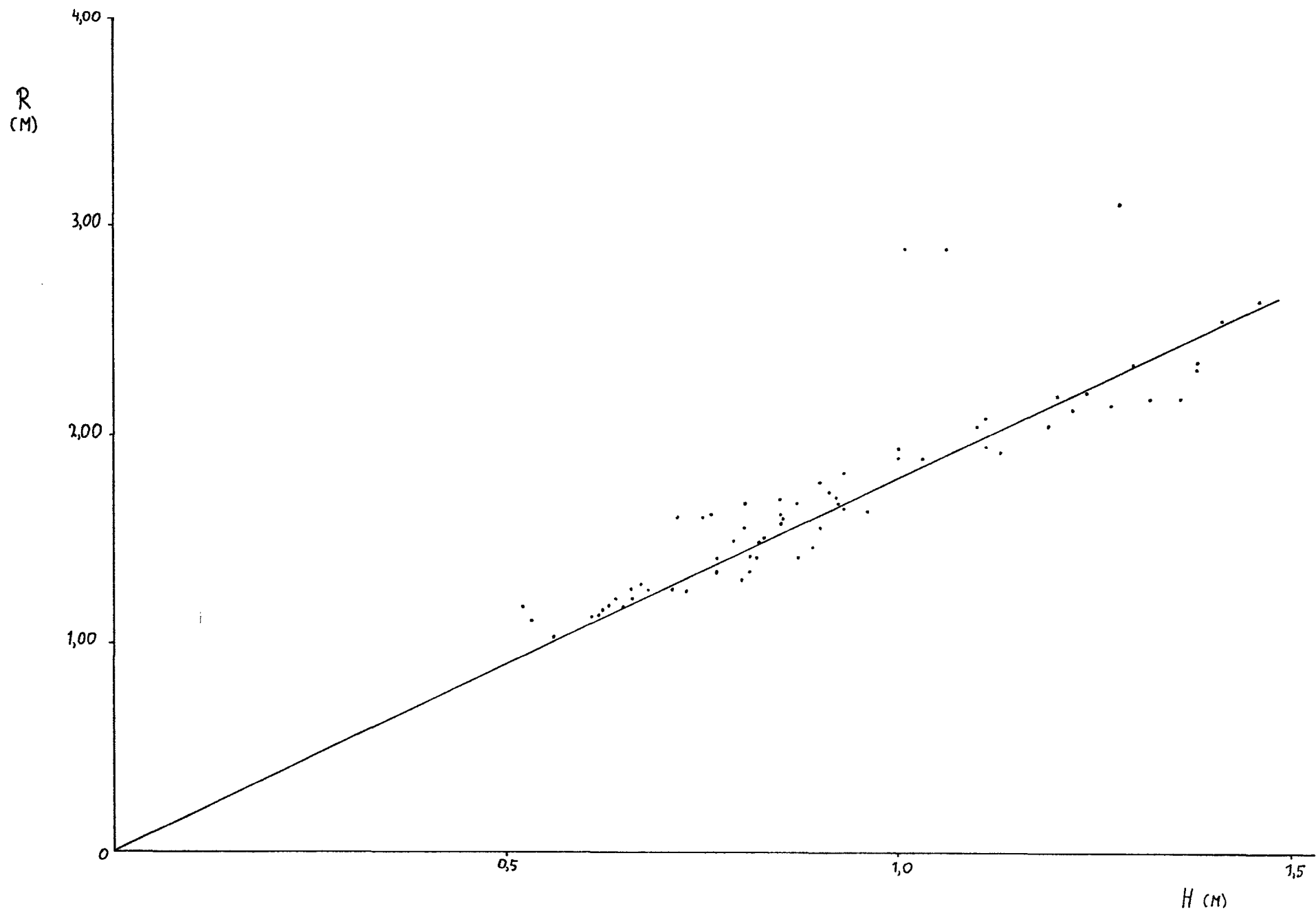
GRAFIEK 2 VERGELIJKING VAN DE VERBANDEN TUSSEN GOLFOFLOOP, GEDEELD DOOR GOLFHOOGTE, EN  
 GOLFSTEILHEID, BEHOOREND BIJ 3 VERSCHILLENDE WATERDIEPTEN



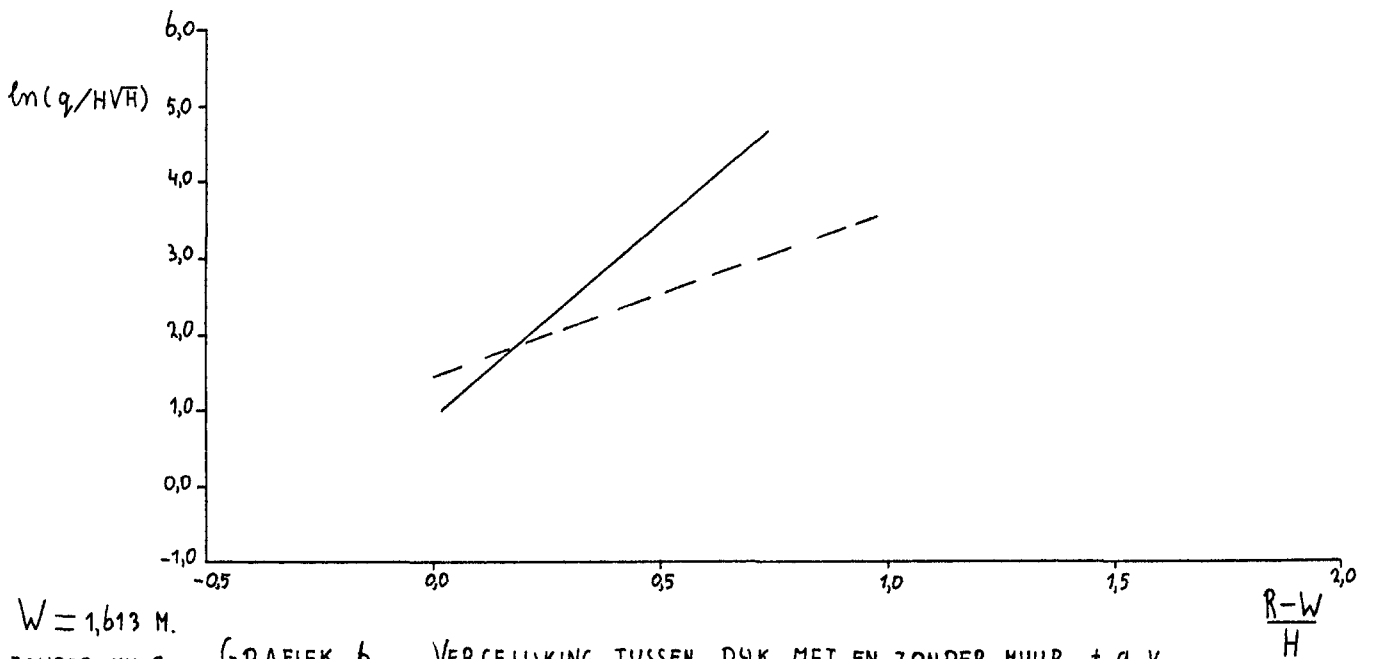
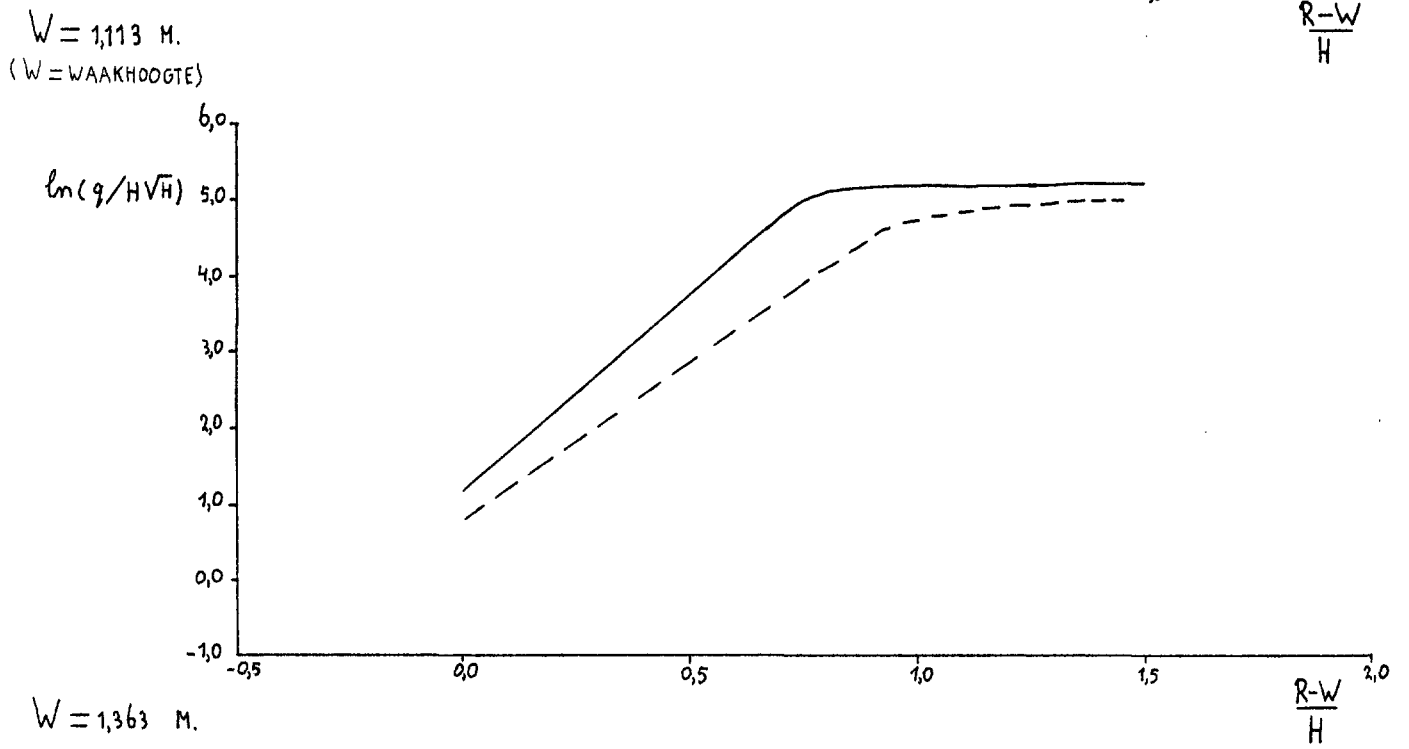
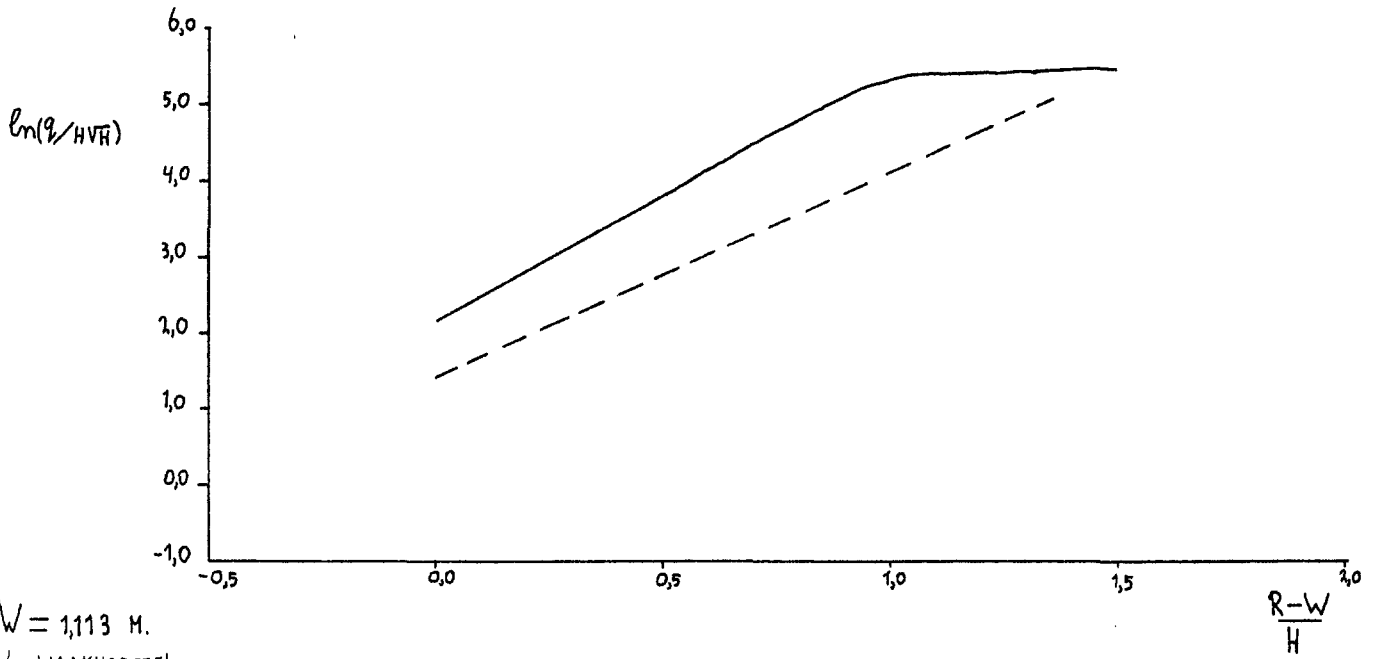
GRAFIEK 3 VERBAND TUSSEN GOLFOLOOP EN GOLFHOOGTE, BY GEGEVEN KORREKTIE VOOR DE GOLFSTEILHEID



GRAFIEK 4 VERBAND TUSSEN GOLFOLOOP, GEDEELD DOOR GOLFHOOGTE, EN DE  $\xi$ -PARAMETER



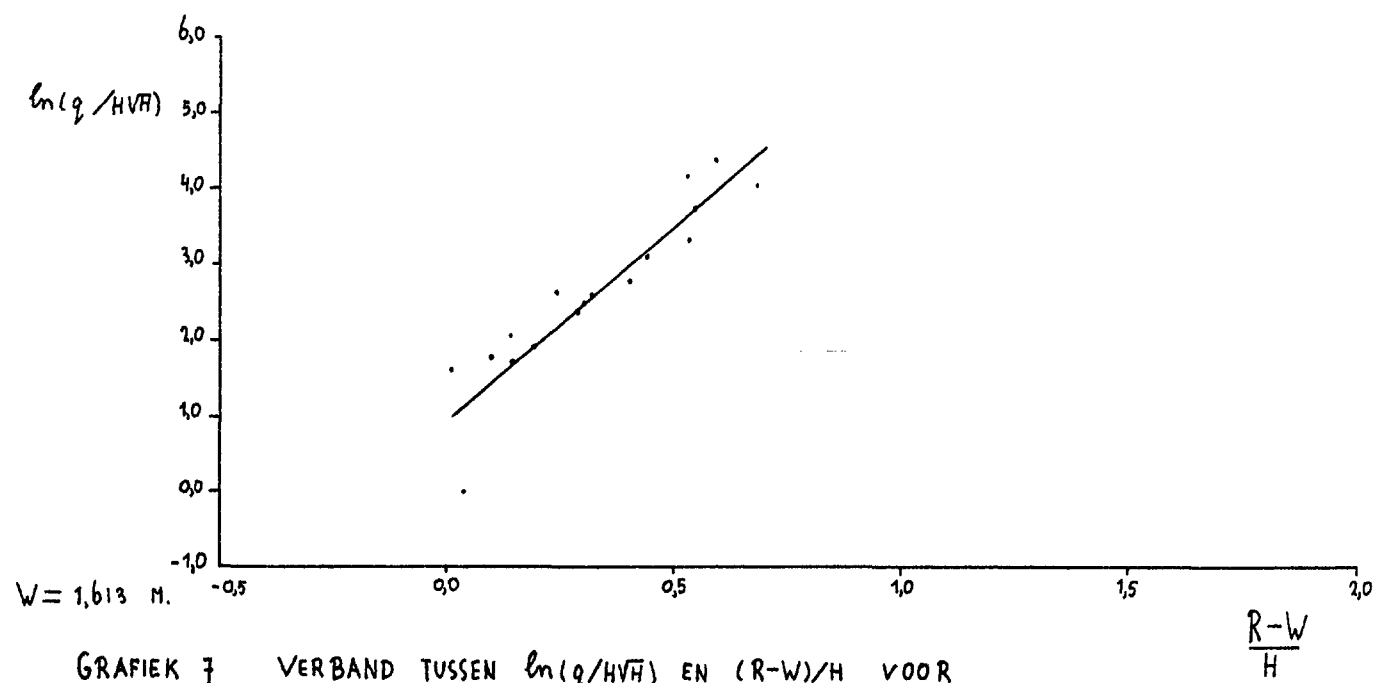
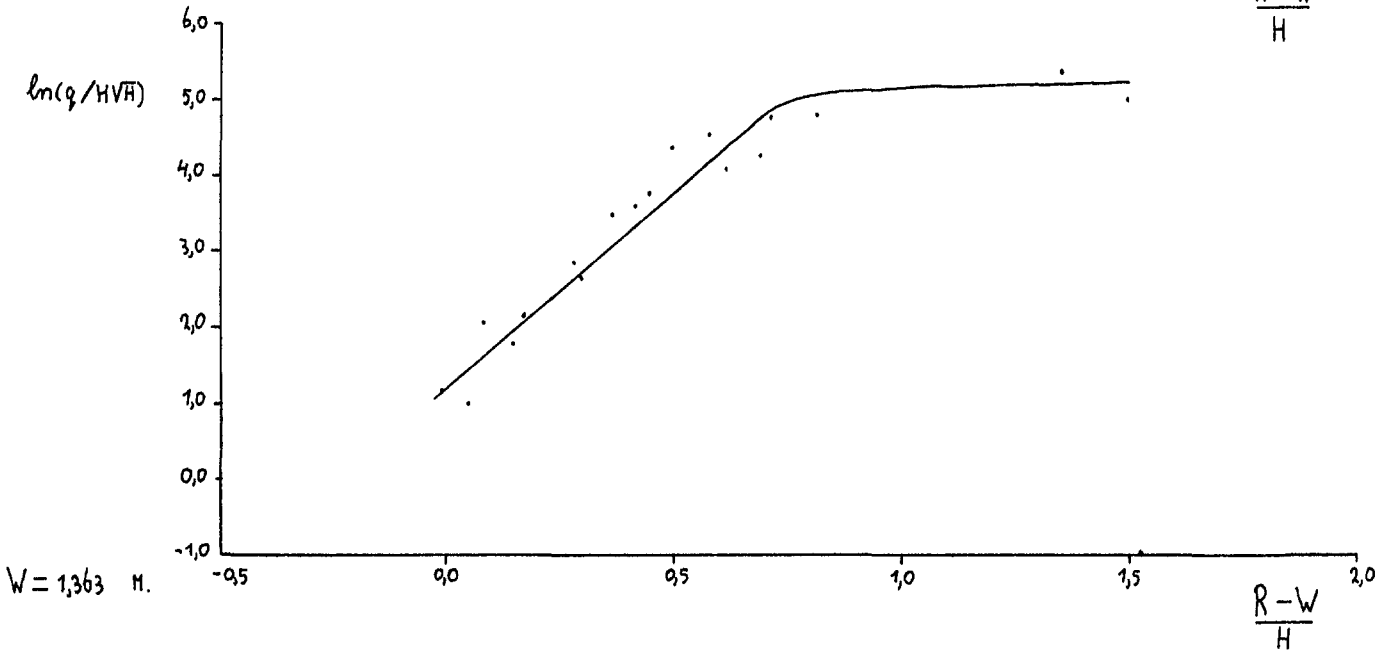
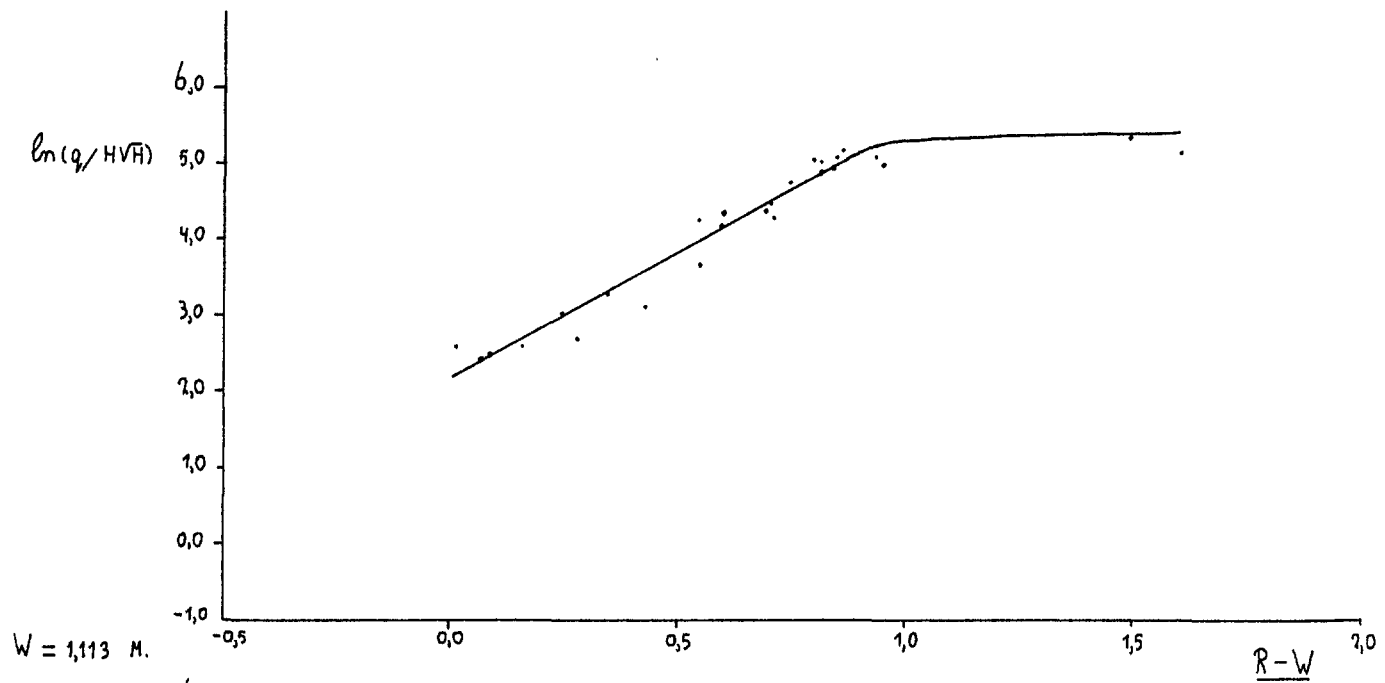
GRAFIEK 5 VERBAND TUSSEN GOLFOPLOOP EN GOLFHOOGTE



— ZONDER MUUR  
- - - MET MUUR

GRAFIEK 6

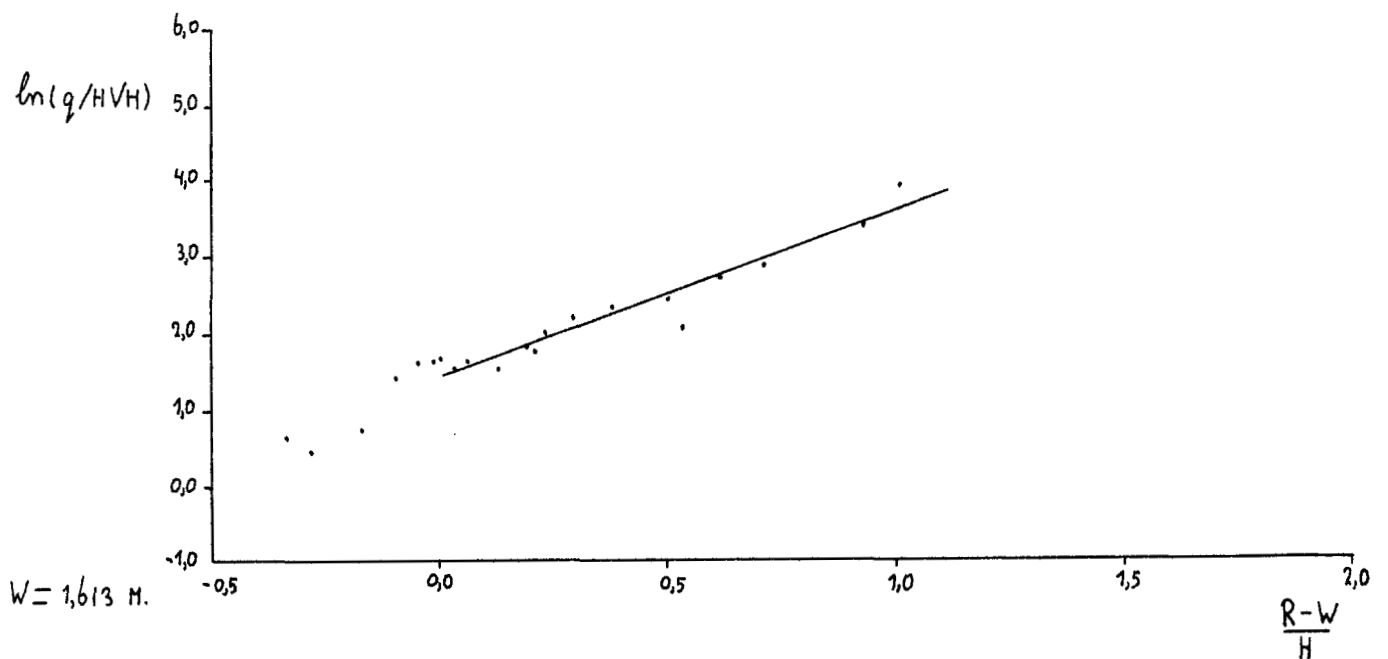
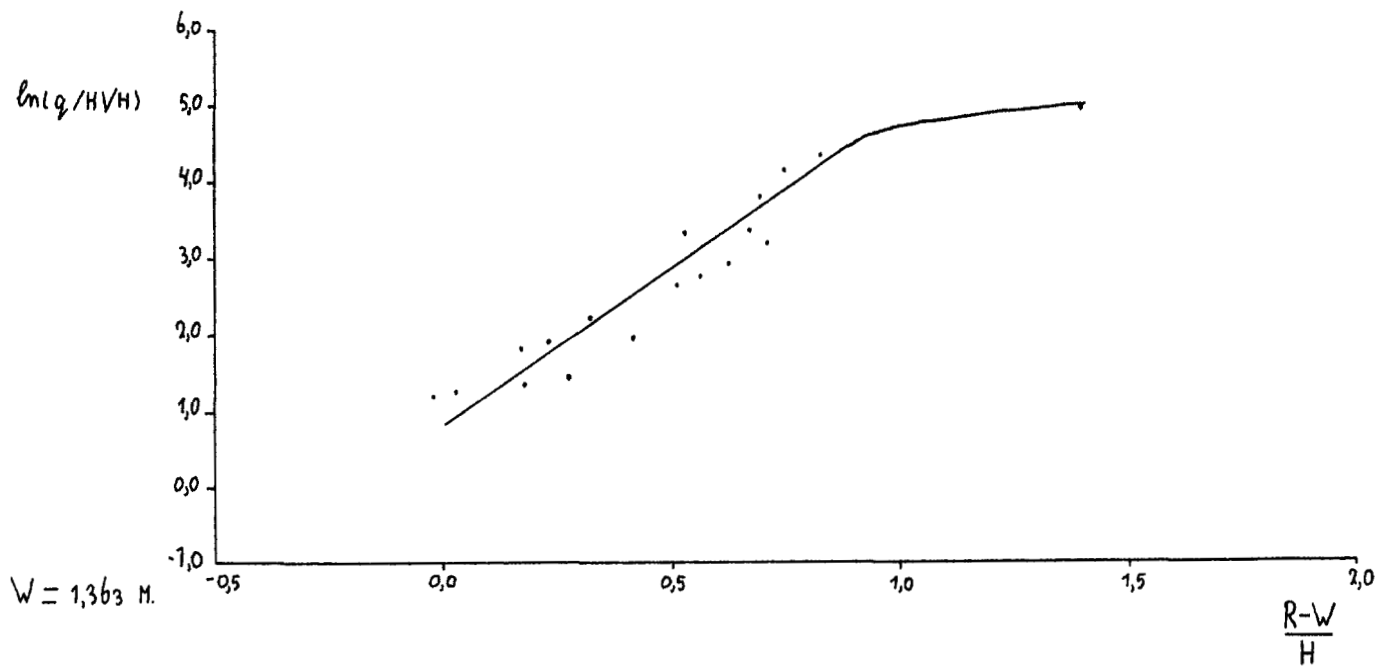
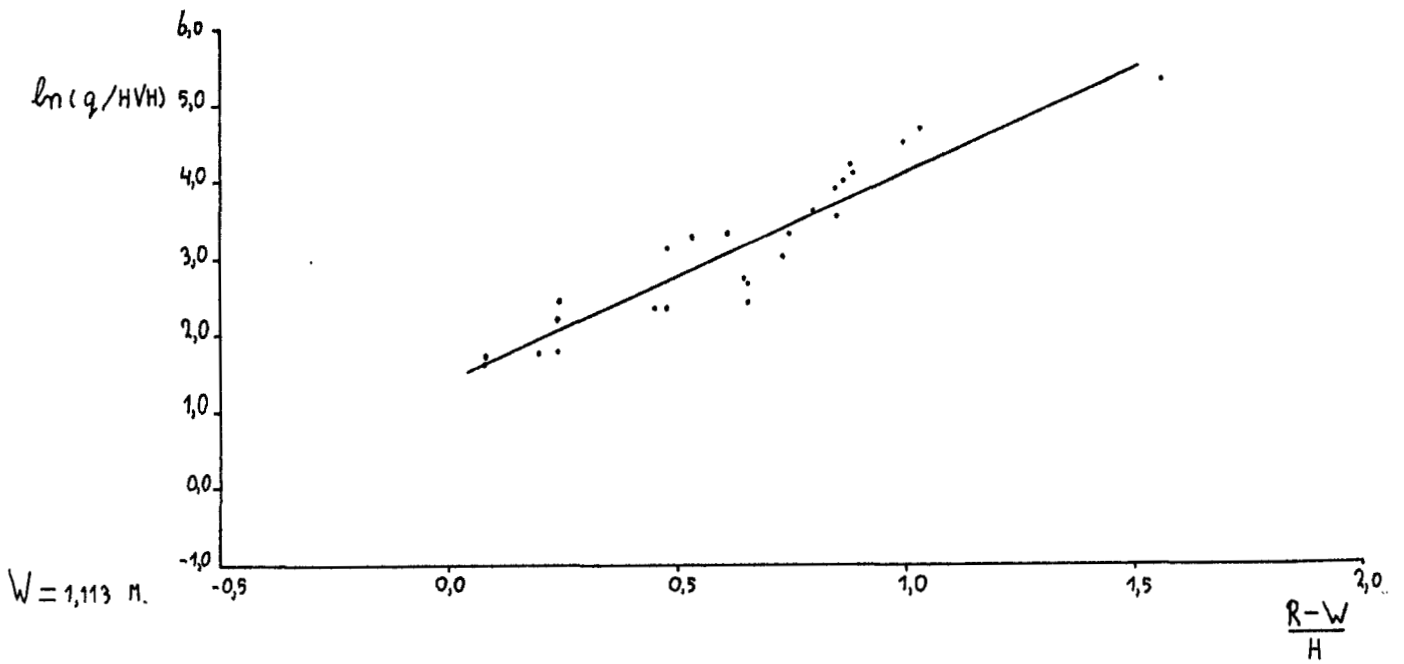
VERGELYKING TUSSEN DYK MET EN ZONDER MUUR t.a.v.  
HET VERBAND TUSSEN  $\ln(q/HVH)$  EN  $(R-W)/H$



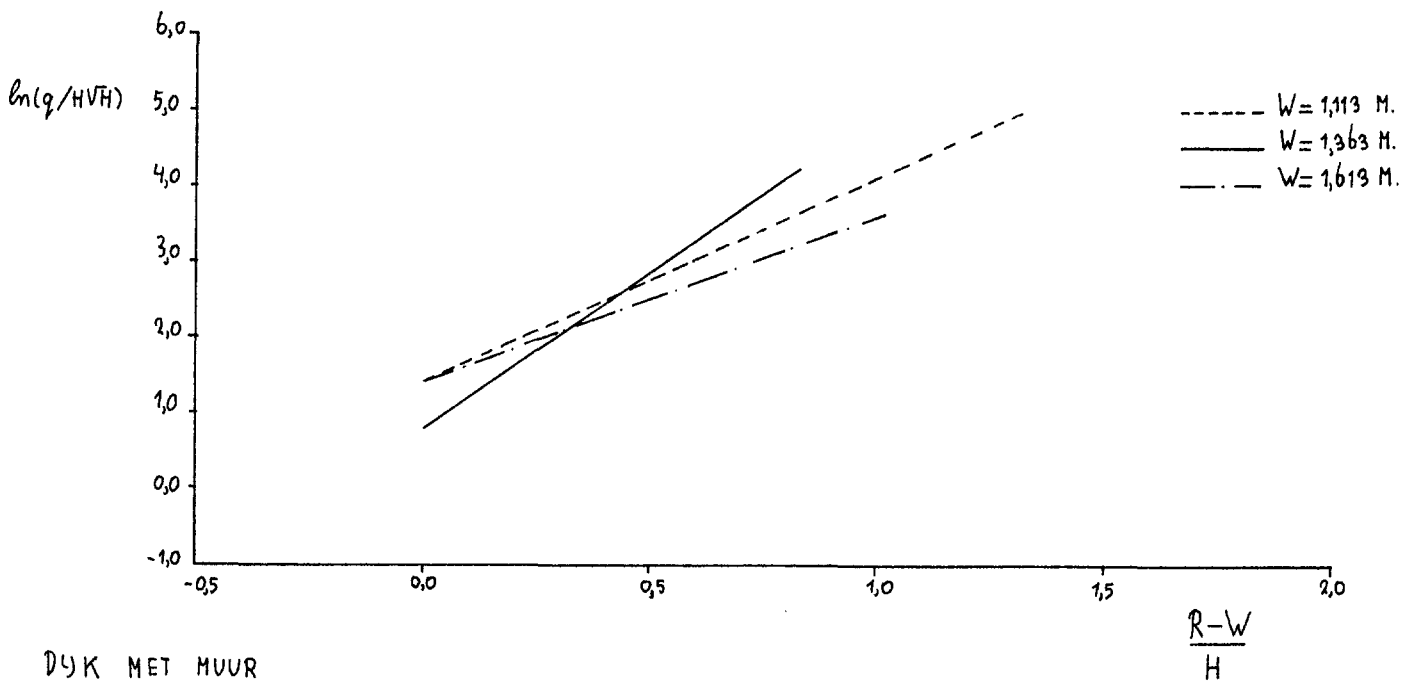
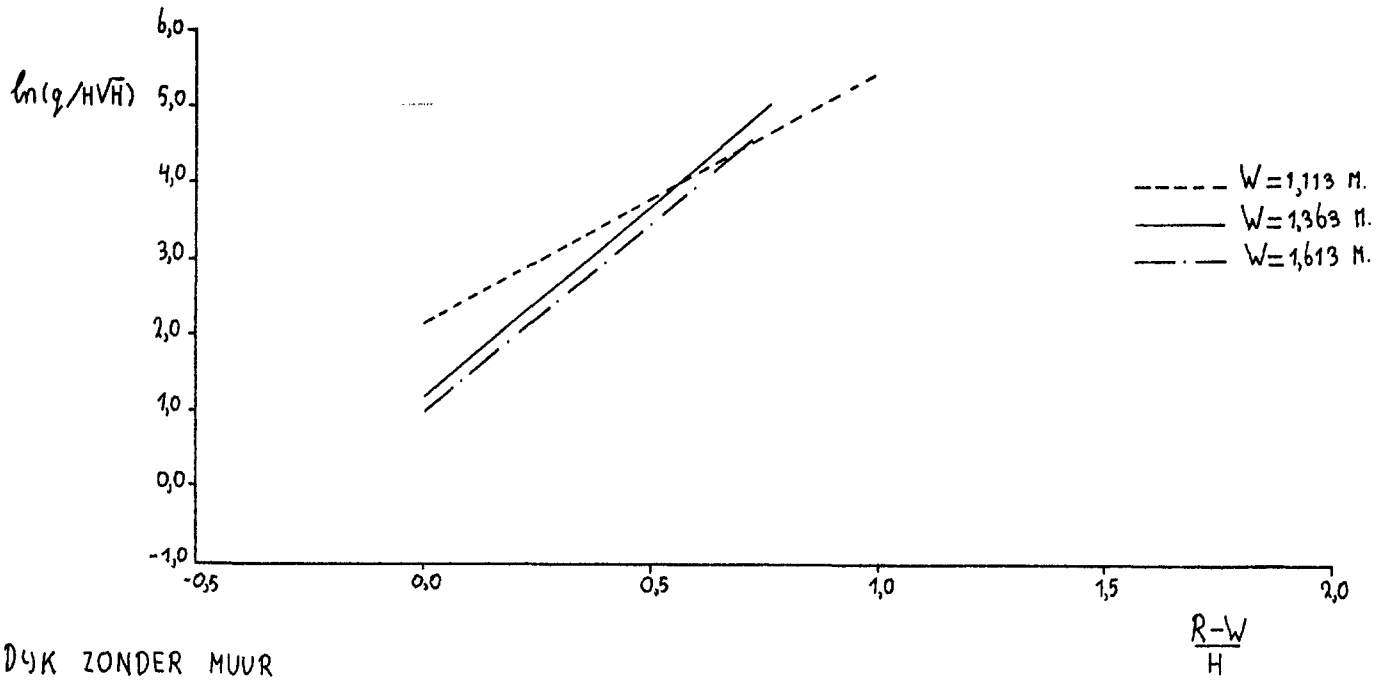
GRAFIEK 7 VERBAND TUSSEN  $\ln(q/HVF)$  EN  $(R-W)/H$  VOOR DYK ZONDER MUUR

$\frac{R-W}{H}$

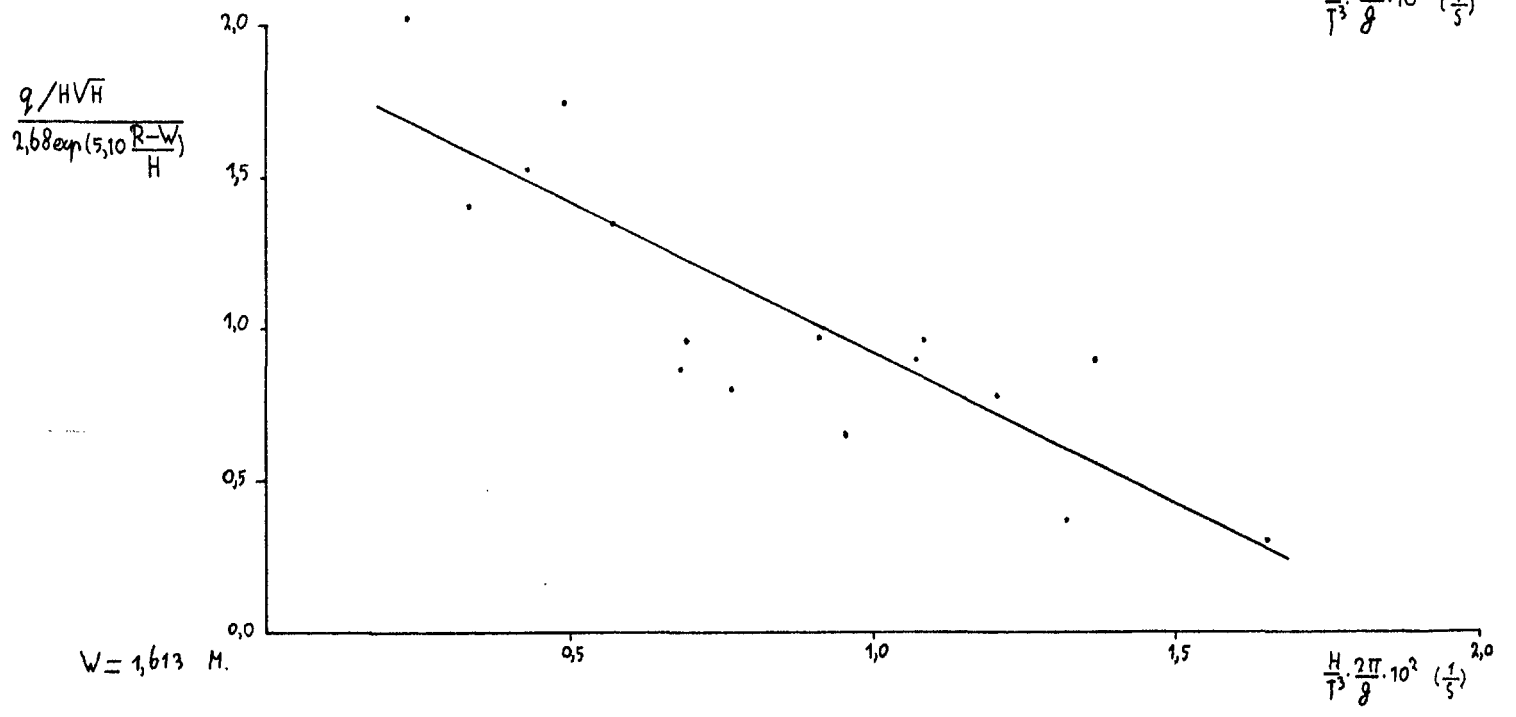
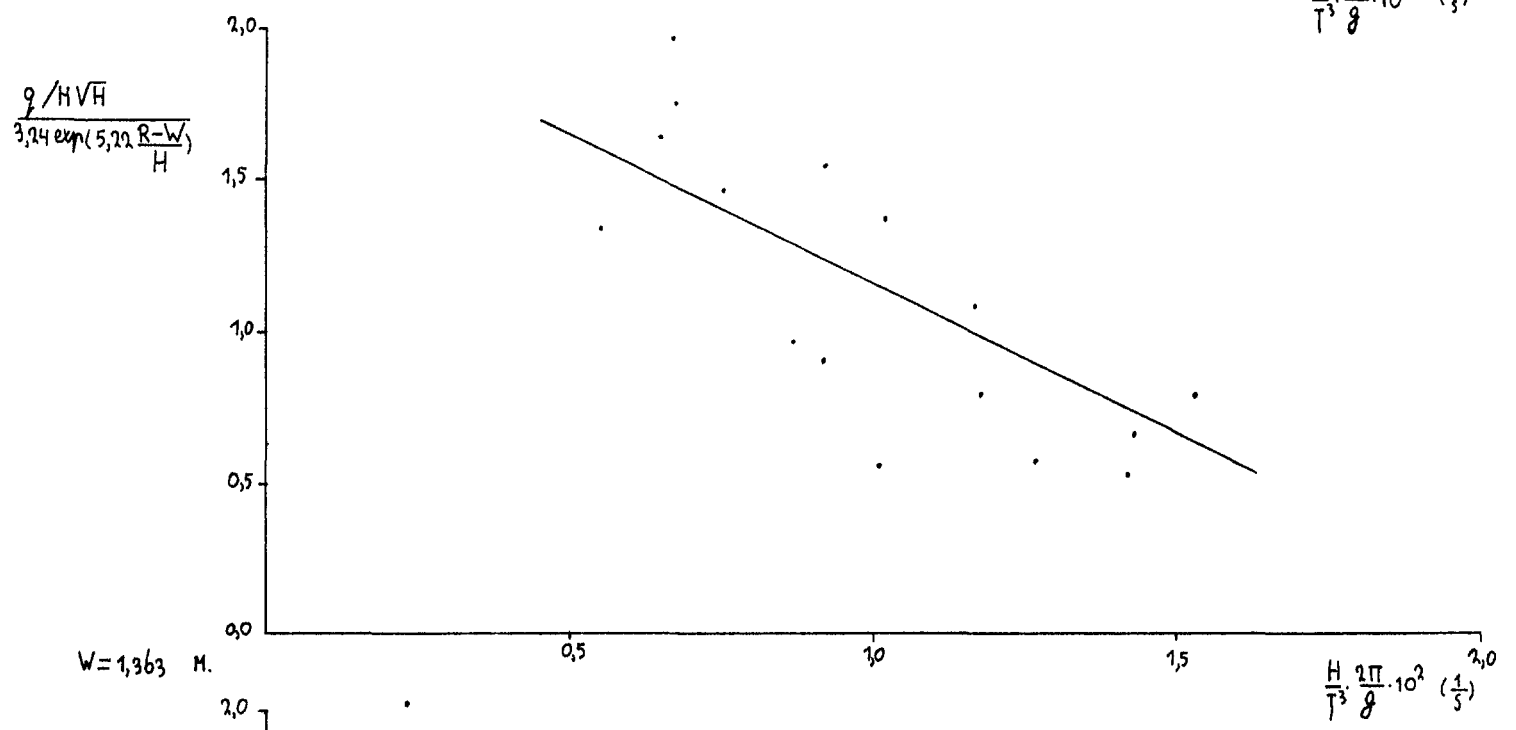
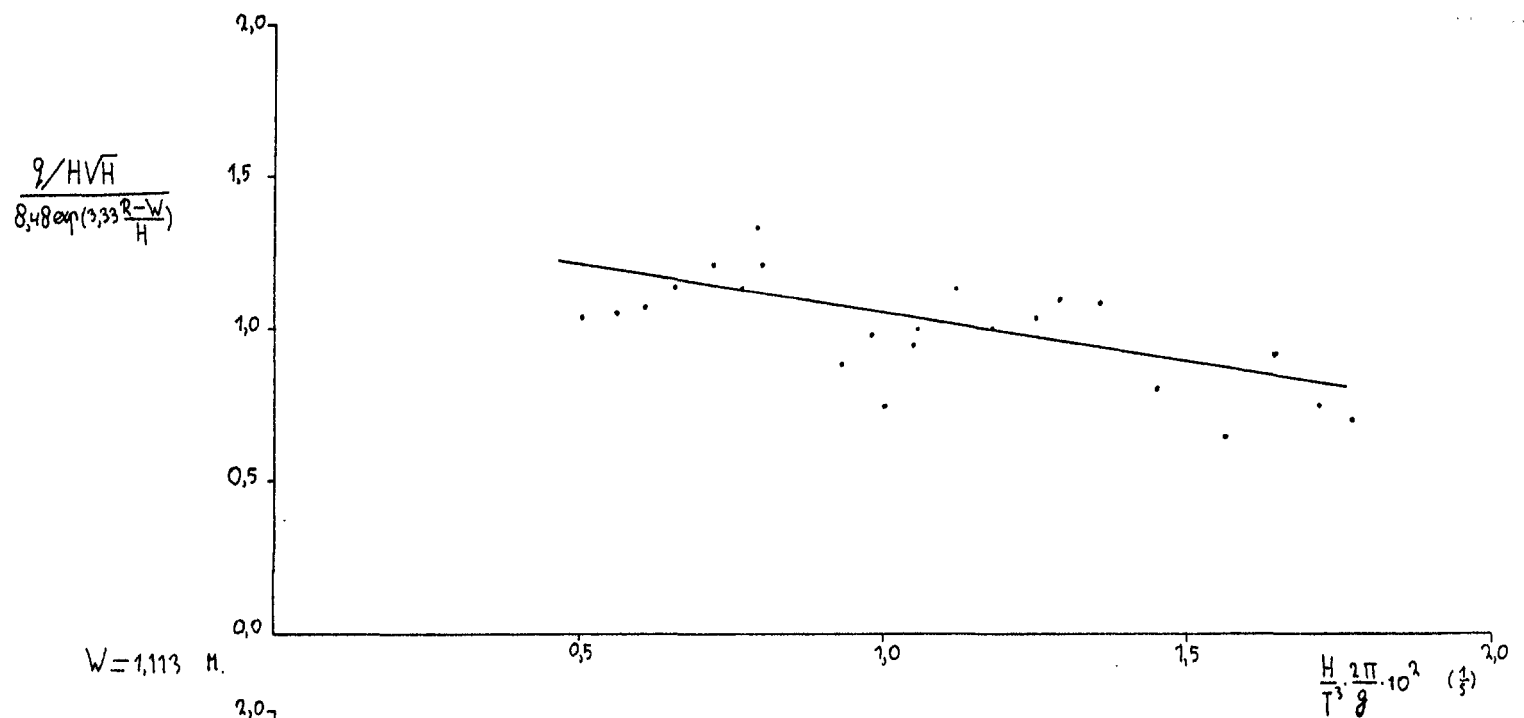




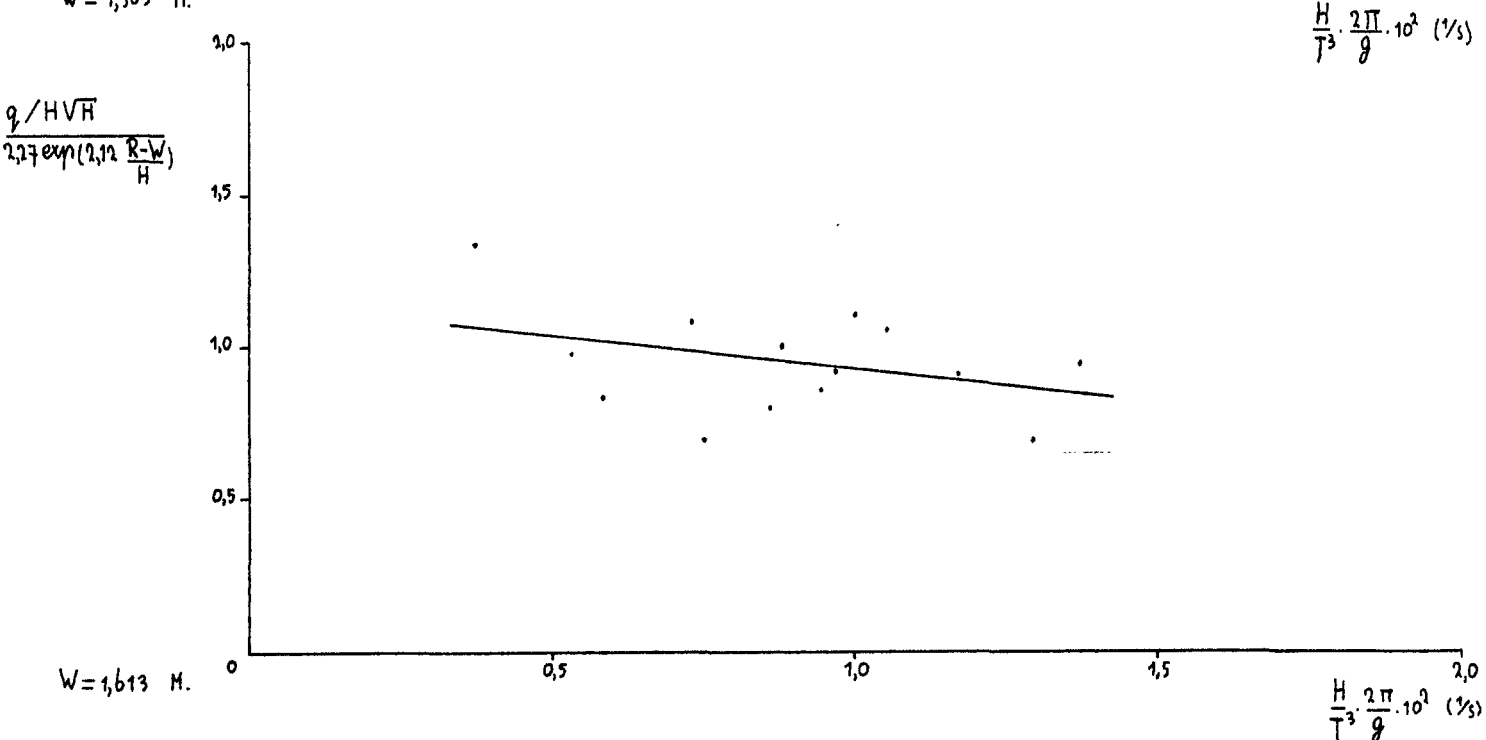
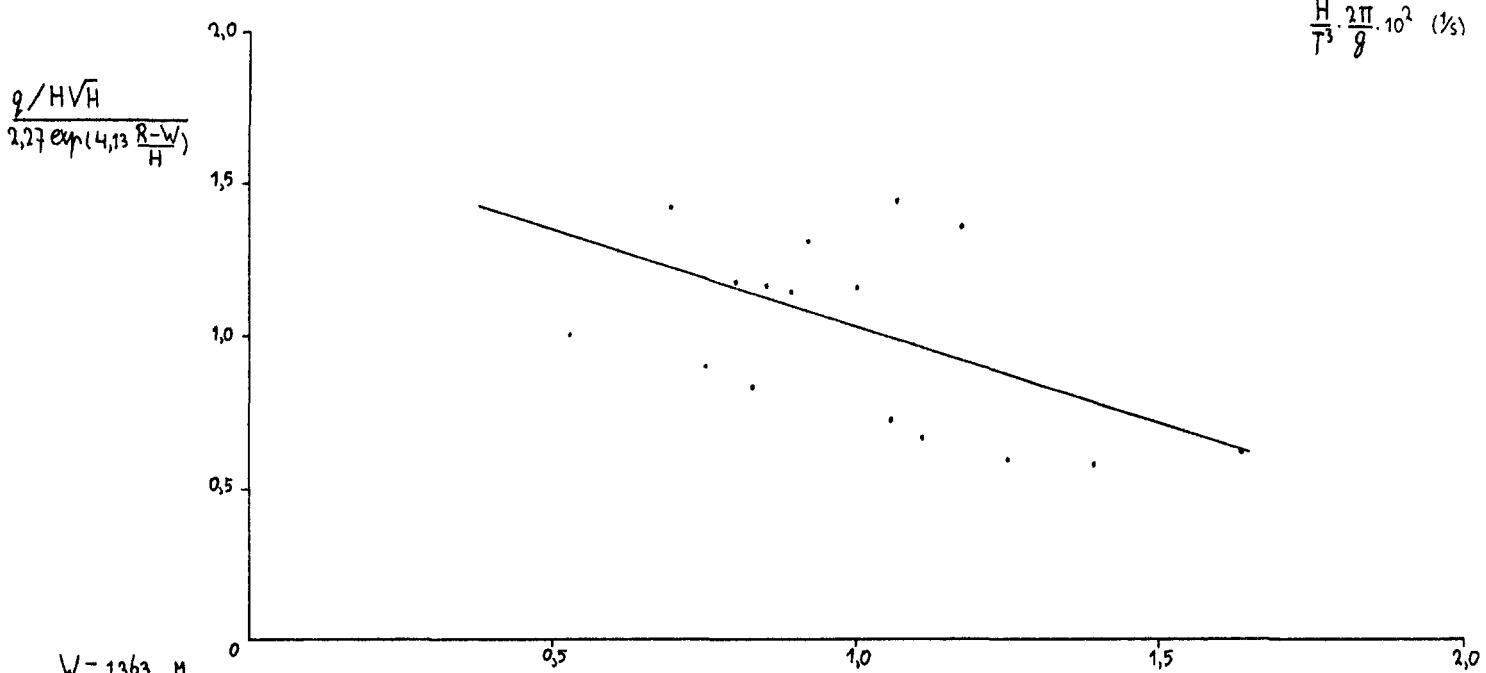
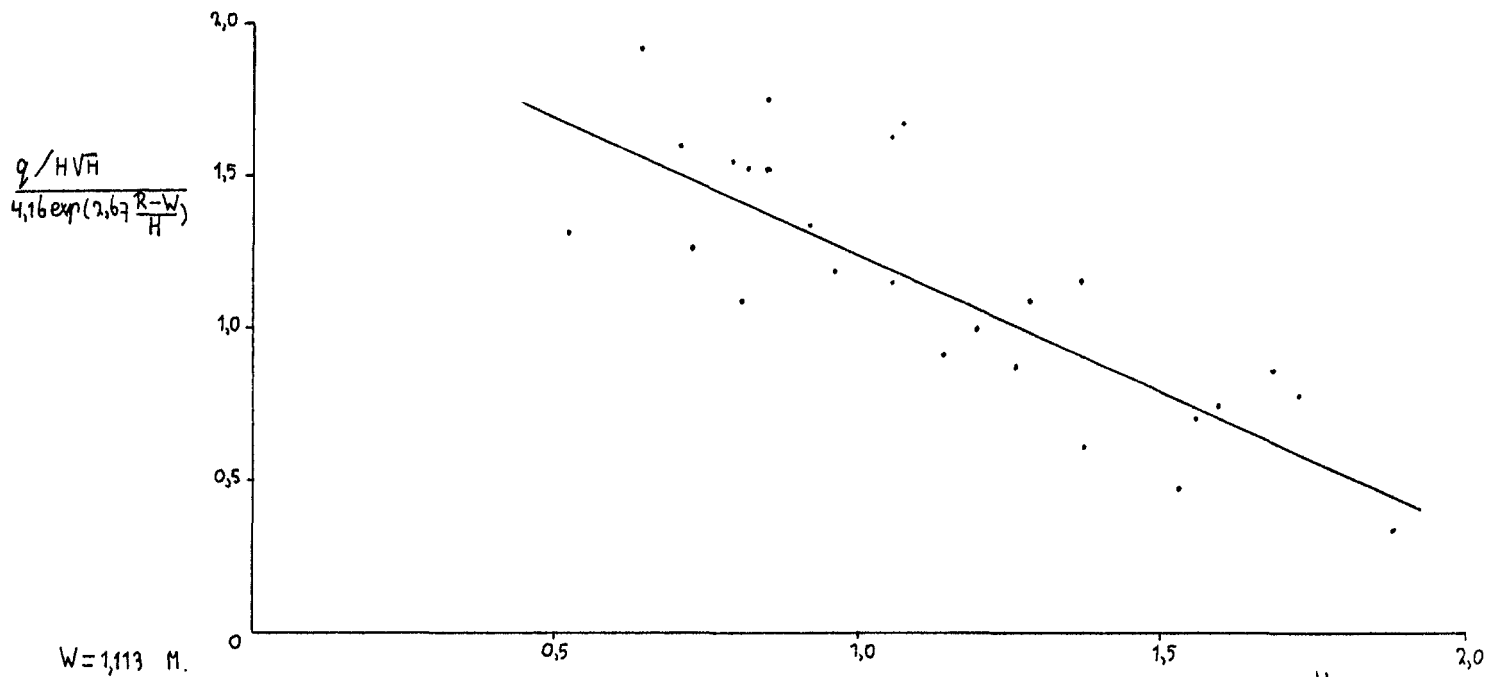
GRAFIEK 8 VERBAND TUSSEN  $\ln(q/HVH)$  EN  $(R-W)/H$  VOOR DYK MET MUUR



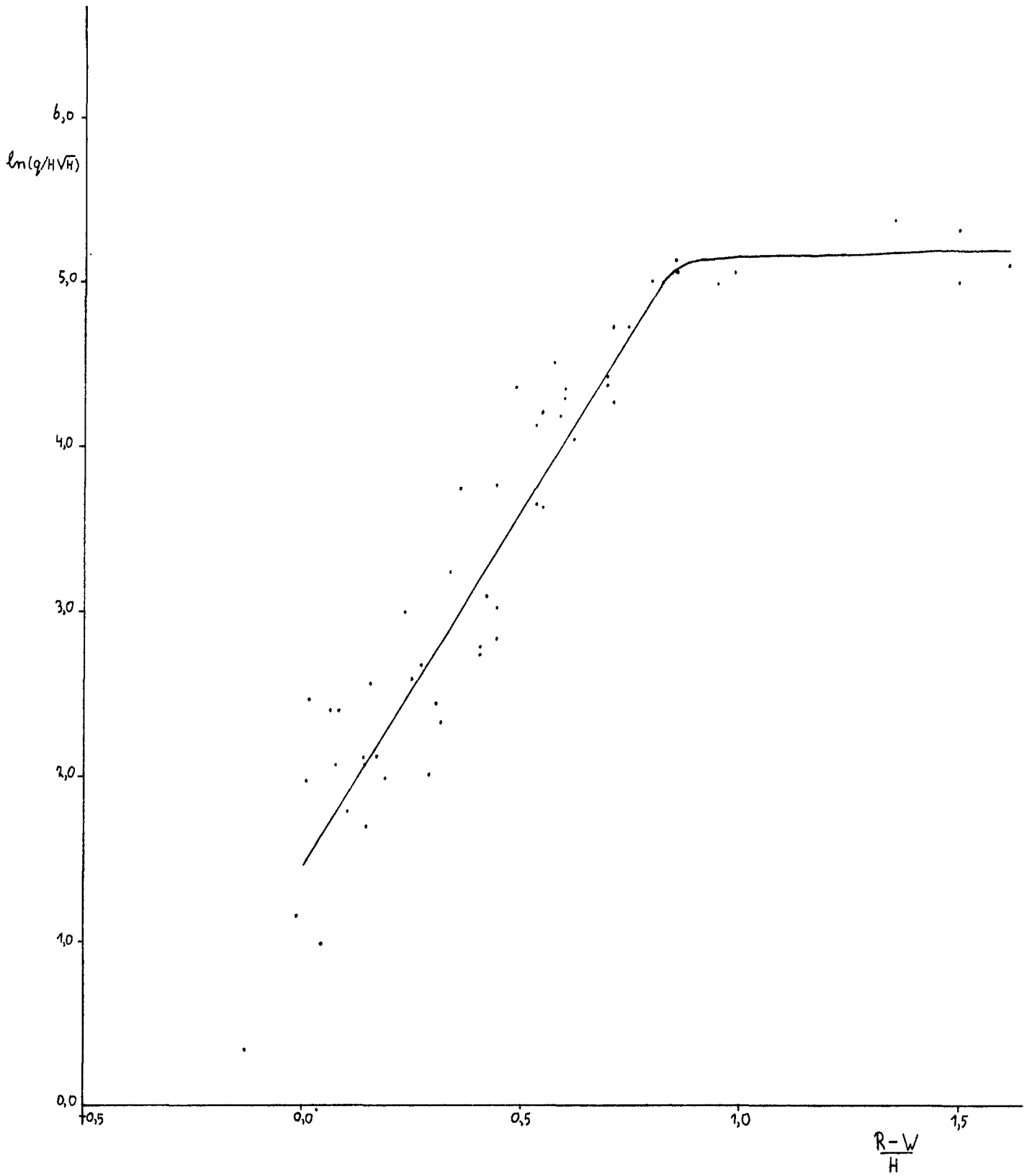
GRAFIEK 9 VERGELYKING VAN DE VERBANDEN TUSSEN  $\ln(q/HVH)$  EN  $(R-W)/H$ , BEHOREND BIJ 3 VERSCHILLENDE WAAKHOOGTEN



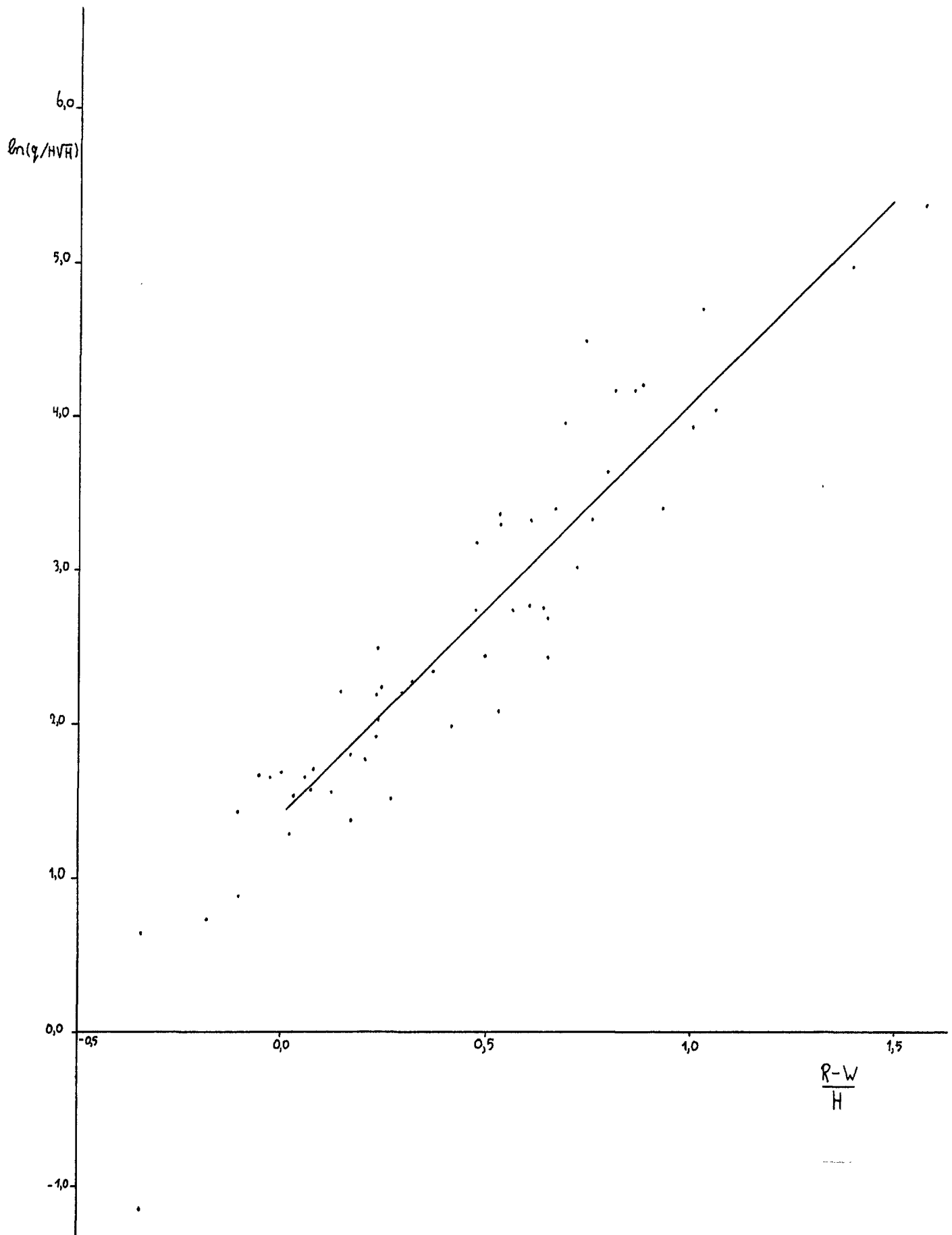
GRAFIEK 10 INVLOED GOLFSTELTHEID, GEDEELD DOOR PERIODE, OP GEMETEN GOLFOVERSLAGFORMULES VOOR DYK ZONDER MUUR



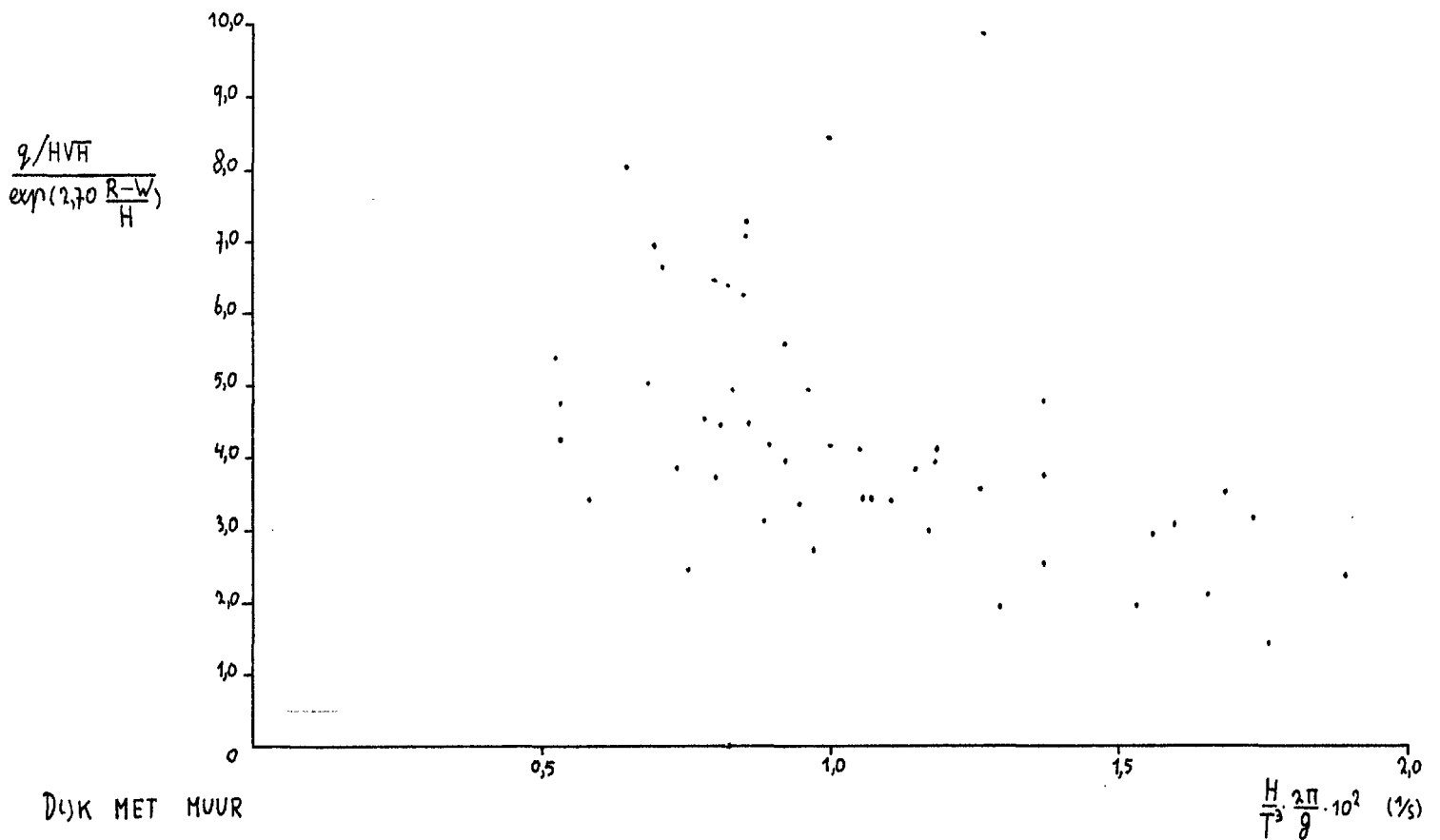
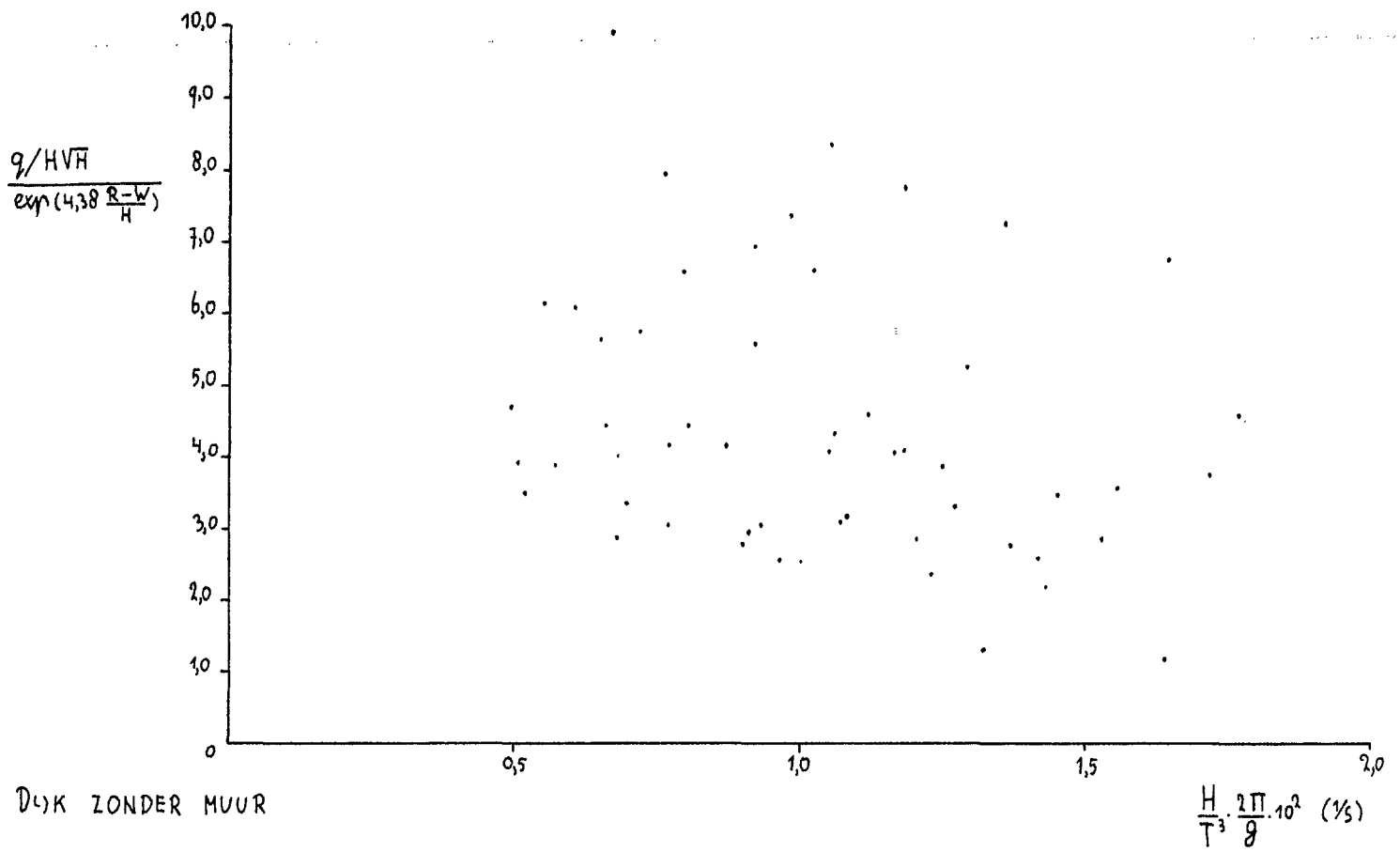
GRAFIEK 11 INVLOED GOLFSTEILHEID, GEDEELD DOOR PERIODE, OP GEMETEN GOLFOVERSLAGFORMULES VOOR DYK MET MUUR



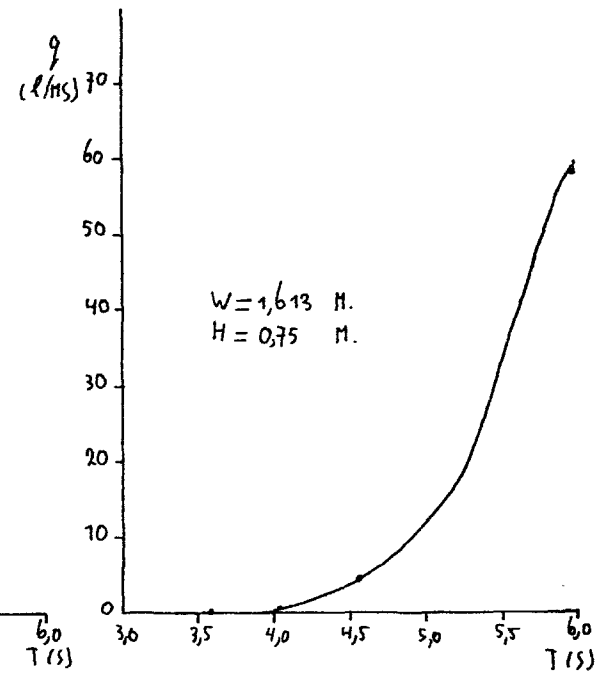
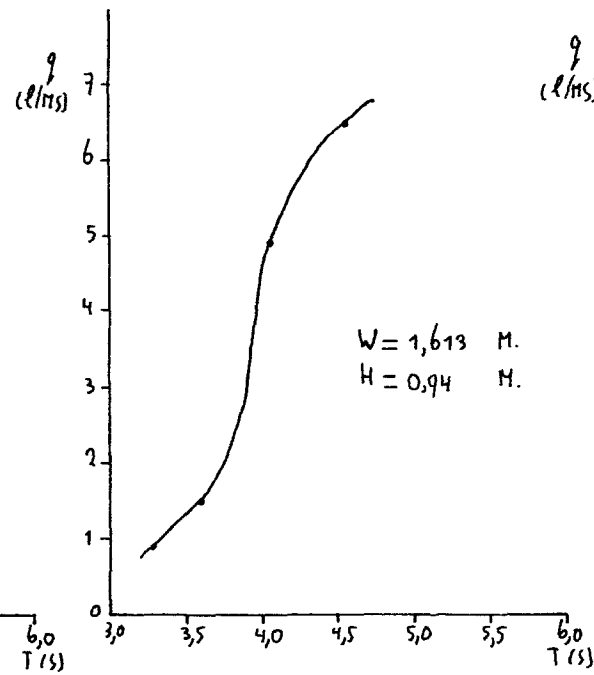
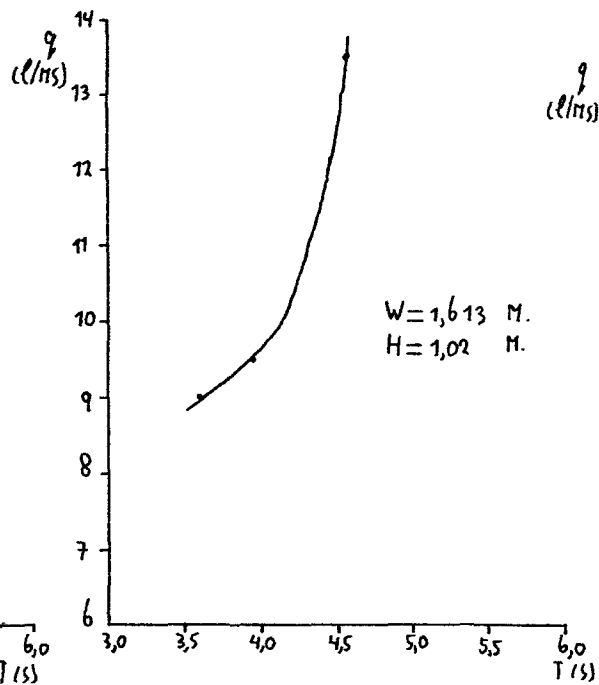
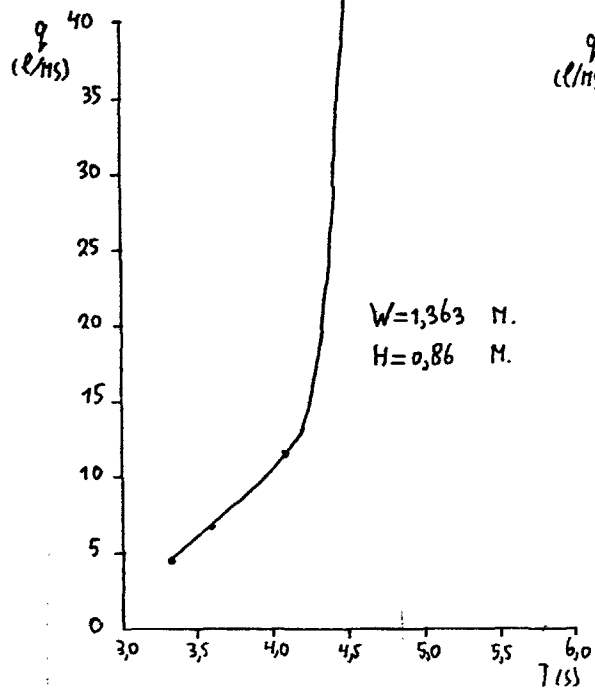
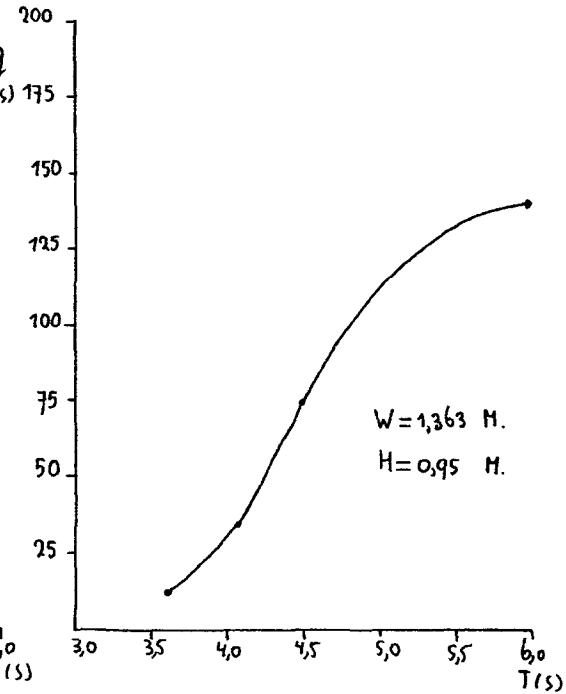
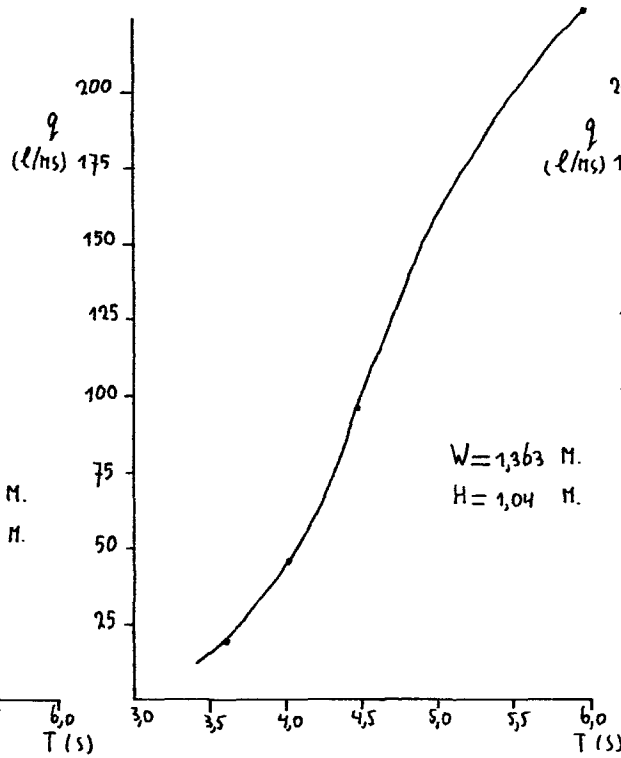
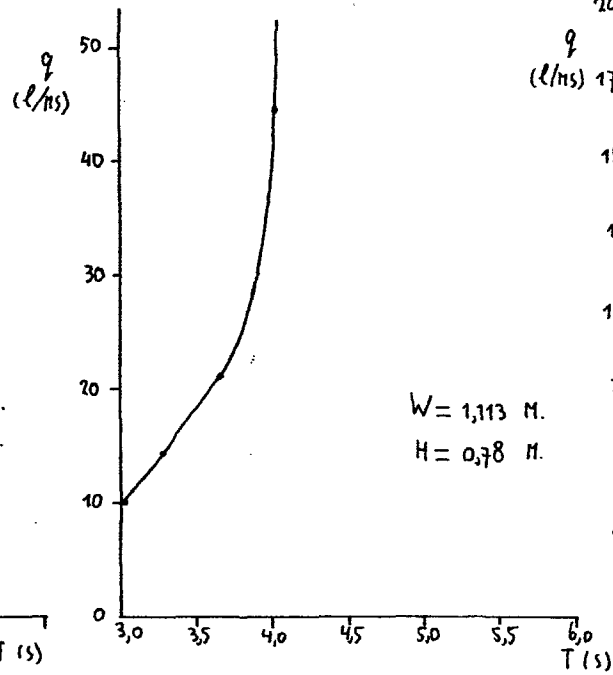
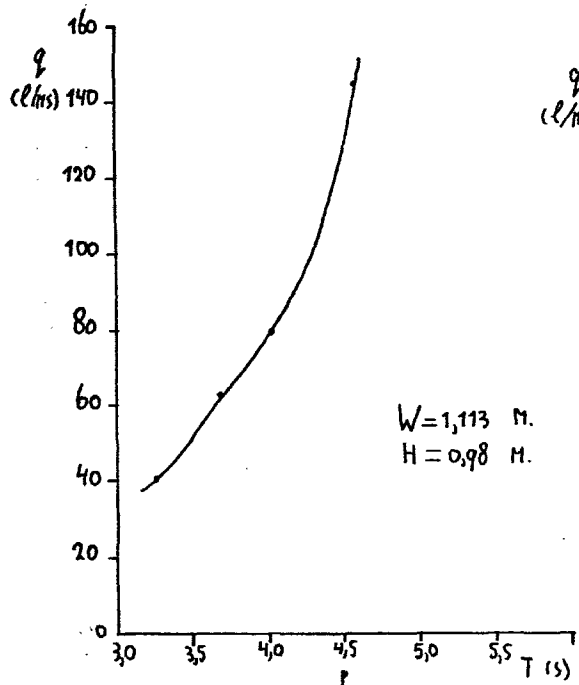
GRAFIEK 12 VERBAND TUSSEN  $\ln(q/H\sqrt{H})$  EN  $(R-W)/H$  VOOR DIJK ZONDER MUUR



GRAFIEK 13 VERBAND TUSSEN  $\ln(q/HVH)$  EN  $(R-W)/H$  VOOR DYK MET MUUR

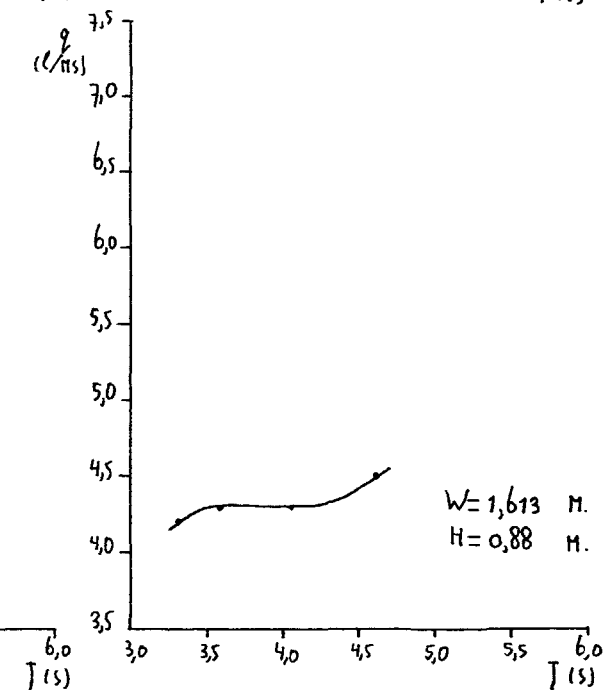
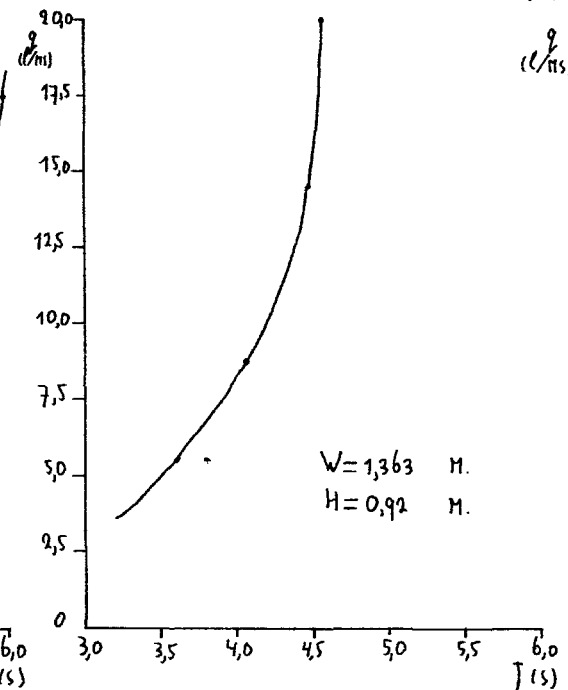
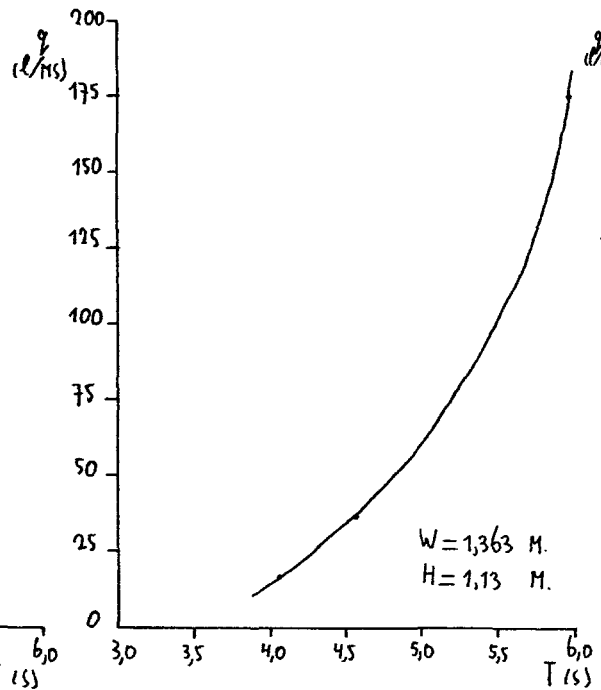
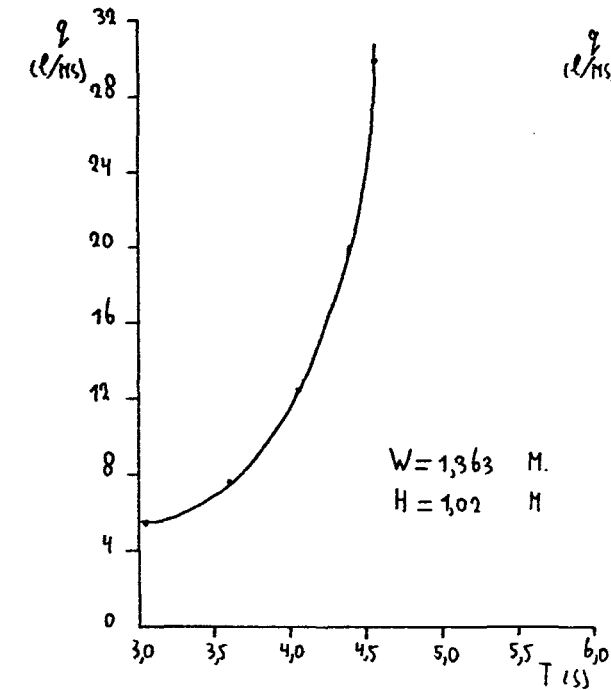
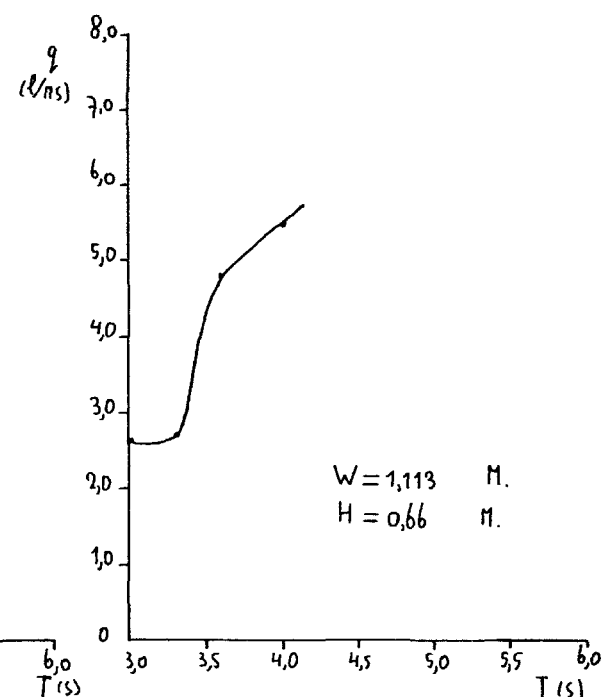
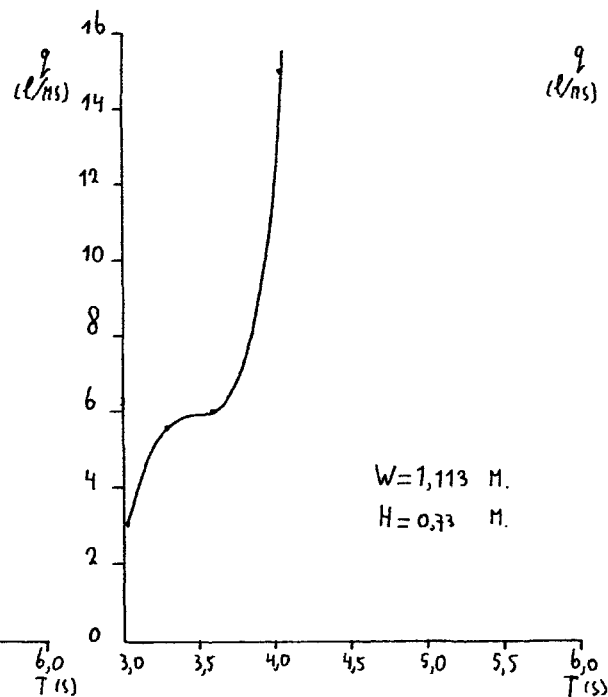
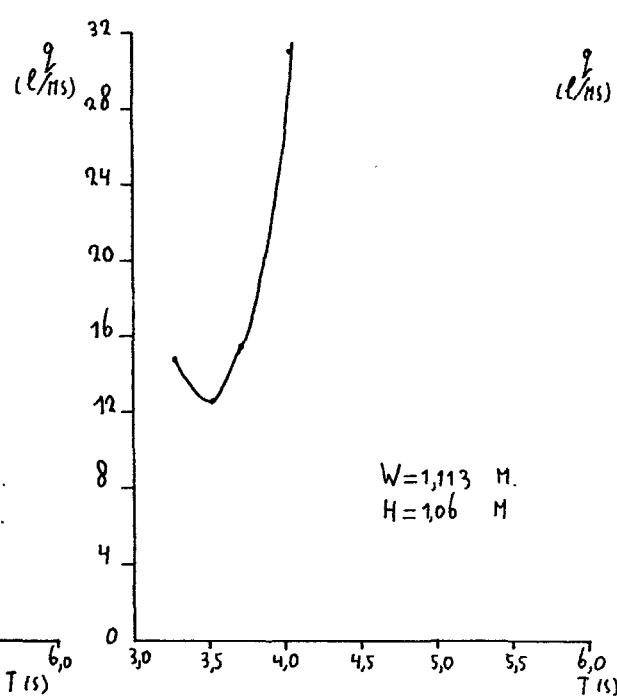
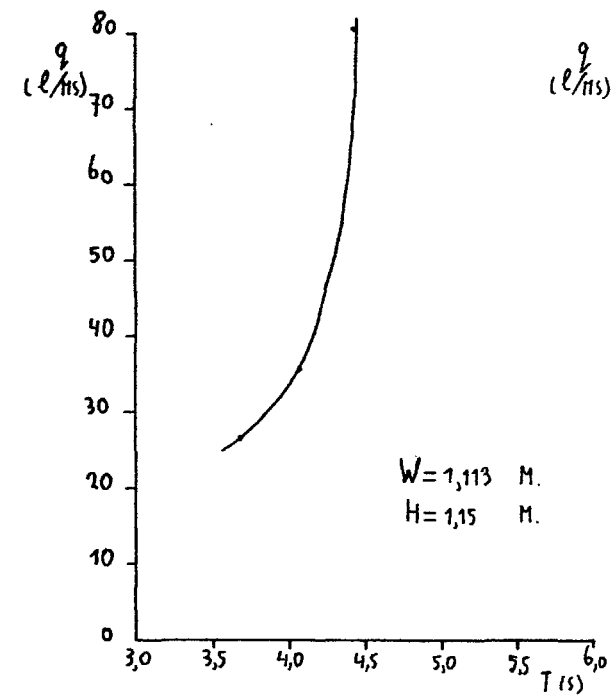


GRAFIEK 14 INVLOED GOLFSTEILHEID, GEDEELD DOOR GOLFPERIODE, OP DOOR METING VERKREGEN GOLFOVERSLAGFORMULES

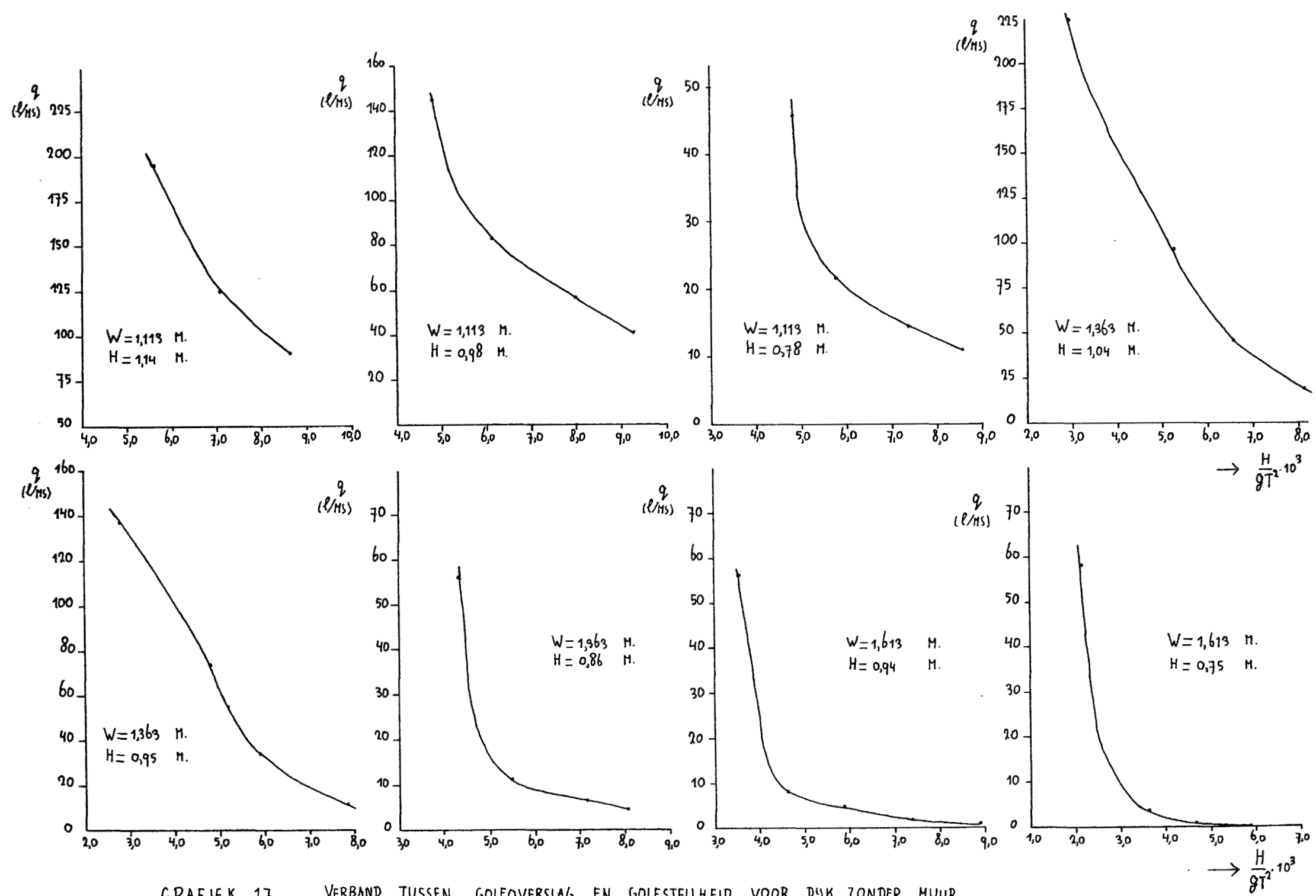


GRAFIEK 15 VERBAND TUSSEN GOLFOVERSLAG EN GOLFPERIODE VOOR DYK ZONDER MUUR

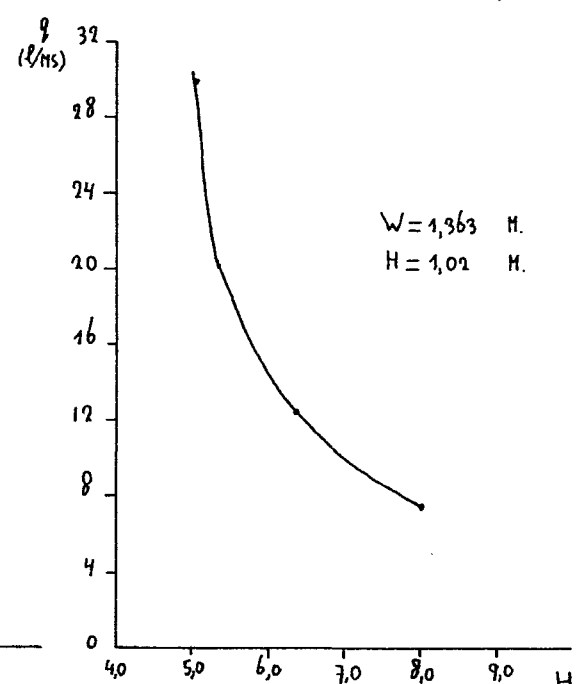
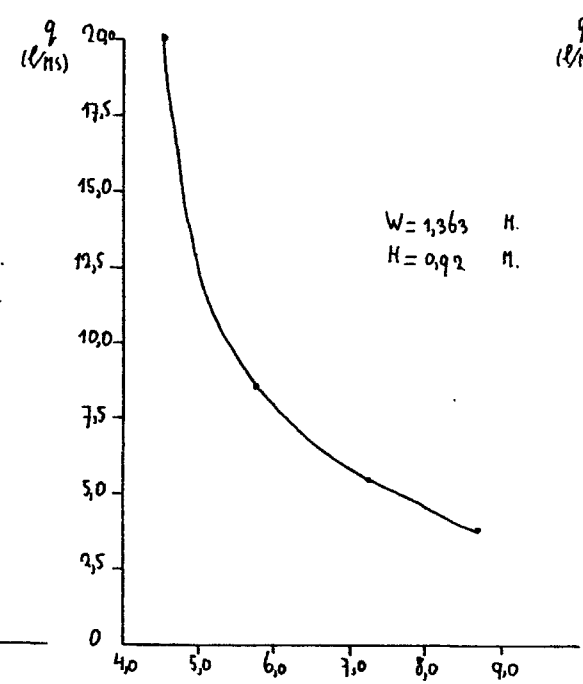
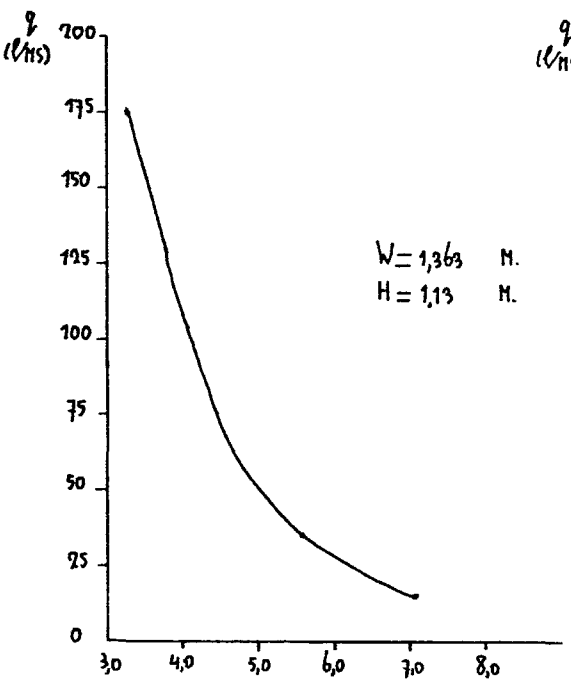
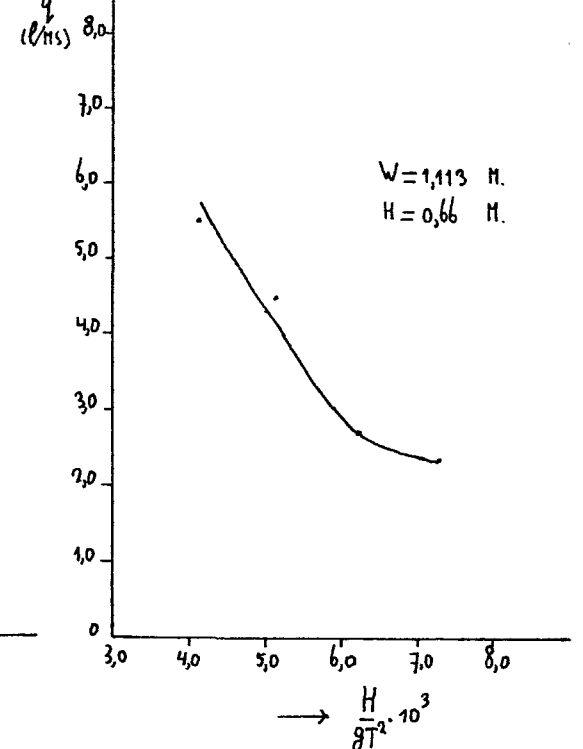
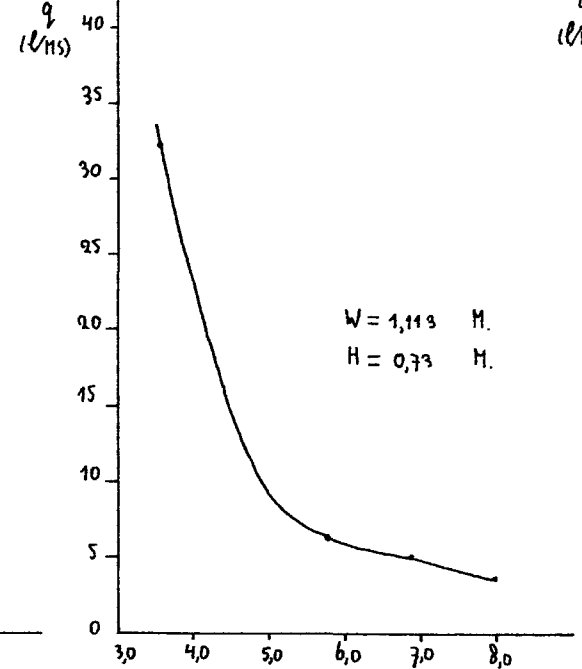
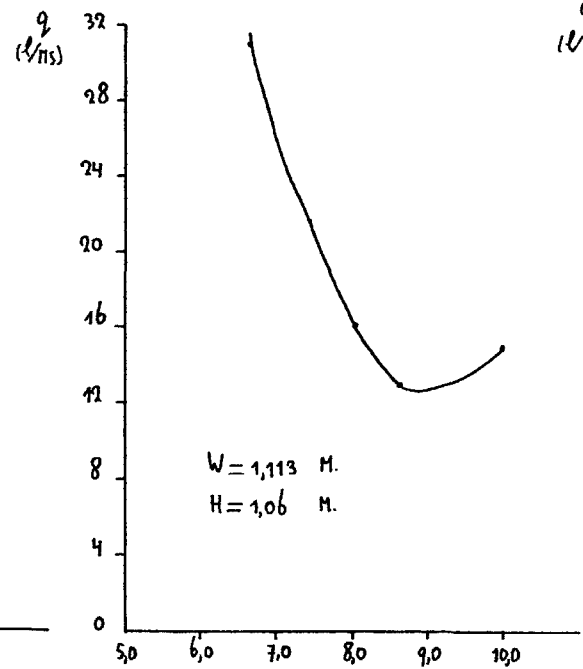
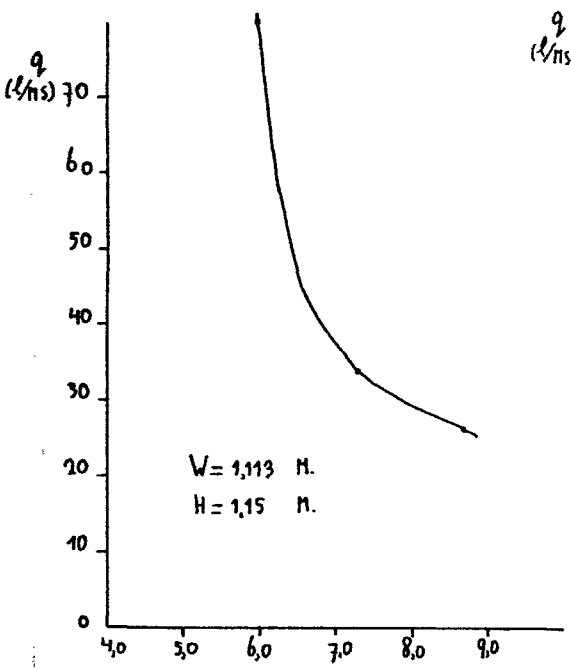




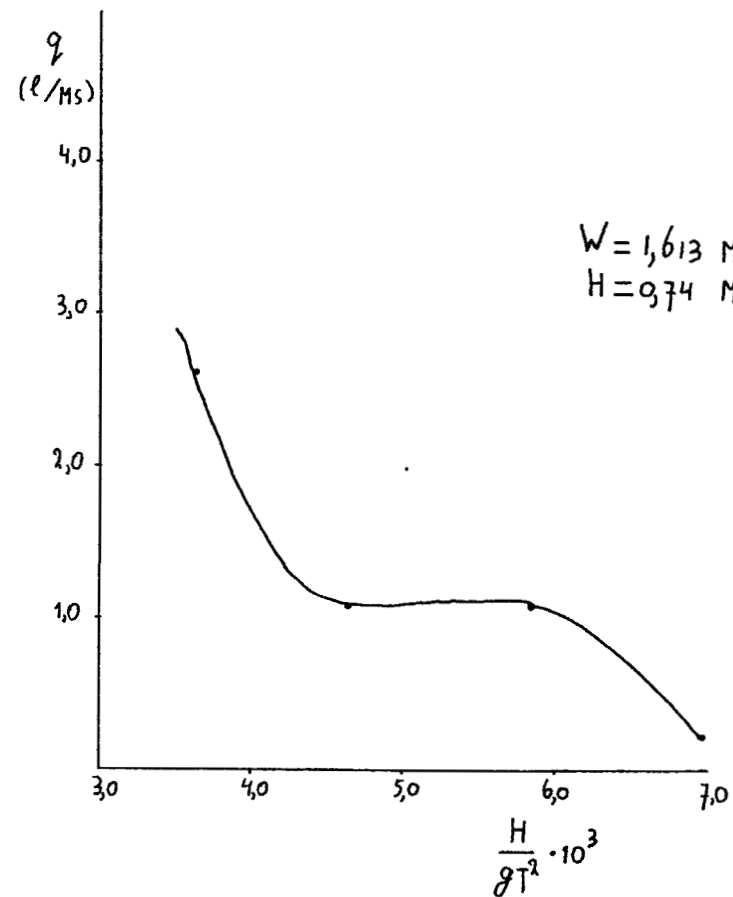
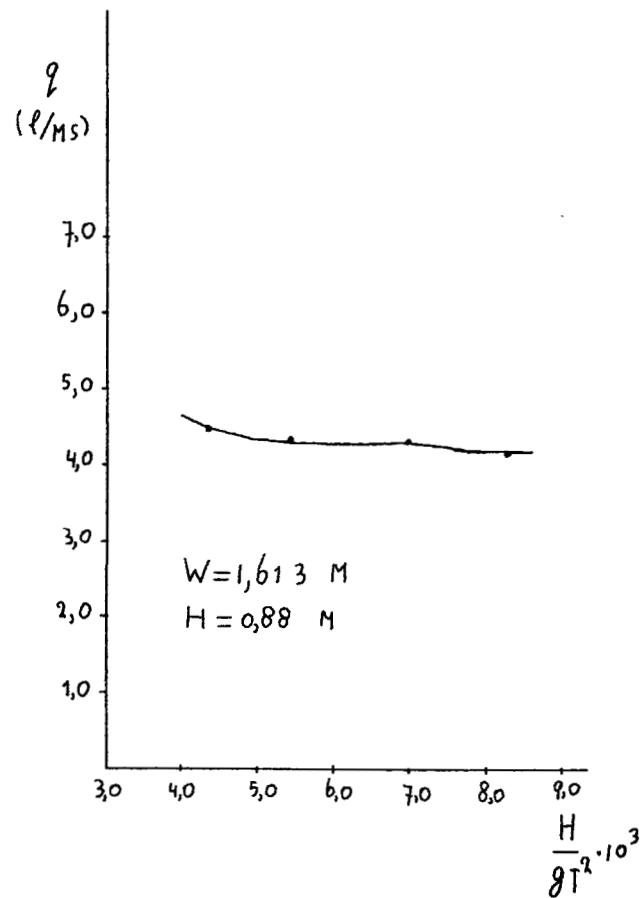
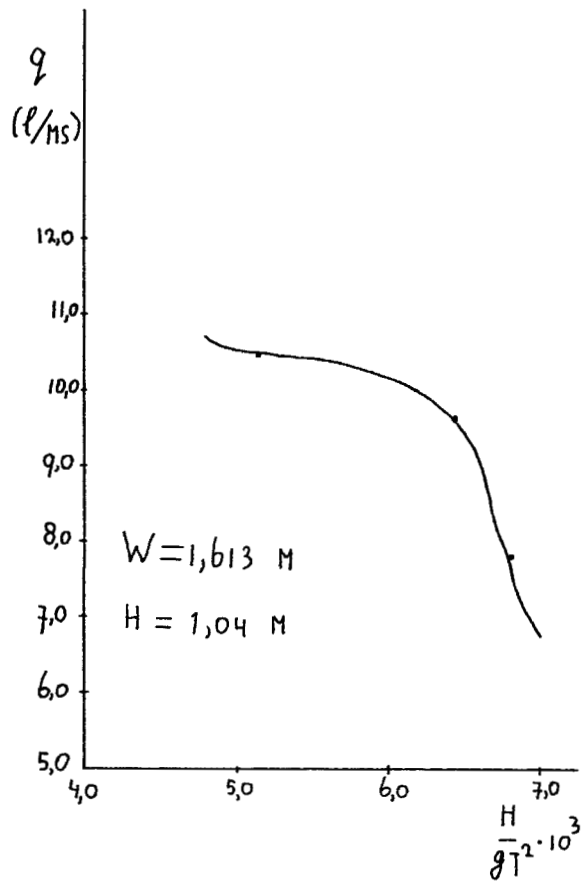
GRAFIEK 16 VERBAND TUSSEN GOLFOVERSLAG EN GOLFPERIODE VOOR DYK MET MUUR



GRAFIEK 17 VERBAND TUSSEN GOLFOVERSLAG EN GOLFSTELIHEID VOOR DIJK ZONDER MUUR



GRAFIEK 18 VERBAND TUSSEN GOLFOVERSLAG EN GOLFSTELIHEID VOOR DIJK MET MUUR



GRAFIEK 19

VERBAND TUSSEN GOLFOVERSLAG EN GOLFSTELIHEID VOOR DYK MET HUUR