



Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Stabiliteit van breuksteenoverlaging op een steenzetting

Verslag fysisch modelonderzoek

januari 1998

	bibliotheek postbus 177 - 2600 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
BB67499	
WLH3271.34	
EXPL	 R0006144

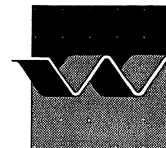
Stabiliteit van breuksteenoverlaging op een steenzetting

Ir. G. Kant

Verslag fysisch modelonderzoek



wL | delft hydraulics



KLANT : Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Van der Burghweg 1
2628 CS Delft

TITEL : Stabiliteit van breuksteenoverlaging op een steenzetting

SAMENVATTING : Het voorliggende verslag maakt deel uit van een onderzoek dat door het WL in de Deltagoot en Scheldegoot wordt uitgevoerd in het kader van de renovatie van de Nederlandse steenzettingen. Binnen dit onderzoek wordt in de Scheldegoot een drietal onderzoeksfasen doorlopen. In dit verslag worden de resultaten gepresenteerd van de derde onderzoeksfase in de Scheldegoot aangevuld met een tweetal proevenseries in de Deltagoot. Het betreft stabiliteitsproeven waarbij een breuksteenbestorting belast wordt door al dan niet sterk brekende of gebroken golven. De breuksteenbestorting bestaat uit een laag van $2 \cdot D_{n50}$, welke is aangebracht op een onvoldoende sterke steenzetting (talud 1:3 of 1:4). Deze laag wordt het zwaarst belast in het geval dat de waterstand gelijk is aan de hoogste begrenzing van de bestorting. Dit is de beproefde situatie in de modelproeven. Er zijn proeven uitgevoerd voor ongebroken golven en voor golven die op een lang 1:100 voorland tot respectievelijk 30, 40 en 50% van de oorspronkelijk golfhoogte zijn gereduceerd. Deze proeven zijn uitgevoerd in de Scheldegoot. Daarnaast zijn proeven uitgevoerd in de Deltagoot waarbij de belasting bestond uit sterk gebroken golven. Deze belasting is vergelijkbaar met de prototypesituatie waarbij golven op een zandbank breken en daarna over een horizontale bodem richting het dijktaalud lopen.

De resultaten van het onderzoek geven aan dat de stabiliteit van een dergelijke breukstenen bestorting belangrijke verschillen vertoont in vergelijking tot een gangbare bestorting welke zich over het gehele talud uitstrekt. De proefresultaten zijn vergeleken met de breed toegepaste Van der Meer formules voor breuksteenstabiliteit. Uit de proeven blijkt dat in het geval van niet gebroken golven een vergelijkbare schade wordt bereikt bij een ca. 10 tot 35% lagere golfhoogte. In het geval van zeer sterk brekende of gebroken golven blijkt dat de stabiliteit niet meer afhankelijk is van de golfperiode, in tegenstelling tot de stabiliteit van een doorlopende breukstenen bestorting. Uit de modelresultaten zijn een tweetal eenvoudige relaties afgeleid die gebruikt kunnen worden voor de berekening van de stabiliteit van een breuksteenoverlaging op een talud van 1:3 of 1:4 waarbij de golfhoogte op het 1:100 voorland minstens 50% is gereduceerd.

REFERENTIES : DWW contractnummer DWW-1327

REV	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
0	G. Kant	12-2-1998	conceptrapport	M. Klein Breteler	W.M.K. Tilmans
1	G. Kant	5-5-1998	2 ^e conceptrapport	M. Klein Breteler	W.M.K. Tilmans
2	G. Kant	7-1-1999	eindrapportage	M. Klein Breteler	W.M.K. Tilmans

TREFWOORD(EN)	INHOUD	STATUS
Fysisch modelonderzoek Scheldegoot, Deltagoot Zeeuwse dijken Gebroken golven	TEKST : 29 FIGUREN : 33 APPENDICES : 7 PROJECTNUMMER:	☐ VOORLOPIG ☐ CONCEPT ☒ DEFINITIEF
	H3271.34	

Lijst van bijlagen

- A Gemiddelde schadeprofielen, diep voorland, dijktaalud 1:3
- B Gemiddelde schadeprofielen, diep voorland, dijktaalud 1:4
- C Typische energiedichtheidsspectra, proeven met 1:100 voorland, zonder constructie
- D Vergelijking meetresultaten met SWAN modelresultaten
- E Gemiddelde schadeprofielen, 1:100 voorland, dijktaalud 1:3
- F Gemiddelde schadeprofielen, 1:100 voorland, dijktaalud 1:4
- G Gemiddelde schadeprofielen, horizontaal voorland, dijktaalud 1:3.5

Lijst van Tabellen

- 1 Proevenserie 1, zonder ondiep voorland
- 2 Proevenserie 2, 1:100 voorland
- 3 Meetresultaten proevenserie 1
- 4 Dimensieloze parameters proevenserie 1
- 5 Meetresultaten proevenserie 2 (a)
- 6 Meetresultaten proevenserie 2 (b)
- 7 Meetresultaten proevenserie 3 (a)
- 8 Meetresultaten proevenserie 3 (b)
- 9 Vergelijking reflectiecoëfficiënten en gereflecteerde golfhoogte proevenserie 3
- 10 Vergelijking inkomende golfhoogte van proeven met en zonder constructie
- 11 Overzicht belangrijkste parameters proeven G t/m O
- 12 Meetresultaten Deltagootproeven
- 13 Vergelijkende schadeberekeningen met BREAKWAT

Lijst van Figuren

- 3.1 Opstelling eerste deel proevenprogramma
- 3.2 Schematische doorsnede breuksteen bestorting
- 3.3 Massaverdeling breuksteen (sortering 1)
- 3.4 Opstelling tweede deel proevenprogramma
- 3.5 Massaverdeling breuksteen (sortering 2)
- 3.6 Opstelling derde deel proevenprogramma

- 4.1 Breuksteenstabiliteit volgens Van der Meer
- 4.2 Vergelijking metingen met BREAKWAT resultaten, talud 1:3
- 4.3 Vergelijking metingen met BREAKWAT resultaten, talud 1:4

- 5.1 Golfhoogteverloop proevenserie G en H (dijktalud 1:4)
- 5.2 Golfhoogteverloop proevenserie I (dijktalud 1:4)
- 5.3 Golfhoogteverloop proevenserie J en K (dijktalud 1:3)
- 5.4 Golfhoogteverloop proevenserie L en M (dijktalud 1:3)
- 5.5 Golfhoogteverloop proevenserie N en O (dijktalud 1:3)
- 5.6 Grafische presentatie GRSM resultaat, proef M4
- 5.7 Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie, proeven G en H
- 5.8 Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie, proef I
- 5.9 Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie, proeven J en K
- 5.10 Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie, proeven L en M
- 5.11 Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie, proeven N en O
- 5.12 Verhouding $H_{1\%}/H_{1/3}$, proef G en H
- 5.13 Verhouding $H_{1\%}/H_{1/3}$, proef I
- 5.14 Verhouding $H_{1\%}/H_{1/3}$, proef J en K
- 5.15 Verhouding $H_{1\%}/H_{1/3}$, proef L en M
- 5.16 Verhouding $H_{1\%}/H_{1/3}$, proef N en O
- 5.17 Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met Van der Meer formule, proef G en H en I, talud 1:4
- 5.18 Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met Van der Meer formule, proef J en K, L en M, talud 1:3
- 5.19 Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met Van der Meer formule, proef N en O, talud 1:3
- 5.20 Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met Van der Meer formule, dijktaud 1:3
- 5.21 Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met Van der Meer formule, dijktaud 1:4
- 5.22 Vergelijking ontwerpformule met metingen Scheldegoot, dijktaud 1:3
- 5.23 Vergelijking ontwerpformule met metingen Scheldegoot, dijktaud 1:4

- 6.1 Proefopstelling 7 Deltagoot

Lijst van Symbolen

A_e	[m ²]	erosieoppervlak
D_{n15}	[m]	karakteristieke steendiameter gebaseerd op $(M_{15}/\rho_r)^{1/3}$
D_{n50}	[m]	nominale steendiameter $(M_{50}/\rho_r)^{1/3}$
D_{n85}	[m]	karakteristieke steendiameter gebaseerd op $(M_{85}/\rho_r)^{1/3}$
f	[Hz]	golffrequentie
h	[m]	waterdiepte
H_{s0}	[m]	significante golfhoogte op diep water, berekend als gemiddelde van het hoogste derde deel van de golven
$H_{1/3}$	[m]	significante golfhoogte van de inkomende plus reflecterende golf
$H_{1\%,m}$	[m]	som van de inkomende plus reflecterende golf die door 1% van de golven wordt overschreden
$H_{1\%}$	[m]	golfhoogte van inkomende golven die door 1% van de golven wordt overschreden
$H_{2\%,m}$	[m]	som van de inkomende plus reflecterende golf die door 2% van de golven wordt overschreden
$H_{2\%}$	[m]	golfhoogte van inkomende golven die door 2% van de golven wordt overschreden
H_{m0i}	[m]	significante golfhoogte van de inkomende golven, berekend op basis van energie
H_s	[m]	significante golfhoogte van de inkomende golven, gebruik in algemene formules
H_{si}	[m]	significante golfhoogte van de inkomende golven, berekend als gemiddelde van het hoogste derde deel van de golven, behorend bij een bepaalde lokatie in de goot
H_{sr}	[m]	significante golfhoogte van de gereflecteerde golven, berekend als gemiddelde van het hoogste derde deel van de golven, behorend bij een bepaalde lokatie in de goot
L_{op}	[m]	diep water golflengte gebaseerd op T_p
M	[g]	steengewicht
M_{15}	[g]	steengewicht, behorend bij 15 gewichtsprocent op de massaverdelingscurve
M_{50}	[g]	steengewicht, behorend bij 50 gewichtsprocent op de massaverdelingscurve
M_{85}	[g]	steengewicht, behorend bij 85 gewichtsprocent op de massaverdelingscurve
N	[-]	aantal golven
P	[-]	doorlatendheidsfactor, gedefinieerd volgens Van der Meer
R	[-]	reflectiecoëfficiënt
S	[-]	dimensieloos schadegetal, A_e/D_{n50}^2
s_{op}	[-]	golfsteilheid op diep water uitgaande H_{s0}/L_{op}
T_p	[s]	piekgolfperiode behorende bij de piek van het golfspectrum. Deze waarde wordt bepaald door de ligging van het zwaartepunt van het oppervlak rond de piek waarin zich 20 % van de golfenergie bevindt. Deze waarde wordt door het programma AUKE-PC bepaald.
T_m	[s]	gemiddelde golfperiode, berekend op basis van nuldoorgangen
Y_p	[-]	invloedsfactor, subscript p geeft de taludhelling weer waarop de factor van toepassing is.
$Y_{p;q}$	[-]	invloedsfactor, subscripten p en q geven respectievelijk de taludhelling en de golfhoogtereductie op het voorland weer waarop de factor van toepassing is.

(Lijst van Symbolen, vervolg)

α	[°]	hoek van het talud met horizontaal vlak
Δ	[-]	relatieve dichtheid beschouwd materiaal: $\rho_r/\rho_w - 1$
ρ_r	[kg/m ³]	volumieke massa breuksteen
ρ_w	[kg/m ³]	volumieke massa water
ξ_{op}	[-]	brekerparameter berekend op basis van H_{si} en T_p , bepaald op diep water
ξ_{om}	[-]	brekerparameter berekend op basis van H_{si} en T_m , bepaald op diep water
ξ_m	[-]	brekerparameter berekend op basis van H_{si} bij de teen van de dijk en T_m op diep water
ξ_{mc}	[-]	kritische brekerparameter berekend op basis van H_{si} bij de teen van de dijk en T_m op diep water

I Inleiding

In het kader van de renovatie van de Nederlandse steenzettingen wordt in de Scheldegoot en Deltagoot van WL een onderzoek uitgevoerd naar de golfbelasting op en de stabiliteit van dijkbekledingen. De opdracht voor dit onderzoek is namens het Projectbureau Zeeweringen te Goes gegeven door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van RWS (contract DWW-1327), die in de begeleiding van het onderzoek wordt bijgestaan door de TAW.

Het voorliggende verslag betreft de rapportage van een serie proeven in de Scheldegoot, waarmee de stabiliteit van breuksteen op een talud met een te zwakke steenzetting is onderzocht. Hierbij zijn er zowel proeven met ongebroken golven als proeven met brekende golven uitgevoerd. In het laatste geval breken de golven op een ondiep voorland met een helling van 1:100. De brekende golven zijn door breking tot minder dan de halve hoogte van de oorspronkelijke golven gereduceerd. Deze proevenserie is de tweede fase van een drie fases tellend programma met sterk gebroken golven. De eerste fase van het onderzoek betreft het onderzoek naar golfoploop en -overslag waarbij de inkomende golven sterk zijn gebroken op een zandbank. In de derde fase wordt de invloed van een zeer ondiep voorland op de oploop en overslag over dijken onderzocht.

Tevens worden in deze rapportage enkele proeven in de Deltagoot met een ondiep horizontaal voorland gepresenteerd.

De doelstelling van de in dit verslag gerapporteerde tweede onderzoeksfase is het bepalen van de stabiliteit van een breuksteenbestorting op een onvoldoende sterke steenzetting. Hierbij zijn een drietal situaties onderscheiden:

1. De stabiliteit van breuksteen op een te zwakke steenzetting, ongebroken golven.
2. De stabiliteit van breuksteen op een te zwakke steenzetting, brekende golven.
3. De stabiliteit van breuksteen op een te zwakke steenzetting, gebroken golven.

De terminologie ongebroken, brekende en gebroken golven geeft aan in welke toestand de golven de constructie bereiken. De situatie 'ongebroken golven' treedt op indien de constructie zich, vanuit de golven geredeneerd, zich aan diep water bevindt. Brekende golven treden op in het geval er zich een hellend voorland bevindt voor de constructie waarop de golven breken. Er wordt gesproken over 'gebroken golven' indien de inkomende golven zijn gebroken op een zandbank maar daarna over een horizontaal of een dieper voorland naar de constructie lopen. Deze situaties zijn onderzocht middels een drietal proefopstellingen in de Scheldegoot en daarop afgestemde proevenseries, alsmede een serie proeven in de Deltagoot:

1. Proevenserie zonder voorland, bepaling stabiliteit breuksteenbestorting onder de waterlijn.
2. Proevenserie met ondiep voorland, bepaling stabiliteit breuksteenbestorting onder de waterlijn.
3. Proevenserie met ondiep voorland maar zonder dijktaalud teneinde de inkomende golfcondities in proevenserie 2 te definiëren.
4. Proevenserie in de Deltagoot met geringe waterdiepte (horizontaal ondiep voorland).

De rapportage van deze proeven kent de volgende opbouw. Volgend op deze inleiding wordt in hoofdstuk twee aandacht besteed aan de achtergrond van de problematiek van de aanval van sterk gebroken en brekende golven op dijkconstructies. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de drie meetopstellingen en proevenprogramma's gepresenteerd. Aansluitend worden in hoofdstuk 4 de resultaten gepresenteerd van de uitgevoerde proeven voor het diepe voorland en in hoofdstuk 5 voor het ondiepe voorland. Tevens worden in deze hoofdstukken vergelijkingen gemaakt met bestaande formuleringen en wordt aangegeven waar eventuele verschillen optreden. De beschouwingen resulteren in eenvoudige ontwerpformules voor breuksteenoverlagingen. In hoofdstuk 6 worden vergelijkbare proeven in de Deltagoot, die in het kader van hetzelfde onderzoek zijn uitgevoerd, gepresenteerd. In hoofdstuk 7 wordt een richtlijn gepresenteerd ten aanzien van de acceptabele schade voor breuksteenoverlagingen. De rapportage wordt afgesloten met samenvattende conclusies in hoofdstuk 8.

2 Achtergrond proevenprogramma

Onder superstormomstandigheden worden er op de Noordzee zeer hoge golven opgewekt. In het noorden van de Noordzee kunnen deze een significante golfhoogte van meer dan 30 m bereiken. Bij een Noordwesterstorm zullen deze hoge golven ook naar onze kust lopen. Onderweg zijn er diverse fysische processen die de golven beïnvloeden. Door de grote afstand die ze afleggen zijn processen zoals divergentie door verschillen in de voortplantingsrichting, dissipatie door bodemwrijving en breken van grote invloed. De golflengte van deze golven is zodanig groot dat een storm er nog maar langzaam energie aan kan toevoegen.

Op vrijwel alle locaties langs de Nederlandse kust komen onder superstormomstandigheden golfcondities voor die het restant genoemd kunnen worden van deze oorspronkelijk zeer hoge golven.

In het Zuidelijke deel van de Noordzee is de waterdiepte slechts 25 tot 50 m en worden golven van geringere omvang opgewekt. De significante golfhoogte is hier orde 10 m [1].

Doordat deze golven wat kleiner zijn en het windveld zich ongetwijfeld tot aan de kust uitstrekt, kunnen deze golven in volle omvang tot vrij dicht onder de kust komen. Hierbij zijn processen zoals divergentie en dissipatie door bodemwrijving van veel minder invloed. De golflengte is zodanig dat zelfs bij vrij kleine waterdiepte de dissipatie door bodemwrijving volledig wordt gecompenseerd door energietoevoer door de wind.

Op zo'n 10 tot 25 km uit onze Noordzeekust is de waterdiepte afgenomen tot ongeveer 20 m en wordt de waterdiepte zodanig beperkt dat de golven gaan breken. Op enkele kilometers van de kust kan de waterdiepte plaatselijk nog wel zeer groot zijn, maar wordt de golfhoogte meer en meer bepaald door het breken op zandbanken.

De van oorsprong hoge golven zijn aan de kust nog te herkennen aan de componenten in het golfspectrum met grote golfperiode. De golven uit het noorden van de Noordzee hebben een golfperiode groter dan orde 15 s. Uit het zuiden van de Noordzee komen de golven met periode tussen orde 10 en 15 s. Lokaal onder de kust worden de golven opgewekt met periode tussen 5 en 10 s.

Uit diverse publikaties over de golfcondities voor de Nederlandse kust blijkt de piek van het spectrum bij een golfperiode van 10 tot 15 s te liggen. Soms is wel 17 s genoemd [1].

De gebroken of brekende golven hebben specifieke eigenschappen:

- het spectrum is breed en/of tweetoppig.
- de golven hebben een sterk niet-lineaire golfvorm.
- de golfhoogteverdeling wijkt af van die van Rayleigh.
- er zijn tijdens het brekerproces gebonden lange golven vrij gekomen.

Als de golven in de buurt van de constructie komen, dan zijn er twee mogelijkheden:

1. De golven zijn nog steeds aan het breken omdat de waterdiepte geleidelijk afneemt (hellend voorland).
2. De golven zijn gebroken, maar gaan vervolgens over een ongeveer horizontaal voorland of zijn weer in iets dieper water gekomen (achter een zandbank).

Voor beide typen gelden de bovenstaande specifieke eigenschappen. Het simuleren van deze golven in modelonderzoek wordt op een verschillende wijze aangepakt. Bij brekende golven is het noodzakelijk het voorland in de modelfaciliteit te bouwen daar het onmogelijk is om met een golfschot een brekende golf op te wekken. Gebroken golven kunnen echter wel worden opgewekt met een golfschot.

In de onderliggende tweede onderzoeksfase zijn brekende golven in de Scheldegoot beschouwd waarbij de golven op een ondiepe vooroever van 1:100 meer dan de helft in hoogte zijn gereduceerd. Gebroken golven zijn in de Deltagoot gesimuleerd op horizontaal ondiep voorland. Deze golfcondities zijn gebruikt om de stabiliteit van een breuksteen bestorting te onderzoeken. De breuksteenbestorting wordt in het prototype toegepast om een onvoldoende sterke steenzetting afdoende te beschermen. De bestorting vindt dus plaats op een zeer slecht doorlatende gladde laag. Aangezien de breuksteenbestorting naar alle waarschijnlijkheid niet over de volle hoogte van het talud zal worden doorgezet zal de maximale belasting optreden indien de waterlijn samenvalt met de bovenzijde van de bestorting (zie bijvoorbeeld paragraaf 5.1.3.9 [2]). Dit is de beschouwde prototypesituatie in deze studie.

3 Modelopstelling en proevenprogramma in de Scheldegoot

3.1 Inleiding

Om de gedefinieerde doelstellingen te bereiken is een proevenprogramma voor de Scheldegoot samengesteld dat bestaat uit drie delen:

1. Proevenserie zonder voorland; bepaling stabiliteit breuksteenbestorting onder de waterlijn.
2. Proevenserie met ondiep voorland; bepaling stabiliteit breuksteenbestorting onder de waterlijn.
3. Proevenserie met ondiep voorland maar zonder dijktafval teneinde de inkomende golfcondities in proevenserie 2 te definiëren.

De aanpak, randvoorwaarden en modelopstelling behorende bij elk van deze onderdelen worden in dit hoofdstuk gepresenteerd.

3.2 Stabiliteit breuksteen, diep voorland

Doelstelling: Het bepalen van de stabiliteit van een breuksteenbestorting op een te zwakke steenzetting. De stabiliteit is bepaald voor twee taludsteilheden en een drietal golfsteilheden.

Modelopstelling: De modelopstelling wordt gepresenteerd in Figuur 3.1. In de modelopstelling waren een drietal golfhoogtemeters geïnstalleerd. De breuksteenbestorting is uitgevoerd volgens Figuur 3.2. De maatgevende belasting op de breuksteen wordt bereikt in de situatie dat de waterlijn samenvalt met de bovenzijde van de breuksteenbestorting. Dit is de situatie die is gekozen voor het proevenprogramma. De breuksteen wordt voor dit deel van de proeven gekarakteriseerd door een $D_{n50} = 0.020$ m ($M_{50} = 21.9$ g) met een gradatie $D_{n85}/D_{n15} = 1.44$ (zie Figuur 3.3). Per proevenserie zijn 3 of 4 proeven uitgevoerd waarbij de belasting steeds substantieel groter werd gekozen. Na elke proef werd langs een vijftal raaien de schade gemeten m.b.v. een profielmeter. Het schadegetal is vervolgens bepaald ten opzichte van het oorspronkelijke profiel bij de start van de proevenserie. Na elke proevenserie (3 of 4 proeven) is het talud hersteld. Het schadegetal S is gedefinieerd als het door de golfbelasting weggeslagen breuksteenoppervlak gedeeld door het karakteristieke steenoppervlak D_{n50}^2 . Het schadegetal is voor elk van de vijf raaien apart bepaald. Het schadegetal behorende bij de proef is het gemiddelde van deze vijf schadegetallen. Deze berekeningswijze van het gemiddelde schadegetal wijkt af van de gebruikelijke methode waarbij eerst gemiddelde profielen worden

berekend waarna het schadegetal van het gemiddelde profiel wordt bepaald. De laatste methode kent enigszins lagere schadegetallen toe in vergelijking tot de eerst genoemde methode. Er is gekozen voor de eerst genoemde methode aangezien deze een fysisch juister beeld geeft van de werkelijk optredende schade.

- Randvoorwaarden:
- Taludsteilheid 1:3 en 1:4
 - Per taludhelling drie verschillende golfsteilheden
 - Proefduur ca. 2000 golven
 - Pierson Moskowitz energiedichtheidsspectrum

Proefnummers: Proef A t/m F (zie Tabel 1).

3.3 Stabiliteit breuksteen, met 1:100 voorland

Doelstelling: Het bepalen van de stabiliteit van een breuksteenbestorting op een te zwakke steenzetting. De golfaanval bestaat uit zeer sterk gebroken golven waarbij de golfhoogte bij het talud ten minste gehalveerd is ten opzichte van de ongestoorde inkomende golfhoogte. De breuksteenstabiliteit is bepaald voor twee taludsteilheden en een drietal golfsteilheden.

Modelopstelling: De modelopstelling wordt gepresenteerd in Figuur 3.4. In de modelopstelling waren in totaal een achttal golfhoogtemeters geïnstalleerd. Tevens is een golfhoogte-richtingsspreidingsmeter (GRSM) geïnstalleerd. Dit instrument berekent een reflectiecoëfficiënt op basis van de meting van de stroomsnelheid. Nadere uitleg over de problematiek, de toepassing en de verificatie van de GRSM wordt in paragraaf 3.4 gepresenteerd. De breuksteenbestorting is uitgevoerd volgens Figuur 3.2. Er zijn twee typen breuksteen toegepast in dit deel van het proevenprogramma. Proeven G, H en I zijn ten dele uitgevoerd met een $D_{n50} = 0.020$ m (Figuur 3.3) en ten dele met een lichtere sortering: $D_{n50} = 0.017$ m ($M_{50} = 14.0$ g) met een gradatie $D_{n85}/D_{n15} = 1.24$ (zie Figuur 3.5). De overige proeven zijn uitgevoerd met deze lichtere sortering. Per proevenserie zijn 3 tot 6 proeven uitgevoerd waarbij de belasting steeds substantieel groter werd gekozen. Na elke proef werd langs een vijftal raaien de schade gemeten m.b.v. een profielmeter. Het schadegetal is vervolgens voor elk profiel bepaald ten opzichte van het oorspronkelijke profiel bij de start van de proef. Het schadegetal behorende bij een proef is gelijk aan het gemiddelde van de vijf schadegetallen van de vijf beschouwde raaien. Het talud is na elke proef hersteld.

- Randvoorwaarden:
- Voorland 1:100
 - Lengte voorland 20 m
 - Taludsteilheid 1:3 en 1:4
 - Per taludhelling drie verschillende golfsteilheden
 - Proefduur ca. 2000 golven
 - Pierson Moskowitz energiedichtheidsspectrum

Proefnummers: G t/m O (zie ook Tabel 2)

3.4 Proeven met 1:100 voorland, geen dijktaalud

Dit derde deel van het proevenprogramma was er op gericht de juiste inkomende golfhoogte en golfperiode ter plekke van de teen van de dijk te meten. De golfmetingen met dijktaalud bestaan, zoals gebruikelijk, uit het samengestelde signaal van de inkomende en de op het talud gereflecteerde golven. In het geval van niet brekende golven wordt i.h.a. het WL-programma REFLEC gebruikt om, althans voor statistische grootheden, beide signalen te onderscheiden. De methodiek in dit programma is echter niet geschikt om deze toe te passen voor brekende golven. Hierdoor is het in het tweede deel van het proevenprogramma niet mogelijk de inkomende golf voor het talud te meten. Daarom is middels deze derde proevenserie, waarbij de golfreflectie zo laag mogelijk is gehouden, de inkomende golf gemeten voor een aantal proeven uit de tweede serie. Hierbij is gekozen voor de proeven waarbij de gemeten schade juist onder of juist boven het maatgevende schadeniveau ligt.

Tevens zijn tijdens deze proeven metingen uitgevoerd met de GRSM, op gelijke wijze als in proevenserie 2. Dit instrument wordt met name gebruikt bij 3D modellen. Met behulp van dit instrument worden de oppervlakte-uitwijking en orbitaalsnelheden in twee richtingen (x- en y-richting) gemeten. Met behulp van deze waarden kan de hoeveelheid energie worden bepaald behorende bij een tweetal golfrichtingen. Op deze wijze kan de inkomende en gereflecteerde golfenergie worden onderscheiden. Echter, in het geval van brekende golven is niet bekend of deze methode betrouwbare resultaten oplevert. Daarom zijn de resultaten van de metingen met en zonder dijktaalud met elkaar vergeleken.

Doelstelling: Het bepalen van de inkomende golfhoogte van proevenserie 2 (paragraaf 3.3) en het verifiëren van de in proevenserie 2 uitgevoerde GRSM-metingen.

Modelopstelling: De modelopstelling wordt gepresenteerd in Figuur 3.6. Het dijktaalud is verwijderd en vervangen door een horizontaal vlak. Aan het eind van de goot is een golfdempend talud geplaatst. Op het horizontale deel is een set van drie golfhoogtemeters geplaatst. Aangezien op het horizontale deel niet of nauwelijks golfbreking plaatsvindt kunnen deze signalen met behulp van REFLEC worden geanalyseerd om de reflectiecoëfficiënt voor dit deel van de goot te bepalen. In de modelopstelling waren in totaal een elftal golfhoogtemeters geïnstalleerd. Tevens is een golfhoogte-richtingsspreidingsmeter (GRSM) geïnstalleerd.

Randvoorwaarden:

- Voorland 1:100
- Lengte voorland 20 m
- Een selectie van proeven uit het tweede deel van het onderzoek
- Proefduur ca. 2000 golven
- Pierson Moskowitz energiedichtheidsspectrum

Proefnummers: Een selectie uit de proevenseries G t/m O (zie ook Tabel 2)

4 Meetresultaten breuksteenstabiliteit, diep voorland

4.1 Inleiding

De resultaten van het proevenprogramma in de Scheldegoot worden gepresenteerd volgens de indeling die in het voorgaande hoofdstuk is gemaakt:

1. Stabiliteitsonderzoek breuksteenbestorting onder de waterlijn, geen voorland.
2. Stabiliteitsonderzoek breuksteenbestorting onder de waterlijn, voorland 1:100.
3. Proevenserie ter definitie van de golfcondities bij de teen in proevenserie 2.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van proevenserie 1 gepresenteerd. De resultaten van de tweede en derde proevenserie worden in hoofdstuk 5 gepresenteerd.

Voor de presentatie van de resultaten wordt gebruik gemaakt van parameters die in de parameterlijst voor in het rapport zijn gedefinieerd.

4.2 Meetresultaten

Tijdens de proeven is het volgende belastingsmechanisme waargenomen. De brekende golf op het talud zorgt voor een beweging van de stenen juist onder de waterlijn. Als door de belasting van de brekende golf stenen worden verplaatst dan is dat in de opwaartse richting het dijktaalud op (met de bewegingsrichting van de golf mee). De brekende golf vindt vervolgens een niet doorlatend glad talud waardoor er een relatief hoge golfoploop plaats vindt. Het terugstromende water valt de bovenzijde van de bestorting aan en kan daarbij stenen naar dieper water verplaatsen. De schade aan de overlaging wordt dus met name door het terugstromende water vanaf het dijktaalud veroorzaakt. Het bewegen van de stenen vindt zowel tijdens het breken van de golven als tijdens de belasting van het teruglopende water plaats. Deze beweging is reeds duidelijk waarneembaar bij proeven met relatief lage schadegetallen ($S=2$). Het schadeproces van de overlaging verschilt dus duidelijk met het schadeproces van een doorlopende stortstenen bekleding.

De meetresultaten van de proeven worden gepresenteerd in Tabel 3. De uit de metingen afgeleide karakteristieke parameters, en de gemeten schade, worden gepresenteerd in Tabel 4.

De schade is bepaald ten opzichte van het initiële profiel. Het schadeoppervlak is bepaald aan de hand van profielmetingen. Deze zijn per proef voor een vijftal raaien uitgevoerd. Het schadegetal van een proef is het gemiddelde van de schadegetallen van deze vijf raaien. In Bijlage A wordt voor het 1:3 talud per proef een figuur gepresenteerd waarin de gemiddelde inmeting en uitmeting is afgebeeld. Voor een aantal profielen zijn bovendien de vijf afzonderlijke uitmetingen in de figuur opgenomen om een idee te krijgen van de spreiding van de waarnemingen. In bijlage B worden deze figuren gepresenteerd voor de proeven die op het 1:4 talud zijn uitgevoerd.

De gemeten schade na de proeven is het resultaat van de opeenvolging van de verschillende belastingscondities. Aangezien de schade alleen na een volledige proevenserie is hersteld moet deze worden opgevat als een schade die het resultaat is van een combinatie van de verschillende proeven. Er is een vergelijking gemaakt tussen de opgetreden cumulatieve schade in de proeven en een berekening met de breed toegepaste formules van Van der Meer [3] voor stortstenen bekledingen. De formules zijn:

voor ‘plunging’ golven:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad (1)$$

en voor ‘surging’ golven:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P \quad (2)$$

De overgang tussen beide brekertypen (voor hellingen waarbij $\cot \alpha < 4$) wordt beschreven door het kritieke golfgetal ξ_{mc} :

$$\xi_{mc} = (6.2 P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha})^{\frac{1}{P+0.5}} \quad (3)$$

Bij hellingen waarbij $\cot \alpha \geq 4$ vindt deze overgang niet plaats en wordt gebruik gemaakt van formule (1). De parameters uit de formules zijn gedefinieerd in de parameterlijst op pagina v.

Gebruik makend van de formules (1), (2) en (3) kunnen voor de beschouwde 1:3 en 1:4 taluds figuren worden opgesteld waarin de relatie tussen het golfgetal ξ_m , de golfhoogte H_s en het schadegetal S wordt gepresenteerd (Figuur 4.1).

In het programma BREAKWAT kunnen berekeningen gemaakt worden voor een opeenvolging van golfcondities. Dergelijke berekeningen zijn uitgevoerd en vormen de basis voor de vergelijking met de metingen. De resultaten van de BREAKWAT-berekeningen zijn eveneens gepresenteerd in Tabel 4. Als invoer voor de berekeningen zijn, naast de golfgegevens uit de proeven, de volgende parameters gebruikt:

P	=	0.1	[-]
ρ_{steen}	=	2694	[kg/m ³]
ρ_{water}	=	1000	[kg/m ³]
M_{50}	=	0.0219	[kg]

Bij de vergelijking tussen BREAKWAT en de metingen moeten echter de volgende kanttekeningen gemaakt worden:

1. De bovenstaande formules (1), (2) en (3) gelden voor een doorlopend stortstenen talud. De schade die ontstaat bij een dergelijk talud bevindt zich zowel direct onder als direct boven de waterlijn.

2. De metingen in dit proevenprogramma zijn uitgevoerd voor een stortstenen talud dat zich onder water bevindt. De opgetreden schade bevindt zich dus per definitie onder de gemiddelde waterstand.
3. Voor de interpretatie van de metingen betekent dit: bij een doorlopend talud wordt de onderlaag zichtbaar bij een schade van ca. 12 (talud 1:3). Bij een stortstenen talud onder de gemiddelde waterstand (GWS) wordt de onderlaag zichtbaar bij een significant lager schadegetal. Een schadegetal bij de proeven laat zich dus vergelijken met een hoger schadegetal bij de doorlopende stortstenen bekleding. Indien wordt aangenomen dat bij de doorlopende bekleding één derde deel van de schade zich boven de waterlijn bevindt dan geldt de volgende basis voor het vergelijken van de schade:

$$S_{(\text{doorlopende bekleding})} = 1.5 S_{(\text{bekleding onder GWS})} \quad (4)$$

Deze beschouwing wordt in de verdere analyse van de proeven niet verdisconteerd. Echter, bij het ontwerpproces dient er wel degelijk rekening mee gehouden te worden. Daarom wordt er in hoofdstuk 7 van deze rapportage extra aandacht besteed aan welke schade acceptabel geacht wordt voor dit type constructie.

In de volgende paragrafen wordt een globale richtlijn afgeleid voor de stabiliteit van een breuksteenbestorting op een steenzetting onder de waterlijn.

4.3 Globale richtlijn breuksteenoverlaging, talud 1:3

Een vergelijking (Tabel 4) tussen de metingen en de BREAKWAT-berekeningen toont aan dat de breuksteenbestorting onder GWS voor al de beschouwde waarden van ξ_m zwakker is. De gebruikelijke stabiliteitstoename voor toenemende waarden van ξ_m ($\xi_m > 2.5$, 'surging' golven gebied) wordt niet door de metingen bevestigd. Integendeel, de stabiliteit neemt af naar mate ξ_m groter wordt. Voor $\xi_m = 2.4$ geldt dat een schade van $S=5$ bij een ca. 21% lagere golfhoogte wordt bereikt in vergelijking tot de stabiliteitsberekening.

Om een verband uit de resultaten af te leiden is uitgegaan van de Van der Meer formules (1) en (2). Deze zijn echter aangepast met een invloedsfactor Y_p die de invloed van het hoge voorland, de gladde ondoorlatende ondergrond en het gladde talud boven GWS weergeeft. De aangepaste formules zijn:

voor 'plunging' golven ($\xi_m < 2.5$):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} Y_{1:3} \quad (5)$$

en voor 'surging' golven ($\xi_m > 2.5$):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P Y_{1:3} \quad (6)$$

Voor deze formules geldt dat de golfcondities bij de teen van de dijk maatgevend zijn. De waarde van factor $Y_{1:3}$ in bovenstaande formules is vastgesteld opdat de metingen overeenstemmen met bovenstaande formuleringen voor verschillende gemiddelde schadegetallen (zie ook Figuur 4.2):

Schade	$\xi_m=2.0$	$\xi_m=2.4$	$\xi_m=3.4$
S=2	0.81	0.76	0.62
S=5	0.82	0.79	0.66
S=8	0.83	0.78	0.69
S=12	0.85	0.78	0.69
representatieve waarde $Y_{1:3,0\%}$	0.82	0.78	0.66

De in bovenstaande tabel gepresenteerde representatieve waarden voor de Y-factor zijn toepasbaar voor een breuksteenbestorting onder GWS op een 1:3 talud waarbij geen breking op het voorland plaatsvindt. Het gebruik van de representatieve waarden van de Y-factor resulteert in een lichte onderschatting van de schade voor lage schadegetallen en een lichte overschatting van de schade bij hoge schadegetallen.

4.4 Globale richtlijn breuksteenoverlaging, talud 1:4

Een vergelijking tussen de metingen en de berekeningen (Tabel 4) toont aan dat de breuksteenbestorting onder GWS voor al de beschouwde waarden van ξ_m zwakker is. Gezien het talud van 1:4 treedt de overgang van het brekingstype 'plunging' naar 'surging' golven niet op [3]. In de analyse wordt daarom alleen een vergelijking gemaakt met de aanbevolen Van der Meer formule voor 'plunging' golven (vergelijking (1)). Voor de stabiliteit van breuksteen onder aanval van 'plunging' golven op een 1:4 talud geldt volgens vergelijking (1) dat de stabiliteit voor toenemende waarden van ξ_m afneemt. Deze trend is ook in de metingen teruggevonden. Voor $\xi_m=2.0$ geldt dat een schade van S=5 bij een ca. 12% lagere golfhoogte wordt bereikt in vergelijking tot de stabiliteitsberekening in BREAKWAT.

Om een verband uit de resultaten af te leiden is uitgegaan van de Van der Meer formule (1). Deze is, analoog aan de voorgaande paragraaf, aangepast met een factor $Y_{1:4}$ om de metingen zo dicht mogelijk te benaderen. De aangepaste formule is:

voor 'plunging' golven:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} Y_{1:4} \quad (7)$$

De waarde van invloedsfactor $Y_{1:4}$ in bovenstaande formule is vastgesteld opdat de metingen overeenstemmen met bovenstaande formulering voor verschillende gemiddelde schadegetallen (zie ook Figuur 4.3):

Schade	$\xi_m=1.5$	$\xi_m=2.0$	$\xi_m=3.0$
S=2	0.86	0.82	0.84
S=5	0.92	0.88	0.84
S=8	0.92	0.85	0.85
S=12	0.93	0.83	0.83
representatieve waarde $Y_{1:4,0\%}$	0.92	0.84	0.84

De in bovenstaande tabel gepresenteerde representatieve waarden voor de Y-factor zijn toepasbaar voor een 1:4 talud waarbij geen breking op het voorland plaats vindt.

5 Meetresultaten breuksteenstabiliteit, ondiep voorland

5.1 Golfcondities: verificatie GRSM en verwerkingsmethodiek

In paragraaf 3.3 is de opzet van de proevenserie gepresenteerd. De meetresultaten van de proeven G tot en met O worden weergegeven in Tabellen 5 en 6. Een grafische presentatie van het golfhoogteverloop als functie van de gootlengte wordt gegeven in Figuren 5.1 t/m 5.5. De golfhoogtereductie is voor de proeven G, J en K ca. 50%, voor de proeven L en M ca. 60% en voor de proeven H, I, N en O ca. 70%.

Het energiedichtheidsspectrum van de inkomende golven is voor al de gevallen zeer breed te noemen. Typische karakteristieke energiedichtheidsspectra (van de proeven zonder constructie, lage reflectie) worden gepresenteerd in bijlage C.

In Tabel 5 en 6 zijn tevens de waarden opgenomen van de reflectiecoëfficiënt op het voorland welke zijn gemeten met behulp van de golfhoogte-richtingsspreidingsmeter (GRSM). Een voorbeeld van het resultaat van de meting wordt gepresenteerd in Figuur 5.6. Duidelijk is hierin het inkomende en gereflecteerde deel van het golfspectrum te herkennen. Zoals eerder opgemerkt was de juistheid en de nauwkeurigheid van de GRSM meting voor brekende golven niet bekend. Daarom zijn extra metingen uitgevoerd (beschreven in paragraaf 3.4) om de juistheid van de metingen te verifiëren. De resultaten van deze metingen worden gepresenteerd in Tabel 7 en 8. In Figuren 5.7 t/m 5.11 wordt een grafische weergave van deze metingen gegeven. In deze figuren is duidelijk het verschil te onderscheiden tussen de gemeten golfhoogte met en zonder de invloed van de reflecties van het dijktaalud.

De algemene indruk van de proeven met de GRSM is dat de resultaten de verwachtingen van reflectiegrootte volgen. Hiermee wordt bedoeld dat de resultaten van de GRSM een logisch karakter hebben. Waar een grote reflectie werd verwacht werd deze gemeten en waar een lage reflectie werd verwacht werd deze eveneens gemeten. Kwalitatief voldoet de GRSM dus aan de verwachtingen. De kwantitatieve verificatie van de GRSM, met behulp van de metingen zoals gepresenteerd in Tabel 7 en 8, is in twee stappen uitgevoerd:

1. Een vergelijking van de grootte van de gereflecteerde golfhoogte bij ghm 2, 11 en 13

Deze vergelijking is uitgevoerd tussen de metingen zonder dijktaalud (zie paragraaf 3.4). Deze proefopstelling was er op gericht een zo laag mogelijke reflectie bij het eind van de goot op te wekken. De inkomende en gereflecteerde golf zijn op drie plaatsen in de goot gemeten: op diep water (ghm 1,2 en 3; REFLEC-benadering), op het voorland (ghm 11, GRSM-benadering) en op het horizontale deel aan het einde van de goot (ghm 12, 13 en 14, REFLEC-benadering). Op elk van deze posities is een reflectiecoëfficiënt vastgesteld waaruit een gereflecteerde golf kan worden afgeleid. In Tabel 9 wordt de hoogte van de gereflecteerde golf voor de verschillende meetposities vergeleken. Er kan gesteld worden dat de gereflecteerde golfhoogte bij

ghm 11 (GRSM) en ghm 13 (op het horizontale deel) orde van grootte gelijk zou moeten zijn. Uit deze tabel kan worden afgeleid dat dit door de metingen wordt bevestigd. De hoogte van de gereflecteerde golf op deze posities verschilt slechts marginaal (orde 5%). Een fout van 5% in de hoogte van de gereflecteerde golf leidt bij een reflectiecoëfficiënt van $R=25\%$ tot een fout van ca. 0.3% in de hoogte van de inkomende golfhoogte. Dit leidt tot de constatering dat, althans in deze situatie, de meting van de GRSM kan leiden tot betrouwbare resultaten.

2. Een vergelijking van de inkomende golfhoogte voor corresponderende metingen met en zonder dijktaalud.

Het proevenprogramma zonder dijktaalud is zodanig opgesteld dat een of twee proeven per proevenserie uit de proeven met dijktaalud zijn herhaald. Het enige verschil tussen deze proeven is de aan- of afwezigheid van het dijktaalud. De proefresultaten worden gepresenteerd in Tabel 10. De resultaten van ghm 1,2 en 3 bevestigen de opzet van de proeven. Een vergelijking van de resultaten van ghm 11 leidt tot de conclusie dat de GRSM in het algemeen de reflectie enigszins overschat. Uit Tabel 10 volgt dat de reflectiecoëfficiënt gemiddeld ca. 20% te hoog is (vereiste gemiddelde reflectie correctiefactor is 0.83; gemeten reflectiecoëfficiënt is bv. 31% terwijl deze ca. 25% had moeten zijn). Deze overschatting leidt tot een onderschatting van de inkomende golfhoogte van ca. 3 %. Bovendien is er een standaardafwijking in de resultaten van de inkomende golfhoogte van ca. 2.5%.

Deze redenering is gebaseerd op de veronderstelling dat H_{si} voor vergelijkbare proeven gelijk moet zijn. Het is echter waarschijnlijk dat naarmate er een grotere reflectie van de constructie plaats vindt het brekingsproces van de inkomende golven wordt versterkt, waardoor H_{si} afneemt. Deze invloed is niet in bovenstaande beschouwing verdisconteerd.

Een algemene toepassing van de GRSM is, gezien bovenstaande bevindingen, (nog) niet mogelijk. De reflectiecoëfficiënt welke is berekend met de GRSM volgt de verwachtingen in relatieve zin en lijkt in absolute zin te ook redelijk te voldoen. Nader onderzoek, waarbij de variatie van de reflectiecoëfficiënt bij brekende golven als functie van de afstand tot de constructie moet worden betrokken, zal de bruikbaarheid van de GRSM nader moeten onderbouwen. Hierbij zal ook de genoemde invloed van de mate van reflectie op de inkomende golfhoogte onderzocht moeten worden.

Bovenstaande bevindingen hebben tot de volgende werkwijze geleid ten aanzien van de verwerking van de metingen. Als uitgangspunt zijn de metingen zonder dijktaalud gebruikt. Voor deze proeven zonder constructie is de verhouding tussen de golfhoogte bij ghm 7 en de golfhoogte bij de teen van de constructie bepaald. Tevens zijn voor ghm 7 bij de metingen met het dijktaalud, met gebruik van de metingen zonder dijktaalud, de juiste reflectiecoëfficiënten bepaald. Op deze wijze is per proevenserie met dijktaalud de juiste waarde voor de inkomende golfhoogte bij ghm 7 bepaald. Vervolgens is, uitgaande van de verhouding tussen ghm7 en de golfhoogte bij de teen, de inkomende significante golfhoogte bij de teen van de constructie bepaald. Deze waarde is gebruikt voor de stabiliteitsanalyse van de breuksteenoverlaging.

Uitgaande van een nauwkeurigheid van de golfhoogte bij ghm 7 van $<3\%$ wordt voor de golfhoogte bij de teen van het talud een nauwkeurigheid van $<5\%$ aangehouden. Voor stabiliteitsproeven is deze nauwkeurigheid acceptabel.

Op basis van deze werkwijze zijn voor de stabiliteitsproeven een aantal karakteristieke parameters afgeleid welke in Tabel 11 worden gepresenteerd.

5.2 Golfcondities: verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$

Voor de metingen die zijn uitgevoerd zowel met als zonder dijktaalud is een vergelijking gemaakt voor het verloop van de factor $H_{1\%,m}/H_{1/3}$. Als een golfhoogteverdeling de Rayleigh-verdeling volgt, bv. op diep water, dan geldt voor deze factor een theoretische waarde van 1.52. Zodra de waterdiepte kleiner dan ca. 5 à 10 maal de golfhoogte wordt, zal de golfhoogteverdeling gaan afwijken van de Rayleigh-verdeling. De verhouding tussen de relatief hoge golven en de significante golfhoogte wordt kleiner. Dit komt tot uiting in de volgende formule [4]:

$$\frac{H_{1\%}}{H_s} = 1.517 \left(1 + \frac{H_s}{h}\right)^{-1/3} \quad (8)$$

In deze formule zijn respectievelijk $H_{1\%}$, H_s en h gedefinieerd bij de teen van de dijk.

Op basis van deze formule zou de verhouding $H_{1\%}/H_s$ voor al de metingen ca. 1.29 bedragen. In Figuren 5.12 tot 5.16 is een vergelijking gemaakt voor de verhouding van $H_{1\%,m}/H_{1/3}$ als functie van de gootlengte. De metingen die zijn gepresenteerd, corresponderen met de metingen uit Tabel 7 en 8. Het zijn per figuur vergelijkbare proeven waarbij de aan- of afwezigheid van het dijktaalud als enig verschil geldt. De doorgetrokken lijn geeft steeds de meting aan waarbij het dijktaalud aanwezig (normale reflectie) was; de onderbroken lijn waarbij het dijktaalud afwezig was (lage reflectie). De onderbroken lijn kan, als gevolg van de lage reflectie, beschouwd worden als de meest zuivere meting. Op basis van de Figuren 5.12 t/m 5.16 kunnen de volgende constateringën gemaakt worden:

1. Bij zeer sterke breking is de reflectiecoëfficiënt voor $H_{1/3}$ niet zonder meer gelijk aan die voor $H_{1\%,m}$. Dit volgt uit de grote afwijking tussen de metingen met en zonder dijktaalud.
2. De gemeten verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$ bij de teen van de dijk volgt niet formulering (8). Er lijkt een verband te bestaan tussen de verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$ en de mate van golfhoogtereductie op het voorland. Uit de figuren kan de volgende tabel worden samengesteld:

golfhoogtereductie op het voorland	50%	60%	70%
gemeten verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$ bij de teen van de dijk	1.27	1.34	1.42
verhouding $H_{1\%}/H_s$ volgens (8)	1.29	1.29	1.29

Bovenstaande constateringën zijn niet voor de hand liggend en kunnen een belangrijke invloed op de analyse hebben. Er is daarom onderzocht of de aanwezigheid van de laagfrequente componenten invloed heeft gehad op deze resultaten. In het geval dat de golfhoogte van de laag- en hoogfrequente delen van het golfspectrum orde van grootte gelijk is kan het gebeuren dat niet al de hoog frequente golven worden opgemerkt door de verwerkingsmethode. Deze onderscheidt immers de golven op basis van nuldoorgangen. Er is middels een filtering van de laagfrequente signalen onderzocht of dit van invloed is op bovenstaande resultaten. Een filtering van de frequenties lager dan 0.2 Hz leidde echter niet tot een significant ander resultaat dan gepresenteerd in bovenstaande tabel.

Omdat bovenstaande problematiek nog niet volledig is onderzocht en geanalyseerd is er in de verdere analyse voor gekozen om de metingen van de breuksteenstabiliteit te vergelijken met de formules van Van der Meer waarin de verhouding $H_{1\%,i}/H_s$ niet is verdisconteerd. De metingen worden dus vergeleken op basis van H_s bij de teen van de dijk (formules (1), (2) en (3)). Deze is voor de analyse gebruikt in combinatie met de gemiddelde golfperiode die op diep water is gemeten (golfhoogetemeters 1, 2 en 3).

In de praktijk zal de golfhoopte bij de teen van de dijk worden uitgerekend met numerieke golfsimulatiemodellen, bijvoorbeeld het model SWAN. Daarom is er een vergelijking gemaakt tussen een drietal metingen zonder constructie uit de Scheldegoot en numerieke modelresultaten van het SWAN model. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met de standaard instellingen. De resultaten worden in bijlage D gepresenteerd. De conclusie is dat SWAN in deze situatie, in vergelijking tot de modelresultaten voor zeer sterk gebroken golven, de significante golfhoopte (berekend op basis van energie) licht onderschat (orde 5 -10%). Dit verschil kan het gevolg zijn van o.a. het surfbeat effect. Dit effect, hetgeen laag frequente golven in de brandingszone tot gevolg heeft, is enerzijds niet opgenomen in de SWAN modellering en kan anderzijds afwijkingen in de metingen veroorzaken.

5.3 Meetresultaten

De schadeontwikkeling die is waargenomen tijdens de proeven komt overeen met de beschrijving die in paragraaf 4.2 van dit rapport is opgenomen.

De meetresultaten van de proeven zijn gepresenteerd in de Tabellen 5 en 6. Een overzicht van de grootheden die expliciet zijn gebruikt voor de analyse zijn gepresenteerd in Tabel 11. Hierin worden zowel de karakteristieke golfgrootheden als de gemeten schadehoeveelheden gepresenteerd. Elke proef is gestart met een volledig herstelde breuksteenbestorting. Het schadeoppervlak is bepaald aan de hand van profielmetingen. Deze zijn per proef voor een vijftal raaien uitgevoerd. Het gepresenteerde schadegetal is het gemiddelde van de schadegetallen van deze vijf raaien. In bijlage E en F worden respectievelijk de gemiddelde schadeprofielen gepresenteerd van de proeven G t/m I en H t/m O. Voor een aantal profielen zijn bovendien de vijf afzonderlijke uitmetingen in de figuur weergegeven om een idee te krijgen van de spreiding van de waarnemingen.

In Figuur 5.17 t/m 5.19 wordt de gemeten stabiliteit van breuksteen (weergegeven als punten) vergeleken met de algemeen toegepaste formules van Van der Meer [3] (formules (1), (2) en (3)). Hierbij zijn de volgende invoergegevens gebruikt:

$P =$	0.1	[-]
$N =$	2000	[-]
$\Delta =$	1.694	[-]
$D_{n50} =$	0.0201	[m]
$\cot(\alpha) =$	3 of 4	[-]
$S =$	2, 5, 8, 12	[-]

Voor de toepassing van deze formules gelden dezelfde kanttekeningen die zijn gemaakt in paragraaf 4.2 bij de formules (1), (2) en (3). Uit de figuren blijkt dat het schadeniveau, voor een vergelijkbaar belastingsniveau, bij de metingen lager ligt dan bij de berekende waarden.

De meetresultaten kunnen ook op een andere wijze worden vergeleken met de formules (1), (2) en (3). In Figuur 5.20 en 5.21 worden de gemeten schadehoeveelheden vergeleken met het de factor $H_s/\Delta D_{n50}$. Uit deze figuren blijkt enerzijds dat de constructie in het algemeen een hogere sterkte heeft dan op basis van de Van der Meer formules wordt verwacht (vergelijking op basis van H_s). Tevens blijkt uit de figuren dat de resultaten geen sterke relatie vertonen met de waarde van ξ_m . Anders gezegd: de golfperiode heeft, ten gevolge van het sterke brekingsproces, nauwelijks invloed op de stabiliteit van de overlaging.

Gezien het feit dat de resultaten in de Figuren 5.20 en 5.21 een duidelijke trend weergeven wordt in de volgende paragrafen relaties afgeleid, uitgaande van de Van der Meer formuleringen, die de meetresultaten beschrijven.

5.4 Ontwerpformule breuksteenoverlaging, talud 1:3, voorland 1:100

Uit Figuur 5.20 blijkt dat er geen aanwijsbare invloed is van de beschouwde brekingspercentages op de breuksteenstabiliteit. Ook de variatie van ξ_m levert geen duidelijke verschillen tussen de metingen op. De resultaten van de metingen kunnen het best worden weergegeven door een kromme die het gemiddelde weergeeft van de uitgevoerde proeven.

vergelijking met de formules van Van der Meer

Het verschil tussen de meetresultaten en de resultaten volgens de Van der Meer formules kan worden uitgedrukt in de factor $Y_{p,q}$. De subscripten p en q staan respectievelijk voor de helling van het breuksteentalud en voor de mate van breking op het voorland. De formules van Van der Meer voor de stabiliteit van breuksteen zijn:

voor 'plunging' golven:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} Y_{1:3, \geq 50\%} \quad (9)$$

en voor 'surging' golven:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P Y_{1:3, \geq 50\%} \quad (10)$$

De overgang tussen beide brekertypen ligt voor een 1:3 talud met een doorlatendheid van $P=0.1$ nabij $\xi_m = 2.5$.

De waarde van de factor $Y_{1:3, \geq 50\%}$ wordt gepresenteerd in de onderstaande tabel:

brekerparameter [-]	$Y_{1:3, \geq 50\%}$ [-]
$\xi_m = 2.2$	1.09
$\xi_m = 2.5$	1.17
$\xi_m = 3.0$	1.15
$\xi_m = 3.5$	1.13

Gezien het feit dat de Y-factor voor al de gevallen ruim boven de 1 ligt lijkt de stabiliteit van de breuksteenoverlaging groter in vergelijking tot een normaal doorlopend breukstenen talud. Echter, de golven in de proevenserie waren sterk gebroken hetgeen betekent dat de verhouding tussen $H_{2\%}/H_s$ niet meer gelijk is aan 1.4. De gebruikte formules gaan uit van H_s waarbij de verandering van deze verhouding niet in rekening wordt gebracht. Als b.v. de verhouding $H_{2\%}/H_s$ niet 1.4 maar b.v. 1.2 was tijdens de metingen (hetgeen waarschijnlijk is) dan betekent dit dat de Y factor ongeveer gelijk wordt aan 1.

Dit betekent dat de invloed van de gladde ondoorlatende ondergrond en het gladde talud boven de gemiddelde waterstand (zie hoofdstuk 4: $Y_{p,q} \approx 0.65$ a 0.8) ongeveer gelijk en tegengesteld is aan de invloed van het ondiepe voorland op de spectrumvorm.

ontwerpformule breuksteenoverlaging, talud 1:3

Een praktisch toepasbare ontwerpformule voor de breuksteenoverlaging waarmee de meest waarschijnlijke schade van de breuksteenoverlaging kan worden berekend is samengesteld op basis van de Van der Meer formule voor surging golven. De invloed van ξ_m op de stabiliteit is afwezig zodat deze uit de formulering is geschrapt. De formulering die het gemiddelde resultaat van de metingen best beschrijft is (Figuur 5.22):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.28 P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \quad (11)$$

In het beschouwde geval van een breuksteenoverlaging op een 1:3 talud kunnen de volgende waarden worden gesubstitueerd:

$$\begin{aligned} P &= 0.1 \text{ [-]} \\ \cot \alpha &= 3 \text{ [-]} \end{aligned}$$

Dit resulteert in de volgende eenvoudige formule die toepasbaar is voor breuksteenoverlagingen op een 1:3 talud waarbij de golven op het 1:100 voorland ten minste 50% in golfhoogte zijn gereduceerd (Figuur 5.22):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 3.0 S^{0.2} N^{-0.1} \quad (12)$$

Deze formule is gebaseerd op de gemiddelde verwachting van de schade die bij een gegeven belasting zal optreden. De betrouwbaarheidsintervallen zoals die in PIANC, 1993 zijn gepresenteerd kunnen ook in deze situatie worden toegepast. Hiermee dient in het ontwerp rekening gehouden te worden.

5.5 Ontwerpformule breuksteenoverlaging, talud 1:4, voorland 1:100

Uit Figuur 5.21 blijkt dat er geen aanwijsbare invloed is van de beschouwde brekingspercentages op de breuksteenstabiliteit. De variatie van ξ_m levert voor lage schadegetallen een gering verschil op tussen de metingen. Voor schadegetallen groter dan vier is deze invloed niet te onderscheiden. De resultaten van de metingen kunnen het best worden weergegeven door een kromme die het gemiddelde weergeeft van de uitgevoerde proeven.

vergelijking met de formule Van der Meer

Het verschil tussen de meetresultaten en de resultaten volgens de Van der Meer formules kan worden uitgedrukt in de factor $Y_{p,q}$. De subscripten p en q staan respectievelijk voor de helling van het breuksteentalud en voor de mate van breking op het voorland. De formules van Van der Meer voor de stabiliteit van breuksteen op een 1:4 talud zijn:

voor 'plunging' golven:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} Y_{1:4, \geq 50\%} \quad (13)$$

In Figuur 5.21 is duidelijk waarneembaar dat de lijn die de gemiddelde waarde van de metingen weergeeft een andere steilheid heeft dan de lijnen behorend bij formule (13). De waarde van de factor $Y_{1:4, \geq 50\%}$ is gebaseerd een vergelijking van beide lijnen voor $S=5$. De resultaten worden in de onderstaande tabel gepresenteerd:

brekerparameter [-]	$Y_{1:4, \geq 50\%}$ [-]
$\xi_m = 1.5$	0.95
$\xi_m = 2.0$	1.10
$\xi_m = 3.3$	1.41

De grote verschillen van de Y-factor in bovenstaande tabel komen voort uit de grote invloed van de brekerparameter in formule (13) terwijl deze in de meetresultaten ontbreekt. De steilheid van de lijnen in Figuur 5.21 wordt bepaald door de exponent van schadegetal S. Aangezien de steilheid van het gemiddelde van de meetresultaten verschilt van die van de Van der Meer formule ligt het voor de hand deze exponent aan te passen. Deze aanpassing wordt in de volgende paragraaf nader toegelicht.

ontwerpformule breuksteenoverlaging, talud 1:4

Een eenvoudige praktisch toepasbare ontwerpformule voor de breuksteenoverlaging waarmee de meest waarschijnlijke schade van de breuksteenoverlaging kan worden berekend is de volgende formule:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 2.8 S^{0.28} N^{-0.1} \quad (14)$$

De factoren 2.8 en 0.28 zijn vastgesteld aan de hand van Figuur 5.23. De helling van het gemiddelde van de metingen komt overeen met 0.28 hetgeen de waarde van de exponent van S weergeeft. Het resultaat van de benadering wordt in Figuur 5.23 gepresenteerd op zowel een logaritmische als een normale schaalverdeling.

Bovenstaande formule is toepasbaar voor breuksteenoverlagingen op een 1:4 talud waarbij de golfhoogte op het voorland (talud 1:100) voor minstens 50% is gereduceerd. Deze formule is gebaseerd op de gemiddelde verwachting van de schade die bij een gegeven belasting zal optreden. De betrouwbaarheidsintervallen zoals die in PIANC, 1993 zijn gepresenteerd kunnen ook in deze situatie worden toegepast. Hiermee dient in het ontwerp rekening gehouden te worden.

6 Deltagootmetingen

6.1 Inleiding

Naast de proeven in de Scheldegoot zijn er tevens vergelijkbare proeven uitgevoerd in de Deltagoot (proefopstelling 7). Naast het schaalverschil waren de belangrijkste verschillen (i) de spectrumvorm, (ii) de taludhelling en (iii) de voorlandhelling. In dit hoofdstuk worden de proeven in de Deltagoot beschreven en worden de resultaten vergeleken met de resultaten van het Scheldegootonderzoek.

6.2 Proefopstelling

De proeven zijn uitgevoerd met een taludhelling van 1:3.5. Op dit talud waren betonblokken aangebracht van $0.5 \times 0.5 \times 0.25 \text{ m}^3$. De steenbestorting onder de waterlijn bestond uit een laag van $2 \cdot D_{n50} = 0.5 \text{ m}$ (zie Figuur 6.1). De breuksteenlaag begon op de gootbodem en eindigde op de stilwaterlijn, die afhankelijk van de proef, op respectievelijk +2.0 m of +2.2 m lag. De gebruikte breuksteen was geselecteerd als 21 - 85 kg met een M_{50} van 42 kg en een volumieke massa van 2610 kg/m^3 .

De golfkarakteristieken zijn bepaald met behulp van twee golfhoogteopnemers, die op een afstand van 100 m van het golfschot (60 m van de constructie) waren geplaatst. De resultaten van deze metingen zijn gebruikt voor de analyse van de breuksteenstabiliteit. Tevens was er een golfploopmeter op het talud aangebracht. Deze oploopmeter begon op +2.8 m boven de gootbodem en liep door tot de berm op +5.0 m boven de gootbodem. De resultaten van de golfploopmetingen zijn niet in deze rapportage opgenomen.

Het profiel van het talud werd voor en na de proeven gepeild. In totaal werden 6 profielen ingemeten met het aan de sleepwagen van de Deltagoot bevestigde peilapparaat. De schade van elke proef (S) werd bepaald door de peiling na elke proef af te trekken van de nulpeiling. Er zijn twee proevenseries uitgevoerd. Na de eerste proevenserie is het talud hersteld in de nulsituatie waarna de tweede proevenserie is uitgevoerd.

6.3 Doel van de proeven

Het doel van de proeven was tweeledig, namelijk:

1. Het vastleggen van de stabiliteit van de breuksteen bij sterk gebroken golven.
2. Het bepalen van de invloed van de breuksteen op de golfploop.

Voor het eerstgenoemde doel zijn er twee referentiemogelijkheden. In paragraaf 6.5 zal een vergelijking gemaakt worden met de Van der Meer formules voor stortstenen taluds. Vervolgens wordt in paragraaf 6.6 een vergelijking gemaakt met de vergelijkbare proeven in de Scheldegoot die in de voorgaande hoofdstukken van deze rapportage zijn gepresenteerd.

6.4 Golfcondities

De golfcondities die voor deze proeven zijn gebruikt zijn afgeleid uit eerdere proeven in de Scheldegoot [5]. Hierbij zijn metingen verricht aan sterk gebroken golfcondities op en achter een zandbank. Het golfsignaal dat achter op de zandbank is gemeten is gebruikt om een golfschotsturing voor de Deltagoot te maken. Op deze wijze is getracht sterk gebroken golven te simuleren zonder dat daarbij de bouw van een zandbank in de Deltagoot noodzakelijk was. Het doel van deze werkwijze was om bij het talud een golfconditie krijgen die overeenkomt met golven die breken op een zandbank en daarna over een horizontale bodem de dijk naderen. Ten aanzien van de reproductie van de golfcondities in de Deltagoot kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De opgewekte spectrumvorm is breed hetgeen karakteristiek is voor sterk gebroken golven. Deze is goed reproduceerbaar in de Deltagoot.
2. De van Rayleigh afwijkende golfhoogteverdeling, die na het breken van de golven gemeten is, is ook goed in de Deltagoot op te wekken. Echter, het blijkt dat op het traject tussen het golfschot en de constructie de Rayleigh verdeling zich herstelt. Dit houdt in dat de golfhoogteverdeling juist voor de constructie slechts weinig afwijkt van de Rayleigh verdeling.

6.5 Proevenprogramma

Het volgende proevenprogramma is uitgevoerd (zie ook Tabel 12):

Serie 1	peilen	
	ingolven met 70% van de gewenste golfhoogte	proef 7o01
	peilen	
	500 golven	proef 7o02a
	peilen	
	1500 golven	proef 7o02b
	peilen	
	500 golven	proef 7o03a
	peilen	
	1500 golven	proef 7o03b
Serie 2	peilen	
	ingolven met 70% van de gewenste golfhoogte	proef 7o04
	peilen	
	500 golven	proef 7o05a
	peilen	
	1500 golven	proef 7o05b
	peilen	
	500 golven	proef 7o06a
	peilen	
	1500 golven	proef 7o06b
	peilen	

6.6 Resultaten van de stabiliteitsproeven

De resultaten van de proeven worden gepresenteerd in Tabel 12. De in de tabel gepresenteerde S waarde is de gemiddelde schade op basis van de zes profielmetingen na elke proef. In bijlage G worden per proef de gemiddelde schadeprofielen gepresenteerd. De gemeten schadegetallen zijn vergeleken met berekeningen op basis van de Van der Meer formules (1), (2) en (3). Met behulp van het WL-programma BREAKWAT zijn berekeningen gemaakt waarin de cumulatieve schade wordt berekend op basis van een opeenvolging van proeven. De berekeningen zijn gemaakt met gebruik van de volgende parameters:

$M_{50} =$	42	[kg]
$\rho_{\text{steen}} =$	2610	[kg/m ³]
$\rho_{\text{water}} =$	1000	[kg/m ³]
$\cot\alpha =$	3.5	[-]
$H_{2\%}/H_s =$	1.4	[-]
$P =$	0.1	[-]

Voor de berekeningen in BREAKWAT gelden de kanttekeningen zoals die in paragraaf 4.2. Bovendien geldt in dit geval dat de spectrumvorm nadrukkelijk afwijkt van de vorm waar de Van der Meer formules op zijn gebaseerd. Evenals in de voorgaande hoofdstukken is de factor $H_{2\%}/H_s$ gelijk aan 1.4 gesteld. Deze berekeningsresultaten worden gepresenteerd in Tabel 13.

Uit de resultaten in Tabel 12 en 13 kan de conclusie getrokken worden dat, gemiddeld genomen, de BREAKWAT resultaten overeenkomen met de werkelijk optredende schade.

Op basis van het geringe aantal uitgevoerde proeven in de Deltagoot kan gesteld worden dat de gemiddeld de optredende schade S ongeveer gelijk is aan de schadeberekening met BREAKWAT. Dit laat zich, analoog aan hoofdstuk 4, uitdrukken in een invloedsfactor Y van ca. 1.

6.7 Vergelijking met de Scheldegootresultaten

Voordat een vergelijking gemaakt wordt met de resultaten van de Scheldegootproeven wordt eerst een overzicht gegeven van de verschillen tussen de proefopstellingen.

Faciliteit	proevenserie	type golven	spectrumvorm	schatting $H_{2\%}/H_s$
Scheldegoot	A t/m F	diep water	Pierson Moskowitz	1.40
Scheldegoot	G t/m O	brekend	zeer breed	1.20
Deltagoot	1, 2	gebroken	breed	1.24

Uit bovenstaande tabel blijkt dat geen van de proevenseries direct met elkaar te vergelijken zijn.

Indien de Deltagootproeven worden vergeleken met de proeven A tot en met O uit de Scheldegoot dan kan de volgende tabel worden opgesteld (voor vergelijkbare waarden van ξ_m):

proef	talud [-]	vergelijkbare waarde ξ_m [-]	$H_s/H_{2\%}$ [-]	Y factor [-]	$Y \cdot H_s/H_{2\%}$ [-]
A, B en C	1:3	2.0	1/1.4	0.82	0.59
D, E en F	1:4	1.5	1/1.4	0.92	0.66
J, K, L, M, N en O	1:3	2.0	1/1.2	1.04	0.83
G, H en I	1:4	1.5	1/1.2	0.95	0.79
Deltagoot proeven	1:3.5	1.7	1/1.24	1.00	0.81

De invloedsfactor Y in combinatie met de verhouding $H_{2\%}/H_s$ bepaald de afwijking ten opzichte van de Van der Meer formules. Uit deze vergelijking blijkt dat de proefresultaten uit de Deltagoot en de Scheldegoot met ondiep voorland mooi op elkaar aan sluiten.

7 Acceptabele schade

7.1 Inleiding

In paragraaf 4.2 is reeds aangegeven dat het schadegetal behorend bij een doorlopende breuksteenbestorting niet direct vergelijkbaar is met de schadegetallen die in dit onderzoek zijn bepaald. Daarom wordt in dit hoofdstuk dieper ingegaan op het schadebeeld dat optreedt bij de gemeten schadegetallen. Een en ander is van belang voor de ontwerper die de afweging tussen de bouwkosten en de onderhoudskosten tijdens het ontwerp dient te maken. Deze afweging kan gemaakt worden indien de beheerder aangeeft bij welk schadebeeld van de constructie onderhoudswerkzaamheden vereist zijn.

7.2 Schadebeeld

Het schadebeeld van de in het kader van deze studie uitgevoerde proeven is gepresenteerd in de bijlagen A, B, E, F en G. De primaire functie van de breuksteenoverlaging is de bescherming van de ondergelegen te zwakke steenzetting. Het functioneren van de breuksteenoverlaging wordt daarom afgemeten aan het vervullen van deze functie. Het schadegetal S zegt op zich niet direct iets over dit functioneren van de constructie. Daarom is er een relatie gelegd tussen het schadegetal en de breedte van de strook (langs het talud gemeten) die ten gevolge van de schade direct aan de golfbelasting wordt bloot gesteld. Deze breedte wordt uitgedrukt in steendiameters. Voor het 1:3 en het 1:4 talud is, op basis van bovengenoemde bijlagen, de volgende tabel opgesteld:

breedte van de vrijgekomen strook steenzetting	talud 1:3	talud 1:4
$0 * D_{n50}$	$S < 3$	$S < 3$
$1 * D_{n50}$	$S = 5$	$S = 5 - 6$
$2 * D_{n50}$	$S = 6 - 7$	$S = 7 - 8$
$4 * D_{n50}$	$S = 9 - 10$	$S = 11 - 12$
$6 * D_{n50}$	$S = 12 - 13$	$S = 15 - 16$

Gebruik makend van deze tabel kan een richtlijn worden opgesteld ten aanzien van de toelaatbare breedte van de strook niet overlaagde steenzetting.

7.3 Acceptabele schade

De schade die onder ontwerpomstandigheden kan worden geaccepteerd is met name afhankelijk van de sterkte van de onderliggende steenzetting. Gezien het feit dat de gecombineerde sterkte van de breuksteenoverlaging en de onderliggende steenzetting gedurende maatgevende condities niet is gedefinieerd wordt de volgende ontwerprichtlijn aanbevolen:

Het ontwerp van de breuksteenoverlaging dient zodanig te zijn dat de onderliggende steenzetting onder maatgevende condities niet bloot komt te liggen. Het ontwerp en het moment van het plegen van onderhoud dienen hierop te worden afgestemd.

Bovenstaande kan worden bewerkstelligd door voor een overlaging die tot juist tot aan de bovenzijde van de steenzetting wordt uitgevoerd een maximale schade van $S=3$ te accepteren. In het geval dat de breuksteenoverlaging hoger wordt doorgetrokken kan een hogere schade worden geaccepteerd, welke is vast te stellen aan de hand van bovenstaande tabel. Indien de overlaging bv. 1 steendiameter wordt doorgetrokken boven de bovengrens van de steenzetting dan kan wellicht een schade van $S=5$ (talud 1:3) worden geaccepteerd onder ontwerpcondities.

Bij het ontwerp dient rekening te worden gehouden met het feit dat de waterstand varieert. Voor verschillende waterstanden zal moeten worden nagegaan wat de ontwerpcondities zijn en welke schade dit tot gevolg heeft.

Opgemerkt wordt dat voor elk ontwerp dient te gelden dat de overlaging aan het bovenstaande criterium voldoet, ook in het geval dat nog juist niet tot onderhoud wordt besloten.

8 Conclusies

De volgende conclusies kunnen getrokken worden op basis van het verrichtte modelonderzoek:

1. De maatgevende belastingsconditie voor een breuksteenbestorting op een te zwakke steenzetting is de situatie dat de waterstand samenvalt met de bovenrand van de bestorting. Dit is tevens de beschouwde situatie in het uitgevoerde modelonderzoek.
2. Het modelonderzoek toont aan dat een dergelijke breuksteenbestorting onder de maatgevende belastingscondities minder sterk is dan op basis van een BREAKWAT berekening verwacht zou worden.
3. Tijdens de proeven is het volgende schademechanisme waargenomen. De brekende golf op het talud zorgt voor een beweging van de stenen juist onder de waterlijn. Als door de belasting van de inkomende brekende golf stenen worden verplaatst dan is dat in de opwaartse richting het dijktaalud op (met de bewegingsrichting van de golf mee). De brekende golf vindt vervolgens een niet doorlatend glad talud waardoor er een relatief hoge golfoploop plaats vindt. Het terugstromende water valt de bovenzijde van de bestorting aan en kan daarbij stenen naar dieper water verplaatsen. De schade aan de overlaging wordt dus met name door het terugstromende water vanaf het dijktaalud veroorzaakt. Beweging van de stenen vindt zowel tijdens het breken van de golven als tijdens de belasting van het teruglopende water plaats. Deze beweging is reeds duidelijk waarneembaar bij proeven met relatief lage schadegetallen ($S=2$). Het schadeproces van de overlaging verschilt dus duidelijk met het schadeproces van een doorlopende stortstenen bekleding.
4. Omdat verondersteld wordt dat de hoogste golven uit een golfveld bepalend zijn voor de schade is voor al de berekeningen van de breuksteenstabiliteit een correcte inschatting van de verhouding $H_{1\%}/H_s$ zeer belangrijk. De metingen tonen echter aan dat de waarde van deze verhouding voor zeer sterk brekende golven nog niet eenduidig te bepalen is. Daarom zijn voorlopig zijn de conclusies gebaseerd op de waarden van H_s bij de teen van de dijk. Voor de golfperiode is de gemiddelde golfperiode T_m op diep water gebruikt.
5. Bij een breuksteenoverlaging nabij relatief diep water waarbij de golven het talud ongebroken bereiken (Pierson Moskowitz energiedichtheidsspectrum) treedt een schade van bv. $S=5$ op bij een 10 tot 35% lagere golfhoogte in vergelijking tot een steenbestorting die over het gehele talud is uitgevoerd. De waarde van $H_s/\Delta D_{n50}$, die berekend is met de formules van Van der Meer, bij een bepaald schadegetal moet vermenigvuldigd worden met de volgende invloedsfactor Y :

$Y_{1:3}$	$\xi_m=2.0$	$\xi_m=2.4$	$\xi_m=3.4$
talud 1:3	0.82 (5)	0.78 (5)	0.66 (6)

$Y_{1:4}$	$\xi_m=1.5$	$\xi_m=2.0$	$\xi_m=3.0$
talud 1:4	0.92 (7)	0.84 (7)	0.84 (7)

De waarden tussen haakjes verwijzen naar een formule in het rapport waarop de invloedsfactor Y van toepassing is.

6. Voor de situatie dat de golfhoogte op het voorland (voorland talud 1:100) minstens 50% wordt gereduceerd kan de stabiliteit van de breuksteenoverlaging op een 1:3 talud worden bepaald met de volgende formule:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 3.0 S^{0.2} N^{-0.1} \quad (15)$$

7. Voor de situatie dat de golfhoogte op het voorland (voorland talud 1:100) minstens 50% wordt gereduceerd kan de stabiliteit van de breuksteenoverlaging op een 1:4 talud worden bepaald met de volgende formule:

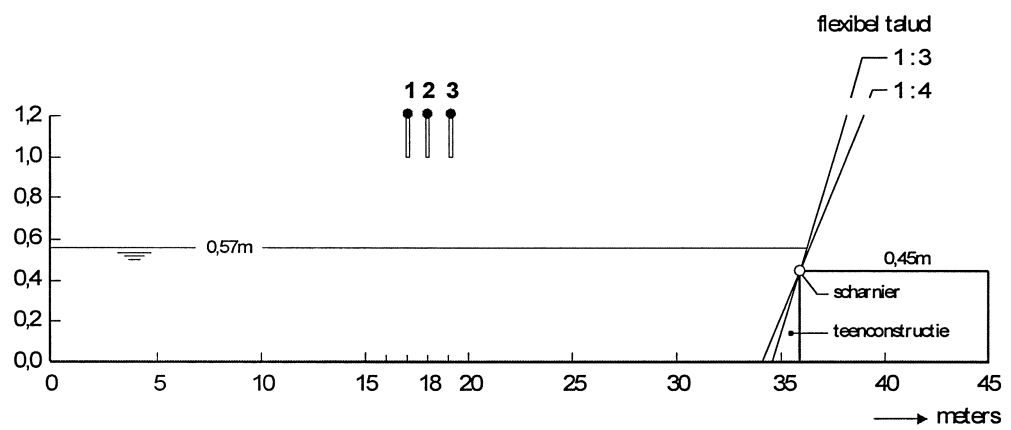
$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 2.8 S^{0.28} N^{-0.1} \quad (16)$$

8. De resultaten in de Deltagoot met horizontaal voorland en sterk gebroken golven komen goed overeen met de Scheldegootproeven waarbij sterk brekende golven op een 1:100 voorland zijn onderzocht.
9. Het ontwerp van de breuksteenoverlaging dient zodanig te zijn dat de onderliggende steenzetting onder maatgevende condities niet bloot komt te liggen. Het ontwerp en het moment van het plegen van onderhoud dienen hierop te worden afgestemd. Op basis van de resultaten van dit modelonderzoek kan worden vastgesteld tot waar de breuksteenoverlaging dient te worden doorgezet om aan dit criterium te voldoen (zie hoofdstuk 7). Als de breuksteenoverlaging alleen op de te versterken zetting wordt gelegd, dan wordt $S=3$ aanbevolen.
10. Een vergelijking van de resultaten van het numerieke simulatiemodel SWAN en de Scheldegootmetingen voor zeer sterk gebroken golven op een 1:100 voorland geeft als resultaat dat het SWAN model de significante golfhoogte (op basis van energie) ca. 5 tot 10 % onderschat. Dit verschil kan het gevolg zijn van het surfbeat effect.

Literatuur

- [1] Inventarisatie opdiepe voorlanden Conceptverslag RIKZ/OS-07.143x, A.T. Kamsteeg. September 1997.
- [2] Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering, CUR report 154, CUR/CIRIA 1991.
- [3] Conceptual design of rubble mound breakwaters, Publicatie 483, WL|DELFT HYDRAULICS, J.W. van der Meer, December 1993.
- [4] Handboek belastingen op waterbouwkundige constructies, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, TAW-A1, WL concept rapportage H1942, M. Klein Breteler, April 1995.
- [5] Scheldegootonderzoek met sterk gebroken golven, Golfoploop en -overslagproeven achter een zandbank, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en waterbouwkunde WL conceptrapportage H3271.14, G. Kant, januari 1998.

Figuren



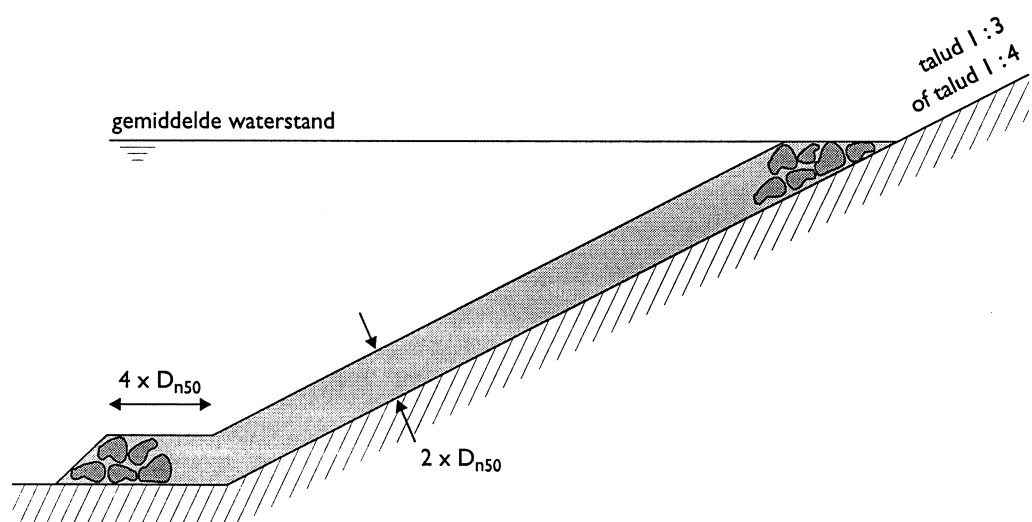
golfhoogte meten	afstand van golfschot (m)
1, 2, 3	18 - 19.5

Opstelling eerste deel proevenprogramma

A4

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR 3.1



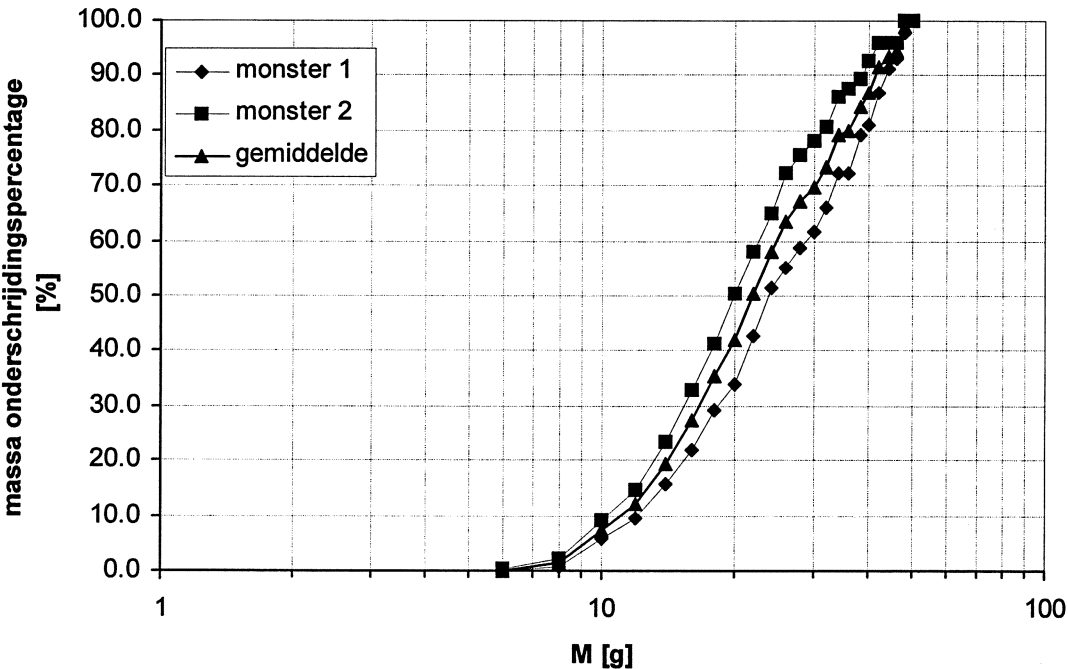
Schematische doorsnede beproefde breuksteenbestorting

A4

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR 3.2

massaverdeling breuksteen (sortering 1)
 H3271.32 Scheldegoot

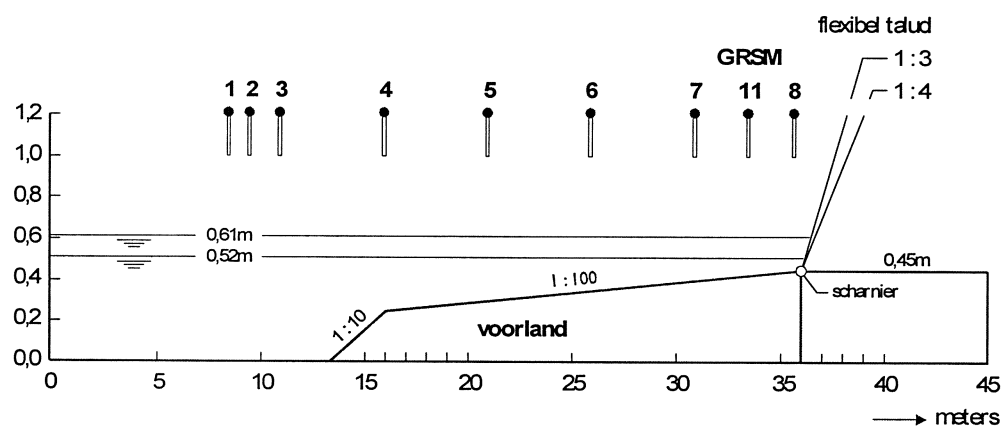


$$D_{n50} = 0.020 \text{ m}$$

$$D_{n85}/D_{n15} = 1.44$$

$$M_{50} = 21.89 \text{ g}$$

Massaverdeling breuksteen (sortering I)		A4
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR 3.3	



golfhoogte meten	afstand van golfshot (m)
1, 2, 3	8 - 10
4	16
5	21
6	26
7	31
11 (GRSM)	33.5
8	35.55

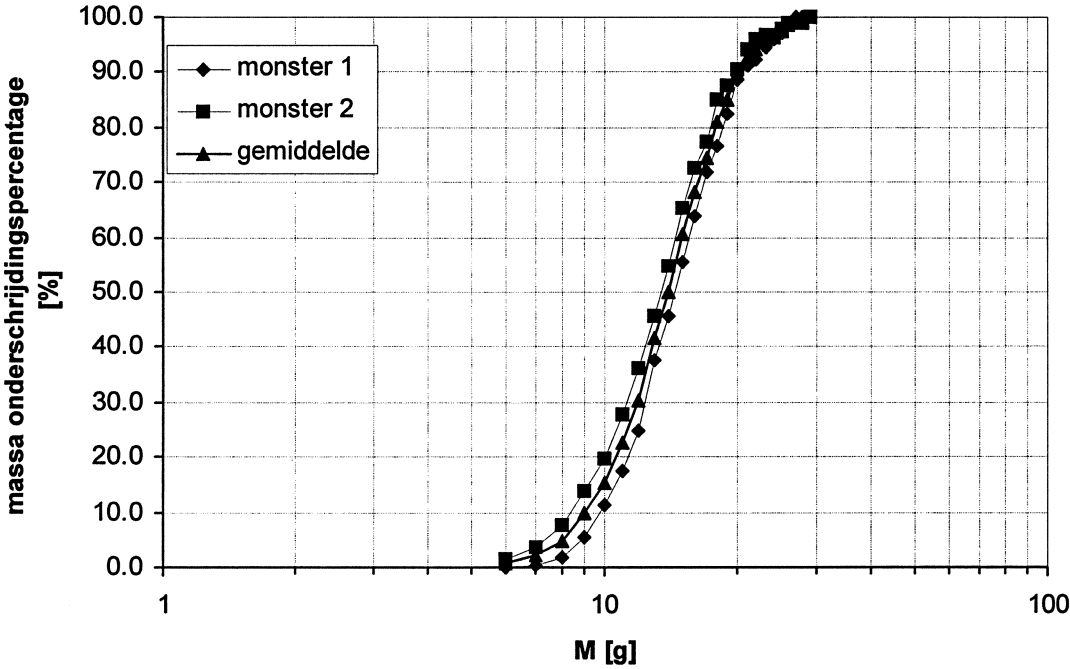
Opstelling tweede deel proevenprogramma

A4

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR 3.4

massaverdeling breuksteen (sortering 2)
H3271.32 Scheldegoot

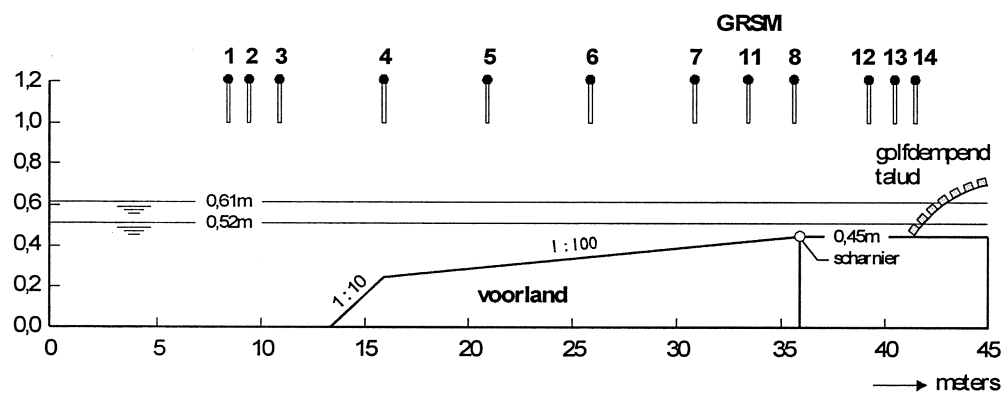


$$D_{n50} = 0.017 \text{ m}$$

$$D_{n85}/D_{n15} = 1.24$$

$$M_{50} = 13.99 \text{ g}$$

Massaverdeling breuksteen (sortering 2)		A4
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR 3.5	



golfhoogte meten	afstand van golfschot (m)
1, 2, 3	8 - 10
4	16
5	21
6	26
7	31
11	33,5
8	35,55
12, 13, 14	39,2 - 40,1

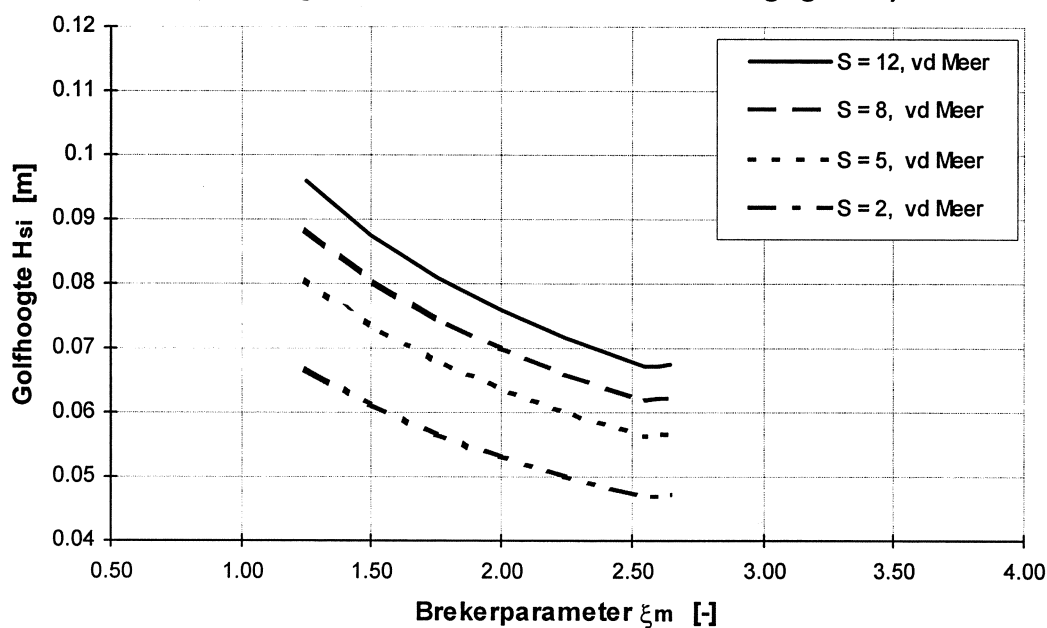
Opstelling derde deel proevenprogramma

A4

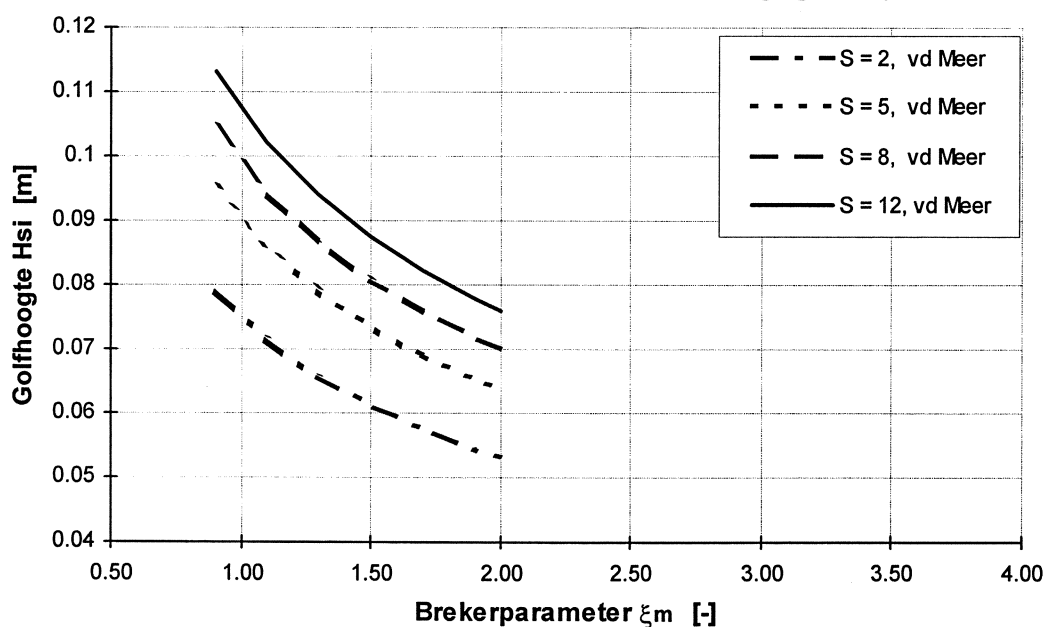
WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR 3.6

Breuksteenstabiliteit, talud 1:3
 $D_{n50}=0.02\text{m}$, $P=0.1$, $N=2000$, $\Delta=1.694$, $H_2\%/H_s=1.4$
 (alleen gebied voor $0.01 < s_{op} < 0.04$ is aangegeven)

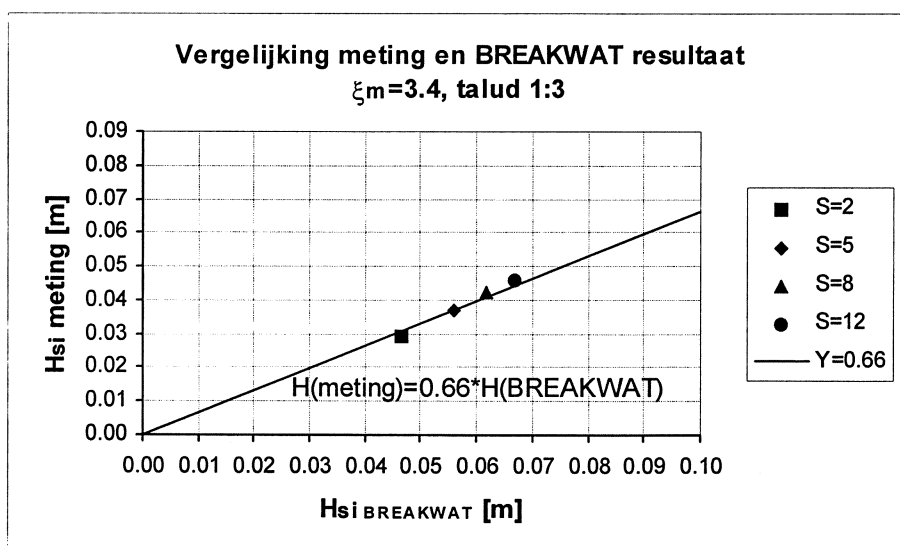
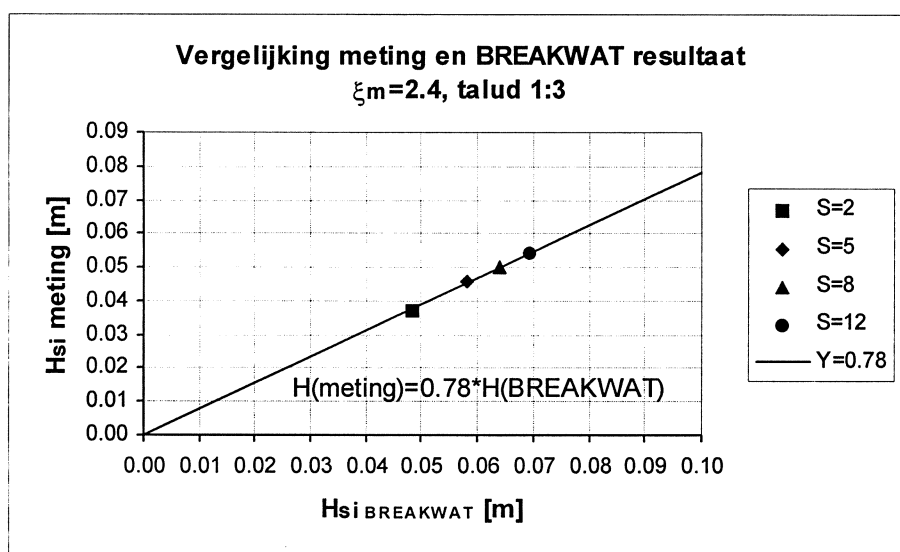
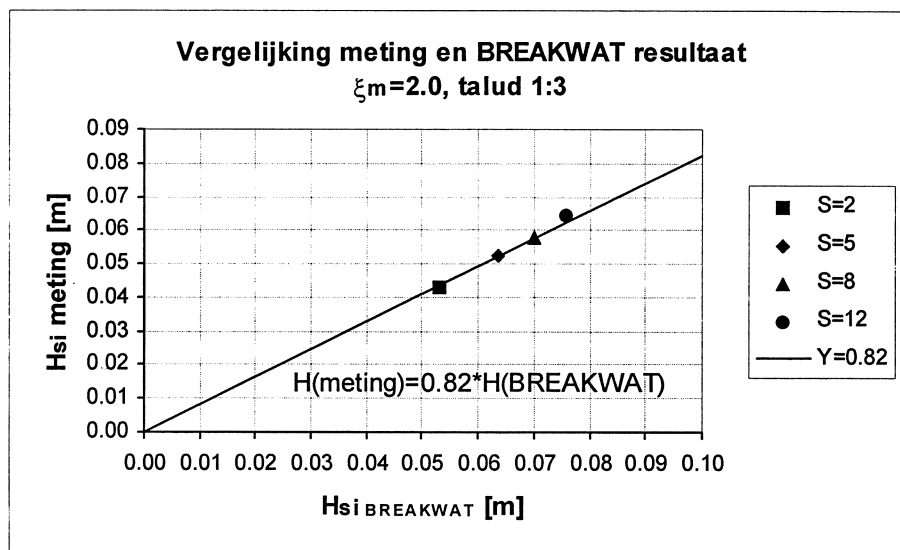


Breuksteenstabiliteit, talud 1:4
 $D_{n50}=0.02\text{m}$, $P=0.1$, $N=2000$, $\Delta=1.694$, $H_2\%/H_s=1.4$
 (alleen gebied voor $0.01 < s_{op} < 0.04$ is aangegeven)

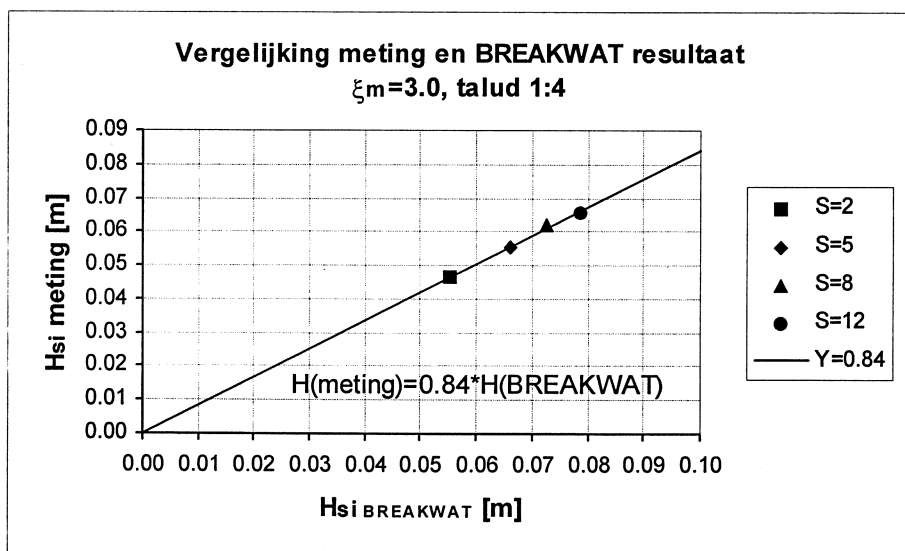
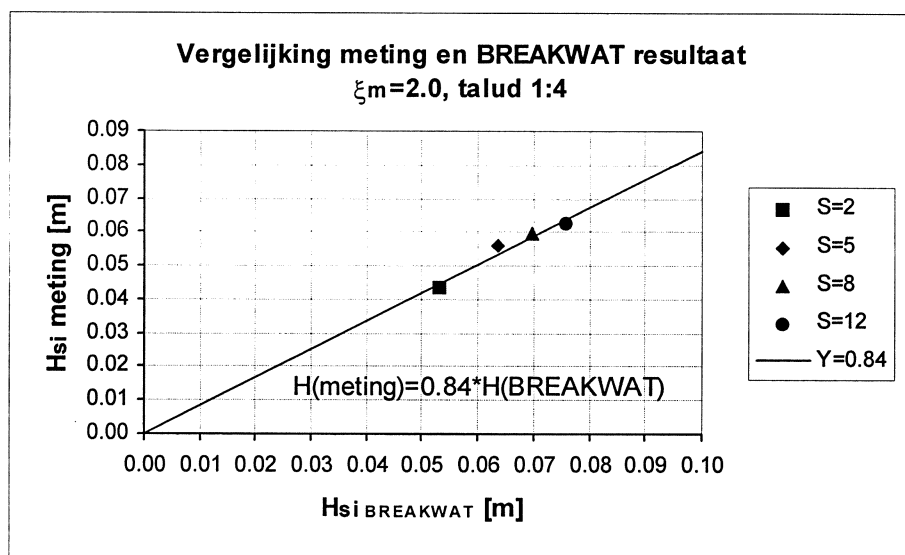
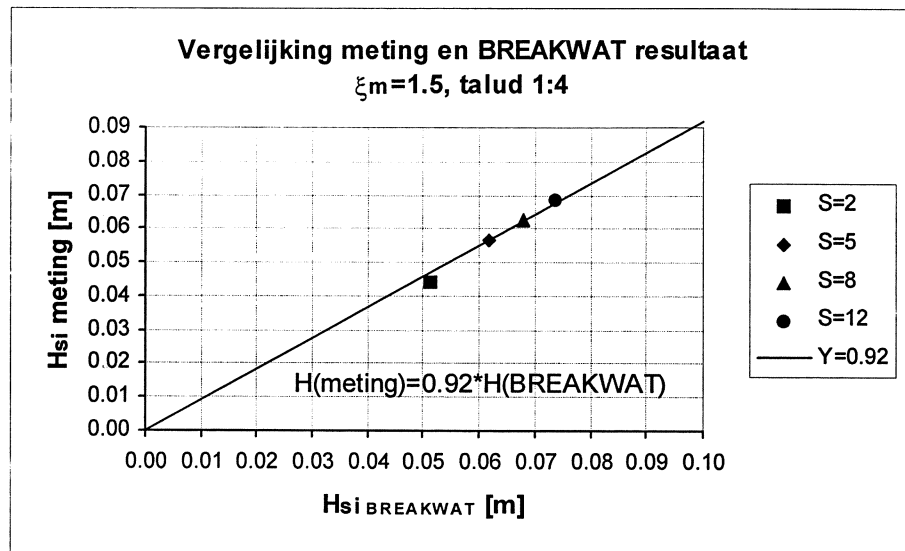


Breuksteenstabiliteit volgens Van der Meer
 ($T_p=1.3T_m$)

A4



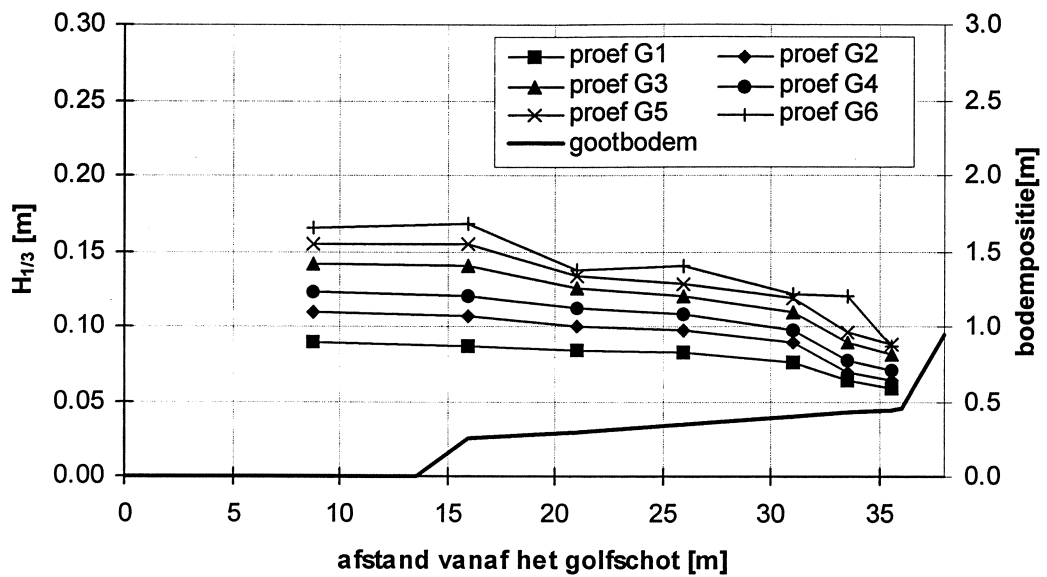
Vergelijking metingen met BREAKWAT resultaten (de helling geeft de waarde van de Y-factor weer)		A4
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR 4.2	



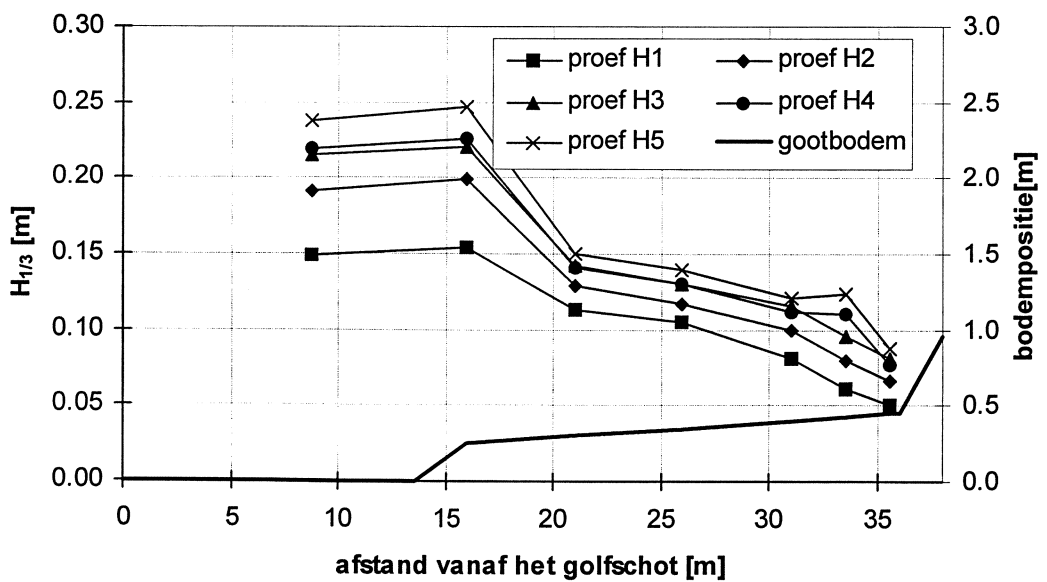
Vergelijking metingen met BREAKWAT resultaten
 (de helling geeft de waarde van de Y-factor weer)

A4

Golfhoogteverloop proevenserie G

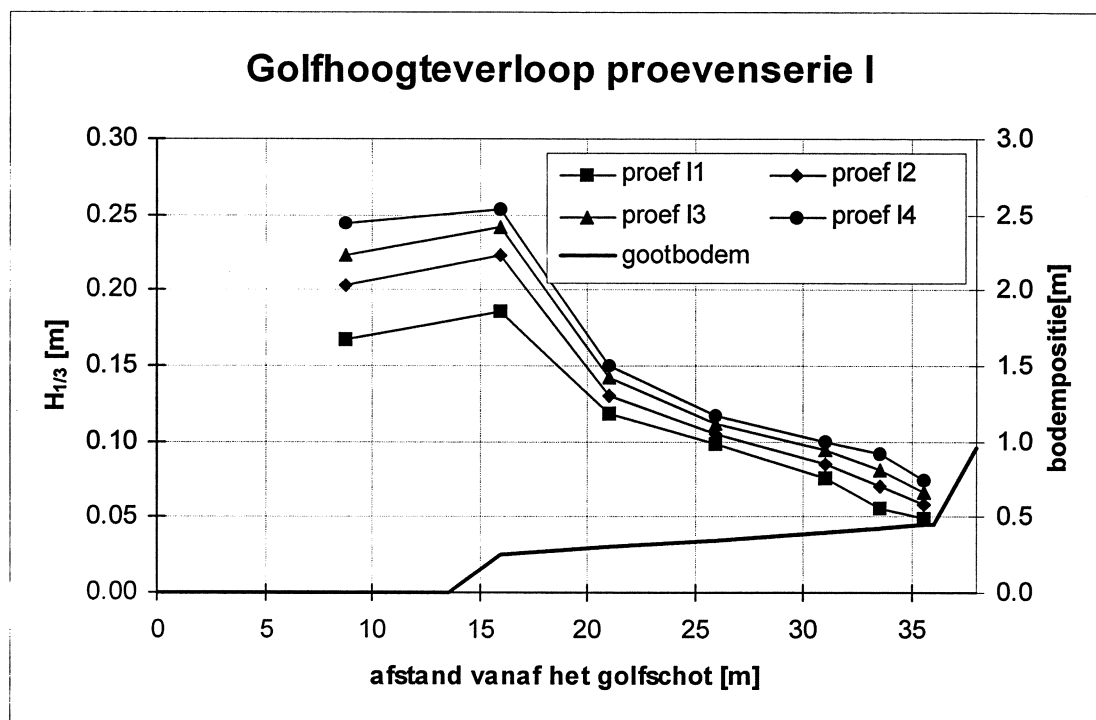


Golfhoogteverloop proevenserie H



Golfhoogteverloop proevenserie G en H (dijktalud 1:4)

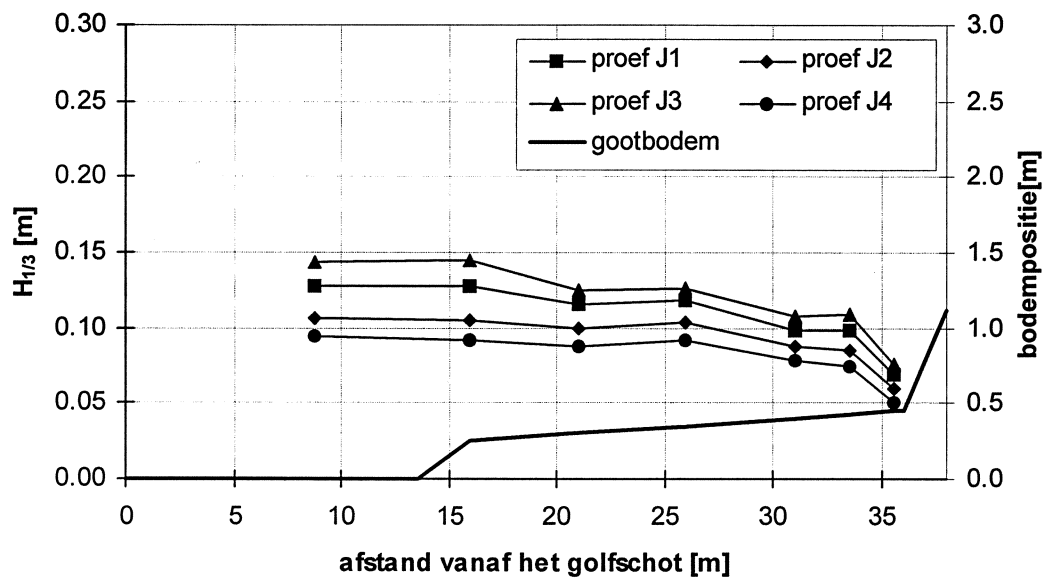
A4



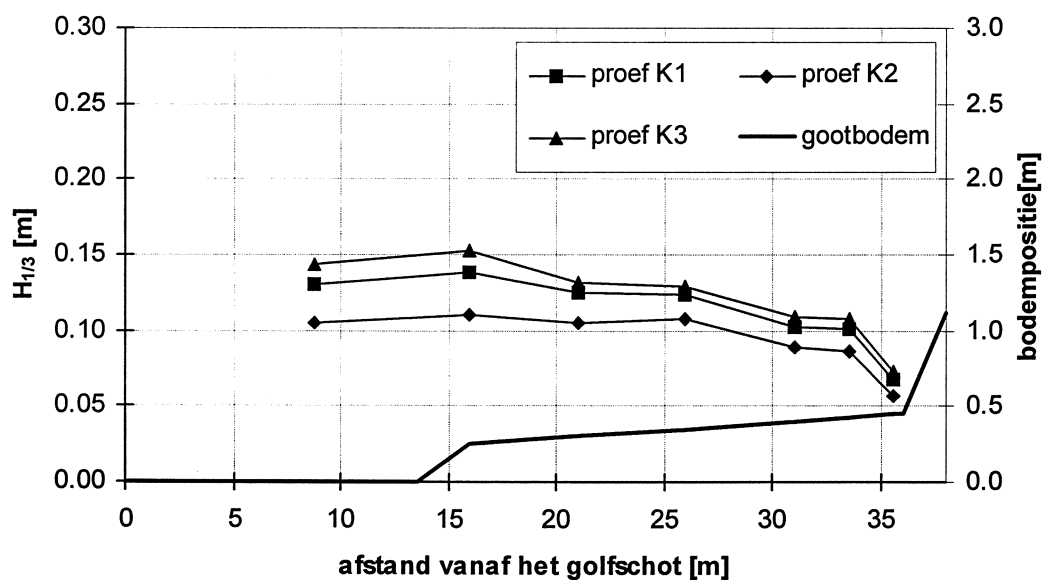
Golfhoogteverloop proevenserie I (dijktalud 1:4)

A4

Golfhoogteverloop proevenserie J



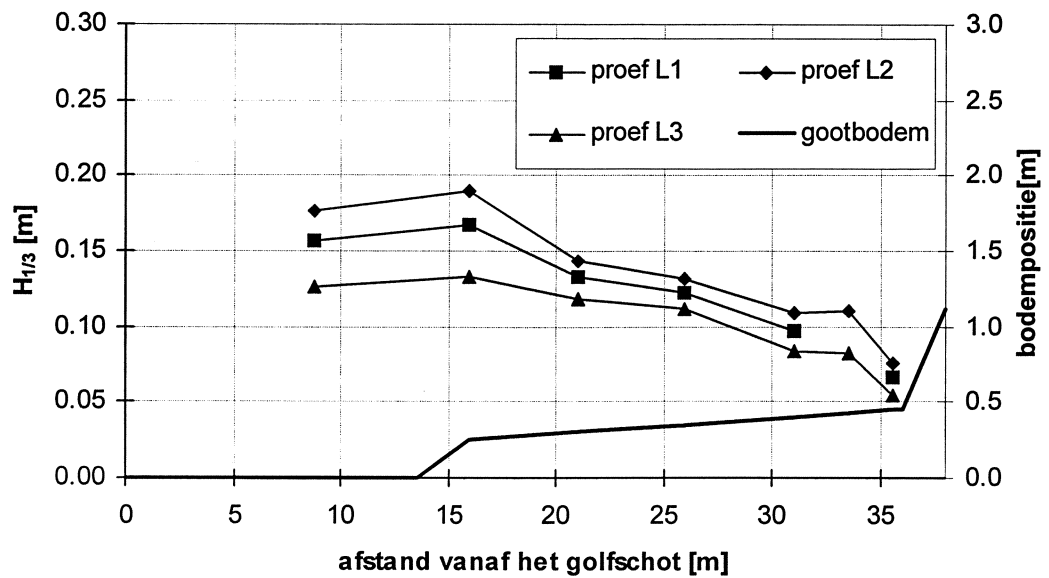
Golfhoogteverloop proevenserie K



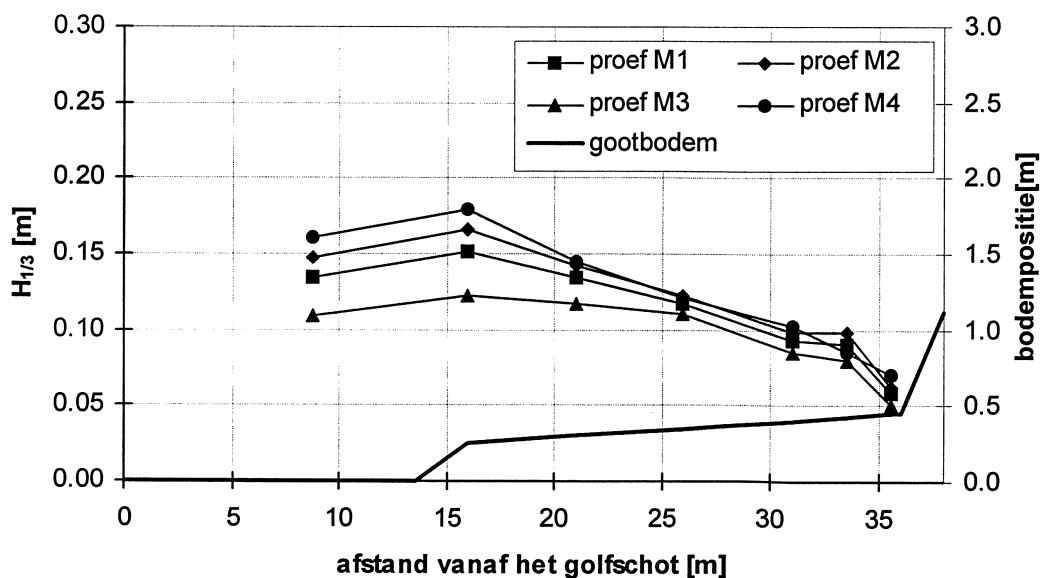
Golfhoogteverloop proevenserie J en K (dijktalud 1:3)

A4

Golfhoogteverloop proevenserie L



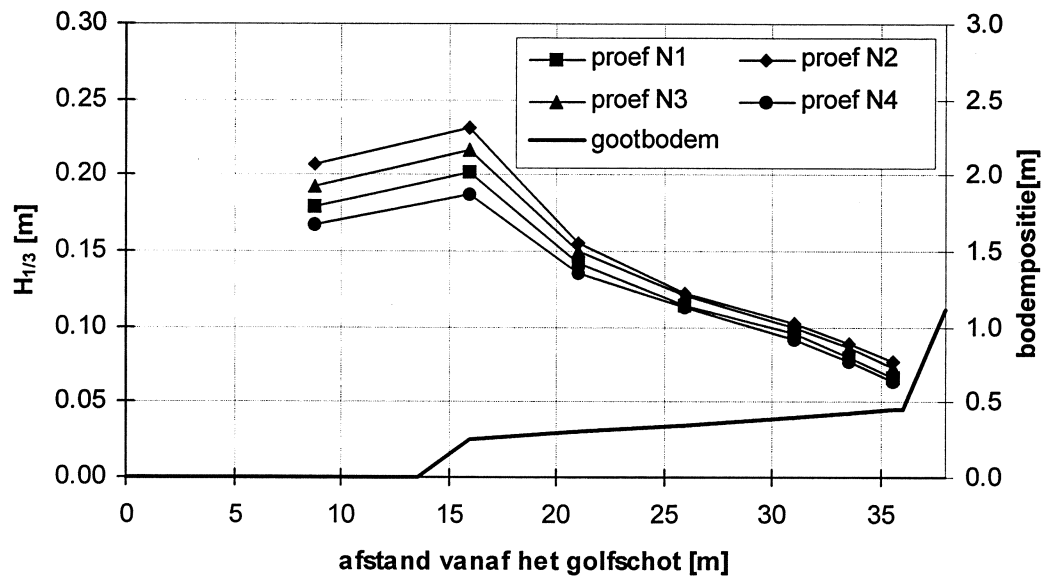
Golfhoogteverloop proevenserie M



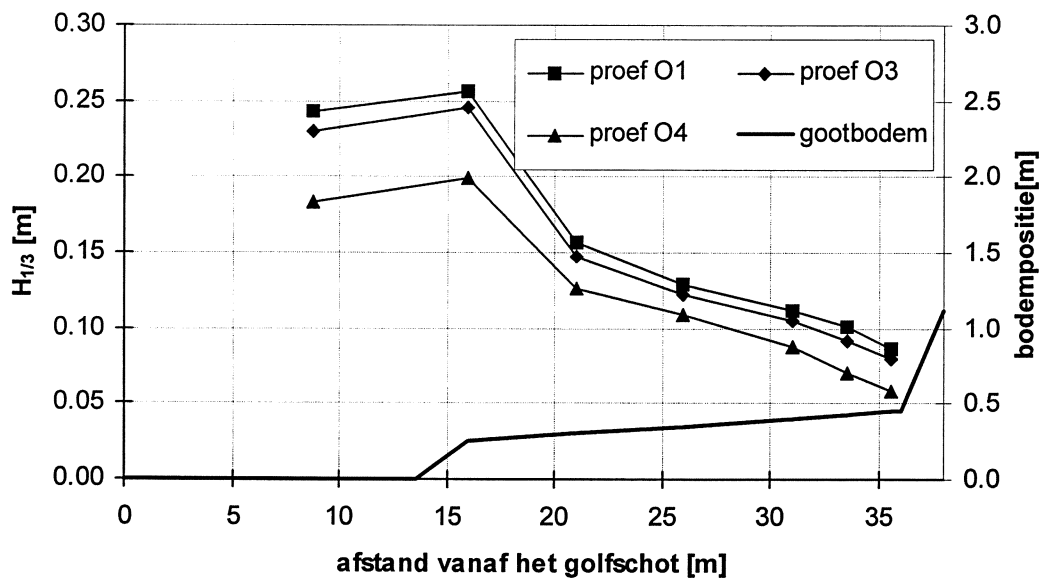
Golfhoogteverloop proevenserie L en M (dijktalud 1:3)

A4

Golfhoogteverloop proevenserie N

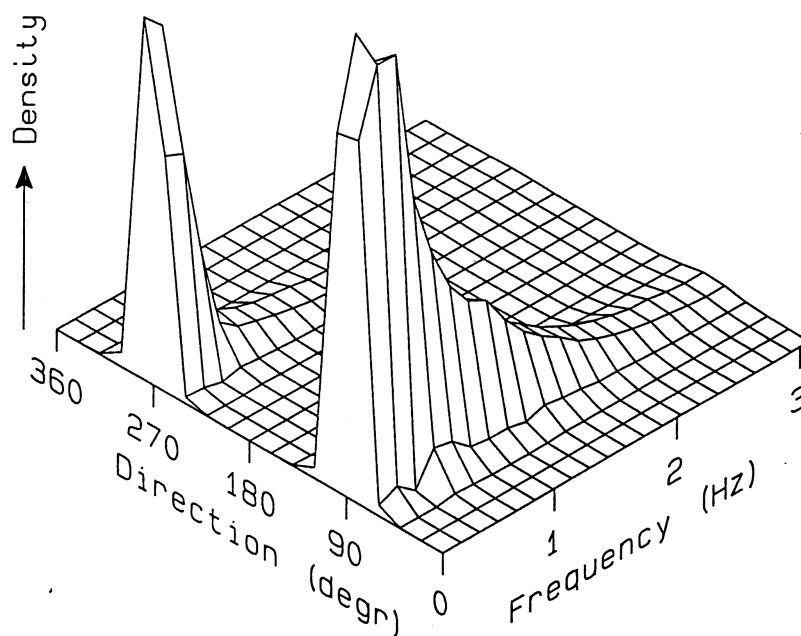
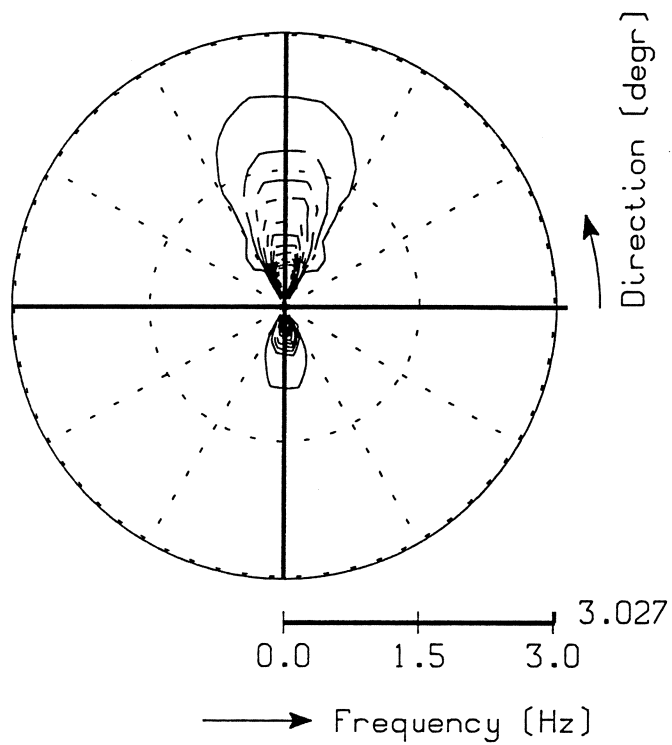


Golfhoogteverloop proevenserie O



Golfhoogteverloop proevenserie N en O (dijktalud 1:3)

A4



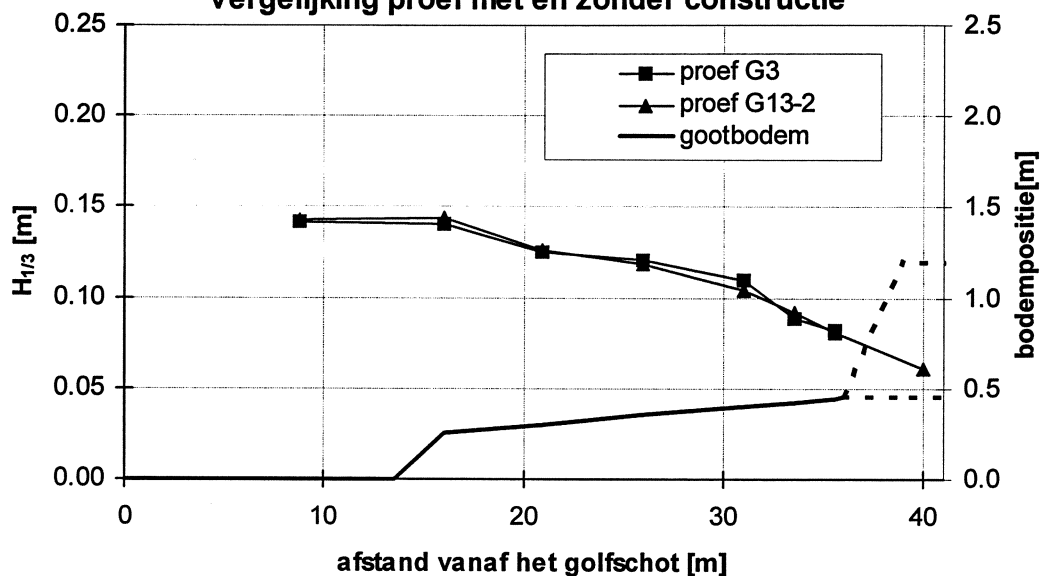
Grafische presentatie GRSM resultaat, proef M4

A4

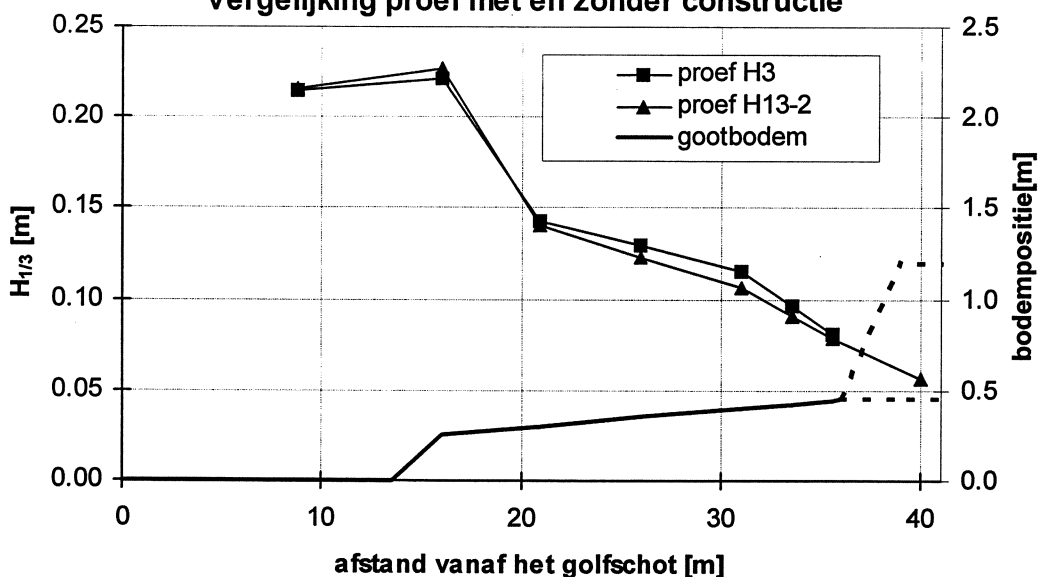
WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR 5.6

Golfhoogteverloop proevenserie G vergelijking proef met en zonder constructie

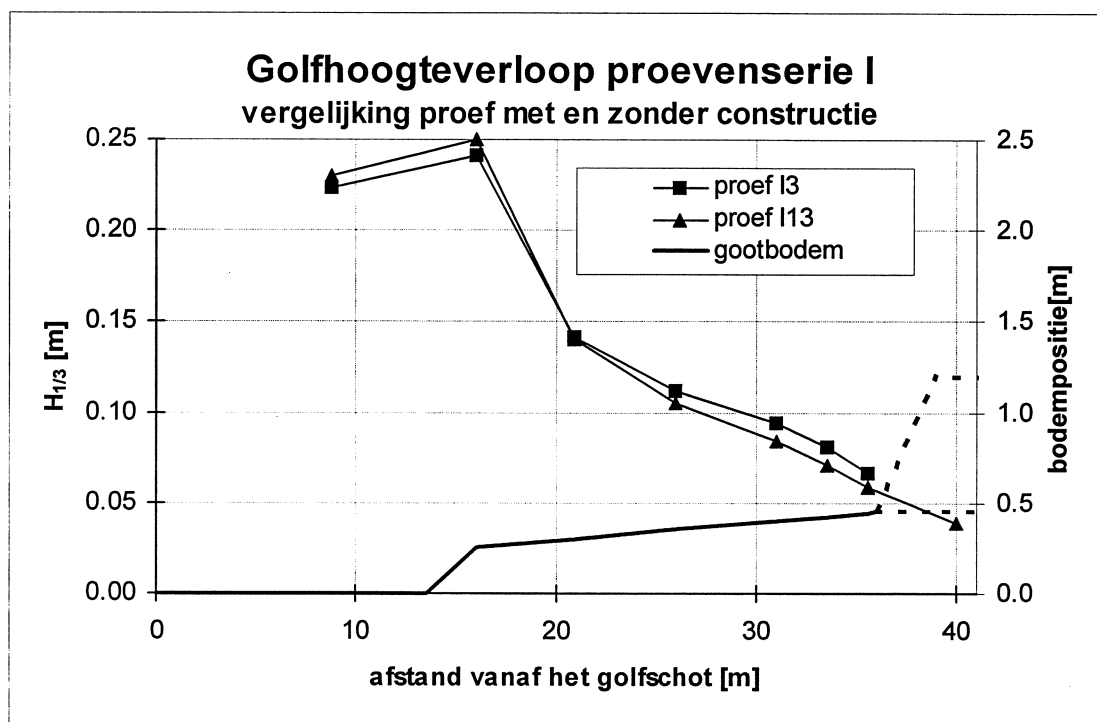


Golfhoogteverloop proevenserie H vergelijking proef met en zonder constructie



Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie
proeven G en H (dijktalud 1:4)

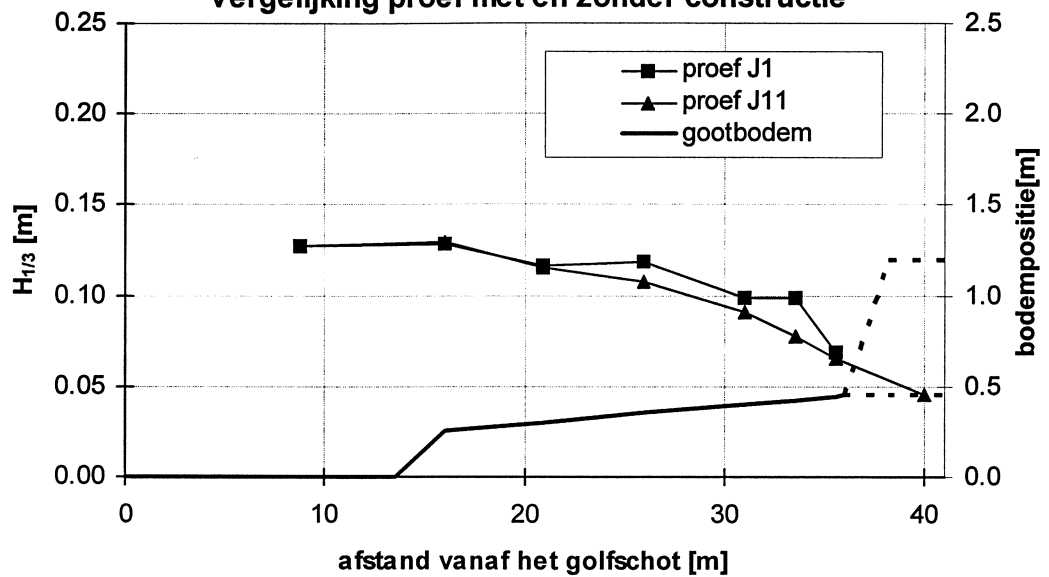
A4



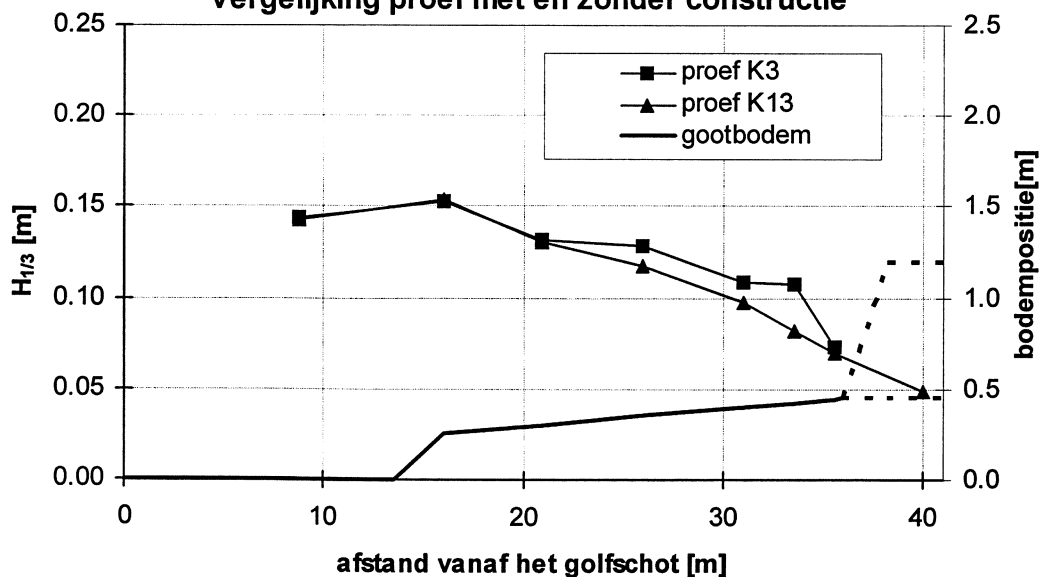
Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie
proef I (dijktalud 1:4)

A4

Golfhoogteverloop proevenserie J vergelijking proef met en zonder constructie



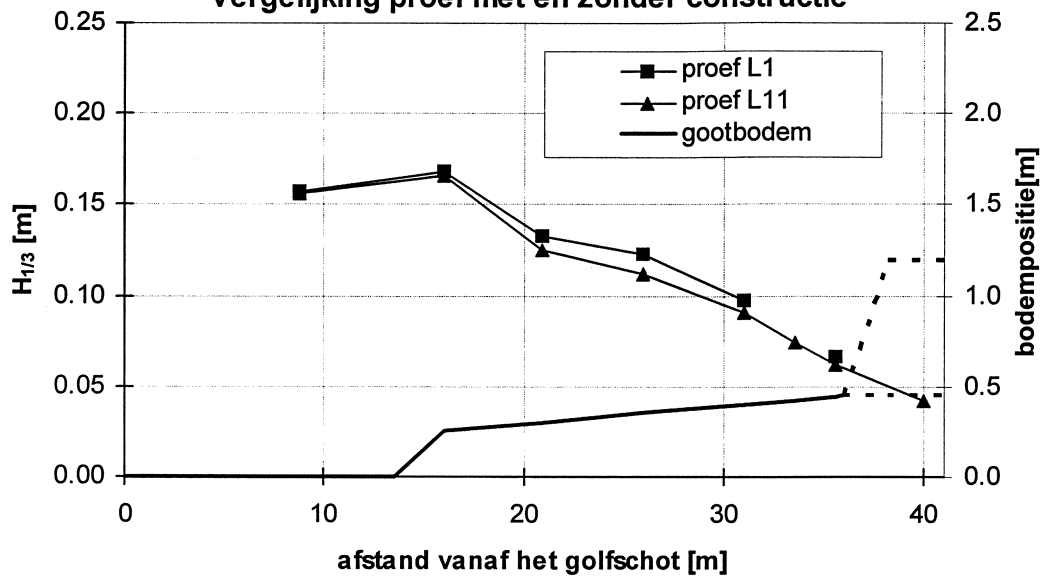
Golfhoogteverloop proevenserie K vergelijking proef met en zonder constructie



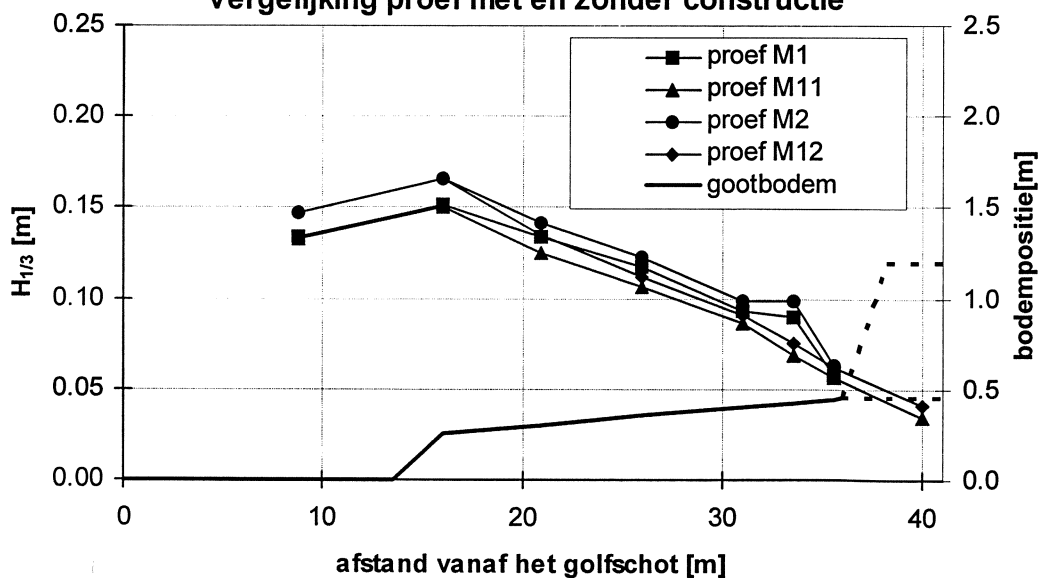
Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie
proeven J en K (dijktalud 1:3)

A4

Golfhoogteverloop proevenserie L vergelijking proef met en zonder constructie

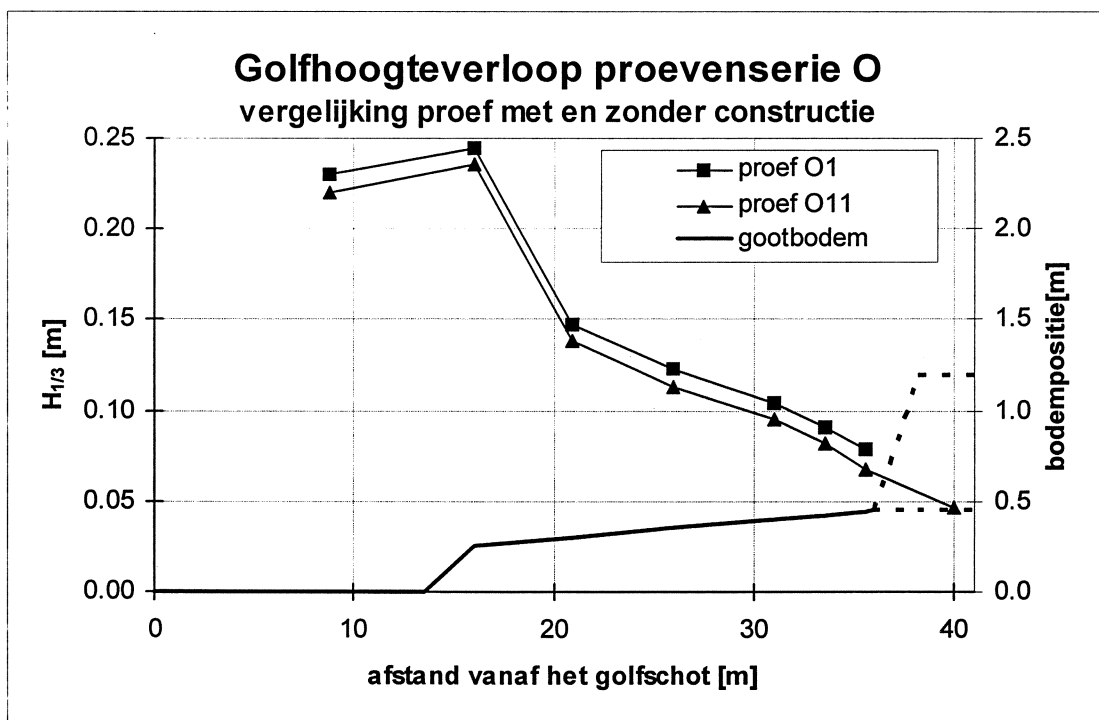
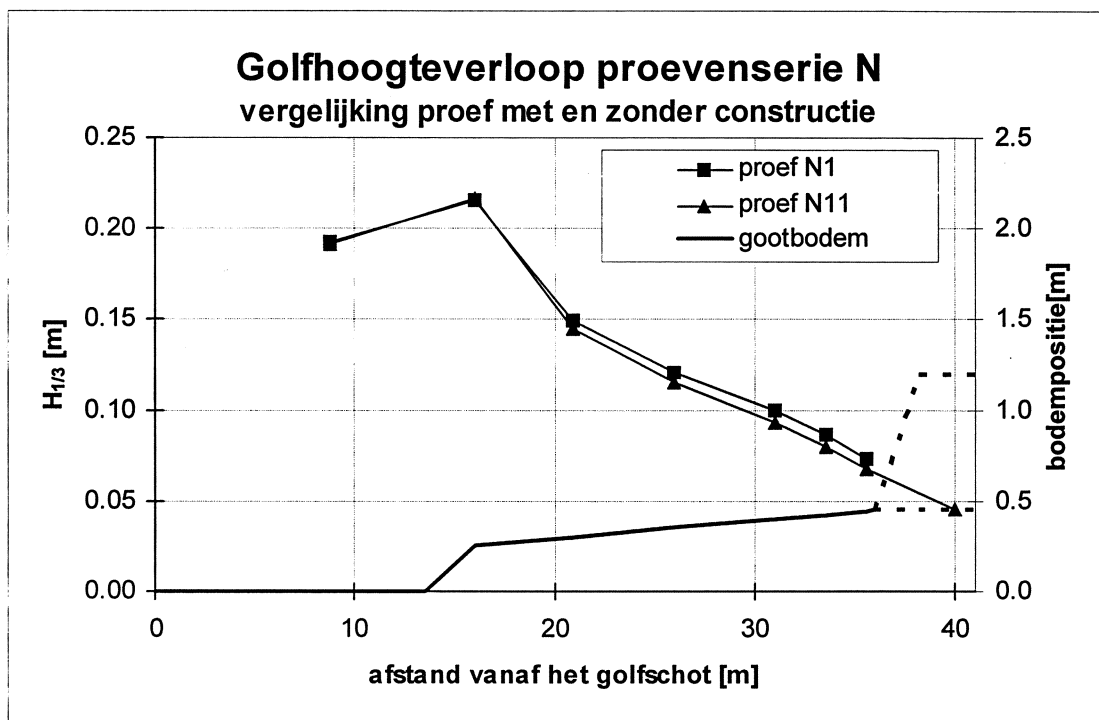


Golfhoogteverloop proevenserie M vergelijking proef met en zonder constructie



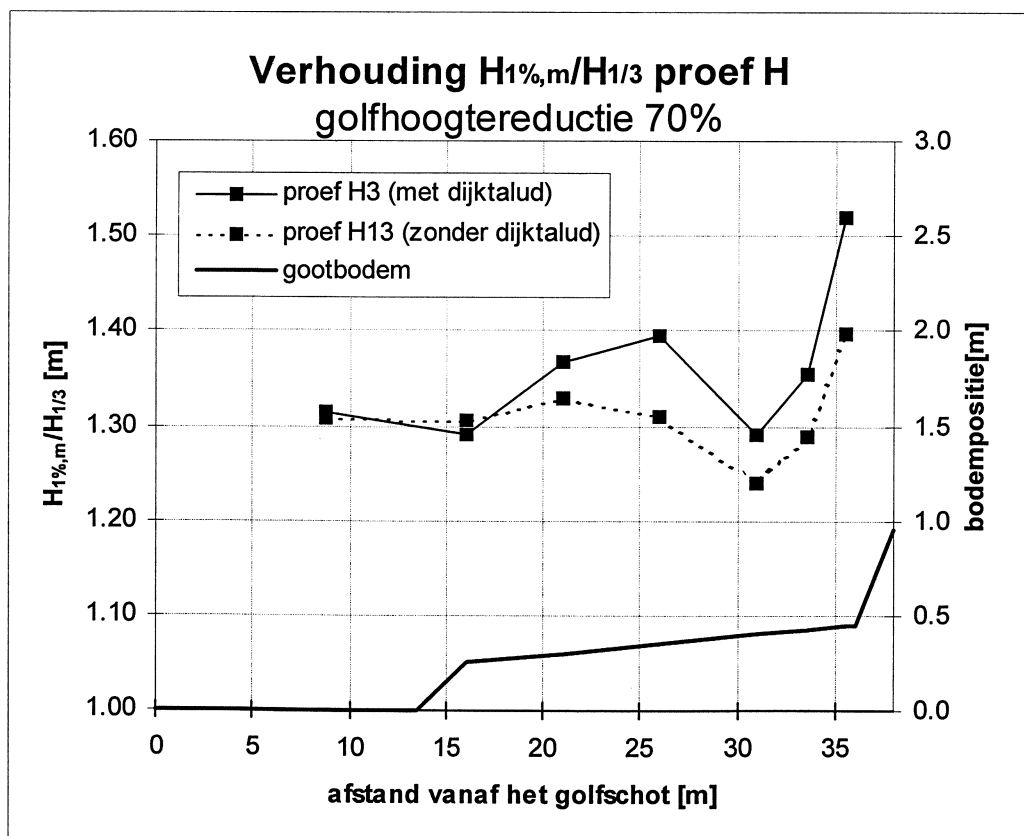
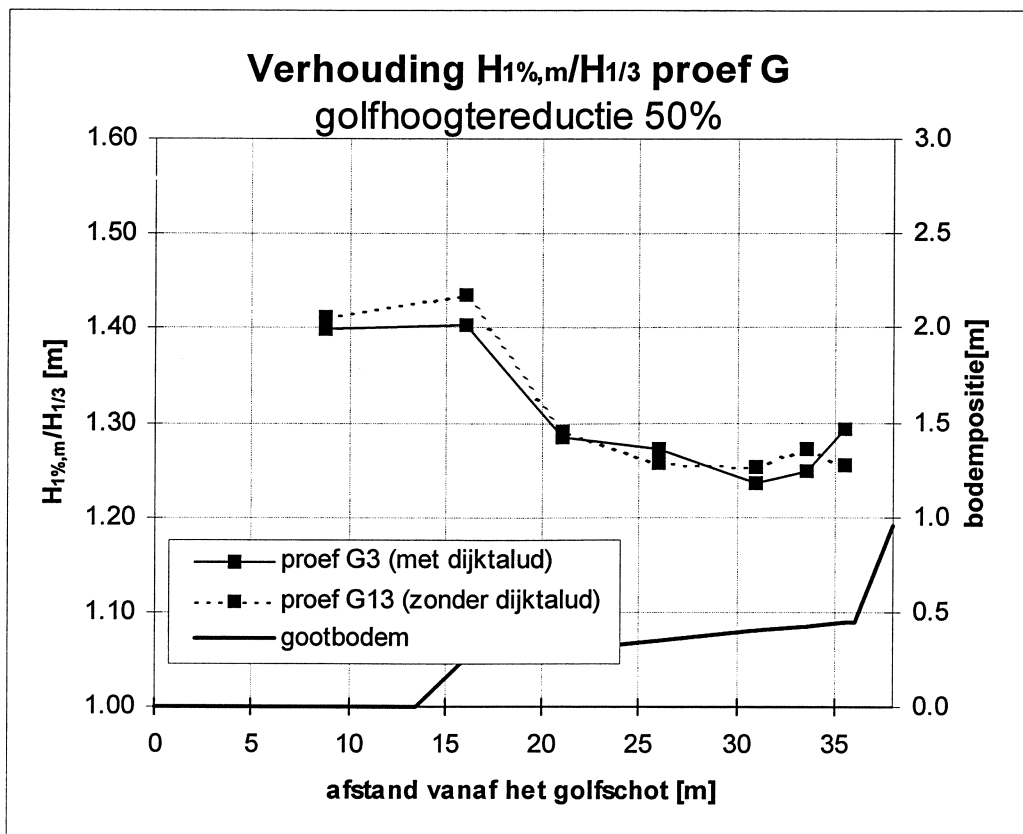
Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie
proefen L en M (dijktalud 1:3)

A4



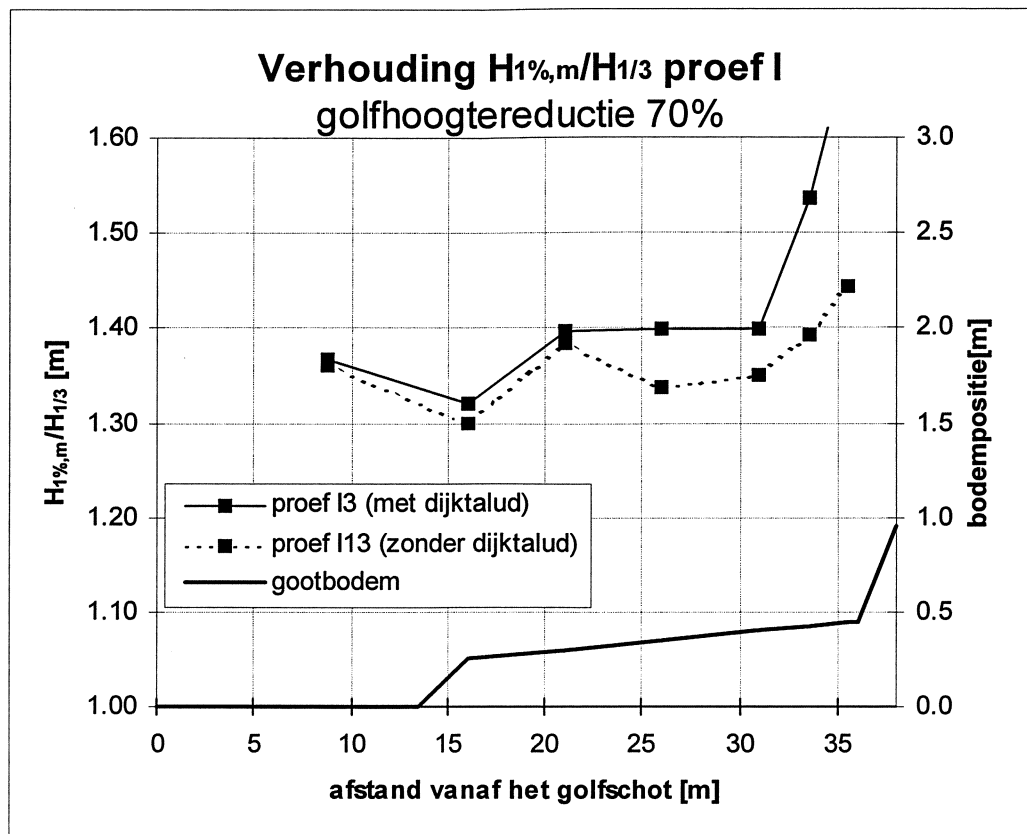
Vergelijking golfhoogteverloop met en zonder constructie
proefen N en O (dijktalud 1:3)

A4



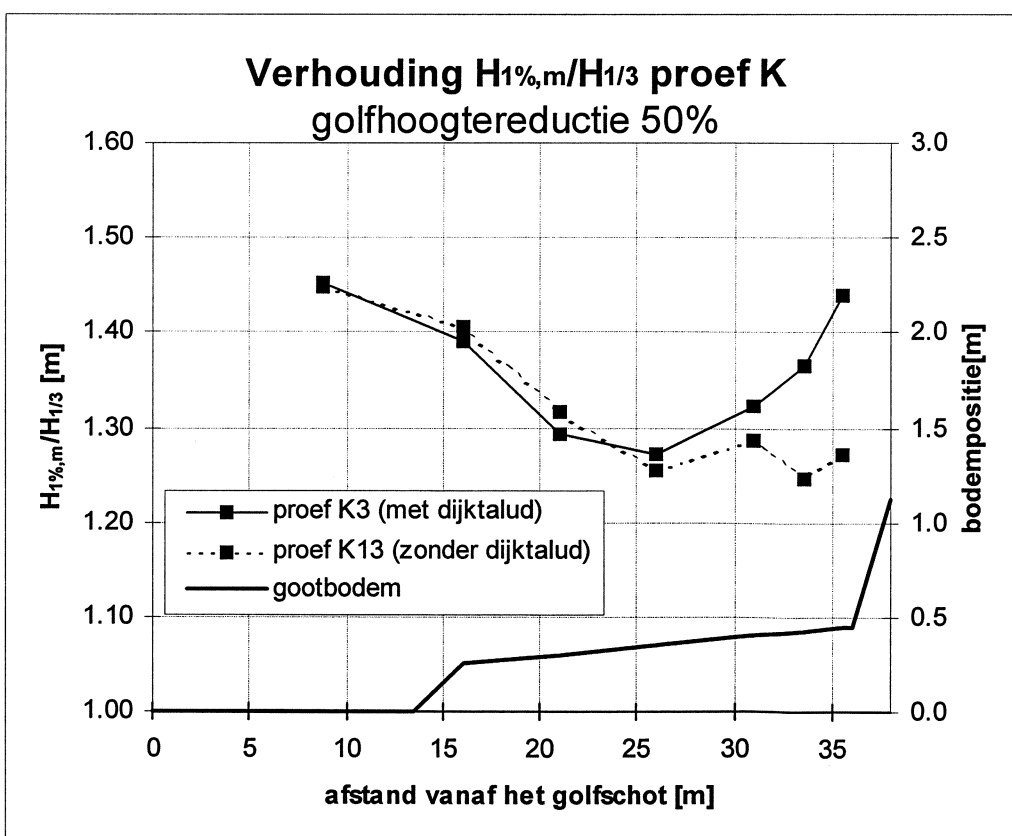
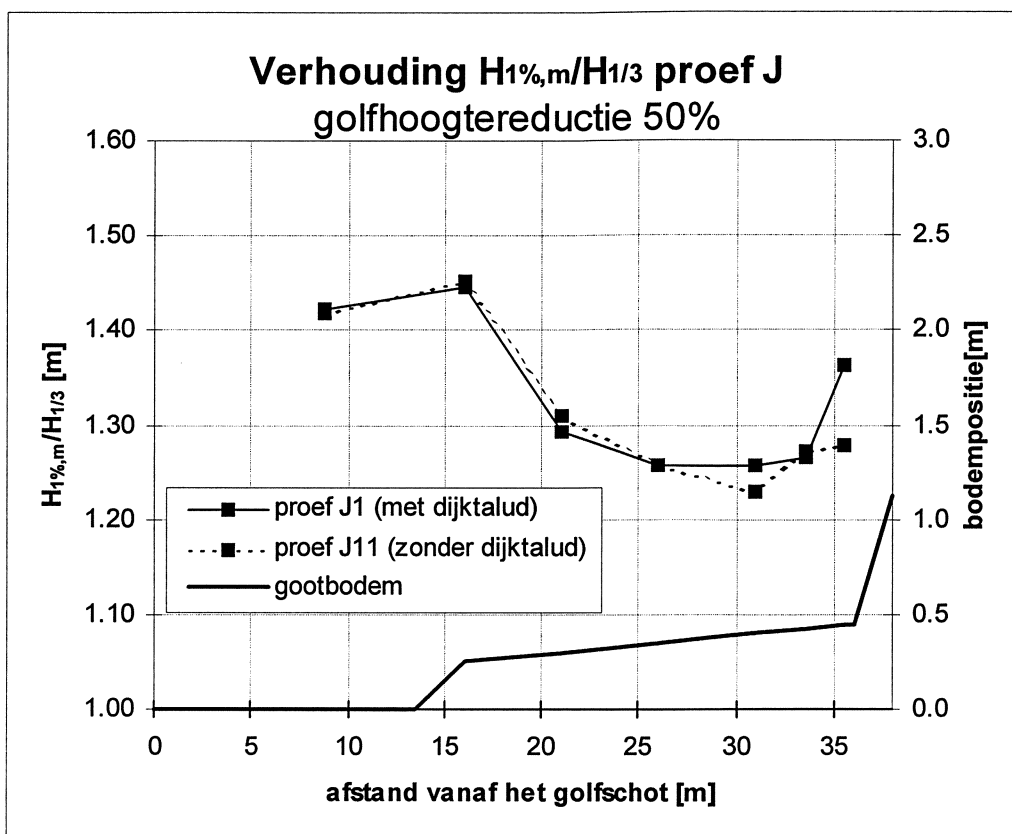
Verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$, proef G en H

A4



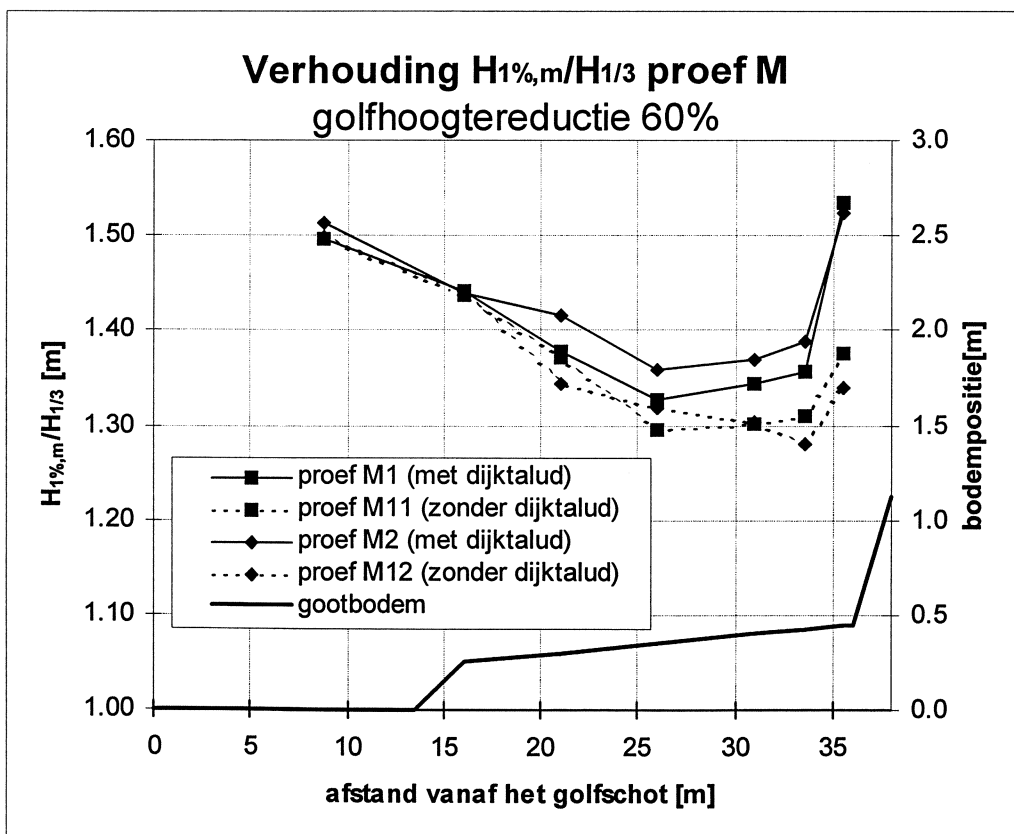
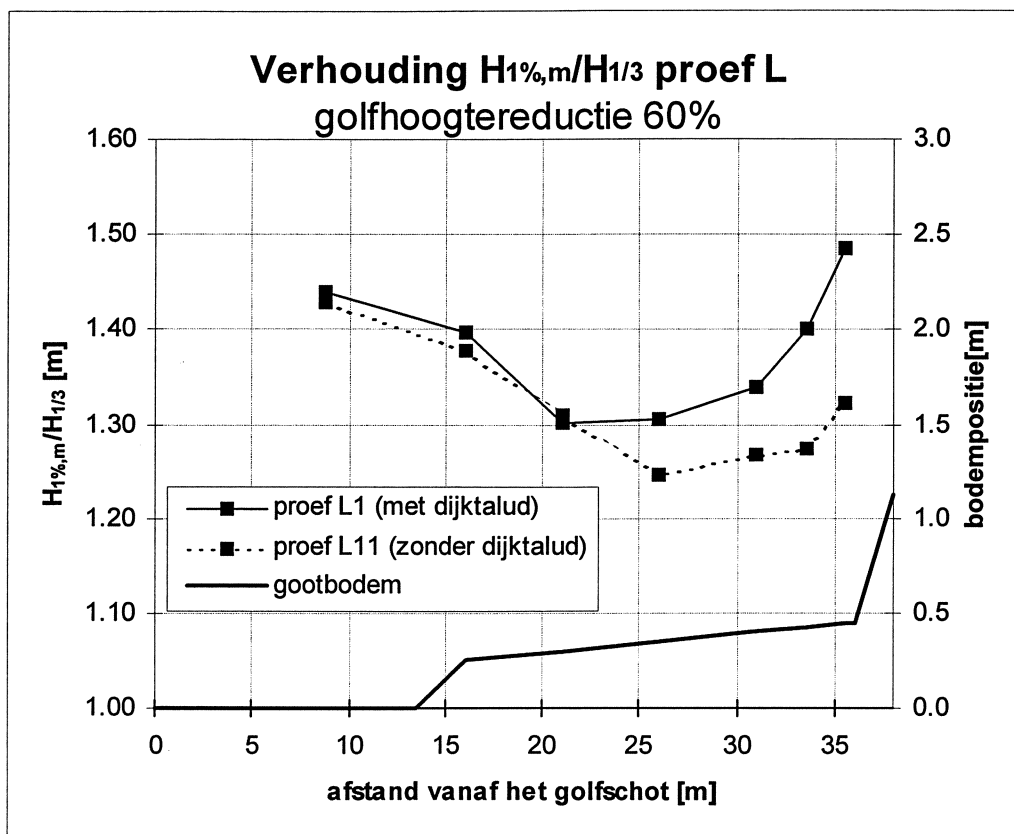
Verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$, proef I

A4



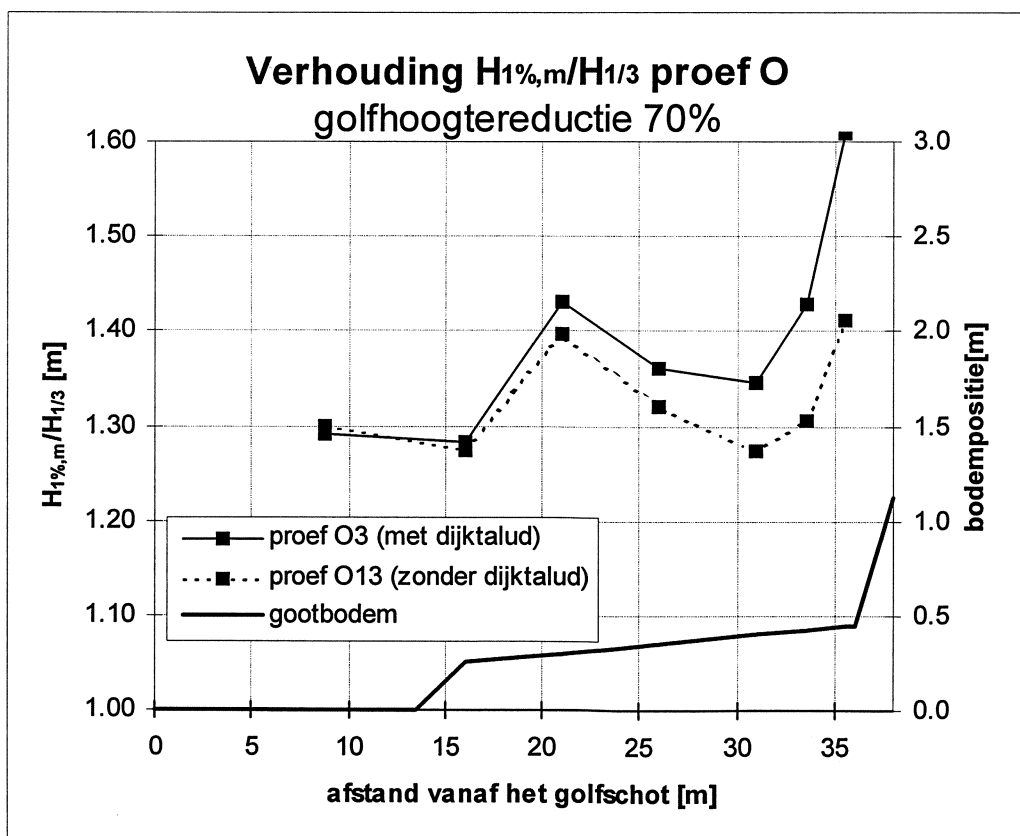
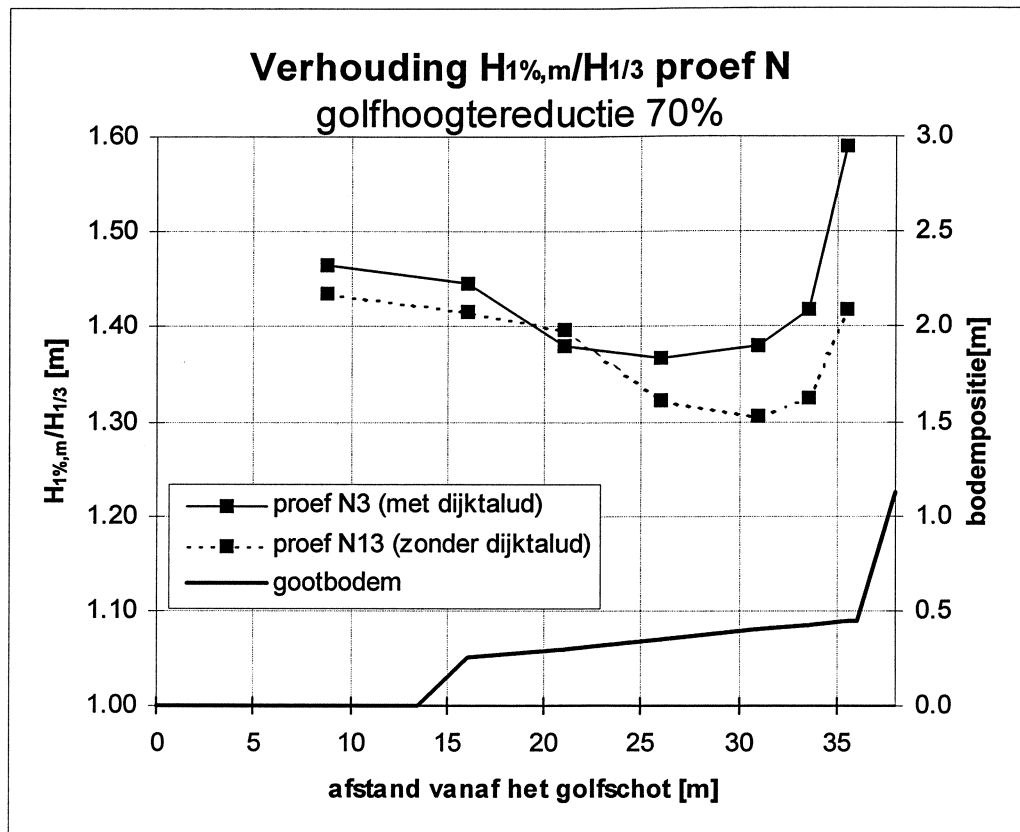
Verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$, proef J en K

A4



Verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$, proef L en M

A4



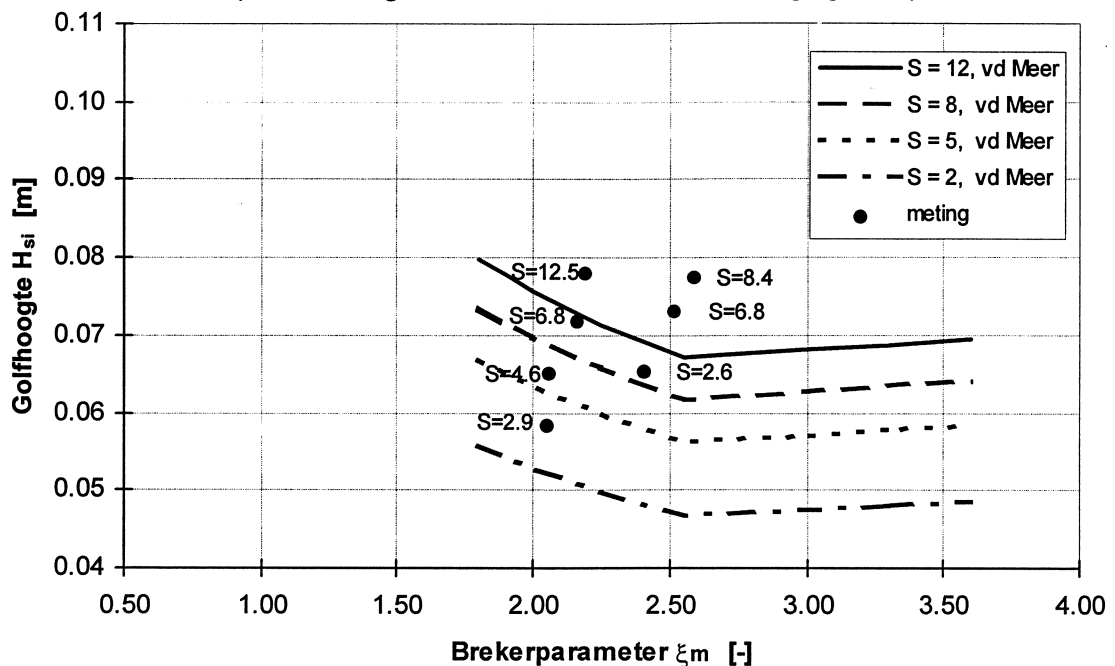
Verhouding $H_{1\%,m}/H_{1/3}$, proef N en O

A4

Stabiliteit breuksteen, J en K-serie, talud 1:3

golfhoogtereductie voorland 50%

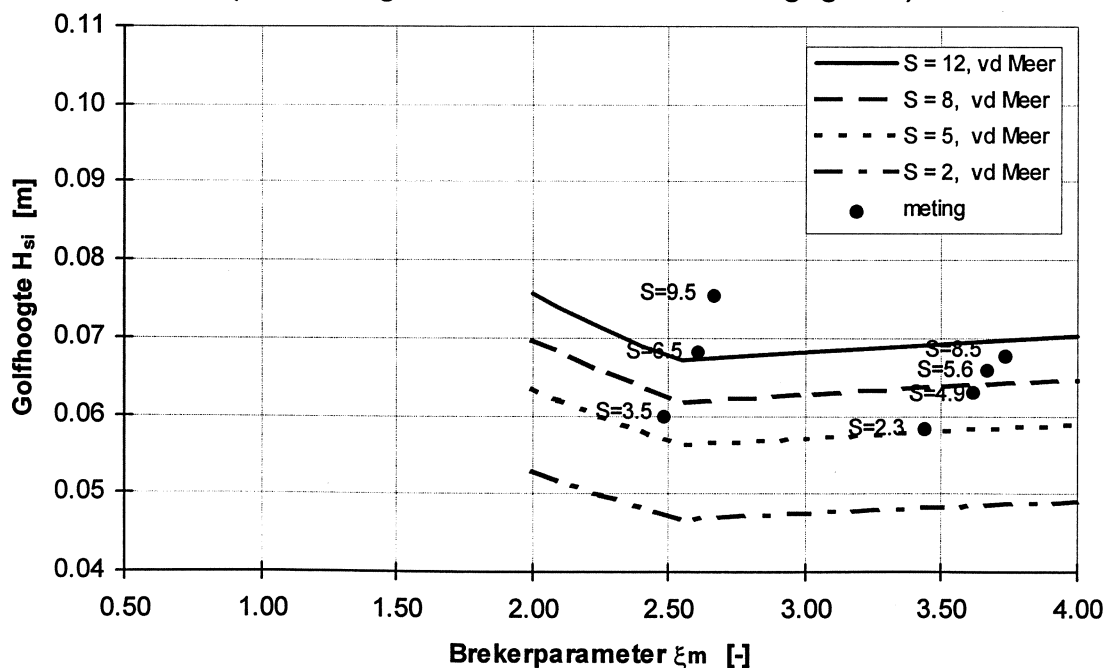
(alleen het gebied $0.01 < s_{op} < 0.04$ is aangegeven)



Stabiliteit breuksteen, L en M-serie, talud 1:3

golfhoogtereductie voorland 60%

(alleen het gebied $0.01 < s_{op} < 0.04$ is aangegeven)



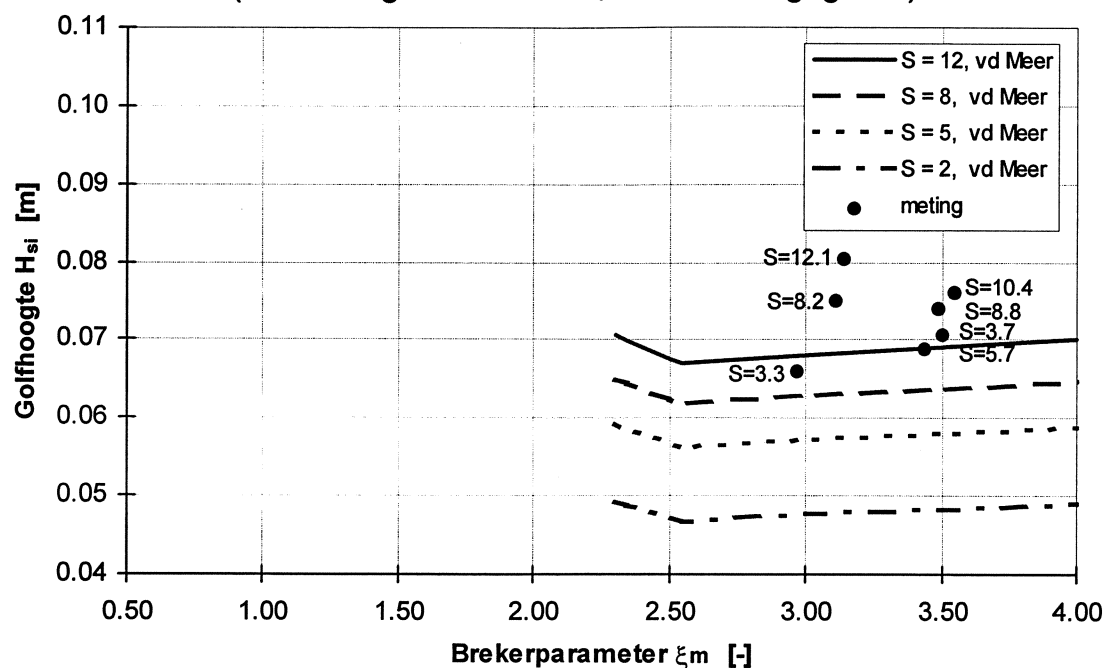
Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met Van der Meer formule, proeven J, K, L en M, dijk talud 1:3

A4

Stabiliteit breuksteen, N en O-serie, talud 1:3

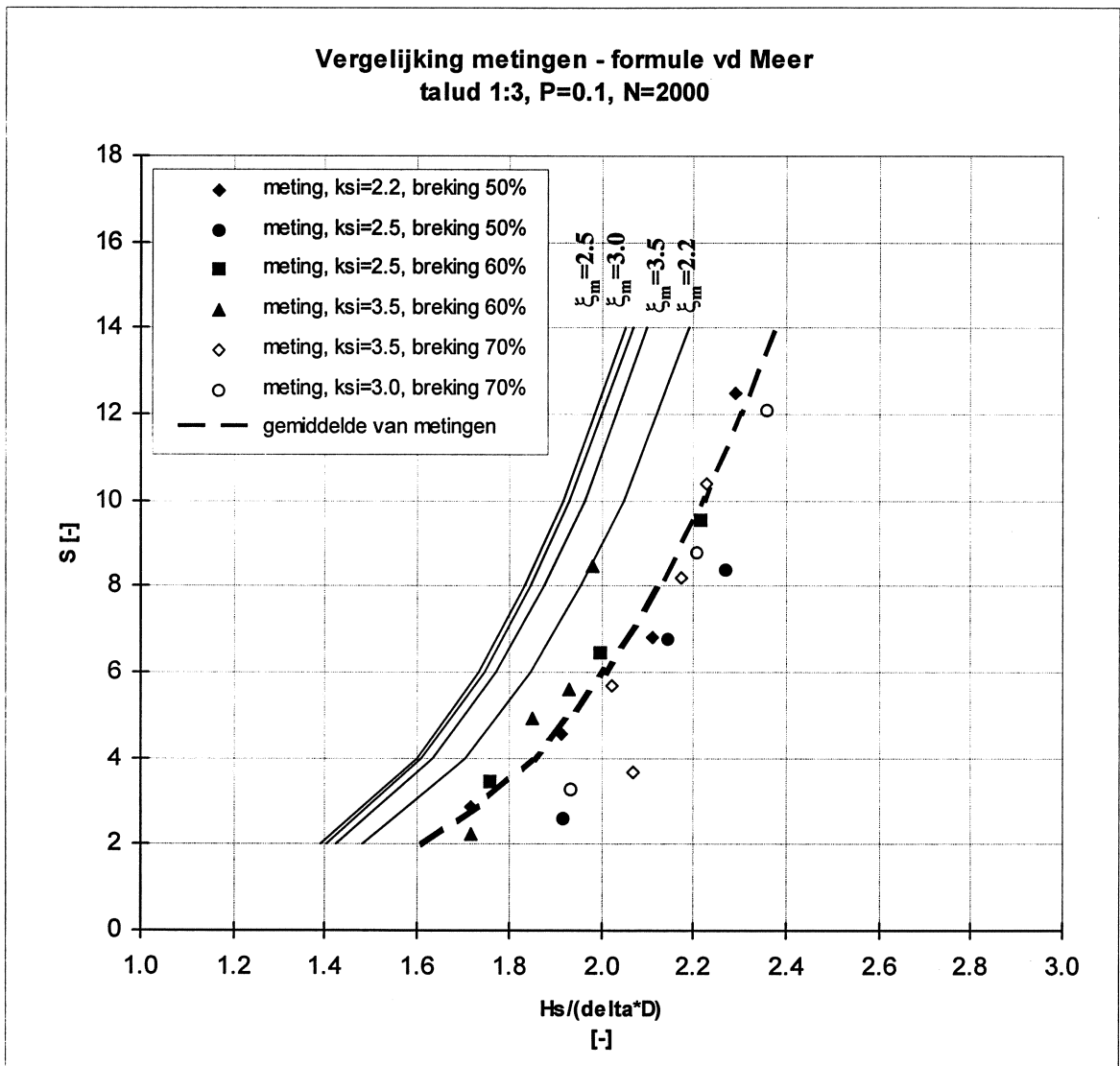
golfhoogtereductie voorland 70%

(alleen het gebied $0.01 < s_{op} < 0.04$ is aangegeven)



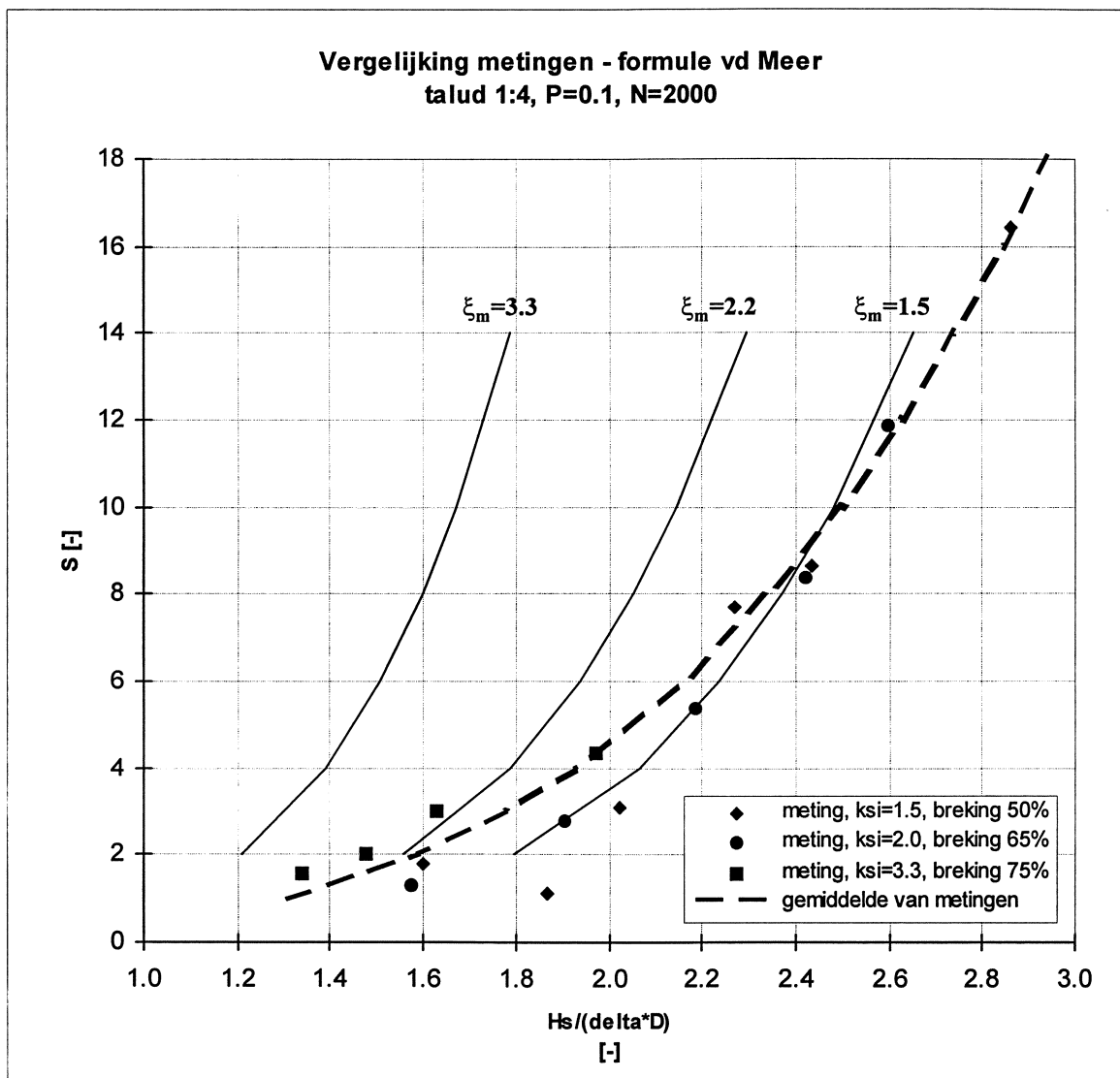
Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met
Van der Meer formule, proeven N en O, dijktalud 1:3

A4



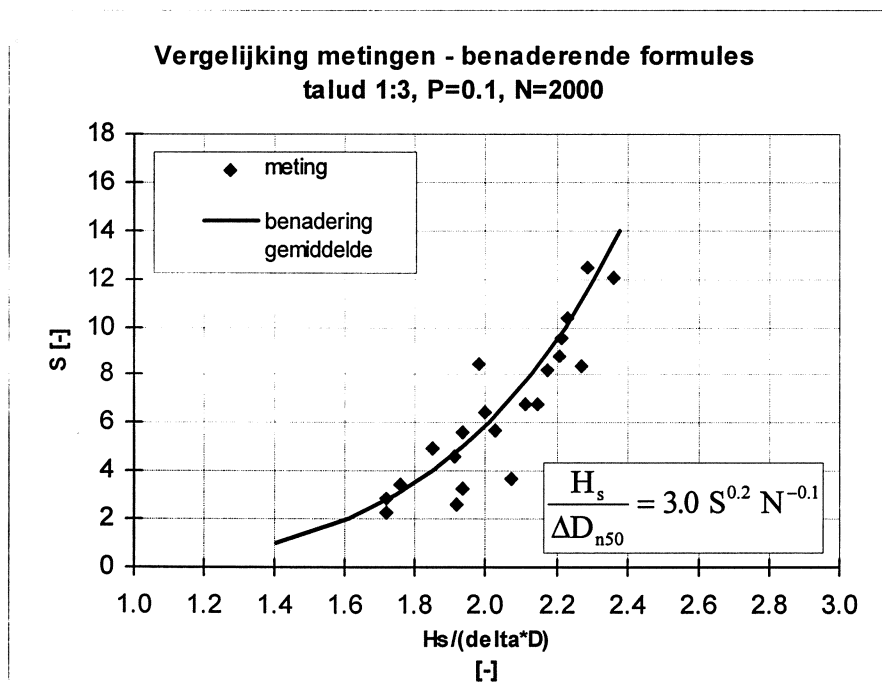
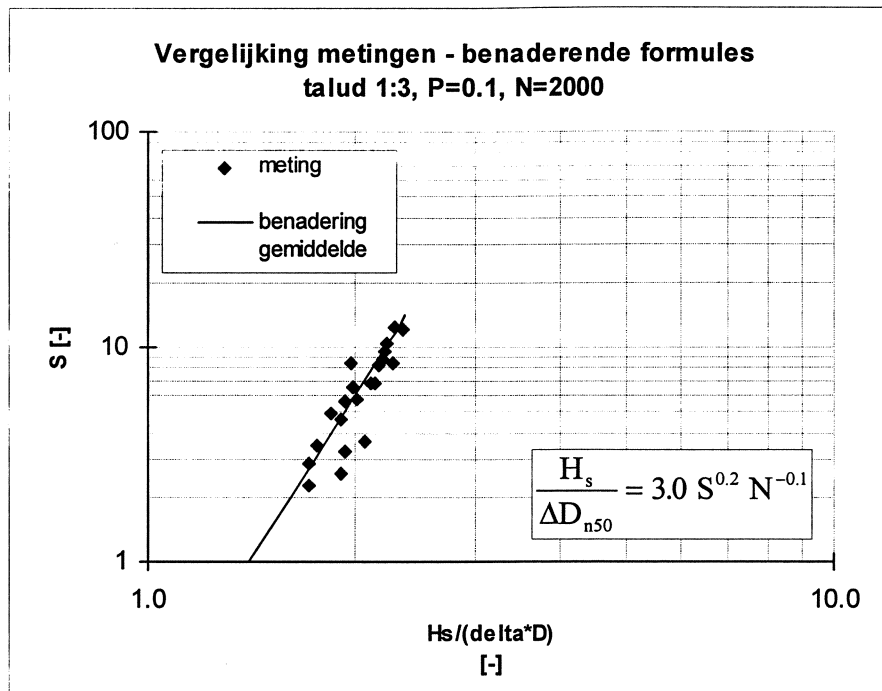
Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met
Van der Meer formule, dijktafud 1:3

A4



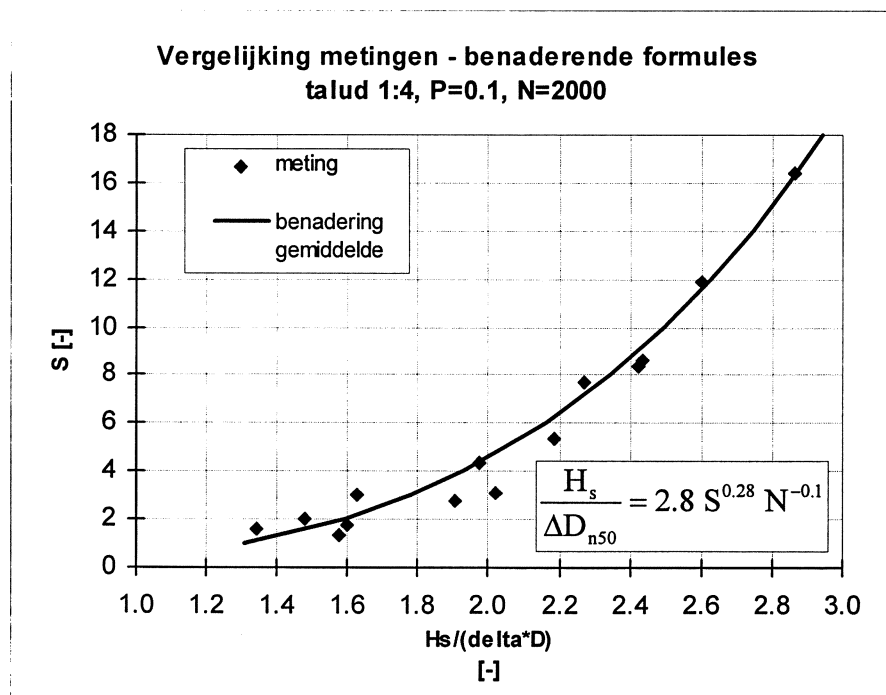
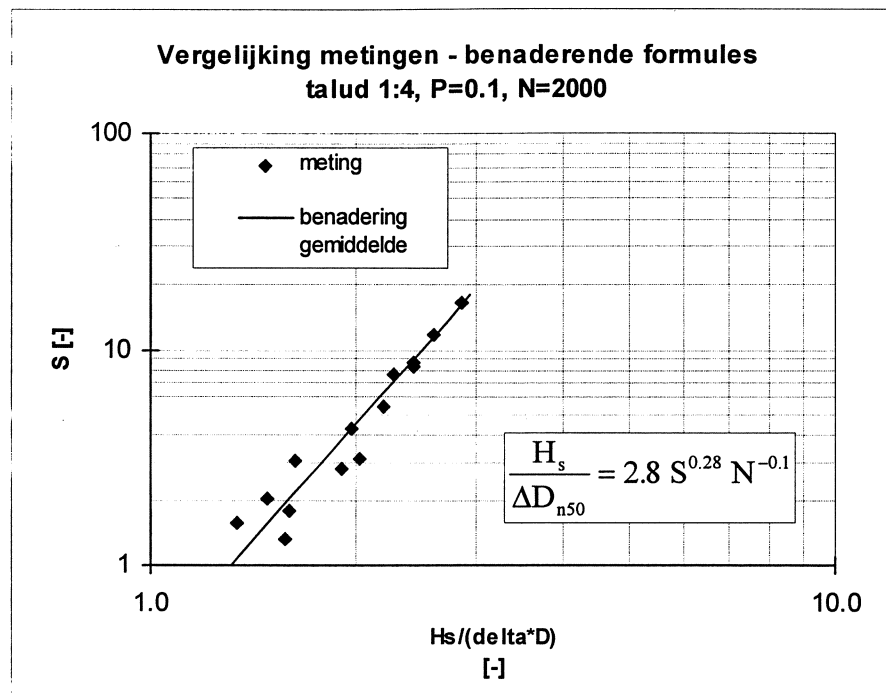
Vergelijking meetresultaten breuksteenstabiliteit met
Van der Meer formule, dijkta1ud 1:4

A4



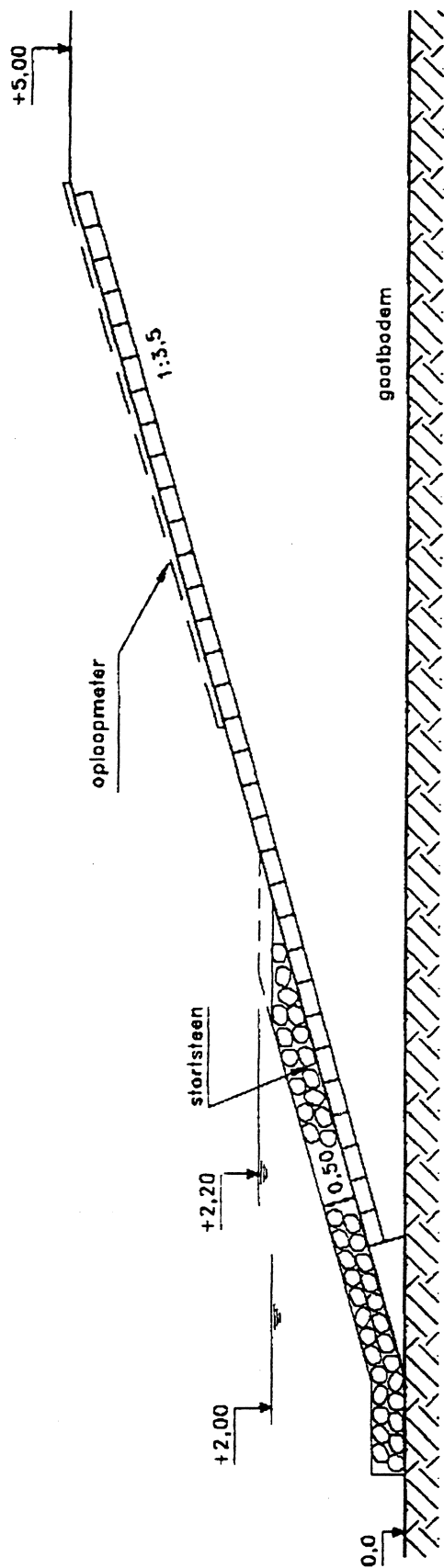
Vergelijking ontwerpformule met metingen Scheldegoot
dijk talud 1:3

A4



Vergelijking ontwerpformule met metingen Scheldegoot
dijk talud 1:4

A4



Proefopstelling Deltagoot (opstelling 7)		A4
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR 6.1	

Tabellen

taludhelling	$\cot(\alpha) = 3$			$\cot(\alpha) = 4$		
s_{op}	0.016	0.011	0.006	0.018	0.010	0.004
ξ_m	2.10	2.55	3.50	1.50	2.00	3.00
proef	A	B	C	D	E	F

Tabel 1 **Proevenserie 1, zonder ondiep voorland**

taludhelling	$\cot(\alpha) = 3$			$\cot(\alpha) = 4$		
ξ_m	2.0	2.4	3.4	1.5	2.0	3.0
$H_{si}/H_{s0i}=0.5$	J	K	M	G	-	-
$H_{si}/H_{s0i}=0.4$	-	L	N	-	-	-
$H_{si}/H_{s0i}=0.3$	-	-	O	-	H	I

Tabel 2 **Proevenserie 2, met 1:100 voorland**

proef serie	nummer	cot(α) [-]	h [m]	ghm 1,2,3						
				Hm0i [m]	H1/3 [m]	H2%,m [m]	R [-]	Hsi [m]	TP [s]	Tm [s]
A	1	3	0.57	0.041	0.043	0.055	0.281	0.041	1.23	0.95
	2	3	0.57	0.053	0.051	0.068	0.168	0.050	1.42	1.10
	3	3	0.57	0.066	0.065	0.086	0.261	0.063	1.62	1.23
B	1	3	0.57	0.032	0.031	0.042	0.174	0.031	1.34	0.99
	2	3	0.57	0.043	0.041	0.056	0.158	0.040	1.54	1.14
	3	3	0.57	0.053	0.051	0.069	0.208	0.050	1.75	1.29
	4	3	0.57	0.063	0.064	0.082	0.380	0.060	1.92	1.41
C	1	3	0.57	0.034	0.033	0.044	0.238	0.032	1.90	1.48
	2	3	0.57	0.045	0.045	0.058	0.326	0.043	2.20	1.68
	3	3	0.57	0.053	0.057	0.070	0.488	0.051	2.43	1.79
D	1	4	0.57	0.046	0.044	0.061	0.142	0.044	1.24	0.98
	2	4	0.57	0.640	0.062	0.084	0.145	0.061	1.50	1.16
	3	4	0.57	0.077	0.075	0.101	0.163	0.074	1.66	1.28
	4	4	0.57	0.083	0.082	0.112	0.203	0.080	1.75	1.35
E	1	4	0.57	0.037	0.036	0.048	0.181	0.035	1.52	1.18
	2	4	0.57	0.052	0.053	0.072	0.147	0.053	1.87	1.44
	3	4	0.57	0.062	0.060	0.081	0.139	0.059	2.02	1.55
	4	4	0.57	0.069	0.069	0.090	0.221	0.067	2.10	1.63
F	1	4	0.57	0.036	0.036	0.047	0.198	0.035	2.37	1.84
	2	4	0.57	0.048	0.049	0.063	0.236	0.047	2.83	2.11
	3	4	0.57	0.053	0.055	0.071	0.345	0.052	2.98	2.17

Tabel 3 Meetresultaten proevenserie 1

proef serie	nummer	H2%,m/H1/3 [-]	s0p [-]	s0m [-]	ξ_{0p} [-]	ξ_{0m} [-]	minimale maximale			BREAKWAT S [-]	factor tov S [-]	factor tov Hsi [-]
							S [-]	S [-]	S [-]			
A	1	1.33	0.017	0.029	25.28	1.94	0.8	2.0	1.46	0.52	2.81	0.81
	2	1.35	0.016	0.027	26.43	2.04	2.9	7.0	4.77	1.75	2.73	0.82
	3	1.36	0.015	0.027	26.89	2.04	8.8	15.9	12.12	5.53	2.19	0.85
B	1	1.38	0.011	0.020	31.94	2.37	0.6	1.5	1.05	0.20	5.25	0.72
	2	1.38	0.011	0.020	31.93	2.38	1.1	3.7	2.63	0.81	3.25	0.79
	3	1.36	0.011	0.019	32.45	2.40	8.3	9.9	8.98	2.62	3.43	0.78
	4	1.37	0.010	0.019	32.64	2.41	15.7	19.9	17.38	6.66	2.61	0.83
C	1	1.36	0.006	0.009	44.24	3.44	0.7	4.4	2.50	0.25	10.00	0.63
	2	1.37	0.006	0.010	44.23	3.38	3.1	12.8	7.43	1.20	6.19	0.69
	3	1.37	0.006	0.010	44.85	3.30	17.5	21.8	19.51	3.03	6.44	0.69
D	1	1.38	0.018	0.029	18.54	1.46	0.6	1.4	1.11	0.35	3.17	0.79
	2	1.37	0.018	0.029	18.87	1.46	4.1	1.9	2.89	1.96	1.47	0.93
	3	1.37	0.017	0.029	19.06	1.47	6.3	9.6	8.51	5.52	1.54	0.92
	4	1.39	0.017	0.028	19.32	1.48	11.6	14.6	13.36	9.29	1.44	0.93
E	1	1.37	0.010	0.016	25.17	1.95	0.4	1.5	0.93	0.24	3.88	0.76
	2	1.37	0.010	0.016	25.48	1.95	0.9	6.2	3.34	1.96	1.70	0.90
	3	1.36	0.009	0.016	25.84	1.99	4.3	14.9	10.17	4.00	2.54	0.83
	4	1.34	0.010	0.016	25.29	1.97	16.3	20.2	17.73	7.44	2.38	0.84
F	1	1.33	0.004	0.007	39.45	3.05	0.9	2.3	1.75	0.73	2.40	0.84
	2	1.33	0.004	0.007	40.67	3.03	5.6	9.3	7.64	3.35	2.28	0.85
	3	1.36	0.004	0.007	40.78	2.98	25.6	17.1	20.45	5.93	3.45	0.78

Tabel 4 Dimensieloze parameters proevenserie 1

proeven serie	nummer	cot(α) [-]	ghm 1,2,3							ghm 4	ghm 5	ghm 6	ghm 7
			Hm0i [m]	R [-]	H1/3 [m]	H1%,m [-]	Hsi [m]	Tp [s]	Tm [s]	H1/3 [m]	H1/3 [m]	H1/3 [m]	H1/3 [m]
G	1	4	0.089	0.143	0.089	0.129	0.088	1.26	1.05	0.086	0.083	0.082	0.076
	2	4	0.109	0.150	0.110	0.159	0.109	1.42	1.16	0.106	0.100	0.097	0.090
	3	4	0.140	0.128	0.142	0.198	0.141	1.66	1.32	0.140	0.125	0.120	0.110
	4	4	0.123	0.155	0.123	0.178	0.122	1.51	1.23	0.121	0.111	0.108	0.097
	5	4	0.151	0.140	0.154	0.220	0.153	1.73	1.37	0.155	0.133	0.128	0.119
	6	4	0.161	0.147	0.165	0.231	0.164	1.79	1.43	0.168	0.138	0.139	0.122
H	1	4	0.146	0.135	0.149	0.210	0.147	1.77	1.40	0.155	0.113	0.105	0.081
	2	4	0.184	0.157	0.192	0.258	0.189	2.04	1.62	0.200	0.129	0.117	0.100
	3	4	0.203	0.170	0.215	0.282	0.212	2.17	1.74	0.221	0.142	0.130	0.115
	4	4	0.206	0.180	0.220	0.285	0.216	2.23	1.78	0.226	0.141	0.130	0.111
	5	4	0.220	0.196	0.238	0.304	0.233	2.40	1.87	0.247	0.151	0.140	0.120
I	1	4	0.157	0.163	0.167	0.246	0.165	2.64	2.01	0.186	0.119	0.098	0.075
	2	4	0.182	0.153	0.204	0.289	0.201	3.02	2.13	0.224	0.130	0.105	0.085
	3	4	0.197	0.166	0.223	0.305	0.220	3.11	2.18	0.241	0.142	0.112	0.094
	4	4	0.211	0.192	0.244	0.320	0.240	3.30	2.21	0.253	0.150	0.117	0.100
J	1	3	0.125	0.148	0.127	0.181	0.126	1.62	1.29	0.128	0.116	0.119	0.099
	2	3	0.106	0.161	0.107	0.154	0.105	1.48	1.17	0.105	0.099	0.103	0.088
	3	3	0.141	0.154	0.143	0.205	0.141	1.74	1.36	0.145	0.125	0.127	0.108
	4	3	0.094	0.154	0.094	0.137	0.093	1.34	1.10	0.091	0.088	0.091	0.078
K	1	3	0.129	0.173	0.131	0.192	0.129	1.95	1.52	0.139	0.124	0.124	0.103
	2	3	0.105	0.147	0.105	0.151	0.104	1.76	1.37	0.110	0.105	0.108	0.090
	3	3	0.141	0.174	0.143	0.208	0.141	2.07	1.61	0.153	0.131	0.129	0.109
L	1	3	0.155	0.178	0.157	0.226	0.155	1.94	1.52	0.168	0.133	0.123	0.097
	2	3	0.169	0.183	0.177	0.251	0.174	2.11	1.63	0.190	0.144	0.131	0.109
	3	3	0.124	0.144	0.126	0.177	0.125	1.73	1.35	0.132	0.118	0.112	0.084
M	1	3	0.130	0.179	0.134	0.200	0.132	2.64	2.02	0.151	0.134	0.117	0.093
	2	3	0.142	0.190	0.147	0.223	0.145	2.79	2.10	0.166	0.142	0.122	0.098
	3	3	0.107	0.164	0.109	0.160	0.107	2.38	1.85	0.123	0.117	0.111	0.085
	4	3	0.152	0.206	0.160	0.242	0.157	2.88	2.16	0.180	0.145	0.120	0.102
N	1	3	0.169	0.198	0.180	0.265	0.176	2.77	2.07	0.201	0.141	0.114	0.095
	2	3	0.187	0.182	0.207	0.297	0.204	2.97	2.18	0.231	0.156	0.122	0.103
	3	3	0.178	0.207	0.193	0.282	0.189	2.84	2.12	0.216	0.150	0.121	0.100
	4	3	0.157	0.185	0.167	0.250	0.164	2.63	2.01	0.187	0.136	0.112	0.092
O	1	3	0.219	0.221	0.243	0.317	0.237	2.63	1.98	0.257	0.156	0.129	0.111
	3	3	0.208	0.212	0.230	0.297	0.225	2.46	1.90	0.245	0.147	0.123	0.104
	4	3	0.175	0.166	0.183	0.251	0.180	2.17	1.70	0.199	0.126	0.109	0.088

Tabel 5 Meetresultaten proevenserie 2 (a)

proeven serie	nummer	ghm 11 H1/3 [m]	GRSM R [-]	ghm 8 H1/3 [m]	H1%,m [m]	Tp [s]	Tm [s]	ghm 8 golfopzet [m]	waterstand teen [m]	Dn50 [m]	S [-]
G	1	0.064	0.25	0.06	0.074	3.02	1.12	0.000	0.539	0.020	1.8
	2	0.070	0.29	0.06	0.080	12.80	1.21	0.001	0.549	0.020	1.1
	3	0.089	0.31	0.08	0.106	12.10	1.39	0.002	0.579	0.020	7.7
	4	0.077	0.30	0.07	0.090	10.35	1.30	0.002	0.561	0.020	3.1
	5	0.096	0.33	0.09	0.117	10.81	1.43	0.001	0.588	0.020	8.6
	6	0.120	0.36	0.09	0.114	10.76	1.44	0.004	0.586	0.017	16.5
H	1	0.061	0.43	0.05	0.074	11.20	1.45	0.004	0.521	0.020	1.3
	2	0.080	0.48	0.07	0.101	11.21	1.66	0.006	0.545	0.020	2.8
	3	0.096	0.49	0.08	0.123	11.28	1.81	0.005	0.567	0.020	5.4
	4	0.110	0.52	0.08	0.121	11.68	1.95	0.006	0.558	0.017	8.4
	5	0.124	0.54	0.09	0.130	14.67	2.00	0.007	0.573	0.017	11.9
I	1	0.056	0.52	0.05	0.088	15.34	2.02	0.006	0.511	0.020	1.6
	2	0.071	0.59	0.06	0.108	16.19	2.36	0.008	0.526	0.020	2.0
	3	0.081	0.60	0.07	0.112	15.56	2.39	0.008	0.536	0.020	3.0
	4	0.091	0.66	0.08	0.126	20.09	2.67	0.009	0.541	0.017	4.3
J	1	0.098	0.40	0.07	0.094	10.59	1.32	0.002	0.551	0.017	6.8
	2	0.085	0.35	0.06	0.077	12.17	1.20	0.002	0.536	0.017	4.6
	3	0.109	0.41	0.08	0.102	10.36	1.38	0.000	0.561	0.017	12.5
	4	0.074	0.34	0.05	0.068	11.64	1.13	0.002	0.526	0.017	2.9
K	1	0.101	0.49	0.07	0.097	10.24	1.46	0.003	0.547	0.017	6.8
	2	0.086	0.43	0.06	0.081	10.59	1.37	0.003	0.531	0.017	2.6
	3	0.107	0.49	0.07	0.105	10.78	1.52	0.004	0.557	0.017	8.4
L	1	0.239	0.50	0.07	0.098	11.29	1.50	0.004	0.545	0.017	6.5
	2	0.110	0.53	0.08	0.110	10.89	1.54	0.004	0.556	0.017	9.5
	3	0.082	0.44	0.06	0.079	10.68	1.34	0.003	0.526	0.017	3.5
M	1	0.090	0.52	0.06	0.089	12.75	1.67	0.004	0.534	0.017	4.9
	2	0.098	0.54	0.06	0.096	13.17	1.75	0.003	0.543	0.017	5.6
	3	0.079	0.48	0.05	0.077	11.62	1.58	0.004	0.522	0.017	2.3
	4	0.085	0.59	0.07	0.106	13.00	1.78	0.005	0.554	0.017	8.5
N	1	0.080	0.59	0.07	0.110	13.62	1.86	0.006	0.547	0.017	3.7
	2	0.089	0.61	0.08	0.126	13.84	2.01	0.006	0.556	0.017	10.4
	3	0.086	0.60	0.07	0.116	13.75	1.93	0.006	0.553	0.017	8.2
	4	0.077	0.56	0.06	0.106	13.97	1.82	0.005	0.538	0.017	5.7
O	1	0.101	0.65	0.09	0.140	18.25	2.07	0.008	0.568	0.017	12.1
	3	0.091	0.66	0.08	0.127	19.47	2.21	0.008	0.553	0.017	8.8
	4	0.071	0.52	0.06	0.102	12.97	1.70	0.006	0.531	0.017	3.3

Tabel 6 Meetresultaten proevenserie 2 (b)

proeven serie	nummer	cot(α) [-]	ghm 1,2,3								ghm 4	ghm 5	ghm 6	ghm 7
			Hm0l [m]	R [-]	H1/3 [m]	H1%,m [m]	Hsi [m]	Tp [s]	Tm [s]	H1/3 [m]	H1/3 [m]	H1/3 [m]	H1/3 [m]	
G	3	4	0.140	0.128	0.142	0.198	0.141	1.66	1.32	0.140	0.125	0.120	0.110	
	13-2	nvt	0.141	0.111	0.142	0.201	0.141	1.70	1.31	0.144	0.126	0.118	0.104	
H	3	4	0.203	0.170	0.215	0.282	0.212	2.17	1.74	0.221	0.142	0.130	0.115	
	13-2	nvt	0.205	0.142	0.216	0.282	0.214	2.18	1.73	0.227	0.140	0.123	0.106	
I	3	4	0.197	0.166	0.223	0.305	0.220	3.11	2.18	0.241	0.142	0.112	0.094	
	13	nvt	0.202	0.143	0.231	0.313	0.228	3.28	2.20	0.250	0.141	0.105	0.085	
J	1	3	0.125	0.148	0.127	0.181	0.126	1.62	1.29	0.128	0.116	0.119	0.099	
	11	nvt	0.126	0.105	0.127	0.180	0.126	1.63	1.28	0.129	0.115	0.108	0.090	
K	3	3	0.141	0.174	0.143	0.208	0.141	2.07	1.61	0.153	0.131	0.129	0.109	
	13	nvt	0.141	0.102	0.142	0.206	0.142	2.10	1.59	0.154	0.131	0.117	0.097	
L	1	3	0.155	0.178	0.157	0.226	0.155	1.94	1.52	0.168	0.133	0.123	0.097	
	11	nvt	0.152	0.118	0.156	0.223	0.155	1.96	1.52	0.166	0.125	0.112	0.090	
M	1	3	0.130	0.179	0.134	0.200	0.132	2.64	2.02	0.151	0.134	0.117	0.093	
	11	nvt	0.130	0.100	0.133	0.199	0.132	2.64	2.03	0.150	0.125	0.107	0.086	
	2	3	0.142	0.190	0.147	0.223	0.145	2.79	2.10	0.166	0.142	0.122	0.098	
	12	nvt	0.143	0.115	0.147	0.220	0.146	2.76	2.11	0.166	0.134	0.112	0.091	
N	3	3	0.178	0.207	0.193	0.282	0.189	2.84	2.12	0.216	0.150	0.121	0.100	
	13	nvt	0.178	0.151	0.192	0.275	0.190	2.84	2.12	0.217	0.145	0.115	0.093	
O	3	3	0.208	0.212	0.230	0.297	0.225	2.46	1.90	0.245	0.147	0.123	0.104	
	13	nvt	0.204	0.157	0.220	0.286	0.217	2.42	1.86	0.236	0.138	0.113	0.095	

Tabel 7 Meetresultaten proevenserie 3 (a)

proeven serie	nummer	ghm 11		GRSM	ghm 8			golfopzet	ghm 12,13,14			
		H1/3 [m]	R [-]		H1/3 [m]	Tp [s]	Tm [s]		H1/3 [m]	R [-]	Hsi [m]	golfopzet [m]
G	3	0.094	0.31	0.082	12.10	1.39	0.002	nvt	nvt		nvt	
	13-2	0.091	0.13	0.080	2.00	1.47	0.000	0.060	0.203	0.059	0.003	
H	3	0.096	0.49	0.081	11.28	1.81	0.005	nvt	nvt		nvt	
	13-2	0.090	0.15	0.078	11.92	1.83	0.005	0.056	0.257	0.055	0.007	
I	3	0.078	0.60	0.066	15.56	2.39	0.008	nvt	nvt		nvt	
	13	0.070	0.15	0.059	16.38	2.19	0.007	0.038	0.288	0.037	0.009	
J	1	0.082	0.40	0.069	10.59	1.32	0.002	nvt	nvt		nvt	
	11	0.076	0.13	0.065	3.29	1.42	0.002	0.046	0.235	0.044	0.004	
K	3	0.089	0.49	0.073	10.78	1.52	0.004	nvt	nvt		nvt	
	13	0.082	0.14	0.070	9.54	1.64	0.003	0.049	0.235	0.047	0.005	
L	1	0.080	0.50	0.066	11.29	1.50	0.004	nvt	nvt		nvt	
	11	0.075	0.13	0.062	9.84	1.57	0.003	0.042	0.255	0.041	0.006	
M	1	0.074	0.52	0.058	12.75	1.67	0.004	nvt	nvt		nvt	
	11	0.070	0.14	0.056	11.61	1.77	0.003	0.035	0.266	0.033	0.006	
	2	0.079	0.54	0.063	13.17	1.75	0.003	nvt	nvt		nvt	
	12	0.075	0.14	0.062	13.64	1.81	0.003	0.041	0.265	0.039	0.006	
N	3	0.085	0.60	0.073	13.75	1.93	0.006	nvt	nvt		nvt	
	13	0.079	0.15	0.067	13.91	1.93	0.004	0.046	0.270	0.044	0.007	
O	3	0.090	0.66	0.079	19.47	2.21	0.008	nvt	nvt		nvt	
	13	0.080	0.15	0.068	13.81	1.91	0.005	0.047	0.281	0.045	0.008	

Tabel 8 Meetresultaten proevenserie 3 (b)

proef	ghm 2 R [%]	GRSM ghm11 R [%]	ghm13 R [%]
G13	11.1	13.3	20.3
H13	14.2	14.9	25.7
I13	14.3	15.5	28.8
J11	10.5	13.1	23.5
K13	10.2	14.0	23.5
L11	11.8	13.3	25.5
M11	10.0	13.7	26.6
M12	11.5	14.2	26.5
N13	15.1	14.9	27.0
O13	15.7	15.0	28.1

proef	ghm2 Hsr [m]	GRSM ghm11 Hsr [m]	ghm13 Hsr [m]	verschil [%]
G13	0.016	0.012	0.012	-0.5
H13	0.031	0.013	0.014	-5.2
I13	0.031	0.011	0.011	1.6
J11	0.013	0.010	0.010	-4.0
K13	0.014	0.011	0.011	2.3
L11	0.018	0.010	0.010	-5.2
M11	0.013	0.009	0.009	4.8
M12	0.017	0.011	0.010	1.0
N13	0.028	0.012	0.012	-1.0
O13	0.035	0.012	0.013	-3.6

gemiddeld verschil: -1.0

Tabel 9 **Vergelijking reflectiecoëfficiënten en gereflecteerde golfhoogte proevenserie 3**

proeven serie	nummer	ghm 1,2,3				ghm 11, GRSM				vereiste correctie R [%]
		H1/3 [m]	R [-]	Hsi [m]	afwijking Hsi [%]	H1/3 [m]	R [-]	Hsi [m]	afwijking Hsi [%]	
G	3	0.142	0.128	0.141		0.094	0.31	0.090		
	13-2	0.142	0.111	0.141	-0.7	0.091	0.13	0.090	-0.1	0.99
H	3	0.215	0.170	0.212		0.096	0.49	0.087		
	13-2	0.216	0.142	0.214	-0.9	0.090	0.15	0.089	-3.3	0.79
I	3	0.223	0.166	0.220		0.078	0.60	0.067		
	13	0.231	0.143	0.228	-3.6	0.070	0.15	0.069	-3.0	0.87
J	1	0.127	0.148	0.126		0.082	0.40	0.077		
	11	0.127	0.105	0.126	-0.3	0.076	0.13	0.076	1.1	1.09
K	3	0.143	0.174	0.141		0.089	0.49	0.080		
	13	0.142	0.102	0.142	-0.3	0.082	0.14	0.081	-1.7	0.90
L	1	0.157	0.178	0.155		0.080	0.50	0.072		
	11	0.156	0.118	0.155	-0.3	0.075	0.13	0.074	-3.3	0.80
M	1	0.134	0.179	0.132		0.074	0.52	0.065		
	11	0.133	0.100	0.132	-0.6	0.070	0.14	0.069	-5.4	0.69
	2	0.147	0.190	0.145		0.079	0.54	0.069		
	12	0.147	0.115	0.146	-0.7	0.075	0.14	0.074	-6.6	0.63
N	3	0.193	0.207	0.189		0.085	0.60	0.073		
	13	0.192	0.151	0.190	-0.4	0.079	0.15	0.078	-6.4	0.71
O	3	0.230	0.212	0.225		0.090	0.66	0.076		
	13	0.220	0.157	0.217	3.5	0.080	0.15	0.079	-4.6	0.83

gemiddelde afwijking: -0.44

gemiddelde afwijking: -3.33

gemiddelde correctiefactor R: 0.83

Tabel 10 Vergelijking inkomende golfhoogte van proeven met en zonder constructie

proeven serie	nummer	cot(α) [-]	ghm 1,2,3			teen		waterstand bij teen			golfhoogte reductie [%]	bestorting	
			Hsi [m]	Tm [s]	Som [-]	Hsi [m]	ξ_m [-]	[m]	Hsi/h [-]	golfopzet [m]		Dn50 [m]	S [-]
G	1	4	0.088	1.05	0.051	0.054	1.41	0.539	0.61	0.000	38	0.020	1.8
	2	4	0.109	1.16	0.052	0.064	1.44	0.549	0.64	0.001	42	0.020	1.1
	3	4	0.141	1.32	0.052	0.077	1.48	0.579	0.60	0.002	45	0.020	7.7
	4	4	0.122	1.23	0.051	0.069	1.46	0.561	0.62	0.002	43	0.020	3.1
	5	4	0.153	1.37	0.052	0.083	1.49	0.588	0.60	0.001	46	0.020	8.6
	6	4	0.164	1.43	0.051	0.084	1.54	0.586	0.62	0.004	49	0.017	16.5
H	1	4	0.147	1.40	0.048	0.054	1.89	0.521	0.75	0.004	64	0.020	1.3
	2	4	0.189	1.62	0.046	0.065	1.99	0.545	0.68	0.006	66	0.020	2.8
	3	4	0.212	1.74	0.045	0.075	1.99	0.567	0.64	0.005	65	0.020	5.4
	4	4	0.216	1.78	0.044	0.071	2.08	0.558	0.66	0.006	67	0.017	8.4
	5	4	0.233	1.87	0.043	0.076	2.12	0.573	0.62	0.007	67	0.017	11.9
I	1	4	0.165	2.01	0.026	0.046	2.94	0.511	0.75	0.006	72	0.020	1.6
	2	4	0.201	2.13	0.028	0.050	2.97	0.526	0.66	0.008	75	0.020	2.0
	3	4	0.220	2.18	0.030	0.055	2.89	0.536	0.64	0.008	75	0.020	3.0
	4	4	0.240	2.21	0.031	0.058	2.87	0.541	0.64	0.009	76	0.017	4.3
J	1	3	0.126	1.29	0.048	0.062	2.16	0.551	0.61	0.002	51	0.017	6.8
	2	3	0.105	1.17	0.049	0.056	2.06	0.536	0.65	0.002	47	0.017	4.6
	3	3	0.141	1.36	0.049	0.067	2.19	0.561	0.60	0.000	52	0.017	12.5
	4	3	0.093	1.10	0.049	0.050	2.05	0.526	0.67	0.002	46	0.017	2.9
K	1	3	0.129	1.52	0.036	0.063	2.52	0.547	0.65	0.003	51	0.017	6.8
	2	3	0.104	1.37	0.036	0.056	2.41	0.531	0.70	0.003	46	0.017	2.6
	3	3	0.141	1.61	0.035	0.067	2.59	0.557	0.62	0.004	53	0.017	8.4
L	1	3	0.155	1.52	0.043	0.059	2.61	0.545	0.62	0.004	62	0.017	6.5
	2	3	0.174	1.63	0.042	0.065	2.67	0.556	0.61	0.004	63	0.017	9.5
	3	3	0.125	1.35	0.044	0.052	2.48	0.526	0.68	0.003	59	0.017	3.5
M	1	3	0.132	2.02	0.021	0.054	3.62	0.534	0.65	0.004	59	0.017	4.9
	2	3	0.145	2.10	0.021	0.057	3.67	0.543	0.61	0.003	61	0.017	5.6
	3	3	0.107	1.85	0.020	0.050	3.43	0.522	0.70	0.004	53	0.017	2.3
	4	3	0.157	2.16	0.022	0.058	3.73	0.554	0.56	0.005	63	0.017	8.5
N	1	3	0.176	2.07	0.026	0.061	3.50	0.547	0.63	0.006	66	0.017	3.7
	2	3	0.204	2.18	0.027	0.065	3.55	0.556	0.62	0.006	68	0.017	10.4
	3	3	0.189	2.12	0.027	0.064	3.49	0.553	0.62	0.006	66	0.017	8.2
	4	3	0.164	2.01	0.026	0.059	3.44	0.538	0.68	0.005	64	0.017	5.7
O	1	3	0.237	1.98	0.039	0.069	3.14	0.568	0.59	0.008	71	0.017	12.1
	3	3	0.225	1.90	0.040	0.065	3.11	0.553	0.63	0.008	71	0.017	8.8
	4	3	0.180	1.70	0.040	0.057	2.97	0.531	0.70	0.006	69	0.017	3.3

Tabel 11 Overzicht belangrijkste parameters proeven G t/m O

Proef	waterstand	golfhoogte	golfperiode		ξ_m	S	reflectie-coëfficiënt
	(m) boven de gootbodern	H_{si} (m)	T_p (s)	T_m (s)	(-)	(-)	(%)
7o01	2.04	0.55	6.2	3.6	1.7	0.6	26.3
7o02a	2.03	0.83	6.0	4.2	1.6	3.1	28.8
7o02b	2.03	0.82	7.0	4.2	1.7	4.5	27.5
7o03a	2.02	0.84	11.5	4.4	1.7	4.5	26.6
7o03b	2.03	0.86	8.0	4.3	1.7	4.7	30.8
7o04	2.23	0.76	6.9	4.0	1.6	2.8	26.5
7o05a	2.23	0.92	6.2	4.5	1.7	4.3	29.0
7o05b	2.22	0.92	7.0	4.4	1.6	8.8	29.0
7o06a	2.22	0.90	7.8	4.3	1.6	-	31.1
7o06b	2.21	0.91	7.9	4.5	1.7	10.2	32.4

Tabel 12 Meetresultaten Deltagootproeven

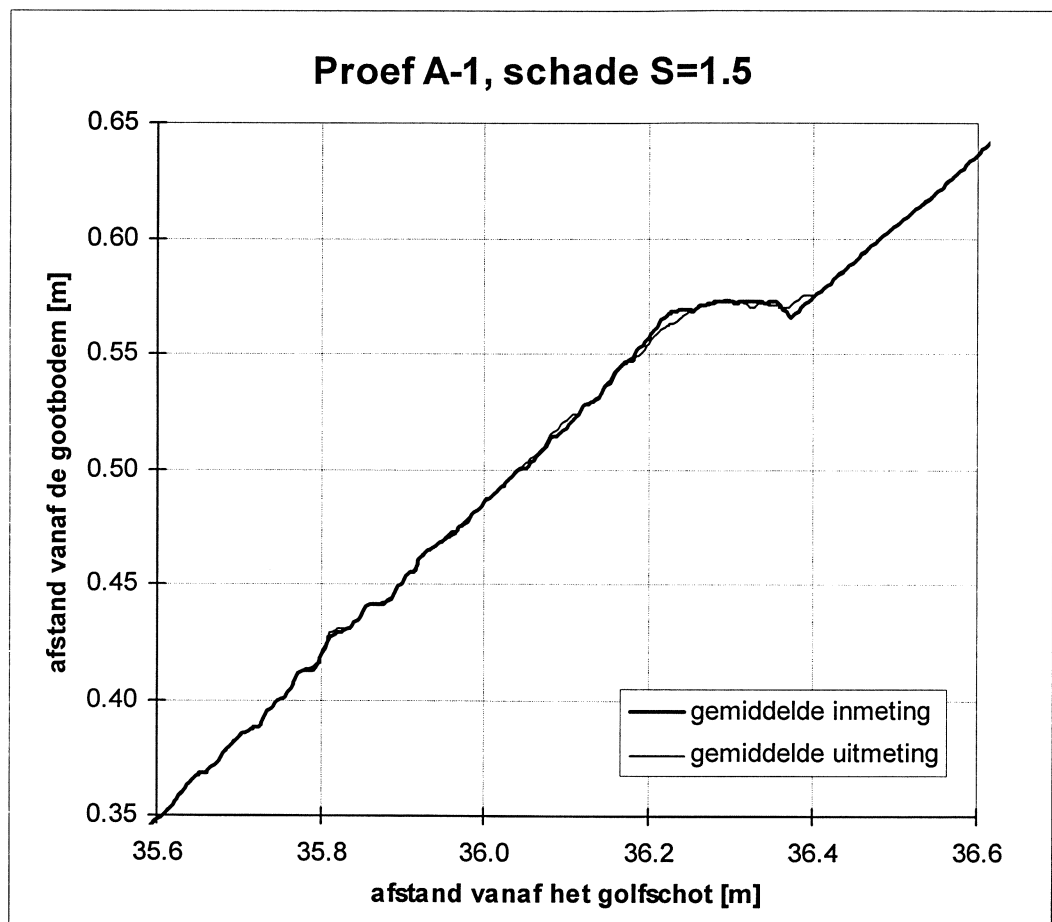
Proef	H_{si} (m)	T_m (s)	Proefduur (uur)	meting $H_{2\%}/H_s$ (-)	invoer BREAKWAT $H_{2\%}/H_s$ (-)	S (-)
7o01	0.55	3.6	1.15	1.31	1.4	0.6
7o02a	0.83	4.2	0.57	1.40	1.4	2.2
7o02b	0.82	4.2	1.75	1.35	1.4	4.8
7o03a	0.84	4.4	0.58	1.33	1.4	5.5
7o03b	0.86	4.3	1.75	1.32	1.4	7.4
7o04	0.76	4.0	1.17	1.29	1.4	2.2
7o05a	0.92	4.5	0.58	1.34	1.4	4.9
7o05b	0.92	4.4	1.77	1.32	1.4	8.5
7o06a	0.90	4.3	0.58	1.33	1.4	9.2
7o06b	0.91	4.5	1.76	1.34	1.4	11.4

Tabel 13 Vergelijkende schadeberekeningen met BREAKWAT

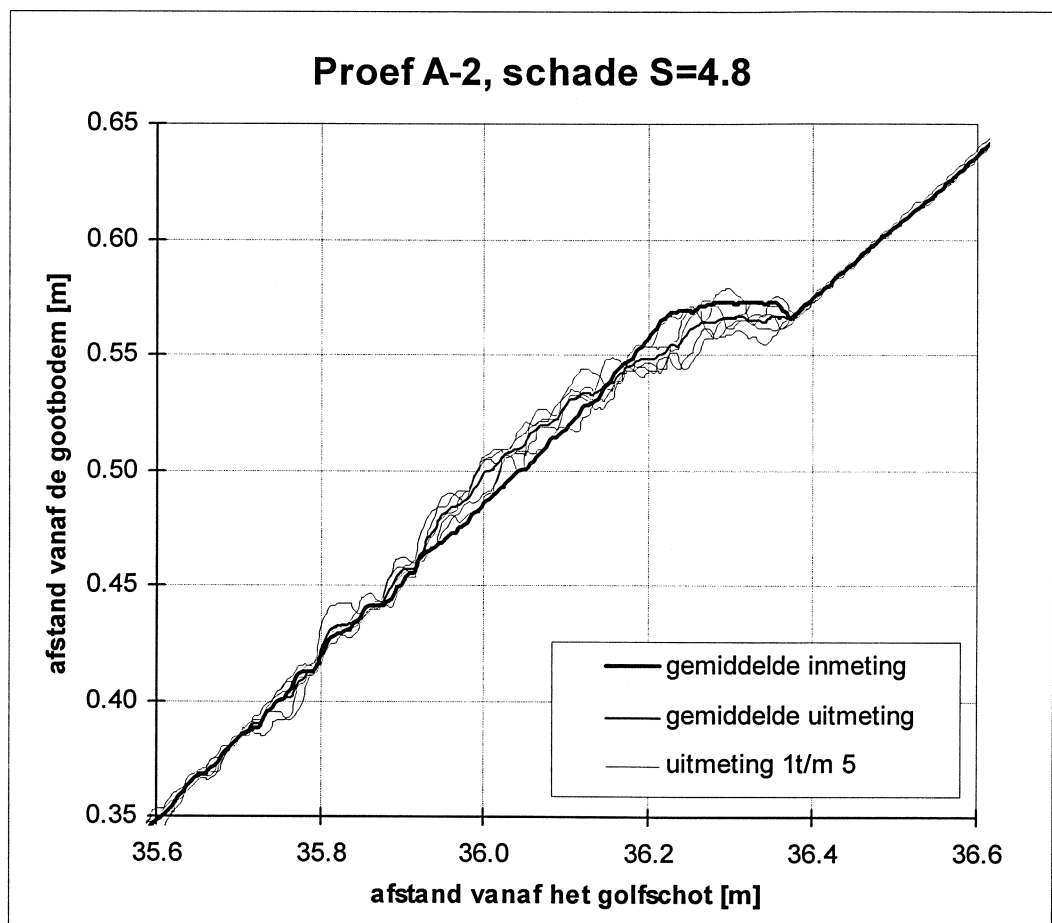
BIJLAGE A

Gemiddelde schadeprofielen van het proevenprogramma in de Scheldegoot met diep voorland, talud 1:3:

proef A-1
proef A-2
proef A-3
proef B-1
proef B-2
proef B-3
proef B-4
proef C-1
proef C-2
proef C-3



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met diep voorland, talud 1:3		A4
	$D_{n50}=0.020$ m	
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR A1	



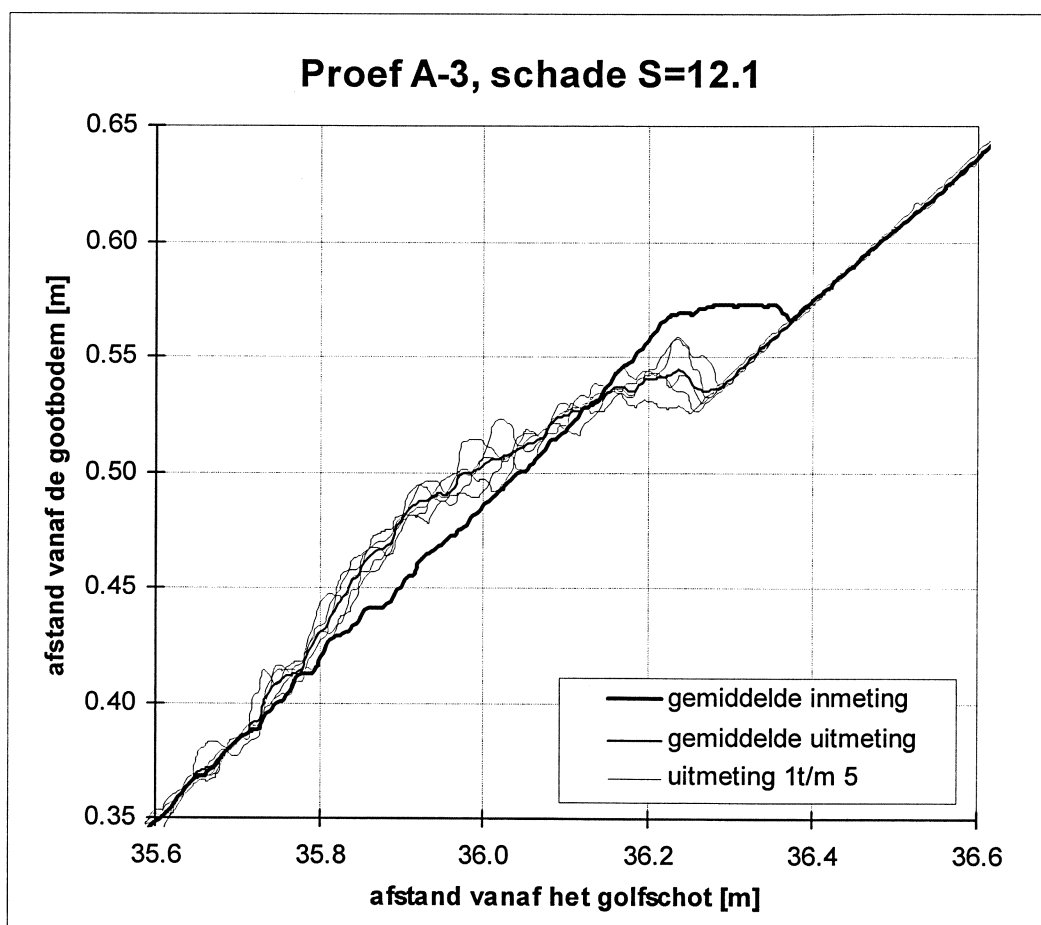
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:3

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR A2



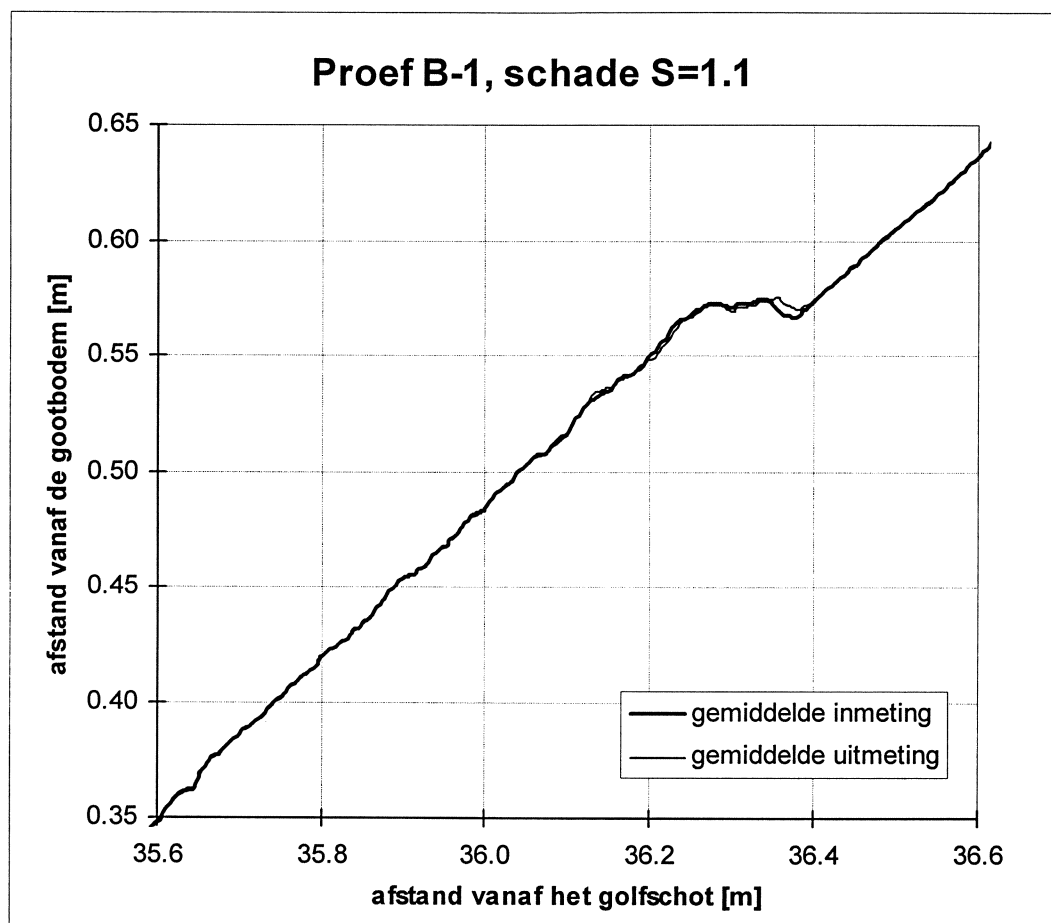
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:3

A4

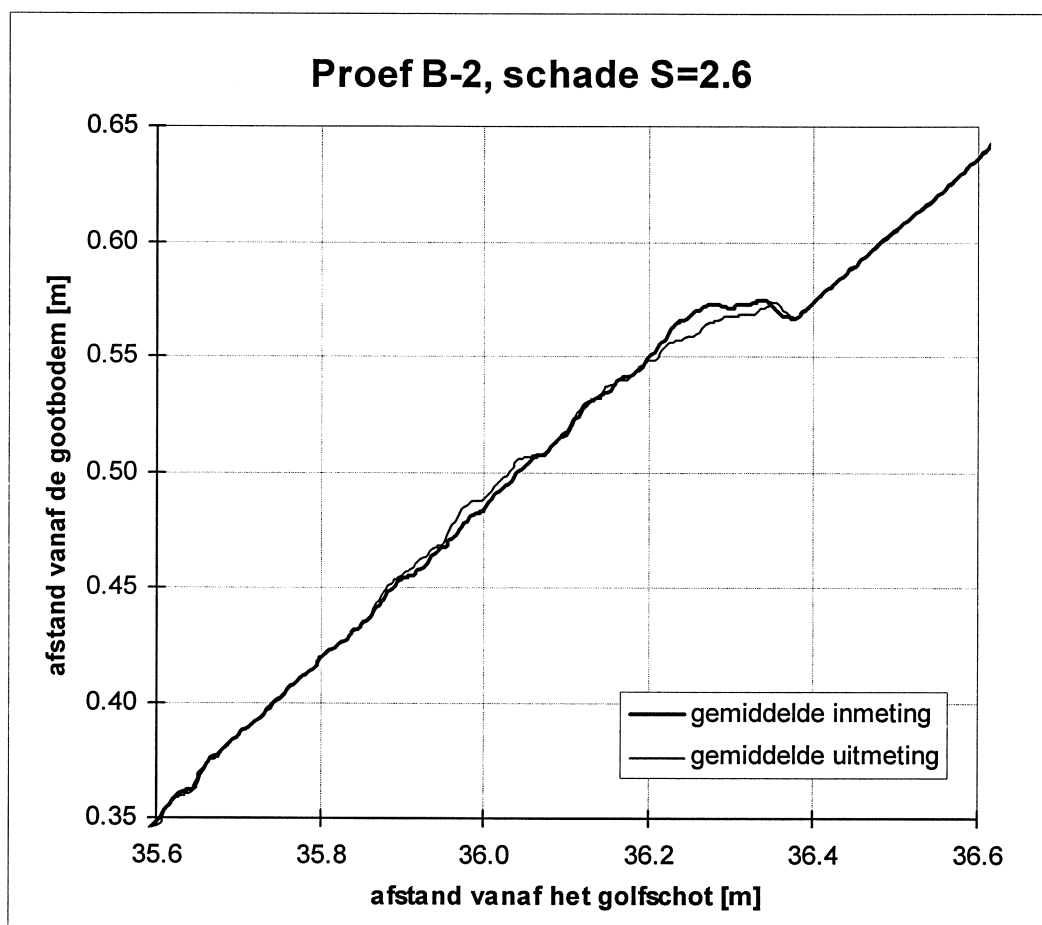
$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR A3



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met diep voorland, talud 1:3		A4
	$D_{n50}=0.020$ m	
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR A4	



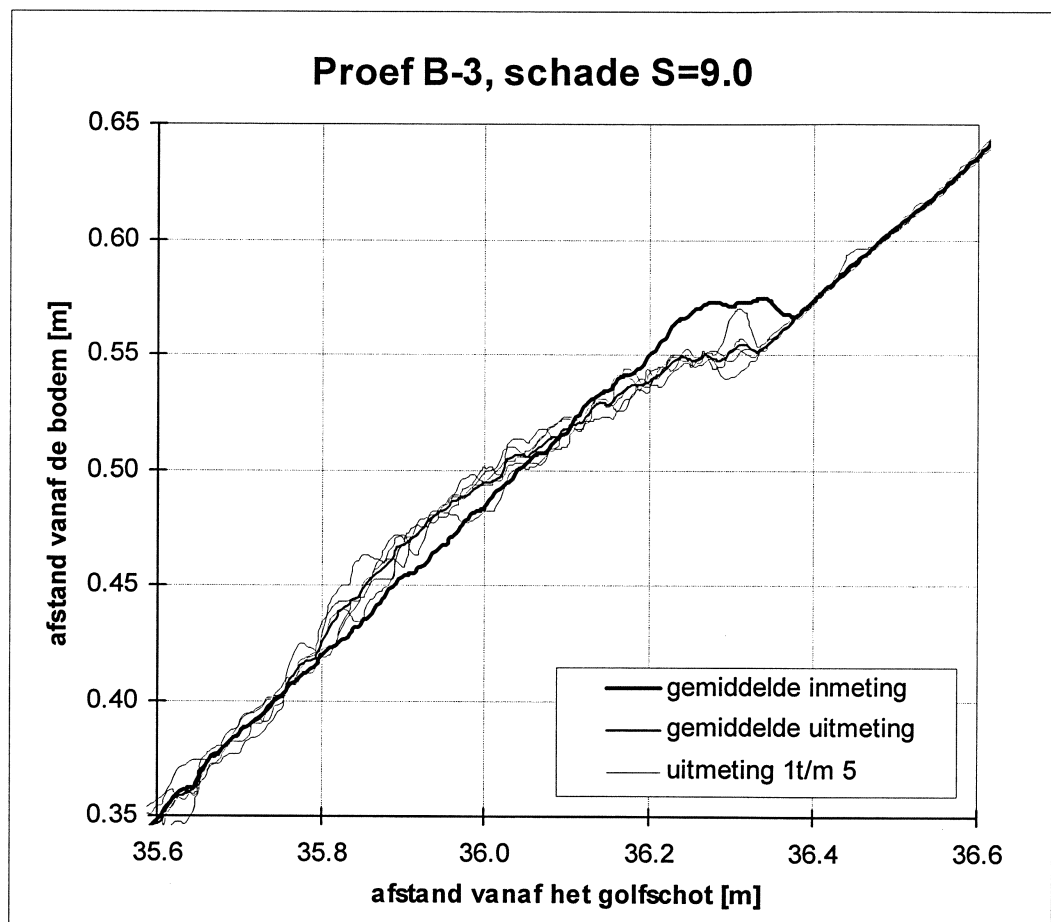
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:3

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR A5



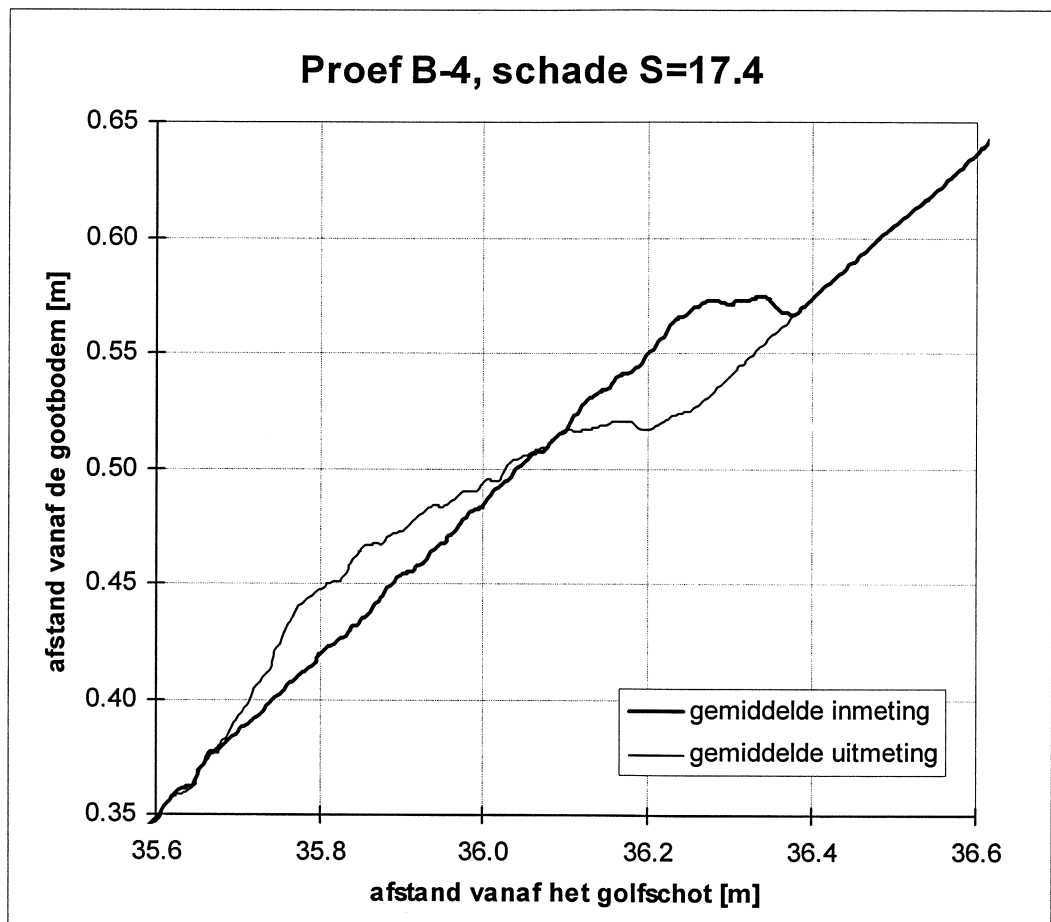
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:3

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR A6



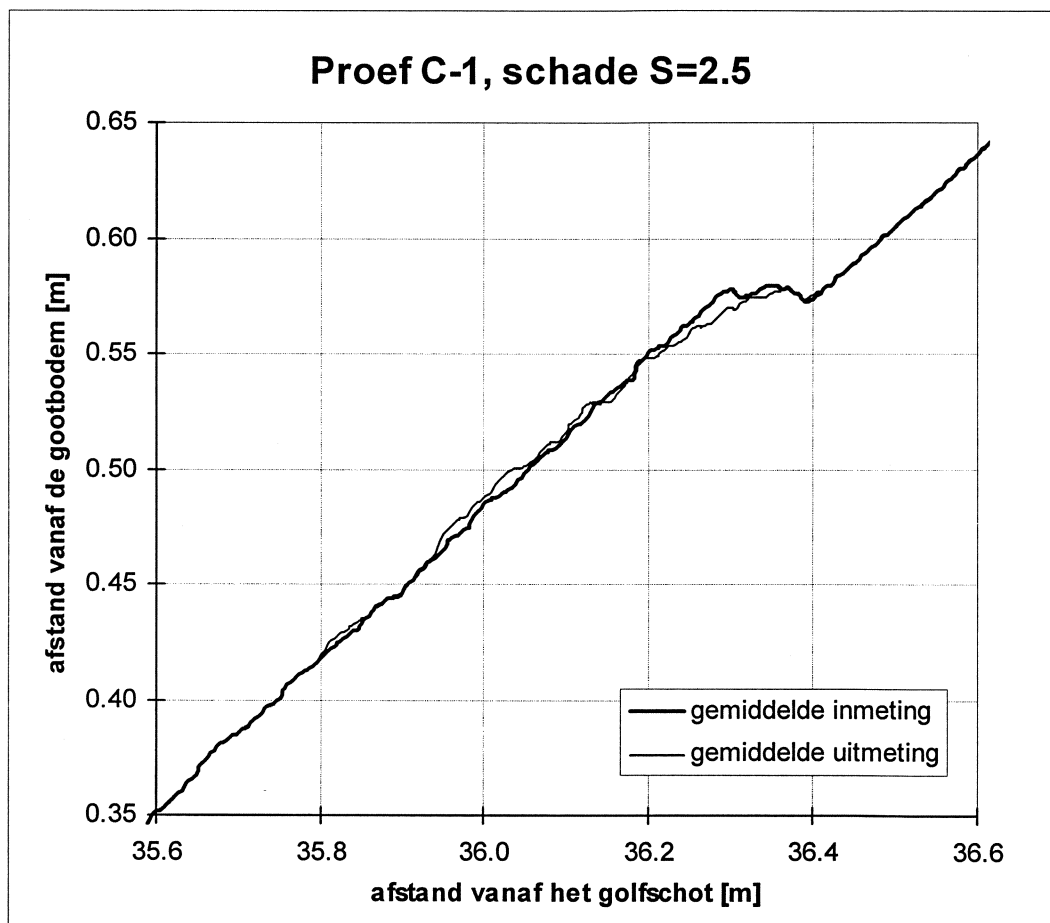
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:3

A4

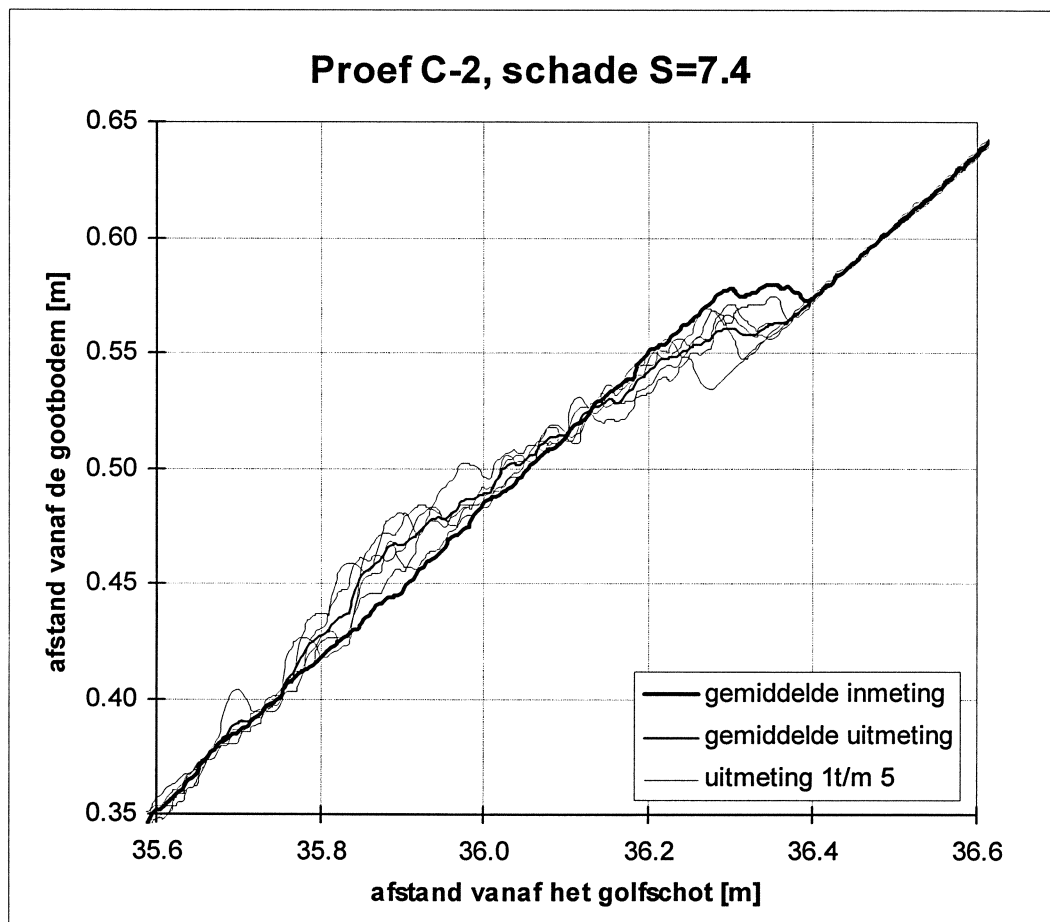
$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

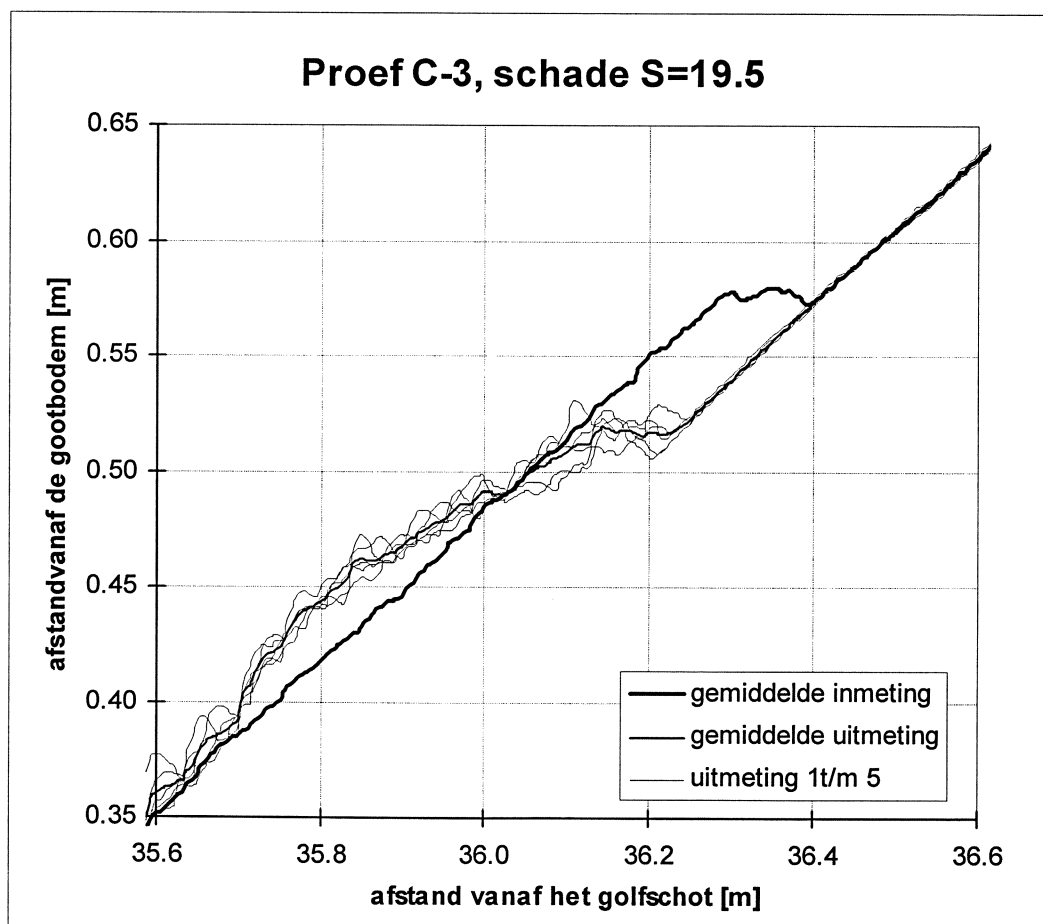
FIGUUR A7



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met diep voorland, talud 1:3		A4
	$D_{n50}=0.020$ m	
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR A8	



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met diep voorland, talud 1:3		A4
	$D_{n50}=0.020$ m	
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR A9	



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:3

A4

$D_{n50}=0.020$ m

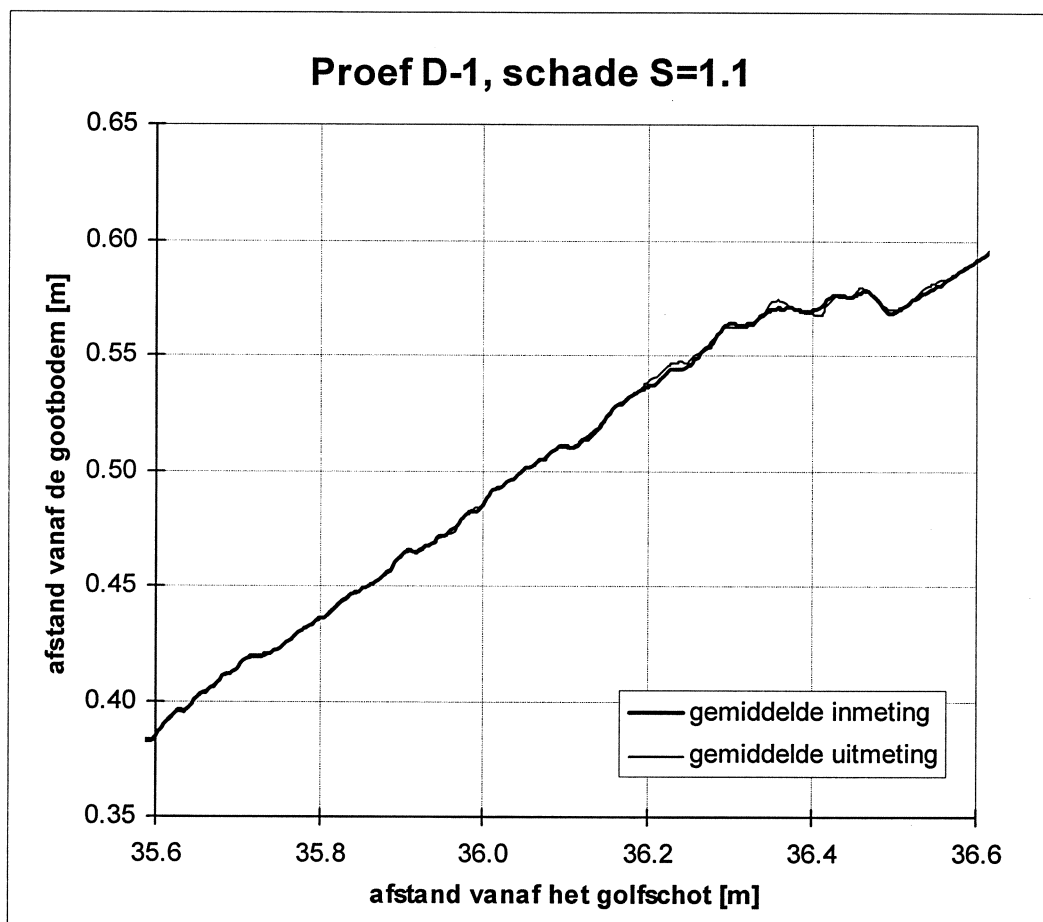
WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR A10

BIJLAGE B

Gemiddelde schadeprofielen van het proevenprogramma in de Scheldegoot met diep voorland, talud 1:4:

proef D-1
proef D-2
proef D-3
proef D-4
proef E-1
proef E-2
proef E-3
proef E-4
proef F-1
proef F-2
proef F-3



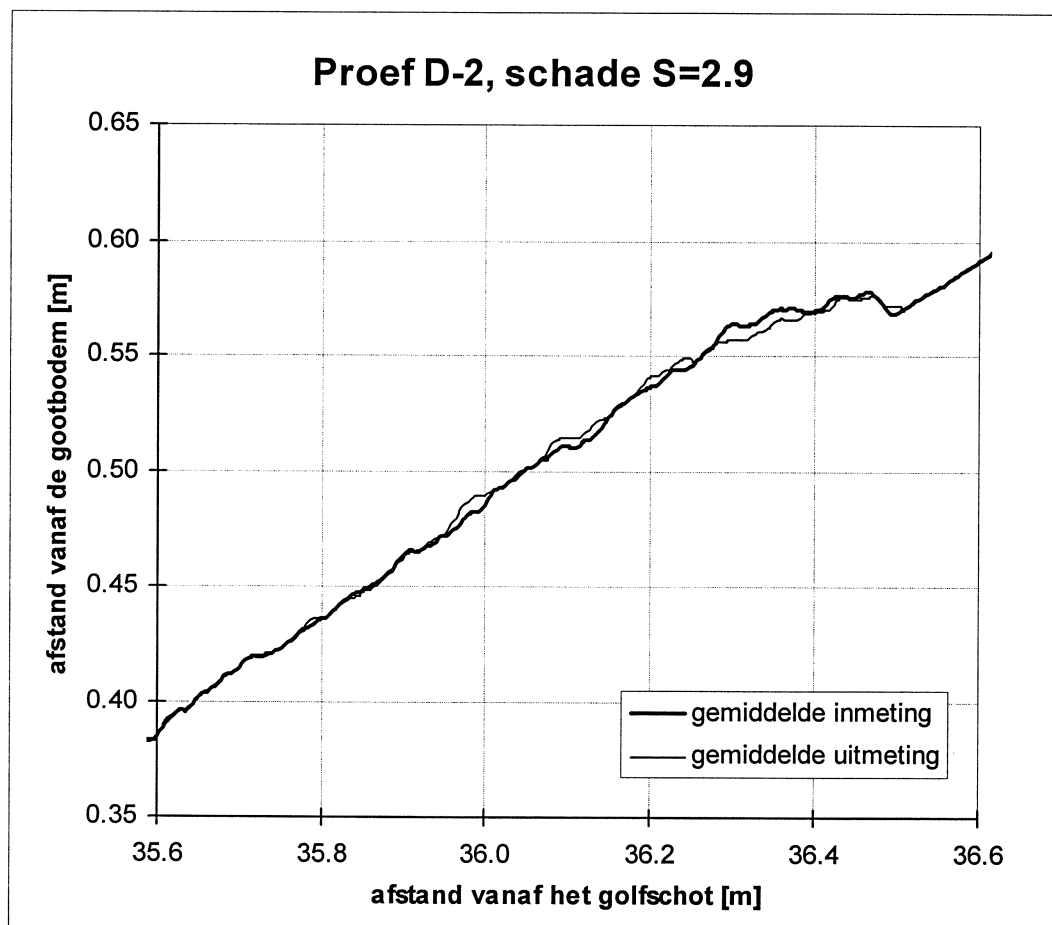
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR BI



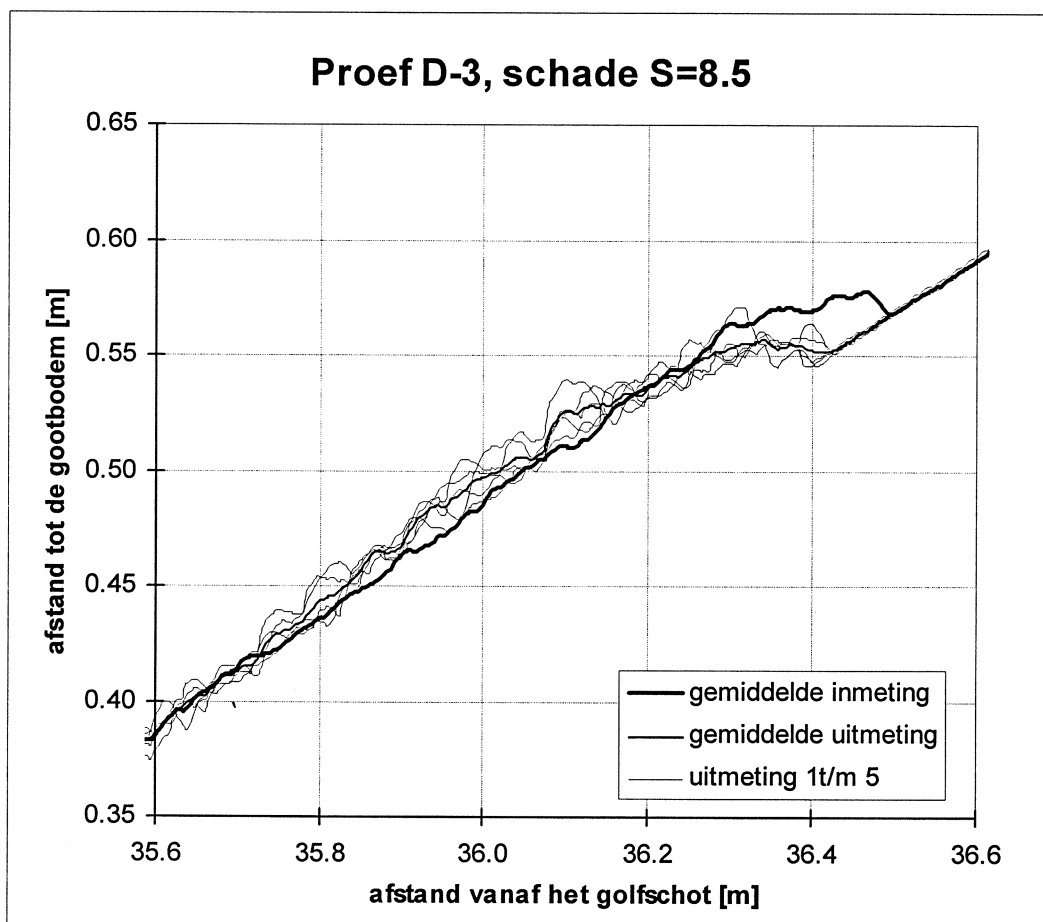
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B2



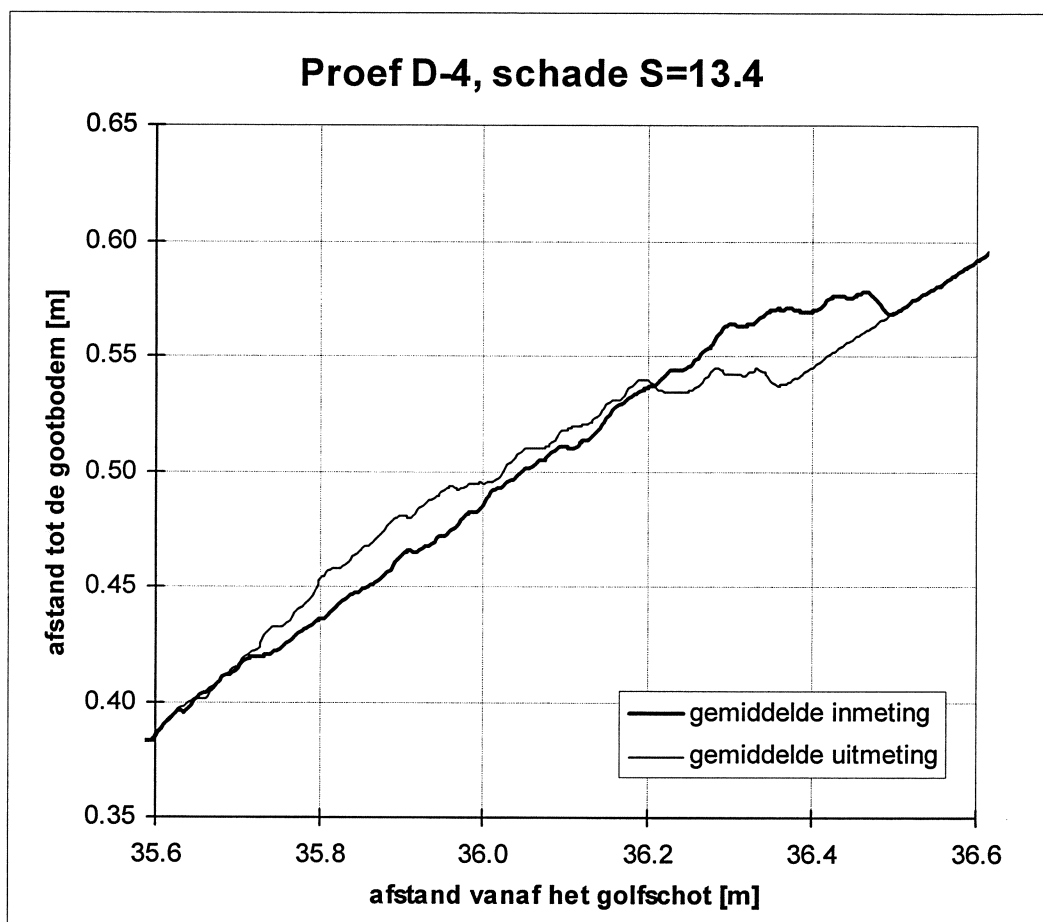
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B3



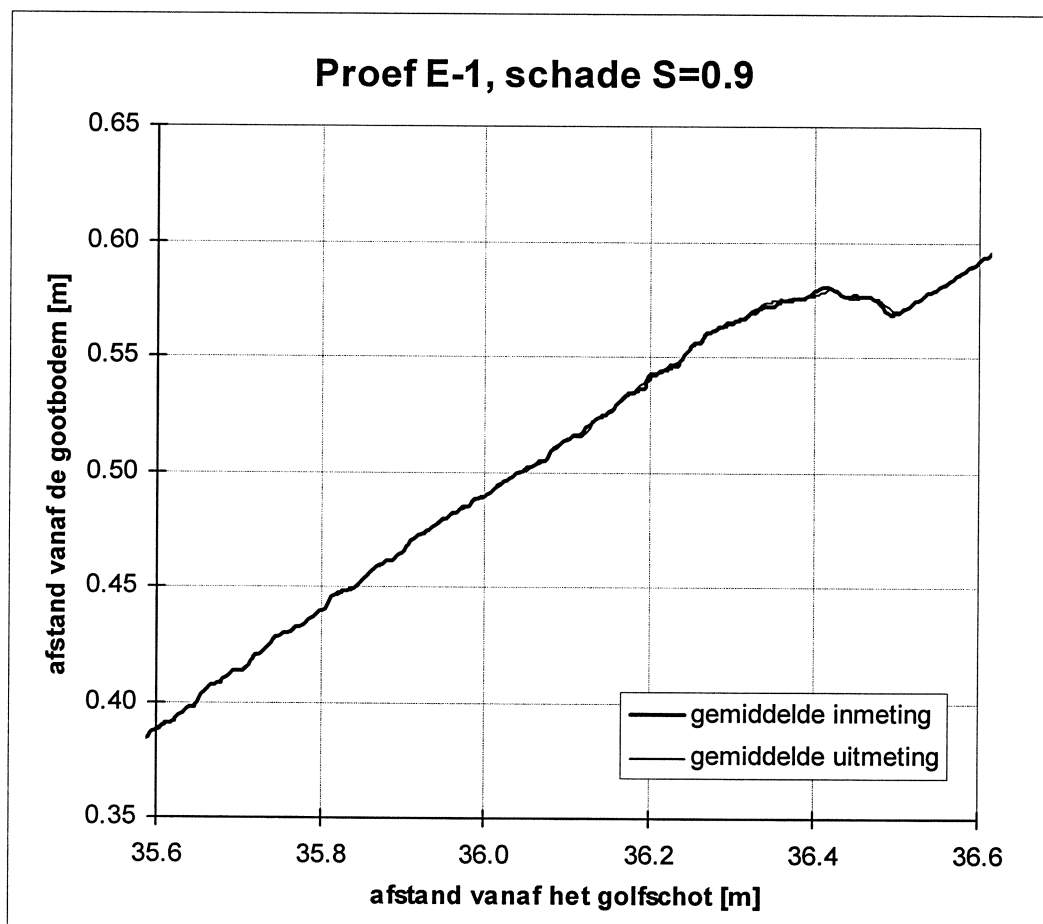
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

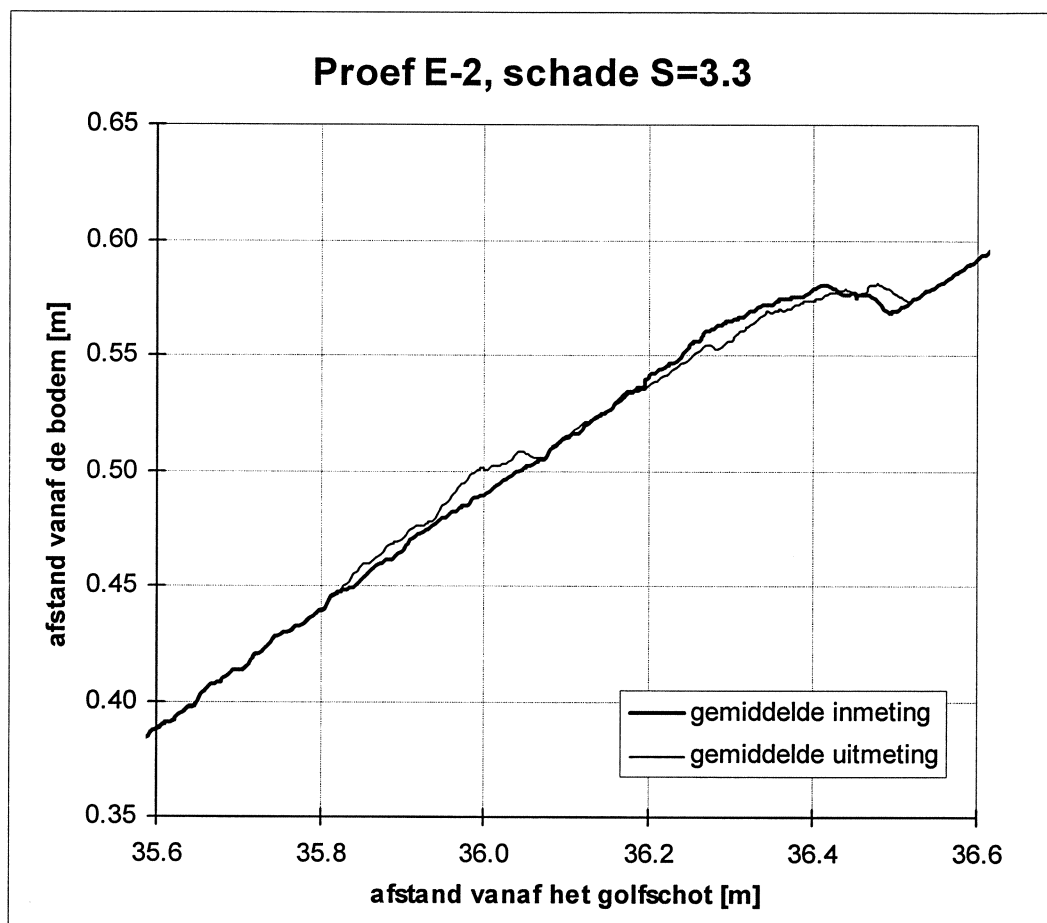
$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B4



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met diep voorland, talud 1:4		A4
	$D_{n50}=0.020$ m	
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR B5	



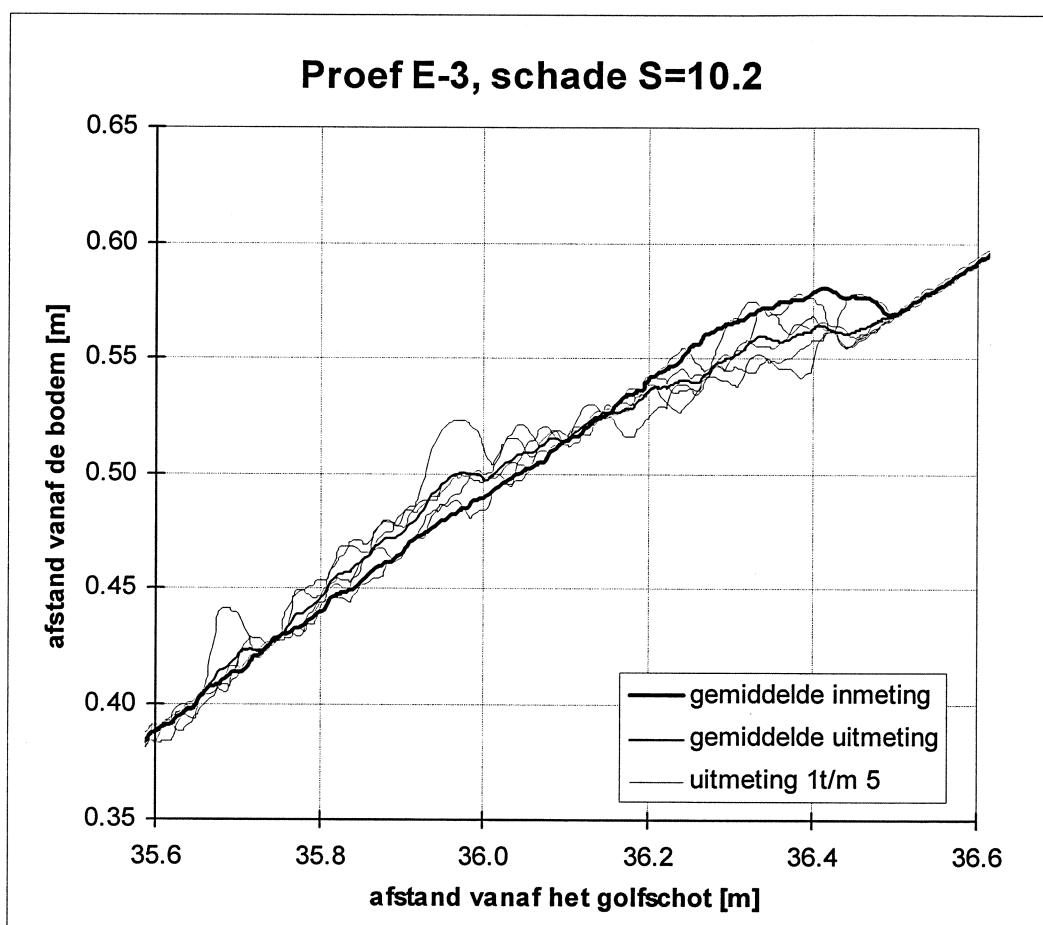
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B6



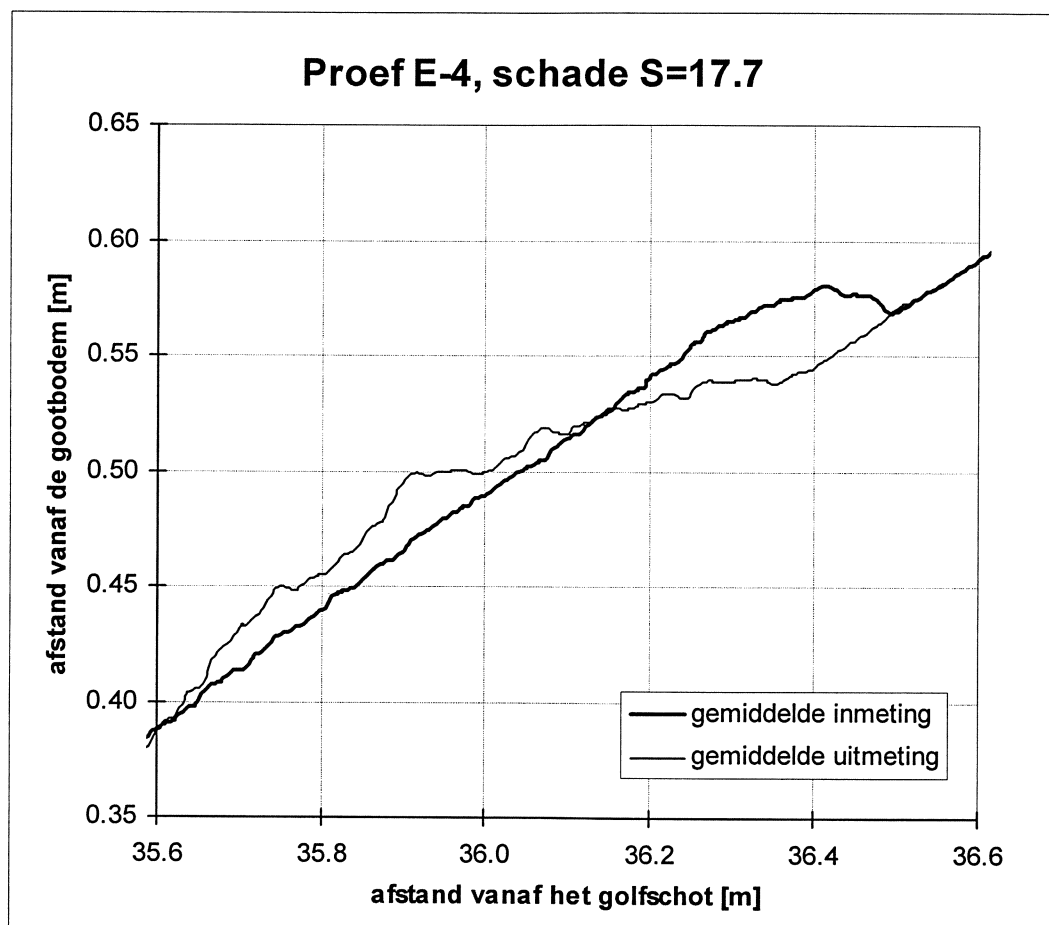
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B7



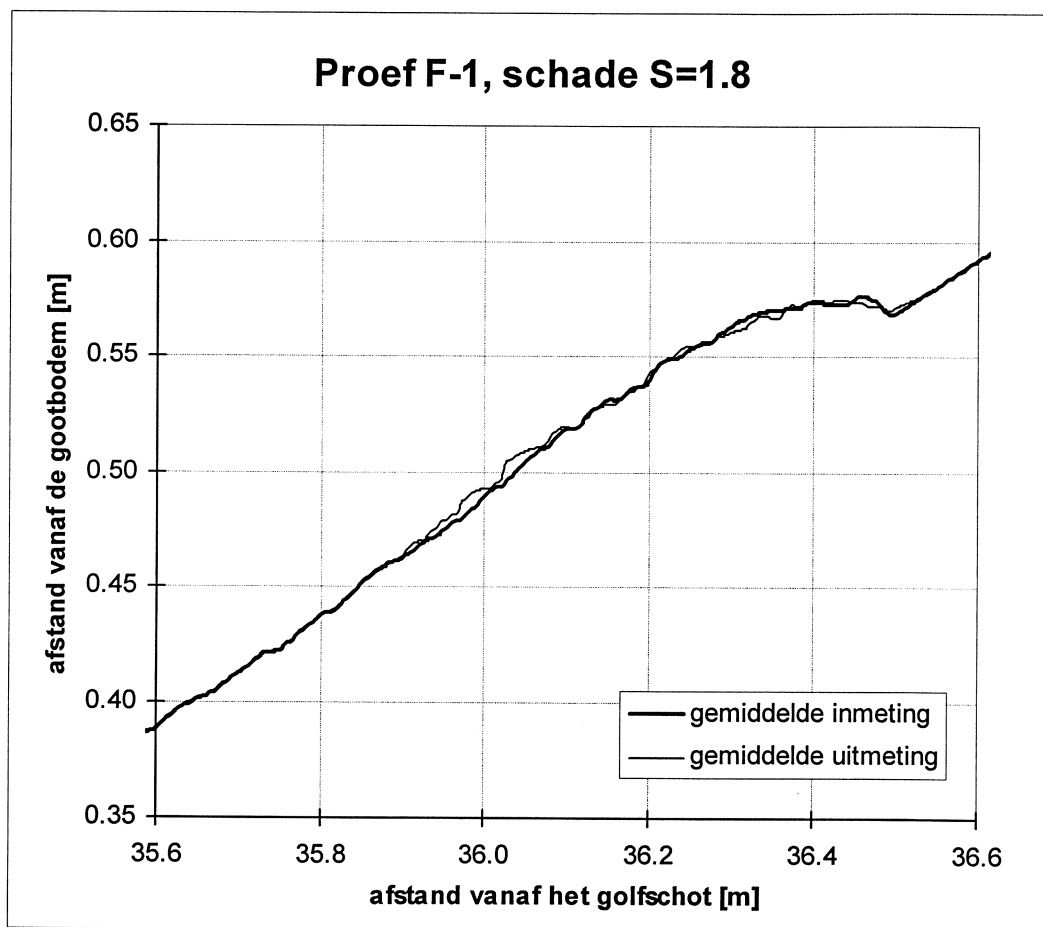
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B8



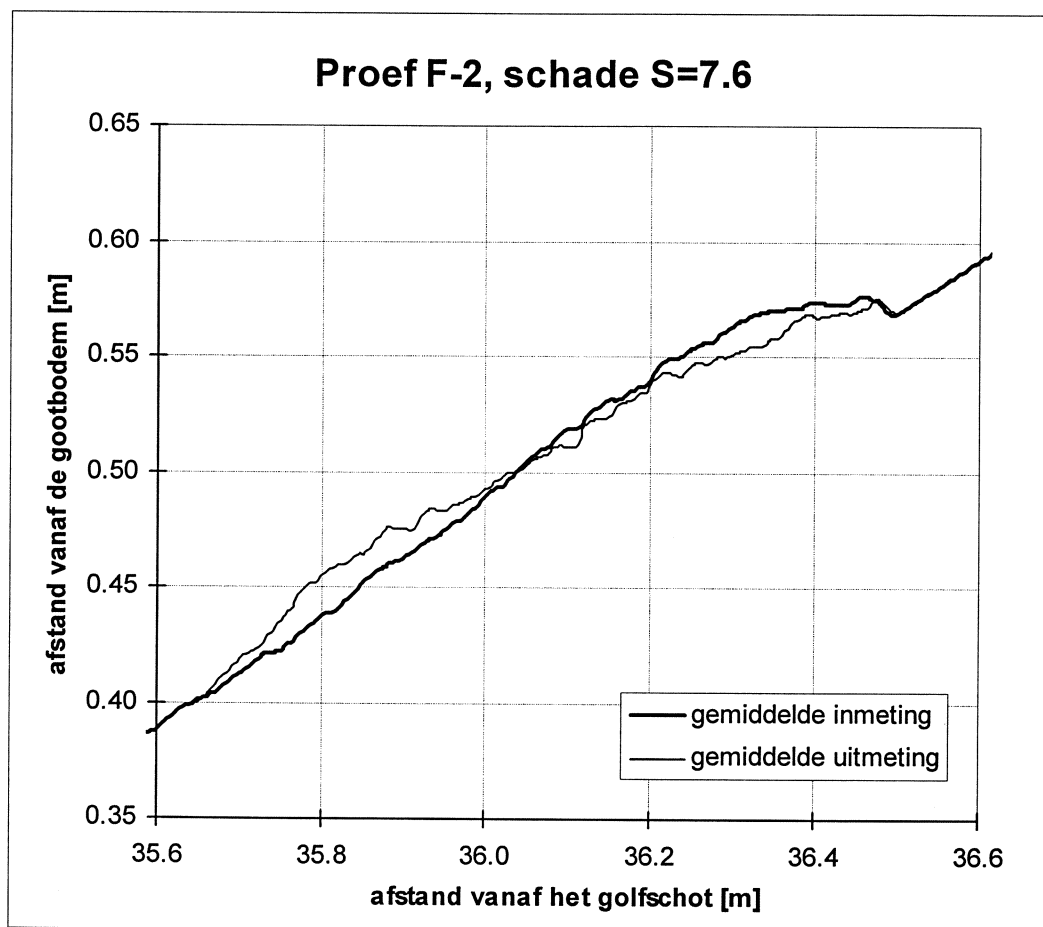
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B9



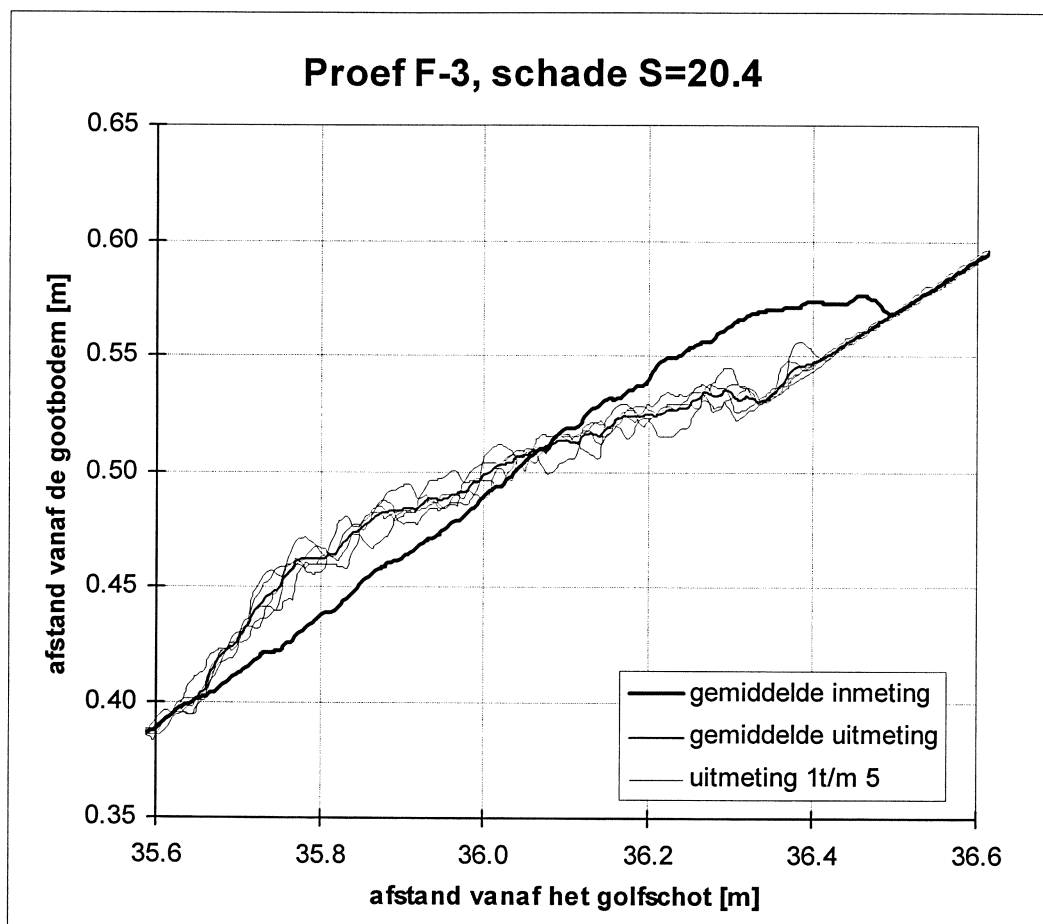
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B10



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
diep voorland, talud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR B I I

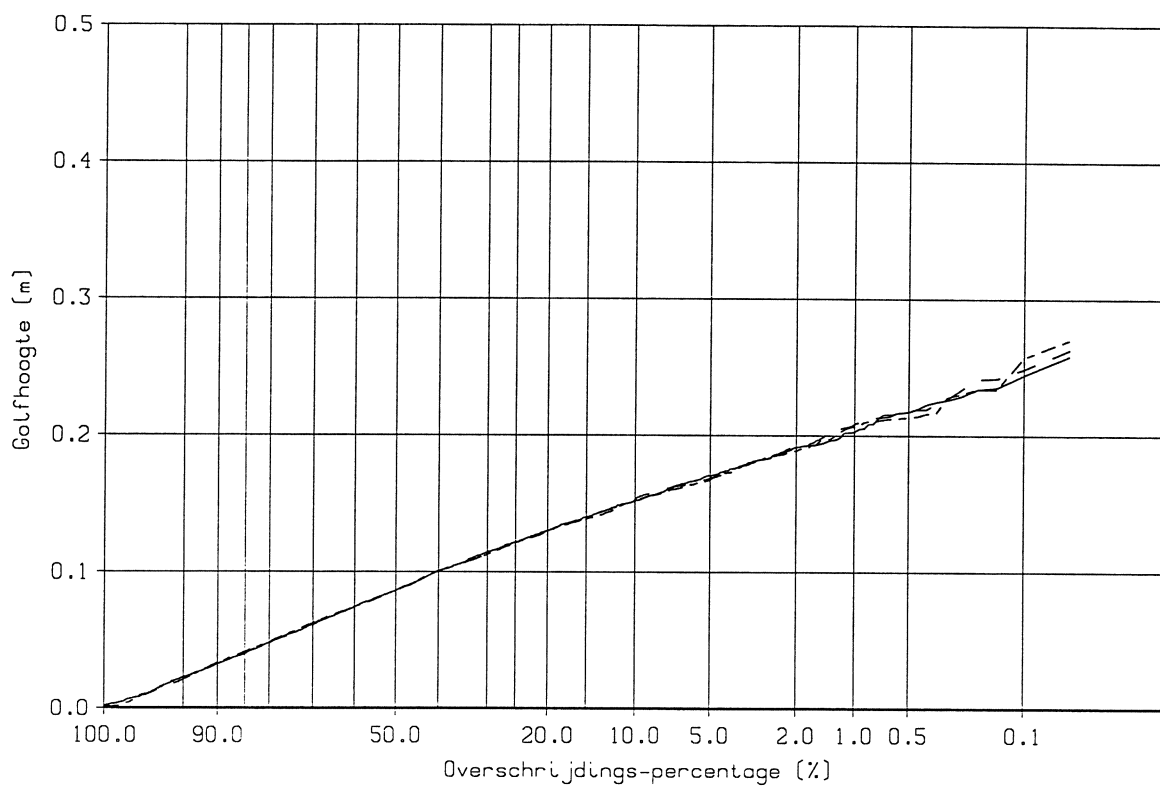
BIJLAGE C

Golfhoogte verdelingen en energiespectra van het proevenprogramma in de Scheldegoot met ondiep voorland, zonder dijktaalud:

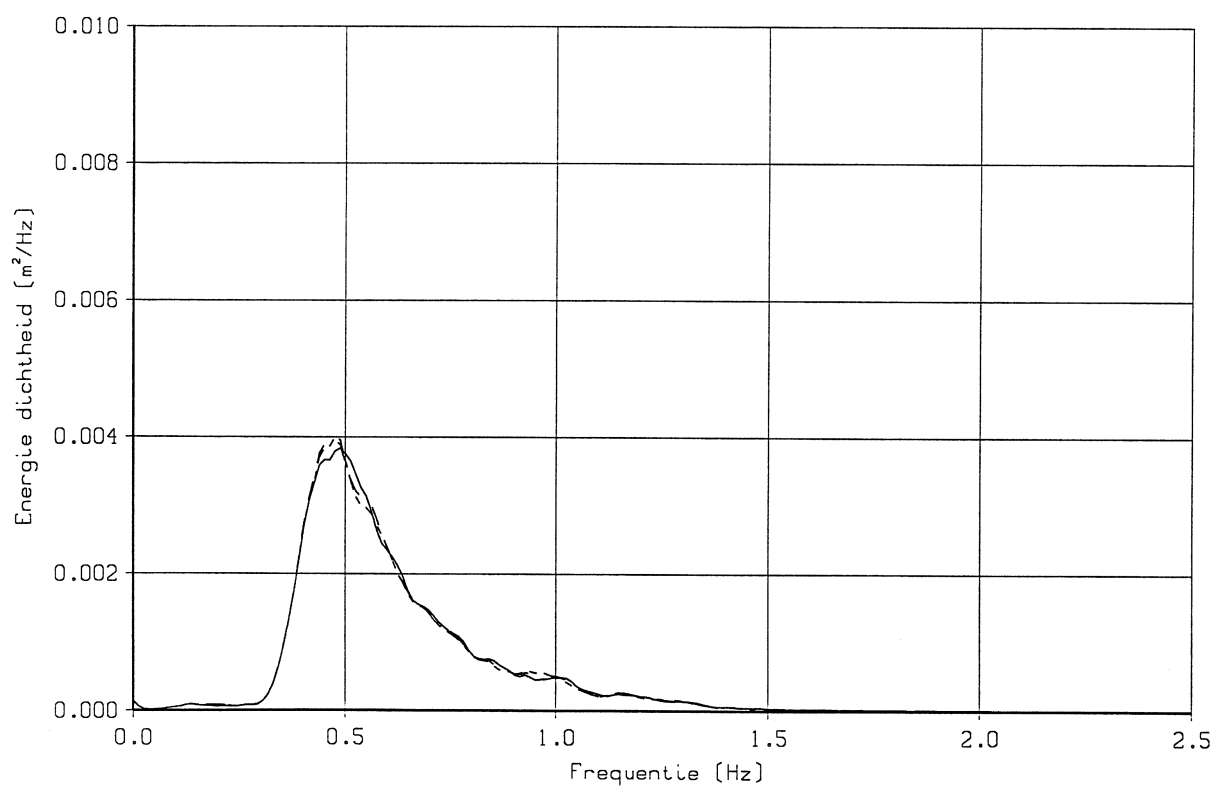
proef K13, golfhoogtereductie ca. 50%, golfhoogtemeters 1 t/m 8 en 11 t/m 14 (figuur 3.6)

proef L11, golfhoogtereductie ca. 60%, golfhoogtemeters 1 t/m 8 en 11 t/m 14 (figuur 3.6)

proef N13, golfhoogtereductie ca. 70%, golfhoogtemeters 1 t/m 8 en 11 t/m 14 (figuur 3.6)



— WHM01
 - - - WHM02
 - . - WHM03



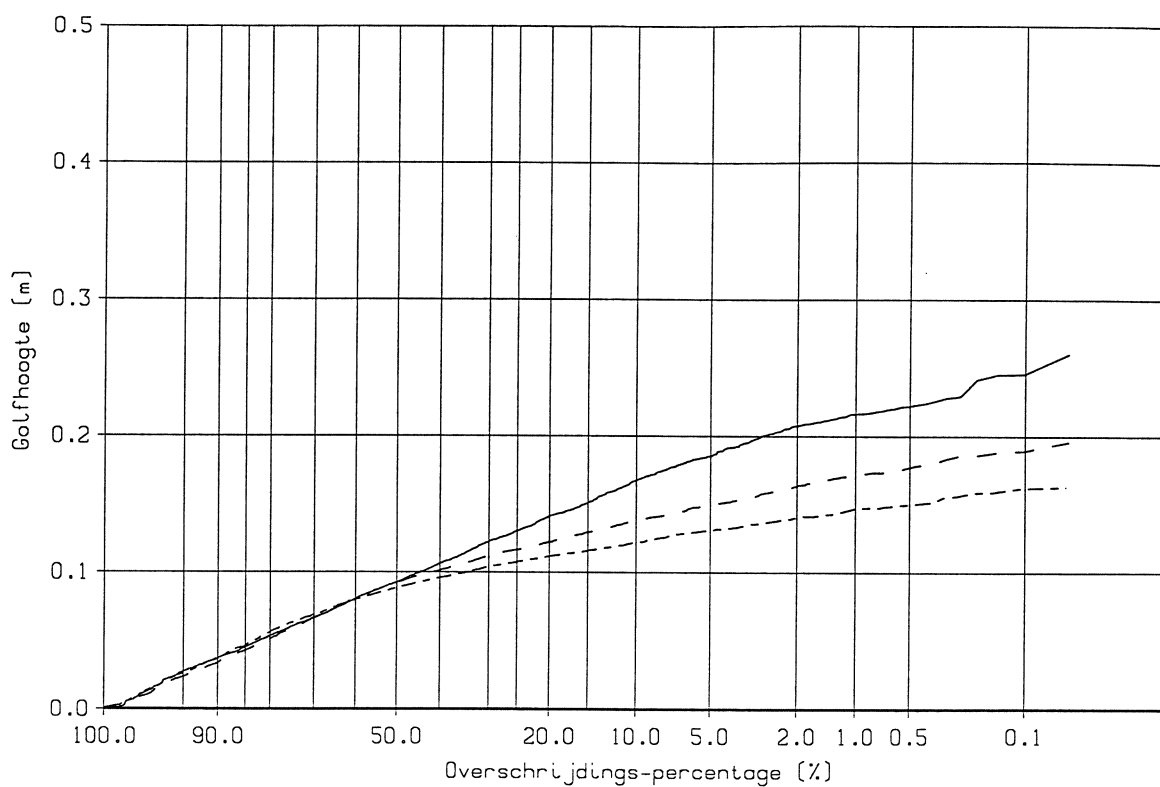
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MK13

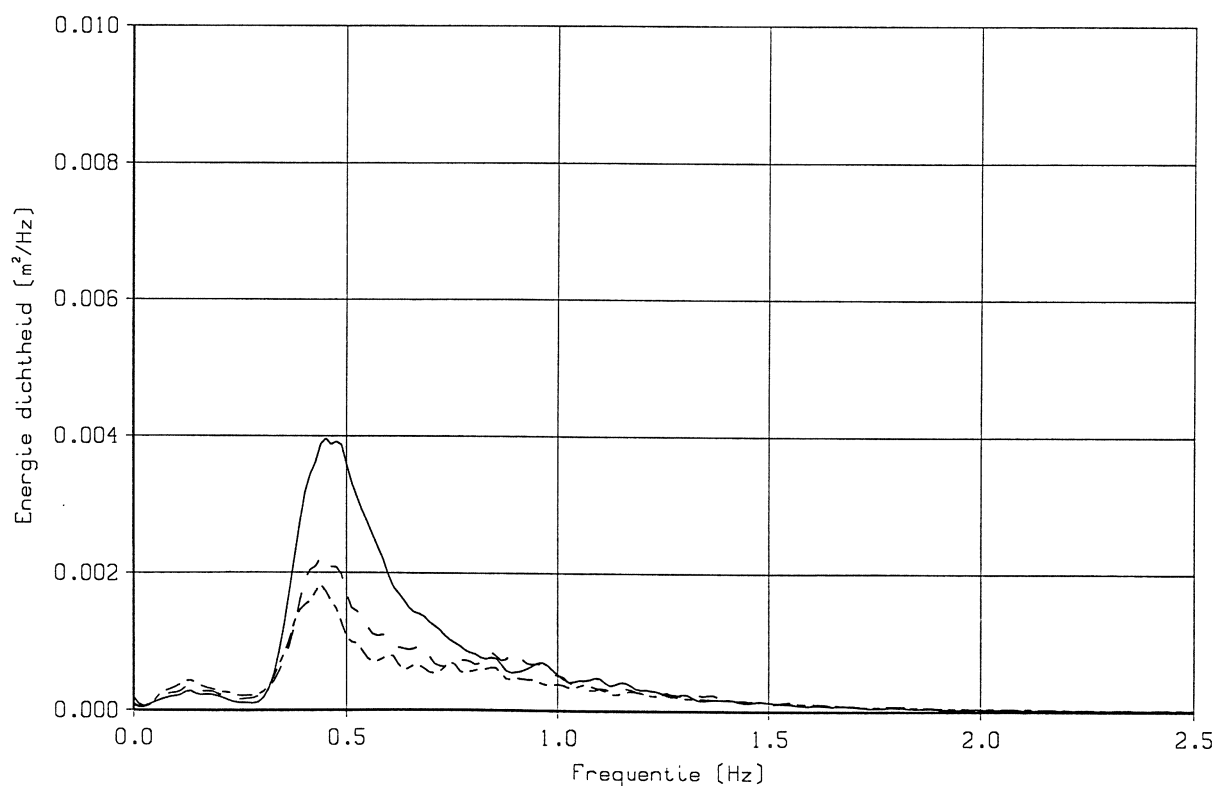
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



— WHM 4
 - - - WHM 5
 - . - WHM 6



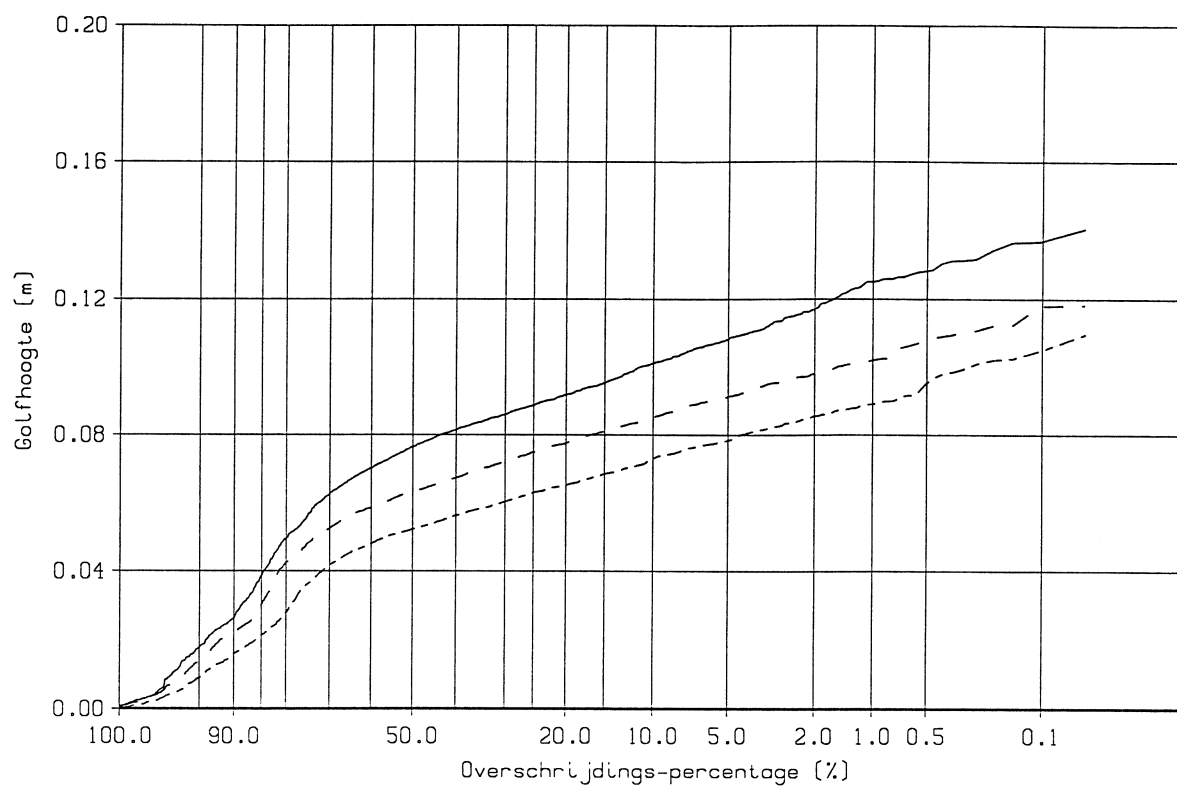
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MK13

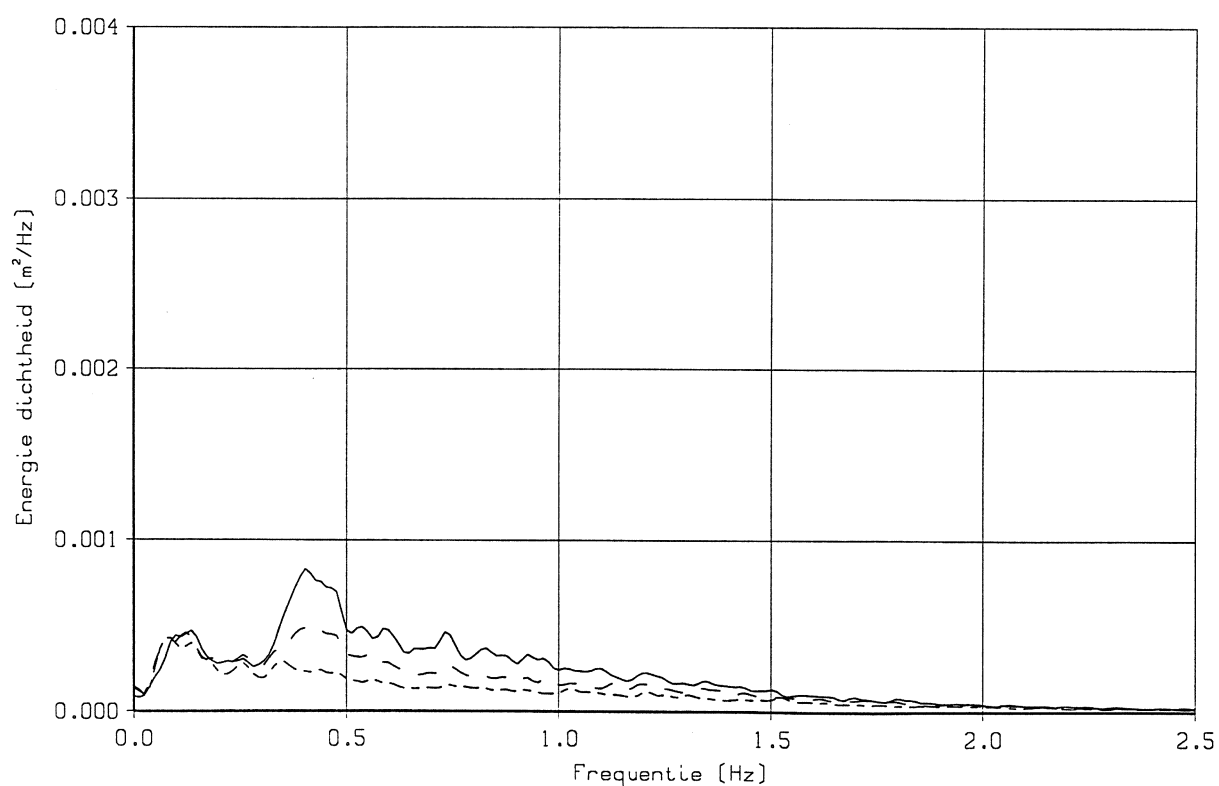
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



— WHM 7
 - - - WHM 11
 - · - WHM 8



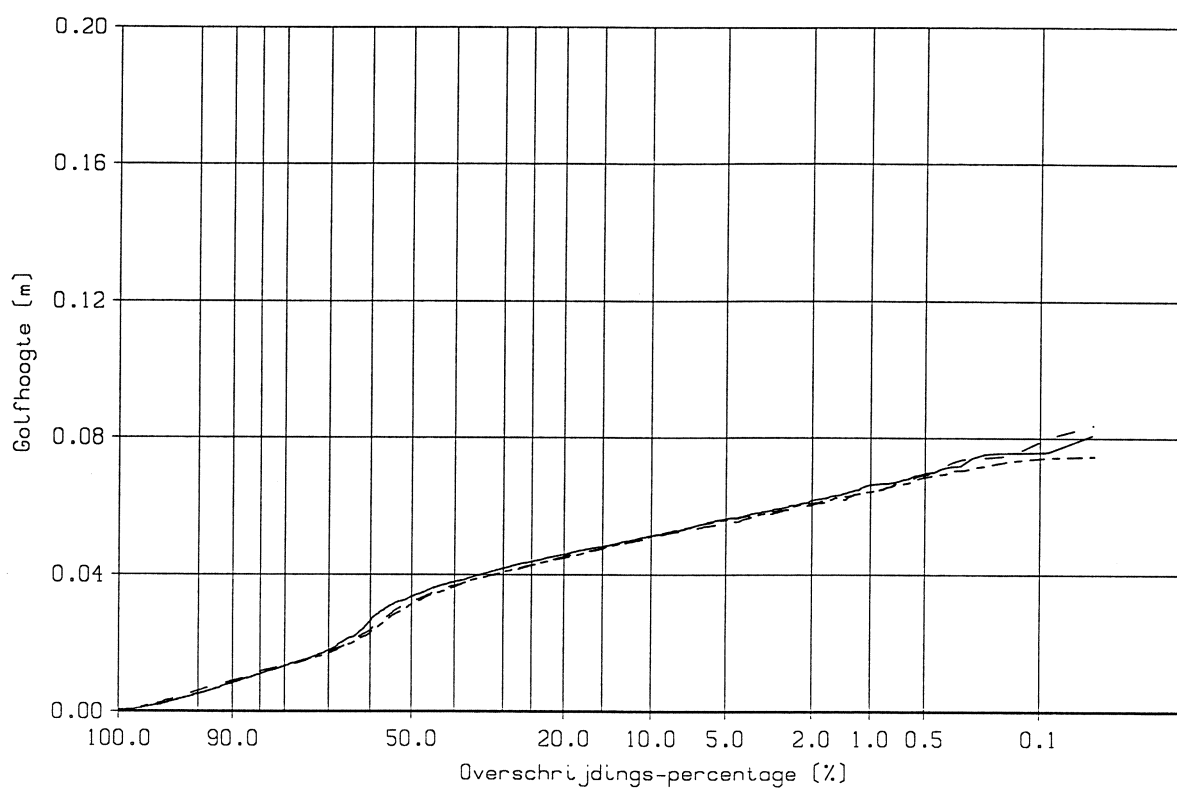
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MK13

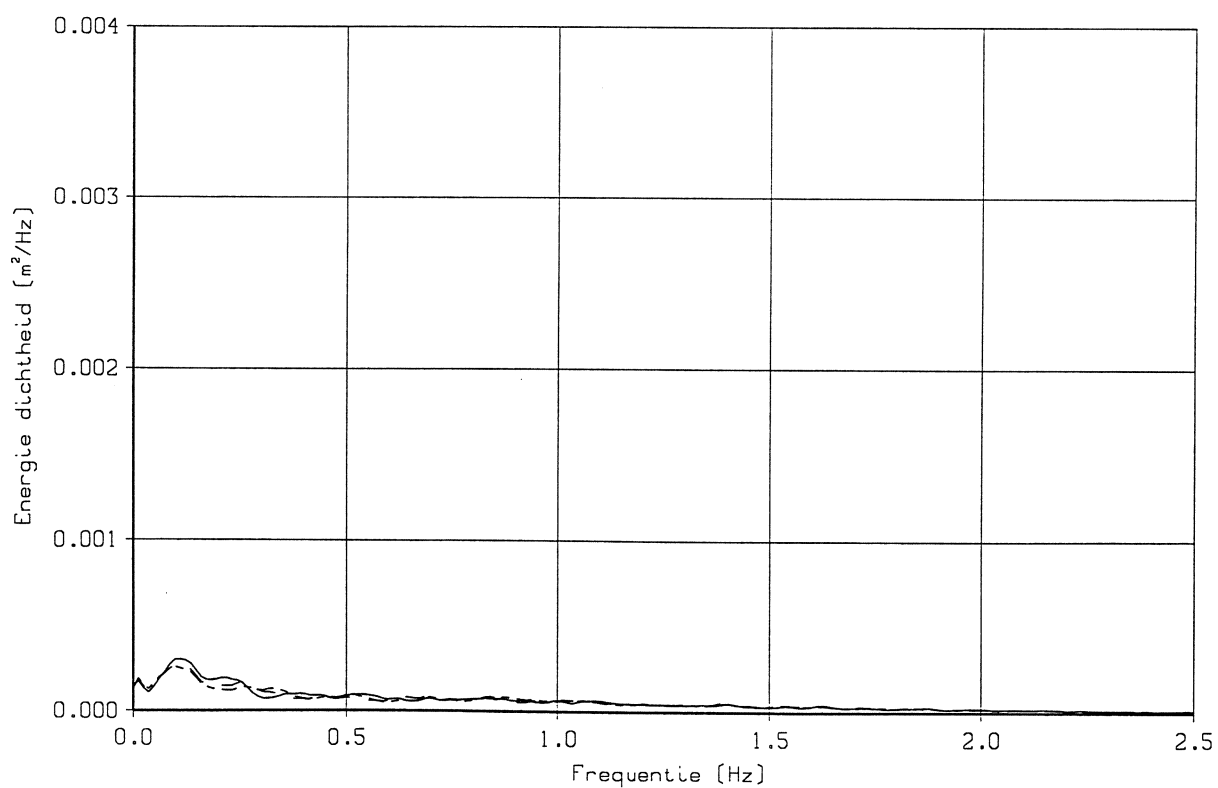
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



— WHM 12
 - - - WHM 13
 - - - - WHM 14



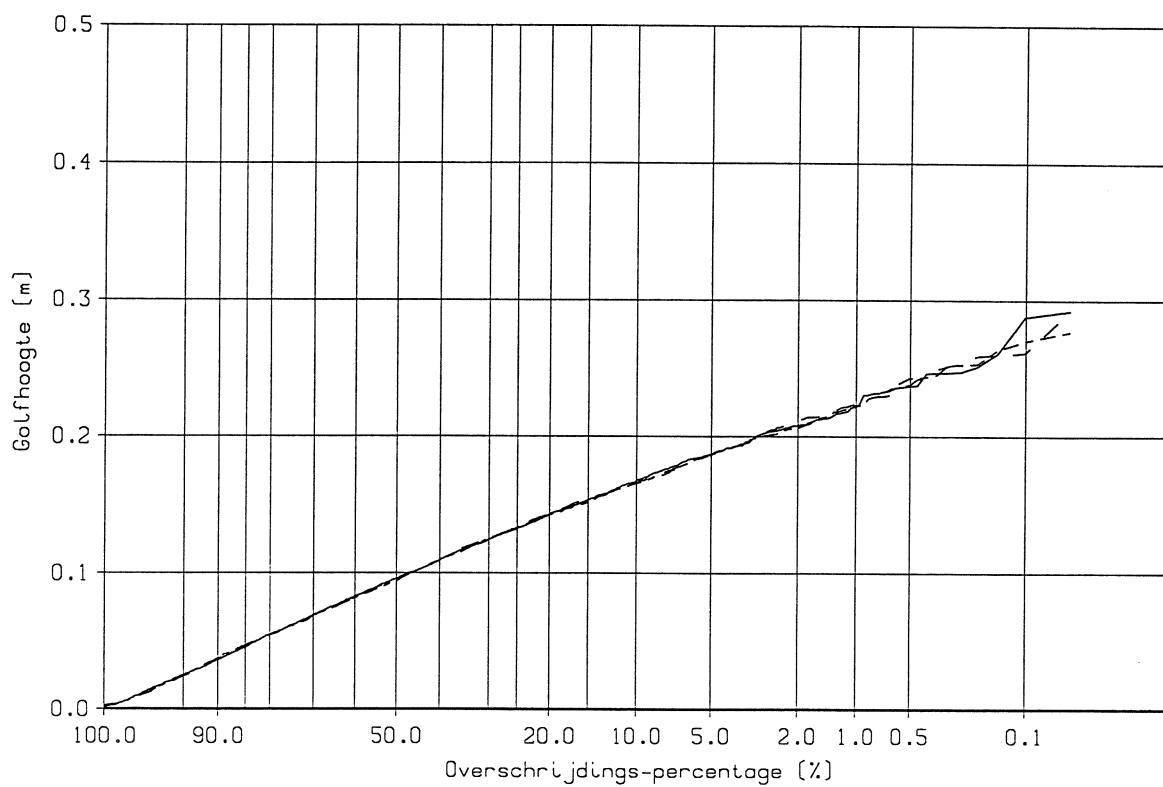
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MK13

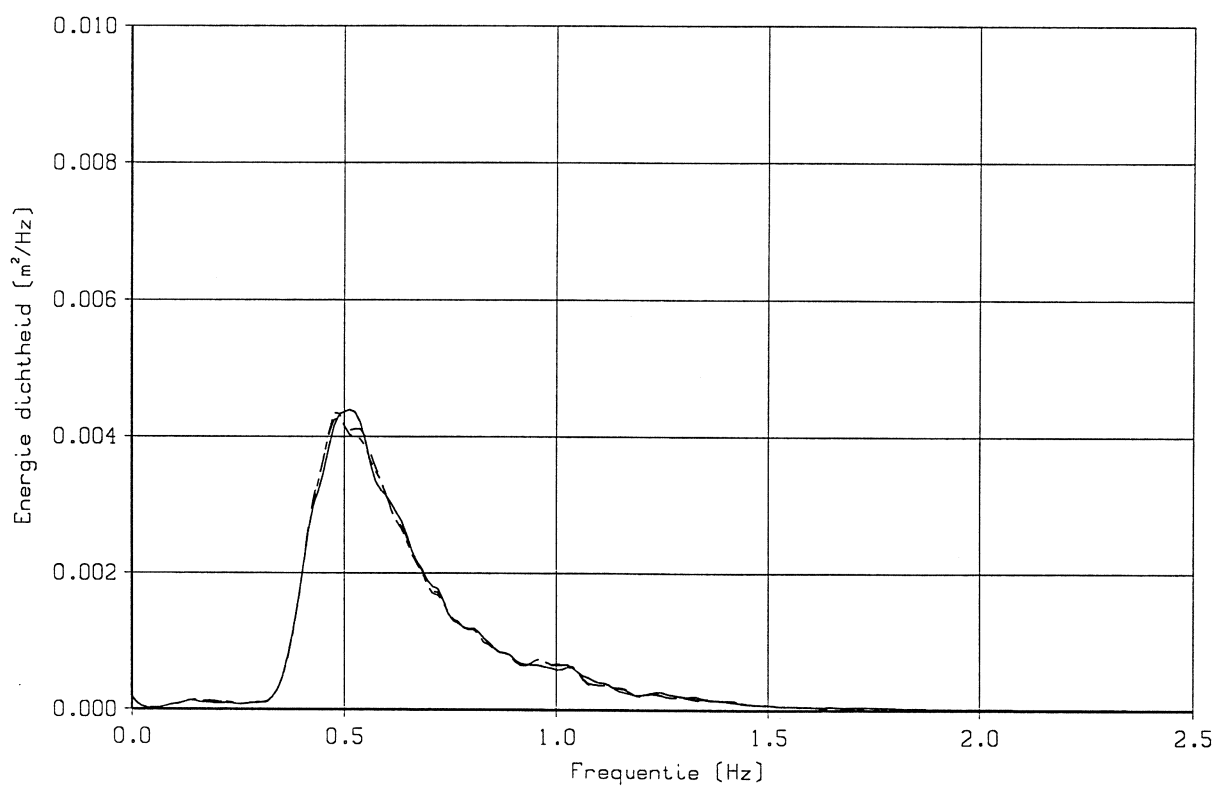
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



— WHM01
 - - - WHM02
 - . - WHM03



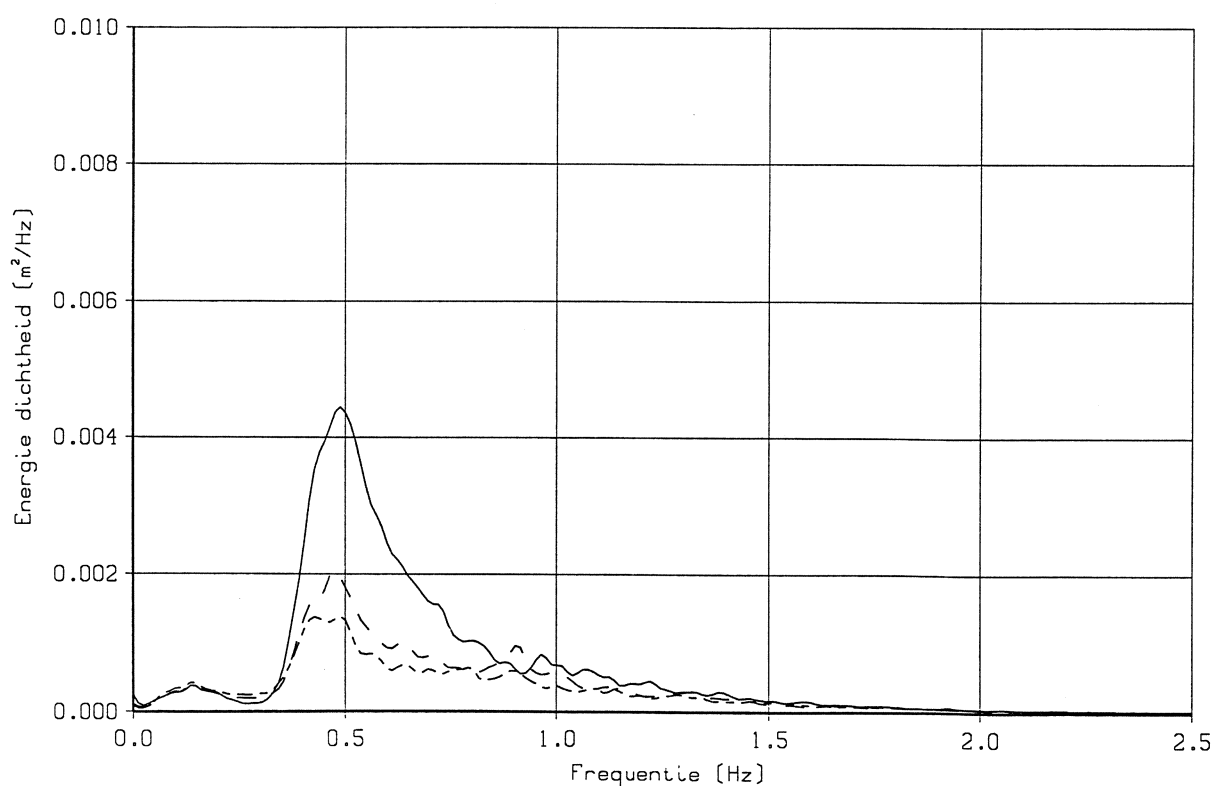
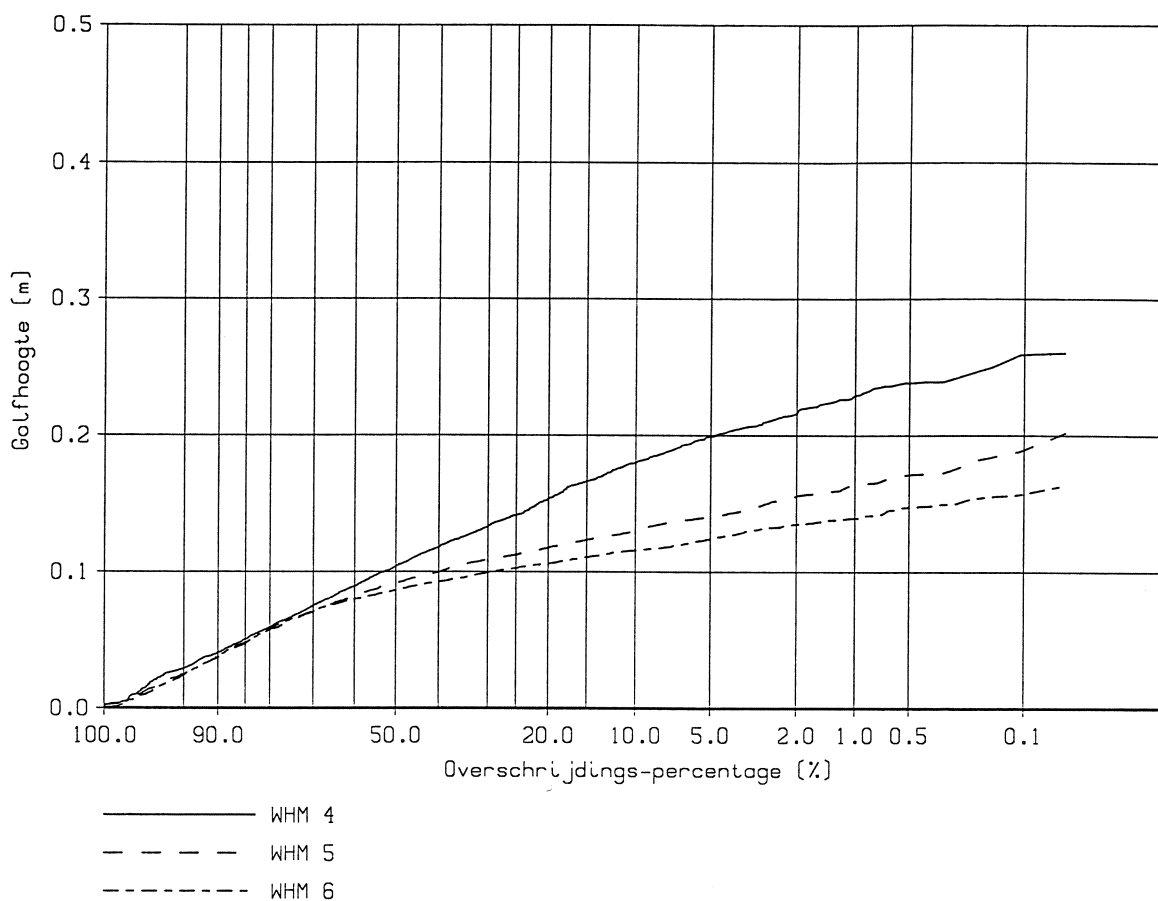
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#ML11

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



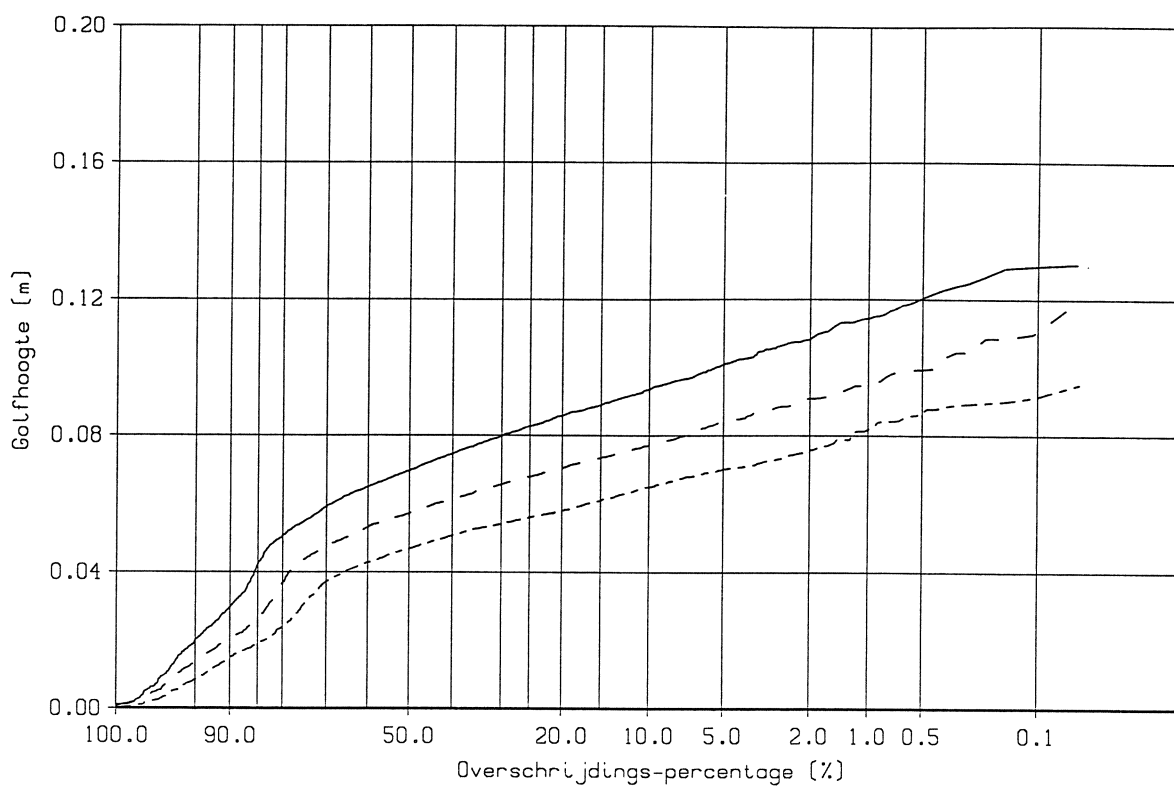
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#ML11

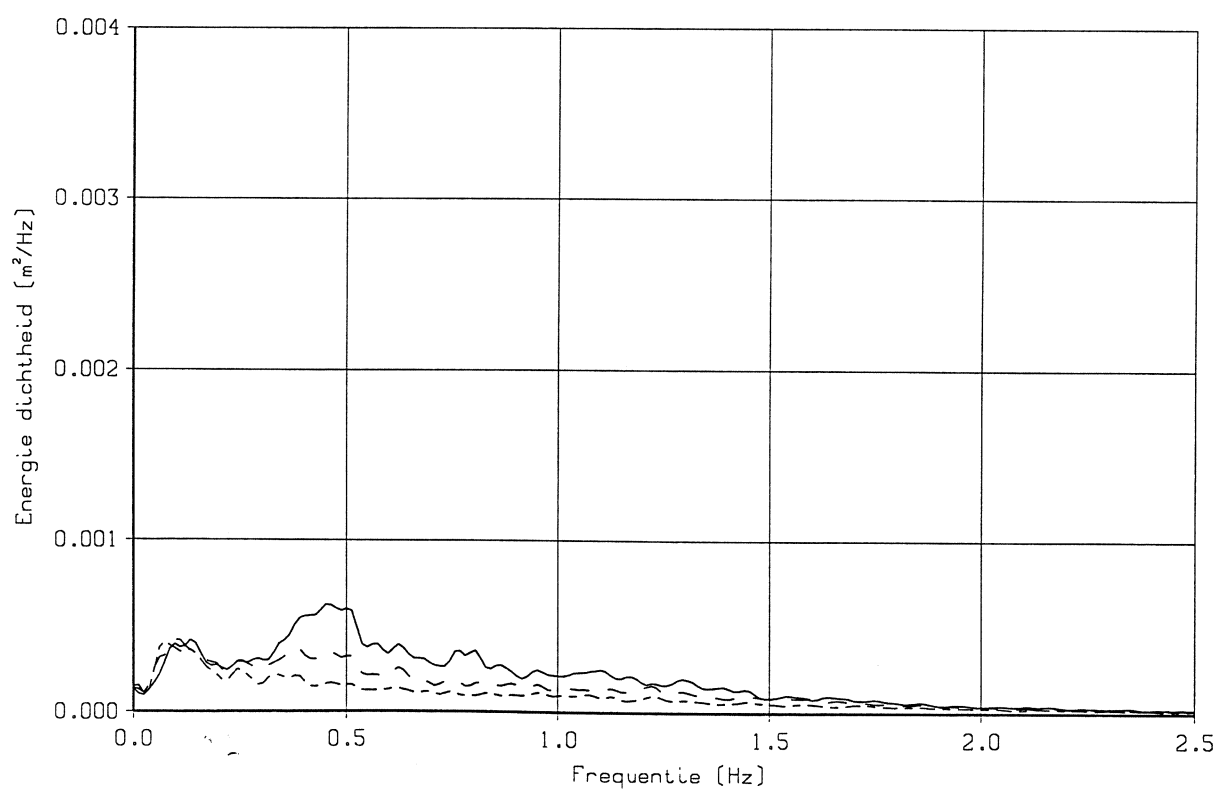
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



— WHM 7
 - - - WHM 11
 - . - WHM 8



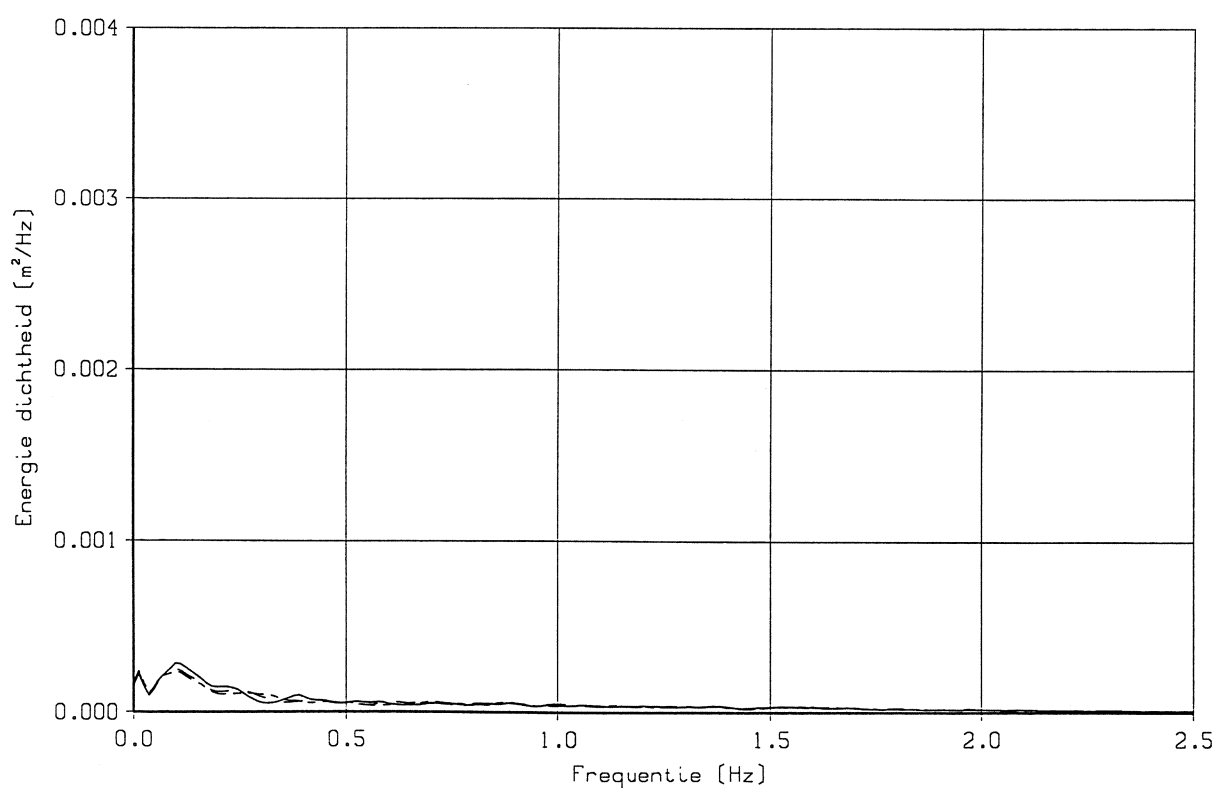
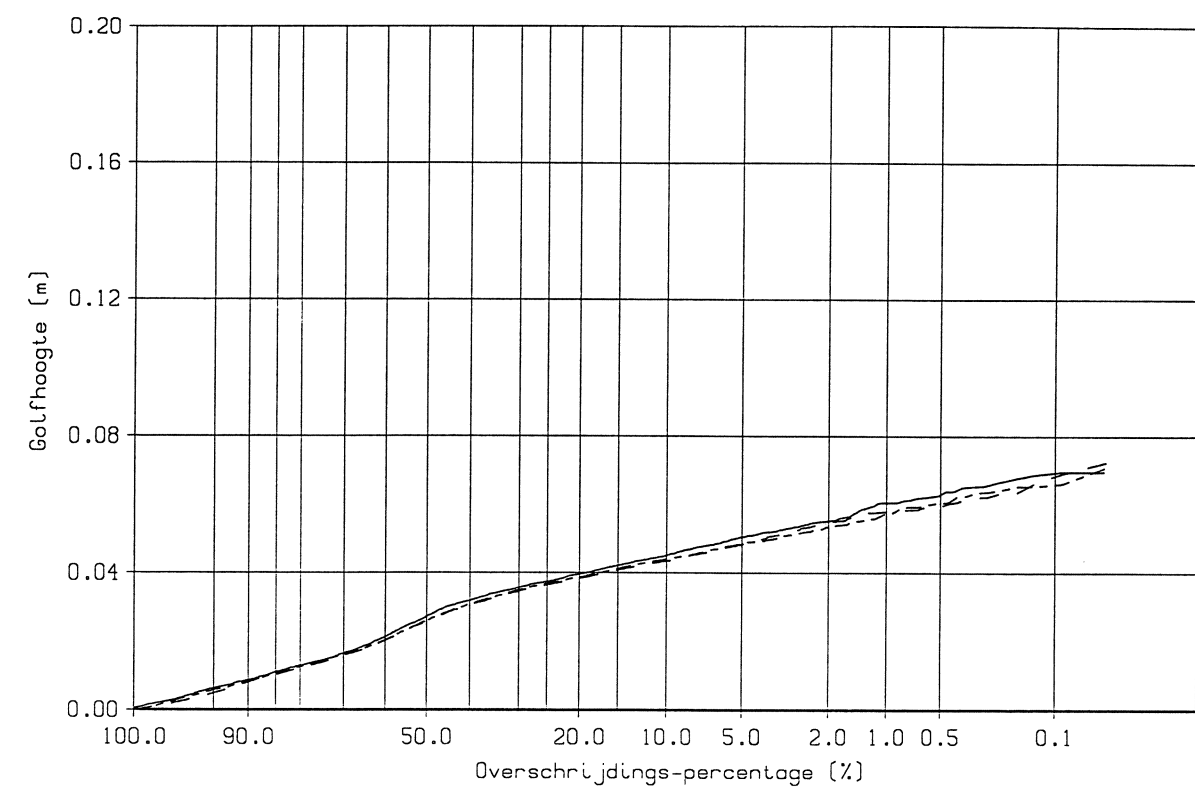
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#ML11

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



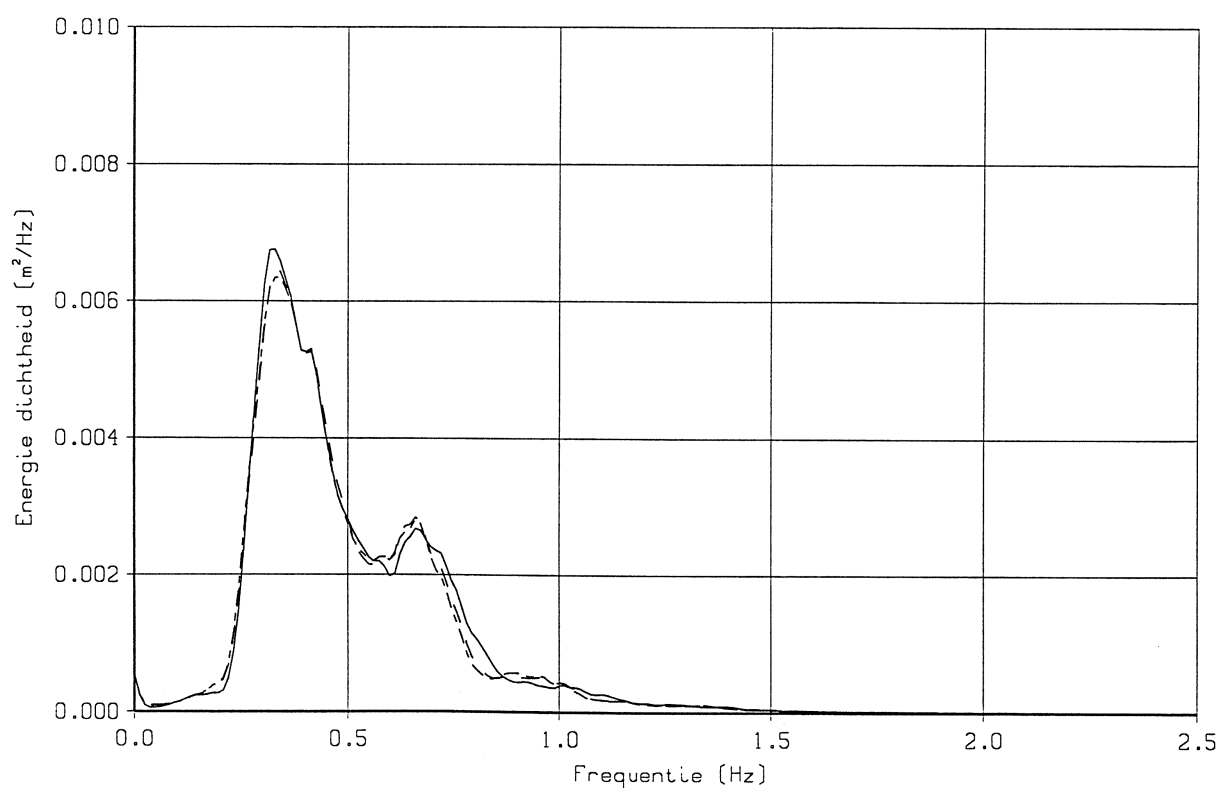
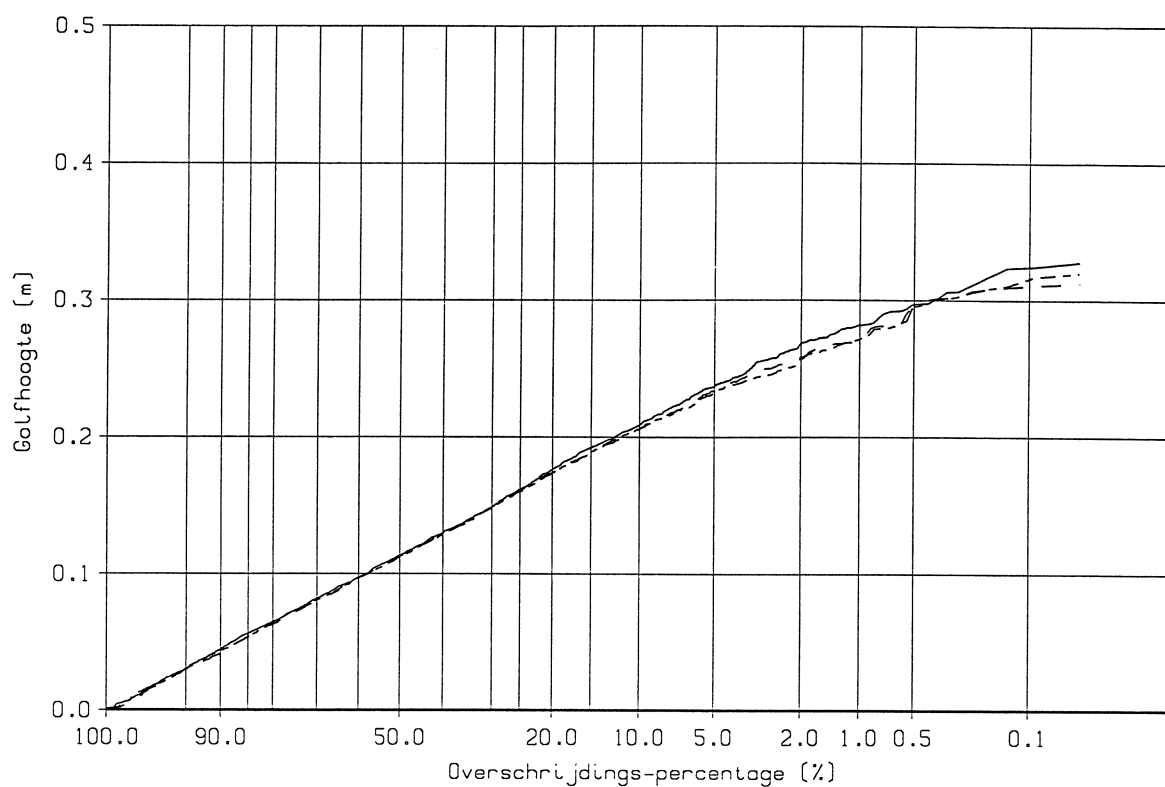
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#ML11

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



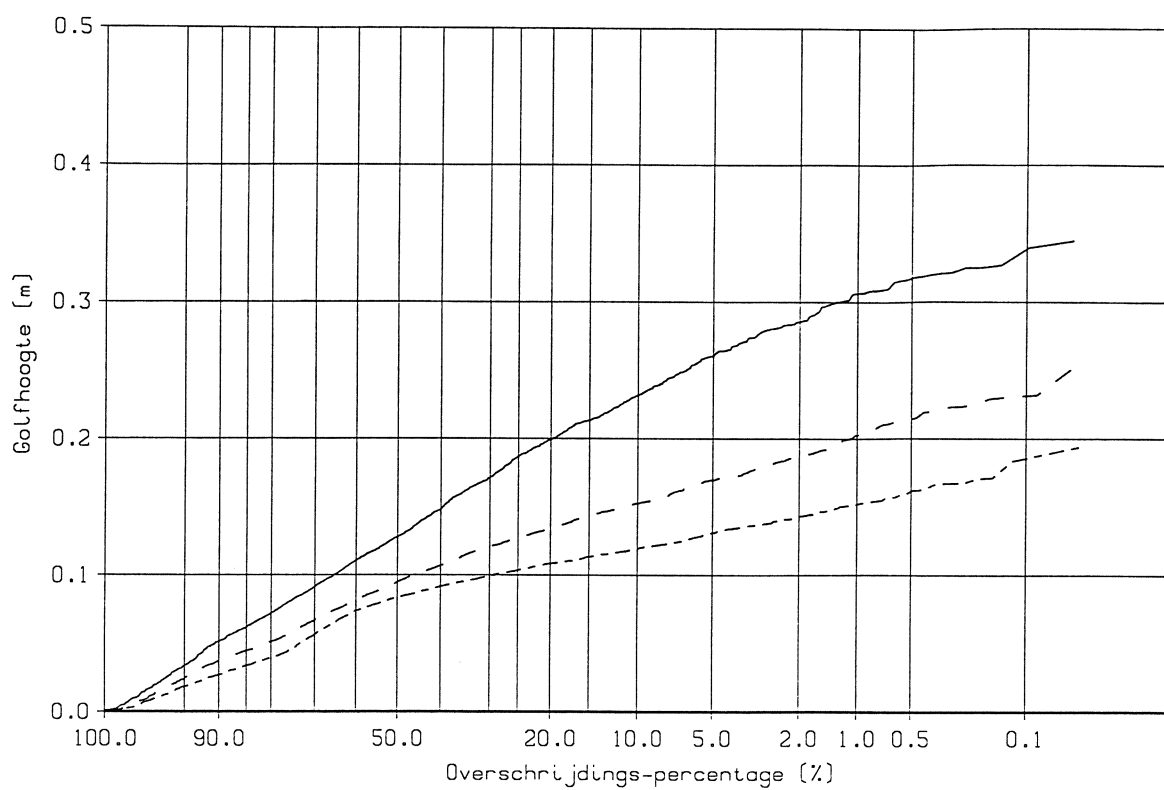
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MN13

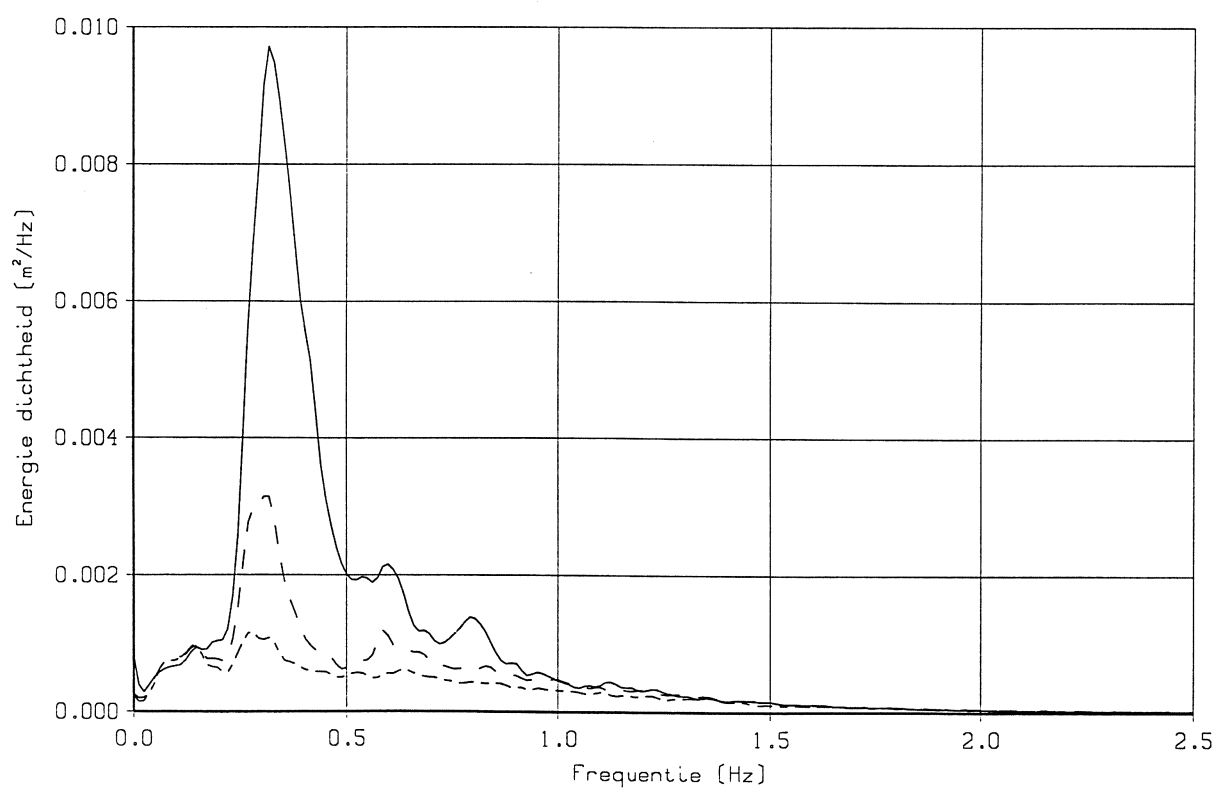
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



— WHM 4
 - - - WHM 5
 - · - WHM 6



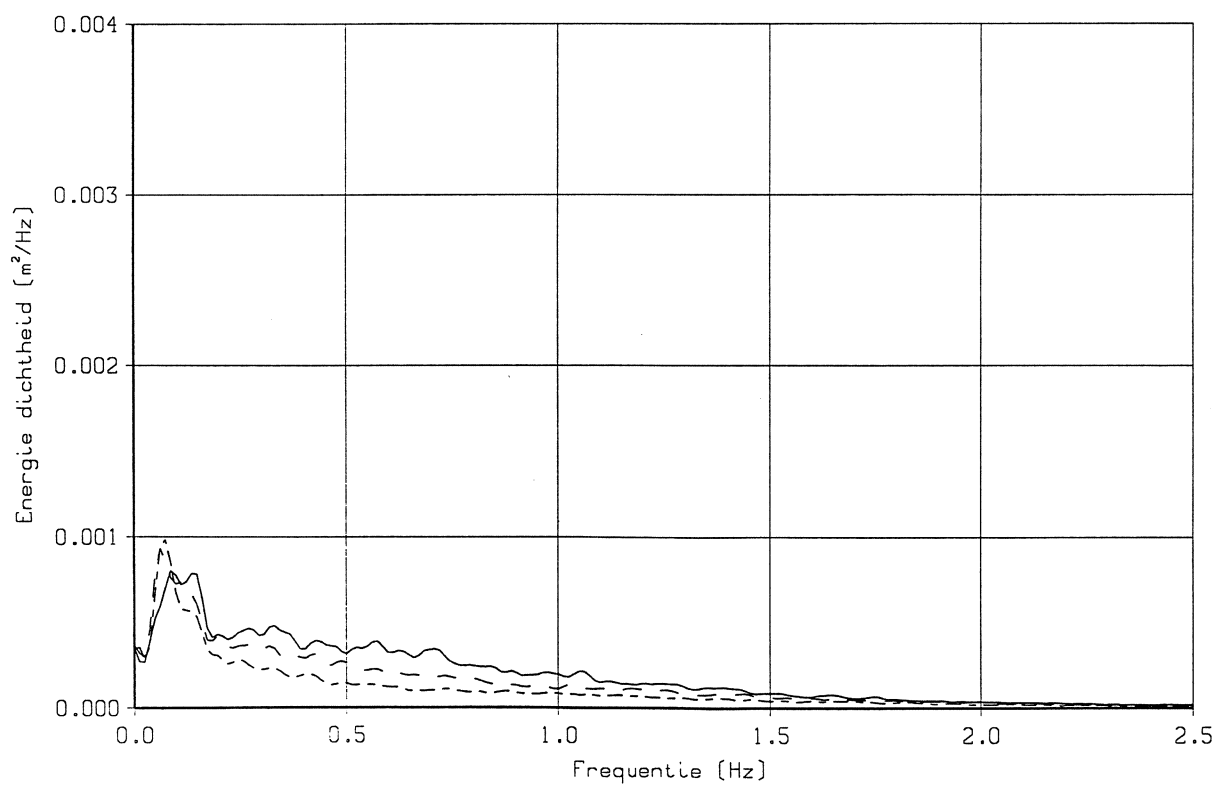
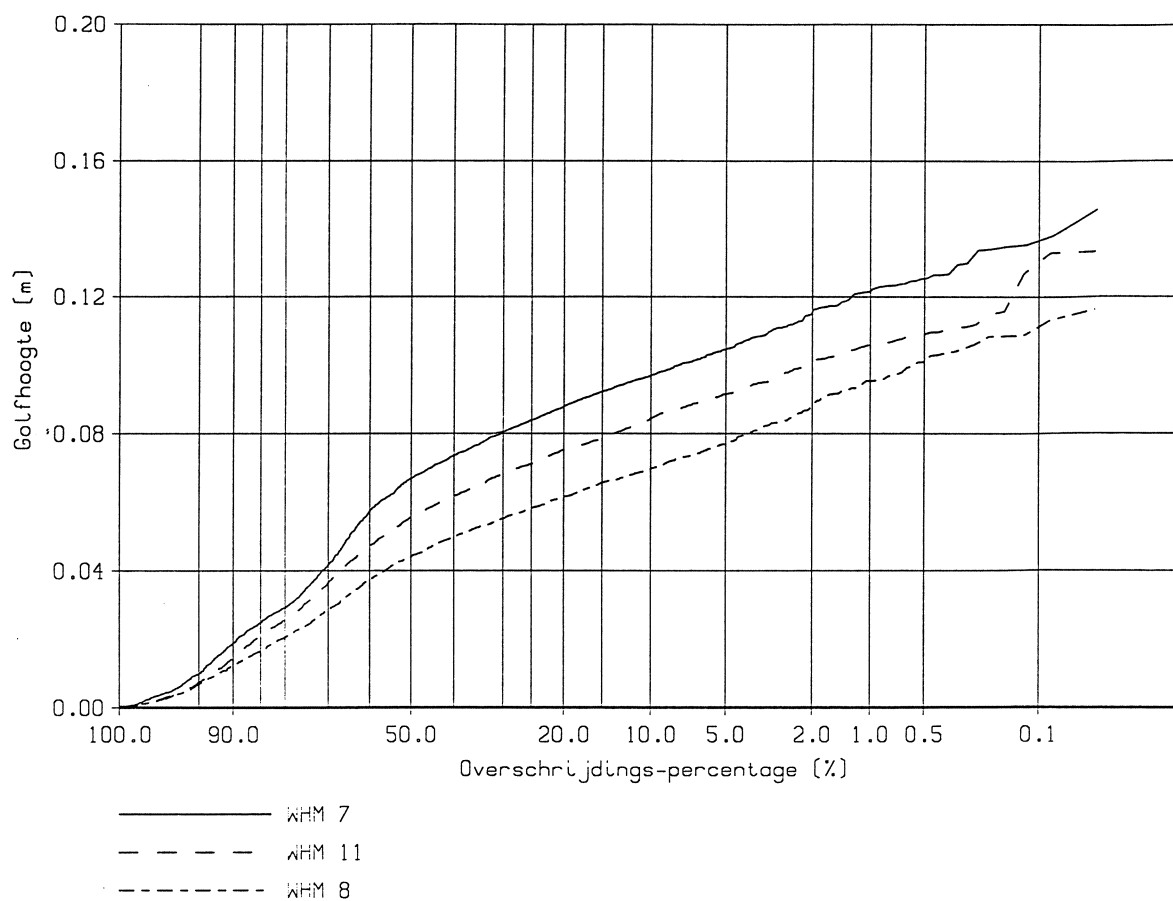
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MN13

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



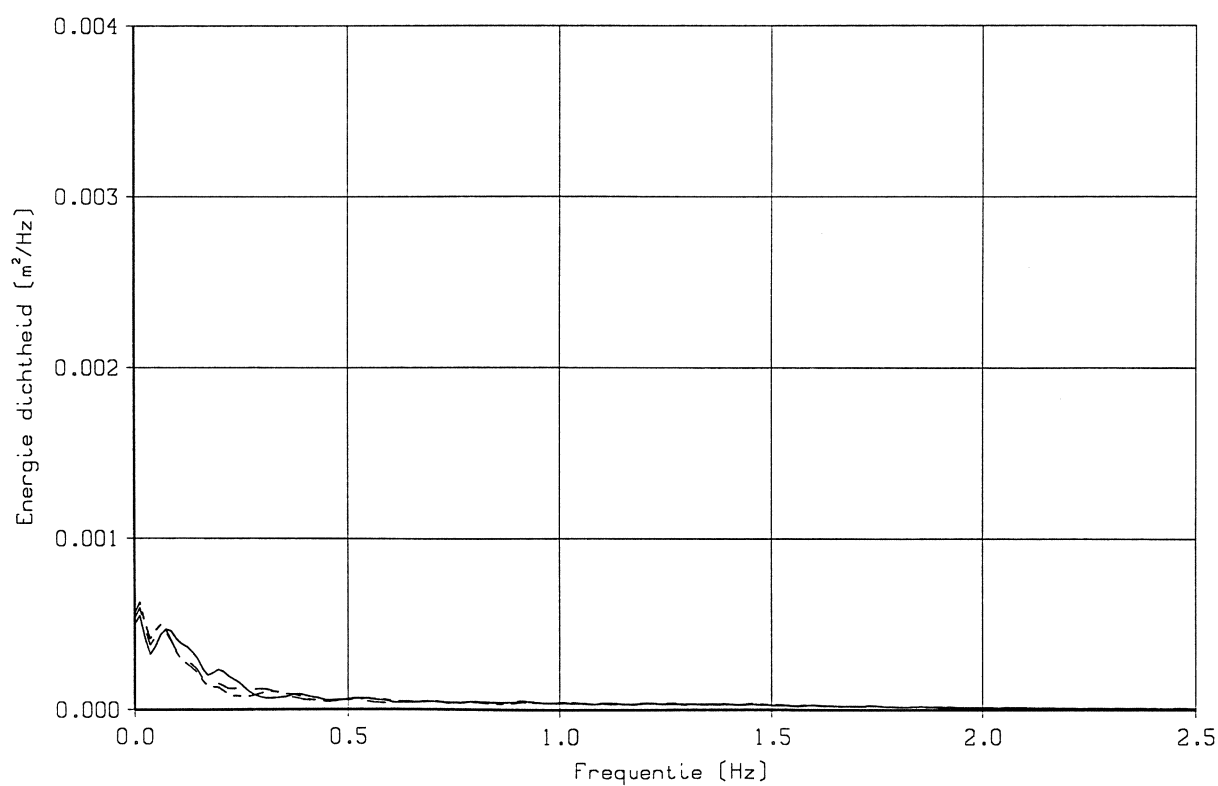
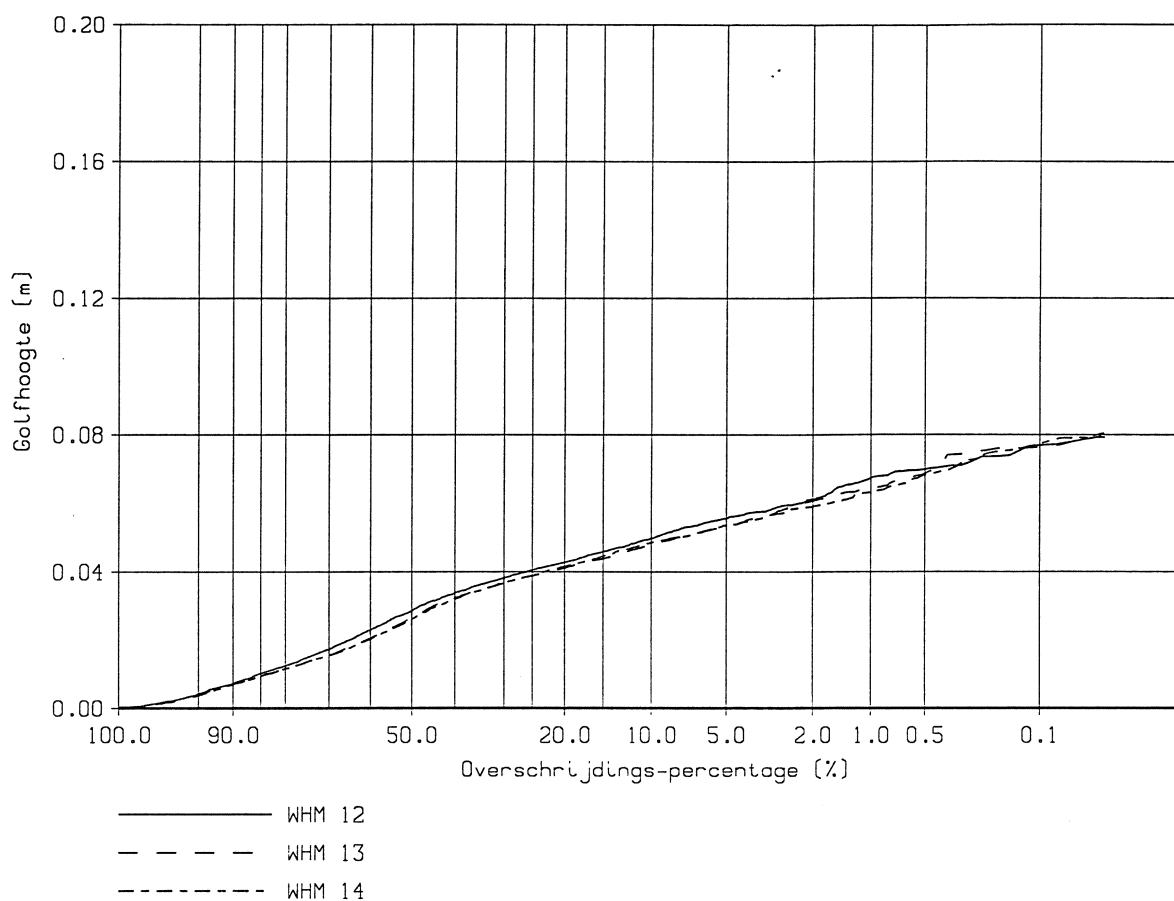
GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MN13

WATERLOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.



GOLFHOOGTE-VERDELING EN ENERGIE SPECTRA

#MN13

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H3271.10

FIG.

BIJLAGE D

Resultaten SWAN berekeningen waarbij een vergelijking is gemaakt met de metingen:

inleiding

proef K13, golfhoogtereductie ca. 50%, invoerspecificatie

proef K13, vergelijking observations (metingen) en SWAN resultaten

proef K13, vergelijking energiedichtheidsspectrametingen en SWAN resultaten

proef L11, golfhoogtereductie ca. 60%, invoerspecificatie

proef L11, vergelijking observations (metingen) en SWAN resultaten

proef L11, vergelijking energiedichtheidsspectrametingen en SWAN resultaten

proef N13, golfhoogtereductie ca. 70%, invoerspecificatie

proef N13, vergelijking observations (metingen) en SWAN resultaten

proef N13, vergelijking energiedichtheidsspectrametingen en SWAN resultaten

Vergelijking Scheldegootmetingen met SWAN berekeningen

Aangezien in de praktijk de golfhoogte bij de teen van de dijk zal worden uitgerekend met bijvoorbeeld het numerieke simulatiemodel SWAN is een vergelijking gemaakt tussen een drietal metingen en numerieke simulatieresultaten. Gezien het feit dat het SWAN model geen reflectie in de berekening verdisconteerd is er voor gekozen deze vergelijking uit te voeren voor de simulaties waarbij de constructie was verwijderd. De invloed van de gereflecteerde golven is in deze gevallen zeer gering. Er zijn drie situaties doorgerekend waarbij de golfhoogte respectievelijk ca. 50%, 60% en 70 % is gereduceerd ten gevolge van breking op het voorland (proeven K13, L11 en N13).

In deze bijlage bevinden zich voor elk van deze proeven vergelijkingen van de golfhoogte H_s , gemiddelde golfperiode T_{m01} en de piekperiode T_p als functie van de gootlengte. Tevens wordt een vergelijking gepresenteerd van de gemeten en berekende energiedichtheidsspectra op verschillende locaties in de goot.

```

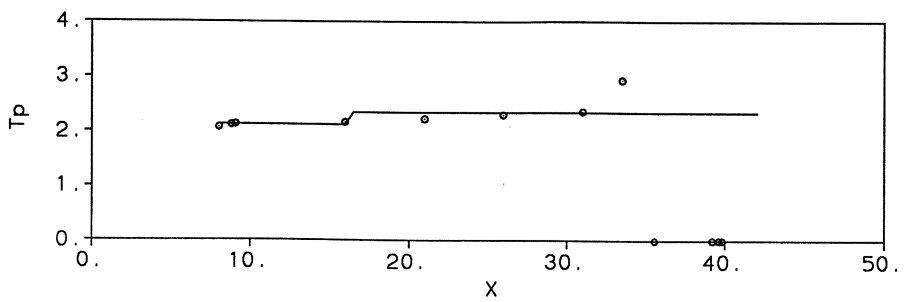
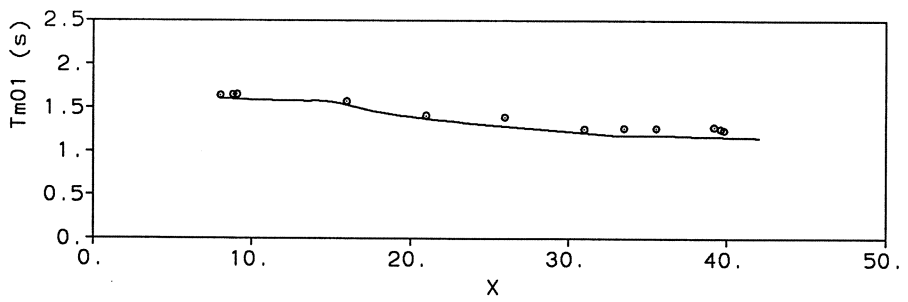
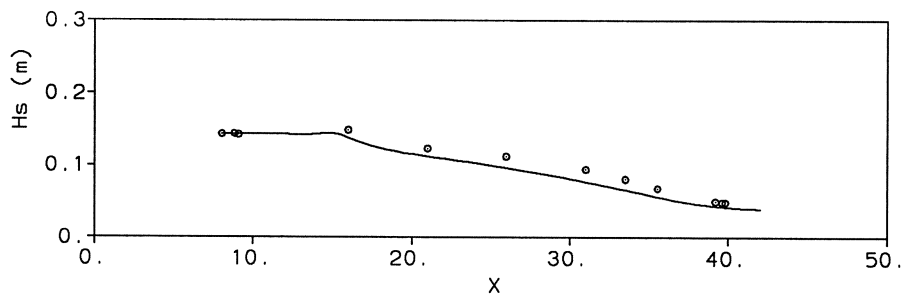
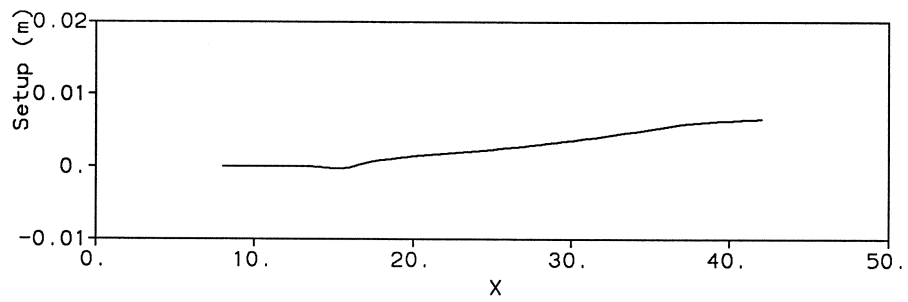
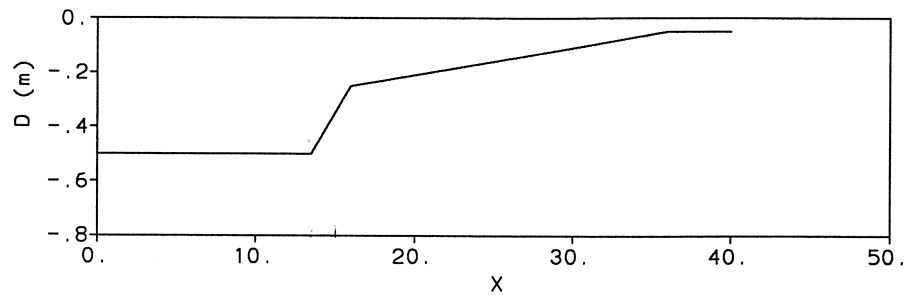
$***** HEADING *****
$
PROJ 'h3271' 'K13'
$
$***** MODEL INPUT *****
$
MODE STA ONED
$
SETUP
$
SET LEVEL = 0.053
SET DEPMIN = 0.001
$
CGRID 8. 0. 0. 34. 0. 64 0 SECTOR -7.5 7.5 80 0.1 1.5 28
$
INPGRID BOTTOM 0. 0. 0. 84 0 0.5 0.5
READINP BOTTOM 1. 'test.bot' 1 0 FREE
$
BOU STAT SIDE LOW X SPEC1D CON '..\data\k13.rvw' 0. 500.
$
GEN3
OFF QUAD
BREAK
FRIC JON
TRIAD
$
NUM ACCUR 0.0001 0.0001 0.0001 99. 15
$
$*****
$
POINTS 'point' FILE 'k13.loc'
TABLE 'point' HEAD XP DEP SETUP HS RTP TM01
PLOT 'point' FILE 'k13.plt' SPEC FRE 0.75 1.5
SPEC 'point' SPEC1D 'k13.sp1'
$
CURVE 'curve' 8. 0. 68 42. 0.
TABLE 'curve' HEAD XP DEP SETUP HS RTP TM01
TABLE 'curve' NOHEAD 'k13.tbl' XP DEP SETUP HS RTP TM01
$
TEST 0,0
POOL
COMPUTE
STOP

```


8.	0.
8.8	0.
9.067	0.
16.	0.
21.	0.
26.	0.
31.	0.
35.55	0.
33.5	0.
39.2	0.
39.62	0.
39.83	0.

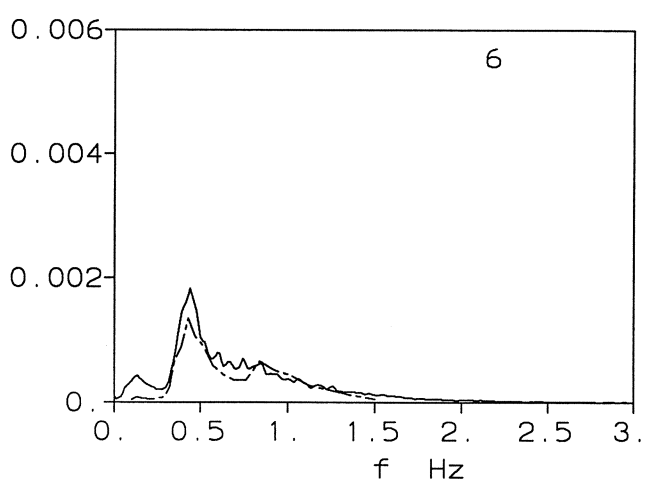
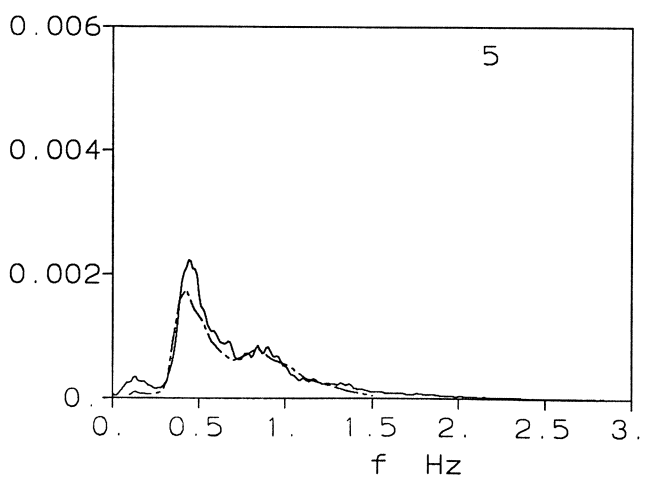
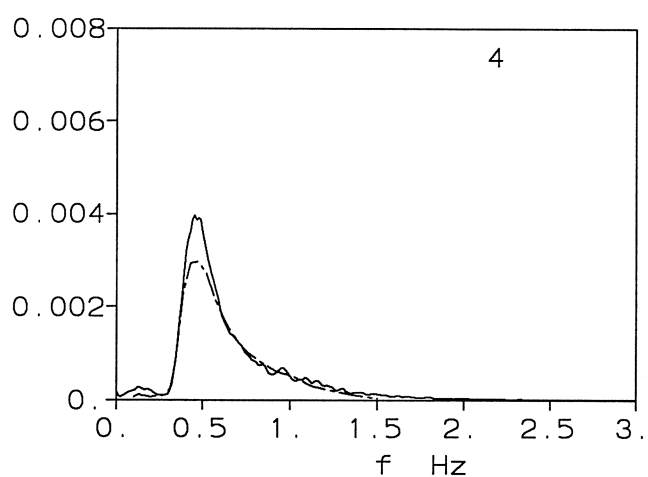
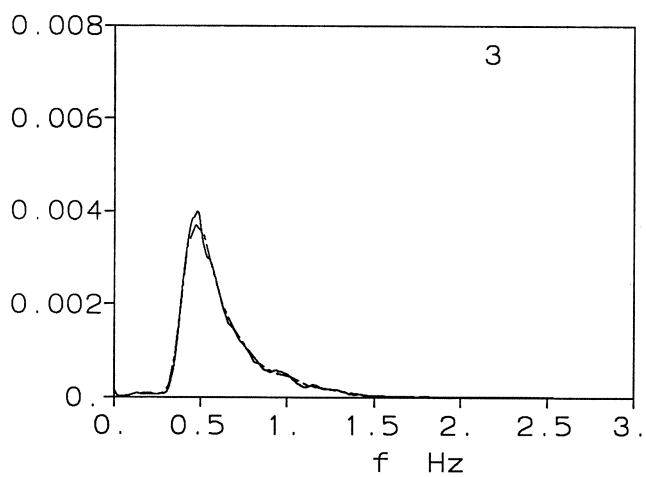
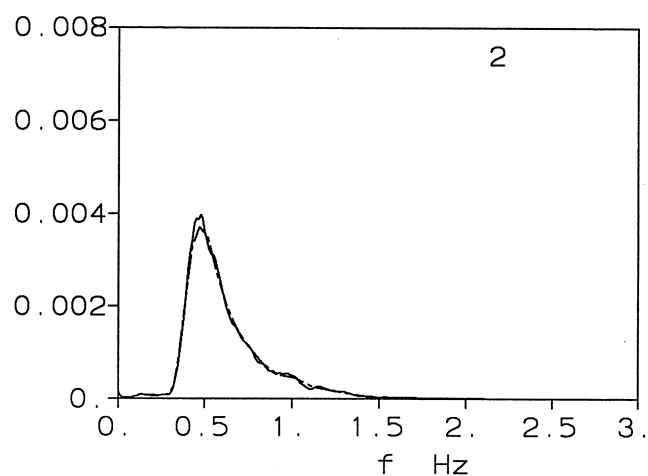
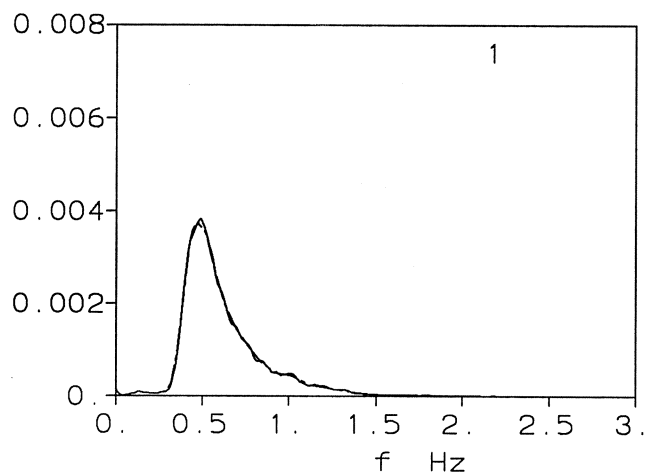
Test case k13

○ ○ Observations
— SWAN results



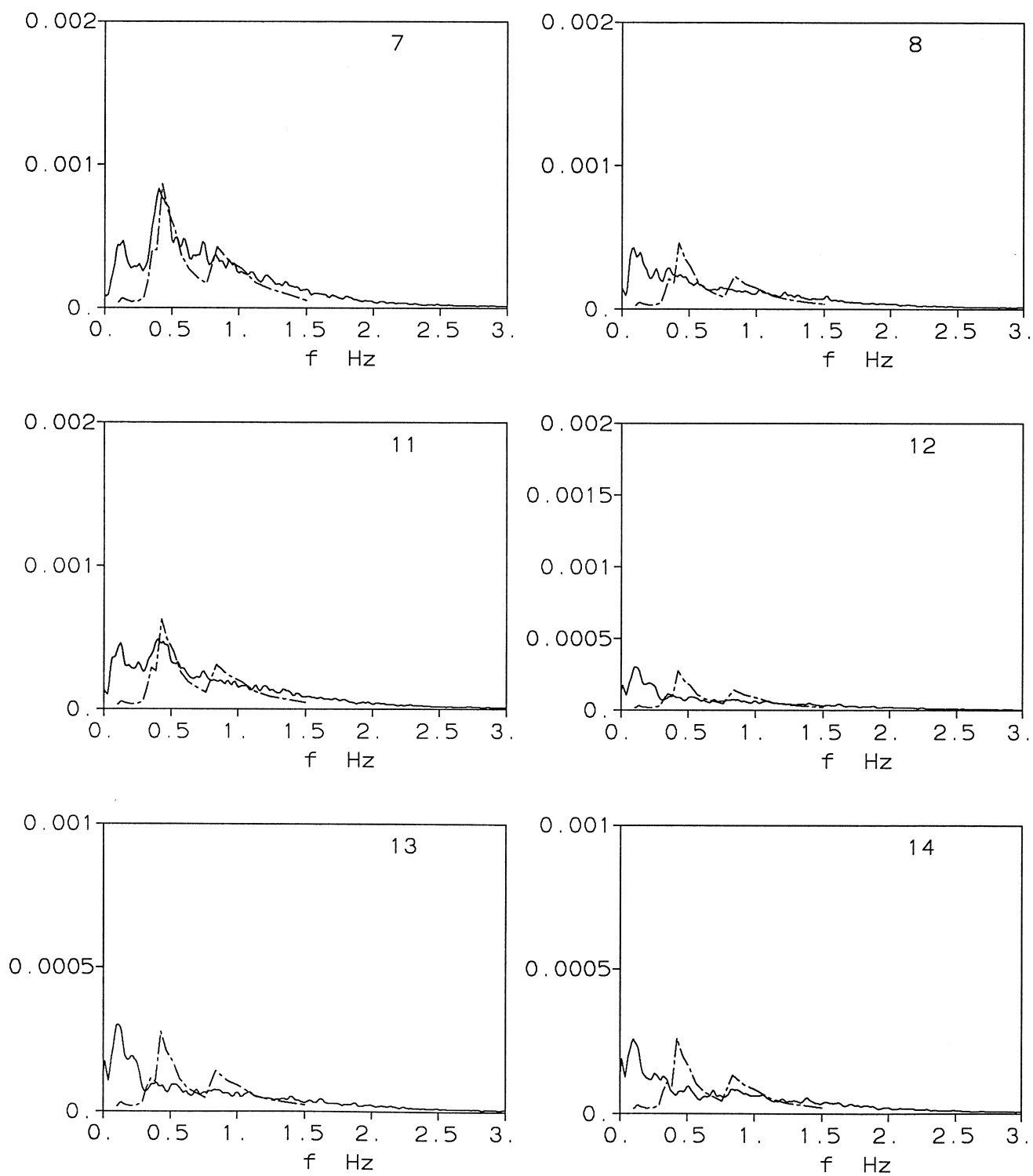
Test case k13

— measurements E (m^2/Hz)
- - - - - SWAN results E (m^2/Hz)



Test case k13

— measurements E (m^2/Hz)
- - - - - SWAN results E (m^2/Hz)



```

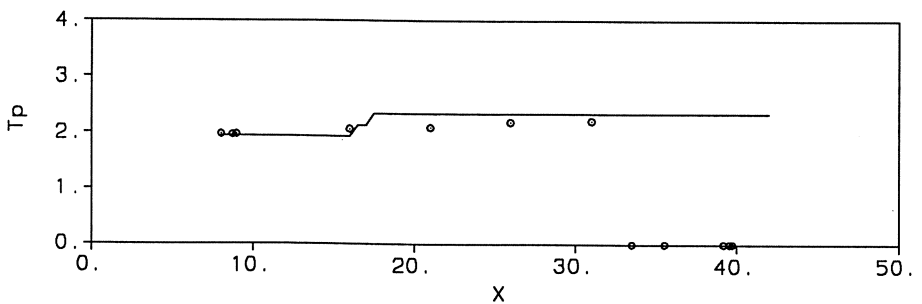
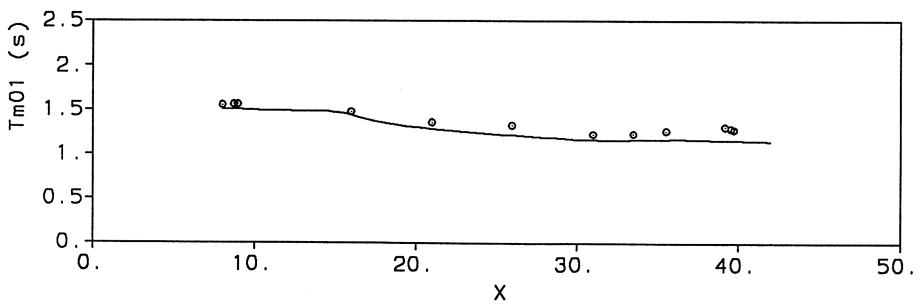
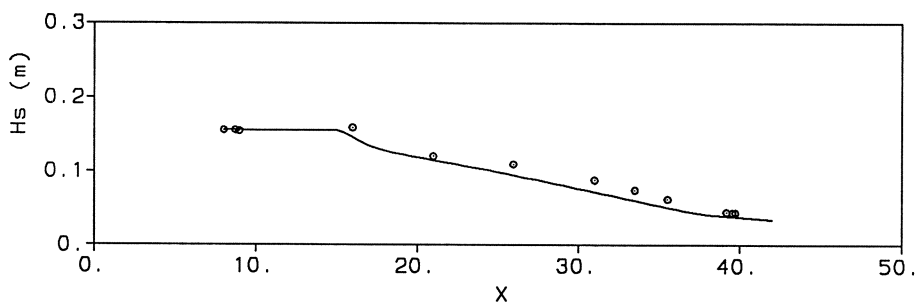
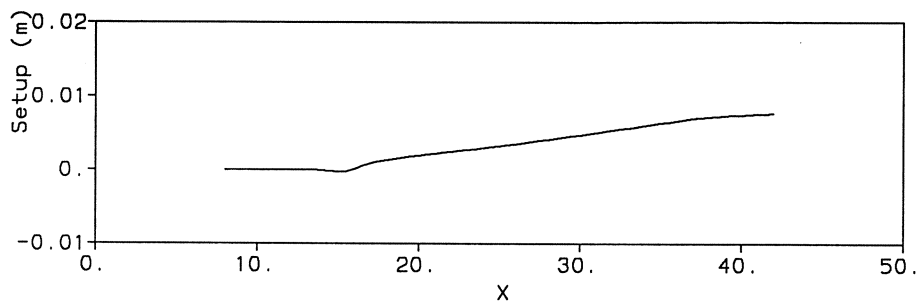
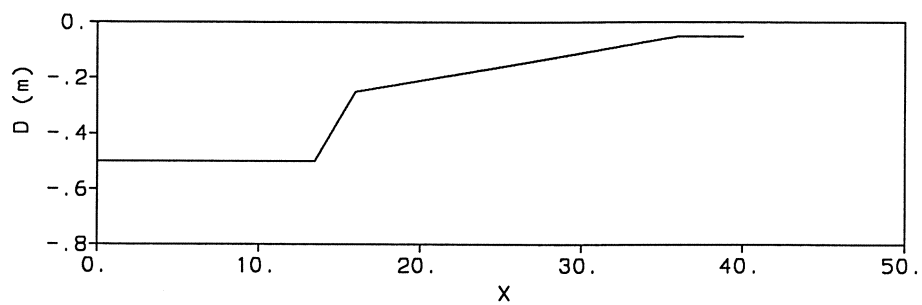
$***** HEADING *****
$
PROJ 'h3271' 'L11'
$
$***** MODEL INPUT *****
$
MODE STA ONED
$
SETUP
$
SET LEVEL = 0.041
SET DEPMIN = 0.001
$
CGRID 8. 0. 0. 34. 0. 64 0 SECTOR -7.5 7.5 80 0.1 1.5 28
$
INPGRID BOTTOM 0. 0. 0. 84 0 0.5 0.5
READINP BOTTOM 1. 'test.bot' 1 0 FREE
$
BOU STAT SIDE LOW X SPEC1D CON '..\data\l11.rvw' 0. 500.
$
GEN3
OFF QUAD
BREAK
FRIC JON
TRIAD
$
NUM ACCUR 0.0001 0.0001 0.0001 99. 15
$
$*****
$
POINTS 'point' FILE 'l11.loc'
TABLE 'point' HEAD XP DEP SETUP HS RTP TM01
PLOT 'point' FILE 'l11.plt' SPEC FRE 0.75 1.5
SPEC 'point' SPEC1D 'l11.sp1'
$
CURVE 'curve' 8. 0. 68 42. 0.
TABLE 'curve' HEAD XP DEP SETUP HS RTP TM01
TABLE 'curve' NOHEAD 'l11.tbl' XP DEP SETUP HS RTP TM01
$
TEST 0,0
POOL
COMPUTE
STOP

```

8.	0.
8.72	0.
8.96	0.
16.	0.
21.	0.
26.	0.
31.	0.
35.55	0.
33.5	0.
39.2	0.
39.57	0.
39.75	0.

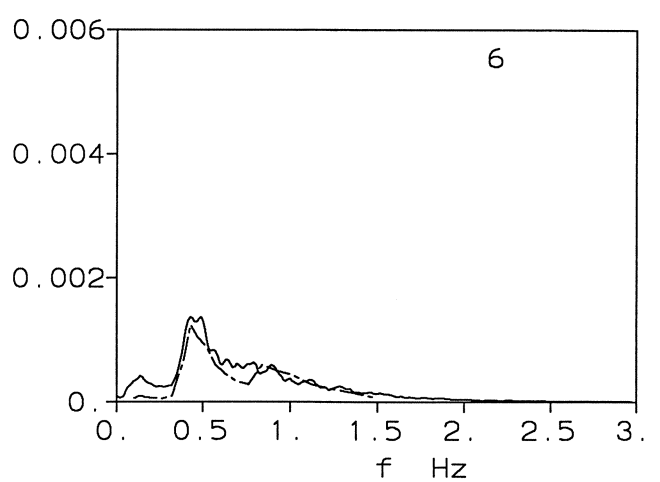
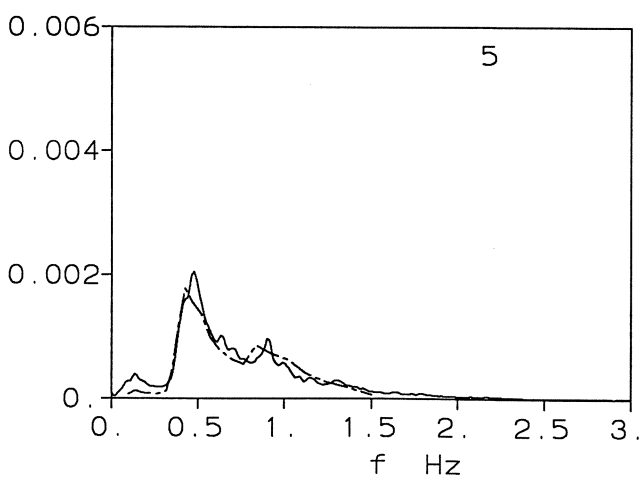
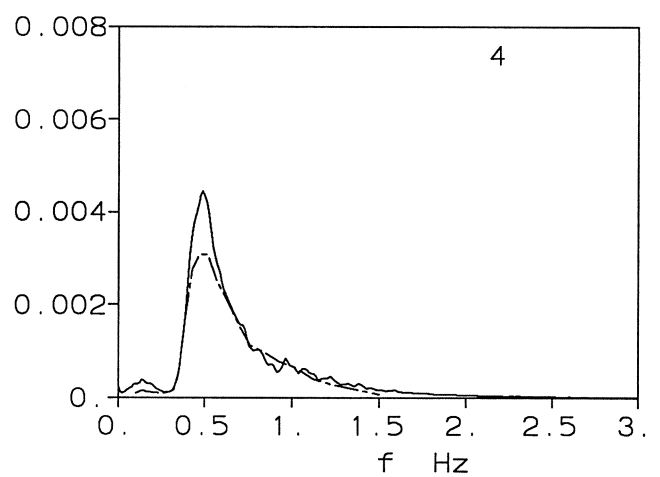
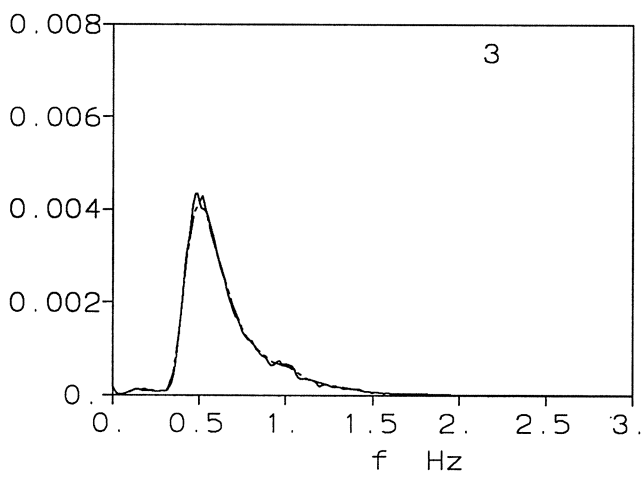
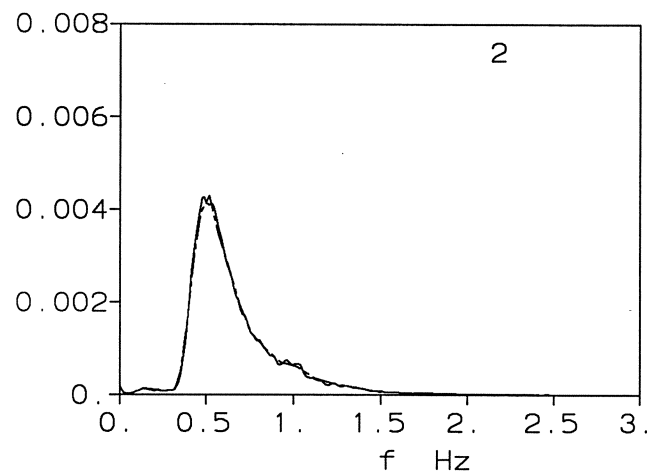
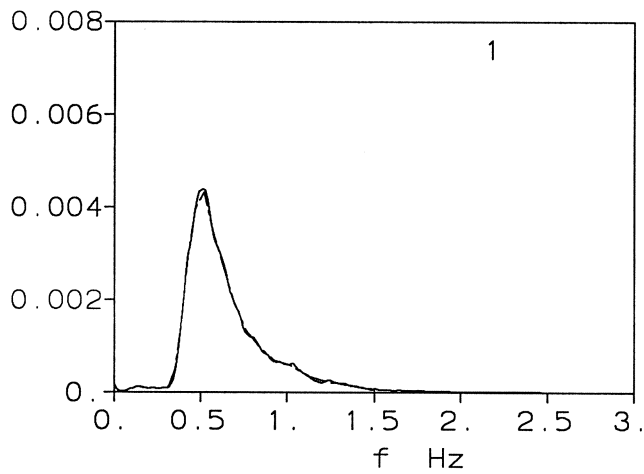
Test case L11

° ° Observations L11
— SWAN results



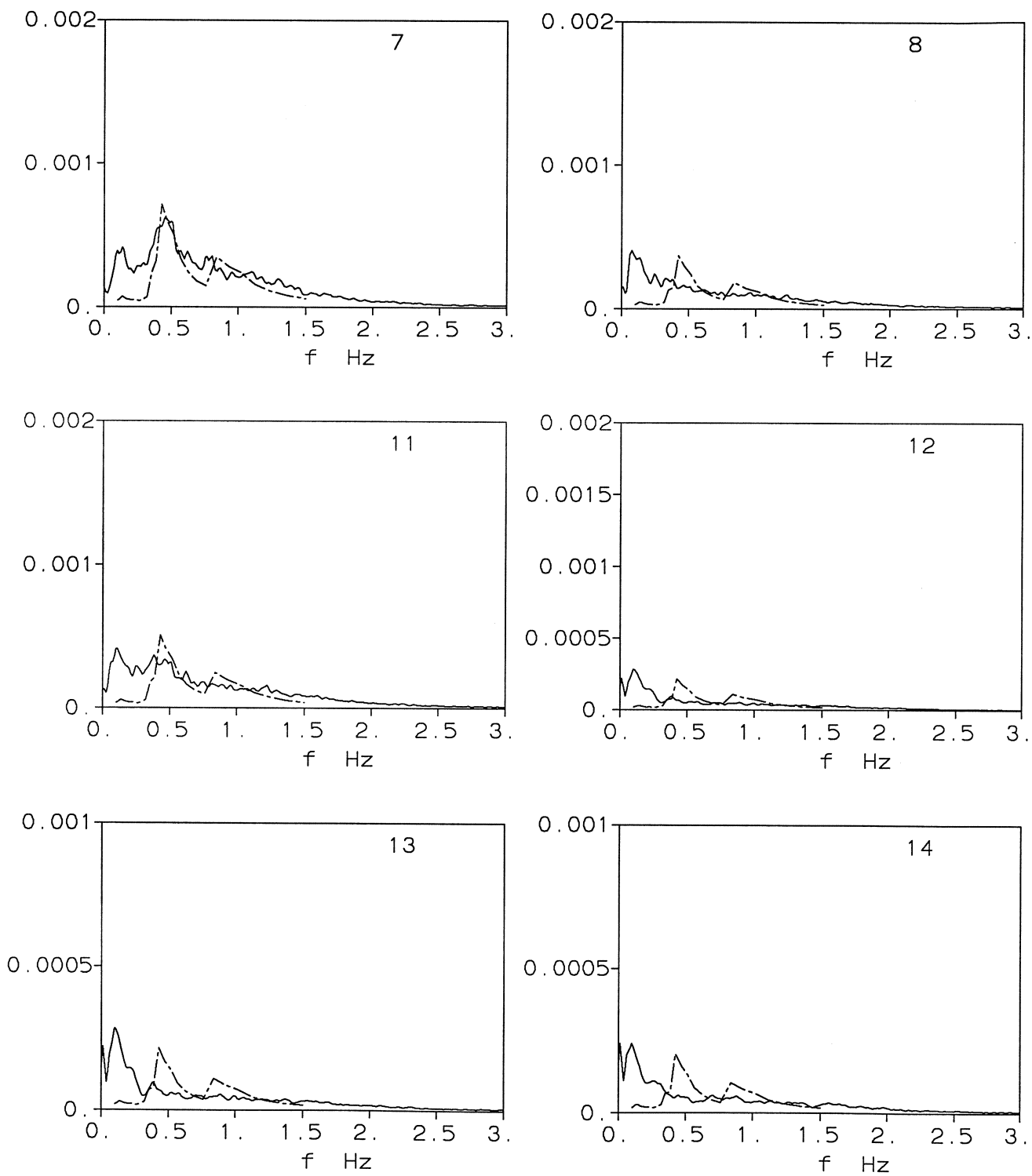
Test case L11

— measurements E (m^2/Hz)
- - - - - SWAN results E (m^2/Hz)



Test case L11

— measurements E (m^2/Hz)
- - - - - SWAN results E (m^2/Hz)



```

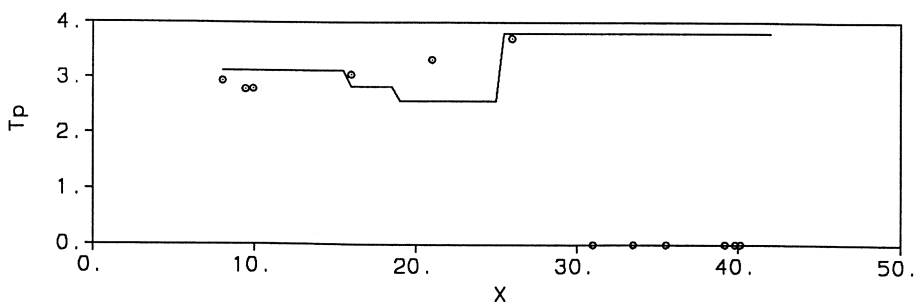
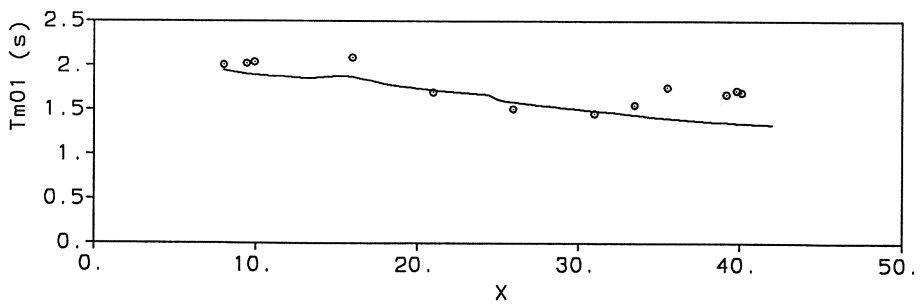
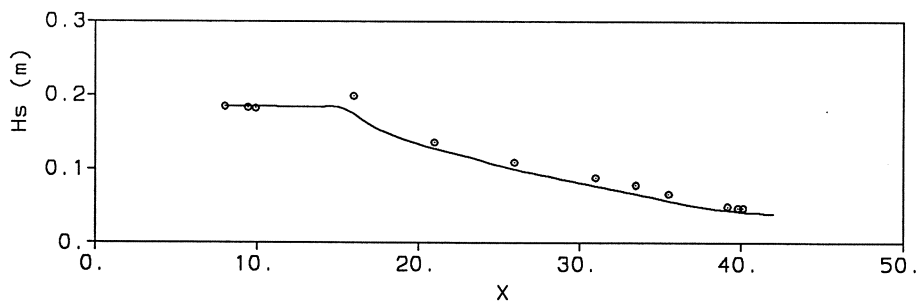
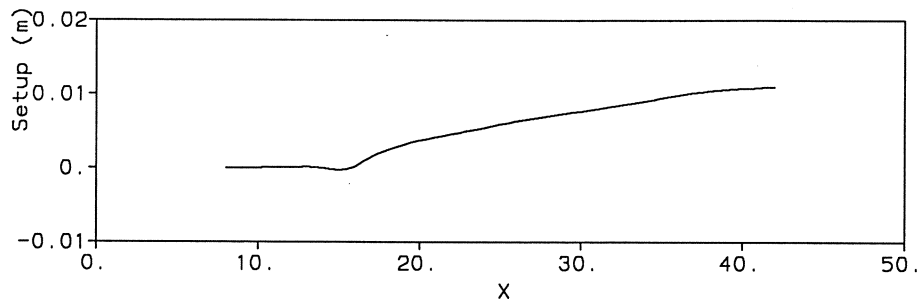
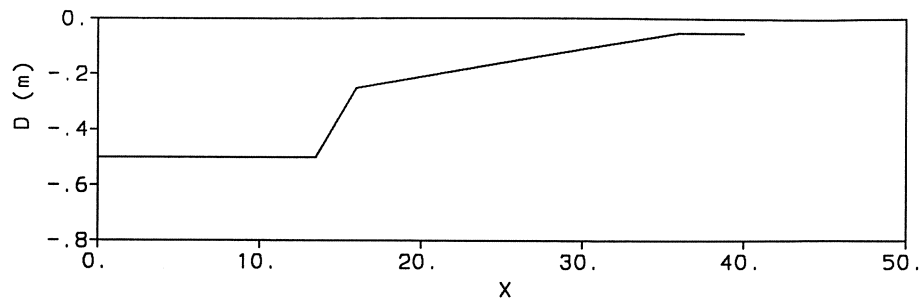
$***** HEADING *****
$
PROJ 'h3271' 'N13'
$
$***** MODEL INPUT *****
$
MODE STA ONED
$
SETUP
$
SET LEVEL = 0.047
SET DEPMIN = 0.001
$
CGRID 8. 0. 0. 34. 0. 64 0 SECTOR -7.5 7.5 80 0.1 1.5 28
$
INPGRID BOTTOM 0. 0. 0. 84 0 0.5 0.5
READINP BOTTOM 1. 'test.bot' 1 0 FREE
$
BOU STAT SIDE LOW X SPEC1D CON '..\data\n13.rvw' 0. 500.
$
GEN3
OFF QUAD
BREAK
FRIC JON
TRIAD
$
NUM ACCUR 0.0001 0.0001 0.0001 99. 15
$
$*****
$
POINTS 'point' FILE 'n13.loc'
TABLE 'point' HEAD XP DEP SETUP HS RTP TM01
PLOT 'point' FILE 'n13.plt' SPEC FRE 0.75 1.5
SPEC 'point' SPEC1D 'n13.sp1'
$
CURVE 'curve' 8. 0. 68 42. 0.
TABLE 'curve' HEAD XP DEP SETUP HS RTP TM01
TABLE 'curve' NOHEAD 'n13.tbl' XP DEP SETUP HS RTP TM01
$
TEST 0,0
POOL
COMPUTE
STOP

```

8.	0.
9.44	0.
9.92	0.
16.	0.
21.	0.
26.	0.
31.	0.
35.55	0.
33.5	0.
39.2	0.
39.83	0.
40.14	0.

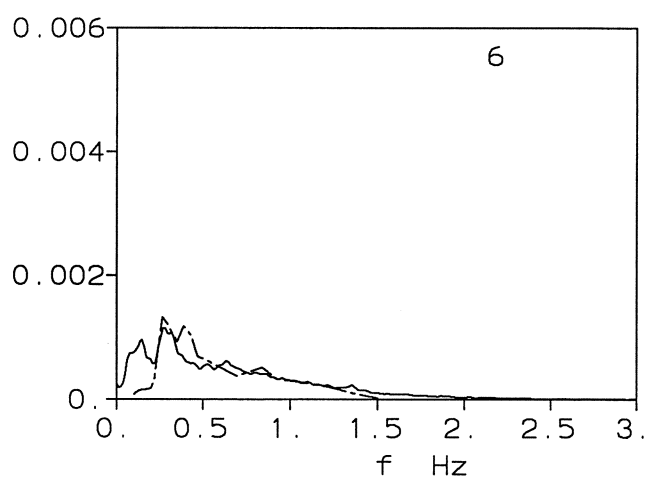
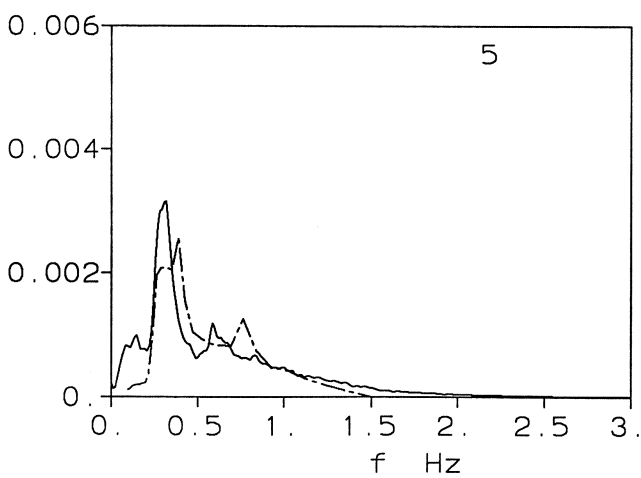
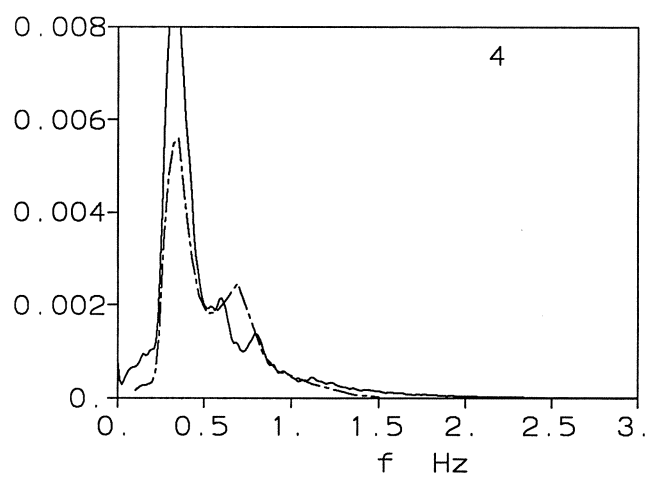
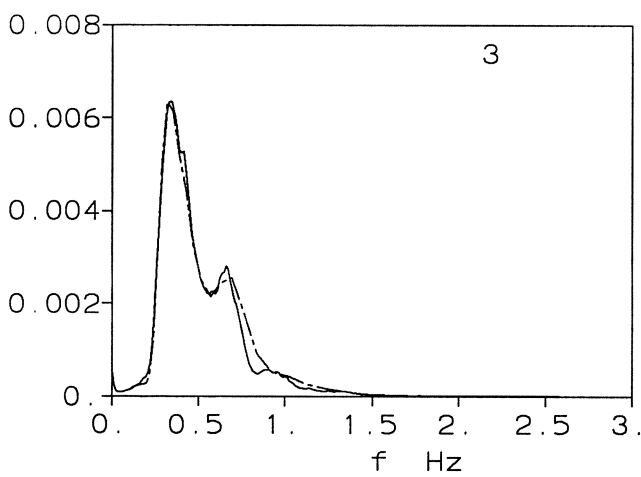
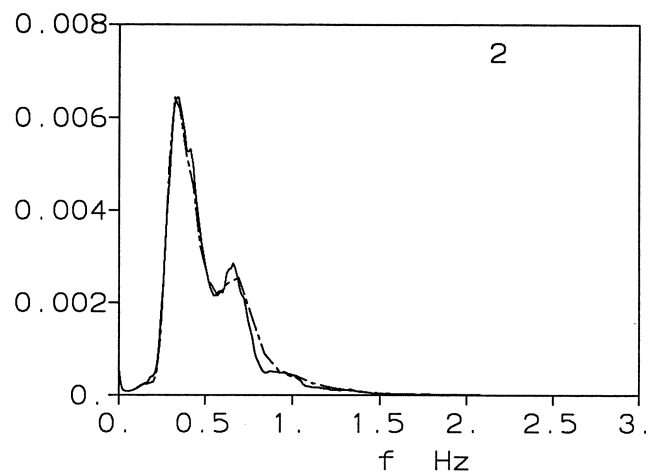
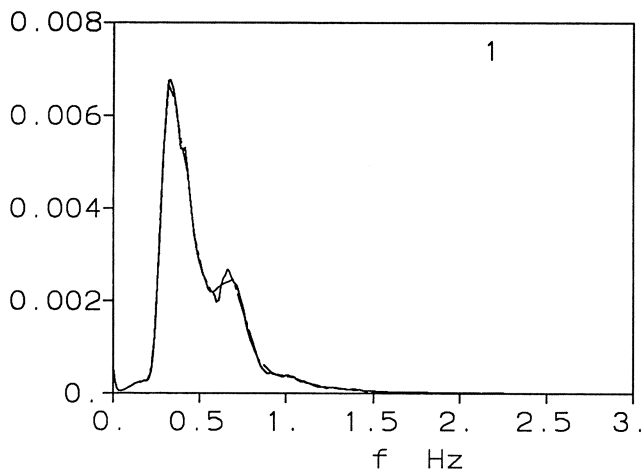
Test case N13

○ ○ Observations N11
— SWAN results



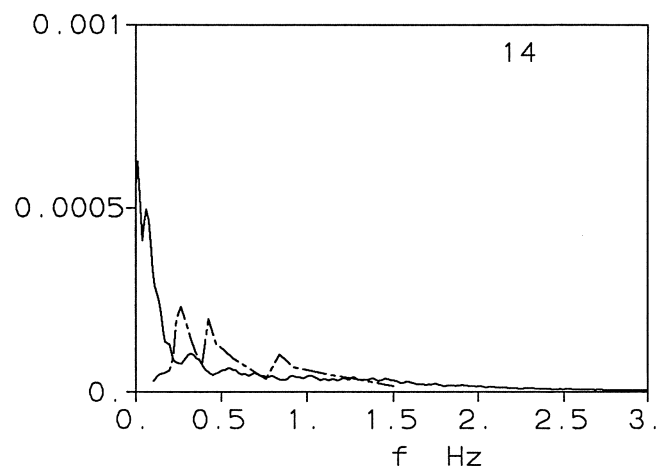
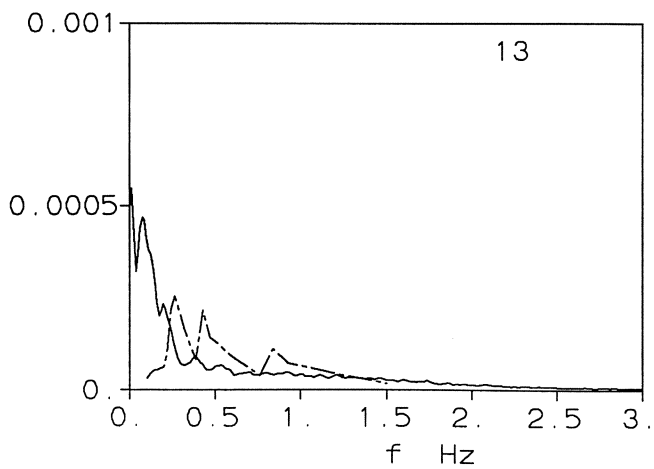
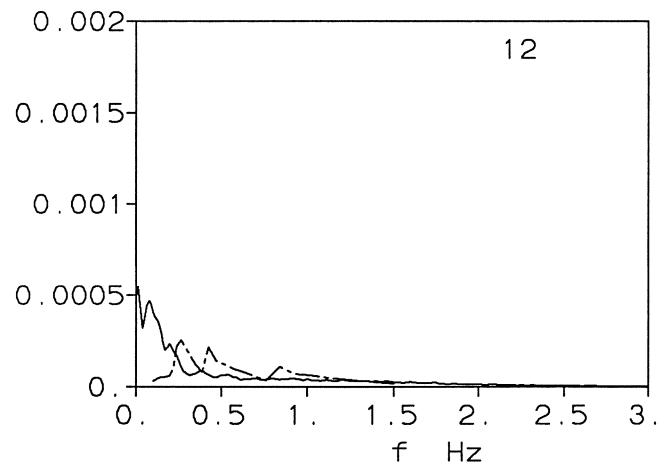
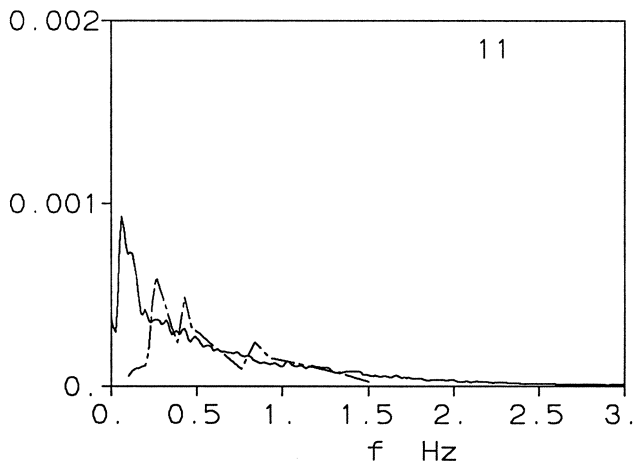
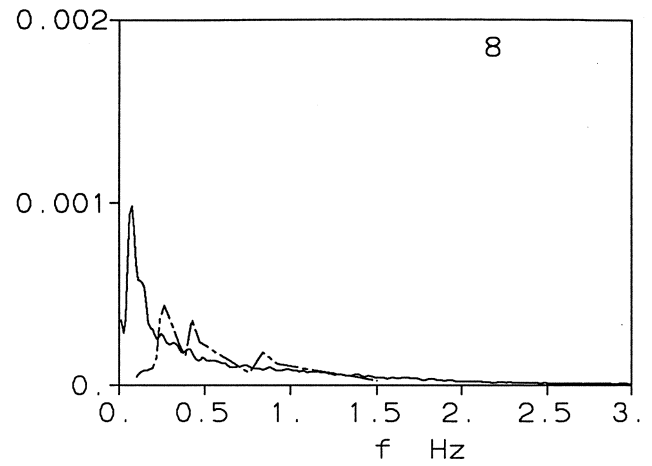
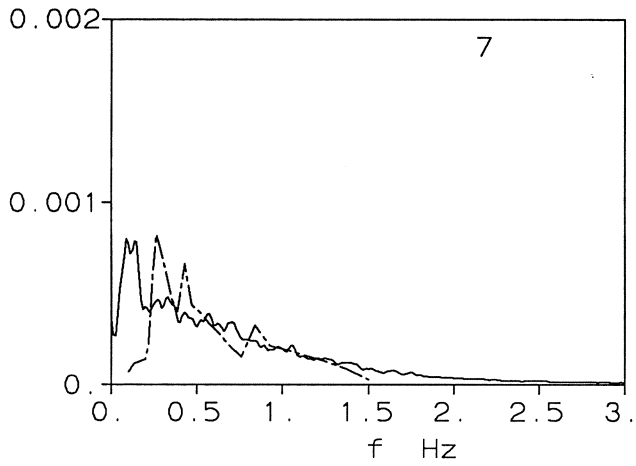
Test case N13

— measurements E (m^2/Hz)
- - - - - SWAN results E (m^2/Hz)



Test case N13

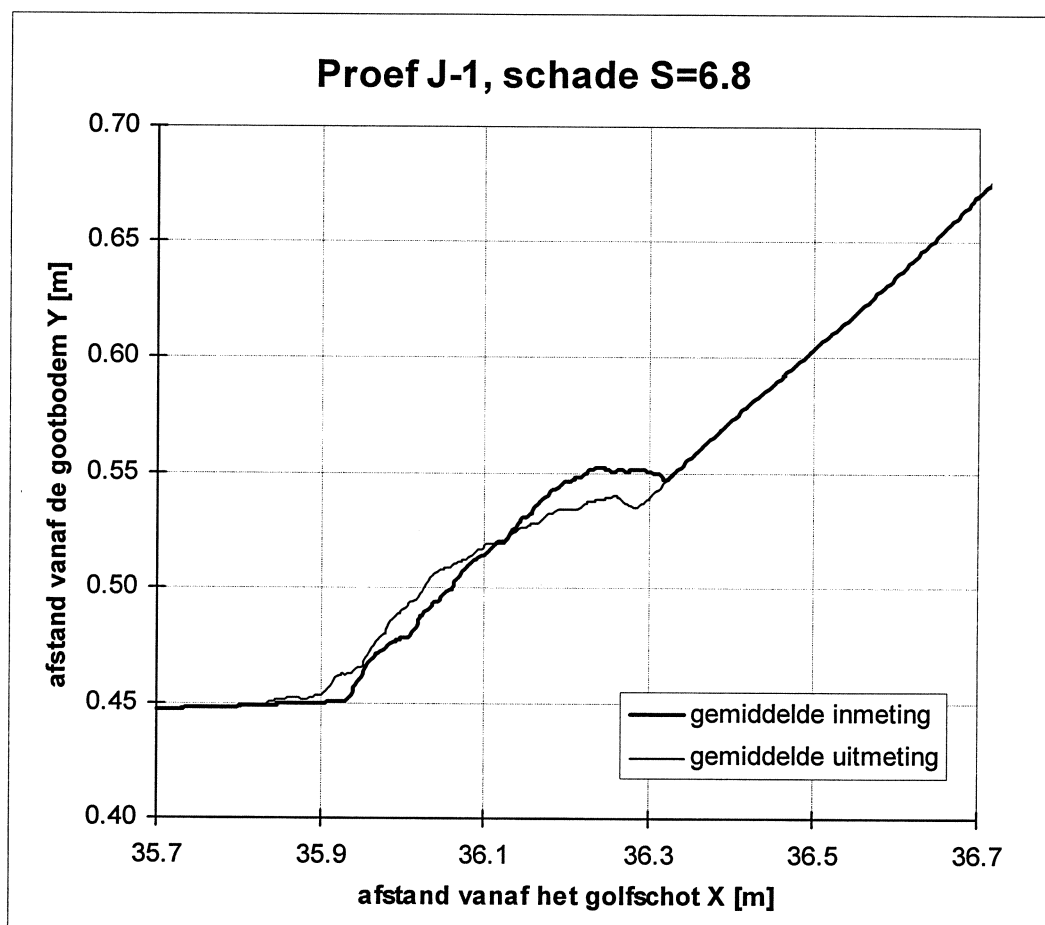
— measurements E (m^2/Hz)
- - - - - SWAN results E (m^2/Hz)



BIJLAGE E

Gemiddelde schadeprofielen van het proevenprogramma in de Scheldegoot met ondiep voorland, talud 1:3:

proef J-1
proef J-2
proef J-3
proef J-4
proef K-1
proef K-2
proef K-3
proef L-1
proef L-2
proef L-3
proef M-1
proef M-2
proef M-3
proef M-4
proef N-1
proef N-2
proef N-3
proef N-4
proef O-1
proef O-3
proef O-4



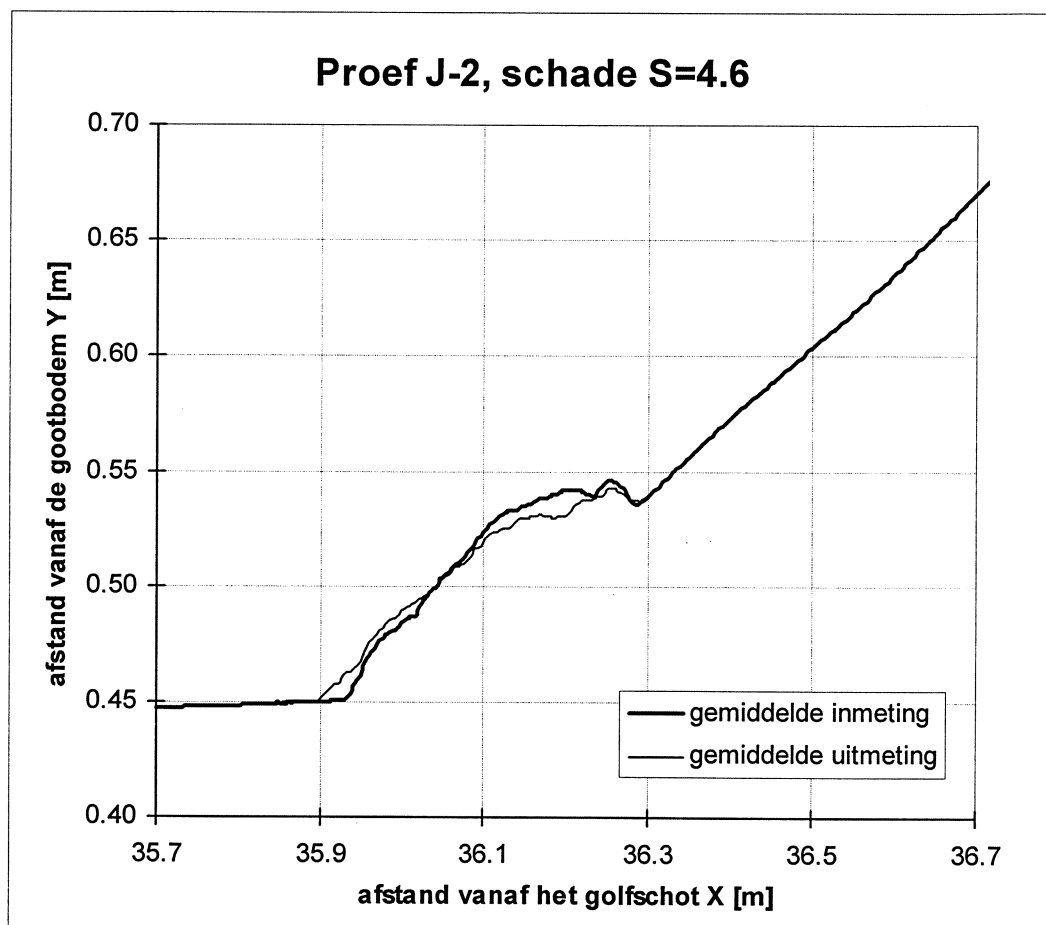
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR EI



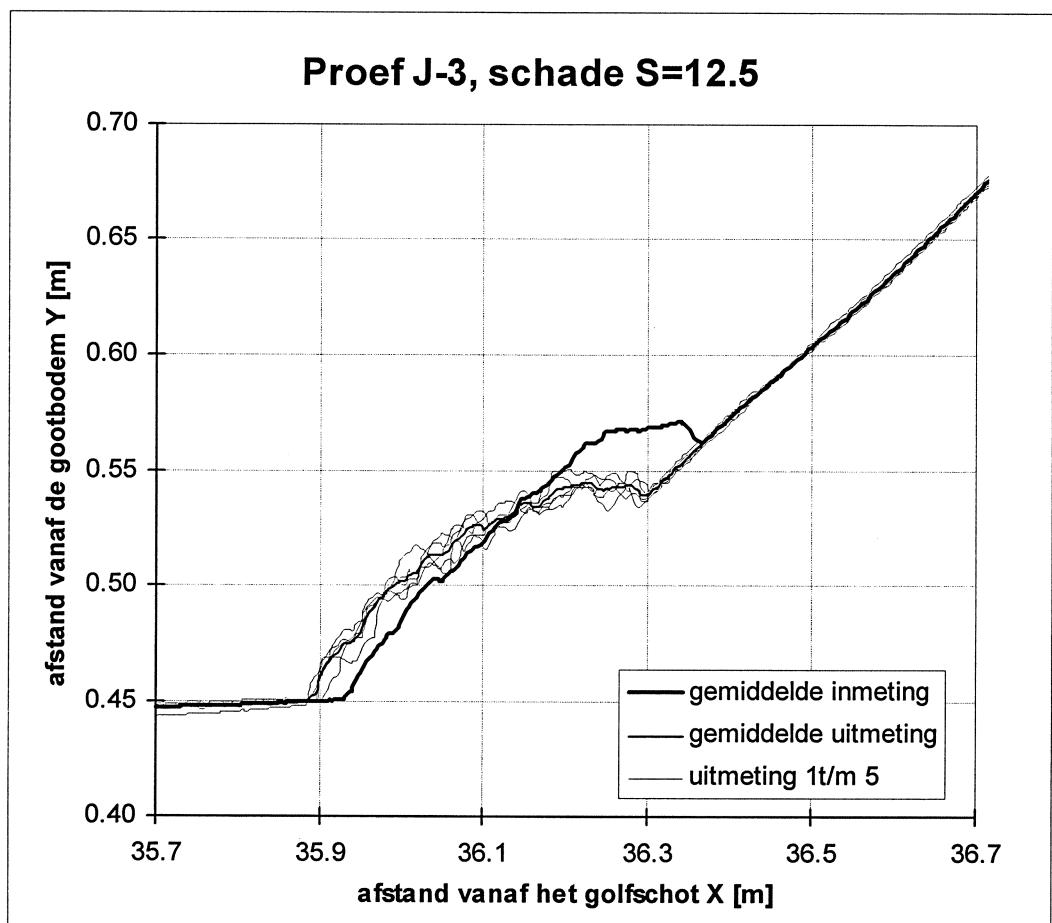
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E2



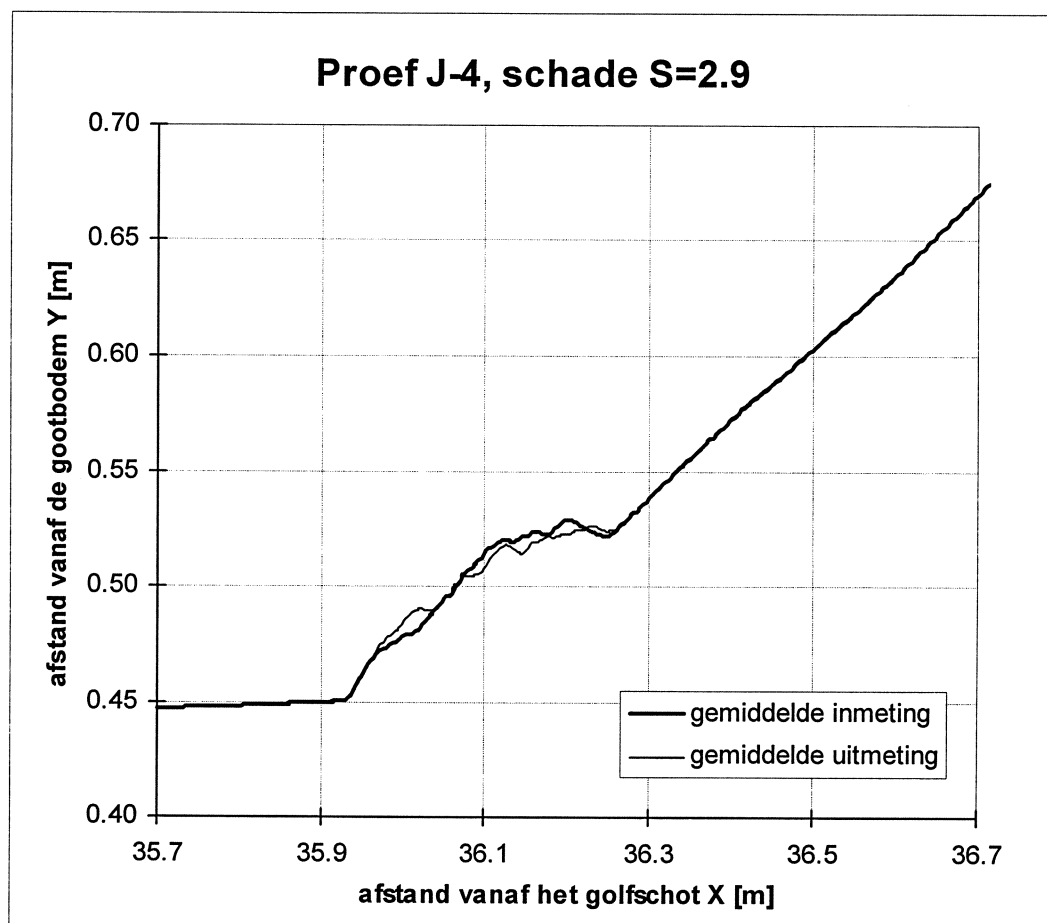
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E3



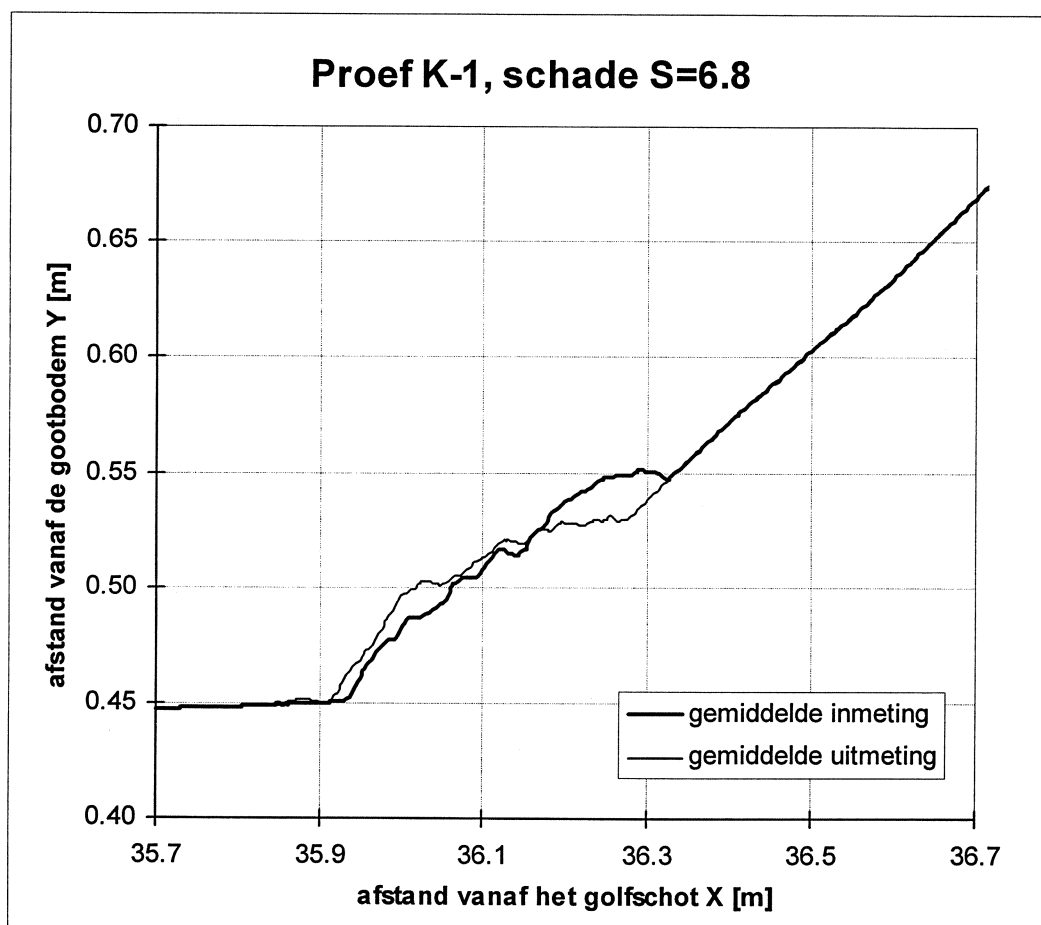
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E4



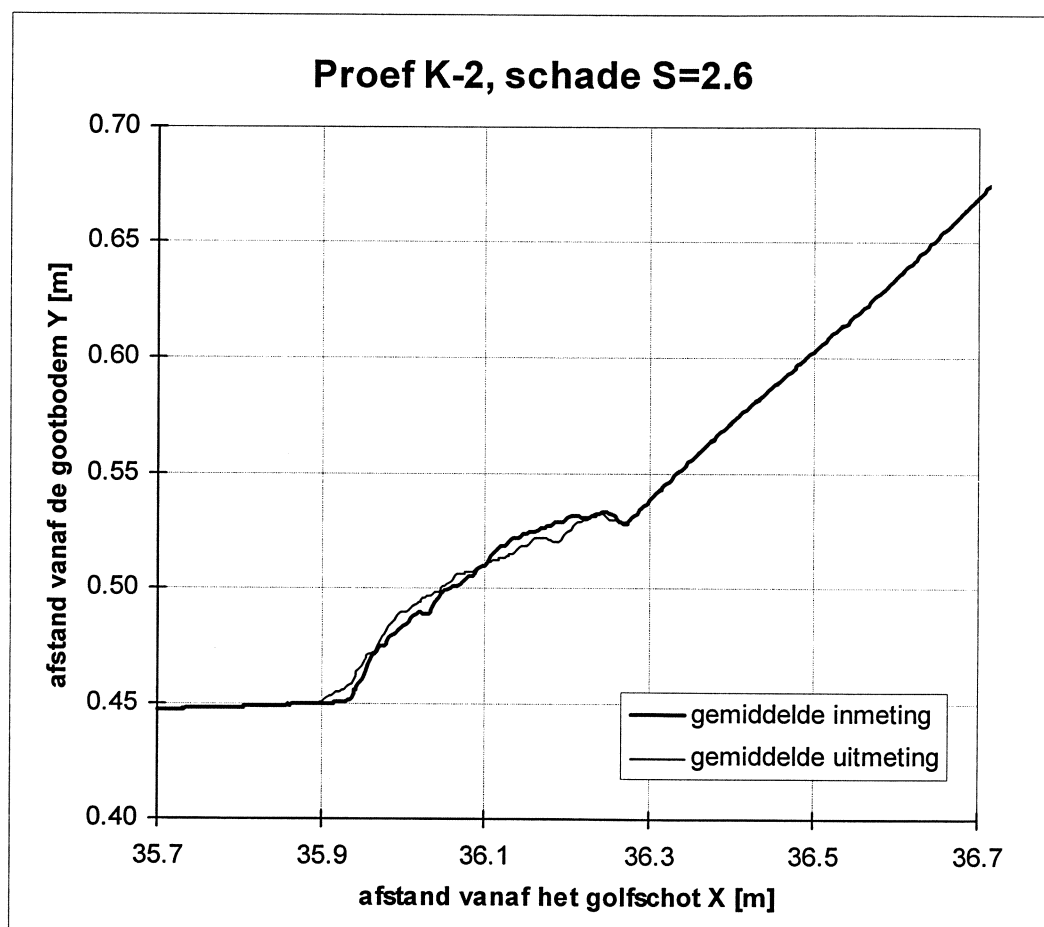
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E5



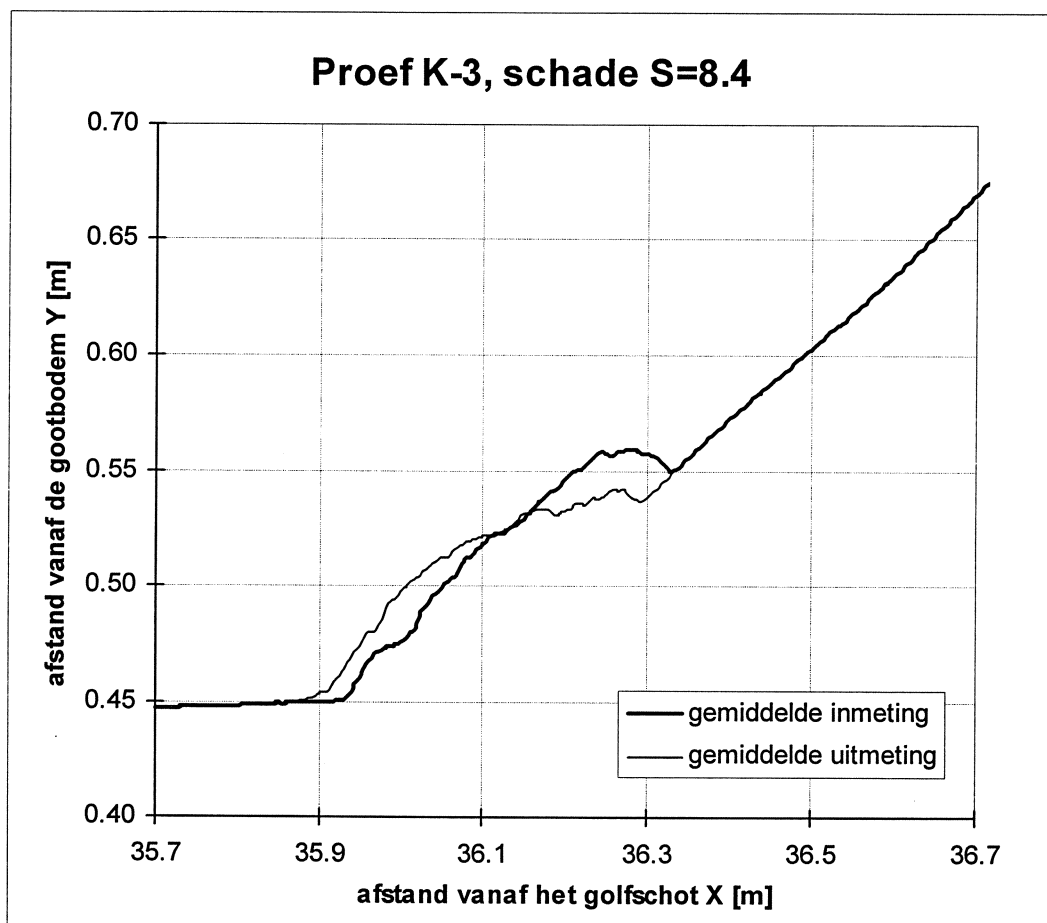
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E6



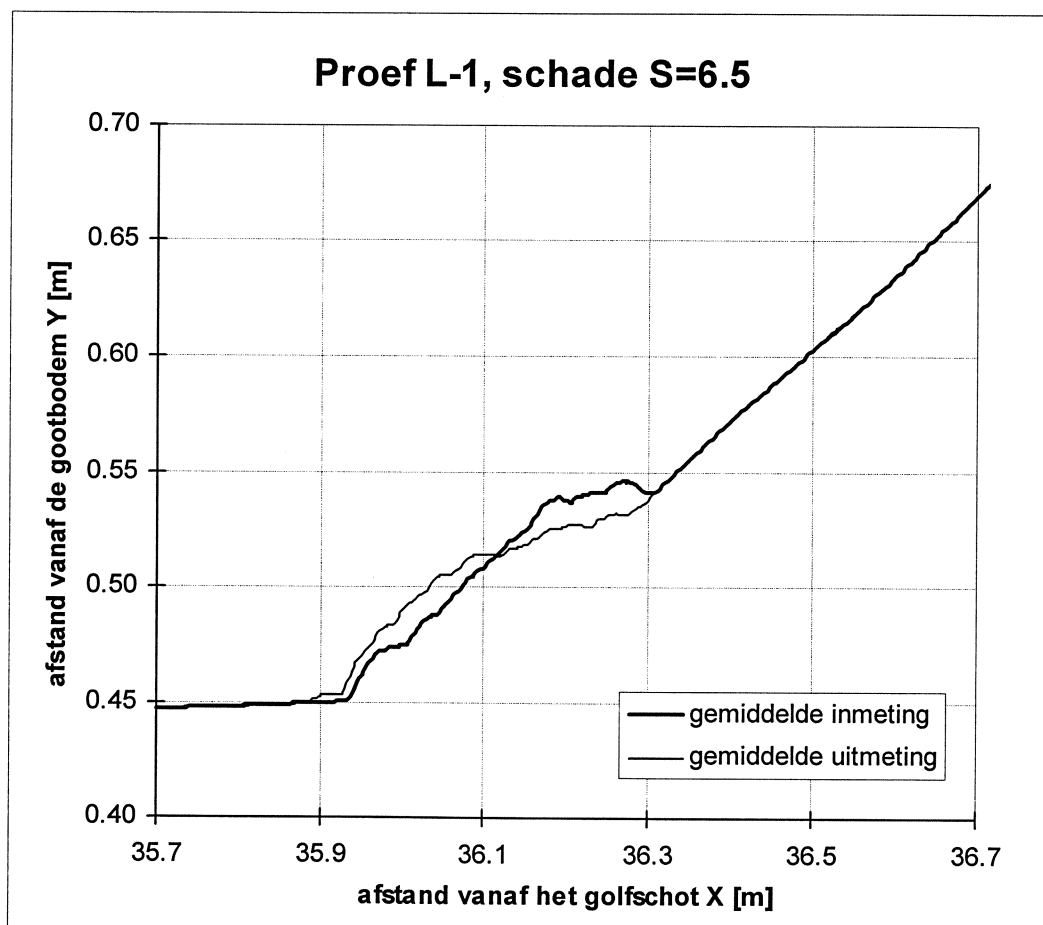
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E7



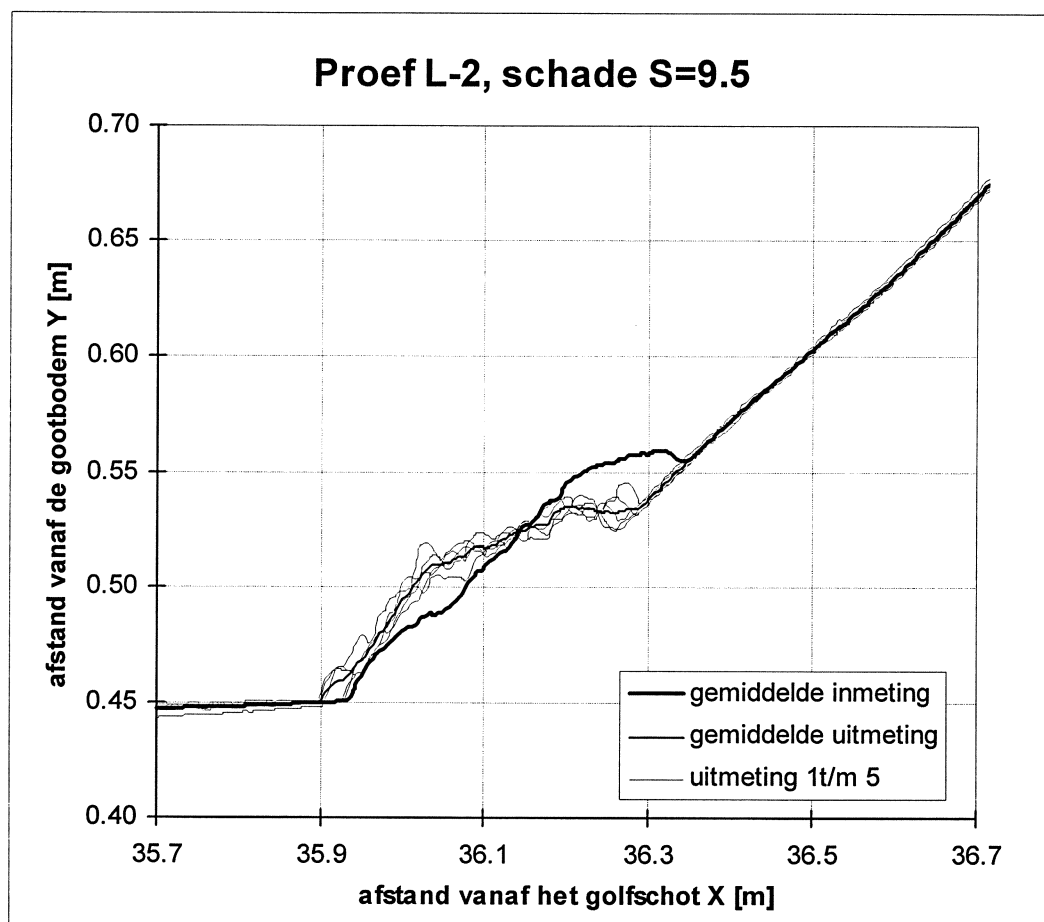
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E8



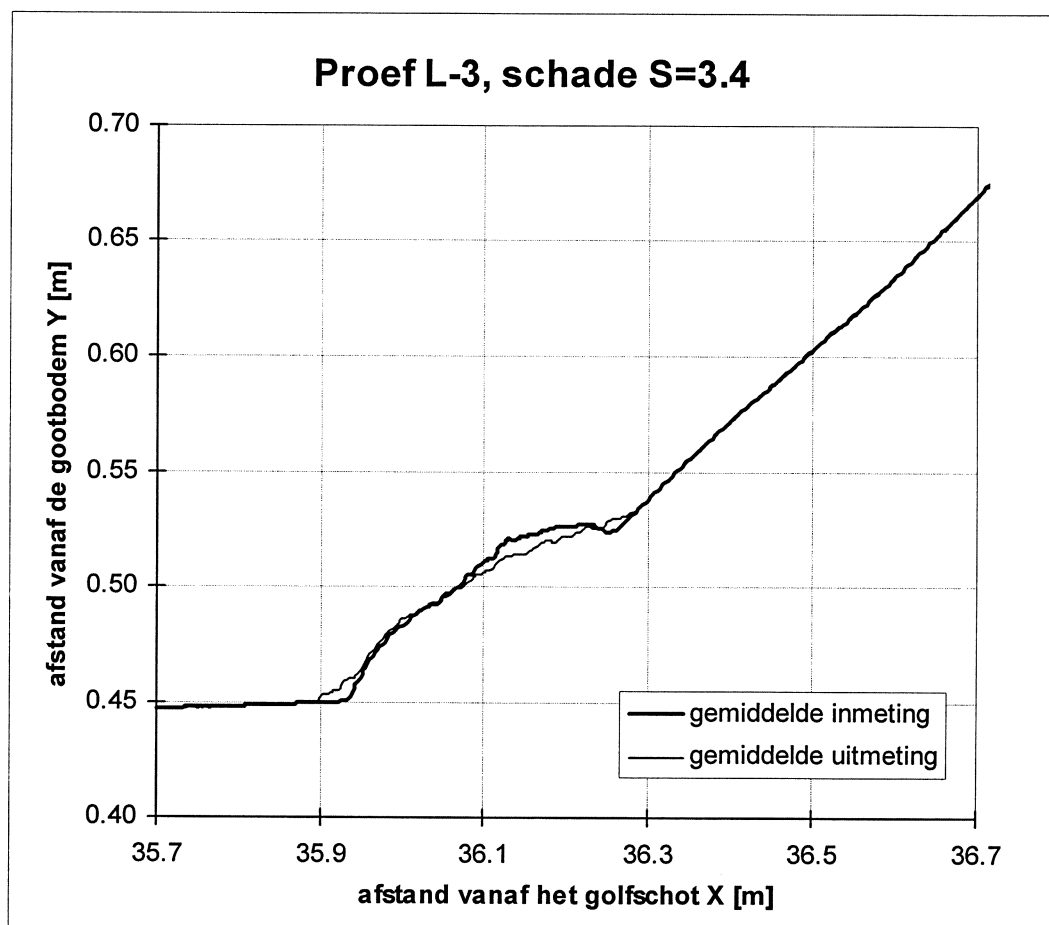
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E9



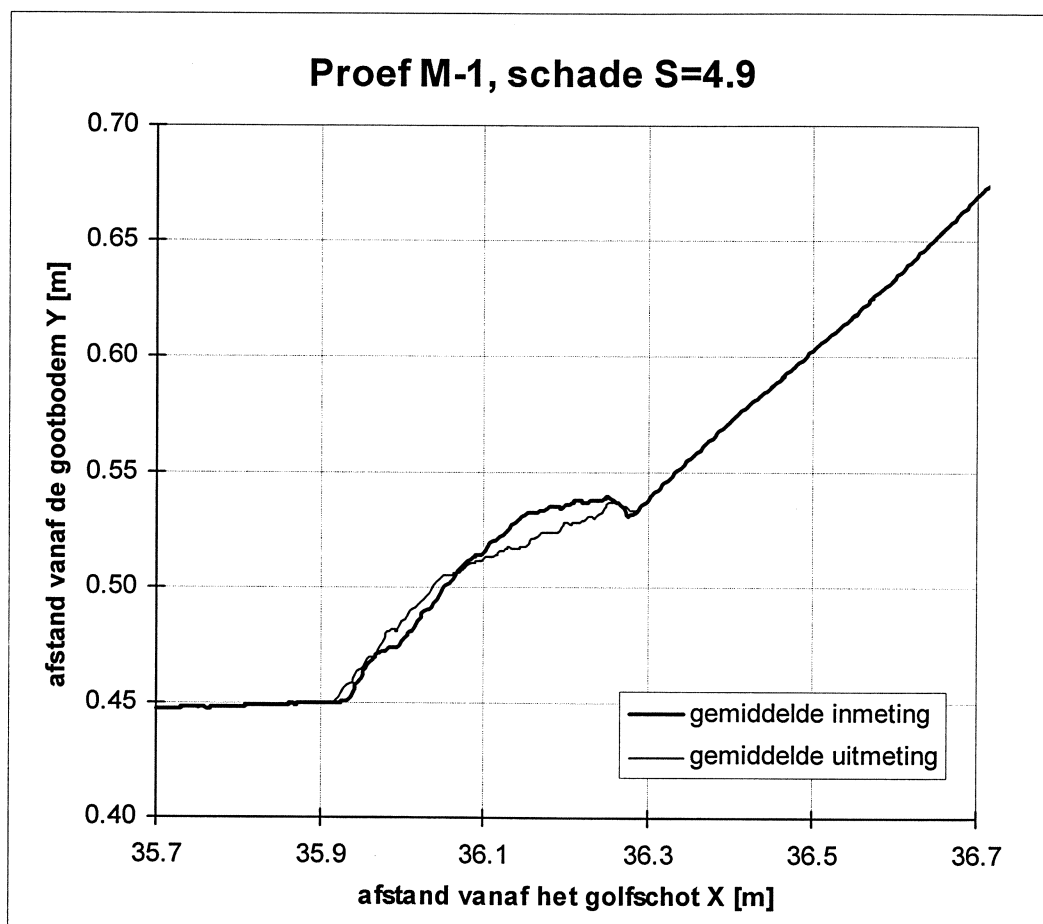
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E10



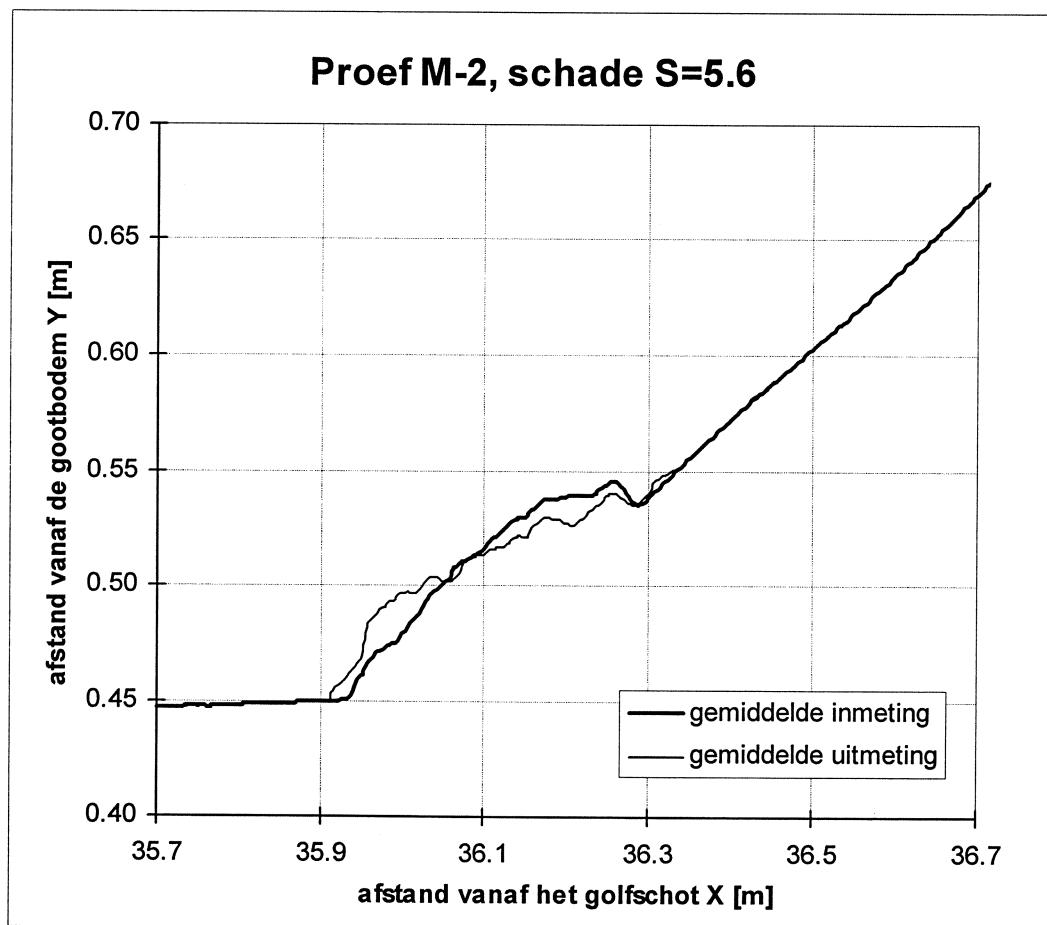
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E11



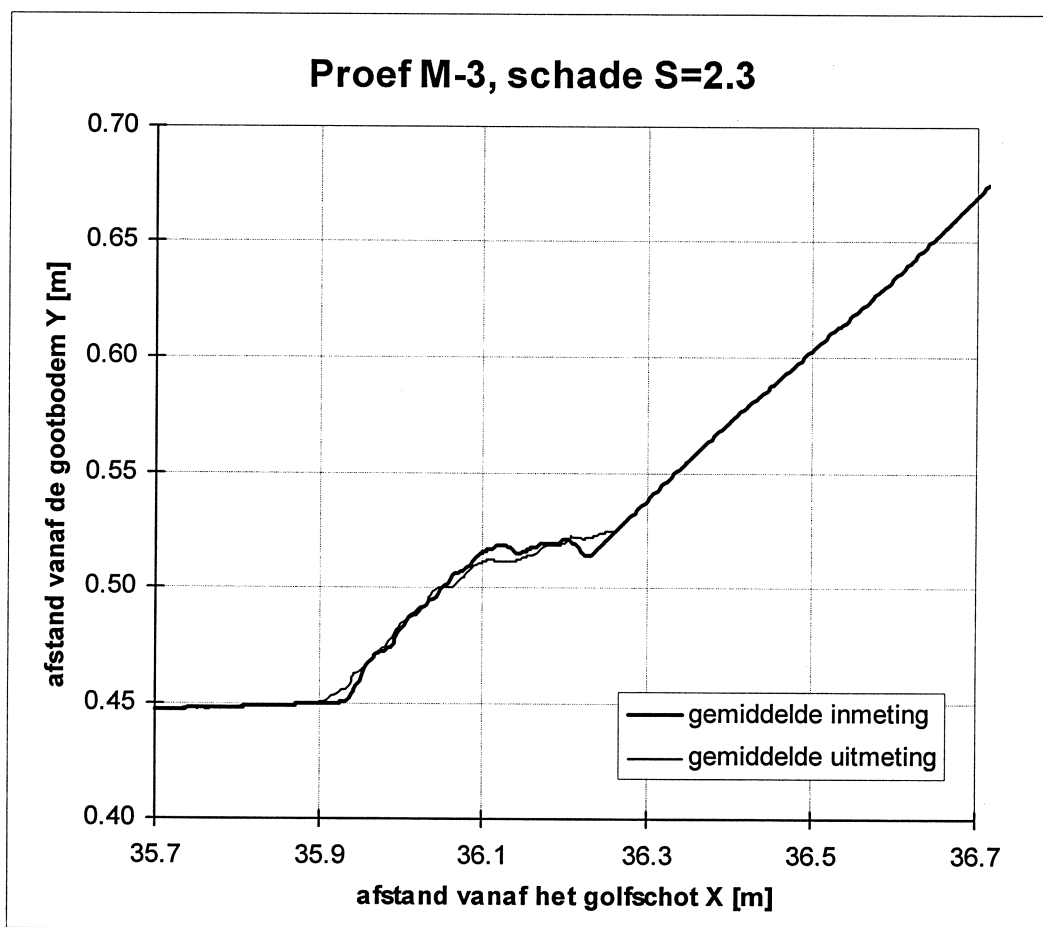
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E12



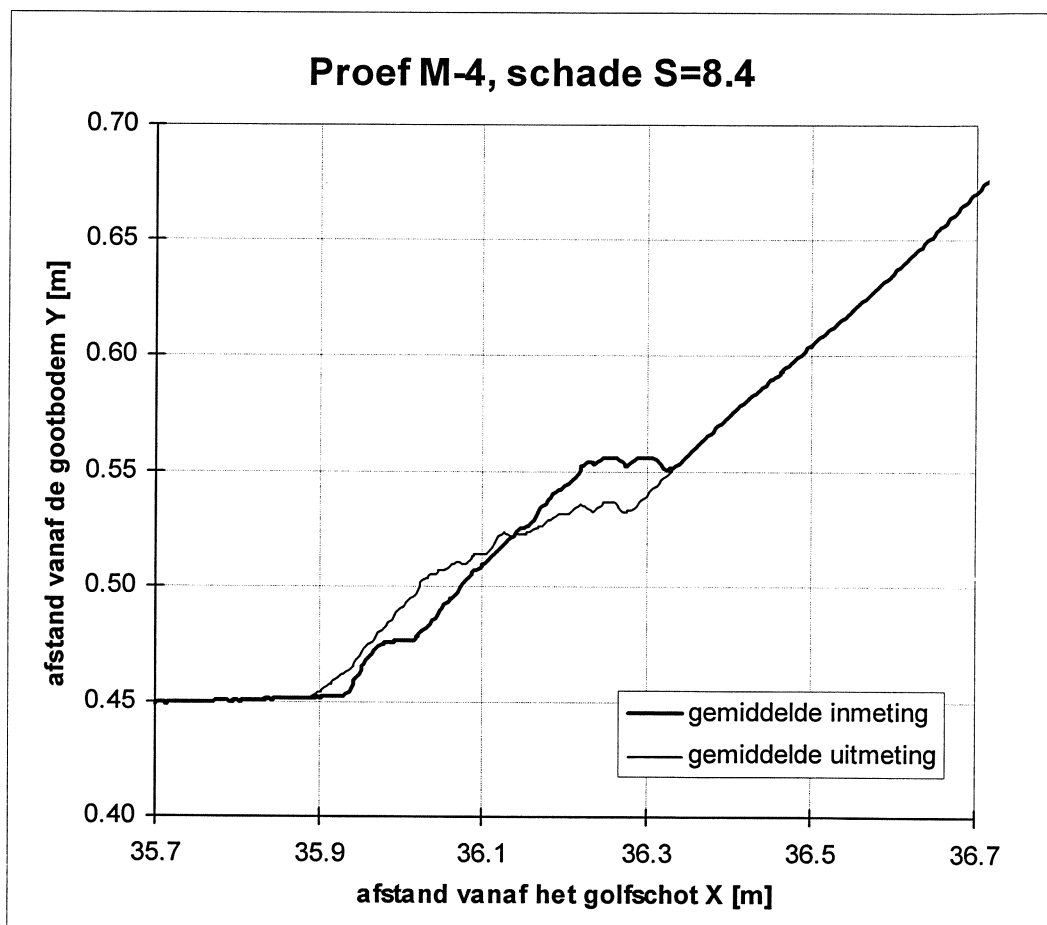
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E13



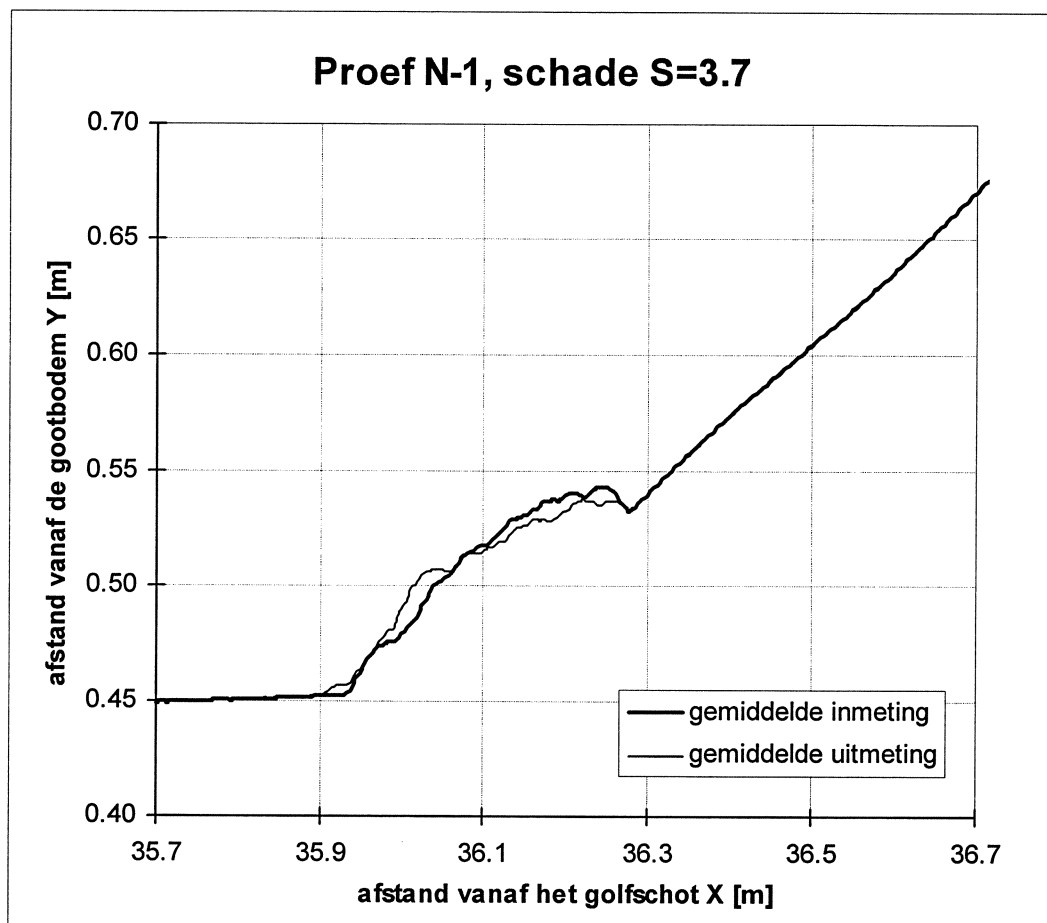
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E14



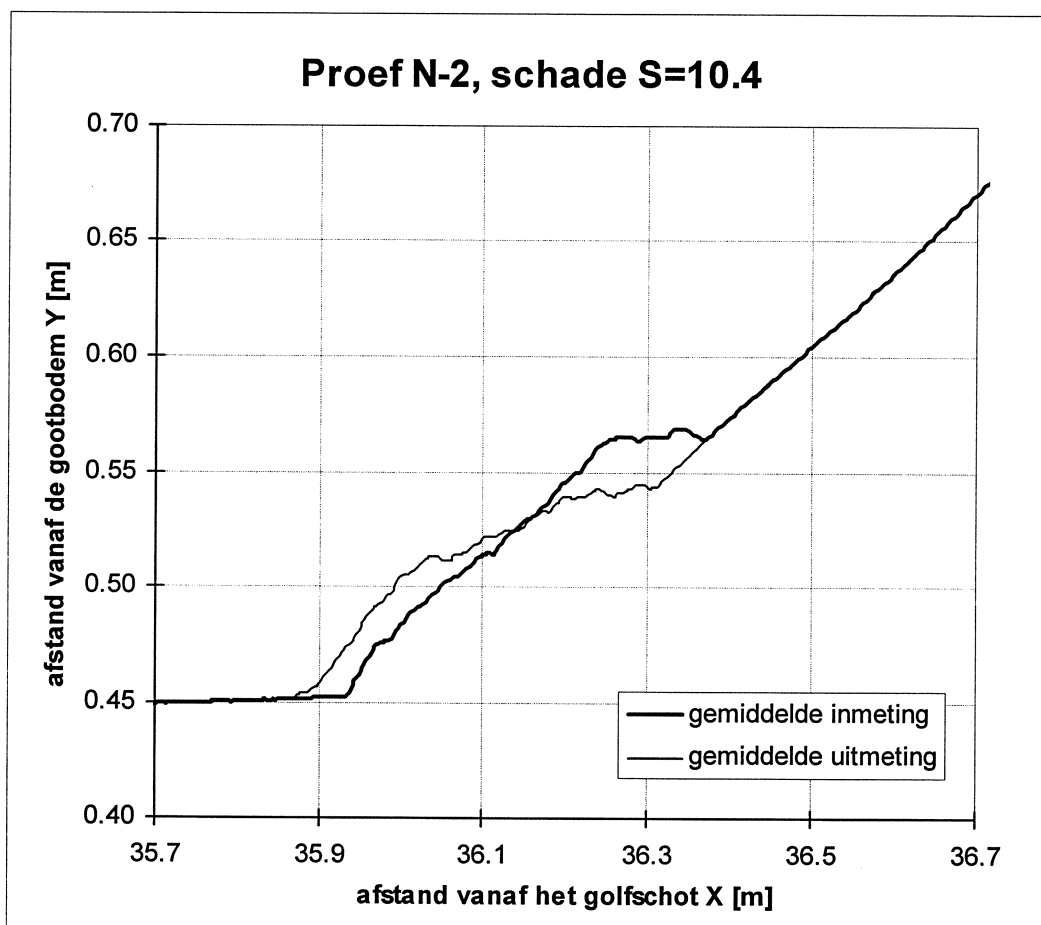
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E15



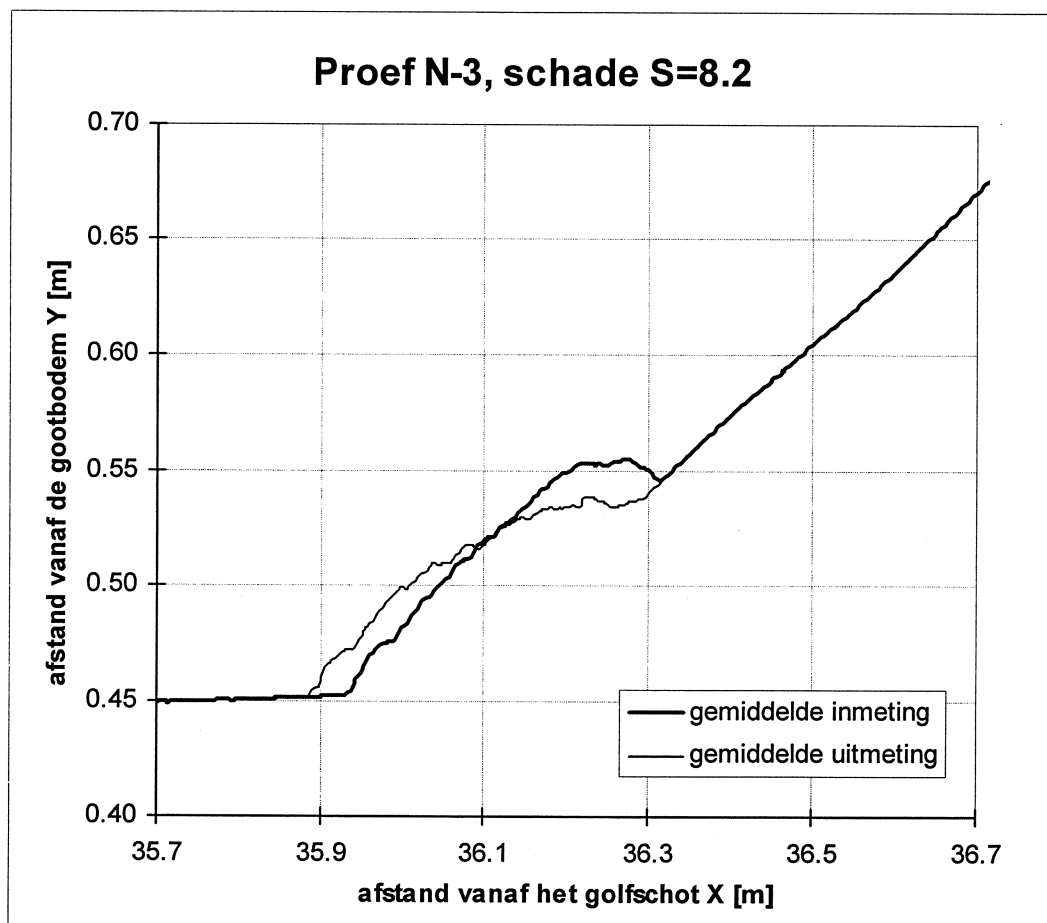
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E16



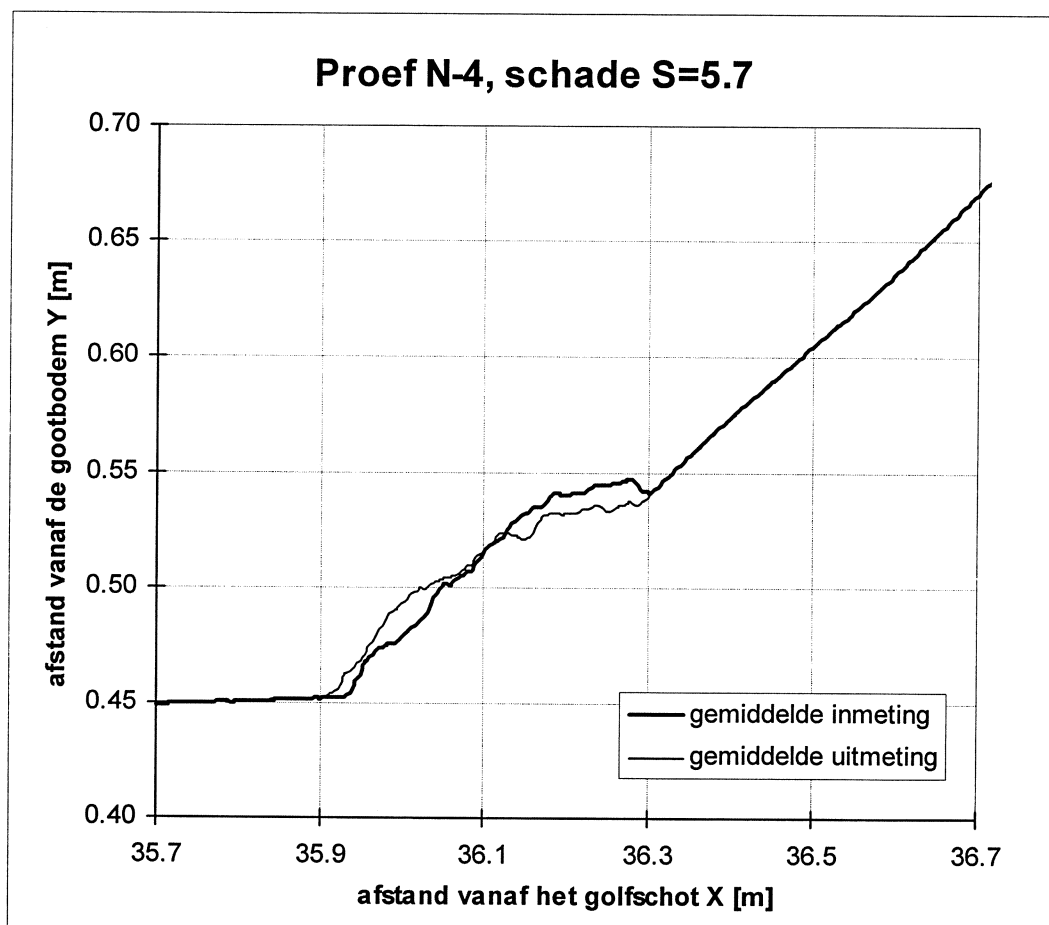
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E17



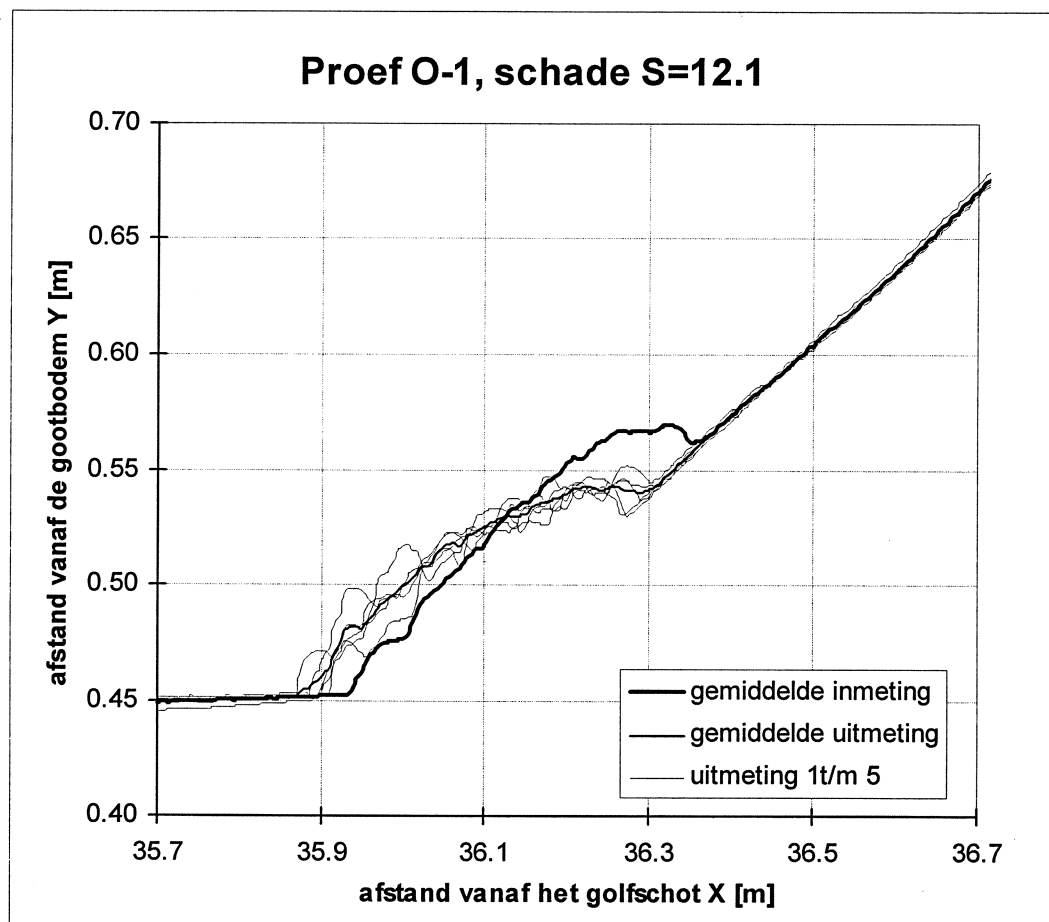
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E18



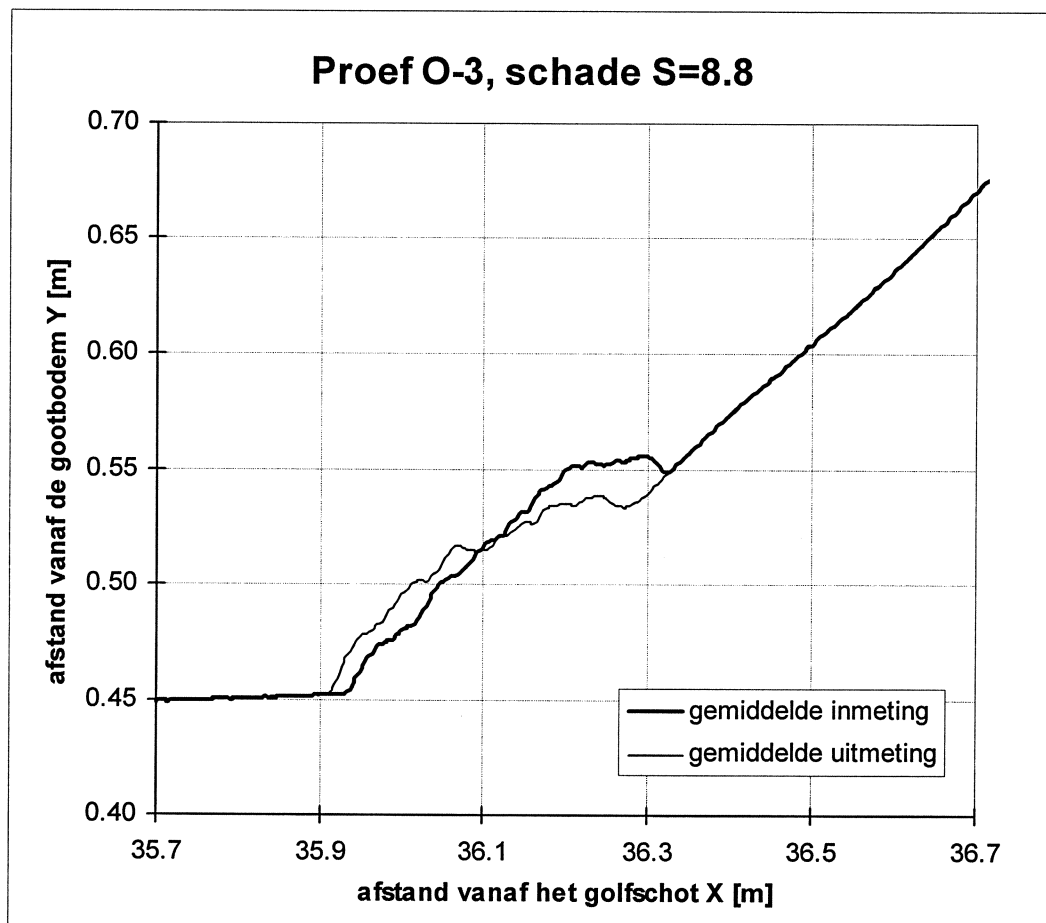
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E19



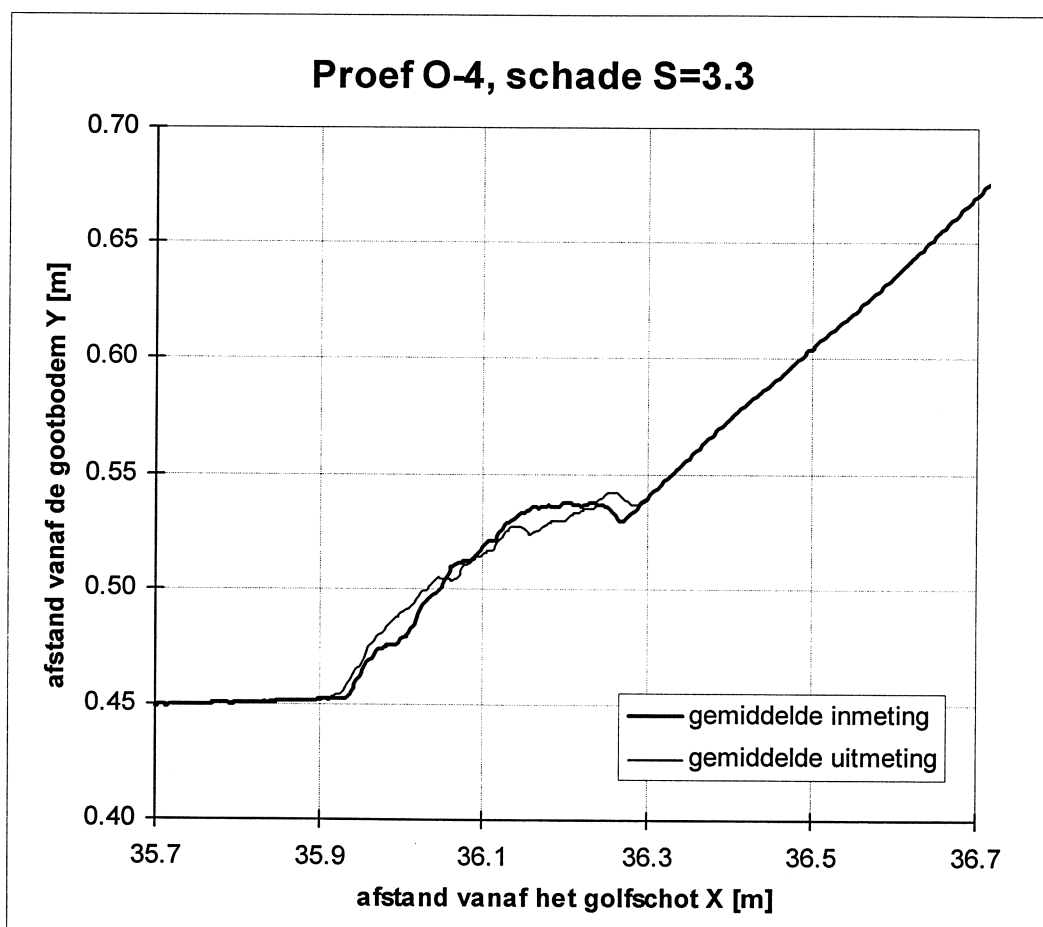
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E20



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:3

A4

$D_{n50}=0.017$ m

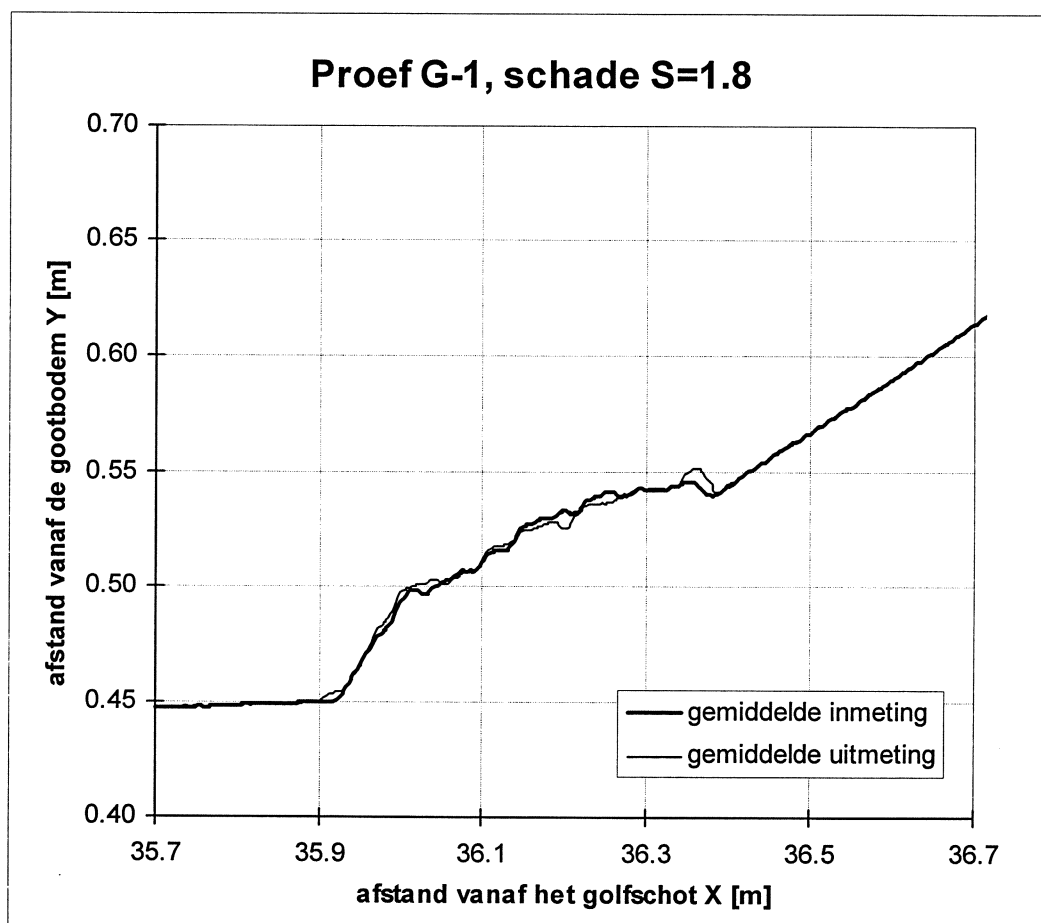
WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR E2I

BIJLAGE F

Gemiddelde schadeprofielen van het proevenprogramma in de Scheldegoot met ondiep voorland, talud 1:4:

proef G-1
proef G-2
proef G-3
proef G-4
proef G-5
proef G-6
proef H-1
proef H-2
proef H-3
proef H-4
proef H-5
proef I-1
proef I-2
proef I-3
proef I-4



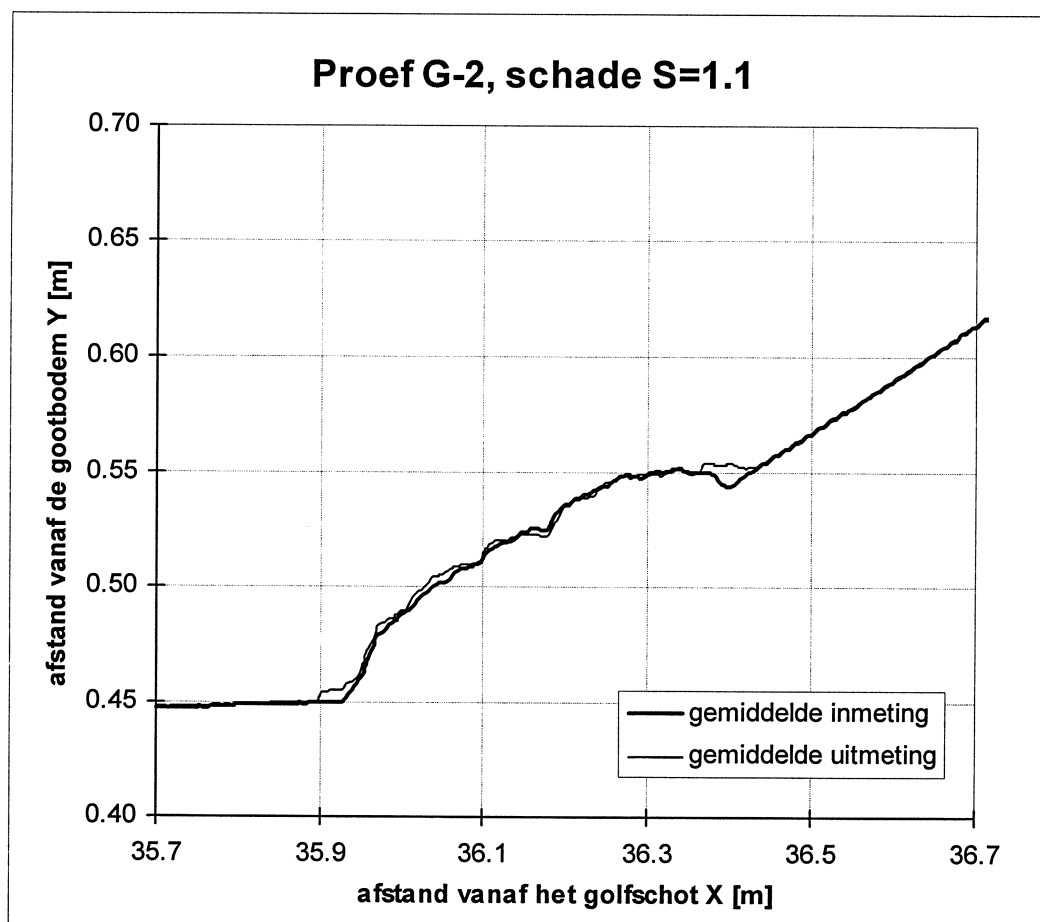
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR FI



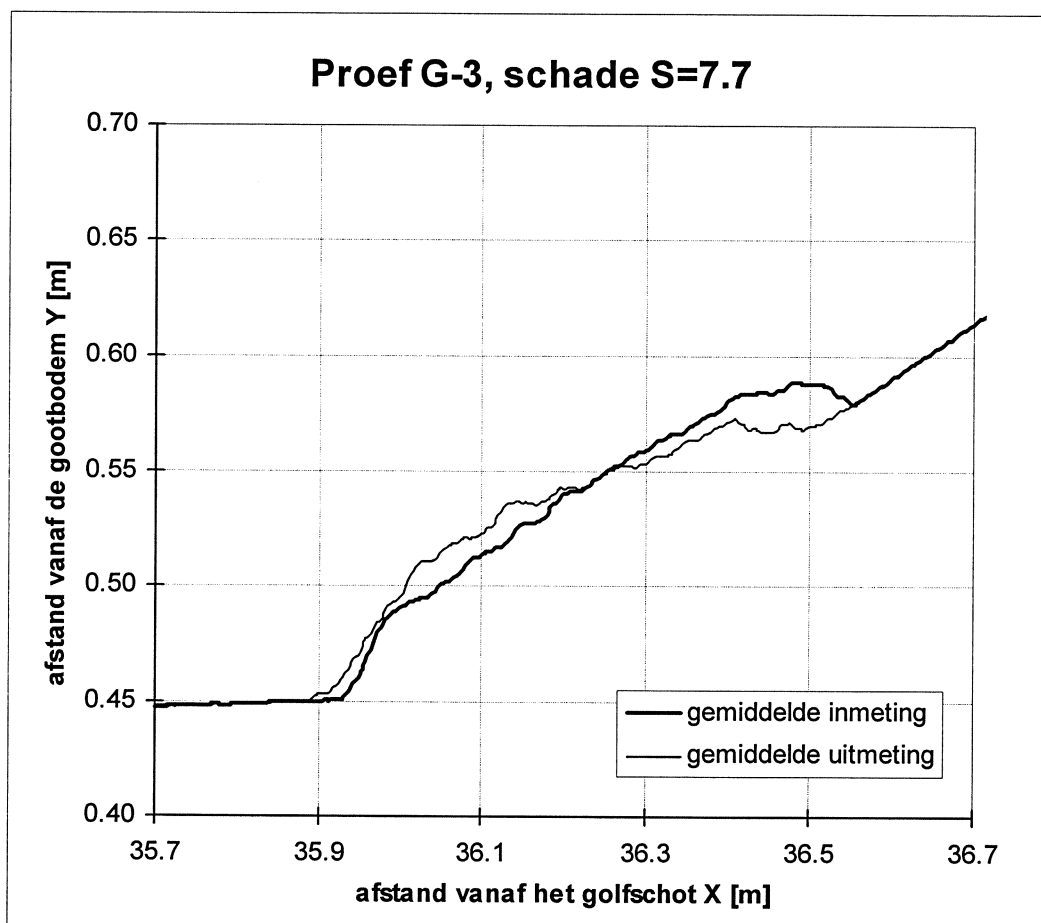
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

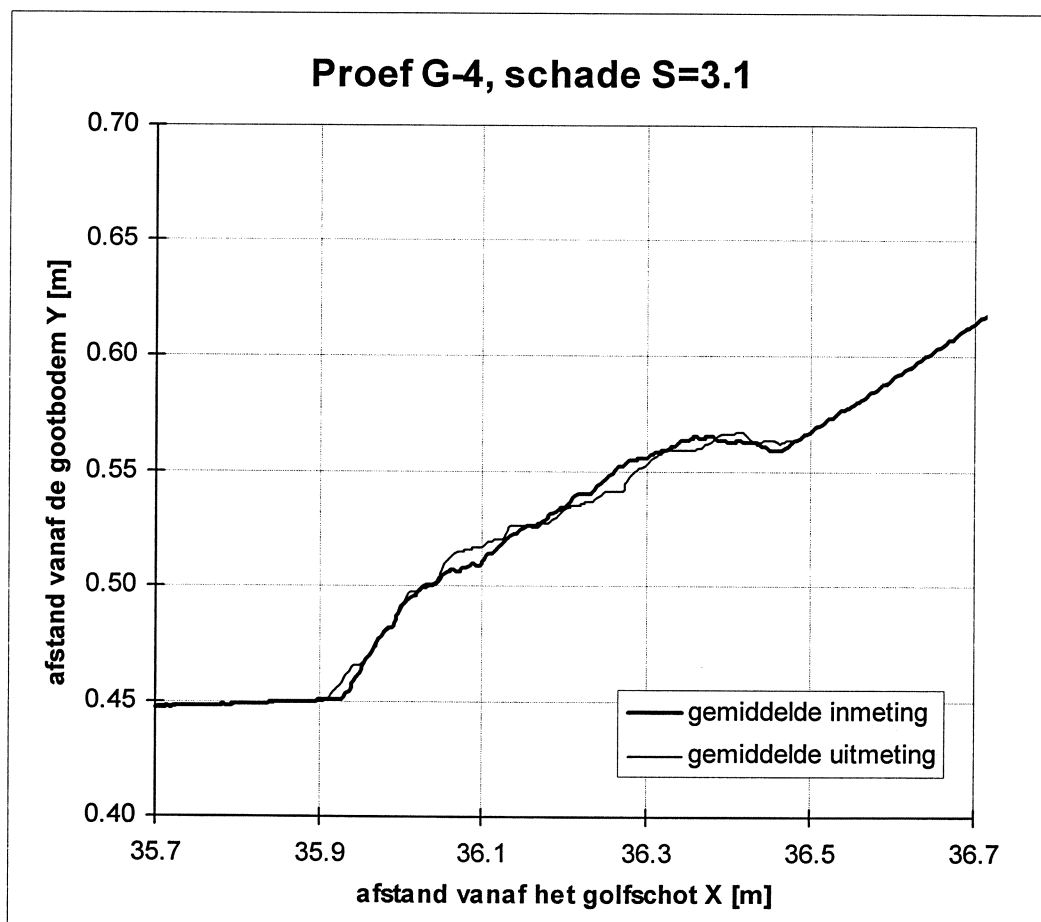
$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F2



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4		A4
	$D_{n50}=0.020\text{ m}$	
WL DELFT HYDRAULICS	FIGUUR F3	



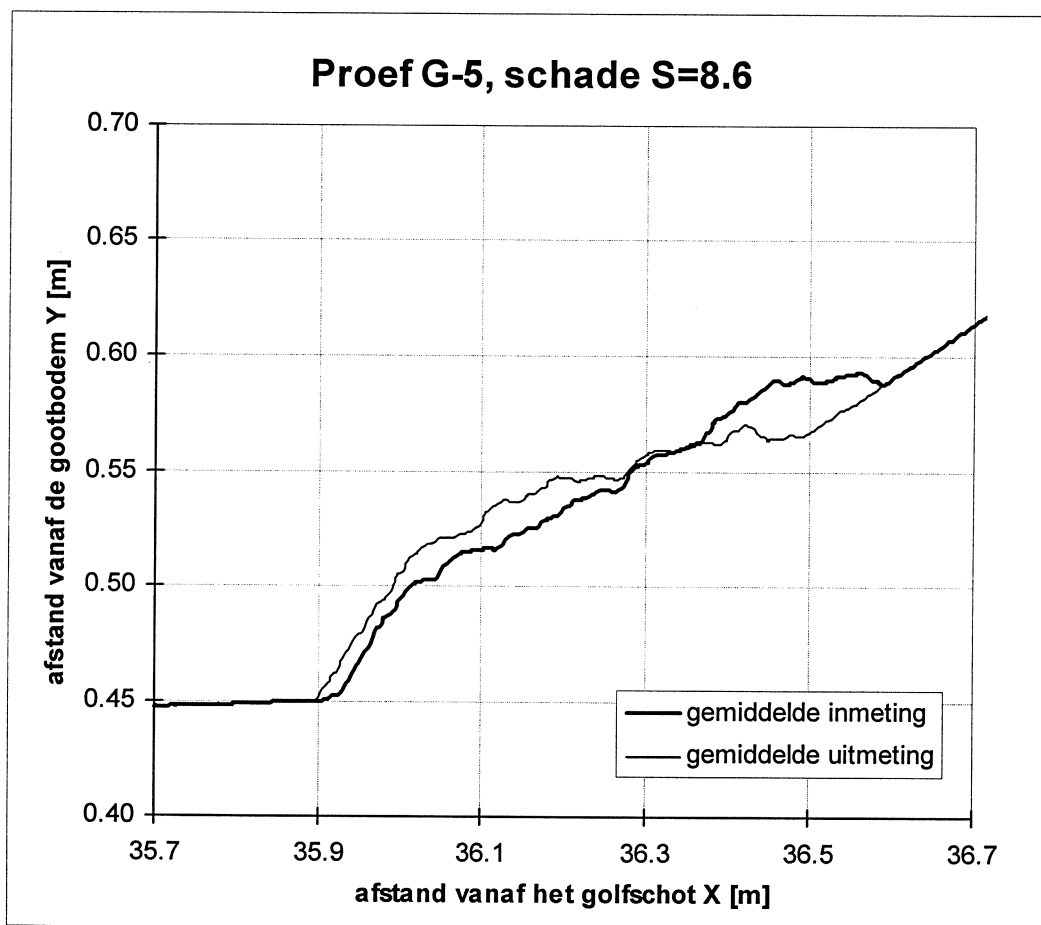
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F4



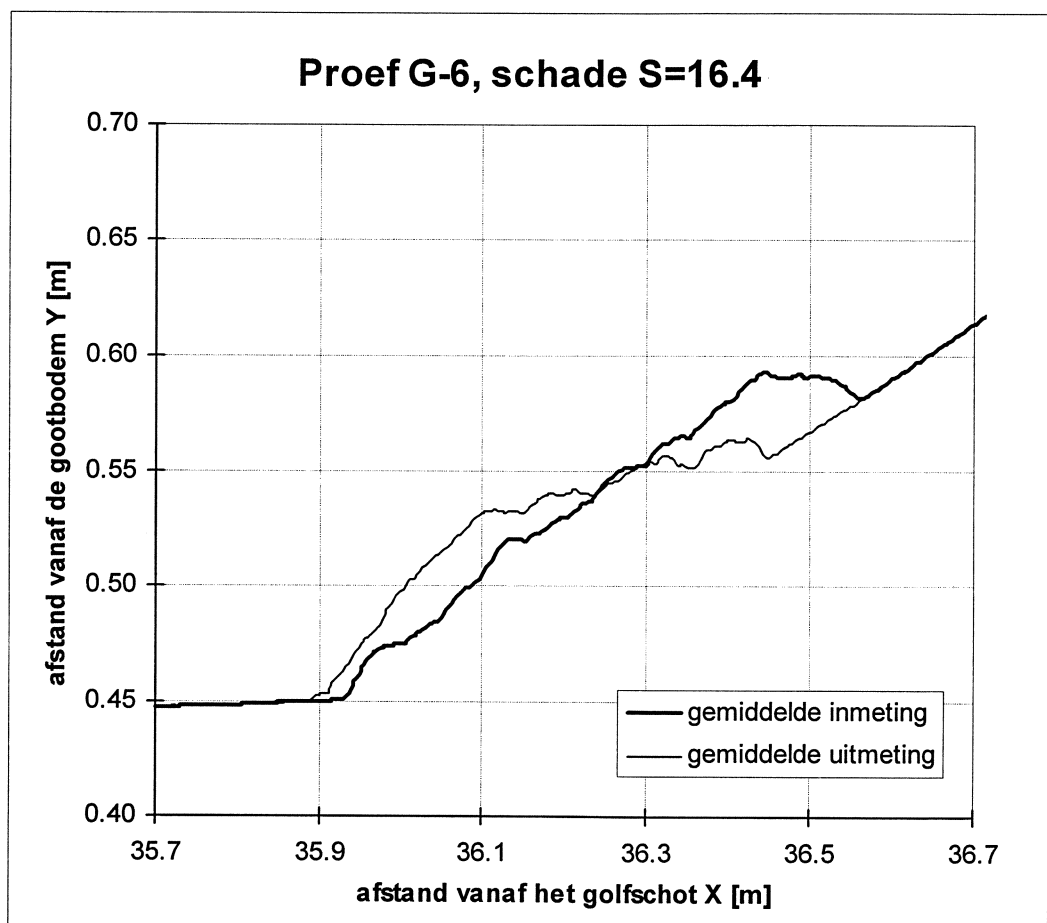
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F5



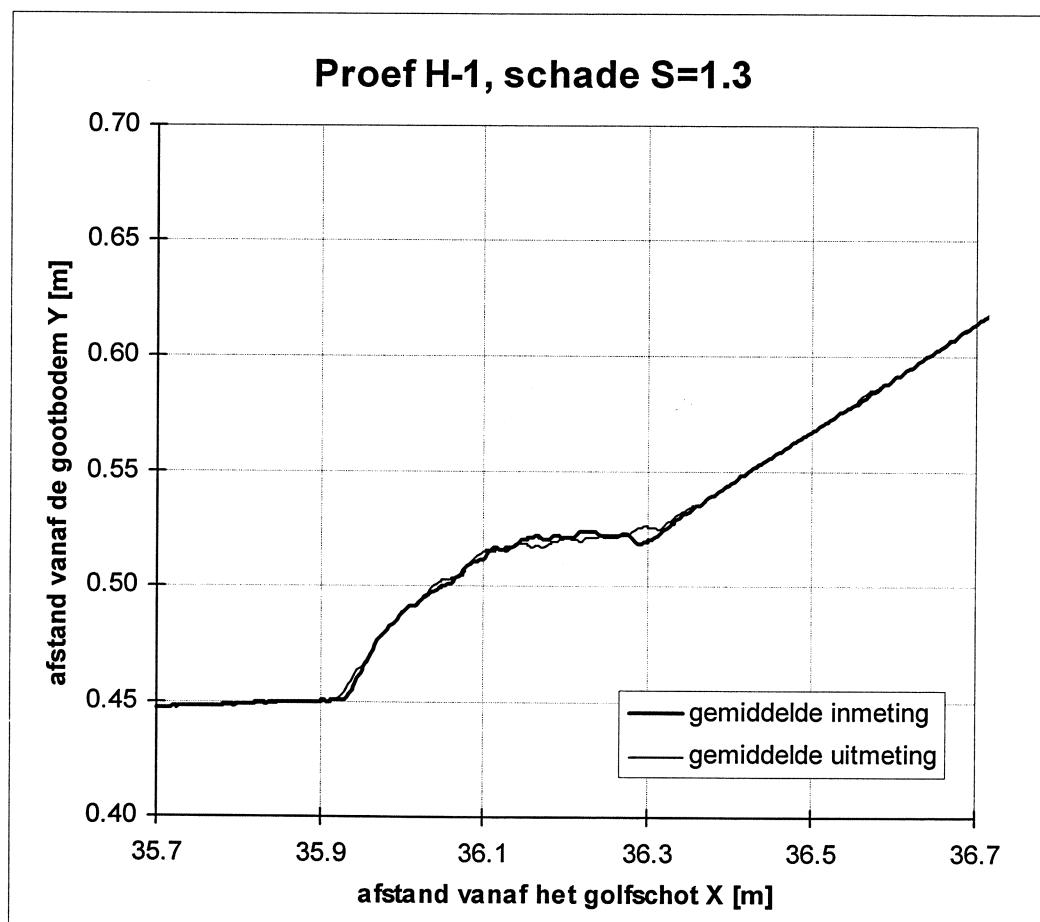
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F6



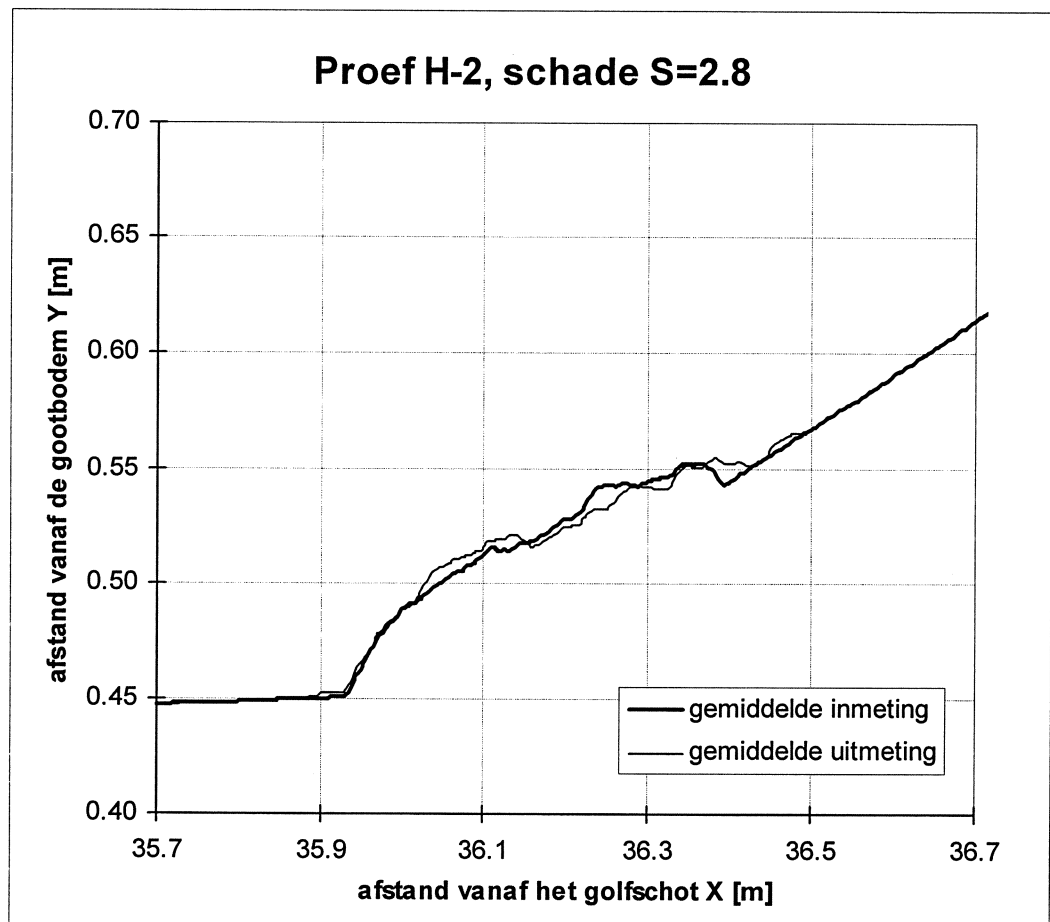
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

$D_{n50}=0.020$ m

A4

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F7



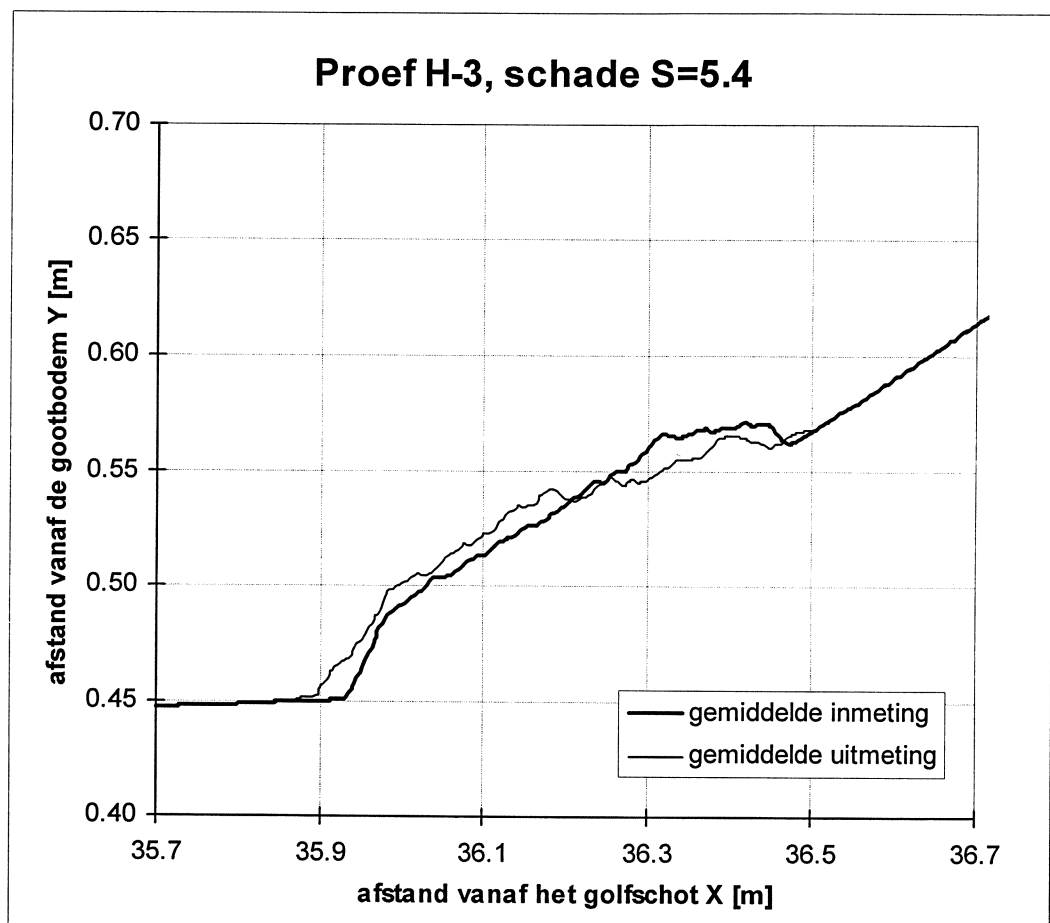
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F8



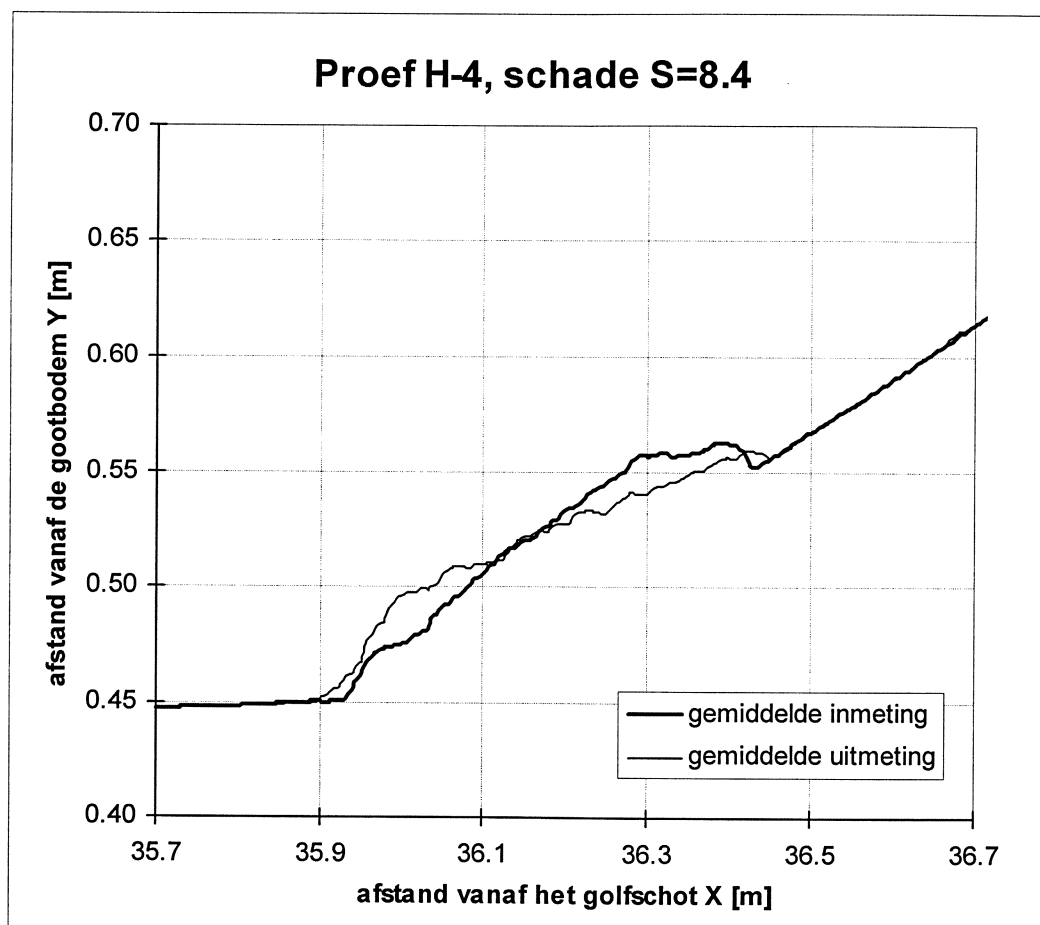
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F9



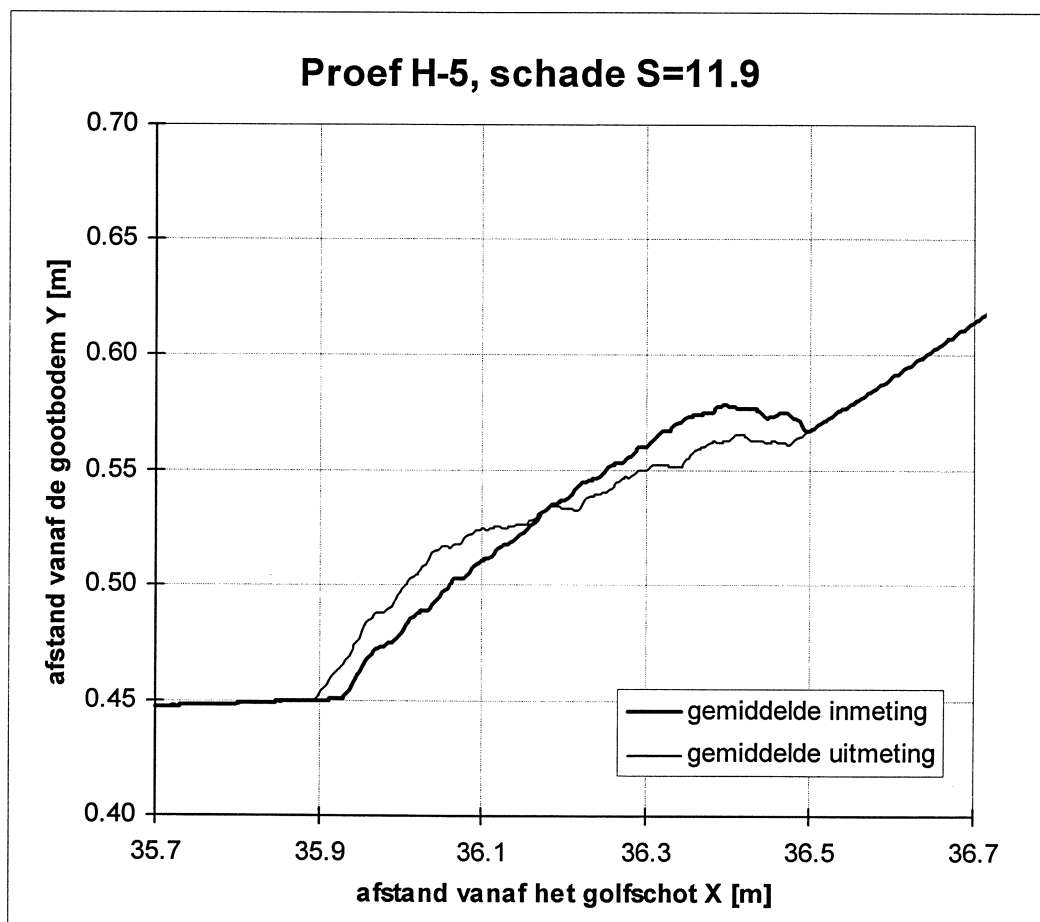
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F10



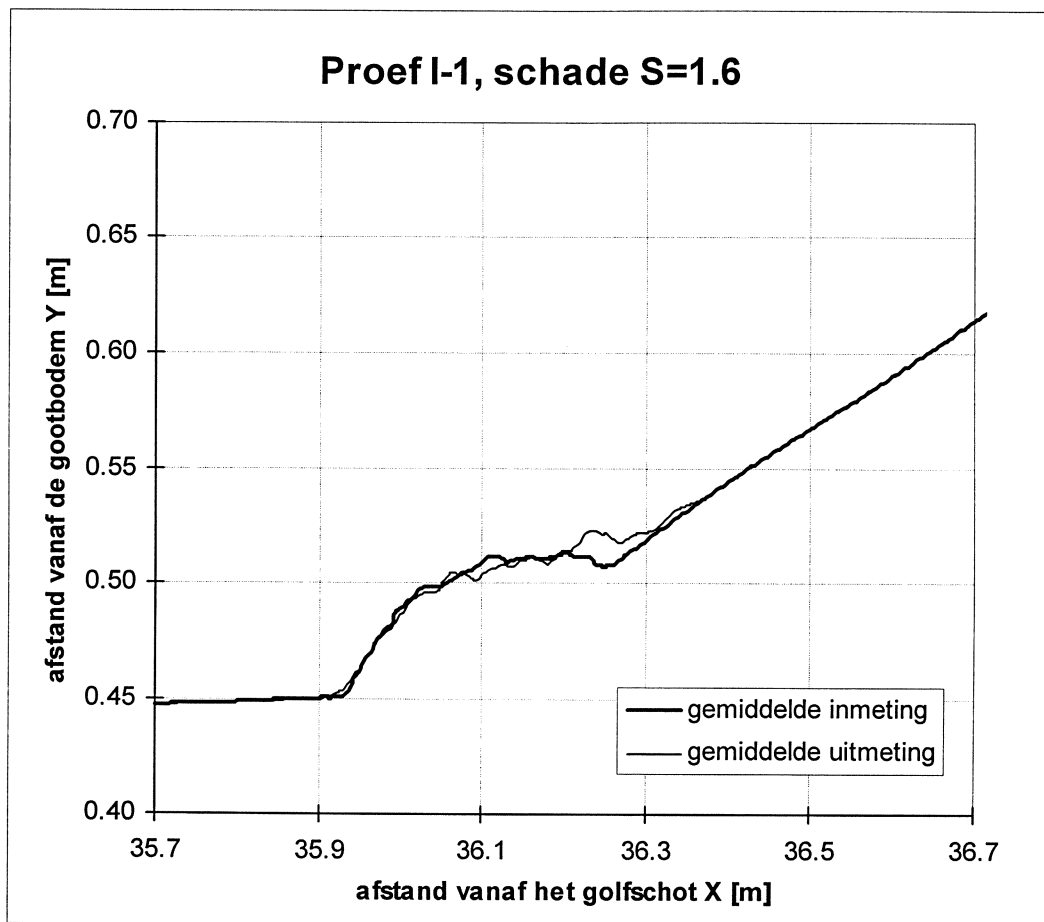
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F11



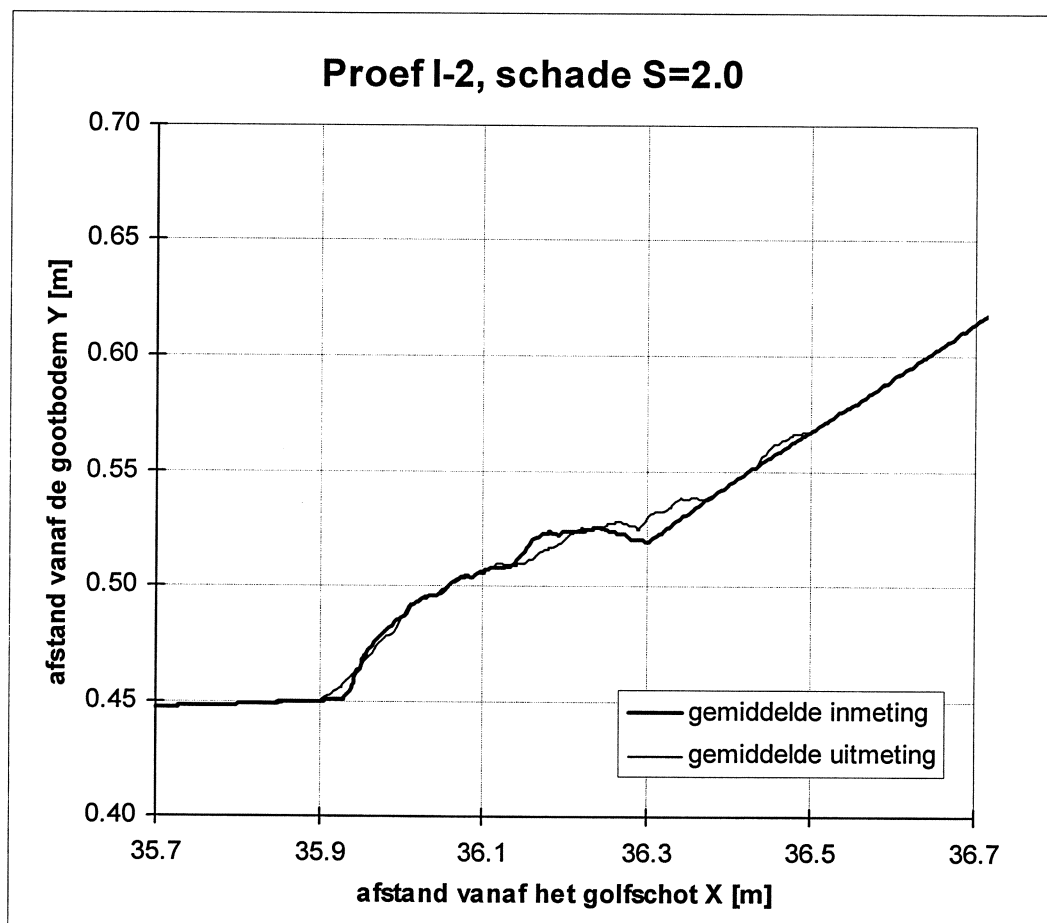
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F12



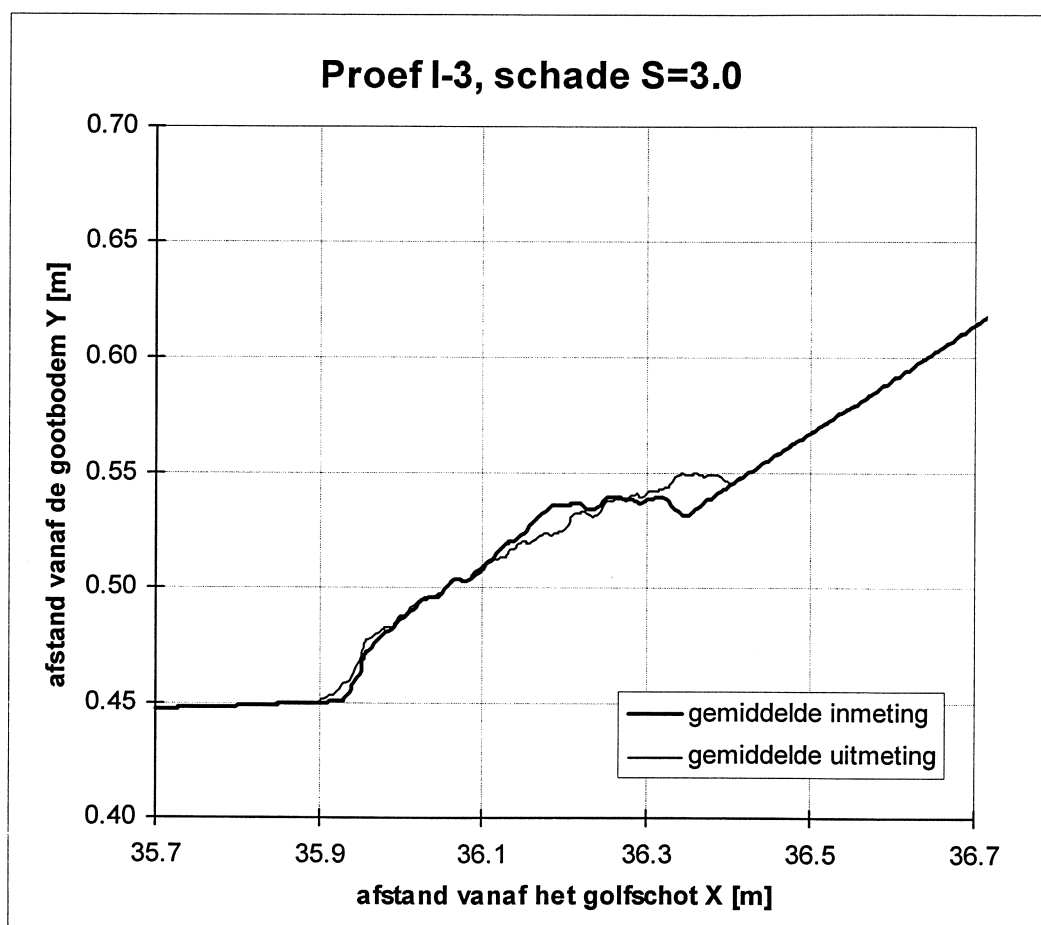
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F13



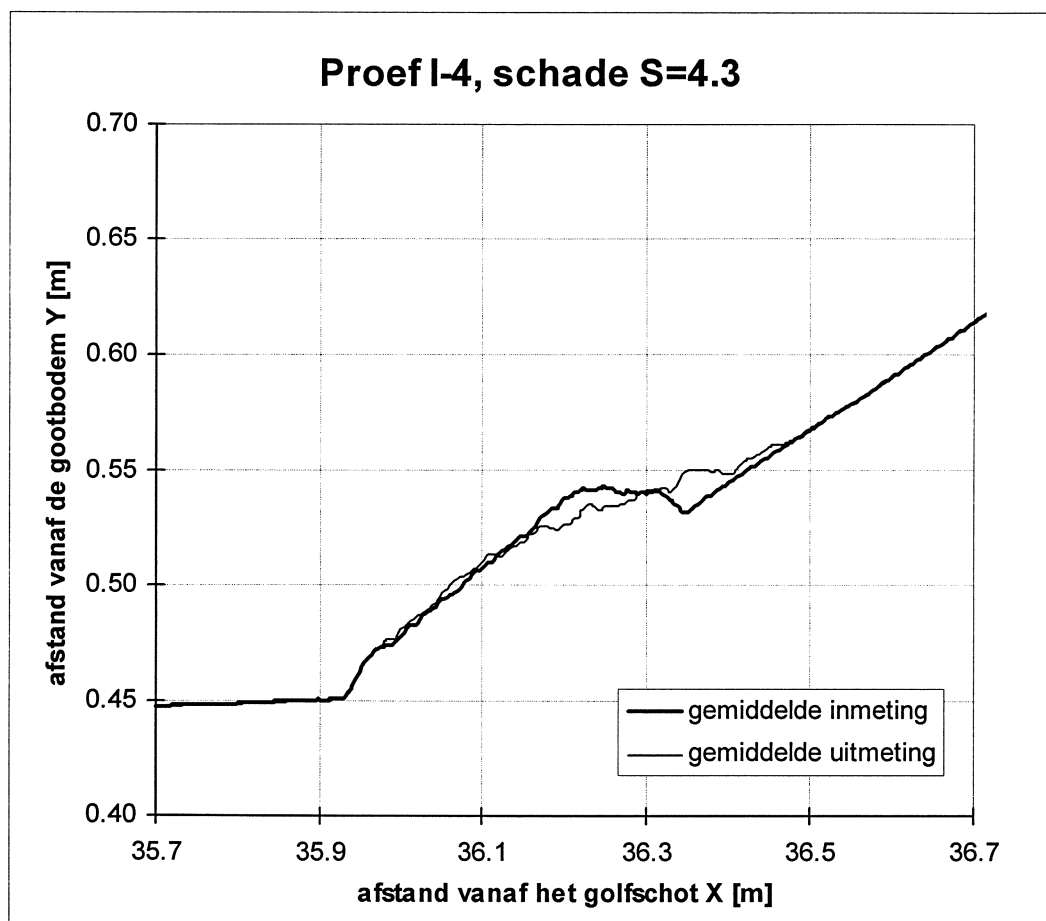
Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.020$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR F14



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma met
ondiep voorland (talud 1:100), dijktaalud 1:4

A4

$D_{n50}=0.017$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

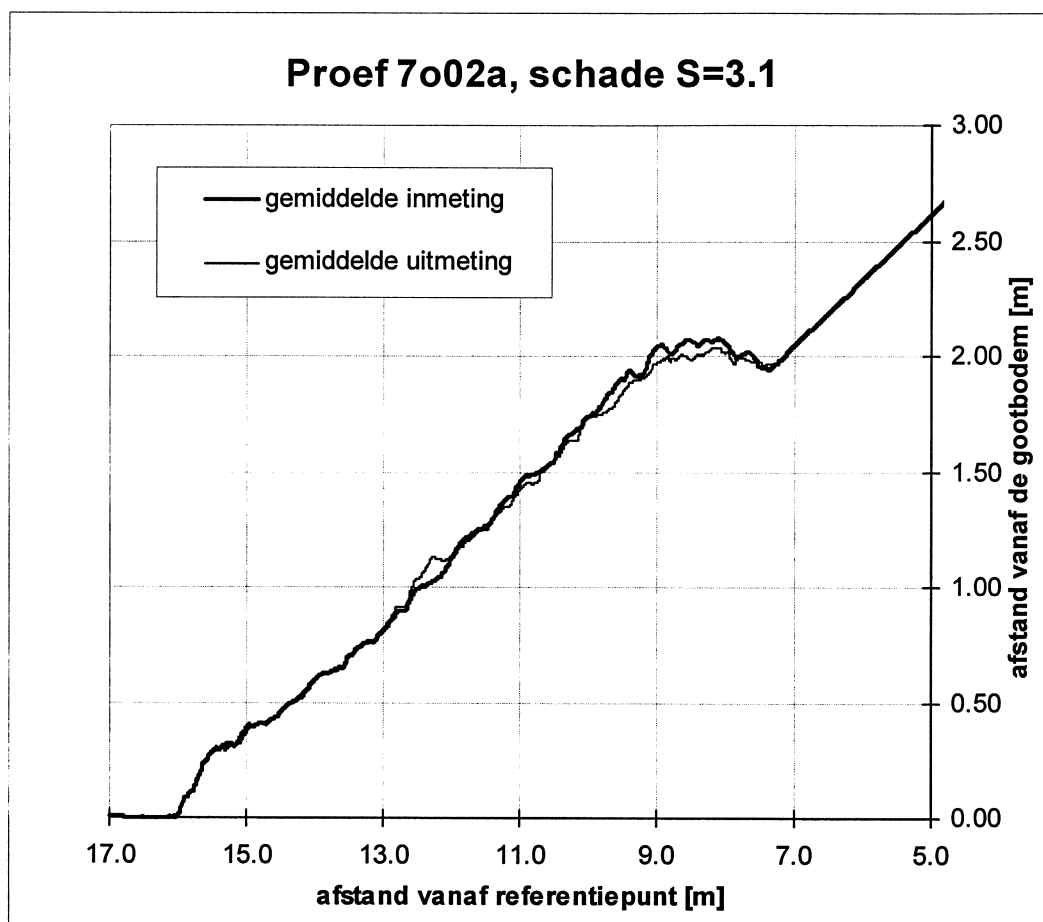
FIGUUR F15

BIJLAGE G

Gemiddelde schadeprofielen van het proevenprogramma in de Deltagoot met ondiep
horizontaal voorland, talud 1:3.5:

proef 7o02a
proef 7o02b
proef 7o03a
proef 7o03b
proef 7o04b
proef 7o05a
proef 7o05b
proef 7o06b

Proef 7o02a, schade S=3.1



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

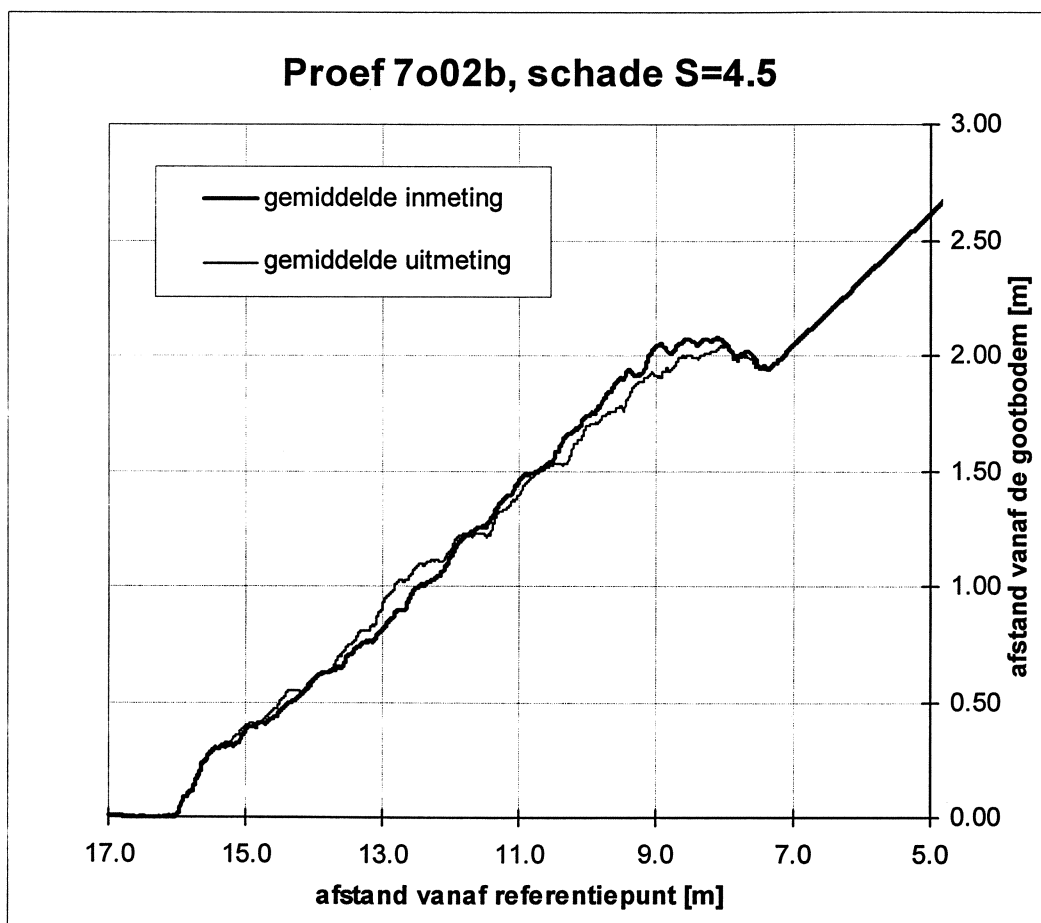
A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G1

Proef 7o02b, schade S=4.5



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

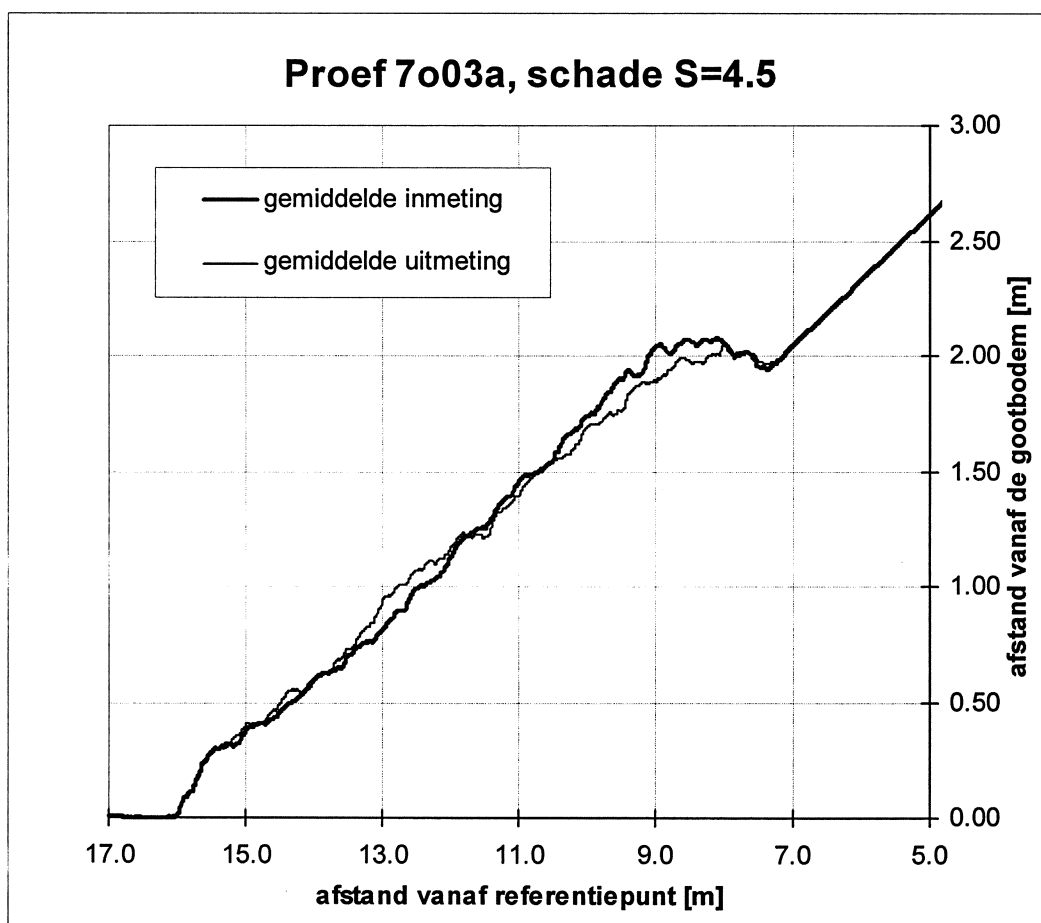
A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G2

Proef 7o03a, schade S=4.5



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

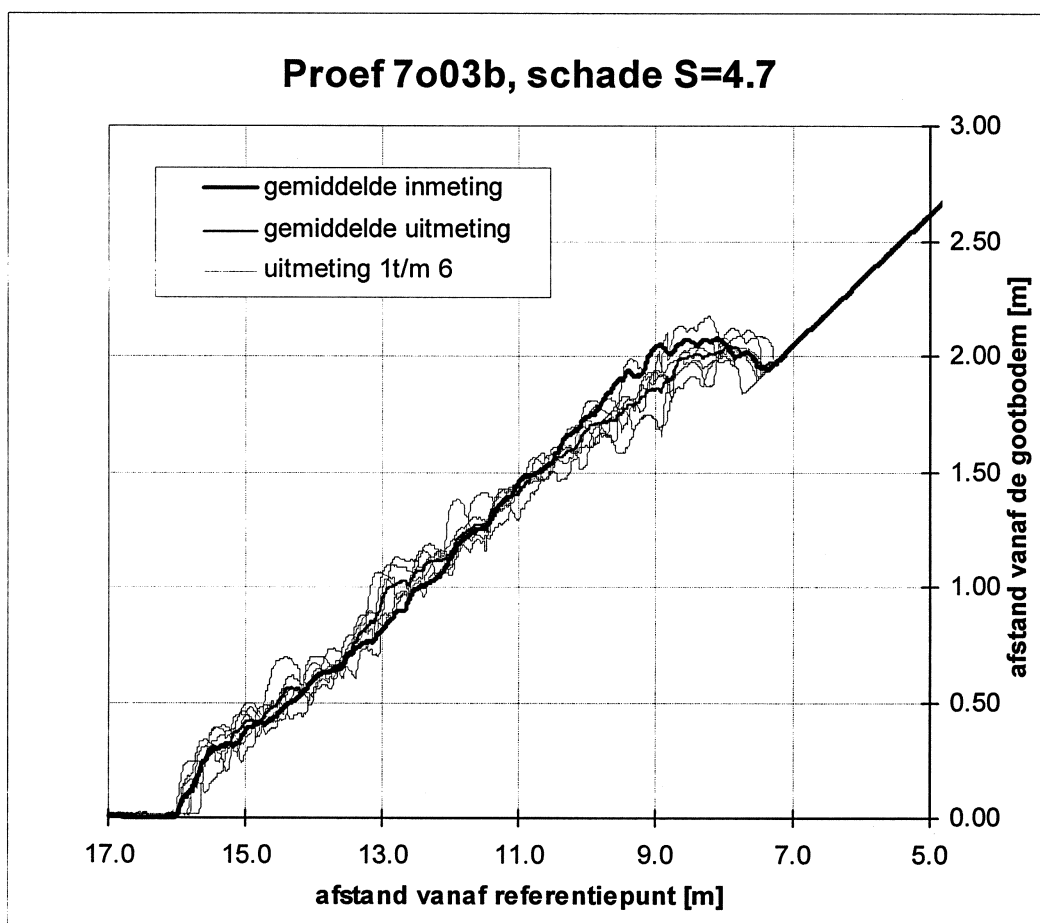
A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G3

Proef 7o03b, schade S=4.7



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

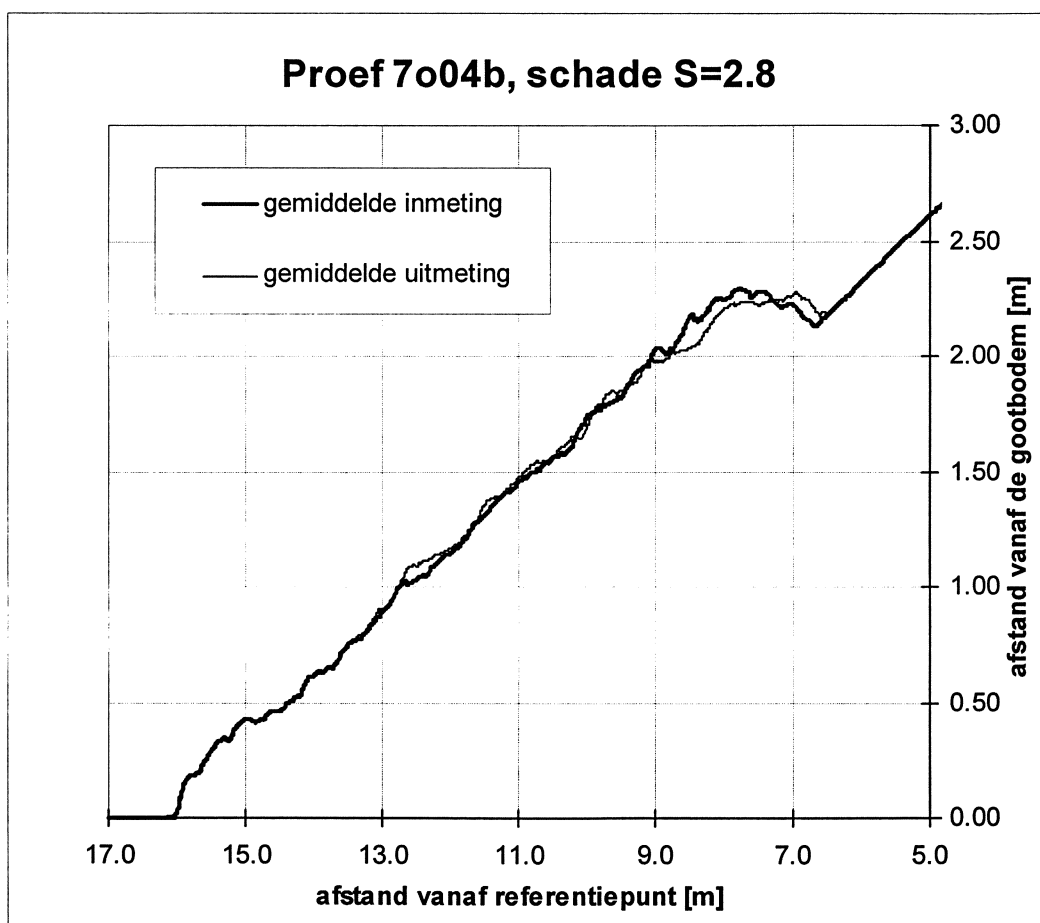
A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G4

Proef 7o04b, schade S=2.8



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

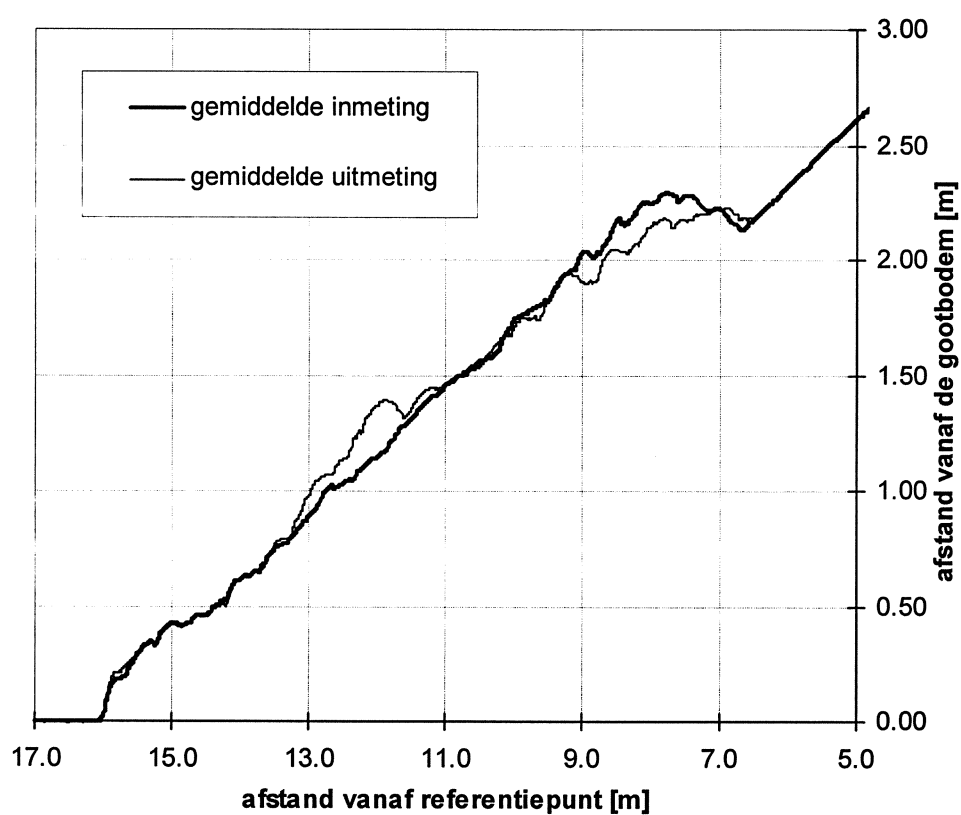
A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G5

Proef 7o05a, schade S=4.3



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

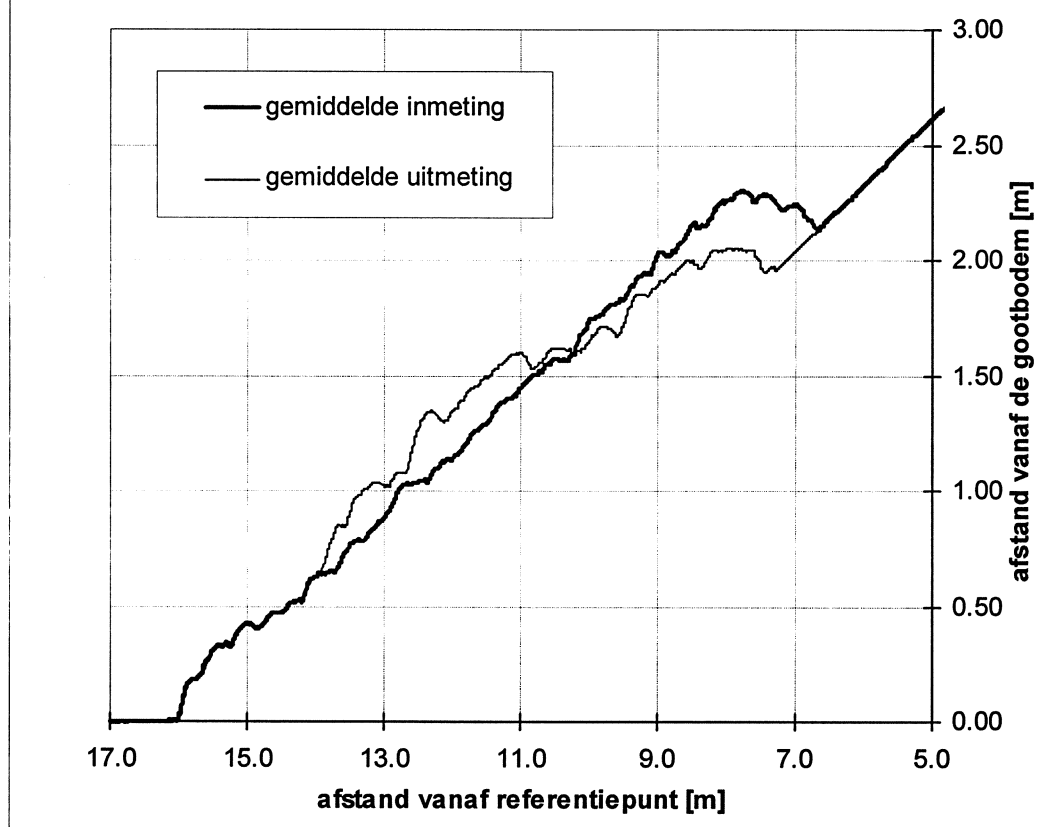
A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G6

Proef 7o05b, schade S=8.8



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

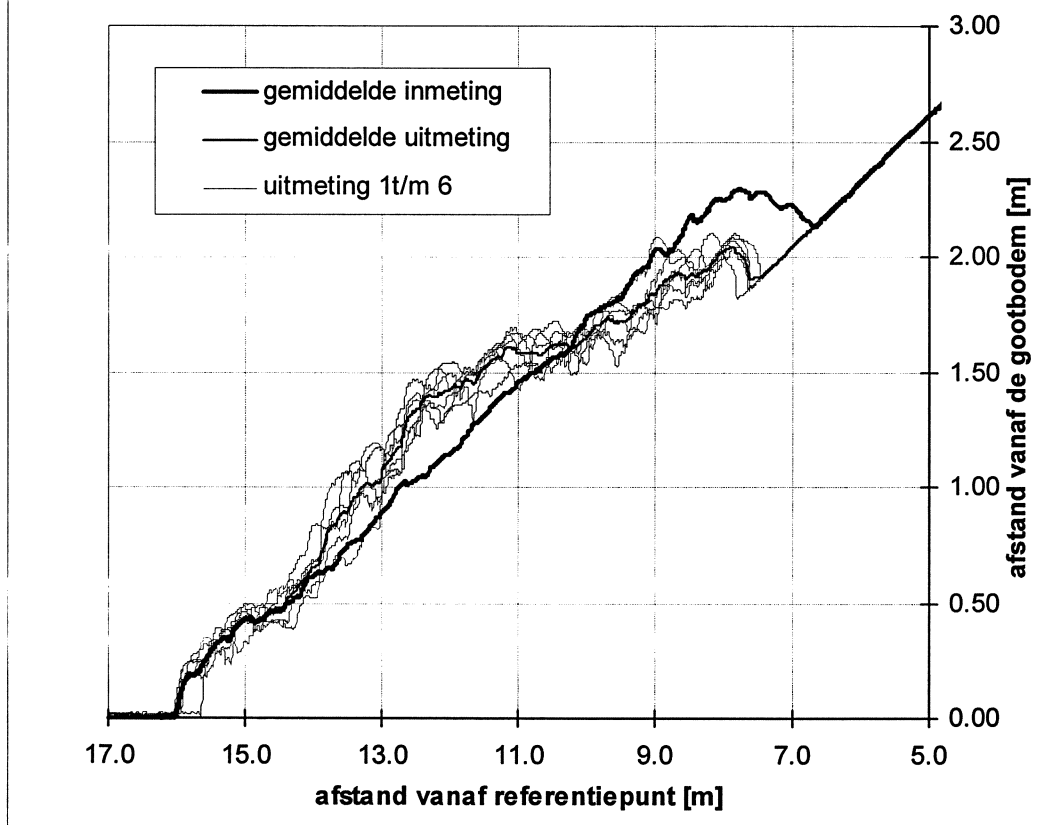
A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G7

Proef 7o06b, schade S=10.2



Gemiddelde schadeprofielen, proevenprogramma in de Deltagoot, dijktafud 1:3.5

A4

$D_{n50}=0.252$ m

WL | DELFT HYDRAULICS

FIGUUR G8



wl | delft hydraulics

Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

