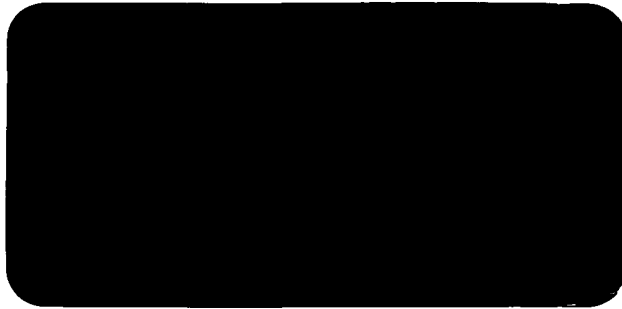


ORIENTATIE
ONREGELMATIGE GOLVEN

Stieltjesweg 2
Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon 015-693500
Telefax 015-610821

Postgiro 234342
Bank Mees en Hope NV
Reknr. 25.92.35.911
K.v.K. S 146461 Delft



**GRONDMECHANICA
DELFT**

**OPEN TALUDBEKLEDINGEN
ORIENTATIE ONREGELMATIGE GOLVEN**

**CO-340660/32
augustus 1993**

**Opgesteld in opdracht van:
Rijkswaterstaat
Dienst Weg en Waterbouwkunde**

**AFDELING GRONDCONSTRUCTIES
Projectleider: dr. H. den Adel
Projectbegeleider: ir. T. Stoutjesdijk
Afdelingshoofd: ir. J. A. van Twillert**



INHOUD:

blz.:

1.	INLEIDING	1
2.	GOLFREGISTRATIES	2
2.1	Korte beschrijving	2
2.2	Vergelijking met Banach-registraties	3
2.3	Proeven met bermen	5
2.4	Conclusies	6
3.	REKENEN MET ONREGELMATIGE GOLVEN	7
3.1	Aanpak	7
3.2	Resultaten aanpak met onregelmatige golven	7
3.3	Resultaten huidige aanpak met regelmatige golven	7
3.4	Conclusies	8
4.	SAMENVATTING EN VERVOLGONDERZOEK	9
4.1	Samenvatting	9
4.2	Onregelmatige golven	9
4.2.1	Implementatie van onregelmatige golven in STEENZET/1+	9
4.2.2	Theoretische achtergronden en ontwerpfilosofie	9
4.3	Verbetering STEENZET/1+ met regelmatige golven	10
	REFERENTIES	12
	Bijlagen	

bladnummer: - 1 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

1. INLEIDING

In het lopende onderzoek aan open taludbekledingen (TAW-A2) is in de plannen opgenomen, dat het PC-programma STEENZET/1+ zodanig wordt aangepast dat er met onregelmatige golven gerekend kan worden. In principe is de rekenprocedure hetzelfde als voor regelmatige golven. Er is echter een fundamenteel verschil tussen regelmatige en onregelmatige golven. Bij regelmatige golven is er sprake van exact 1 golfhoogte en 1 golfperiode. Bij onregelmatige golven is er sprake van een significante golfhoogte en een karakteristieke (gemiddelde of piek-) periode. Hierbij is in feite sprake van een groot aantal golfhoogten en golfperiodes, ieder met een zekere frequentie van voorkomen.

In dit onderzoek wordt uitgegaan van de golfregistraties van het onderzoek naar de invloed van bermen en ondiep voorland op de drukken op het talud (lit. 1) dat van september 1990 tot januari 1991 in de Scheldegoot van Waterloorkundig Laboratorium "de Voorst" is uitgevoerd. Hieraan zal in dit rapport worden gerefereerd als "onregelmatige golven" of "Scheldegoot-golven". Dit is om onderscheid te maken met de "regelmatige golven" of "Banach-golven", zoals die in het huidige STEENZET/1+ programma worden gebruikt.

In dit rapport worden ten aanzien van onregelmatige golven een aantal zaken op een rijtje gezet. De voorgestelde wijziging van het programma STEENZET/1+ is nogal ingrijpend, en daarom kostbaar. Vanuit de werkgroep werd daarom het verzoek naar voren gebracht eerst na te gaan of het gebruik van de golfregistraties van de Scheldegootproeven inderdaad de verwachte verbetering van het programma op zullen leveren. Hiertoe zijn twee vergelijkende analyses uitgevoerd:

- een vergelijking met de Banach-golven. Hierbij gaat het met name om de vraag of de golven goed bemeten zijn. Omdat de Banach-golven kleinschalig zijn, worden ze in het STEENZET programma opgeschaald. Dit heeft als nadeel, dat ook meetfouten worden opgeschaald. Voorts bleek bij de Banach-golven, dat de bemeting van het golffront niet optimaal was, omdat er relatief te weinig drukopnemers op het talud waren gemonteerd. Tenslotte bleek, dat bij de Banach-golven in veel gevallen een laag water werd gemeten op het talud boven het punt van maximale golfsterugloop. Dit dunne laagje water wordt bij opschaling naar prototype-afmetingen een dikke laag water. Het is de vraag of dit reëel is.
- een vergelijking met de huidige benadering van onregelmatige golven. De huidige benadering komt er kort gezegd op neer, dat een waarde voor de golfhoogte van 1,4 maal de significante golfhoogte wordt gekozen. Vervolgens wordt het programma voor regelmatige golven toegepast.

In hoofdstuk 2 wordt het eerste deel van deze vraagstelling uitgewerkt. De Scheldegoot-golven worden vergeleken met de Banach-golven. In hoofdstuk 3 komt de vergelijking van regelmatige golven met onregelmatige golven aan de orde. In hoofdstuk 4 worden de uitkomsten nog eens op een rijtje gezet.

bladnummer: - 2 -
 ons kenmerk: CO-340660/32
 datum : augustus 1993

2. GOLFREGISTRATIES

2.1 Korte beschrijving

Het proevenprogramma voor het Scheldegootonderzoek heeft bestaan uit meerdere onderdelen, onder andere proeven met een berm, een ondiep voorland en overslagproeven. Het doel van de proeven was uiteraard ook om hier de invloed van te bestuderen. In het kader van dit onderzoek zijn we echter met name geïnteresseerd in de referentieproeven op een recht talud met een diep voorland. De proeven zijn alle uitgevoerd bij taludhellingen van 1 : 3 en 1 : 4. In tabel 2.1 zijn de proefgegevens samengevat.

Proef [No.]	$\cot\alpha$ [-]	h [m]	H_s [m]	T_p [s]	H_s/L_o [-]	ξ_o [-]
3001	3	.60	.100	2.56	.010	3.33
3002	3	.60	.143	2.19	.019	2.42
3003	3	.60	.173	1.95	.029	1.96
3004	3	.60	.185	1.88	.034	1.81
3005	3	.60	.190	1.75	.040	1.67
3006	3	.60	.171	1.69	.038	1.71
3007	3	.60	.100	1.76	.021	2.30
3008	3	.60	.103	1.38	.035	1.78
3009	3	.60	.144	1.57	.037	1.73
3010	3	.60	.114	1.57	.030	1.92
3011	3	.60	.135	1.69	.030	1.92
3012	3	.60	.154	1.88	.028	1.99
3015	3	.60	.117	2.56	.011	3.18
4001	4	.60	.101	2.48	.011	2.38
4002	4	.60	.143	2.21	.019	1.81
4003	4	.60	.164	1.95	.028	1.49
4004	4	.60	.182	1.82	.035	1.34
4005	4	.60	.194	1.74	.041	1.23
4006	4	.60	.105	1.78	.021	1.73
4007	4	.60	.158	1.70	.035	1.34
4008	4	.60	.100	2.48	.010	2.50
4009	4	.60	.165	1.55	.044	1.19

Tabel 2.1 Meetgegevens proeven recht talud in de Scheldegoot (onregelmatige golven)



bladnummer: - 3 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

In totaal werden 35 drukopnemers gebruikt met een onderlinge afstand in de golfsterugloopzone van ongeveer 4 cm.

Van enkele van de golven zijn figuren gemaakt van de drukverdeling op het talud op enkele maatgevende tijdstippen. Deze maatgevende tijdstippen zijn uit de totale golfregistraties geselecteerd door het WL. Het betreft proeven 3001 (bijlagen 1 t/m 4), proef 3003 (bijlagen 5 t/m 8) en proef 4003 (bijlagen 9 t/m 12). Er is steeds drie figuren met een golf op het gehele talud, en 1 figuur met een detailopname van het golffront.

Betreffende de golven kan het volgende worden opgemerkt:

- De golven lijken meer dan voldoende bemeten. De golfsterugloop en de golfklap vallen steeds in het gebied dat het dichtst bemeten is.
- De vorm van de golven is soms enigszins "piekerig"; kleine piekjes en dalletjes tussen twee opeenvolgende meters komen voor. Dit hangt echter ook samen met de korte afstand tussen de meters; als de meters verder van elkaar afzitten zijn de verschillen tussen twee meters ook groter, en valt een kleine piek of dal niet op. Er zijn geen meters die stelselmatig te hoog of te laag zitten.
- Bij de golven uit de 3003 en 4003-serie bevindt zich, net als bij de Banach-golven een laagje water op het talud als de golf zich terugtrekt. Kennelijk is dit verschijnsel niet simpel een fout in de Banach-registraties, maar treedt het bij sommige golven daadwerkelijk op.
- Proef 4003, tijdstip 607,72 seconden, is geen maatgevende golf. Dat dit tijdstip is gekozen kan veroorzaakt zijn doordat op steile golffronten is geselecteerd.
- Een aantal golven geeft golfklappen. Ook over het gebied waar zich de golfklap concentreert zijn meerdere drukopnemers aanwezig. Dit betekent, dat de klap goed bemeten is.
- De golven in model zijn 10 à 20 cm hoog. Om prototype-golven tussen 0,5 en 3 meter te representeren zijn schaalfactoren tussen 2,5 en 30 nodig.

2.2 Vergelijking met Banach-registraties

De gegevens uit de vorige paragraaf kunnen worden vergeleken met de gegevens van de proeven die zijn uitgevoerd in februari 1987, eveneens in de Scheldegoot, en die zijn gerapporteerd door Banach (lit. 2). Dit zijn de golven die in het huidige STEENZET/1+ golfbestand zitten. Er zijn door Banach proeven gedaan op taluds 1 : 2, 1 : 3 en 1 : 4. Een deel van de proeven werd gedaan met onregelmatige golven. Het proefprogramma (alleen voor de taluds 1 : 3 en 1 : 4) worden in tabellen 2.2 en 2.3 op dezelfde manier samengevat als in tabel 2.1 is gedaan voor de proeven uit 1990.

Uit de tabellen is duidelijk, dat de Banach-golven een groter gebied dekken dan de Scheldegoot-proeven uit 1990:

- Er zijn Banach-proeven op een talud 1 : 2
- De waarden voor de brekerparameter variëren tussen:

$1,8 < \xi < 12,3$	voor talud 1 : 2
$1,2 < \xi < 8,2$	voor talud 1 : 3
$0,9 < \xi < 6,6$	voor talud 1 : 4
- Voor het Scheldegoot-onderzoek is dit:

$1,7 < \xi < 3,3$	voor talud 1 : 3
$1,2 < \xi < 2,5$	voor talud 1 : 4
- De golven worden opgeschaald met een factor die evenredig is aan de golfhoogte in prototype gedeeld door de golfhoogte in model. De Banach-golfhoogte ligt tussen 5 cm en 30 cm. De golfhoogte in de Scheldegoot (1990) ligt tussen 10 en 20 cm. De opschaling is dus van dezelfde orde van grootte, maar de zeer kleine golfhoogtes ontbreken.

bladnummer: - 4 -

ons kenmerk: CO-340660/32

datum : augustus 1993

- De Banach-golven zijn het gemiddelde van een aantal (20 ?) regelmatige golven. Hierdoor worden toevallige pieken afgevlakt. De golven hebben in vergelijking met de Scheldegootgolven een meer afgeronde vorm.

De vergelijking tussen Banach-golven en Scheldegootgolven valt niet zonder meer in het voordeel van de laatste uit. Er zijn echter twee fundamentele verschillen tussen de Banach golven en de Scheldegootgolven (1990). Er is ten eerste de nauwkeurigheid waarmee de golven zijn bemeaten, en ten tweede is er in het eerste geval sprake van regelmatige golven en in het tweede van onregelmatige. Aan deze aspecten wordt in het volgende meer aandacht besteed.

Proef [No.]	cota [-]	h [m]	H [m]	T [s]	H/L _o [-]	ξ _o [-]
301	3	.5	.05	4.58	.002	8.2
302	3	.5	.10	4.58	.003	6.1
303	3	.5	.16	4.58	.005	4.8
304	3	.5	.22	4.58	.007	4.1
305	3	.5	.28	4.58	.009	3.6
306	3	.8	.07	3.04	.005	4.8
307	3	.8	.16	3.04	.011	3.2
308	3	.8	.24	3.04	.016	2.6
309	3	.8	.31	3.04	.022	2.3
310	3	.8	.07	1.76	.015	2.7
311	3	.8	.12	1.76	.025	2.1
312	3	.8	.15	1.76	.031	1.9
313	3	.8	.20	1.76	.041	1.7
314	3	.8	.23	1.76	.048	1.5
315	3	.8	.26	1.76	.054	1.4
316	3	.8	.08	1.32	.029	2.0
317	3	.8	.10	1.32	.037	1.7
318	3	.8	.13	1.32	.037	1.5
319	3	.8	.16	1.32	.057	1.4
320	3	.8	.19	1.32	.071	1.2
321	3	.8	.20	1.32	.074	1.2

Tabel 2.2 Meetgegevens Banach-proeven recht talud 1 : 3 (regelmatige golven)



bladnummer: - 5 -

ons kenmerk: CO-340660/32

datum : augustus 1993

Proef [No.]	cotα [-]	h [m]	H [m]	T [s]	H/L ₀ [-]	ξ ₀ [-]
401	4	.5	.05	4.58	.001	6.6
402	4	.5	.10	4.58	.003	4.6
403	4	.5	.14	4.58	.004	3.8
404	4	.5	.19	4.58	.006	3.3
405	4	.5	.14	4.58	.004	3.8
406	4	.8	.07	3.04	.005	3.5
407	4	.8	.15	3.04	.010	2.5
408	4	.8	.24	3.04	.017	1.9
409	4	.8	.31	3.04	.021	1.7
410	4	.8	.08	1.76	.016	2.0
411	4	.8	.11	1.76	.024	1.6
412	4	.8	.15	1.76	.031	1.4
413	4	.8	.19	1.76	.039	1.3
414	4	.8	.24	1.76	.049	1.1
415	4	.8	.28	1.76	.058	1.0
416	4	.8	.07	1.32	.026	1.5
417	4	.8	.10	1.32	.036	1.3
418	4	.8	.13	1.32	.047	1.1
419	4	.8	.16	1.32	.058	1.0
420	4	.8	.18	1.32	.067	1.0
421	4	.8	.20	1.32	.074	0.9

Tabel 2.3 Meetgegevens Banach-proeven recht talud 1 : 4 (regelmatige golven)

2.3 Proeven met bermen

Omdat STEENZET/1+ niet is uitgerust met de mogelijkheid om met bermen te rekenen zijn de proeven met bermen niet zonder meer bruikbaar om te dienen als golfbrandvoorwaarde.

Met het oog op de studies naar berm en kruin is het wel interessant om even te kijken hoe de golven eruit zien. In bijlagen 13 tot en met 16 (smalle berm) en 17 tot en met 20 (brede berm) is een indruk gegeven. Te zien is, dat zich op de berm een redelijk grote hoeveelheid water verzamelt. Dit lijkt gunstig, maar met name als het golffront zich kort onder de knik tussen berm en talud bevindt, en op de berm, behalve op het buitenste blok, zich druk bevindt, kan dit vervelende consequenties hebben.



bladnummer: - 6 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

Op de proeven met berm en met ondiep voorland wordt, afgezien van deze korte indruk, verder niet ingegaan.

2.4 Conclusie

Het verschil tussen de Banach golven en de Scheldegoot-golven is toegelicht in de vorige paragrafen. Omdat het in het ene geval regelmatige golven betreft en in het andere geval onregelmatige golven zijn de gegevens niet direct onderling uitwisselbaar. In het ene geval wordt gesproken over regelmatige golfhoogte en in het andere geval over significante golfhoogte. Dit maakt verschil. Het doel van de exercitie is echter niet zozeer een directe vergelijking tussen beide onderzoeken te maken, maar om te bekijken of de geconstateerde gebreken van de Banach-golven zich ook in het geval van de Scheldegootgolven hebben voorgedaan. Hierover kan kort het volgende worden opgemerkt:

- De opschaling van beide typen golven ligt in dezelfde orde van grootte.
- Bij beide typen golven blijft in sommige gevallen een laagje water boven het punt van maximale golfterugloop staan
- De bemeting van de onregelmatige golven is aanzienlijk beter dan de bemeting van de regelmatige golven. Bij de regelmatige Banach-golven werden maximaal 19 drukopnemers op het talud gemonteerd. De onderlinge afstand van de meters in de golfterugloopzone bedroeg 15 cm. Bij de onregelmatige Scheldegoot-golven (1990) werden 35 drukopnemers gebruikt. De onderlinge afstand in de golfterugloopzone bedroeg ongeveer 4 cm. Dit verschil is met name bij de bemeting van het golffront en de golfklap van belang.

De onregelmatige golven uit de Scheldegoot (1990) zijn zonder twijfel beter bemeten dan de Banach-golven zoals die nu in het golvenbestand van STEENZET/1+ gebruikt worden. Het totale gebied dat door de golven wordt beschreven is echter kleiner. Er zijn geen registraties op een talud 1 : 2, zoals die wel van de Banach-registraties beschikbaar zijn. Voorts is het bereik in termen van brekerparameter ξ kleiner. Hierbij kan overigens wel worden opgemerkt, dat het gebied waar binnen de brekerparameter ξ in Nederlandse omstandigheden zal liggen goed wordt bestreken.

Het lijkt dus vooralsnog, dat de golfregistraties van de Scheldegoot (1990) goed bruikbaar zijn om een onregelmatig golvenbestand in STEENZET op te zetten. Uit de projectgroep TAW-A2 kwam vervolgens de vraag, of het implementeren van dit golvenbestand voldoende winst oplevert ten opzichte van de huidige aanpak om de kosten te rechtvaardigen. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk nader ingegaan.



bladnummer: - 7 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

3. REKENEN MET ONREGELMATIGE GOLVEN

3.1 Aanpak

In dit hoofdstuk is onderscheid gemaakt in "huidige aanpak met regelmatige golven" en "aanpak met onregelmatige golven". De huidige aanpak van een probleem met onregelmatige golven is: neem de golfkarakteristieken van het onregelmatige golfveld en vertaal deze naar karakteristieken voor regelmatige golven op een dusdanige wijze dat de verwachte schade even groot is. In de praktijk houdt deze vertaalslag in, dat de significante golfhoogte H_s met 1,4 wordt vermenigvuldigd en dat de piekperiode wordt gekozen als periode voor de regelmatige golf.

De aanpak met onregelmatige golven is eenvoudig: reken met onregelmatige golven.

De probleemstelling luidt als volgt: wat is het verschil tussen de huidige aanpak en de aanpak met onregelmatige golven?

Het meest volledige antwoord hierop wordt gegeven door zowel regelmatige als onregelmatige golven met STEENZET/1+ door te rekenen. Hiervan is echter geoordeeld dat, mede gezien het benodigde programmeerwerk, dit in het kader van deze beperkte studie niet mogelijk is. Daarom is voor een alternatieve benadering gekozen. Van de Scheldegootgolven zijn van enkele proeven de maatgevende tijdstippen geselecteerd door het Waterloopkundig Laboratorium. Elk golffront geeft een drukverdeling op het talud. Deze drukverdeling kan rechtstreeks worden gebruikt als golfrandvoorwaarde in de STEENZET/ATARI versie. Dit programma rekent voor 1 moment, gegeven een bekende druk op het talud, de bijbehorende druk in de filterlaag. Hieruit kunnen vervolgens de verschildrukken over de toplaag worden afgeleid. Op deze manier kan een maximale verschildruk voor het onregelmatige golfveld worden bepaald.

Een zelfde benadering is gehanteerd om de aanpak met regelmatige golven door te rekenen. Met STEENZET/1+ is het maatgevende tijdstip bepaald voor de Banach-golf. De golfhoogte is gekozen op $1,4 \cdot H_s$. Uit de Banach-registraties kan vervolgens de drukverdeling op het talud op dat tijdstip worden bepaald. Deze drukverdeling is vervolgens gebruikt als golfrandvoorwaarde voor de STEENZET/ATARI berekeningen.

3.2 Resultaten aanpak met onregelmatige golven

Er zijn sommen gemaakt voor een aantal tijdstippen van golf P3003 en golf P4003. Hierbij is het maatgevende tijdstip volgens het WL genomen (het steilste golffront) en twee tijdstippen op respectievelijk 0,1 s ervoor en 0,1 s er na (golfsklap).

De berekeningen met de STEENZET/ATARI versie zijn uitgevoerd met verschillende leklengtes. De gedachte hierachter is, dat voor verschillende constructies ook verschillende tijdstippen maatgevend kunnen zijn. De verwachting is, dat voor constructies met een korte leklengte de golfsklap bepalend kan zijn, terwijl voor grotere leklengtes het steilste golffront vermoedelijk de grootste verschildruk zal geven. Dit blijkt bij golf P4003 ook op te treden. Golf P3003 geeft geen golfsklap van voldoende betekenis. In bijlagen 21 tot en met 28 zijn de resultaten gegeven in de bovenste grafiek. Alleen de golf met de grootste verschildruk (bij die leklengte is gegeven).

3.3 Resultaten huidige aanpak met regelmatige golven

Een vergelijkbare serie berekeningen is ook uitgevoerd met de golfrandvoorwaarde zoals deze wordt afgeleid uit de Banach-registraties met $H = 1,4 \cdot H_s$.

In bijlagen 21 tot en met 28 zijn in de onderste grafiek de resultaten gegeven.

bladnummer: - 8 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

3.4 Conclusies

De resultaten van de twee verschillende aanpakken kunnen nu worden vergeleken. In bijlagen 30 en 31 staan de maatgevende drukverdelingen in een grafiek uitgezet. Uit de grafiek kan het verschil in bemeting aardig worden afgelezen: de regelmatige golven geven een verloop in een aantal lijnstukken te zien (niet ieder symbool is een drukopnemer), terwijl de onregelmatige golven een beter beeld geven (in dit geval is wel ieder punt een drukopnemer).

Opvallend is, dat in beide gevallen (zowel golf P3003 als golf P4003) de regelmatige golf de maximale stijghoogte op het talud voor de regelmatige en de onregelmatige golf elkaar niet veel ontlopen. Dit is tegen de verwachting in. Immers, als de golfhoogte $1,4 \cdot H_s$ wordt gekozen, dan heeft een individuele golf uit het onregelmatige golfveld een kans van 2 % dat de golfhoogte groter is. In een golfveld van 1000 golven echter is deze kans

$$P(H > 1,4 H_s) = 1 - (1 - 0,02)^{1000} = 0,9999999 \text{ \%}.$$

De kans, dat er geen grotere golfhoogte uit de onregelmatige golfvelden zou komen is dus bijzonder klein. De selectie van de golven uit de meetserie heeft plaatsgevonden op basis van de grootste stijghoogte op het talud. Deze grootte is aan de significante golfhoogte gekoppeld volgens de formule (zie lit. 5):

$$\phi_{b,sg} = 0,24 (\tan \alpha)^{0,25} \sqrt{H_s \cdot L_o}$$

De stijghoogte die in 2 % van de gevallen wordt overschreden is, volgens lit. 5, 1,25 maal zo groot. Merk op dat 1,25 ongeveer de wortel uit 1,4 is ($\sqrt{1,4} = 1,18$). Uit de 1000 golven zijn voor iedere proef de 5 golven met de grootste stijghoogte op het talud geselecteerd. Deze golven hebben een kans op voorkomen van 5/1000 ofwel 0,2 %. Volgens de kansverdeling is de golfhoogte dan $1,75 \cdot H_s$. De maximale stijghoogte op het talud is $\sqrt{(1,75) \phi_{b,sg}}$ ofwel $1,32 \phi_{b,sg}$. De maximale stijghoogte op het talud zou derhalve circa 10 % groter moeten zijn bij de onregelmatige golfregistraties, dan bij de benadering met $1,4 \cdot H_s$. Dit klopt niet met de waarneming. De maximale stijghoogte op het talud volgt kennelijk niet de Rayleigh-kansverdeling. Dit is ook in lit. 5 al geconstateerd. Wellicht speelt hier ook het breken van de golven een belangrijke rol: hoe hoger de golf, hoe groter de kans dat hij breekt. Hierdoor wordt de kansverdeling van de maximale stijghoogte op het talud beïnvloedt.

Er is echter nog meer aan de hand. Bij de omrekening van onregelmatig naar regelmatige golven wordt de significante golfhoogte met een factor vermenigvuldigd. De golfperiode blijft echter gelijk. Door deze procedure neemt de ξ -waarde af. Er wordt dus een steilere golf gecreëerd. Hierdoor worden de verschildrukken bij de benadering met $1,4 \cdot H_s$ ook groter.

Met deze wetenschap kan naar de resultaten van de vergelijking tussen de aanpak met regelmatige golven en de aanpak met onregelmatige golven worden gekeken.

De maximale verschildruk als functie van de leklengte is gegeven in bijlage 29.

Het blijkt, dat in het gebied met leklengtes kleiner dan 2 m het al dan niet optreden van een golfklap maatgevend is. Bij een talud 1 : 3 treedt dit op bij de regelmatige golven, bij een talud 1 : 4 juist bij de onregelmatige golven. Waar dit het geval is zijn de verschillen tussen regelmatige golf en onregelmatige golf groot. Bij grotere leklengtes is het verschil klein: de maximale stijghoogte en de steilheid van de niet-brekende golven zijn vergelijkbaar.

Het voordeel van de aanpak met de onregelmatige golfvelden is derhalve gelegen in het feit, dat zowel brekende als niet-brekende golven worden berekend. De kans dat de maatgevende golf niet wordt berekend is nihil. Zoals gezien, kan het verschil, met name bij kleine leklengte, groot zijn.

bladnummer: - 9 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

4. SAMENVATTING EN VERVOLGONDERZOEK

4.1 Samenvatting

In dit rapport zijn twee zaken aan de orde geweest. In eerste instantie is bekeken of de bemeting van met name de golffronten in het Scheldegootonderzoek (1990) beter is dan die van de Banachgolven. Dit bleek inderdaad het geval. In tweede instantie zijn twee aanpakken voor het bepalen van de belasting op een talud met onregelmatige golven vergeleken. In het ene geval wordt direct met de registraties van onregelmatige golven gewerkt, in het andere geval wordt gerekend met regelmatige golven waarbij voor de golfhoogte een waarde 1,4 maal de significante golfhoogte wordt aangenomen. Hierbij bleek, dat voor de maximale belasting, met name bij constructies met een leklengte kleiner dan 2 meter, bepalend is of de golven breken of niet. Bij constructies met een grotere leklengte is de vorm van de stijghoogte op het talud minder kritiek. Het grote voordeel van rekenen met onregelmatige golven is, dat de kans dat de maatgevende golfconditie over het hoofd wordt gezien nihil is.

In dit hoofdstuk komen een tweetal zaken aan de orde. Ten eerste zullen voorstellen worden gedaan om met onregelmatige golven om te gaan. Een tweede voorstel onderzoekt de mogelijkheid het bestaande golfbestand in STEENZET/1+ (regelmatige golven) te verbeteren.

4.2 Onregelmatige golven

4.2.1 Implementatie van onregelmatige golven in STEENZET/1+

Het karakteristieke van het rekenen met onregelmatige golven is vanzelfsprekend, dat het golfveld een statistisch karakter heeft. Juist in dit gegeven echter ligt een probleem ten aanzien van de inpassing van onregelmatige golven in STEENZET/1+. De Scheldegootproeven omvatten per proef zo'n 1000 golven.

In de praktijk is het vermoedelijk niet nodig alle 1000 golven uit de registratie te berekenen met STEENZET/1+. Er kunnen een aantal maatgevende golven worden geselecteerd. De maatgevende golf is echter niet voor iedere constructie dezelfde, zoals in hoofdstuk 3 al is aangetoond. Er moeten dus altijd meerdere, mogelijk maatgevende, condities worden doorgerekend. De rekentijd neemt navenant toe. Het is dus van belang het aantal golven te beperken.

Een STEENZET-gebruiker die met onregelmatige golven wil rekenen zal een storm karakteriseren met een karakteristieke golfhoogte en een piekperiode. Het programma selecteert vervolgens uit de registraties van de Scheldegootproeven de proef waarvan de ξ_0 die hier het dichtst bij ligt. Uit de registratie van 1000 golven is een aantal golven (5 ?, 10 ?, 20 ? 100 ?) geselecteerd die wel eens maatgevend zouden kunnen zijn. Deze worden doorgerekend.

Een praktisch nadeel van deze methode is, dat de rekentijd toeneemt van enkele minuten tot 15 minuten of een half uur. Er moet veel aandacht worden besteed aan het selecteren van de juiste maatgevende golven. In principe moeten voor een aantal leklengtes alle golven van alle registraties worden doorgerekend. Dit is praktisch onmogelijk. Vermoedelijk kan het aantal door te rekenen golven worden teruggebracht, door bijvoorbeeld de golven met een golfhoogte kleiner dan de significante golfhoogte buiten beschouwing te laten. Dan blijft nog zo'n 15 % van het totaal over. Deze moeten aan een nauwkeuriger beschouwing worden onderworpen.

4.2.2 Theoretische achtergronden en ontwerpfilosofie

Het belang van het rekenen met onregelmatige golven is gelegen in het feit, dat in praktische situaties altijd sprake is van een onregelmatige golfbelasting. Dit houdt in, dat rekenen met regelmatige golven zonder afdoende theoretische achtergrond onvoldoende is om praktische situaties op hun veiligheid te beoordelen. Het is met andere woorden twijfelachtig of de huidige



bladnummer: - 10 -

ons kenmerk: CO-340660/32

datum : augustus 1993

aanpak geschikt is voor ontwerpdoeleinden of voor toetsing van bestaande zettingen op hun veiligheid. De volgende overwegingen spelen hierbij een rol:

- De golfregistraties omvatten per stuk zo'n 1000 golven. In het theoretische geval dat deze alle met STEENZET/1+ zijn doorgerekend, dan is het resultaat van de berekening alleen geldig voor stormen van 1000 golven of minder. Als een storm bijvoorbeeld 3000 golven telt (circa 3 uur), dan is de kans groot dat er een nog gevaarlijkere golf optreedt. Aan dit aspect moet de nodige aandacht worden geschonken.
- De huidige aanpak om een onregelmatig golfveld te schematiseren gaat uit van regelmatige golven met een golfhoogte gelijk aan $1,4 \cdot H_s$ en een periode gelijk aan de piekperiode van het onregelmatige golfveld. De theoretische achtergrond hierachter is weergegeven in [lit. 3]. Kort gezegd komt het er op neer, dat een beperkt aantal proevenseries met regelmatige en onregelmatige golven zijn vergeleken wat betreft de $H/\Delta D$ verhouding bij het optreden van schade. Hieruit volgde de relatie $H = a \cdot H_s$, waarbij de factor a varieerde tussen 0,9 en 1,9 (gemiddeld 1,4). Uit het feit, dat er slechts een beperkt aantal proeven beschikbaar is met onregelmatige golven, en de spreiding in de factor a kan worden afgeleid, dat dit een wankelende basis is om bijvoorbeeld een ontwerp op te baseren.

Gezien bovenstaande overwegingen wordt voorgesteld een ontwerpfilosofie op te stellen die beter aansluit bij de praktijk. Deze ontwerpfilosofie moet een ingang bieden voor een statische of (semi-) probabilistische beoordeling van de veiligheid van een bekleding. Hierbij wordt uitgegaan van een stormveld dat gekarakteriseerd wordt door een significante golfhoogte, een piekperiode, maar tevens een stormduur. De stormduur is in twee opzichten van belang:

- voor het model met onregelmatige golven wordt een omrekenfactor toegepast voor wat betreft de maximale belasting. Bijvoorbeeld kan worden gekozen voor een opschaling van de significante golfhoogte.
- voor de ontwerpfilosofie met regelmatige golven geeft dit de kans aan van voorkomen van bepaalde combinaties van golfhoogte en golfperiode. Bij het berekenen van de veiligheid met regelmatige golven geeft dit een kans dat de belasting groter is dan de sterkte.

Vervolgens worden beide benaderingen met elkaar vergeleken. Zodra de benaderingen vergelijkbare resultaten geven kan de beste benadering worden vastgesteld om te rekenen met onregelmatige golven. De benadering met regelmatige golven kan dan ook in ANAMOS worden gebruikt.

4.3 Verbetering STEENZET/1+ met regelmatige golven

In de hier gepresenteerde visie is het rekenen met onregelmatige golven van cruciaal belang voor ontwerpdoeleinden en het beoordelen van bestaande constructies. In deze redenering is verbetering van de STEENZET/1+ met regelmatige golven eerder van secundair belang, namelijk als onderzoeksinstrument. Dit is niet helemaal juist. Nog afgezien van het belang van nauwkeuriger onderzoek, is het zo dat uit de ontwerpfilosofie kan blijken, dat het rekenen met regelmatige golven, met de juiste theoretische achtergrond, een goed middel kan zijn om onregelmatige golven te benaderen. Daarom wordt een verbetering van het regelmatige golvenbestand in STEENZET/1+ niet als nutteloos gezien.

De onregelmatige golven uit het Scheldegootonderzoek (1990) zijn aanzienlijk beter bemeten dan de Banach-golven. Er kunnen uit de registraties individuele golven worden geselecteerd op basis van criteria als grote stijghoogte op het talud, steil golffront en dergelijke, die vervolgens worden gebruikt als regelmatige golf. Dit heeft als voordeel, dat een golvenbestand wordt opgebouwd dat nauwkeuriger is bemeten dan het huidige golvenbestand met Banach-golven.

Geconstateerd is, dat de Banach-golven een groter gebied beslaan dan de Scheldegoot-golven,



bladnummer: - 11 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

bijvoorbeeld voor wat betreft een taludhelling 1 : 2. Er kunnen een aantal Banach-golven worden gehandhaafd, maar deze moeten wel zijn gecontroleerd op de correcte bemeting. Als deze onvoldoende is, dan vallen deze golven alsnog af.



bladnummer: - 12 -
ons kenmerk: CO-340660/32
datum : augustus 1993

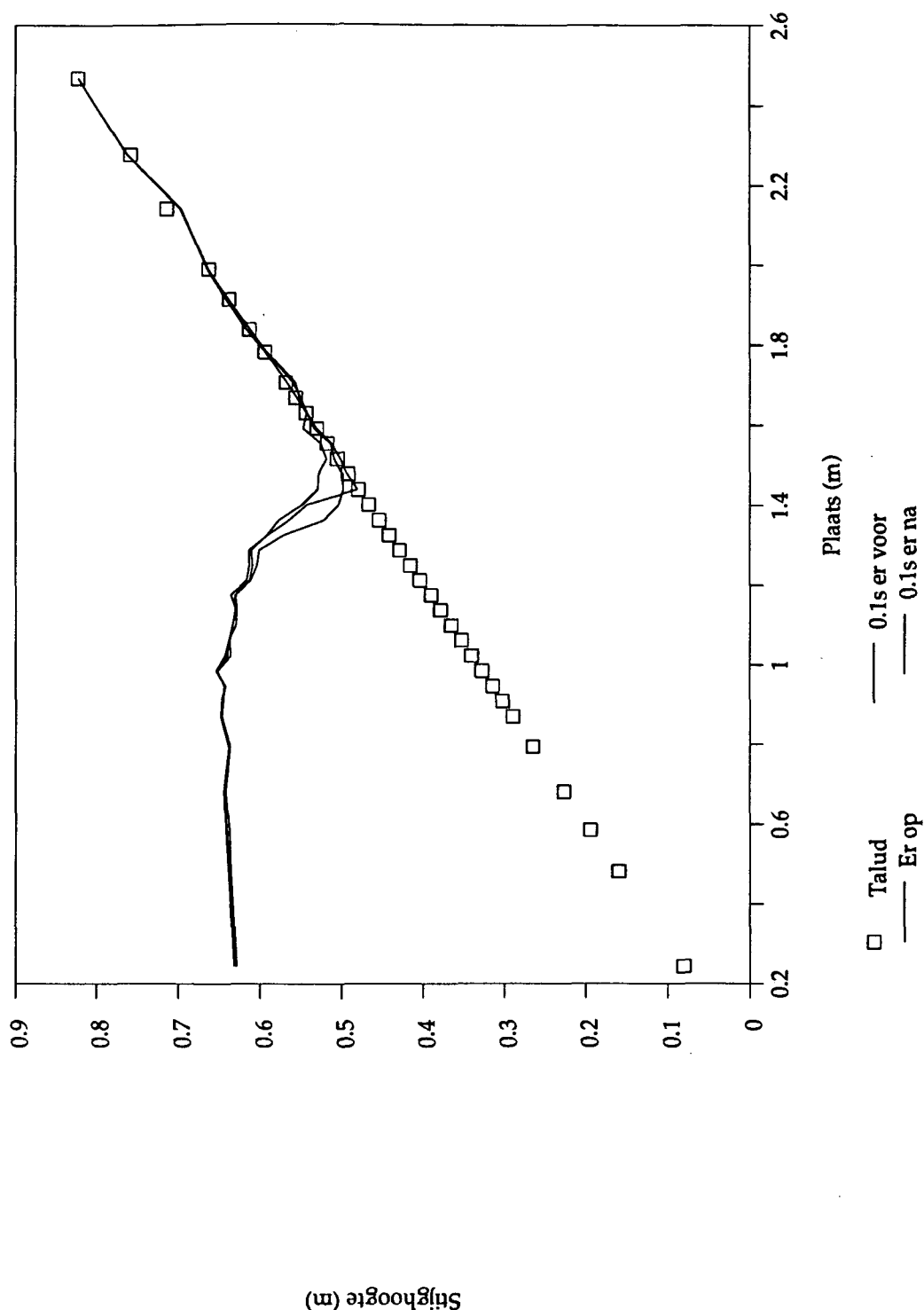
REFERENTIES

1. Invloed van berm en ondiep voorland op drukken op het talud. Verslag modelonderzoek. N 597. Waterloopkundig Laboratorium. Maart 1992.
2. Evaluation of measurements of wave pressures on a slope. H 195/20. Waterloopkundig Laboratorium. L. Banach. 1987. Opgenomen in deel XVII van de serie Taludbekledingen van gezette steen.
3. Stabiliteit van de toplaag. Taludbekledingen van gezette steen. Deel XX, Band A, Sectie 7.
4. Metingen in de Afsluitdijk. Notitienr. A2.93.37. Ir. B. P. Rigter. Juli 1993.
5. Golfdruk op het talud. Deel A: Analyse van meetgegevens, N649. Waterloopkundig Laboratorium, december 1992.

BIJLAGEN

Golven van P3001 max. golffront

Rond tijdstip 1009.24



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Golf P3001, tijdstip 1

CO-340660

gez.

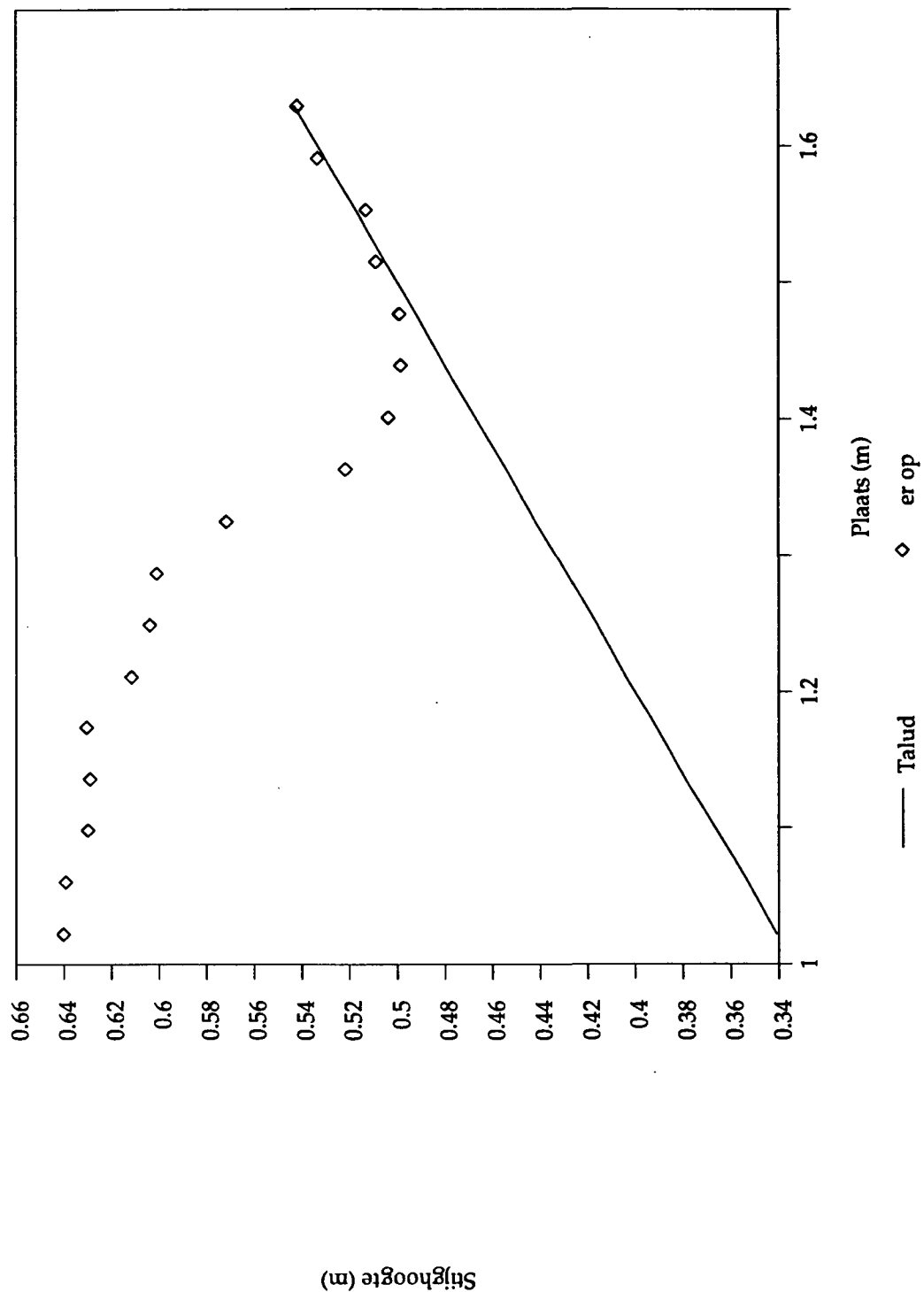
Onregelmatige golven

BIJL. 1

form.
A
4

Golven van P3001 max. golffront

Rond tijdstip 1009.24



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Detailopname, golf P3001, tijdstip 1

CO-340660

gez.

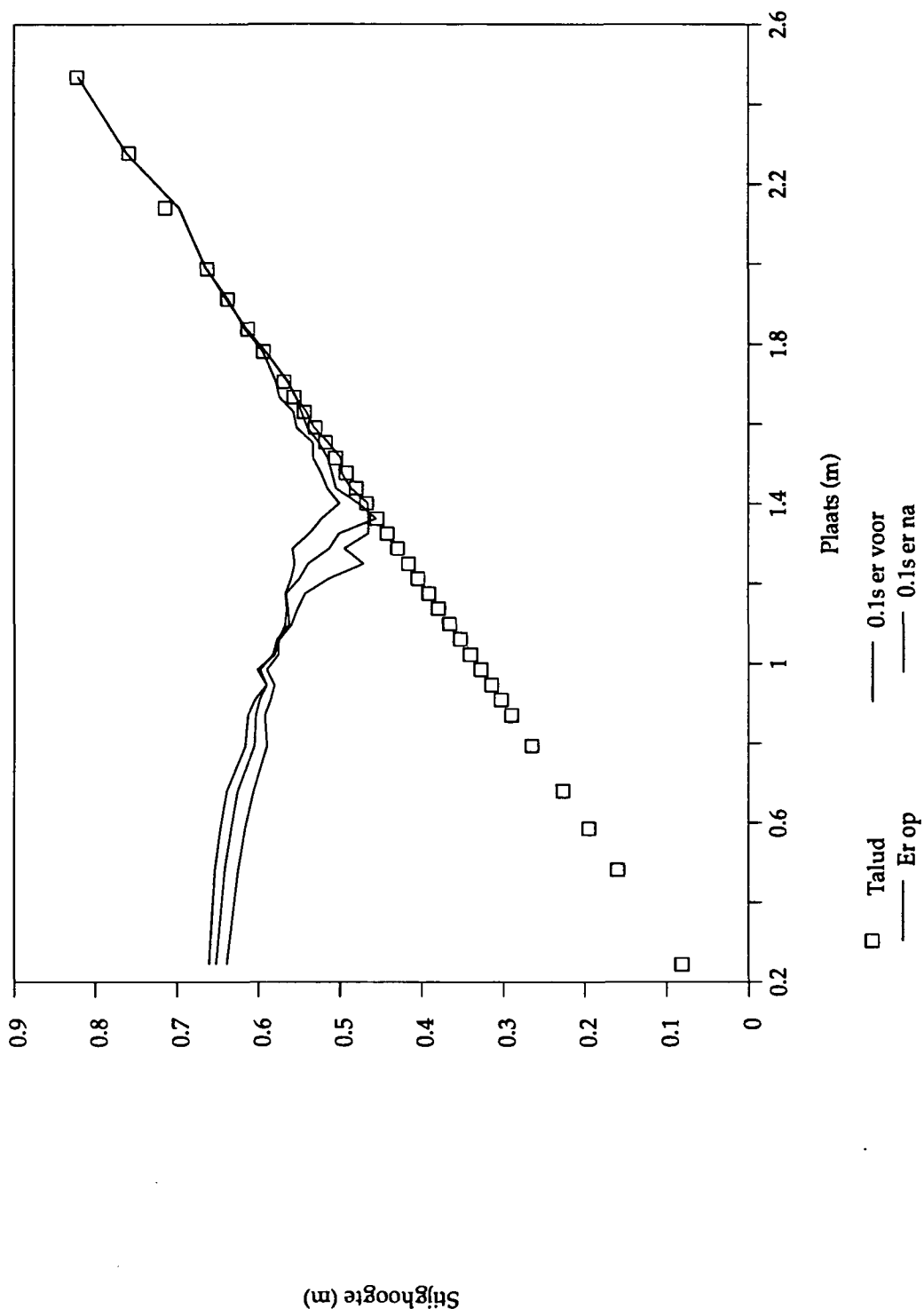
Onregelmatige golven

BIJL. 2

form.
A
4

Golven van P3001 max. golffront

Rond tijdstip 1015.08



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

gez.

Gemeten stijghoogtes op talud
Golf P3001, tijdstip 2

CO-340660

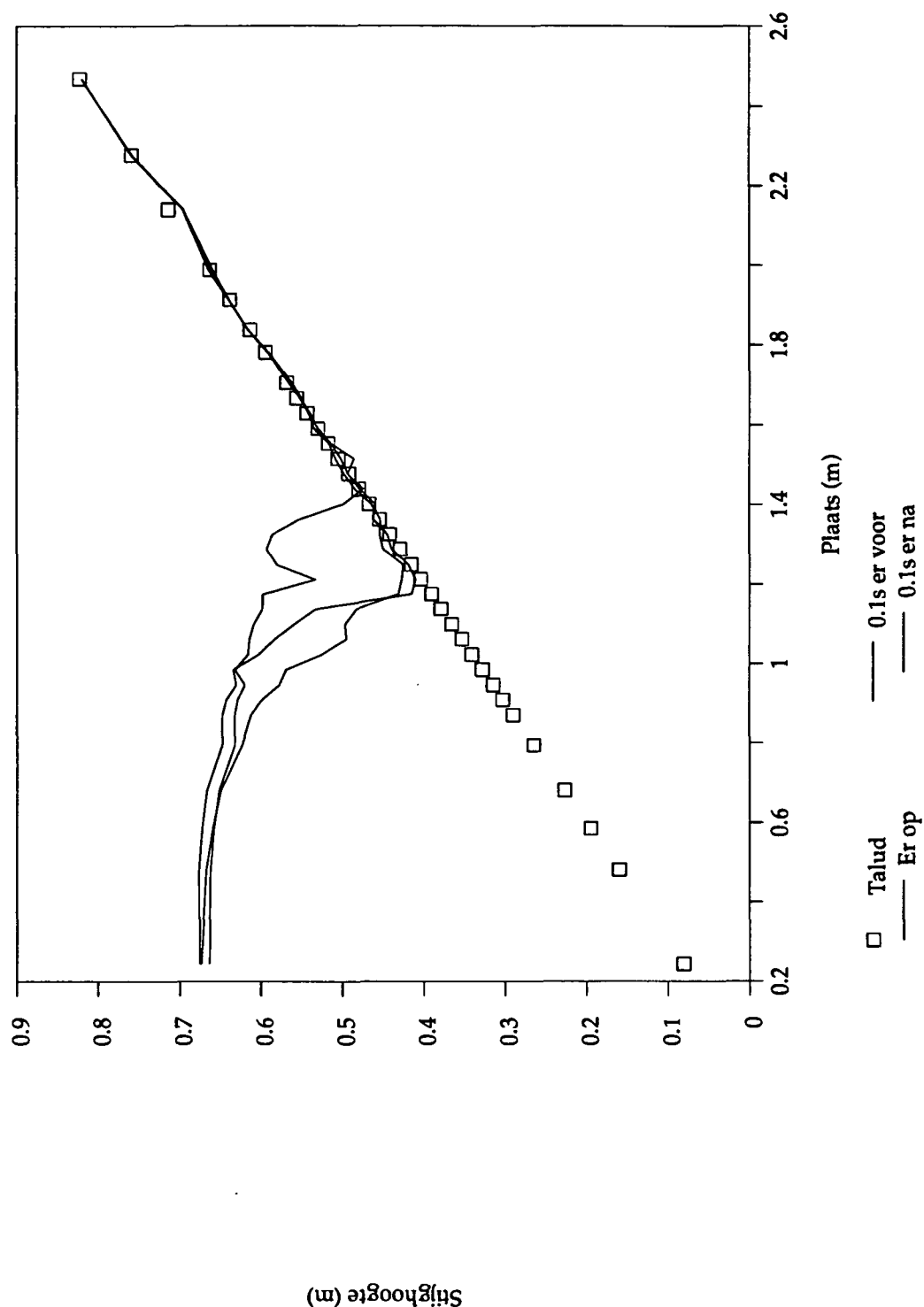
Onregelmatige golven

BIJL. 3

form.
A
4

Golven van P3001 max. golffront

Rond tijdstip 1017.92



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Golf P3001, tijdstip 3

CO-340660

gez.

Onregelmatige golven

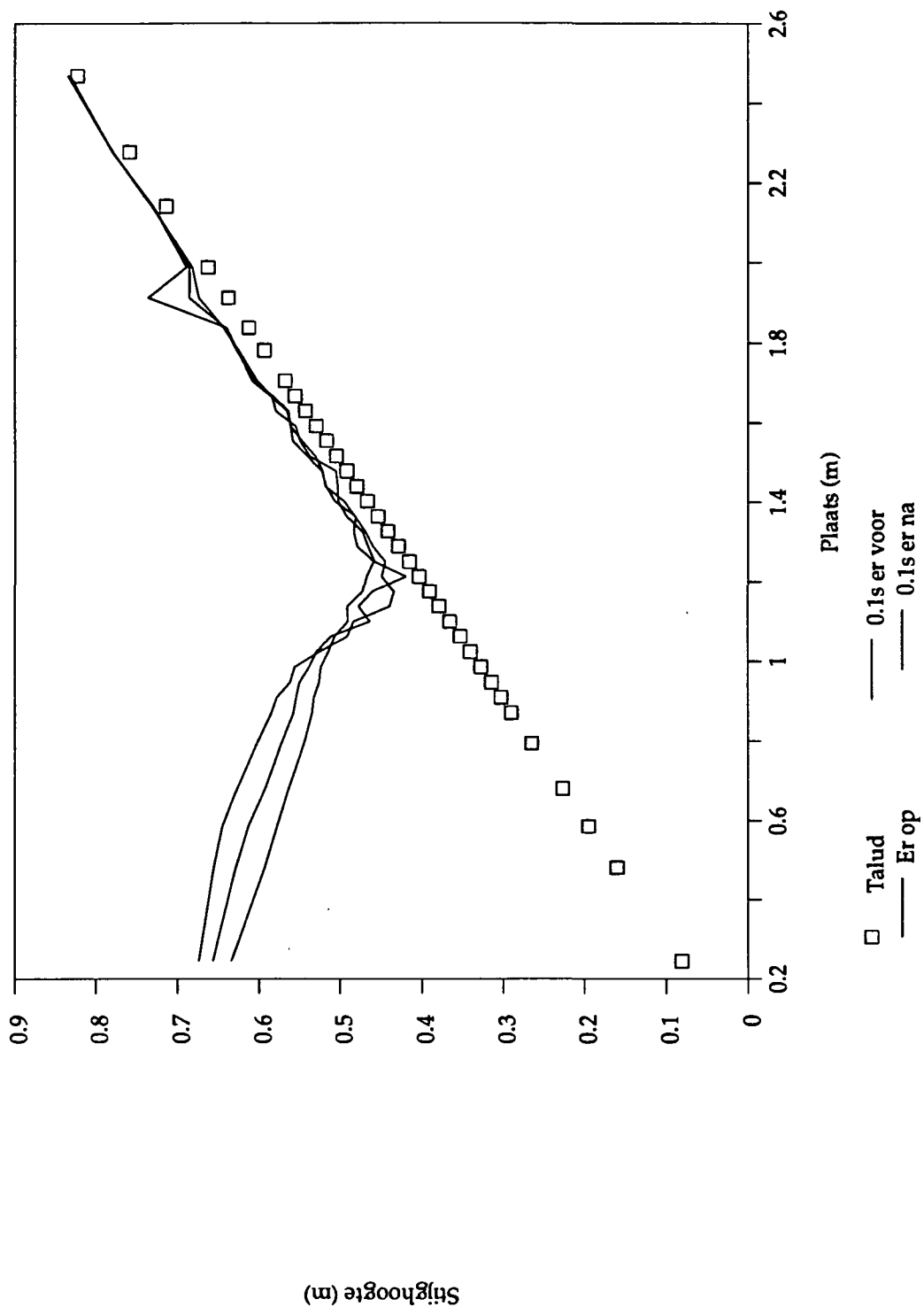
BIJL. 4

form.

A
4

Golven van P3003 max. golffront

Rond tijdstip 582.80



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Golf P3003, tijdstip 1

CO-340660

gez.

Onregelmatige golven

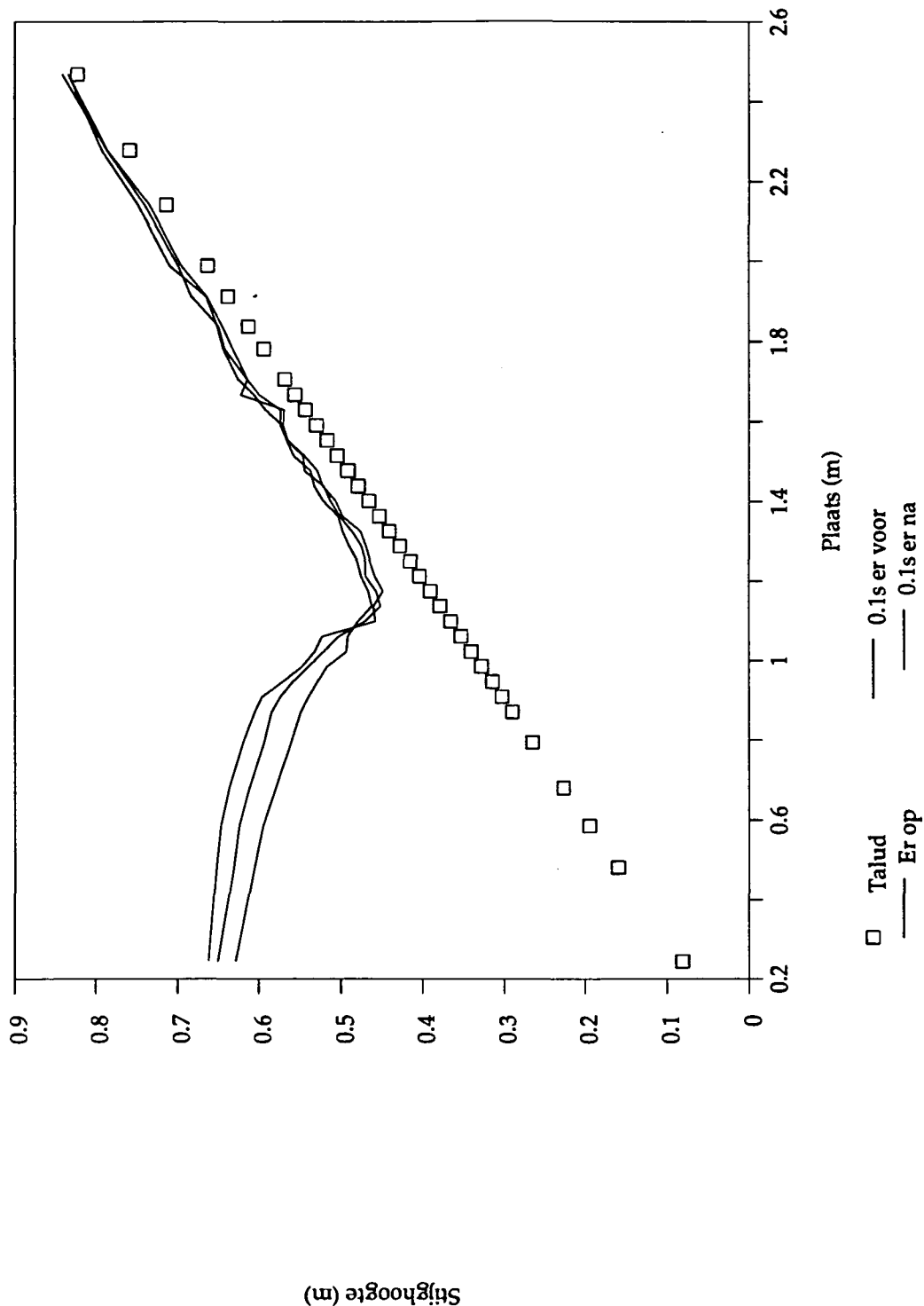
BIJL. 5

form.

A
4

Golven van P3003 max. golffront

Rond tijdstip 584.84



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

gez.

CO-340660

form.

BIJL. 6

A
4

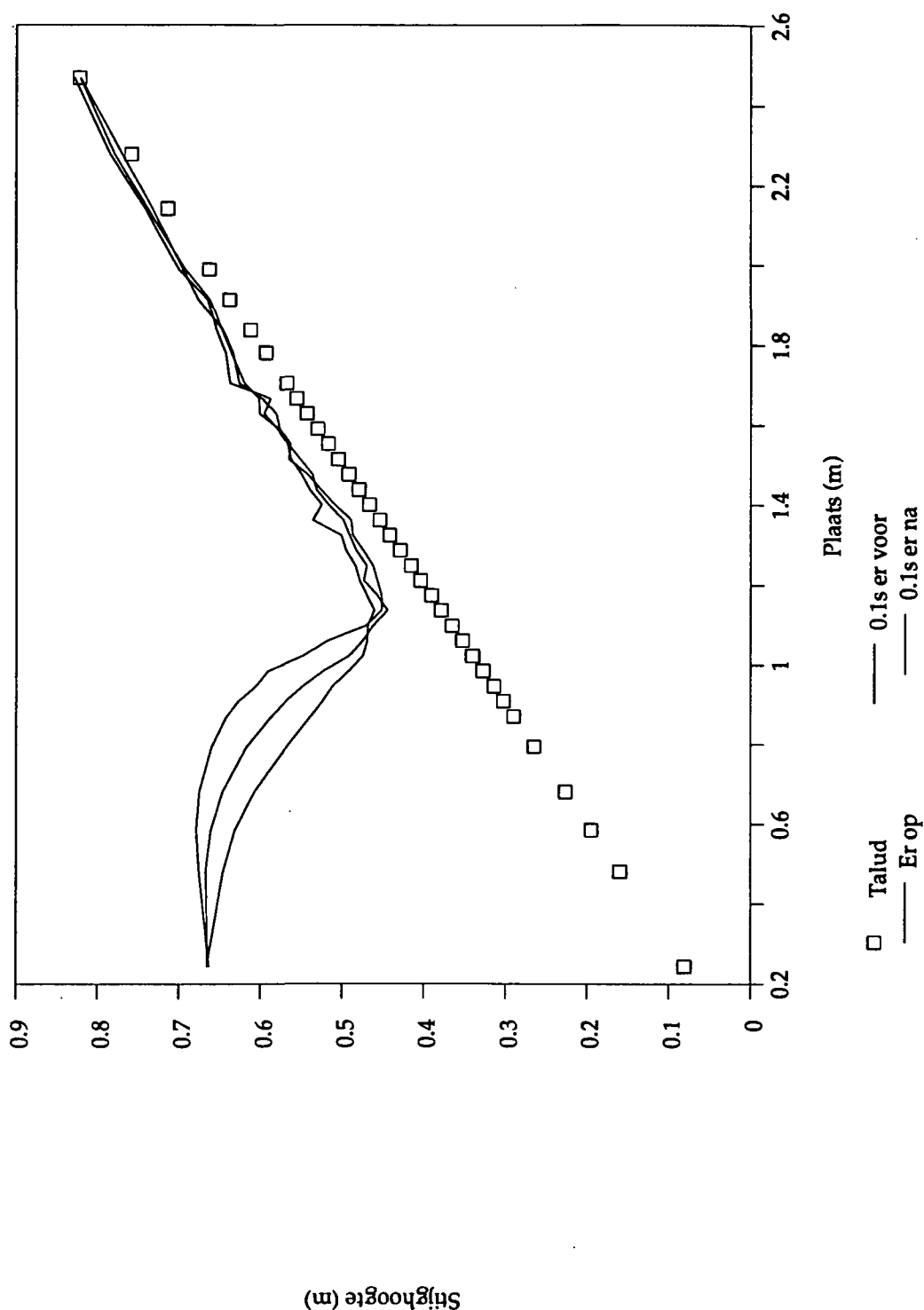
Gemeten stijghoogtes op het talud

Golf P3003, tijdstip 2

Onregelmatige golven

Golven van P3003 max. golffront

Rond tijdstip 586.90



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op het talud

Gol P3003, tijdstip 3

Onregelmatige golven

CO-340660

gez.

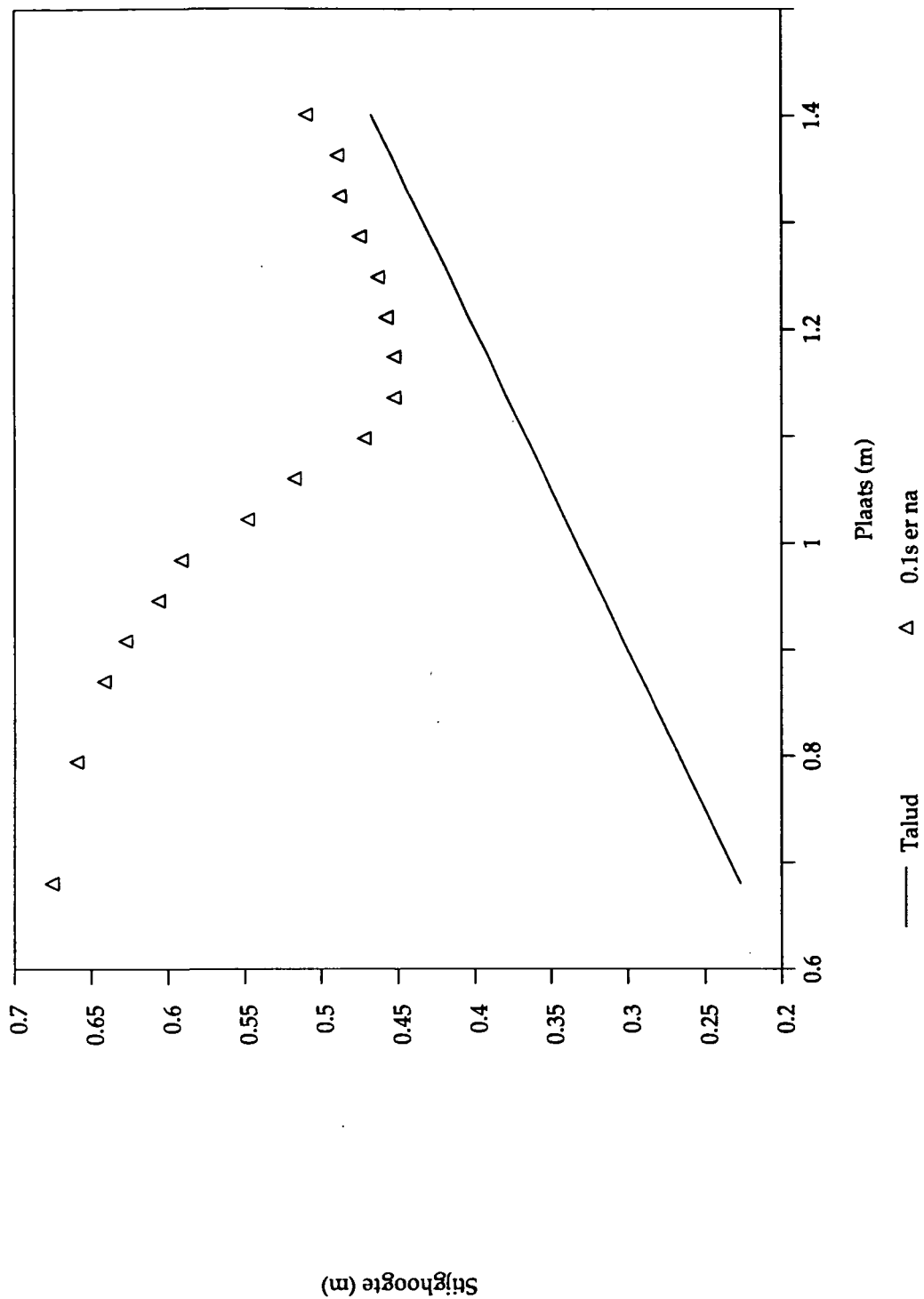
BIJL. 7

form.

A
4

Golven van P3003 max. golffront

Rond tijdstip 586.90



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
Mei 1993

get.
Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Detailopname, golf P3003, tijdstip 3

CO-340660

gez.

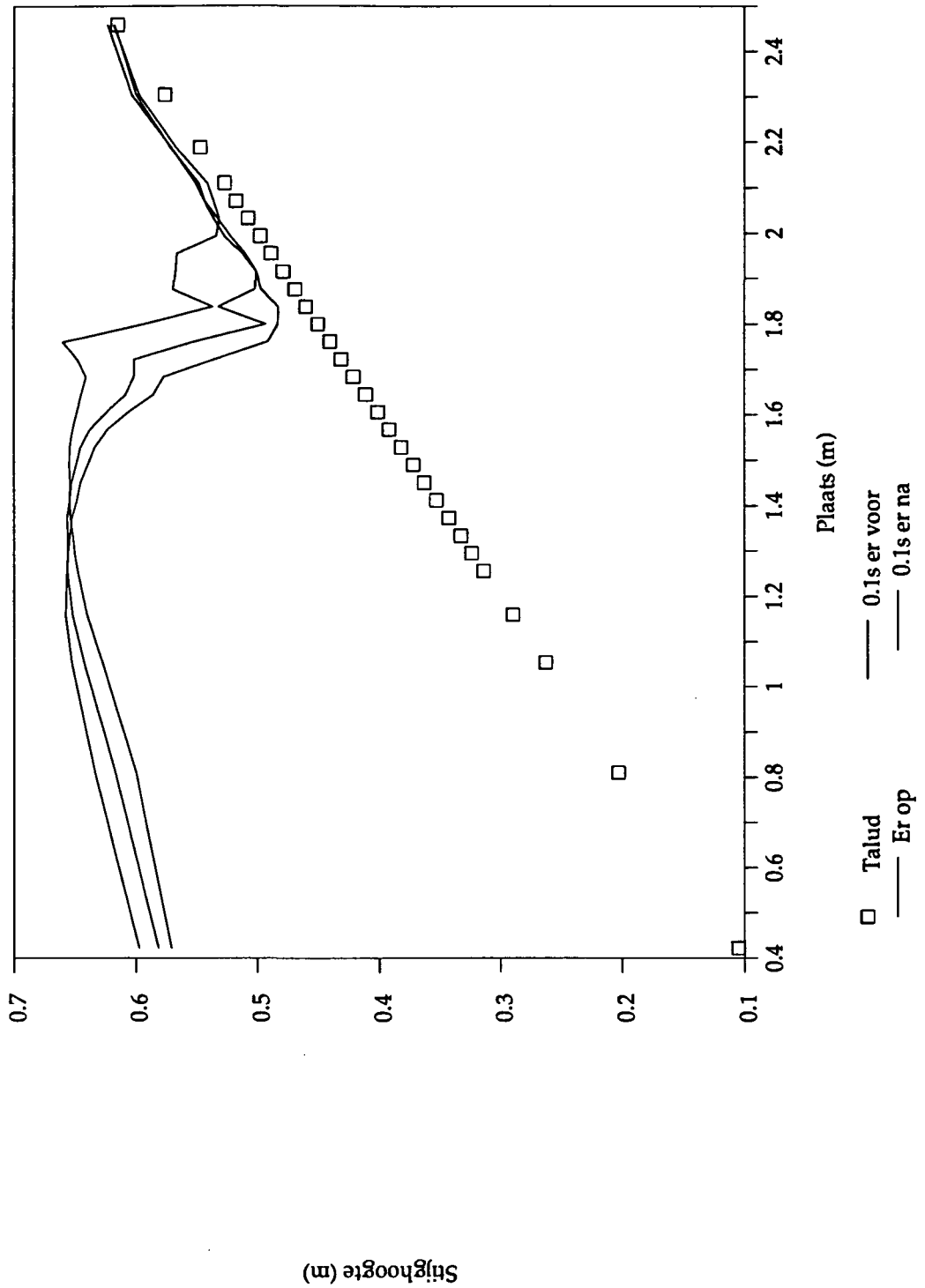
Onregelmatige golven

BIJL. 8

form.
A / 4

Golven van P4003 max. golffront

Rond tijdstip 595.08



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op het talud
Golf P4003, tijdstip 1

Onregelmatige golven

CO-340660

gez.

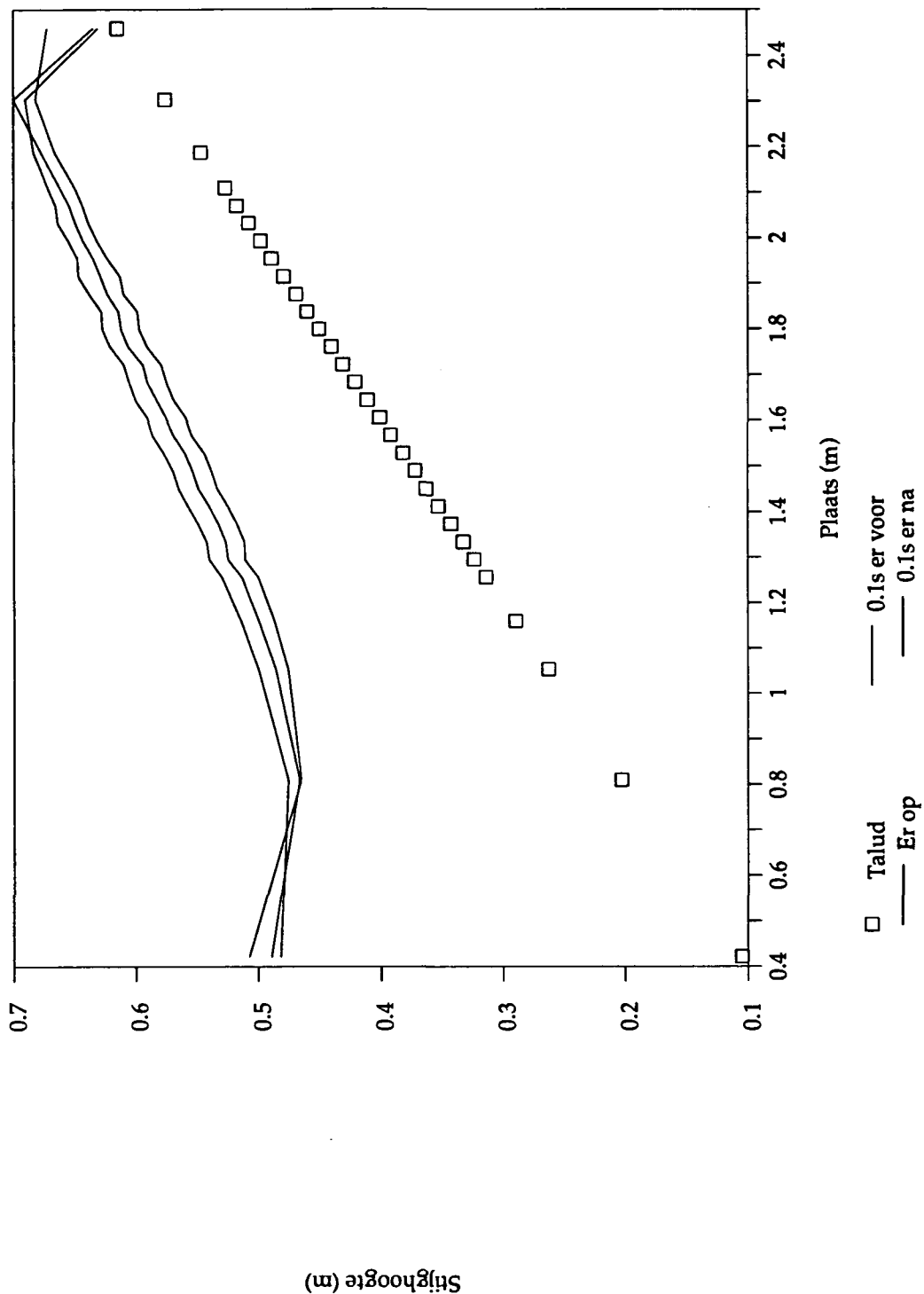
BIJL. 9

form.

A
4

Golven van P4003 max. golffront

Rond tijdstip 602.72



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op het talud

Golf P4003, tijdstip 2

Onregelmatige golven

CO-340660

gez.

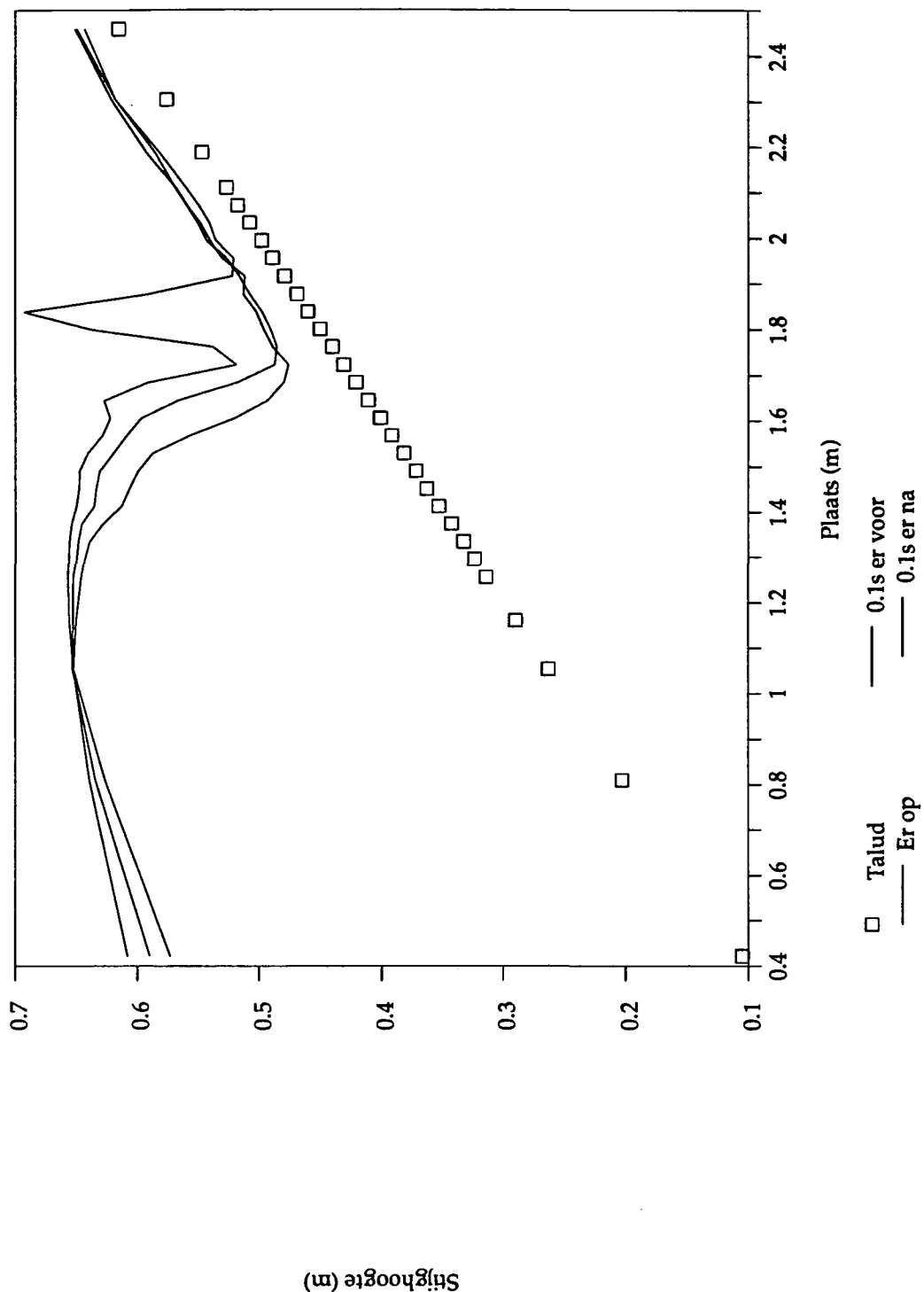
BIJL. 10

form.

A
4

Golven van P4003 max. golffront

Rond tijdstip 605.62



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
Mei 1993

get.
Std

Gemeten stijghoogtes op het talud
Golf P4003, tijdstip 3

CO-340660

gez.

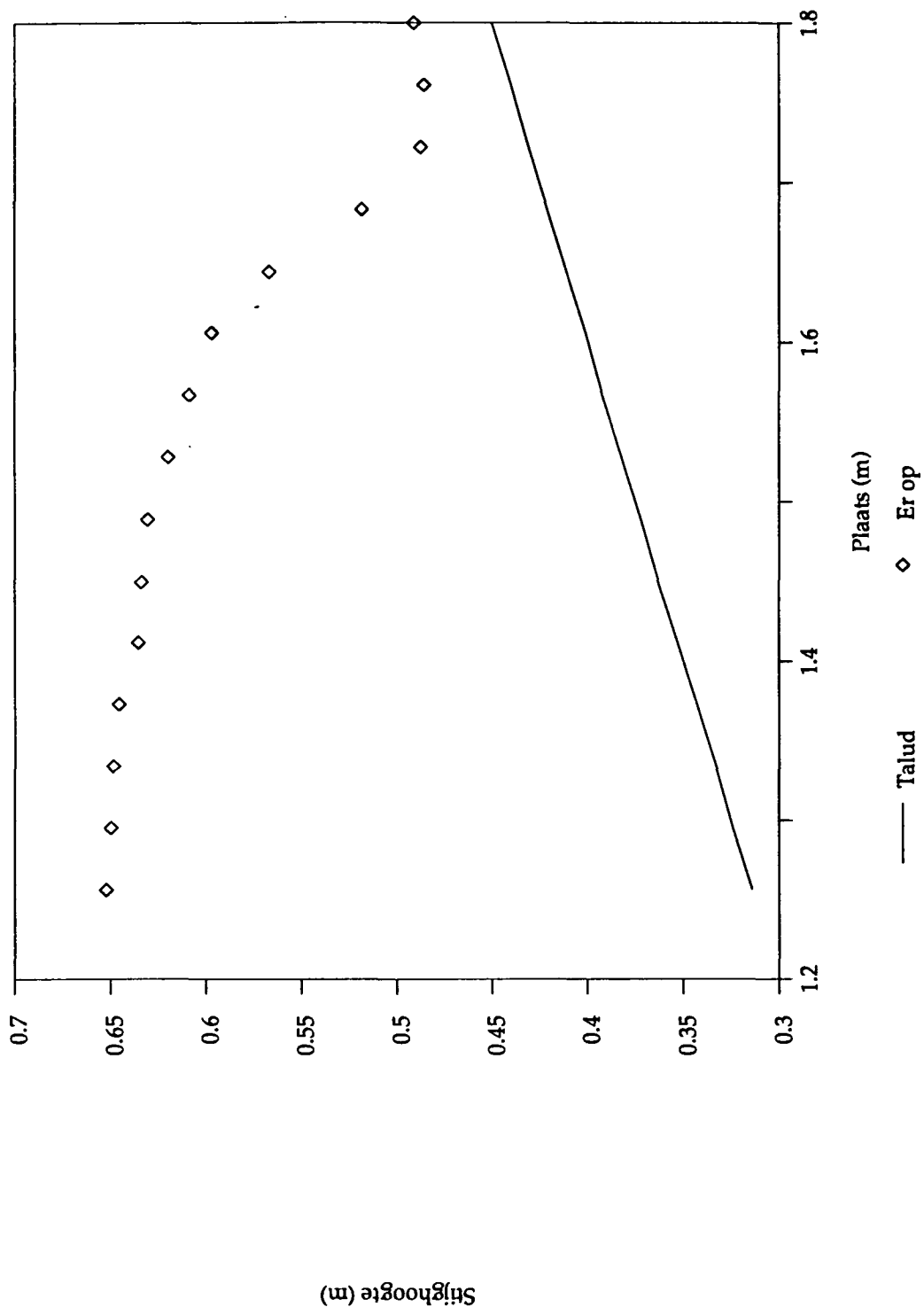
Onregelmatige golven

BIJL. 11

form.
A/4

Golven van P4003 max. golffront

Rond tijdstip 605.62



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

gez.

Gemeten stijghoogtes op het talud
Detailopname golf P4003, tijdstip 3

CO-340660

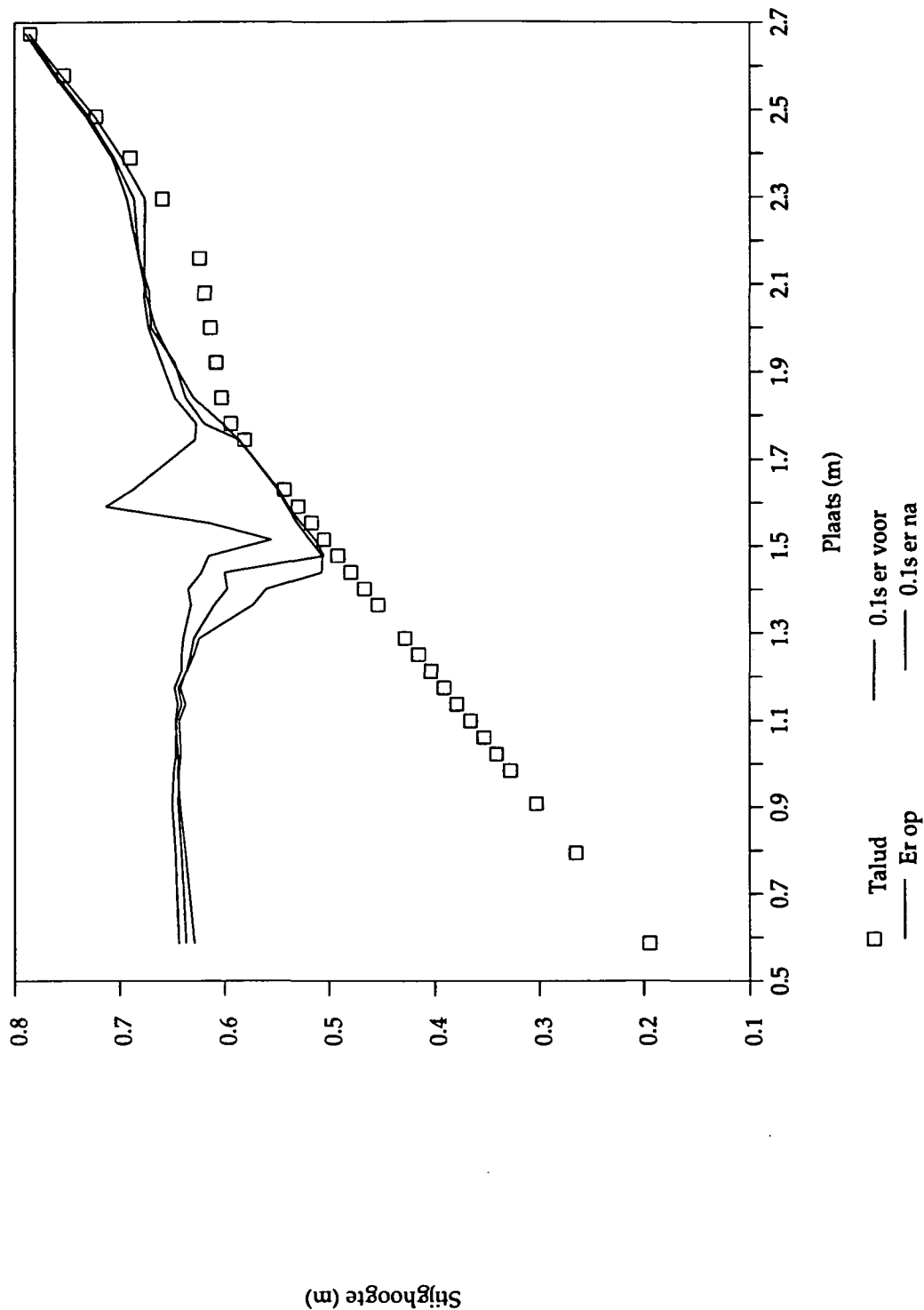
Onregelmatige golven

BIJL. 12

form.
A / 4

Golven van P3105 max. golffront

Rond tijdstip 116.86



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Smalle berm, tijdstip 1

CO-340660

gez.

Onregelmatige golven

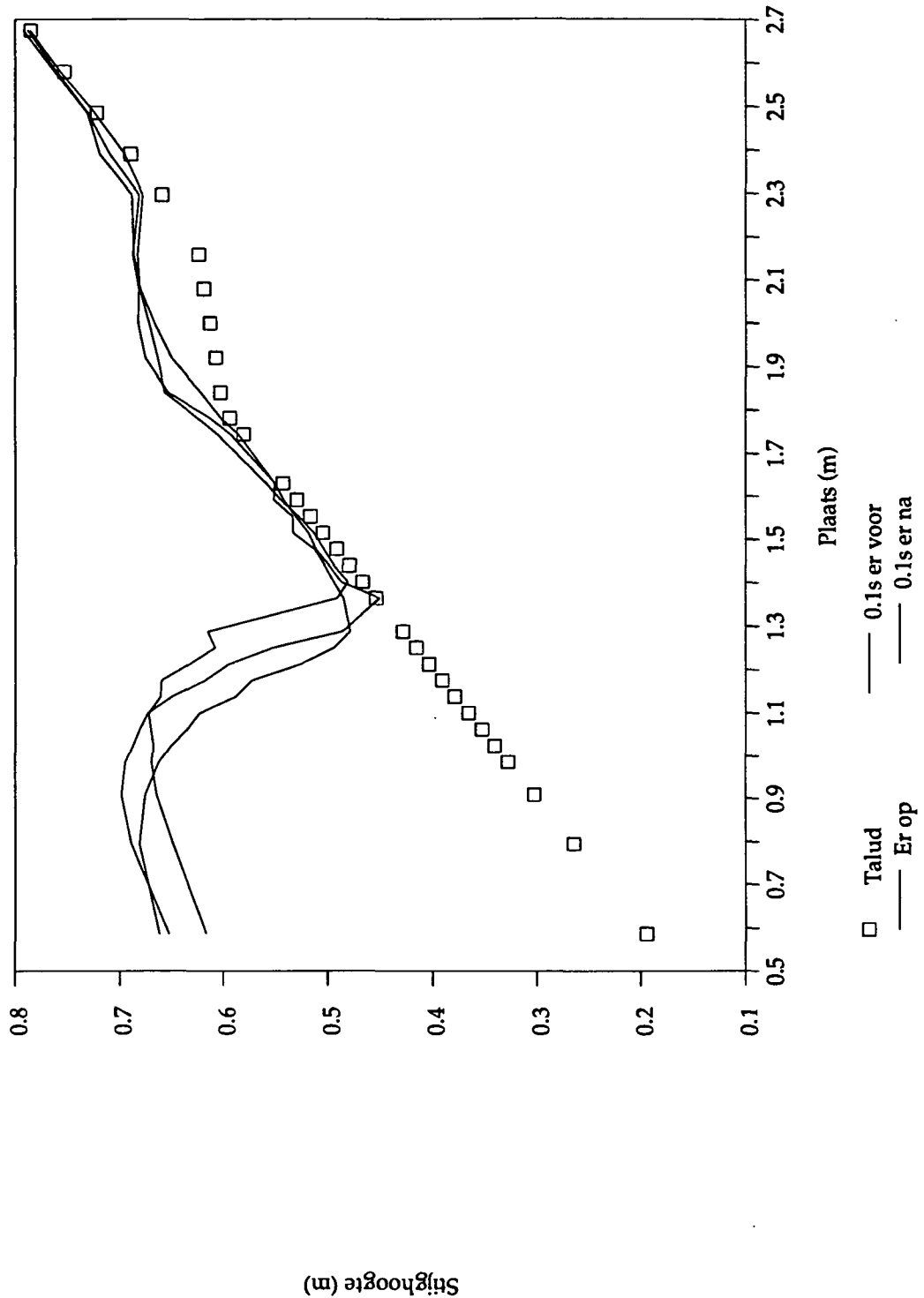
BIJL. 13

form.

A/4

Golven van P3105 max. golffront

Rond tijdstip 123.48



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Smalle berm, tijdstip 2

CO-340660

gez.

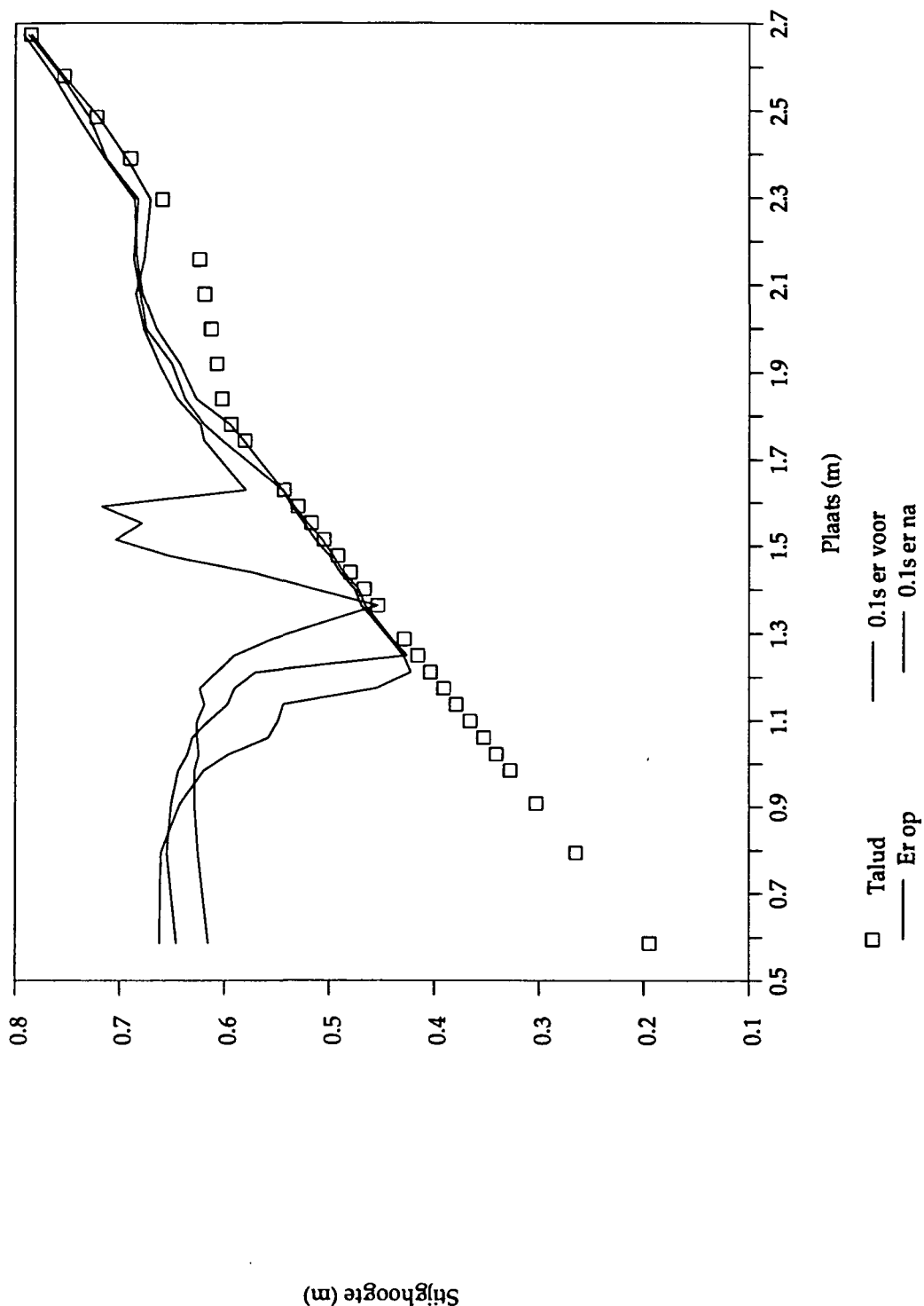
Onregelmatige golven

BIJL. 14

fom.
A
4

Golven van P3105 max. golffront

Rond tijdstip 125.16



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

gez.

CO-340660

form.

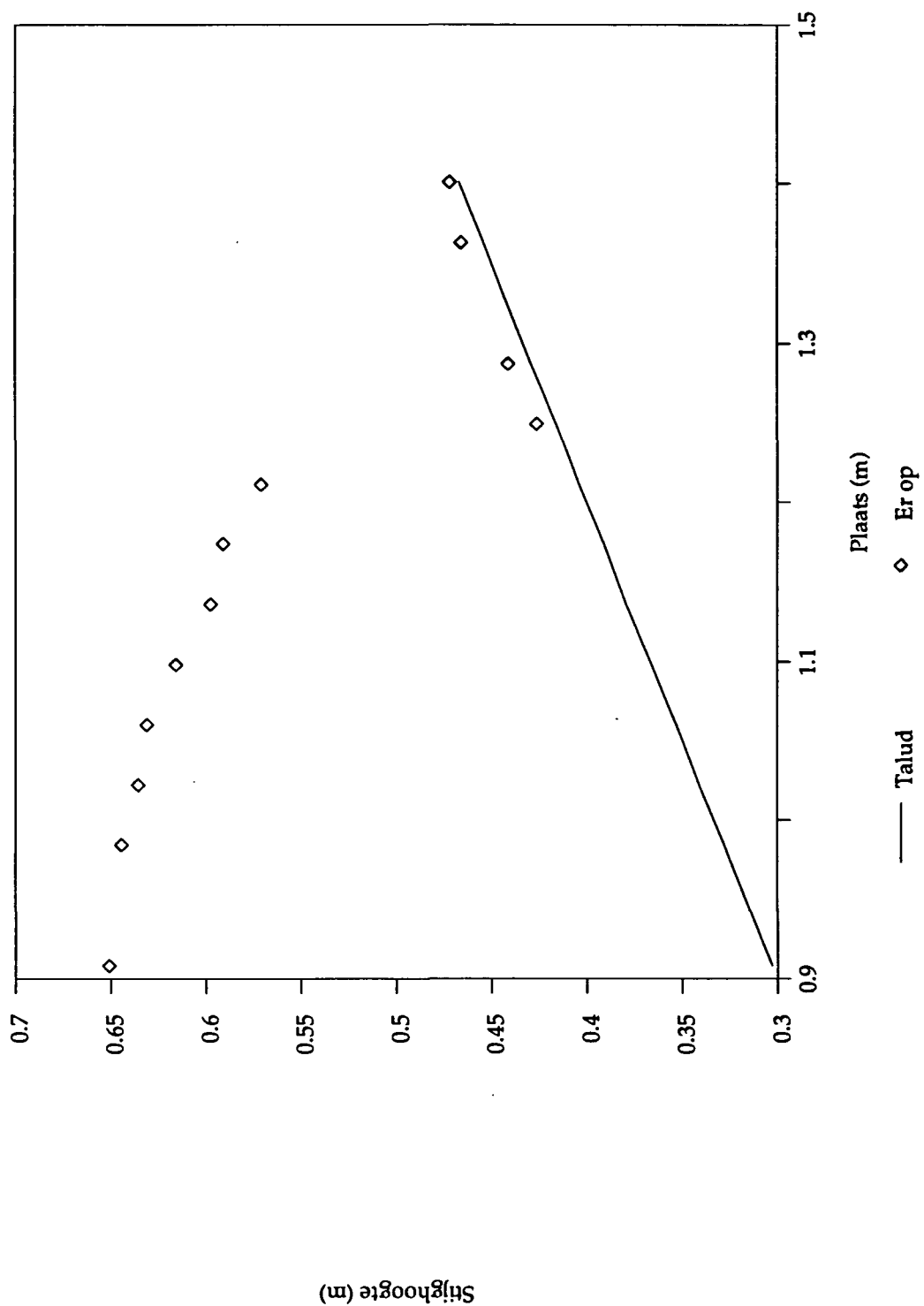
BIJL. 15

A
4

Gemeten stijgheights op talud
Smalle berm, tijdstip 3

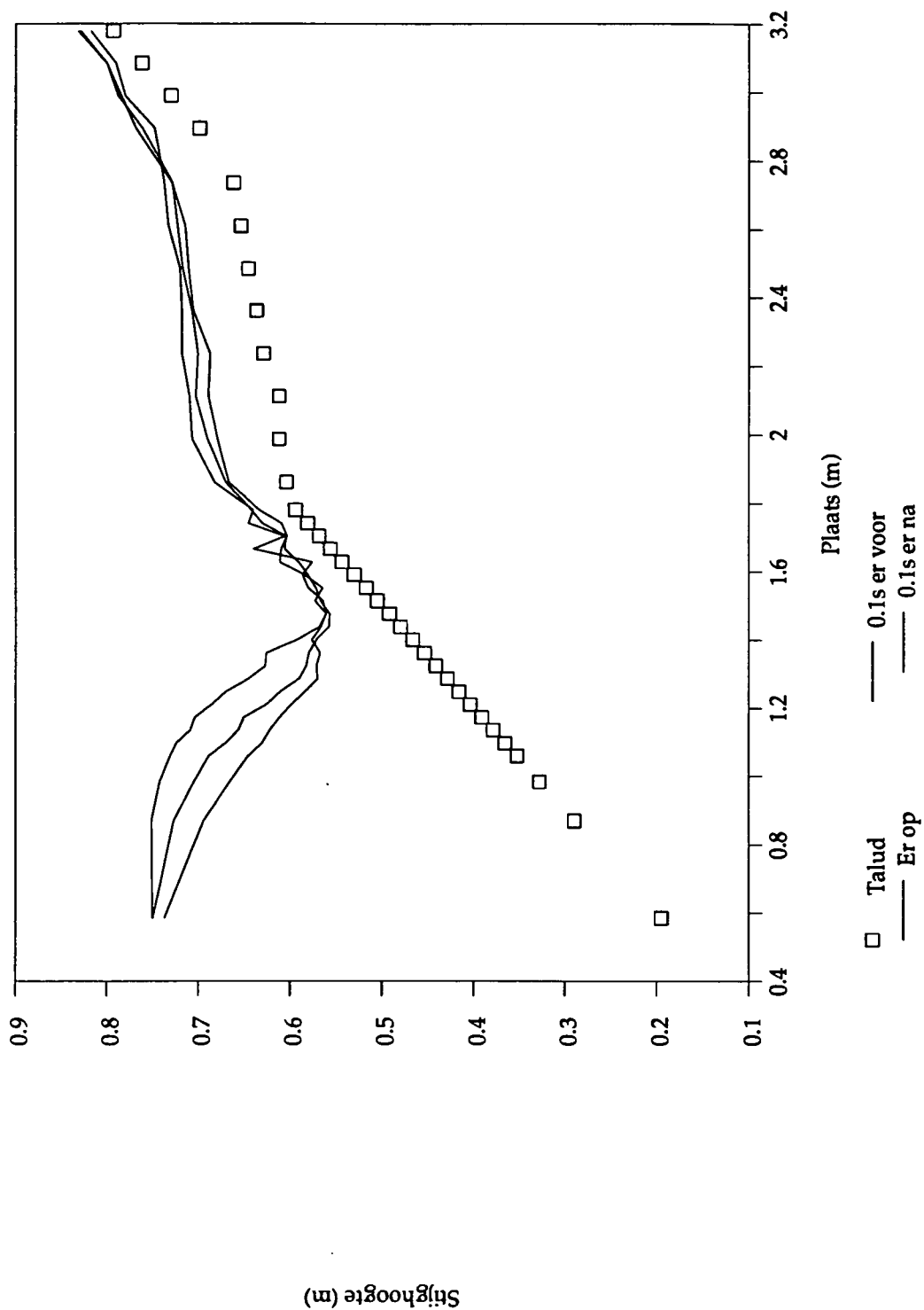
Onregelmatige golven

Rond tijdstip 125.16



Golven van P3204 max. golffront

Rond tijdstip 1366.96



GRONDMEECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
Mei 1993

get.
Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Brede berm, tijdstip 1

CO-340660

gez.

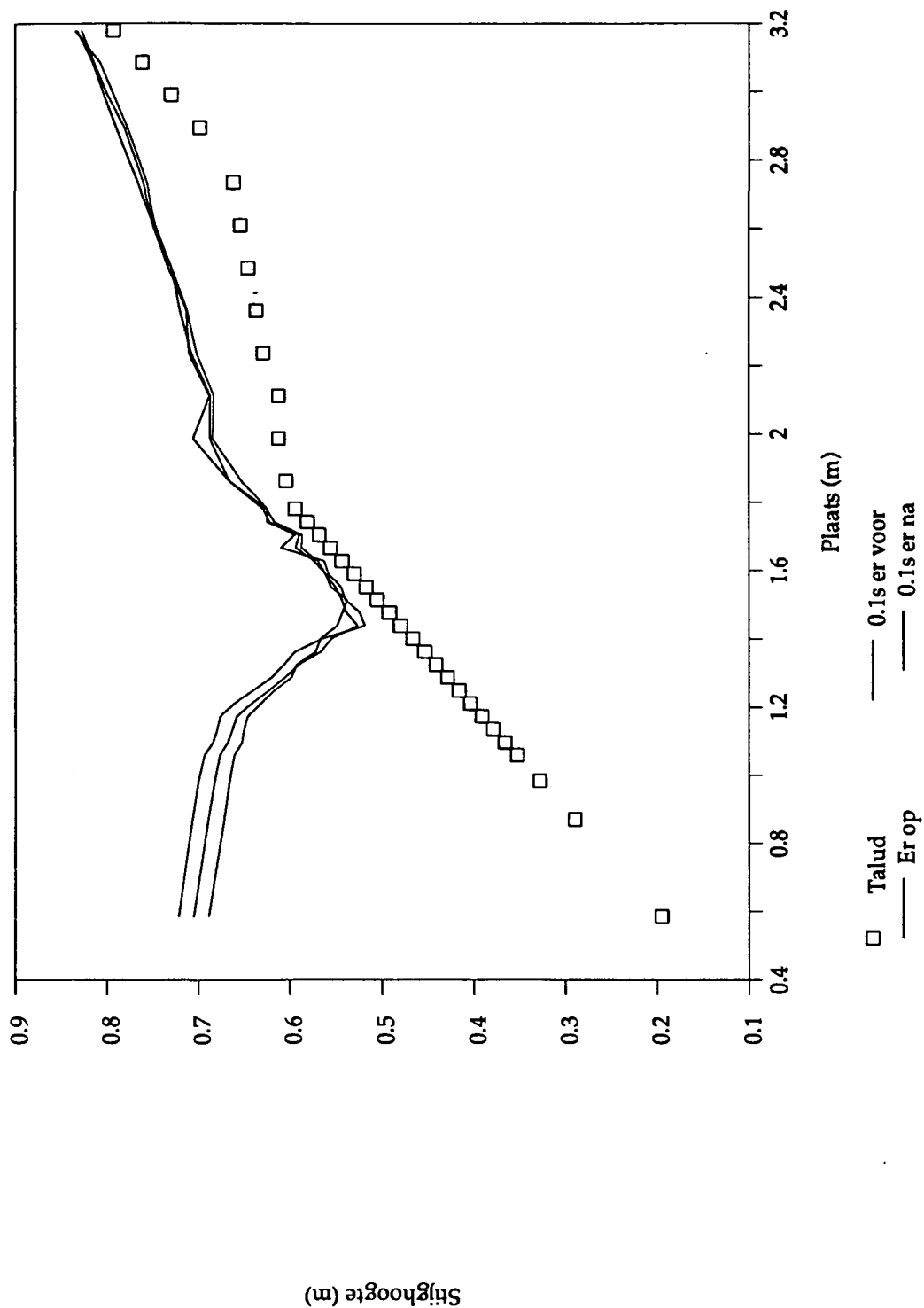
Onregelmatige golven

BIJL. 17

form.
A
4

Golven van P3204 max. golffront

Rond tijdstip 1368.90



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
Mei 1993

get.
Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Brede berm, tijdstip 2

CO-340660

gez.

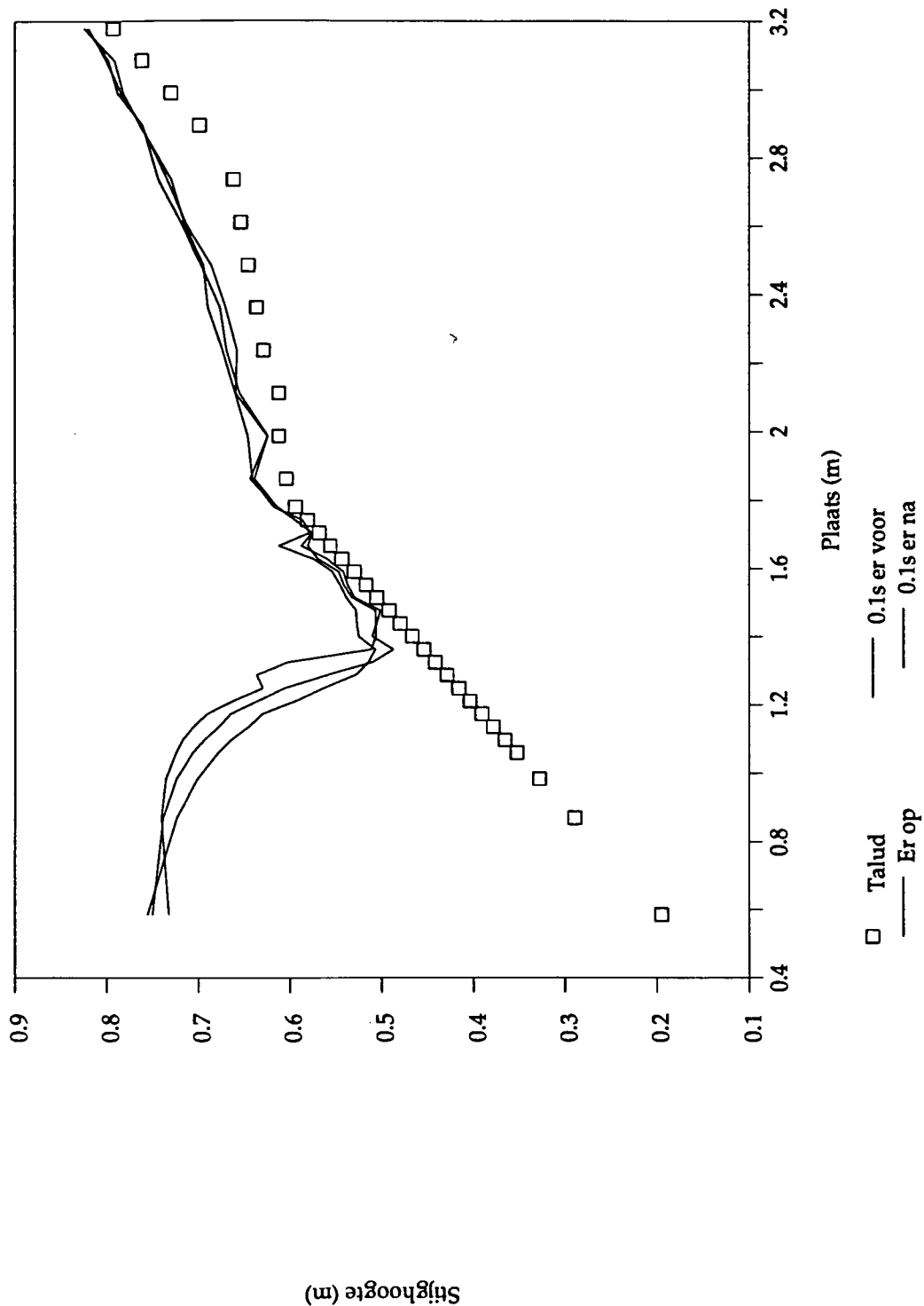
Onregelmatige golven

BIJL. 18

form.
A
4

Golven van P3204 max. golffront

Rond tijdstip 1371.20



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

Mei 1993

get.

Std

Gemeten stijghoogtes op talud
Brede berm, tijdstip 3

CO-340660

gez.

Onregelmatige golven

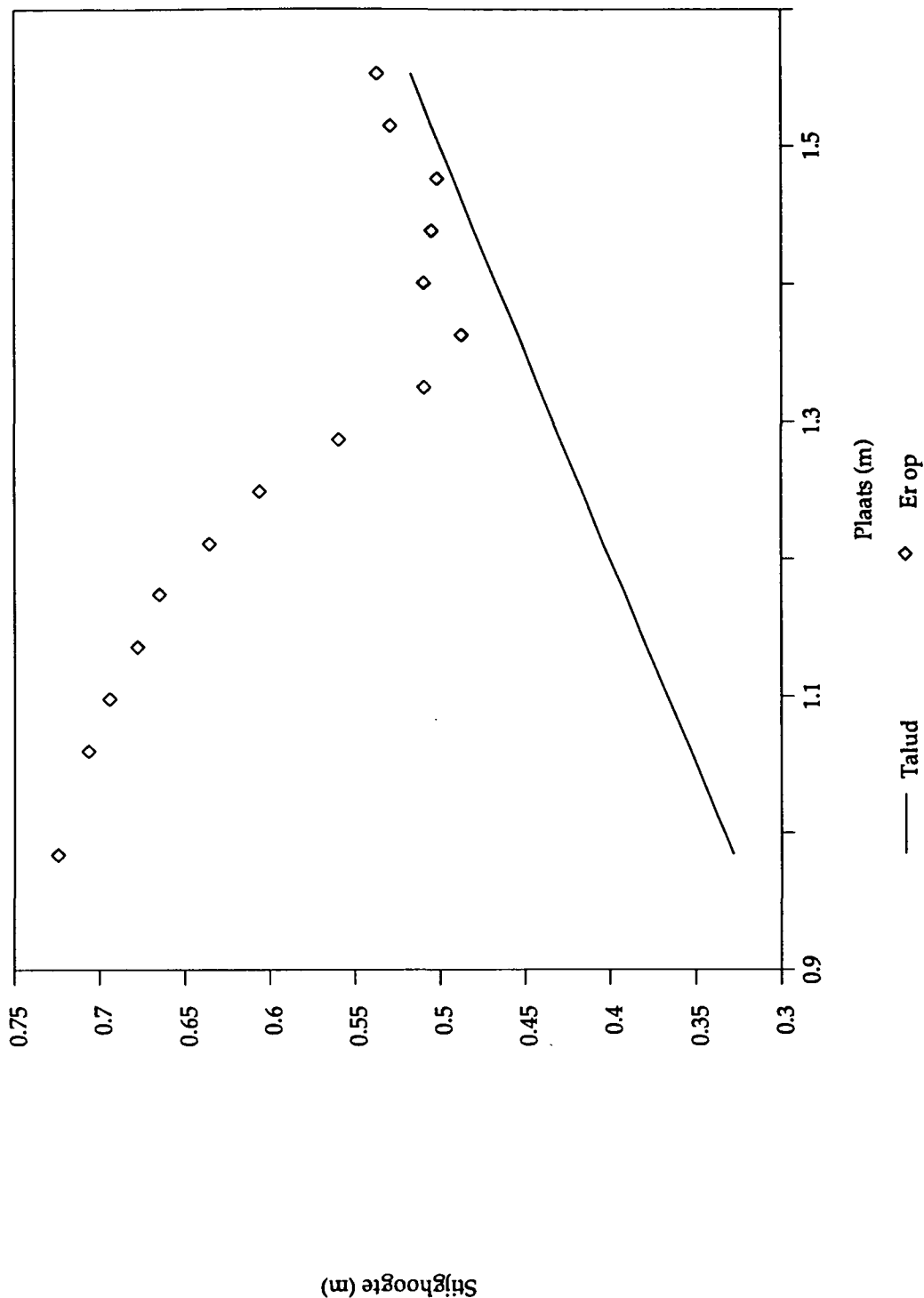
BIJL. 19

form.

A/4

Golven van P3204 max. golffront

Rond tijdstip 1371.20



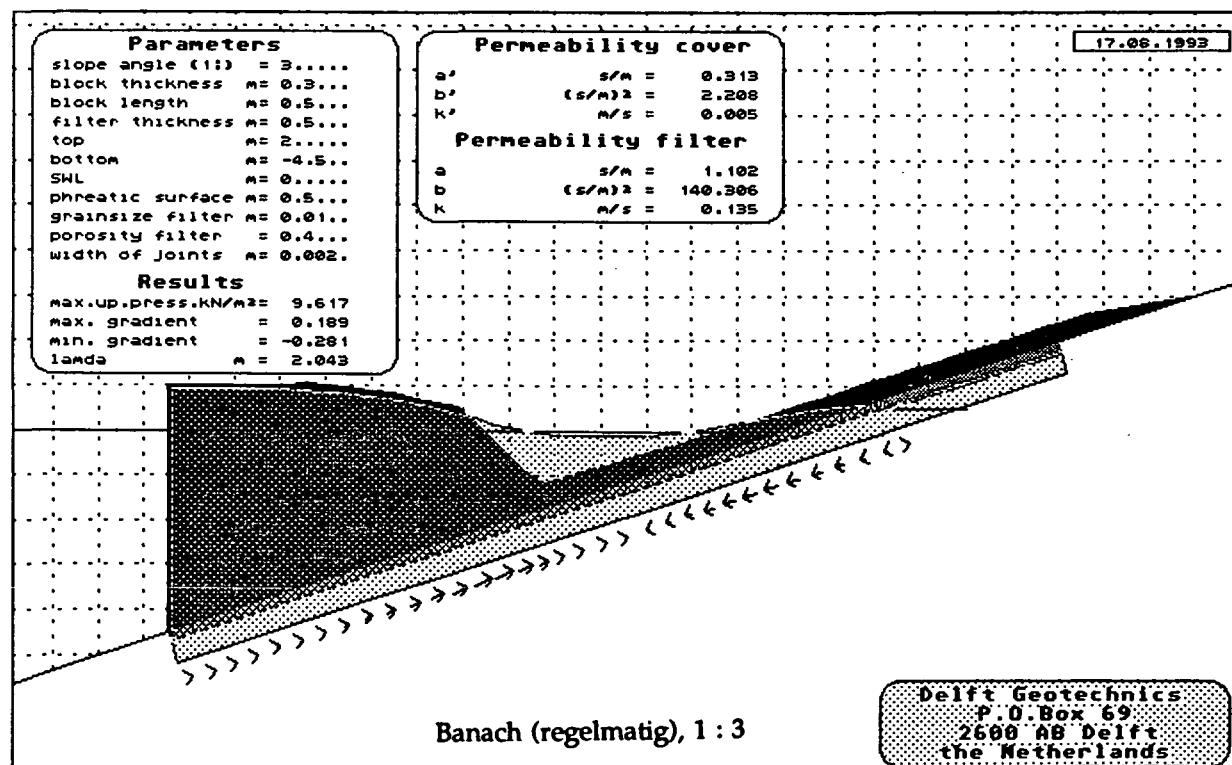
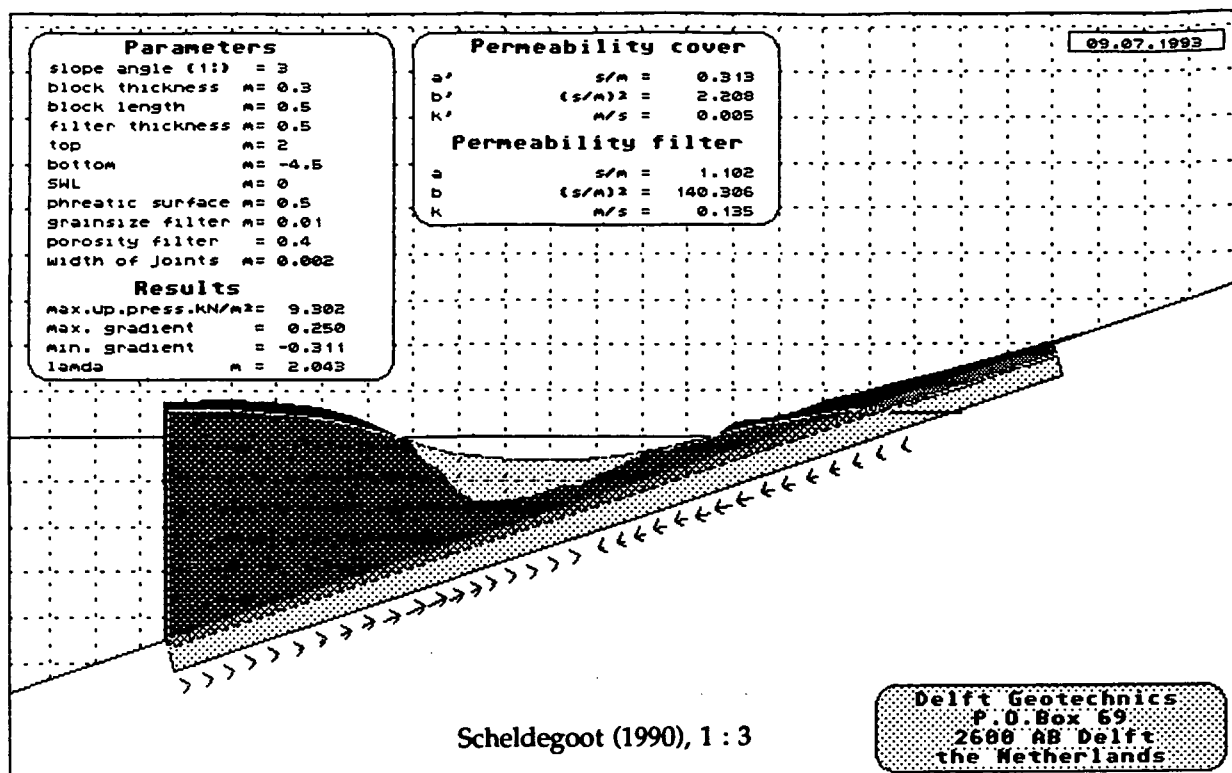
GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum	get.
Mei 1993	Std
CO-340660	gez.
BIJL. 20	form.
	A / 4

Gemeten stijghoogtes op talud
Detailopname, brede berm, tijdstip 3
Onregelmatige golven



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

aug. 93

get.

Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig

Helling 1 : 3, lambda = 2.024 m

Onregelmatige golven

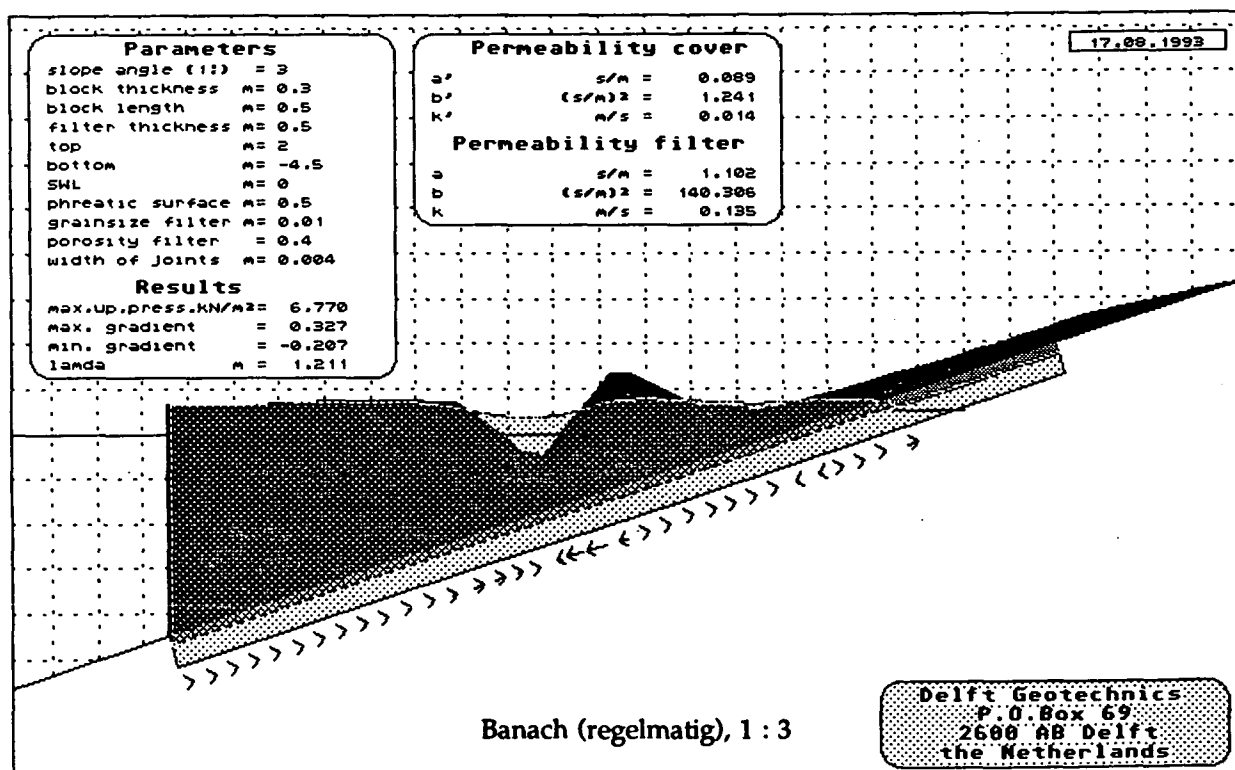
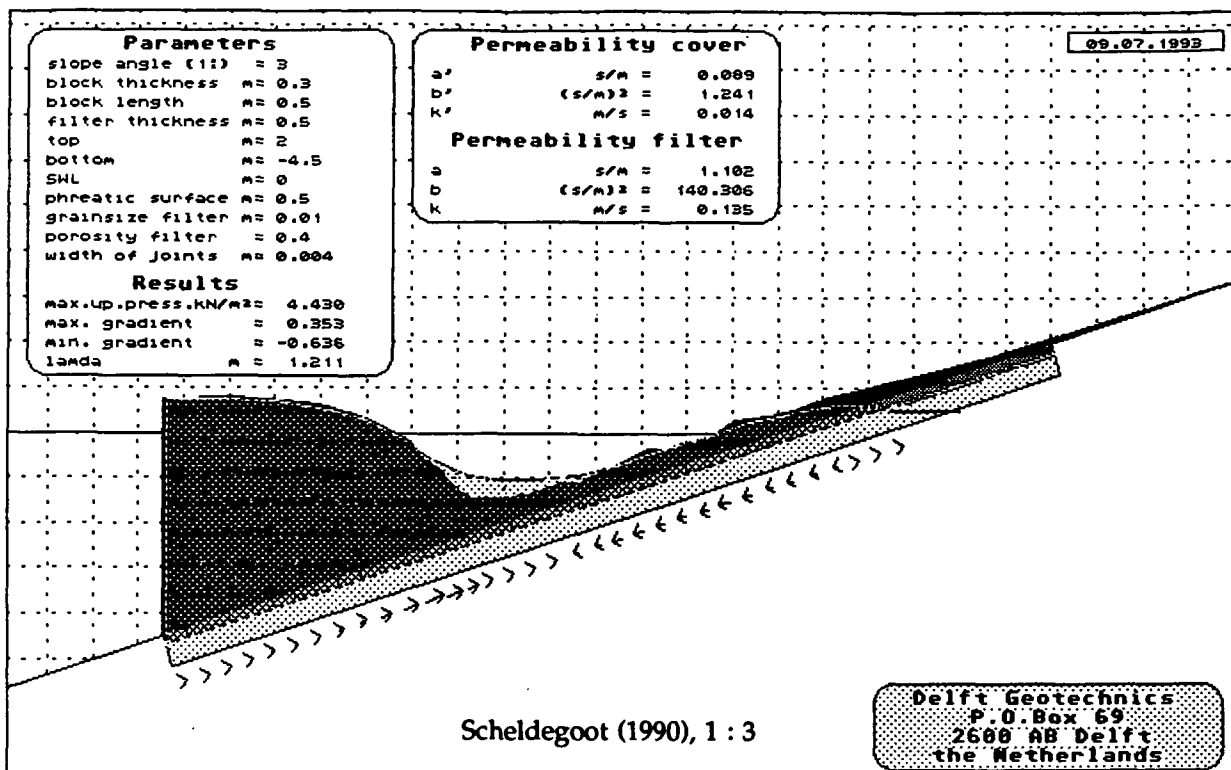
CO-340660

gez.

BIJL. 21

form.

A
4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug. 93

get.
Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Helling 1 : 3, lambda = 1.211

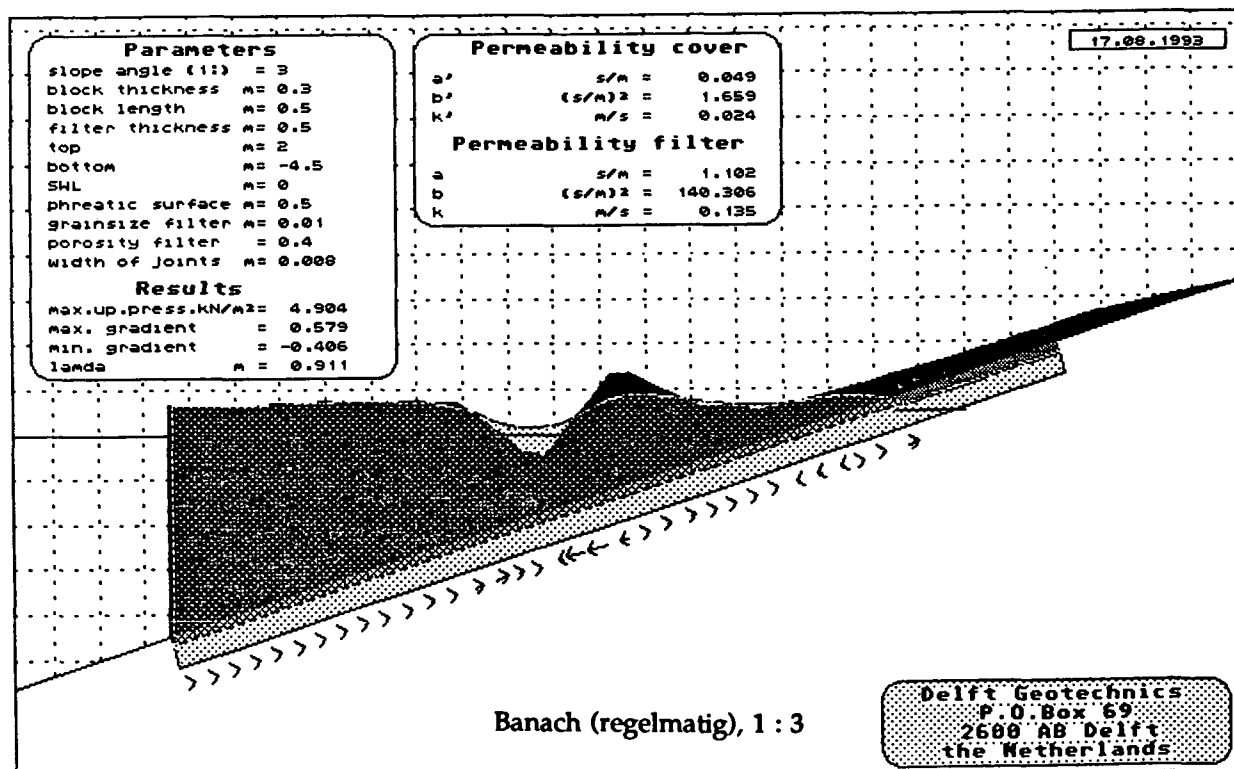
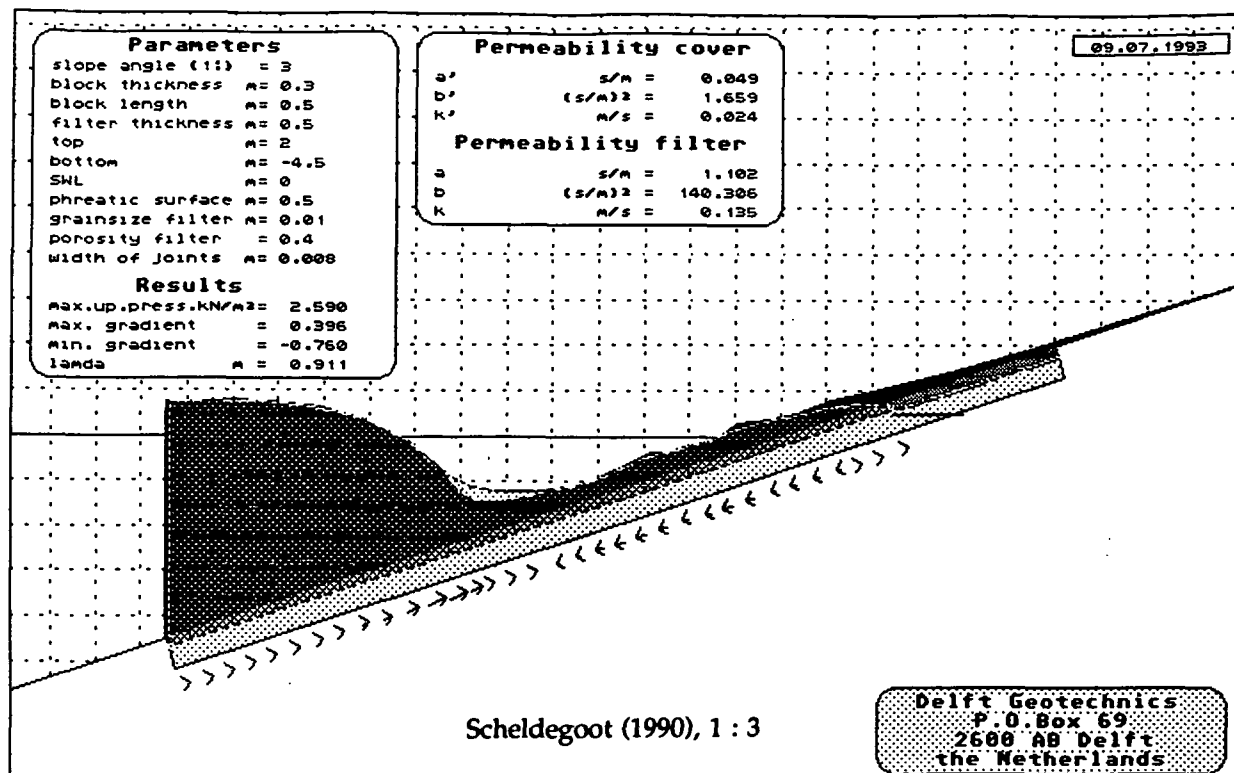
CO340660

gez.

Onregelmatige golven

BIJL. 22

form.
A
4



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

aug. 93

get.

Std

Vergelijk regelmatig onregelmatig

Helling 1 : 3, lambda = 0.911

Onregelmatige golven

Co-340660

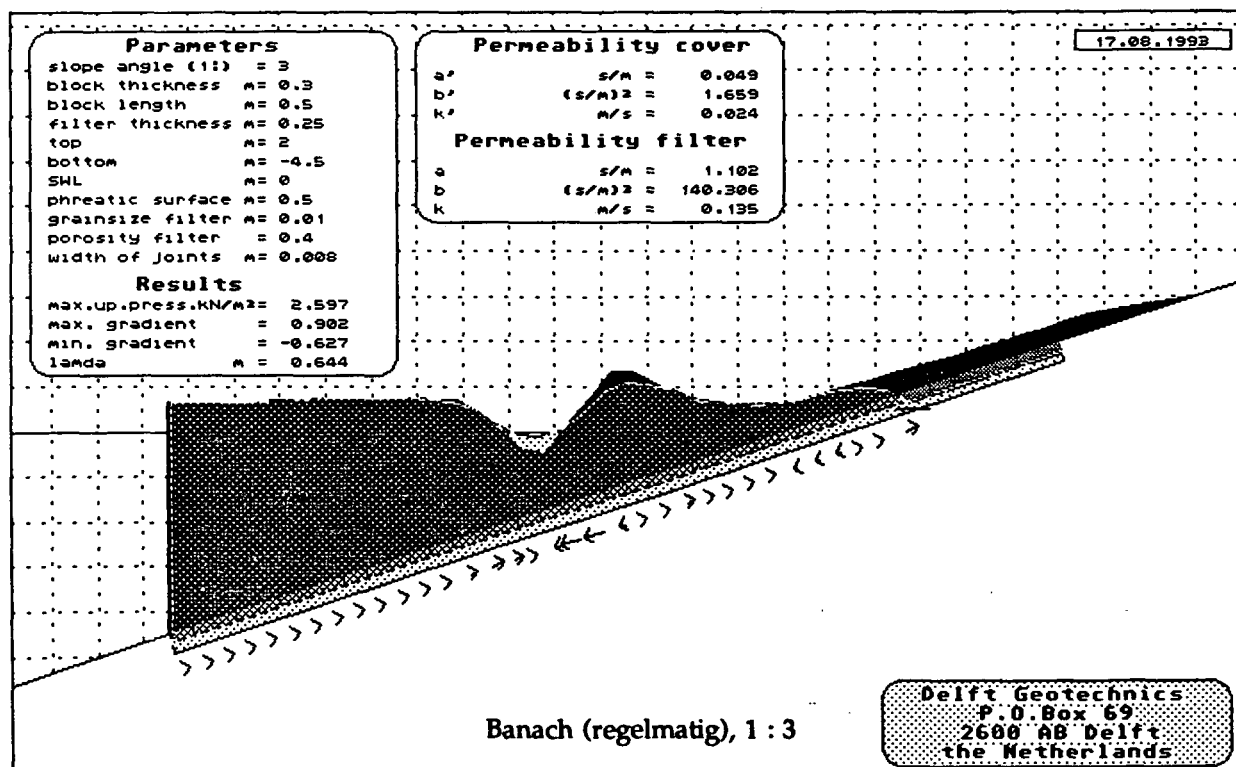
gez.

BIJL. 23

form.

A

4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug.1993

get.
Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Helling 1 : 3, lambda = 0.644

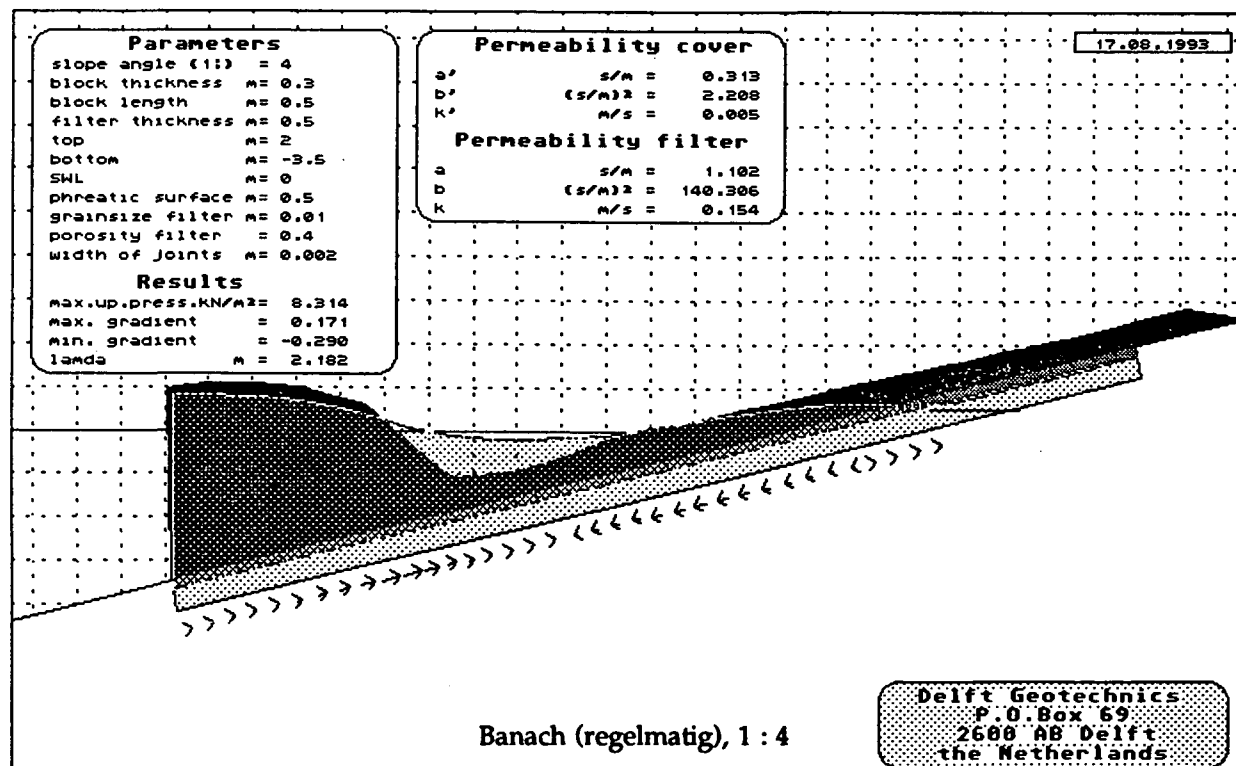
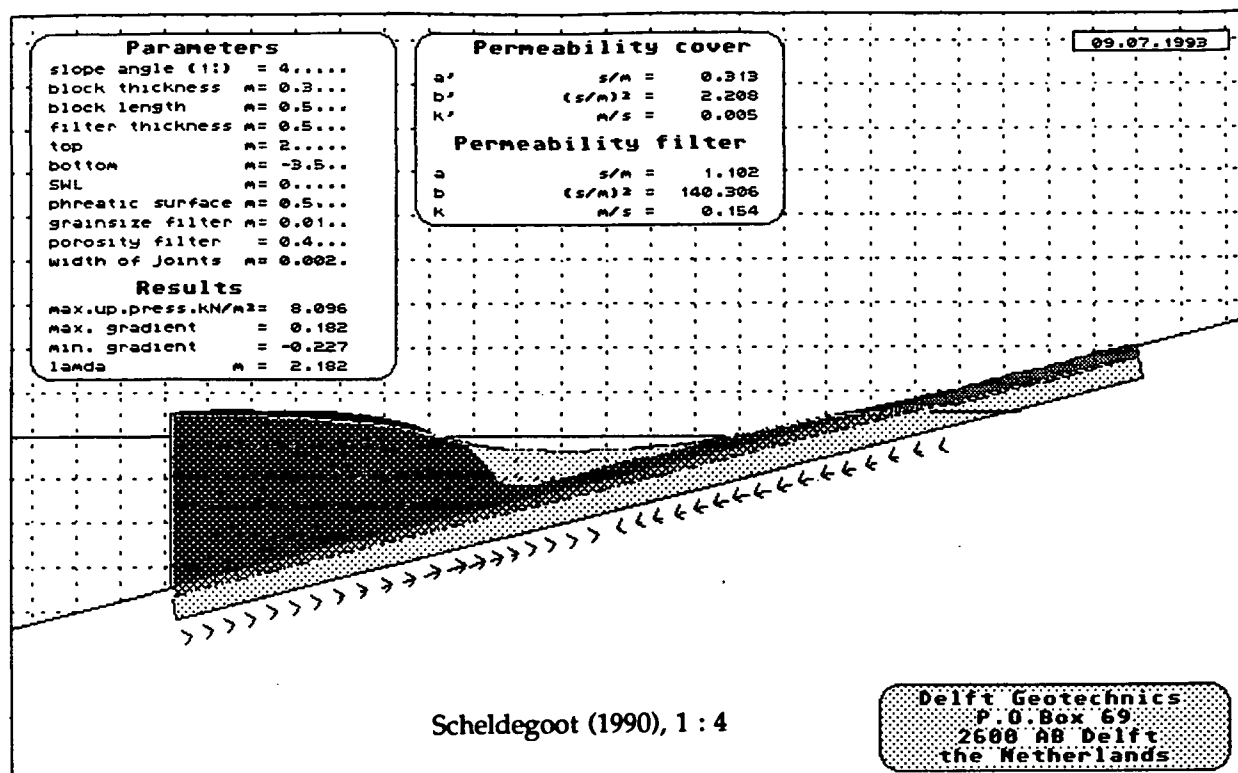
CO-340660

gez.

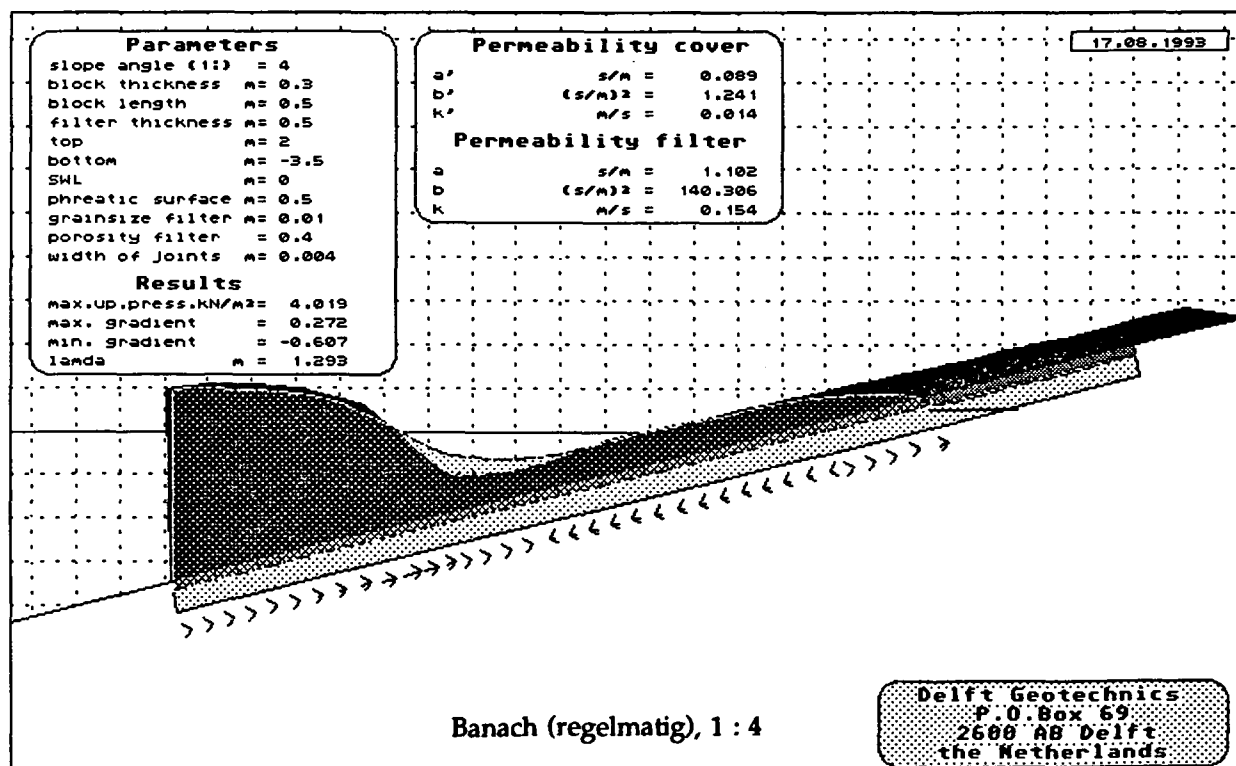
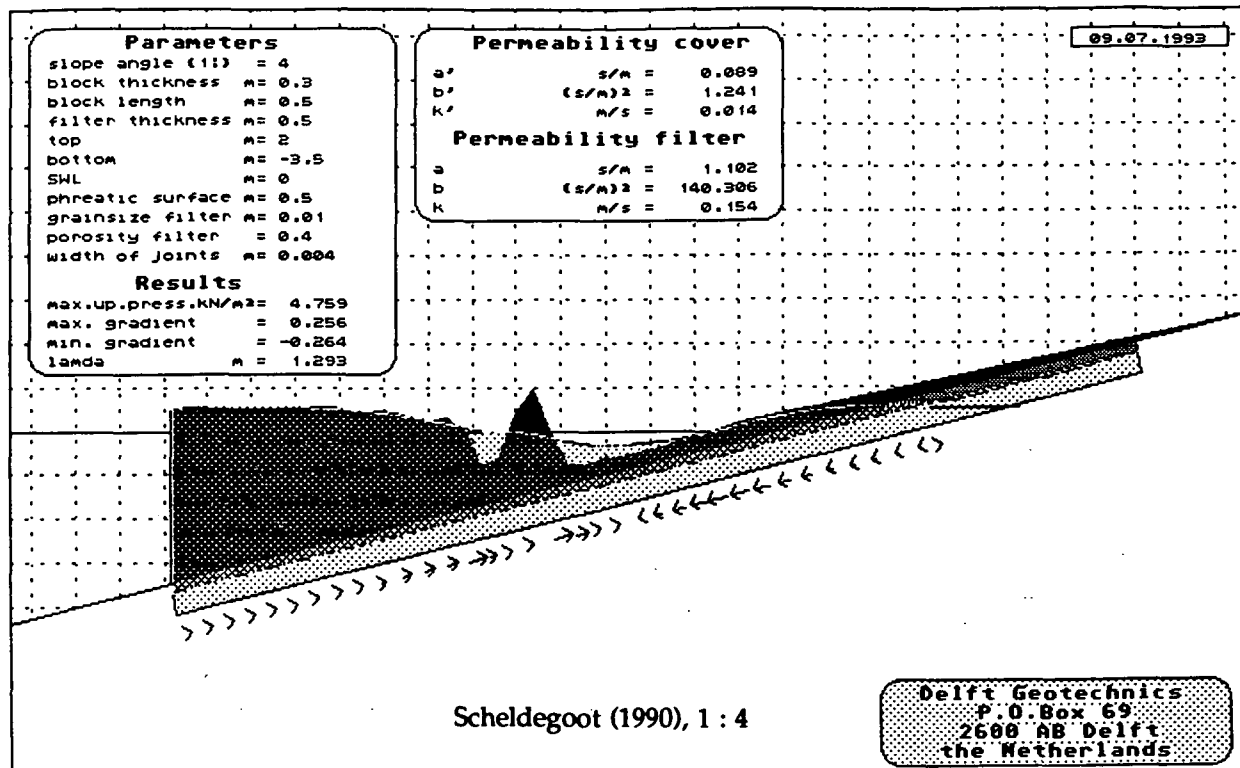
Onregelmatige golven

BIJL. 24

form.
A
4



 GRONDMECHANICA DELFT	Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland Telefoon (015) 69 35 00	Telefax (015) 61 08 21 Telex 38234 soil nl	datum	get.
			aug.1993	Std
			CO-340660	gez.
Vergelijk regelmatig/onregelmatig			BIJL. 25	form.
Helling 1 : 4, lambda = 2.182				A / 4
Onregelmatige golven				



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug. 1993

get.
Sd

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Helling 1 : 4, lambda = 1.293

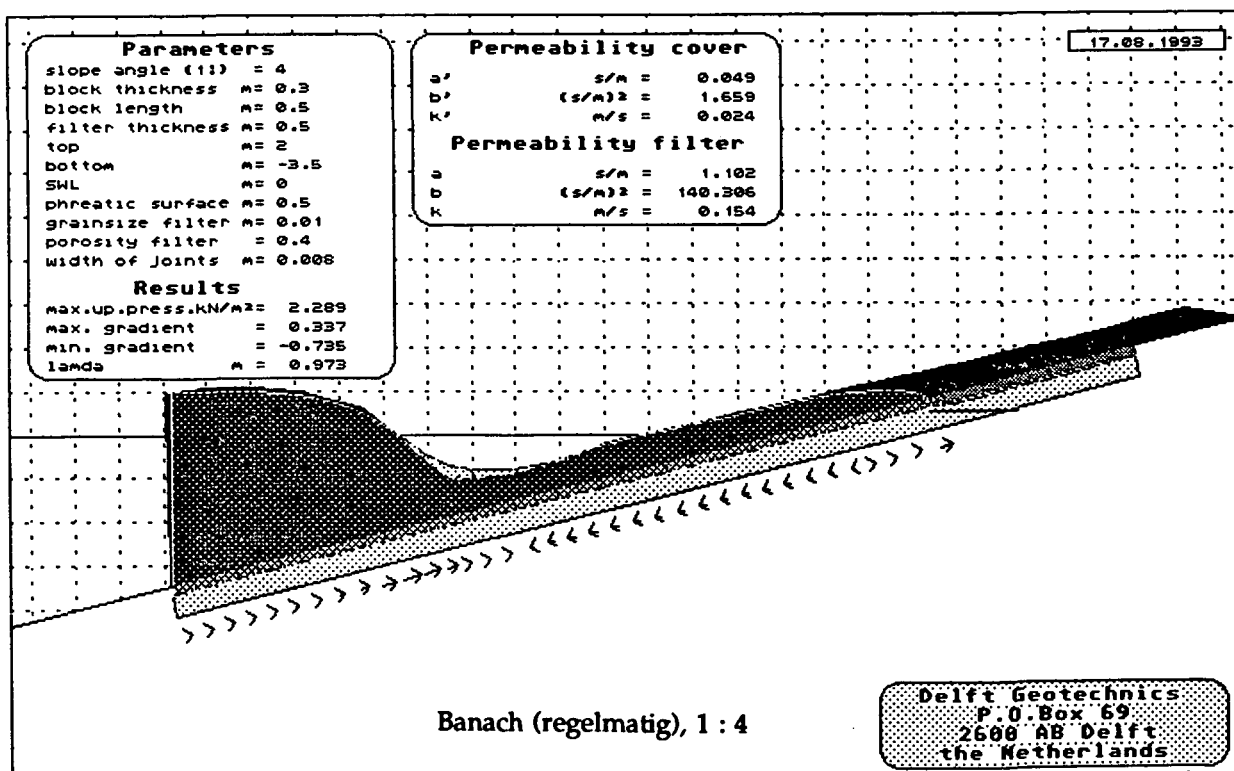
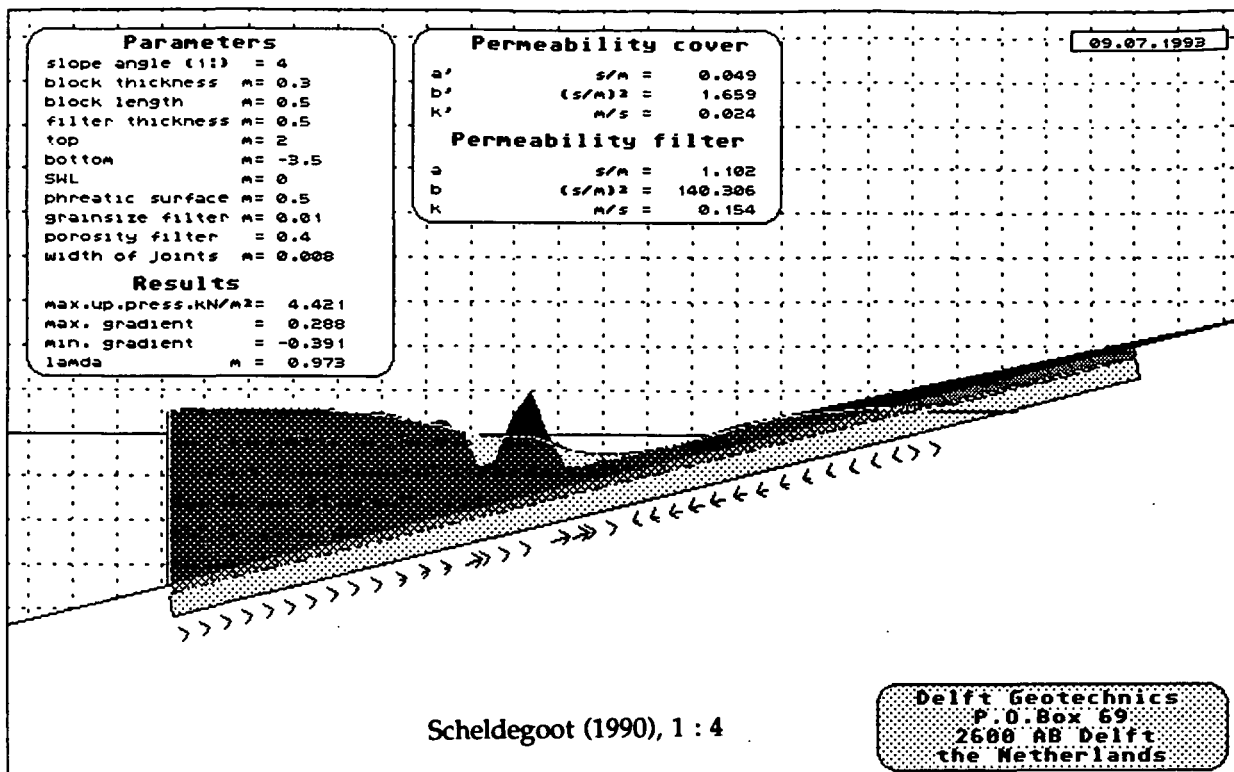
CO-340660

gez.

Onregelmatige golven

BIJL. 26

form.
A
4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug. 1993

get.
Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Helling 1 : 4, lambda = 0.973

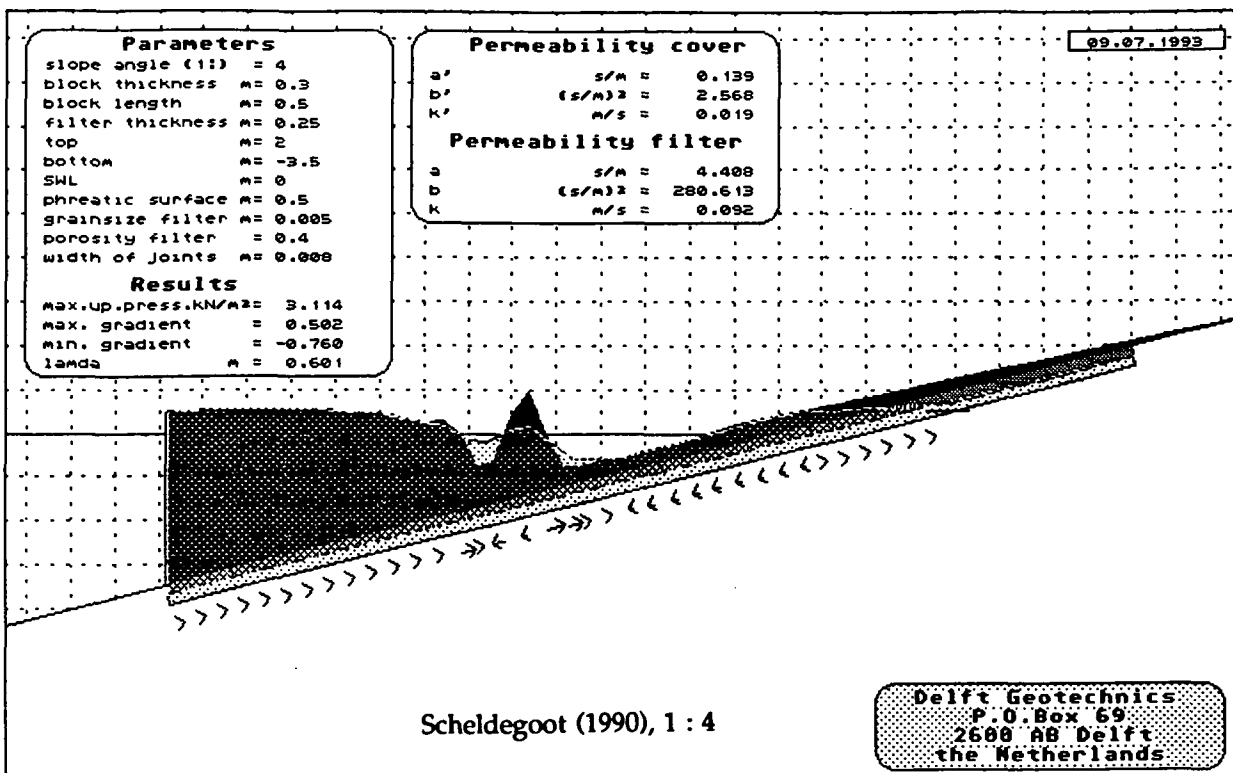
Onregelmatige golven

CO-340660

gez.

BIJL. 27

form.
A
4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug. 1993

get.
Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Helling 1 : 4, lamda = 0.601

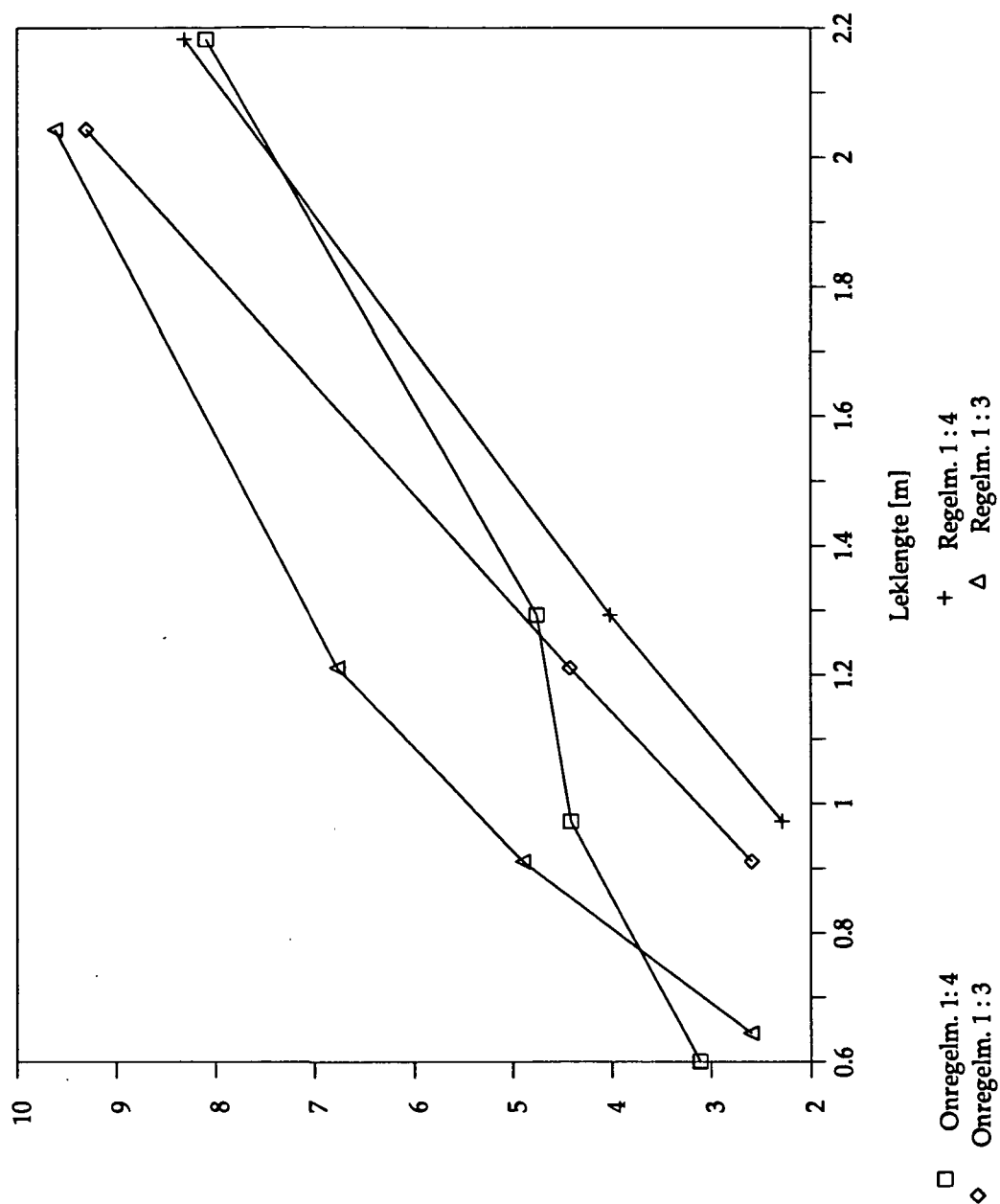
CO-340660

gez.

Onregelmatige golven

BIJL. 28

form.
A / 4



Max. verschildruk [kPa]



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug.1993

get.
Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Berekende verschildrukken als functie leklengte

CO-340660

gez.

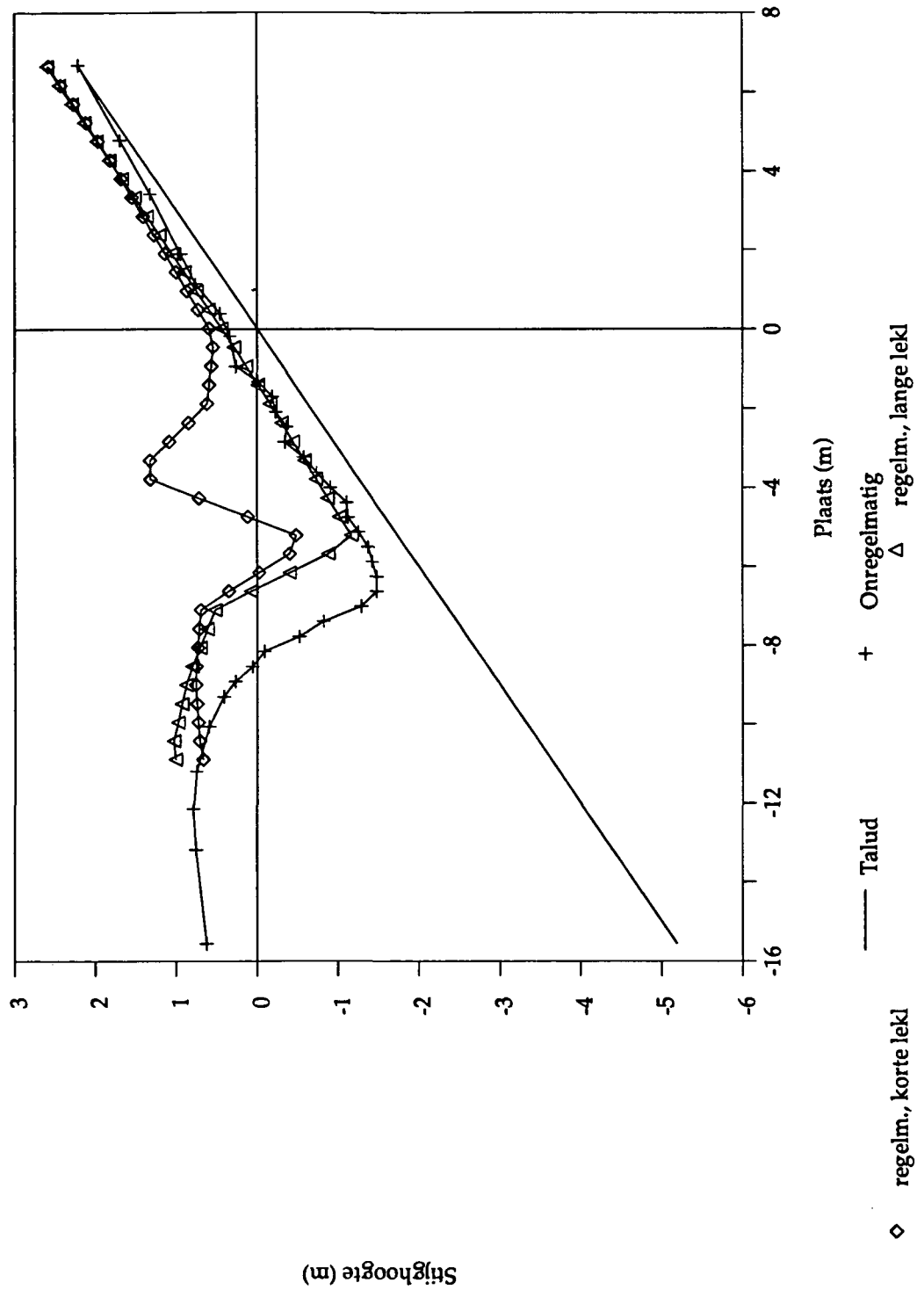
Onregelmatige golven

BIJL. 29

form.
A / 4

Golven van P3003

Maatgevende tijdstippen



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug. 93

get.
Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Vergelijking golfdruk op talud, 1 : 3

CO-340660

gez.

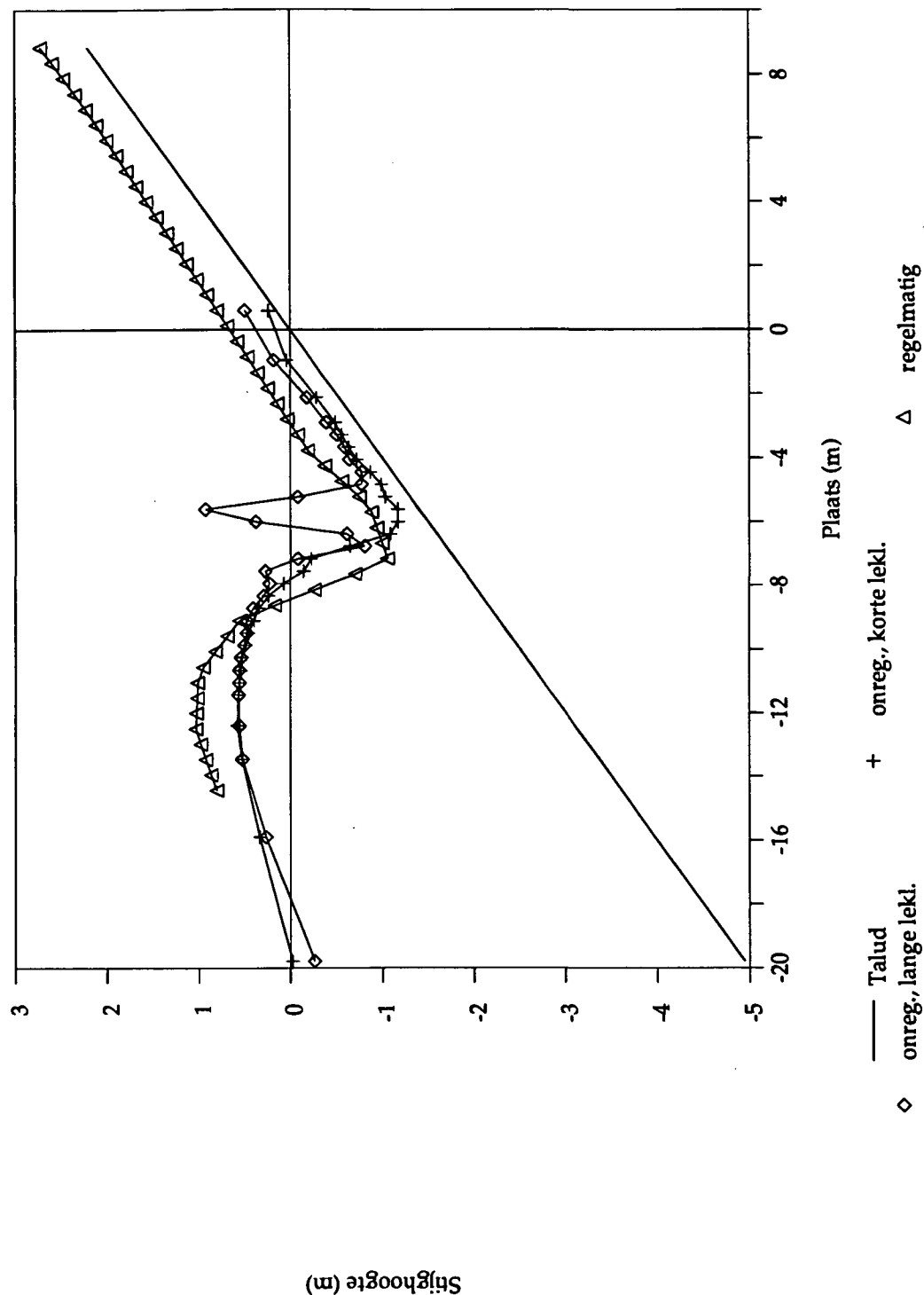
Onregelmatige golven

BIJL. 30

form.
A/4

Golven van P4003

Maatgevende tijdstippen



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft Nederland
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum
aug. 1993

get.
Std

Vergelijk regelmatig/onregelmatig
Vergelijking golfdruk op talud, 1 : 4

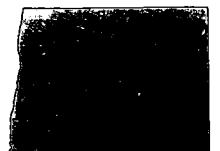
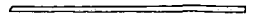
CO-340660

gez.

Onregelmatige golven

BIJL. 31

form.
A / 4



Stieltjesweg 2
Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon 015-693500
Telefax 015-610821

