

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat

Projectgroep TAW-A1

ijking en verificatie van het
computerprogramma IBREAK voor
golfoverslag

november 1991

**ijking en verificatie van het
computerprogramma IBREAK voor
golfoverslag**

R.D. Broekens



waterloopkundig laboratorium | WL

1. Rapport nr.	2. Serie nr.	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel IJking en verificatie van het computerprogramma IBREAK voor golfoverslag		5. Datum rapport November 1991	
		6. Kode uitvoerende organisatie H 638	
7. Schrijvers ir. R.D. Broekens		8. Nr. rapport uitvoerende organisatie	
9. Naam en adres opdrachtnemer Waterloopkundig Laboratorium Postbus 152 8300 AD Emmeloord		10. Projektnaam	
		11. Kontaktnummer	
12. Naam en adres opdrachtgever Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde Projectgroep TAW-A1 Postbus 5044 2600 GA Delft		13. Type rapport Eindrapport	
		14. Kode andere opdrachtgever	
15. Opmerkingen			
16. Referaat In kleinschalige modelproeven is regelmatige golfoverslag gemeten over een constructie met taluds met verschillende ruwheden. Met het computerprogramma IBREAK is de overslag berekend met verschillende waarden van de bodemwrijvingscoëfficiënt. Door vergelijking van de gemeten en de berekende overslag is IBREAK geijkt en geverifieerd. In small-scale model tests regular overtopping was measured over structures with slopes with different roughness. With the computerprogram IBREAK the overtopping has been computed with different values of the bottom-friction factor. By comparison of the measured and computed overtopping, IBREAK has been calibrated and verified.			
17. Trefwoorden golfoverslag, ruwe taluds, numeriek model		18. Distributie systeem	
19. Classificatie	20. Classificatie deze pagina	21. Aantal blz. 30	22. Prijs

SAMENVATTING

In kleinschalige modelproeven, uitgevoerd in de Scheldegoot van WL van september 1990 tot en met januari 1991 onder H1256, is onder andere in twaalf proeven overslag over een constructie onder regelmatige golfaanval gemeten. Er zijn uniforme taluds toegepast met een steilheid van 1:3 en met zes verschillende ruwheden. Deze zes taluds zijn elk twee maal beproefd. De gebruikte golfhoogte n zijn $H_i = 0,167$ m en $H_i = 0,245$ m en de gebruikte golfperiodes zijn $T = 2,53$ s en $T = 1,69$ s. De gemeten hoeveelheid overslag $q = q'/H_i\sqrt{gH_i}$ varieerde tussen $4,6 \cdot 10^{-4}$ en $18,9 \cdot 10^{-4}$.

De in deze modelproeven gemeten overslag is vergeleken met de door het computerprogramma IBREAK berekende overslag. Dit door Kobayashi et al. ontwikkelde computerprogramma berekent onder andere de waterbeweging op een talud onder golfaanval. Hierbij wordt de waterbeweging beschreven met de lange-golf vergelijkingen.

Door Broekens (1991) wordt aanbevolen voor berekeningen van de waterbeweging op gladde taluds van beton met IBREAK voor de wrijvingscoëfficiënt $f = 0,02$ te gebruiken. Met deze waarde van f is IBREAK geverifieerd voor overslag. Er wordt geconcludeerd dat ook voor de berekening van overslag over constructies met gladde taluds IBREAK een bruikbaar programma is. Ook is IBREAK geijkt voor overslag over constructies met taluds met verschillende ruwheid. Hierbij is f zodanig bepaald, dat de berekende en de gemeten overslag voor de twee proeven per talud zo goed mogelijk overeenkomen. In de onderstaande tabel zijn de uit bovenstaande ijking volgende aanbevolen waarden van f weergegeven:

betonplex:	$f = 0,02$.
betonplex met daarop blokjes die $1/25^e$ van het oppervlak beslaan:	$f = 0,12$.
betonplex met daarop blokjes die $1/9^e$ van het oppervlak beslaan:	$f = 0,17$.
betonplex met daarop horizontale latjes:	$f = 0,33$.
betonplex met daarop een filterlaag en een enkele laag steen:	$f = 0,40$.

INHOUD

LIJST VAN TABELLEN

LIJST VAN FIGUREN

LIJST VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
1.1 Opdracht.....	1
1.2 Korte beschrijving van IBREAK.....	1
1.3 Beknopt overzicht van de relevante eerder uitgevoerde verificatie.	2
1.4 Opzet van het onderzoek.....	3
2. <u>Beschrijving van de metingen</u>	4
2.1 Het proevenprogramma.....	4
2.2 De bepaling van de inkomende golf.....	4
2.3 De bepaling van de gemeten overslag.....	5
3. <u>De verificatie van IBREAK voor gladde taluds</u>	6
4. <u>De ijking van IBREAK voor golfoverslag op taluds met verschillende ruwheid</u>	7
5. <u>Conclusies en aanbevelingen</u>	9

REFERENTIES

TABELLEN

FIGUREN

BIJLAGE:

Gebruikte waarden van belangrijke invoerparameters van IBREAK

LIJST VAN TABELLEN

1. Gegevens van de modelproeven
2. Berekening van de overslag voor de proeven 3013, 3014, 3025 en 3026 met verschillende waarden van f
3. Berekende overslag voor de proeven 3045, 3046, 3065 en 3066 met verschillende waarden van f
4. Berekende overslag voor de proeven 3075, 3076, 3095 en 3096 met verschillende waarden van f

LIJST VAN FIGUREN

1. Gemeten overslag voor de proeven 3013, 3025 en 3026
2. Gemeten overslag voor de proeven 3045, 3046 en 3065
3. Gemeten overslag voor de proeven 3066, 3075 en 3076
4. Gemeten overslag voor de proeven 3095 en 3096
5. Gemeten overslag en registratie golfhoogtemeter voor proef 3014
6. Blokjes als ruwheidselementen
7. Ribbels en steenlaag als ruwheidselementen
8. De gemeten overslag en de berekende overslag van verschillende waarden van f voor een talud van betonplex
9. De gemeten overslag en de berekende overslag van verschillende waarden van f voor een talud van beton
10. De gemeten overslag en de berekende overslag van verschillende waarden van f voor een talud met blokjes (blokjes 1/25)
11. De gemeten overslag en de berekende overslag van verschillende waarden van f voor een talud met blokjes (blokjes 1/9)
12. De gemeten overslag en de berekende overslag van verschillende waarden van f voor een talud met latjes
13. De gemeten overslag en de berekende overslag van verschillende waarden van f voor een talud met een steenlaag

LIJST VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN

B	breedte van de opvangbak voor de overslag	(m)
f	wrijvingscoëfficiënt (invoerparameter IBREAK)	(-)
g	zwaartekrachtversnelling	(m/s ²)
h	waterdiepte	(m)
h _k	hoogte van de kruin van de constructie ten opzichte van de bodem van de goot	(m)
h _t	waterdiepte bij de teen van het talud ten opzichte van S.W.L.	(m)
H _i	inkomende golfhoogte	(m)
L _k	lengte van de kruin	(m)
L ₀	$L_0 = \frac{g}{2\pi} T^2$; golflengte op diep water	(m)
q'	golfoverslag per eenheid van breedte	(m ² /s)
q	$q = \frac{q'}{H_i \sqrt{g H_i}}$; dimensieloze golfoverslag	(-)
Q	totale hoeveelheid overslag in de opvangbak	(m ³)
t	tijd	(s)
T	golfperiode	(s)
u	snellheid	(m/s)
x	coördinaat langs horizontale as	(m)
z	coördinaat langs verticale as	(m)
z _b	z-coördinaat van de bodem	(m)
α	hellingshoek van het talud	(-)
δ	minimale waterdiepte (invoerparameter IBREAK)	(-)
Δt	tijdstap (invoerparameter IBREAK)	(s)
Δx	stapgrootte in x-richting (invoerparameter IBREAK)	(m)
ε ₁ , ε ₂	dempingscoëfficiënten (invoerparameters IBREAK)	(-)
ξ ₀	$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_i/L_0}}$; surf similarity parameter	(-)
η	uitwijking van het vrije wateroppervlak ten opzichte van S.W.L.	(m)

IJKING EN VERIFICATIE VAN HET COMPUTERPROGRAMMA IBREAK VOOR GOLFOVERSLAG

1. Inleiding

1.1 Opdracht

In het kader van onderzoek naar belastingen op waterkeringen door de projectgroep TAW-A1 is aan WL (Waterloopkundig Laboratorium) opdracht gegeven het programma IBREAK te verifiëren voor golfoverslag. Dit onderzoek en de rapportage ervan is uitgevoerd door ir. R.D. Broekens.

1.2 Korte beschrijving van IBREAK

IBREAK (Impermeable BREAKwater) is een computerprogramma voor de berekening van de waterbeweging op ondoorlatende kustwaterbouwkundige constructies. Het programma is ontwikkeld door Kobayashi et al. Het programma berekent de waterbeweging op een ondoorlatend talud onder golfaanval. Door Kobayashi en Wurjanto (1989 a) wordt de werking van IBREAK beschreven en wordt verwezen naar literatuur waarin de werking en de verificatie van verschillende toepassingen van IBREAK uitgebreider beschreven wordt.

In IBREAK wordt de waterbeweging beschreven met de één-dimensionale lange-golf vergelijkingen. Deze vergelijkingen zijn:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{\partial z_b}{\partial x} = - \frac{f|u|u}{2h}$$

Dit betekent:

- Er kunnen slechts loodrecht op de constructie inkomende golven beschreven worden.
- De druk is hydrostatisch.
- De snelheid is over de diepte gemiddeld.
- Brekende golven kunnen niet worden weergegeven, maar worden benaderd met een bore.

Verder is de snelheid in horizontale richting gedefiniëerd. De bewegingsvergelijking bevat een bodemwrijvingsterm met een wrijvingscoëfficiënt f . Met de waarde van f kan de ruwheid van de bodem in rekening gebracht worden. De lange-golf vergelijkingen worden numeriek opgelost met een expliciete eindige-differentie methode (Lax-Wendroff). De differentievergelijking bevat een dempingsterm, om numerieke slingering die ontstaat bij een steil golf-front te dempen.

1.3 Beknopt overzicht van de relevante eerder uitgevoerde verificatie

Door Kobayashi en Watson (1987) is IBREAK geverifiëerd voor gladde taluds aan de hand van de druk op het talud, de golfoploop en de golfneerloop. In het algemeen wordt geconcludeerd dat het programma toepasbaar is voor gladde taluds, hoewel er nog wel een kwantitatieve formule nodig is voor f als functie van de ruwheid van het talud en het Reynolds-getal. Er wordt voorlopig voor gladde taluds een waarde van $f = 0,05$ aangenomen.

De verificatie van IBREAK met betrekking tot golfoverslag wordt beschreven door Kobayashi en Wurjanto (1989b). Zij vergelijken de berekende en de gemeten overslag van 20 kleinschalige modelproeven met gladde taluds en regelmatige golven en vinden een redelijk goede overeenstemming tussen de gemeten en berekende overslag, hoewel voor de proeven met een lage surf similarity parameter ($\xi = 1,97$) de berekende overslag te laag is. De berekeningen zijn uitgevoerd met de door Kobayashi en Watson (1987) aanbevolen waarde van $f = 0,05$.

Door Broekens (1991) is IBREAK geverifieerd voor gladde taluds aan de hand van de golfoploop, de golfneerloop, de snelheid en de druk op het talud. Voor gladde taluds wordt voor de wrijvingscoëfficiënt $f = 0,02$ aanbevolen. Verder wordt geconcludeerd dat op gladde taluds de snelheid en de golfoploop redelijk nauwkeurig worden berekend, terwijl de druk en de golfneerloop niet nauwkeurig worden berekend.

IBREAK is ook geverifieerd door vergelijking met modelproeven met ruwe taluds. Kobayashi, Otta en Roy (1987) gebruiken een waarde van $f = 0,30$ voor grootschalige modelproeven met een ondoorlatend talud met daarop een filterlaag en een stortsteenlaag met een dikte van 1,5 à 2 maal de mediane steen-

diameter. Kobayashi en Greenwald (1988) gebruiken voor kleinschalige modelproeven met een talud van een op hout gelijmde enkele laag steen waarden van f tussen 0,05 en 0,20. Deze lagere waarden dan de bovengenoemde waarde $f = 0,30$ kunnen worden verklaard door de afwezigheid van de filterlaag en de kleinere dikte van de toplaag.

1.4 Opzet van het onderzoek

Van september 1990 tot en met januari 1991 is in de Scheldegoot van WL modelonderzoek verricht naar de waterbeweging op taluds. De tijdens dit onderzoek verrichte metingen worden beschreven door De Waal en Veldman (WL-verslag H1256; 1991). Onder andere is tijdens een aantal proeven de overslag bij regelmatige loodrecht inkomende golfaanval op een uniform talud gemeten. Hierbij zijn taluds met verschillende ruwheid toegepast. Met IBREAK is de overslag voor deze proeven berekend. De berekende en de gemeten overslag zijn vervolgens vergeleken. Er zijn twee deelonderzoeken uitgevoerd:

- De verificatie van IBREAK voor gladde taluds voor overslag. Dit is een uitbreiding van de verificatie op gladde taluds uitgevoerd door Broekens (1991). Voor deze verificatie wordt de door Broekens (1991) voor gladde taluds aanbevolen waarde van $f = 0,02$ gebruikt.
- De ijking van IBREAK voor taluds met verschillende ruwheid voor overslag. Voor elke ruwheid wordt een geschikte waarde van f bepaald.

De in dit verslag beschreven berekeningen zijn uitgevoerd op de CONVEX mainframe computer bij ECN. De rekentijd bedroeg 1 à 3 minuten. Enkele voor alle proeven gebruikte waarden van invoerparameters van IBREAK zijn weergegeven in Bijlage I.

In hoofdstuk 2 worden relevante aspecten van de modelproeven in de Scheldegoot beschreven. De verificatie voor gladde taluds wordt behandeld in hoofdstuk 3. De ijking voor taluds met verschillende ruwheden wordt beschreven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2. Beschrijving van de metingen

2.1 Het proevenprogramma

Van september 1990 tot en met januari 1991 is in de Scheldegoot kleinschalig modelonderzoek verricht, waarbij onder andere overslag over een uniform talud onder regelmatige golfaanval is gemeten. Er zijn taluds met zes verschillende ruwheden gebruikt. Alle zes taluds zijn twee maal beproefd met verschillende inkomende golven zodat ijking en verificatie van IBREAK voor verschillende waarden van ξ_0 mogelijk is. De inkomende golven waren dezelfde voor de zes taluds. De kruinhoogte van de constructie is voor de verschillende proeven gevarieerd om een voor meting geschikte hoeveelheid overslag te krijgen. Omdat de overslag tijdens proef 3065 hoog was, is de kruinhoogte voor proef 3066 verhoogd. De gegevens van de modelproeven zijn weergegeven in Tabel 1.

Voor de proeven 3013 en 3014 is een glad talud van beton toegepast. Voor de proeven 3025 en 3026 is een zeer glad talud van betonplex toegepast. Voor de proeven 3045 en 3046 is een talud van betonplex met daarop houten blokjes toegepast (zie Figuur 6). De afstand van de blokjes is zodanig dat $1/9^e$ deel van het oppervlak door de blokjes in beslag wordt genomen. Dit talud wordt in dit verslag verder aangeduid met "blokjes $1/9$ ". Voor de proeven 3065 en 3066 is ook een talud van betonplex met daarop houten blokjes toegepast (zie Figuur 6). De afstand tussen de blokjes is voor deze proeven zodanig dat $1/25^e$ deel van het oppervlak door de blokjes in beslag wordt genomen. Dit talud wordt in dit verslag verder aangeduid met "blokjes $1/25$ ". Voor de proeven 3075 en 3076 is een talud van betonplex toegepast, waarop houten latjes zijn bevestigd (zie Figuur 7). Dit talud wordt in dit verslag verder aangeduid met "latjes". Voor de proeven 3095 en 3096 is een talud toegepast dat is opgebouwd uit een filterlaag en een laag steen met een dikte van één diameter (zie Figuur 7). Dit talud wordt in dit verslag verder aangeduid met "steen".

2.2 De bepaling van de inkomende golf

In de goot zijn twee golfhoogtemeters geplaatst. Door interferentie van de inkomende en de gereflecteerde golven ontstaat een golfpatroon met knopen en buiken. Eén van de golfhoogtemeters is in een buik geplaatst en de andere

golfhoogtemeter is in een knoop geplaatst. De plaats van de buik en de knoop zijn visueel vastgesteld. Hoewel het golfschot zodanig is ingesteld, dat de de inkomende golf regelmatig is, is het gemeten signaal van de uitwijking van het vrije oppervlak door de golfhoogtemeters niet geheel regelmatig. Daarom wordt voor de maximale uitwijking van het vrije oppervlak ter plaatse van de twee golfhoogtemeters de waarde genomen die door 50% van de maxima wordt onderschreden. Uit de twee metingen van deze gemiddelde maximale uitwijking wordt voor elke proef H_1 bepaald.

Uit deze bepaling van H_1 volgen niet voor alle zes taluds dezelfde twee waarden van H_1 . Er wordt aangenomen dat dit wordt veroorzaakt door onnauwkeurigheid van de meting en dat alle zes taluds met dezelfde twee waarden van H_1 zijn getest. Voor de waarde van H_1 is het gemiddelde van de zes gemeten waarden van H_1 van de zes taluds aangenomen. Deze gemiddelde waarden van H_1 zijn weergegeven in Tabel 1. De maximale afwijking van een meting ten opzichte van het gemiddelde bedroeg 10%.

2.3 De bepaling van de gemeten overslag

De overslag is gemeten in een opvangbak. In deze bak is met een golfhoogtemeter het verloop van het waterniveau in de tijd bepaald. Hieruit is het verloop van de cumulatieve overslag Q in de tijd berekend. Dit is weergegeven in de Figuren 1 t/m 5. Het blijkt dat vooral voor de proeven 3045, 3046, 3066, 3076 en 3014 de snelheid waarmee Q toeneemt, varieert. Dit betekent dat de waarde van q in de tijd varieert. Het blijkt dus dat deze variatie vooral optreedt bij de proeven met een grote golfhoogte. Hiervoor is geen verklaring gevonden. De waarde van q is in deze gevallen bepaald door de gemiddelde overslag te bepalen gedurende de periode waarin H_1 bepaald is. Ter illustratie is de bepaling van q voor proef nr. 3014 weergegeven in Figuur 5. De waarde van H_1 is bepaald uit de registratie van de twee golfhoogtemeters tussen $t = 200$ s en $t = 370$ s. In Figuur 5 is één van deze golfhoogte-registraties weergegeven. Er is rekening gehouden met het tijdsverschil tussen het passeren van de golfhoogtemeter door een golf en het veroorzaken van golfoverslag door deze golf. Dit tijdsverschil bedroeg ongeveer 10 s en is bepaald door in de figuur het tijdsverschil te bepalen tussen het einde van de inkomende golftrein bij de golfhoogtemeter en het einde van de toename van de overslag Q . De totale overslag tijdens de periode waarin H_1 bepaald is, bedraagt 10,17 l.

3. De verificatie van IBREAK voor gladde taluds

Door Broekens (1991) wordt aanbevolen voor berekeningen van de waterbeweging op gladde taluds met IBREAK voor de wrijvingscoëfficiënt $f = 0,02$ te gebruiken. Met gladde taluds wordt daarin bedoeld:

- taluds met een steenzetting bij modelproeven op grote schaal
- taluds van beton bij modelproeven op kleine schaal

Er zijn 2 proeven uitgevoerd (3013 en 3014) met regelmatige golven en golf-overslag op een glad talud van beton. In Tabel 1 zijn de gegevens van de modelproeven weergegeven. In IBREAK is voor de wrijvingscoëfficiënt een waarde van $f = 0,02$ ingevoerd. De berekende en de gemeten overslag en de onderlinge afwijkingen zijn weergegeven in de onderstaande tabel:

q (-)	3013	3014
gemeten	4,6	5,6
berekend	18,9	9,5
rel. afw.	311%	70%

De relatieve afwijking is als volgt gedefinieerd:

$$\text{rel. afw.} = \frac{\text{gemeten waarde} - \text{berekende waarde}}{\text{gemeten waarde}}$$

Bij de beoordeling van overslag over een constructie worden soms klassen gehanteerd waarbij de waarde van de bovengrens van de overslag tien maal de waarde van de ondergrens is (bijvoorbeeld van 1 l/m¹ tot 10 l/m¹). IBREAK is bij het indelen van de overslag over een constructie in bovengenoemde klassen een bruikbaar programma.

4. De ijking van IBREAK voor golfoverslag op taluds met verschillende ruwheid

Omdat het vooraf niet bekend is welke waarde van f gebruikt moet worden voor de taluds met een andere ruwheid dan het talud van beton, moet IBREAK worden geijkt. Voor elk talud (ook het talud van beton) zijn berekeningen met IBREAK uitgevoerd met verschillende waarden van f . De optimale waarde van f is zodanig bepaald, dat de afwijkingen tussen de berekende en de gemeten overslag voor de twee proeven met verschillende inkomende golven zo klein mogelijk zijn. De resultaten zijn weergegeven in de Tabellen 2 t/m 4 en in de Figuren 8 t/m 13. In de Figuren 8 t/m 13 hebben de verschillende waarden van f geen betrekking op de gemeten waarden van q . De gemeten waarden zijn als een horizontale lijn weergegeven om het snijpunt met de grafiek van de berekende waarden te bepalen. Er zijn alleen waarden van f overwogen op onderlinge afstand van 0,01 of 0,005. De optimale waarden van f en de bijbehorende gemiddelde relatieve afwijking zijn hieronder weergegeven.

ruwheid	f	gemiddelde relatieve afwijking
betonplex	0,02	38%
beton	0,03	35%
blokjes 1/25	0,12	40%
blokjes 1/9	0,17	19%
latjes	0,33	57%
steen	0,40	84%

De overslag op een glad talud van beton wordt het meest nauwkeurig berekend met $f = 0,03$. Door Broekens (1991) wordt echter aanbevolen voor de berekening van de waterbeweging op taluds van beton $f = 0,02$ te gebruiken. Deze waarde $f = 0,02$ is bepaald door ijking voor de neerwaartse snelheid. De neerwaartse snelheid op een glad talud wordt sterk bepaald door de hoogte van de oploop en de bodemwrijving. De oploop wordt ongeacht de waarde van f (voor waarden tussen 0,02 en 0,05) redelijk nauwkeurig door IBREAK berekend. Door ijking voor de neerwaartse snelheid wordt daarom een waarde van f bepaald, waarmee de bodemwrijving in het numerieke model zo goed mogelijk de werkelijke bodemwrijving beschrijft. Hierbij wordt aangenomen dat met de andere dissipatieterm in het numerieke model, namelijk de numerieke dempingsterm, de overige dissipatie beschreven wordt. De twee dempingscoëfficiënten in deze term zijn $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 1,1$ gesteld. Deze waarden zijn ook

gebruikt door Kobayashi, Otta en Roy (1987). Als IBREAK wordt geijkt voor overslag, dan wordt de bodemwrijvingsterm in het numerieke model gebruikt als algemene dissipatieterm. Hierdoor kan uit deze ijking een andere waarde van f volgen.

Tijdens de ijking voor de neerwaartse snelheid zijn alleen de waarden $f = 0$, $f = 0,02$ en $f = 0,05$ overwogen. De mogelijkheid bestaat dus dat $f = 0,03$ ook bij ijking voor de neerwaartse snelheid een betere waarde blijkt te zijn dan $f = 0,02$.

Voor het "steen" talud wordt een waarde van $f = 0,40$ gevonden. Deze waarde is hoger dan de door Kobayashi, Otta en Roy (1987) gebruikte waarde $f = 0,30$ (zie paragraaf 1.3). Omdat enerzijds het talud in de beide onderzoeken niet precies gelijk was en omdat anderzijds zowel de ijking van Kobayashi et al. als de ijking in dit onderzoek beperkt is, wordt geconcludeerd dat de gevonden waarden van f redelijk met elkaar in overeenstemming zijn.

IBREAK is niet eerder geijkt voor de overige taluds (zie paragraaf 1.3), zodat verdere vergelijking van de gevonden waarden van f niet mogelijk is.

5. Conclusies en aanbevelingen

Door Broekens (1991) wordt aanbevolen voor berekeningen van de waterbeweging op gladde taluds van beton met IBREAK voor de wrijvingscoëfficiënt $f = 0,02$ te gebruiken. Met deze waarde van f is IBREAK geverifieerd voor overslag. Bij de beoordeling van overslag over een constructie worden soms klassen gehanteerd waarbij de waarde van de bovengrens van de overslag tien maal de waarde van de ondergrens is (bijvoorbeeld van 1 l/m^1 tot 10 l/m^1). Voor deze beoordeling blijkt IBREAK met $f = 0,02$ de overslag over constructies met gladde taluds nauwkeurig genoeg te berekenen.

Ook is IBREAK geijkt voor overslag over constructies met taluds met verschillende ruwheid. Hierbij is f zodanig gevarieerd, dat de berekende en de gemeten overslag voor de twee proeven per talud zo goed mogelijk overeenkomen. De gemiddelde relatieve afwijking voor de twee proeven per talud was maximaal 84 %. In de onderstaande tabel zijn de met de ijking voor overslag gevonden waarden van f op taluds met een andere ruwheid dan het talud van beton weergegeven.

ruwheid	f
betonplex	0,02
blokjes 1/25	0,12
blokjes 1/9	0,17
latjes	0,33
steen	0,40

Voor het talud van beton wordt bij deze ijking de waarde $f = 0,03$ gevonden in plaats van de door Broekens (1991) gevonden waarde $f = 0,02$. De waarde $f = 0,02$ is gevonden met ijking voor de neerwaartse snelheid. Bij de ijking voor de neerwaartse snelheid wordt een waarde van f gevonden, waarmee de bodemwrijving in IBREAK zo goed mogelijk overeenkomt met de werkelijke bodemwrijving. Bij de ijking voor overslag wordt voor f een waarde gevonden, waarmee de bodemwrijvingsterm in IBREAK wordt gebruikt als algemene dissipatieterm. Het verschil in de gevonden waarden van f kan hierdoor verklaard worden.

Omdat bij de ijking van IBREAK voor de neerwaartse snelheid alleen de waarden $f = 0$, $f = 0,02$ en $f = 0,05$ zijn gebruikt en dus de waarde $f = 0,03$ niet

is overwogen, is het mogelijk dat voor een glad talud van beton dit een betere waarde is dan $f = 0,02$. Er wordt dan ook aanbevolen de door Broekens (1991) uitgevoerde ijking uit te breiden. Verder wordt aanbevolen hierin ook de gevoeligheid van de resultaten van IBREAK voor de waarde van de dempingscoëfficiënten te betrekken, omdat dan beter inzicht in de totale dissipatie in het numerieke model wordt verkregen.

Voorlopig wordt voor berekeningen op een glad talud van beton de waarde van $f = 0,02$ aanbevolen, omdat met deze waarde de neerwaartse snelheid redelijk nauwkeurig wordt berekend en omdat IBREAK dan ook voor het berekenen van overslag een bruikbaar programma is.

REFERENTIES

Broekens, R.D., 1991.

Verificatie van het computerprogramma IBREAK.

Verslag Waterloopkundig Laboratorium, H 638.

Kobayashi, N. and Greenwald, J.H., 1988.

Waterline oscillation and riprap movement.

Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol. 114,
No. 3.

Kobayashi, N., Otta, A.K. and Roy, I., 1987.

Wave reflection and runup on rough slopes.

Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol. 113,
No. 3.

Kobayashi, N. and Watson, K.D., 1987.

Wave reflection and runup on smooth slopes.

Proc. Coastal Hydrodynamics.

Kobayashi, N. and Wurjanto, A., 1989a.

Numerical model for design of impermeable coastal structures.

Research Report No. CE-89-75.

Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering,
University of Delaware.

Kobayashi, N. and Wurjanto, A., 1989b.

Wave overtopping on coastal structures.

Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol. 115,
No. 2.

Waal, J.P. de en Veldman, J.J., 1991.

Waterbeweging op gladde taluds.

Meetverslag Waterloopkundig Laboratorium, H1256.

proef nr.	H_i (m)	T (s)	ruwheid	h_k (m)	q' (m^2/s) $\times 10^{-4}$ (gemeten)	q (-) $\times 10^{-4}$ (gemeten)
3013	0,167	2,53	beton	0,970	1,0	4,6
3014	0,245	1,69	beton	0,970	2,1	5,6
3025	0,167	2,53	betonplex	0,970	3,1	14,3
3026	0,245	1,69	betonplex	0,970	6,5	17,1
3045	0,167	2,53	blokjes 1/9	0,880	1,0	4,8
3046	0,245	1,69	blokjes 1/9	0,880	5,3	14,0
3065	0,167	2,53	blokjes 1/25	0,880	3,4	16,1
3066	0,245	1,69	blokjes 1/25	0,910	4,2	11,2
3075	0,167	2,53	latjes	0,835	3,1	14,4
3076	0,245	1,69	latjes	0,835	7,2	18,9
3095	0,167	2,53	steen	0,824	3,4	16,0
3096	0,245	1,69	steen	0,824	5,5	14,4

Voor alle proeven geldt:

$$\cot(\alpha) = 3$$

$$B = 0,28 \text{ m}$$

$$h_t = 0,60 \text{ m}$$

$$L_k = 0,15 \text{ m}$$

Tabel 1 Gegevens van de modelproeven

f (-)	q (-)			
	3013	3014	3025	3026
0	-	-	-	-
0,01	44,6	19,6	44,6	19,6
0,02	18,9	9,5	18,9	9,5
0,025	11,5	6,3	11,5	6,3
0,030	6,2	3,6	6,2	3,6
0,035	2,8	2,2	2,8	2,2
0,040	0,7	1,4	0,7	1,4
0,050	0	0,03	0	0,03

Voor $f = 0$ trad numerieke instabiliteit op.

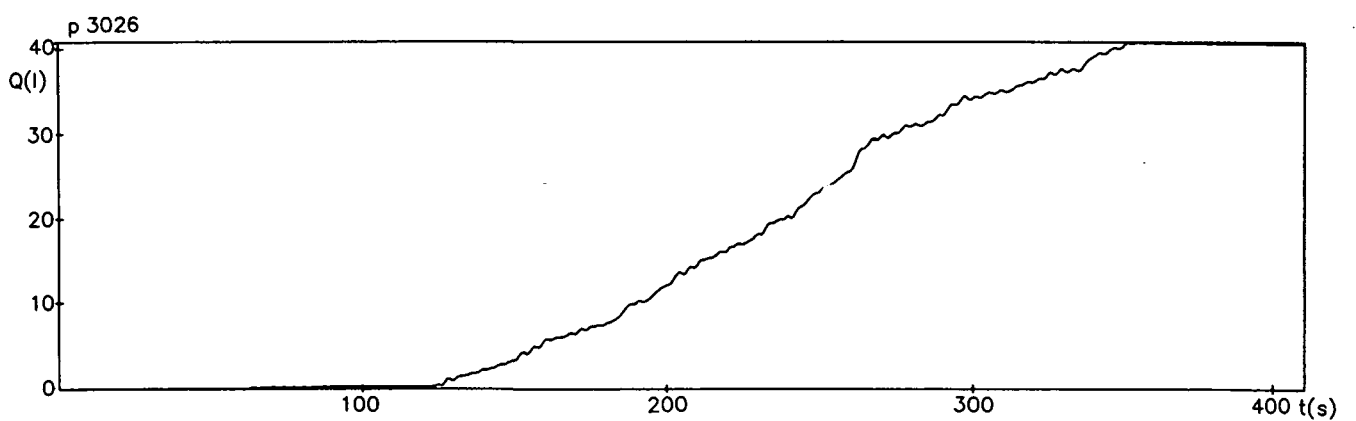
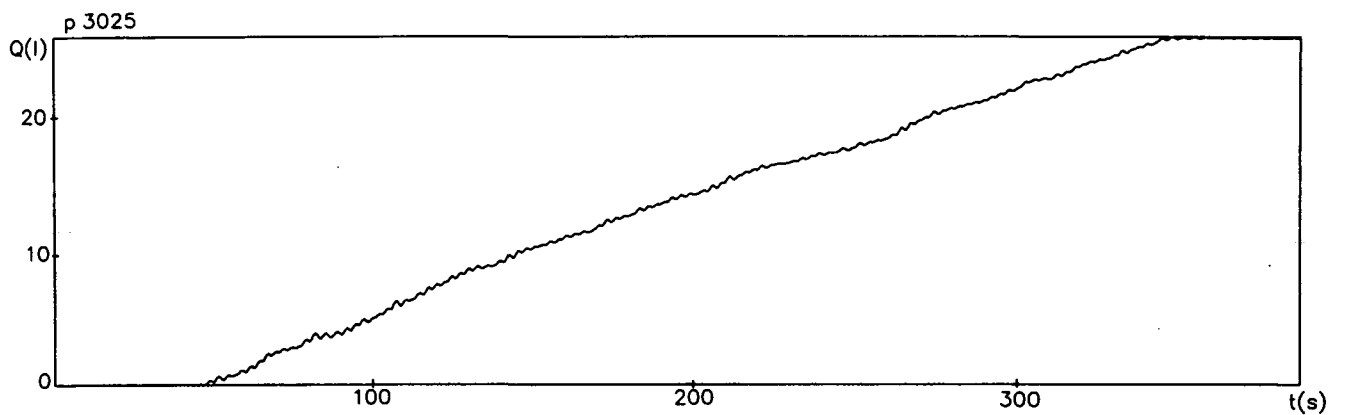
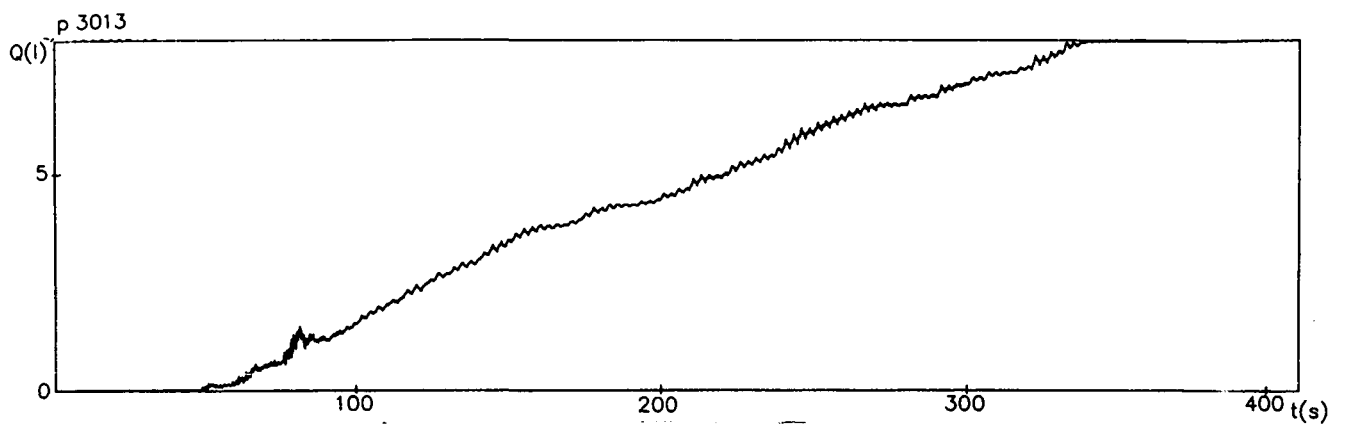
Tabel 2 Berekening van de overslag voor de proeven 3013, 3014, 3025 en 3026 met verschillende waarden van f

f (-)	q (-)			
	3045	3046	3065	3066
0,04	122,07		122,07	
0,08	55,41		55,41	
0,11				9,06
0,12	22,29		22,29	6,63
0,13	17,04		17,04	4,72
0,14	12,71		12,71	
0,15	9,18		9,18	
0,16	6,34	20,06	6,34	
0,17	4,07	17,19	4,07	
0,18	2,46	14,64	2,46	
0,19		12,37		
0,20	0,58		0,58	

Tabel 3 Berekende overslag voor de proeven 3045, 3046, 3065 en 3066 met verschillende waarden van f

f (-)	q (-)			
	3075	3076	3095	3096
0,20	45,66			
0,28	15,24	42,21		
0,30	10,69		22,02	
0,32	7,31	31,61		
0,33	5,93	29,32		
0,34			12,53	
0,37		21,37		
0,38		19,64		
0,40			4,38	28,03
0,46				18,06
0,50				13,16

Tabel 4 Berekende overslag voor de proeven 3075, 3076, 3095 en 3096 met verschillende waarden van f

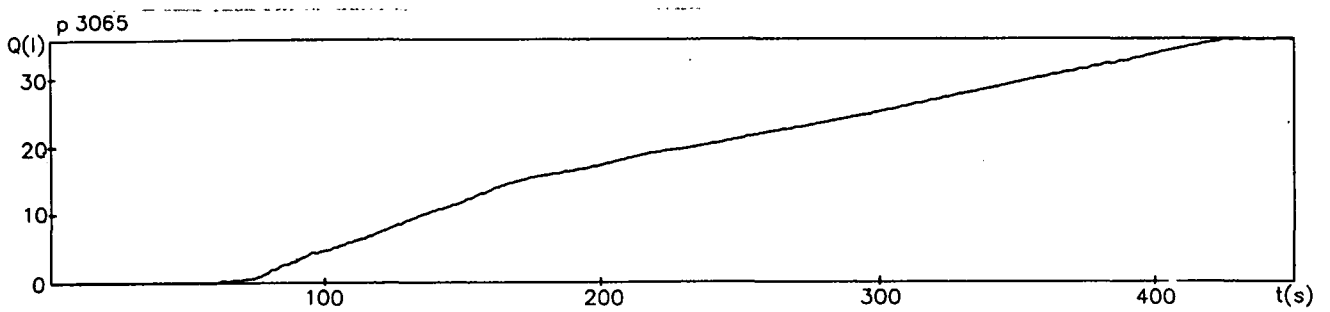
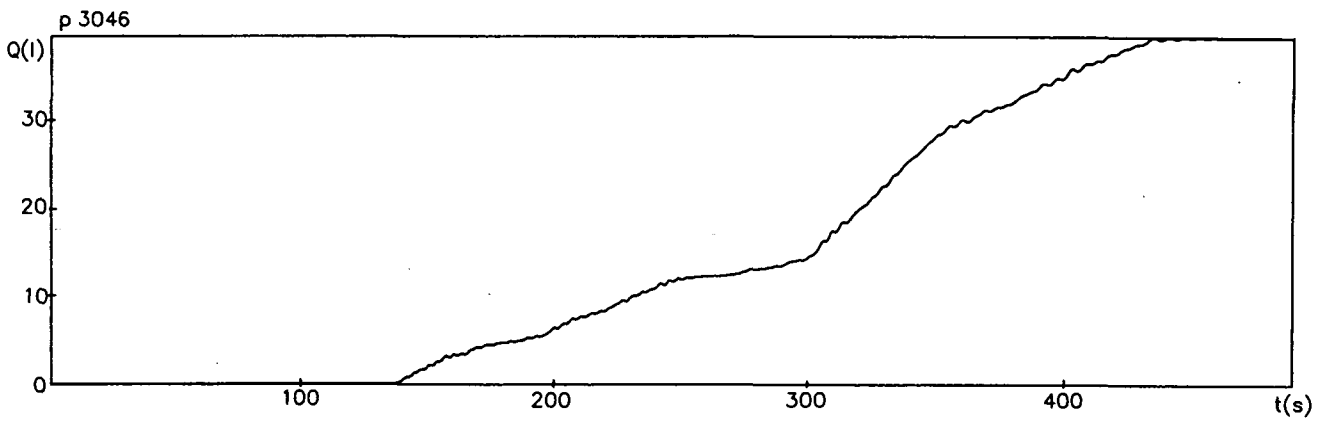
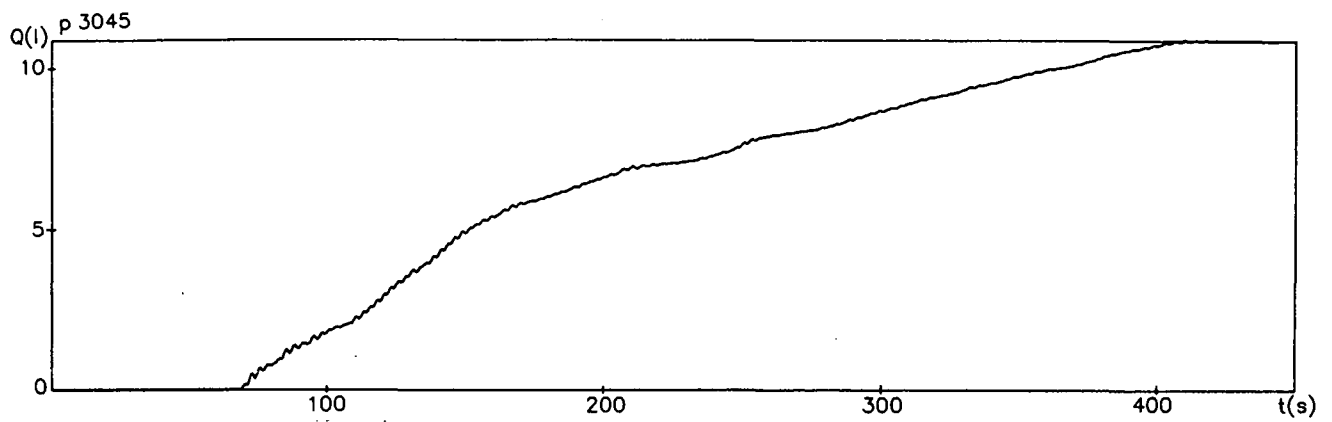


GEMETEN OVERSLAG VOOR DE PROEVEN 3013,
3025 EN 3026

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 638

FIG. 1

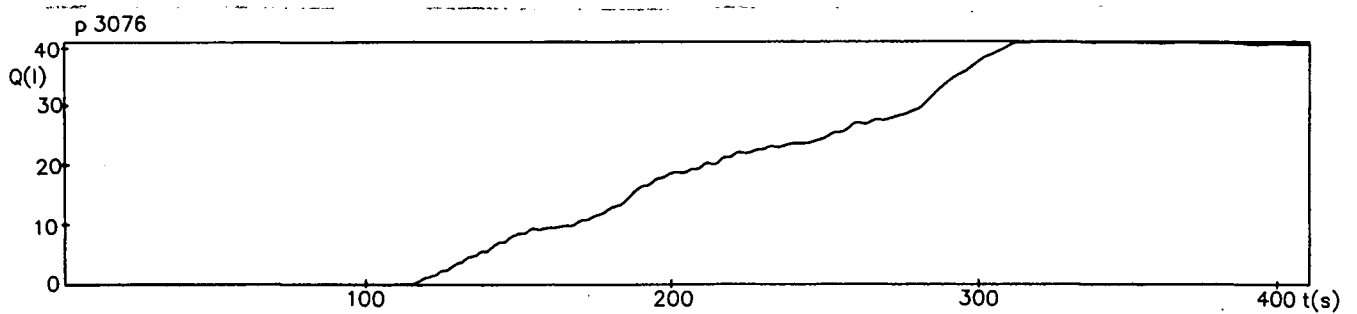
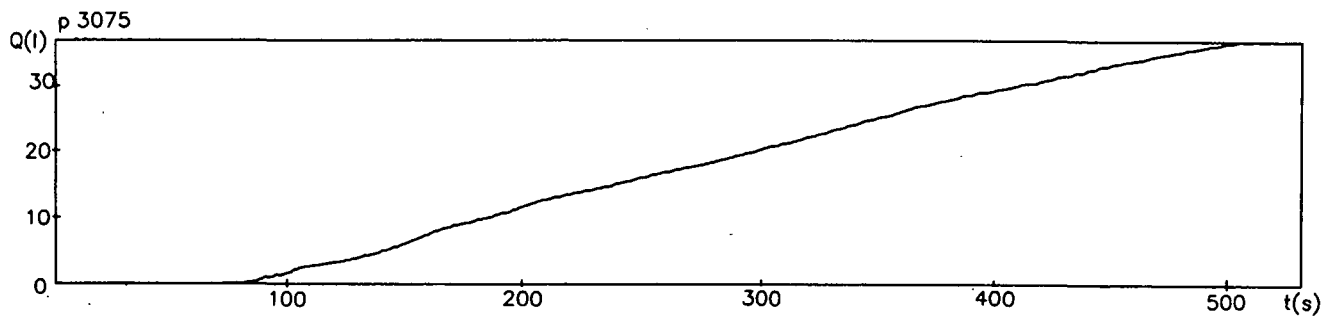
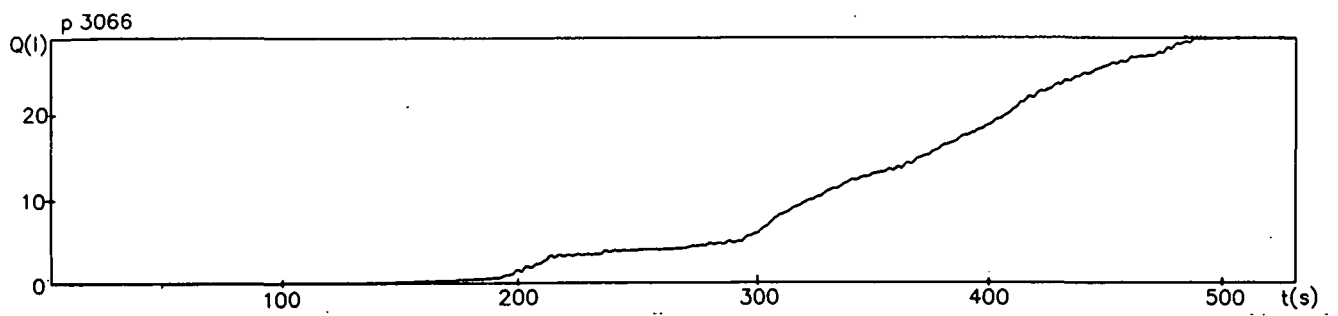


GEMETEN OVERSLAG VOOR DE PROEVEN 3045,
3046 EN 3065

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 638

FIG. 2

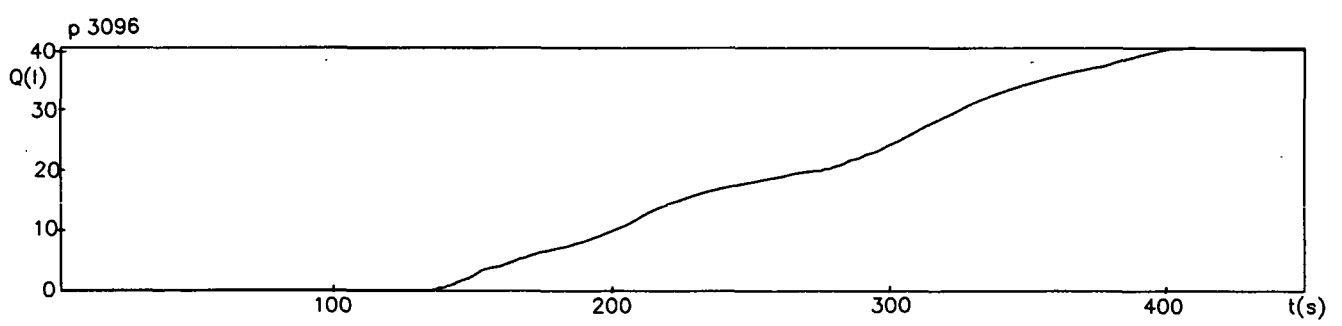
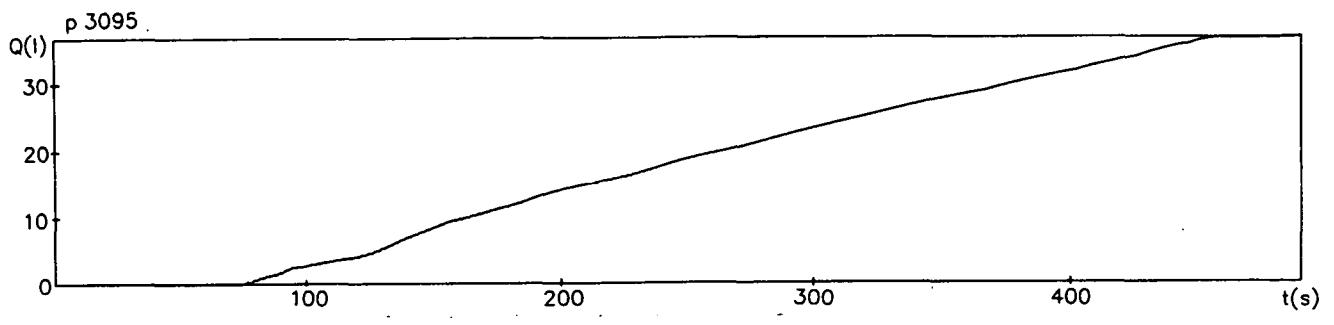


GEMETEN OVERSLAG VOOR DE PROEVEN 3066,
3075 EN 3076

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 638

FIG. 3

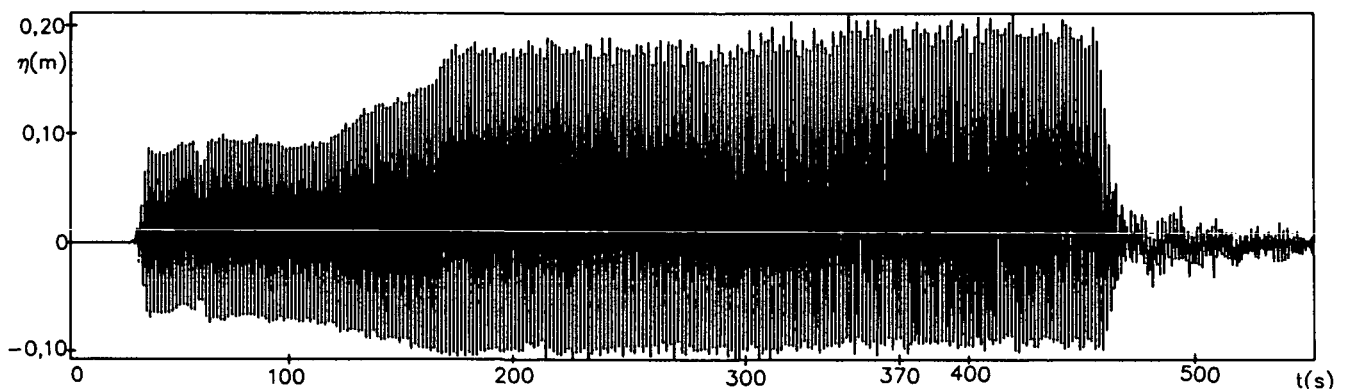
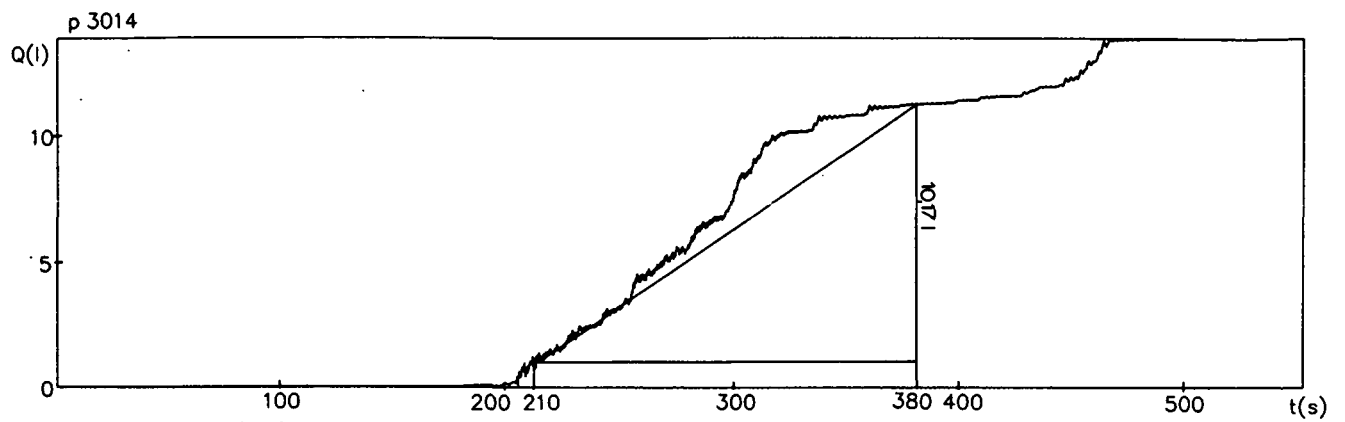


GEMETEN OVERSLAG VOOR DE PROEVEN
3095 EN 3096

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 638

FIG. 4

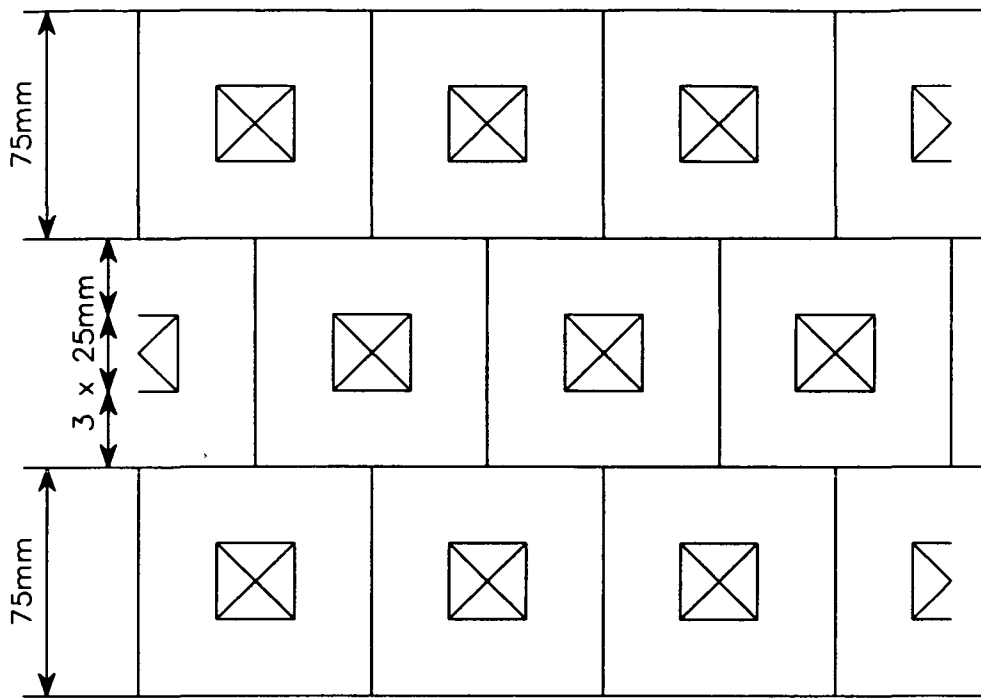


GEMETEN OVERSLAG EN REGISTRATIE
 GOLFHOOGTEMETER IN DE GOOT
 T.P.V. EEN BUIK VOOR PROEF 3014

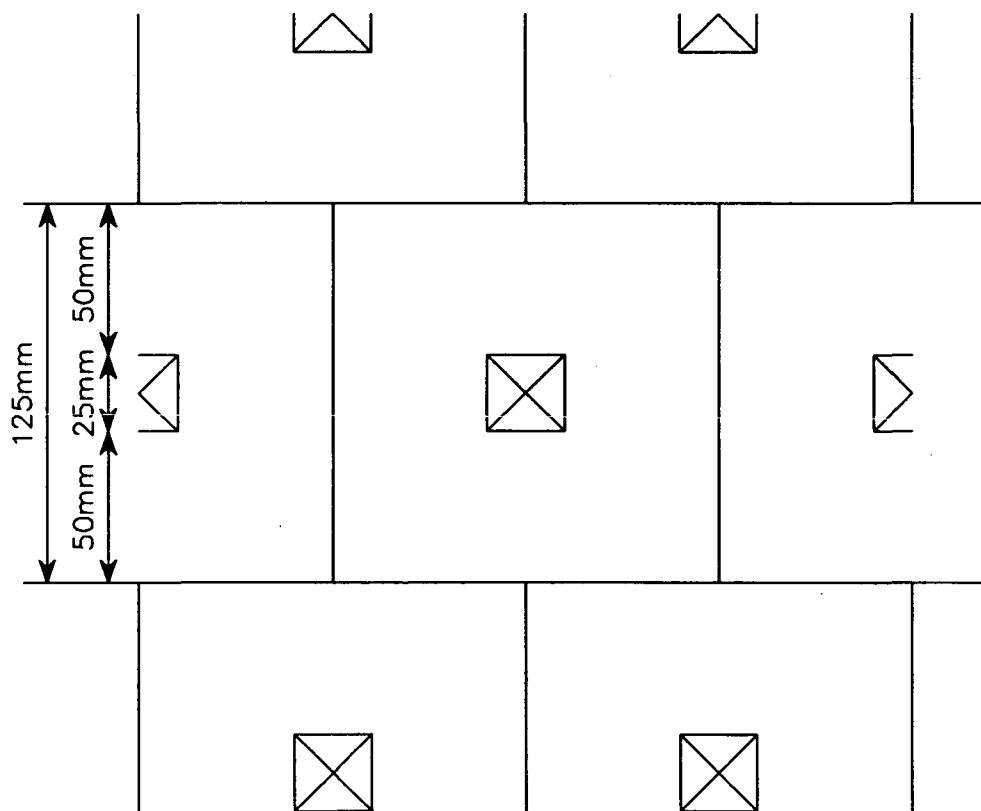
DELFT HYDRAULICS

H 638

FIG. 5



1/9 blokjes p 3045/3046



1/25 blokjes p 3065/3066

blokjes 25 x 25 x 22mm

BLOKJES ALS RUWHEIDSELEMENTEN

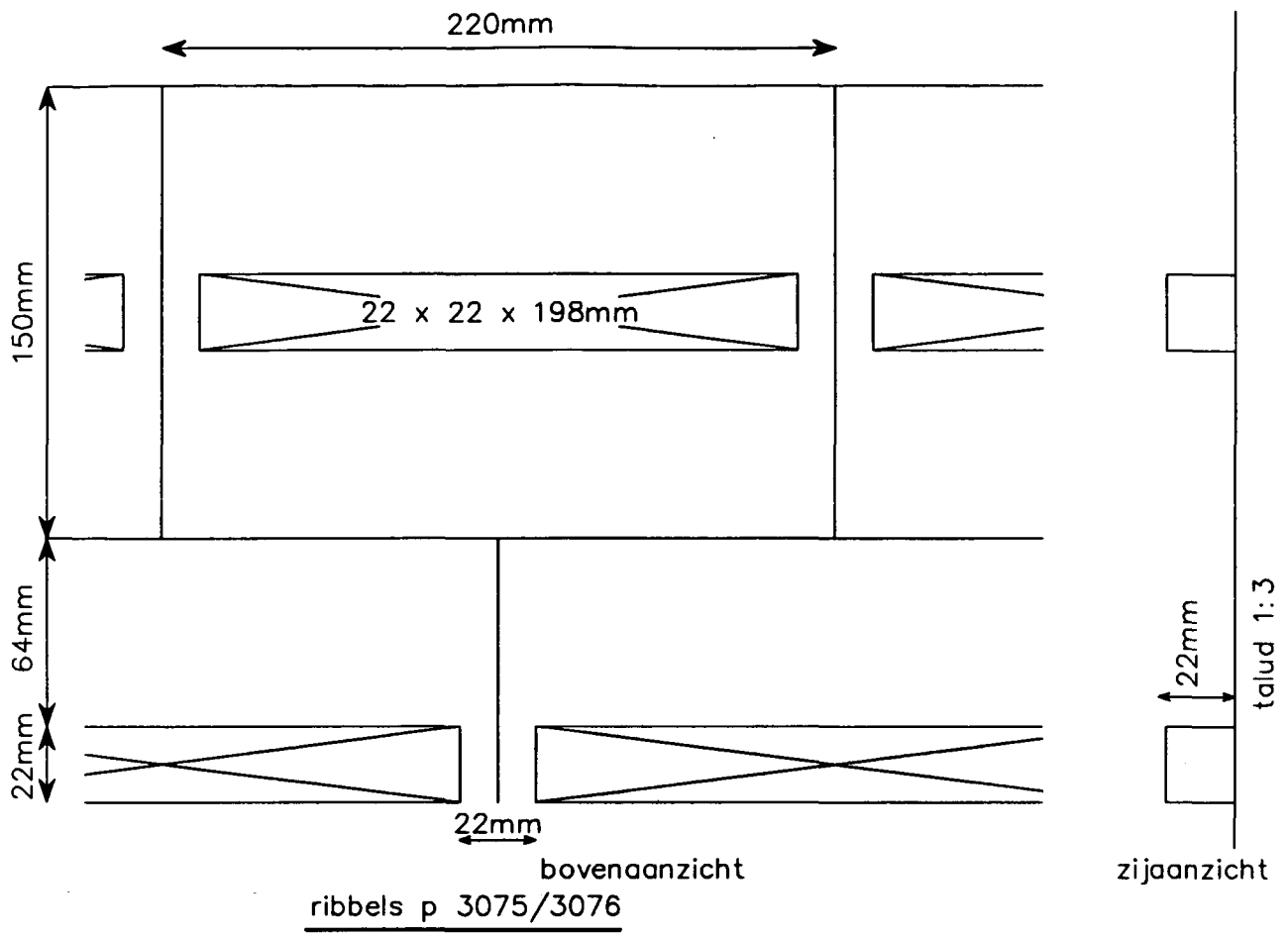
TAW-A1

SCHELDEGOOT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

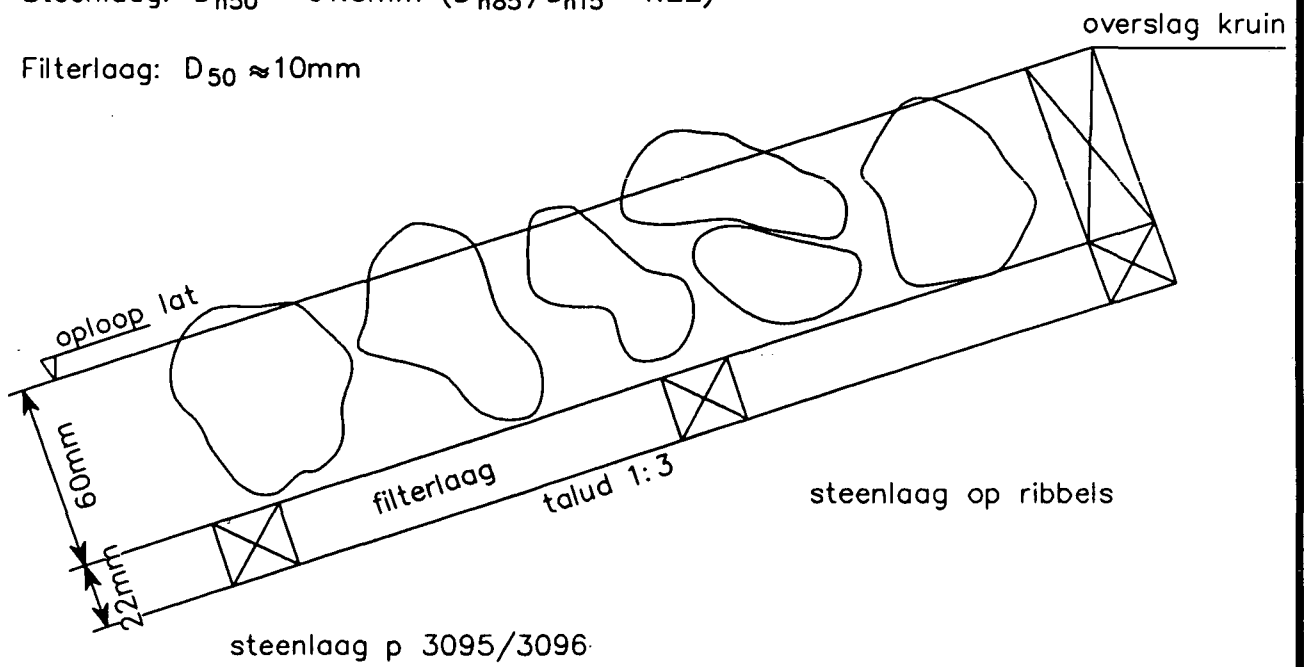
H 638

FIG. 6



Steenlaag: $D_{n50} = 61.3\text{mm}$ ($D_{n85}/D_{n15} = 1.22$)

Filterlaag: $D_{50} \approx 10\text{mm}$



RIBBELS EN STEENLAAG ALS RUWHEIDSELEMENTEN

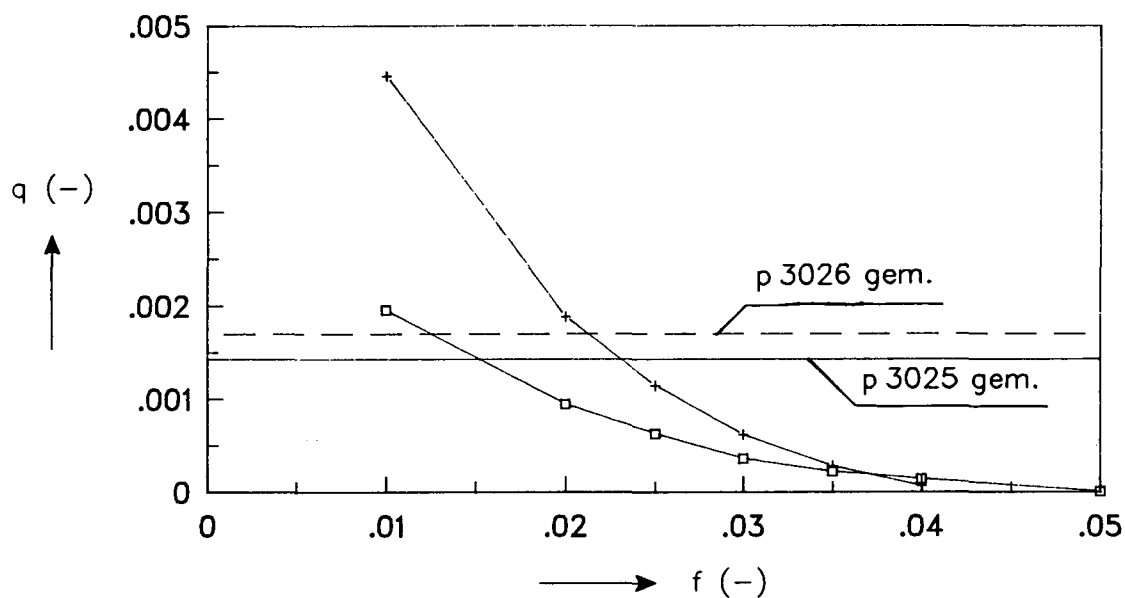
TAW-A1

SCHELDEGOOT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 638

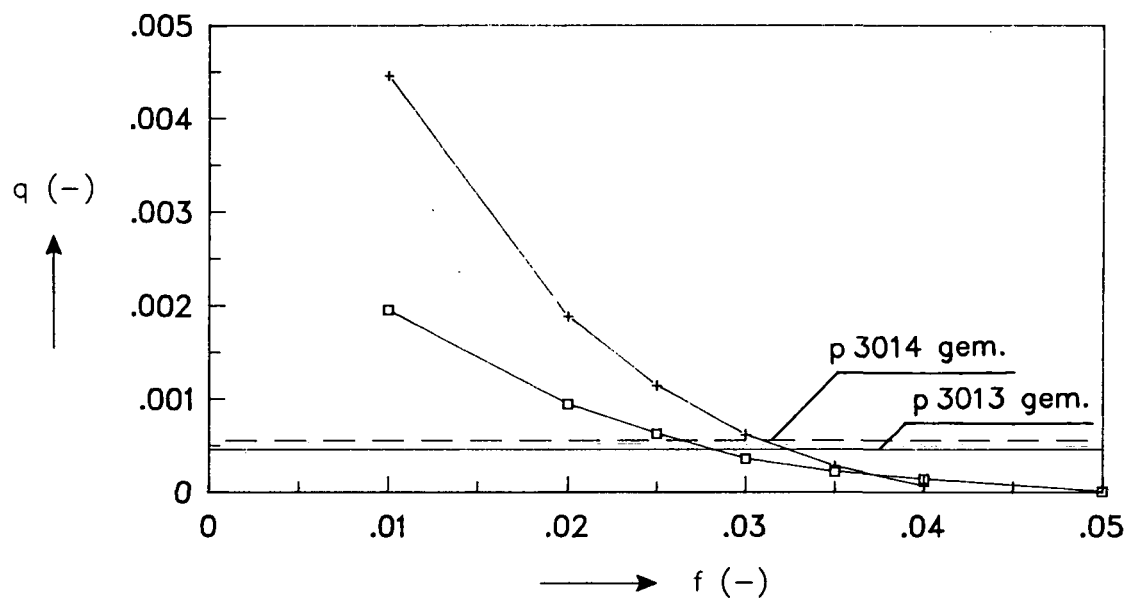
FIG. 7



+ = p 3025 (IBREAK) $H_i = 0,167$ m, $T = 2,53$ s

□ = p 3026 (IBREAK) $H_i = 0,245$ m, $T = 1,69$ s

DE GEMETEN OVERSLAG EN DE BEREKENDE
OVERSLAG VAN VERSCHILLENDE WAARDEN
VAN f VOOR EEN TALUD VAN BETONPLEX



+ = p 3013 (IBREAK) $H_i = 0,167$ m, $T = 2,53$ s

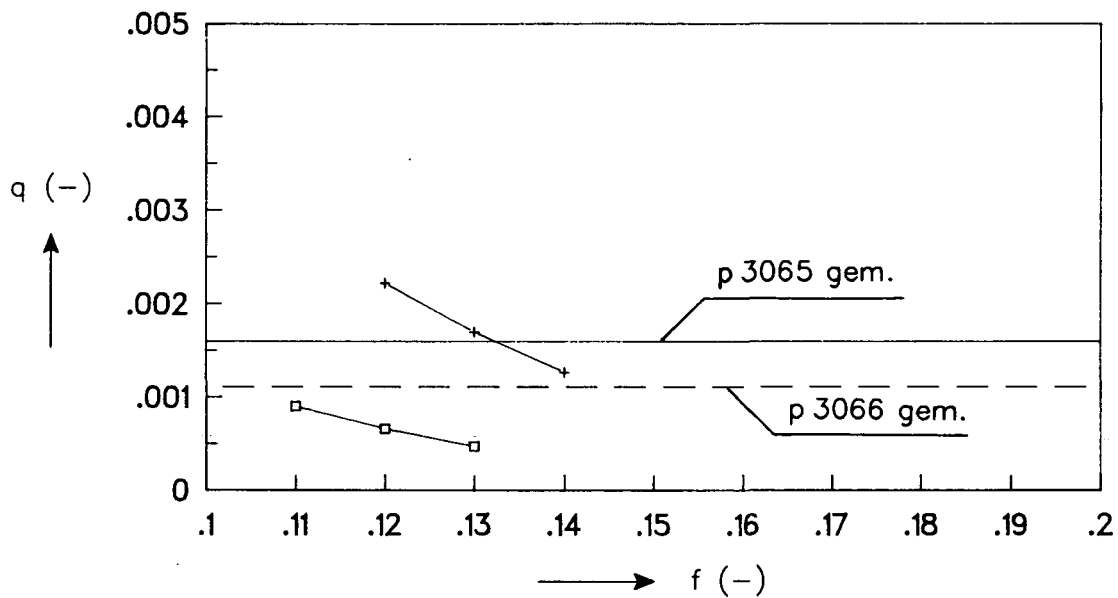
□ = p 3014 (IBREAK) $H_i = 0,245$ m, $T = 1,69$ s

DE GEMETEN OVERSLAG EN DE BEREKENDE
OVERSLAG VAN VERSCHILLENDE WAARDEN
VAN f VOOR EEN TALUD VAN BETONPLEX

DELFT HYDRAULICS

H 638

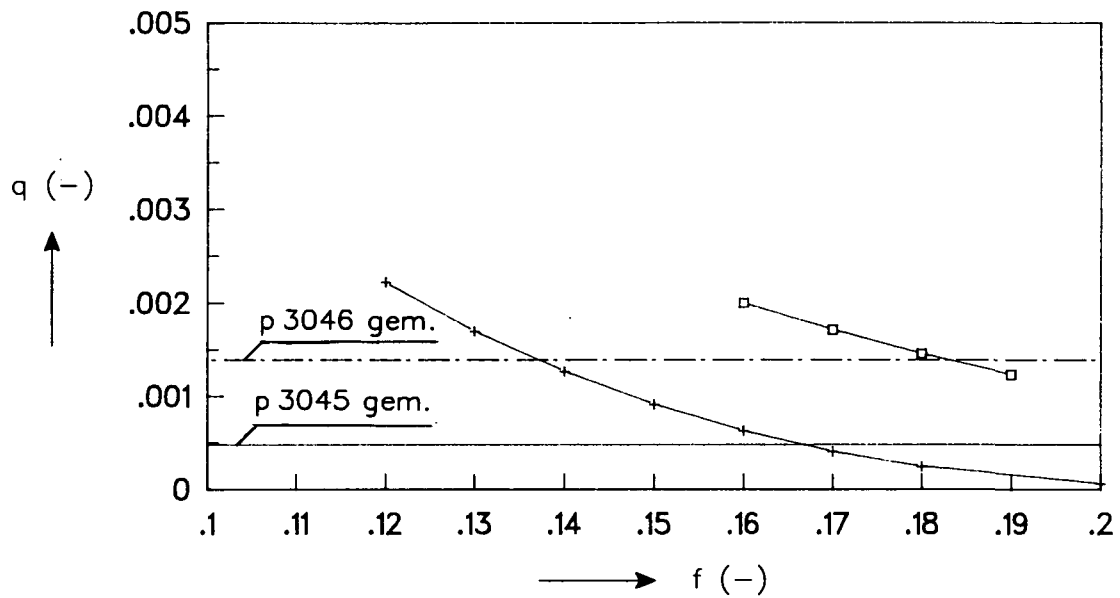
FIG. 9



+ = p 3065 (IBREAK) $H_i = 0,167$ m, $T = 2,53$ s

□ = p 3066 (IBREAK) $H_i = 0,245$ m, $T = 1,69$ s

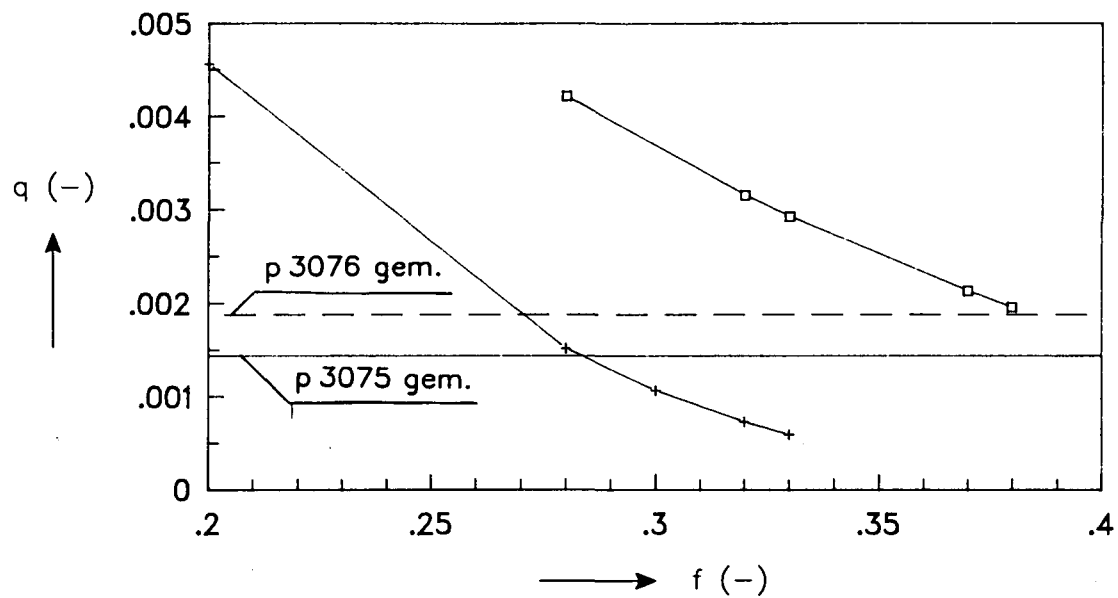
DE GEMETEN OVERSLAG EN DE BEREKNDDE
OVERSLAG VAN VERSCHILLENDE WAARDEN VAN f
VOOR EEN TALUD MET BLOKJES (BLOKJES 1/25)



+ = p 3045 (IBREAK) $H_i = 0,167$ m, $T = 2,53$ s

□ = p 3046 (IBREAK) $H_i = 0,245$ m, $T = 1,69$ s

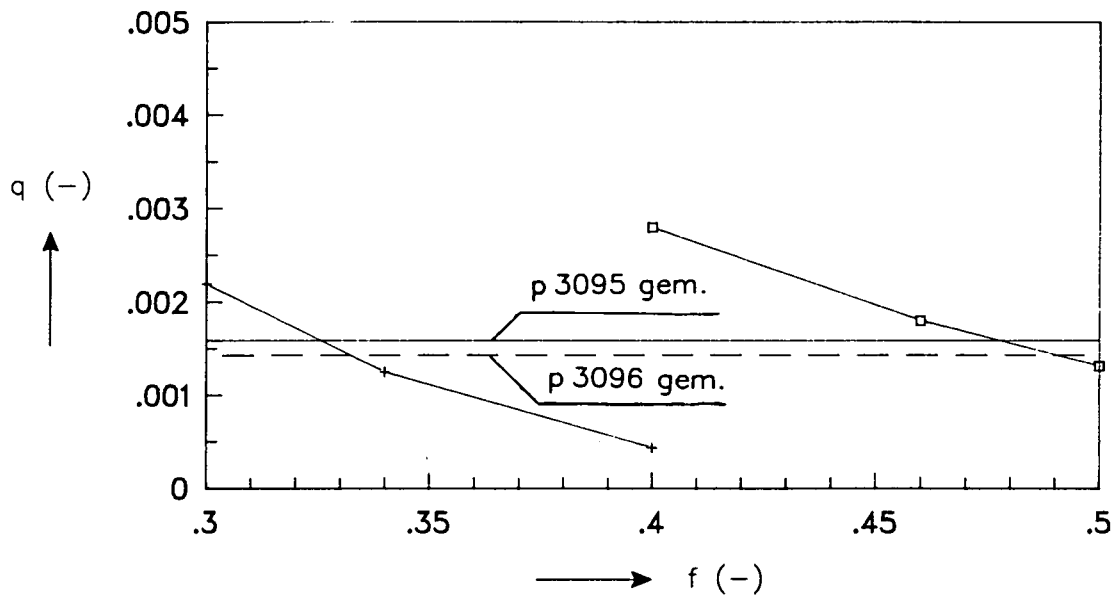
DE GEMETEN OVERSLAG EN DE BEREKNDDE
OVERSLAG VAN VERSCHILLENDE WAARDEN VAN f
VOOR EEN TALUD MET BLOKJES (BLOKJES 1/9)



+ = p 3075 (IBREAK) $H_i = 0,167$ m, $T = 2,53$ s

□ = p 3076 (IBREAK) $H_i = 0,245$ m, $T = 1,69$ s

DE GEMETEN OVERSLAG EN DE BEREKENDE
OVERSLAG VAN VERSCHILLENDE WAARDEN
VAN f VOOR EEN TALUD MET LATJES



+ = p 3013 (IBREAK) $H_i = 0,167$ m, $T = 2,53$ s

□ = p 3014 (IBREAK) $H_i = 0,245$ m, $T = 1,69$ s

DE GEMETEN OVERSLAG EN DE BEREKENDE
OVERSLAG VAN VERSCHILLENDE WAARDEN
VAN f VOOR EEN TALUD MET EEN STEENLAAG

DELFT HYDRAULICS

H 638

FIG. 13

BIJLAGE

Gebruikte waarden van belangrijke invoerparameters van IBREAK

Gebruikte waarden van belangrijke invoerparameters van IBREAK:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1,1 \quad (-)$$

$$\Delta x = \frac{h_t \cdot \cot(\alpha)}{120} \quad (\text{m})$$

$$\Delta t = \frac{T}{8000} \quad (\text{s})$$

$$\delta = 10^{-3} \quad (-)$$

• locatie 'De Voorst'

• hoofdkantoor

hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydel-nl

locatie ' De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

Noordzee

• Amsterdam

• Londen

Brussel •