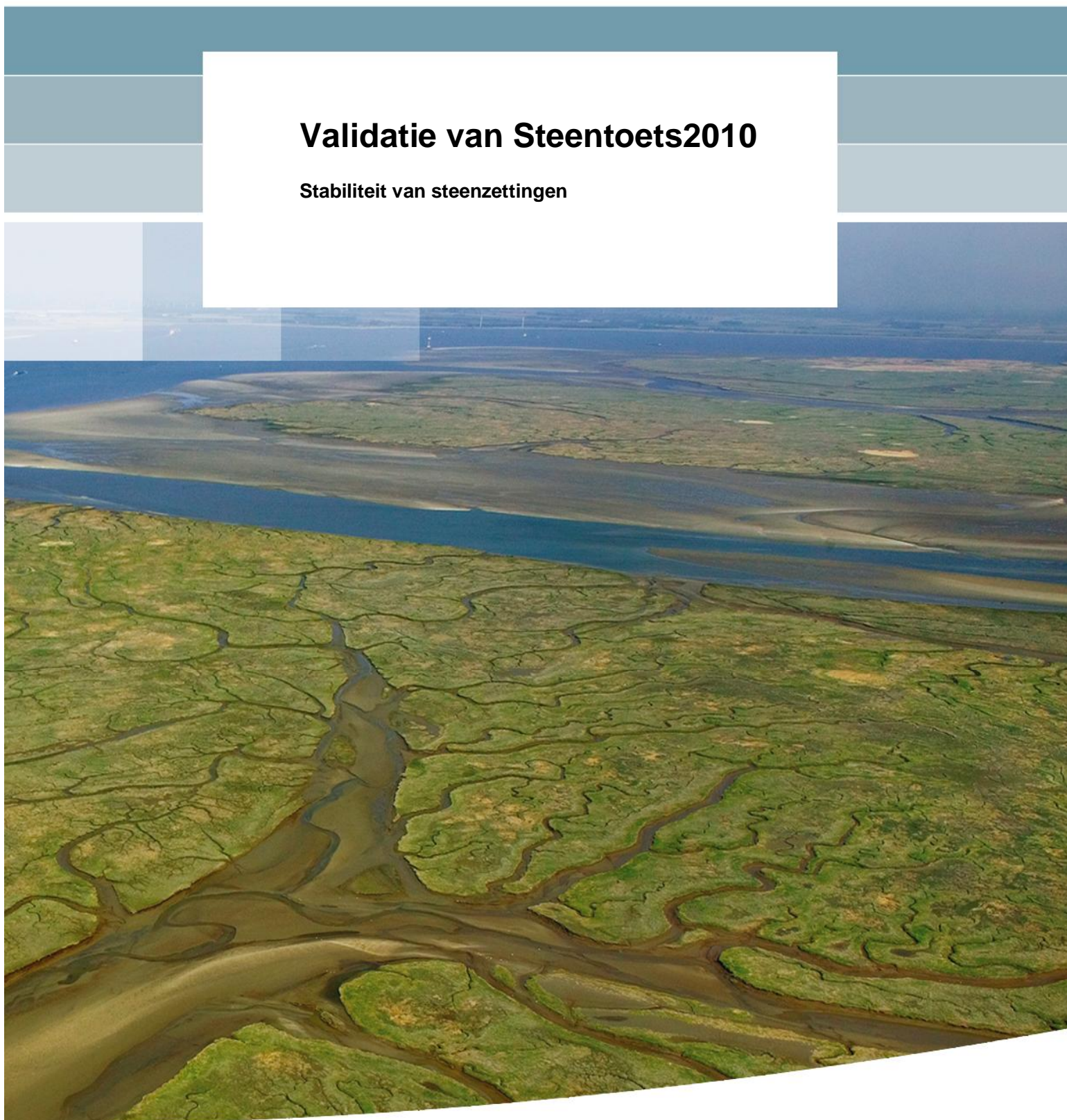


Validatie van Steentoets2010

Stabiliteit van steenzettingen



Validatie van Steentoets2010

Stabiliteit van steenzettingen

M. Klein Breteler
G.C. Mourik

1204727-009

Titel

Validatie van Steentoets2010

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Waterdienst en RWS Projectbureau Zeeweringen	1204727-009	1204727-009-HYE-0004	28

Trefwoorden

Toetsing, steenzettingen, dijkbekledingen

Samenvatting

In het kader van de toetsing van de waterkeringen zoals voorgeschreven in de Waterwet dienen ook steenzettingen elke zes jaar getoetst te worden. Volgens de VTV2006 moet dit uitgevoerd worden met het Excel-programma Steentoets (Klein Breteler, 2011). Daarnaast kan Steentoets gebruikt worden als hulpmiddel voor het ontwerpen van steenzettingen.

De afgelopen jaren is het programma verder verbeterd, onder andere naar aanleiding van resultaten van onderzoek naar de stabiliteit van steenzettingen. Daarom is opnieuw gekeken in hoeverre Steentoets nog goed aansluit op de beschikbare resultaten van grootschalig modelonderzoek met steenzettingen. Daarnaast zijn de trends beoordeeld.

Geconcludeerd wordt dat Steentoets nog uitstekend overeenkomt met de resultaten van Deltagootproeven, en de trends goed verklaarbaar zijn.




Het onderhavige onderzoek is uitgevoerd in het kader van het meerjarige project 'Advisering steenbekledingen Zeeland' voor het Projectbureau Zeeweringen (PBZ). Dit projectbureau is opgericht ten behoeve van de renovatie van de steenzettingen in Zeeland en is een samenwerking van Rijkswaterstaat Zeeland en het Waterschap Scheldestromen. Contractueel is de Waterdienst van Rijkswaterstaat de opdrachtgever namens PBZ voor het onderhavige onderzoek. Het deel van het project dat gericht is op kennisontwikkeling sluit aan op het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen dat uitgevoerd is in de periode van 2003-2009 in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat namens PBZ.

Referenties

Waterdienst zaaknummer 31054958 / 4500180616 (opdracht van 7 juni 2011)

Contactpersoon Waterdienst: K. Saathof

Contactpersoon Projectbureau Zeeweringen van RWS: Y. Provoost

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
2	feb. 2012	M. Klein Breteler		R. 't Hart		M.R.A van Gent	

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Vergelijking met grootschalig modelonderzoek	3
2.1	Steenzettingen die met het Black box model doorgerekend kunnen worden	3
2.2	Plat gezette betonblokken op een filter	5
2.3	Betonblokken op hun kant	6
2.4	Zuilen	7
2.5	Overige natuursteenbekledingen	7
2.6	Buitentalud van havendammen	8
2.7	Kruin en binnentalud van havendammen	8
3	Analyses van de trends	9
3.1	Invloed van de brekerparameter ξ_{op}	10
3.2	Invloed van de hoek van golfaanval	11
3.3	Invloed van de toplaagdikte	11
3.4	Invloed van het niveau van de bovenste overgangsconstructie	12
3.5	Invloed van de taludhelling en belastingduur	13
3.6	Invloed van de leklengte gerelateerde parameters	14
3.7	Invloed van de soortelijke massa van de toplaag	14
3.8	Invloed van het niveau van het voorland	15
4	Conclusies	17
5	Referenties	19
	Bijlage(n)	
A	Tabellen	A-1
B	Figuren	B-1

1 Inleiding

In het kader van de toetsing van de waterkeringen zoals voorgeschreven in de Waterwet dienen ook steenzettingen elke zes jaar getoetst te worden. Volgens de VTV2006 moet dit uitgevoerd worden met het Excel-programma Steentoets (Klein Breteler, 2011). Daarnaast kan Steentoets gebruikt worden als hulpmiddel voor het ontwerpen van steenzettingen.

Dit programma is ten behoeve van de toepassing in de derde toetsronde uitgebreid gevalideerd aan de hand van Deltagootproeven en een analyse van de trends in de resultaten als parameters worden gewijzigd (Klein Breteler 2009). De toenmalige versie van Steentoets betrof Steentoets2008, versie 0.80. Die versie is vrijwel gelijk aan die gedownload kan worden van de website van de Helpdesk Water:

<http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/@3672/steentoets-2008/>.

Sindsdien is de kennisontwikkeling op het gebied van de stabiliteit van steenzettingen verdergegaan. Deze nieuwe ontwikkelingen hebben geleid tot verbeteringen in het rekenmodel, zoals:

- De invloed van de taludhelling op de grootte van de golfklap is aangepast
- Als $\xi_{op} > 2$, dan wordt tevens beoordeeld of de stabiliteit bij $\xi_{op} = 2$ maatgevend is.
- Als de bovenste overgangsconstructie onder het toetspeil ligt, en de overgangsconstructie goed aansluit op de bovenste stenen, dan wordt dezelfde klemming aangehouden als wanneer de bovenste overgangsconstructie op het toetspeil had gelegen.
- De criteria voor het beoordelen van steenzettingen boven de waterlijn is versoepeld.
- Het berekenen van de belastingduur is veranderd, zodat het resultaat minder gevoelig is voor kleine veranderingen
- De locatie van de maximale belasting is verhoogd als er sprake is van ondiepe voorlanden
- Bij scheve golfaanval wordt er gerekend met een minimale richtingssectorbreedte van 30°

Om te kunnen beoordelen of deze ontwikkelingen nog steeds in lijn zijn met de beschikbare resultaten van grootschalig modelonderzoek is in deze rapportage opnieuw een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van Steentoets en de beschikbare Deltagootproeven. Daar is nu Steentoets2010, versie 1.09, voor gebruikt. Tevens zijn weer de trends geanalyseerd en beoordeeld of deze realistisch zijn.

De Steentoets-berekeningen zijn in eerste instantie uitgevoerd zonder rekening te houden met de regel dat bij $\xi_{op} > 2$ ook gekeken moet worden of de stabiliteit bij $\xi_{op} = 2$ maatgevend is. Dat is gedaan omdat in sommige gevallen deze regel niet toegepast hoeft te worden, namelijk als aangetoond kan worden dat de betreffende golfhoogte bij de toetscondities niet kan samenvallen met een kleinere golfperiode. In dat geval moet Steentoets ook de juiste resultaten geven.

Het onderhavige onderzoek is uitgevoerd in het kader van het meerjarige project 'Advisering steenbekledingen Zeeland' voor het Projectbureau Zeeweringen (PBZ). Dit projectbureau is opgericht ten behoeve van de renovatie van de steenzettingen in Zeeland en is een samenwerking van Rijkswaterstaat Zeeland en het Waterschap Scheldestromen. Contractueel is de Waterdienst van Rijkswaterstaat de opdrachtgever namens PBZ voor het onderhavige onderzoek. Het deel van het project dat gericht is op kennisontwikkeling sluit

aan op het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen dat uitgevoerd is in de periode van 2003-2009 in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat namens PBZ.

2 Vergelijking met grootschalig modelonderzoek

De resultaten van Steentoets zijn vergeleken met grootschalig modelonderzoek. Er wordt hier geen gebruikgemaakt van kleinschalig modelonderzoek vanwege conflicterende schaalregels die het resultaat beïnvloeden (Klein Breteler, 1986). Verder is er geen gebruikgemaakt van regelmatige golfproeven omdat de vertaling naar de praktijk tot problemen leidt.

Er is gezocht naar geschikte vergelijkingsmateriaal in de internationale literatuur. Helaas heeft dit niets opgeleverd.

De vergelijking tussen de rekenresultaten en de proefresultaten is gegeven in de vorm van $H_s/(\Delta D)$ - ξ_{op} figuren. Hierbij zijn onder andere de volgende parameters gebruikt:

H_s	=	significante golfhoogte (op basis van inkomende energie) (m)
D	=	dikte van de toplaag (m)
Δ	=	$(\rho_s - \rho)/\rho$ = relatieve soortelijke massa van de stenen (-)
ρ_s	=	soortelijke massa van de stenen (kg/m^3)
ρ	=	soortelijke massa van water (kg/m^3)
ξ_{op}	=	$\tan\alpha/\sqrt{(H_s/(1,56T_p^2))}$ = brekerparameter (-)
S_{op}	=	$H_s/(1,56T_p^2)$ = golfsteilheid op basis van diepwater golflengte (-)
T_p	=	golfperiode bij de piek van het spectrum (s)
α	=	taludhelling ($^\circ$)
g	=	versnelling van de zwaartekracht (m/s^2)

Steeds zijn de lijnen in deze figuren berekend met Steentoets2010 en geven ze de hoogste waarde waar nog net het toetsresultaat 'goed' verkregen wordt. De punten in die figuren zijn de meetresultaten uit Deltagootonderzoek. Hierbij is de volgende systematiek gehanteerd:

- open symbolen: schadecategorie a en b
- dichte symbolen: schadecategorie c en d
- symbolen en lijnen van dezelfde kleur horen bij elkaar.

De genoemde schadecategorieën zijn als volgt gedefinieerd:

- a) de grootste golfhoogte (H_s) waarbij een verplaatsing van een blok ten opzichte van een naastliggend blok kleiner dan 10 % van de dikte van de blok optrad
- b) de kleinste golfhoogte (H_s) waarbij een verplaatsing van een blok ten opzichte van een naastliggend blok tussen 10% en 20% van de dikte van het blok optrad
- c) de kleinste golfhoogte (H_s) waarbij een verplaatsing van een blok ten opzichte van een naastliggend blok tussen 20% en 50% van de dikte van het blok optrad
- d) de kleinste golfhoogte (H_s) waarbij een verplaatsing van een blok ten opzichte van een naastliggend blok groter dan 50% van de dikte van het blok optrad (meestal is het blok dan door de golven geheel uit de bekleding gelicht)

In het ideale geval zouden de berekende lijnen overeen moeten komen met de proefresultaten uit de schadecategorie c.

Voor details omtrent de Deltagootproeven wordt verwezen naar tabel A1 t/m A10 in bijlage A.

2.1 Steenzettingen die met het Black box model doorgerekend kunnen worden

In Steentoets worden de meest gebruikte steenzettingen doorgerekend met een set formules die nauw aansluiten op de fysische processen die spelen tijdens de belasting van de

steenzetting met brekende golven. Dat zijn steenzettingen op het buitentalud of buitenberm met een granulaire laag (uitvullaag en/of filter) zonder ingegoten toplaag. Voor steenzettingen op de kruin en het binnentalud van havendammen zijn de formules al veel grofstoffelijker, maar voor steenzettingen zonder granulair laag is slechtst de relatie gelegd tussen de golfcondities en het onderwatergewicht van de steenzetting per vierkante meter in de vorm van een lijn in de $H_s/(\Delta D) - \xi_{op}$ grafiek. Dit laatste wordt het Black box model genoemd.

In alle beschikbare literatuur is gezocht naar resultaten van grootschalig modelonderzoek met proeven die uitgevoerd zijn met onregelmatige golven en die bovendien nagerekend kunnen worden met het Black box model van Steentoets. Dit betreft steenzettingen zonder filterlaag en steenzettingen met een ingegoten toplaag.

De speurtocht in de literatuur heeft 6 onderzoeken opgeleverd met bruikbare resultaten:

- Grootschalig onderzoek tbv de Oesterdam (Den Boer, 1982)
- Verweking van zand onder een steenzetting met talud 1:3 onder invloed van golfbelasting (Lindenberg 1988)
- Stabiliteit van steenzetting met klei-onderlaag (Wouters, 1993)
- Grootschalig modelonderzoek naar stabiliteit van taludbekledingen (Smith e.a. 2000)
- Stabiliteit ingegoten basalt en afschuiving ondergrond (Hofland en Klein Breteler 2006)
- Geavanceerde toetsing van steenbekleding op Afsluitdijk (Klein Breteler, 2007b)

De belangrijkste eigenschappen van de modelonderzoeken zijn gegeven in tabellen A.1 en A.2 (zie bijlage A). Daarin zijn ook de golfcondities, waterstand, belastingduur en resulterende schade vermeld.

De resultaten van de proeven zijn in $H_s/\Delta D - \xi_{op}$ grafieken gegeven, samen met de resultaten van berekeningen met het rekenmodel Steentoets2010. Het rekenresultaten hiervan betreft de grens tussen goed en twijfelachtig. Ter vergelijking zijn ook de formules uit de VTV2006 ingetekend.

De resultaten m.b.t. het Black box type 1 (steenzetting op geotextiel op zand) zijn gegeven in de bovenste grafiek van Figuur B.1 (zie bijlage B). De rekenresultaten met Steentoets2010 liggen exact op de ondergrens van het VTV-criterium, hetgeen te verwachten was, omdat de formules hetzelfde zijn.

De meetresultaten liggen mooi in het midden van het twijfelachtige gebied.

De resultaten m.b.t. het Black box type 2 (steenzetting op klei of op zandasfalt) zijn gegeven in de onderste grafiek van Figuur B.1. Het beeld is weer vergelijkbaar met die in de bovenste grafiek: de grens tussen goed en twijfelachtig van Steentoets2010 komt overeen met de ondergrens van het VTV-criterium en de metingen liggen mooi in het twijfelachtige gebied.

In Figuur B.2 (bovenste) zijn de resultaten voor goed ingegoten basalt gegeven. De lijnen van het VTV-criterium ontbreken hier, omdat dat dit constructietype nog niet in de VTV stond vermeld. Voor de rekenresultaten van Steentoets2010 is onderscheid gemaakt tussen de half ingegoten basalt en de volledige ingegoten basalt. Voor die laatste zijn er twee lijnen in de figuur getekend, omdat bij de verschillende proeven er verschil in waterstand en belastingduur was.

Het blijkt dat de rekenresultaten goed overeenkomen met de metingen. De metingen zonder schade liggen namelijk onder de lijn en die met schade erboven.

De steenzetting die overgoten is met gietasfalt uit het onderzoek van 1997/1998 (Smith e.a. 2000) wordt door Steentoets doorgerekend met het Black box model alsof het een zetting van

type 3c is (zie blz. 77 in het Technisch Rapport Steenzettingen, deel toetsing). De resultaten zijn gegeven in de onderste grafiek van Figuur B.2. De overgang van geen schade naar schade blijkt hoog in het twijfelachtige gebied te liggen. Dat betekent dat de formules vrij conservatief zijn.

Het onderzoek ten behoeve van de Afsluitdijk (Klein Breteler 2007b) heeft concrete resultaten opgeleverd m.b.t. de stabiliteit van een steenzetting boven de waterlijn. Het betrof een steenzetting van granietblokken met DV-voegvulling op zand en klei. Deze wordt volgens de systematiek van Steentoets2010 ingedeeld bij het Black box type 2. Doordat de steenzetting boven de waterlijn ligt, wordt er gerekend met een rekenwaarde van de toplaagdikte die groter is dan de werkelijke dikte.

De resultaten zijn in Figuur B.3 gegeven. Het blijkt dat het meetpunt zonder schade ver boven de berekende lijnen ligt. Dat betekent dat de steenzetting boven de waterlijn veel stabiel is dan volgens Steentoets2010. Dit geldt overigens waarschijnlijk voor alle type steenzettingen boven de waterlijn.

Concluderend kan gesteld worden dat uit de vergelijking tussen de metingen en Steentoets2010 blijkt dat de rekenresultaten goed overeenkomen met de metingen, behalve voor de steenzetting boven de waterlijn. In het laatste geval zijn de rekenregels kennelijk erg conservatief.

2.2 Plat gezette betonblokken op een filter

Er zijn in het verleden veel metingen in de Deltagoot uitgevoerd met betonblokken die plat op een filterlaag zijn gezet. Alle details omtrent deze proeven zijn samengevat in tabellen A.3 en A.4. De metingen zijn samen met de berekeningen gegeven in Figuur B.4 tot en met B.8.

In Figuur B.4 zijn de proeven gegeven die in 1997 zijn uitgevoerd in de Deltagoot (Smith e.a. 2000) met blokken van 50x50 cm². Deze proeven zijn uitgevoerd met een 5 m brede berm op 5 m boven de gootbodem. De proeven uit serie 4 zijn uitgevoerd met al dan niet dichtgeslibde spleten en een dichtgeslibd filter. De proeven uit serie 6 zijn uitgevoerd met een bijzonder breed spectrum. De constructie was echter identiek aan die van serie 5, waardoor de rekenresultaten van Steentoets2010 ook identiek zijn.

Het blijkt dat alle proeven met schade boven de lijnen van Steentoets2010 liggen. Sommige punten zonder schade liggen echter ook boven de lijnen, en dat maakt het rekenmodel wat conservatief.

De meetresultaten in Figuur B.5 zijn verkregen in Deltagootonderzoek dat is uitgevoerd in 1998 (Smith e.a. 2000) met grote en kleine blokken. In dit onderzoek is ook aandacht geweest voor schaaffecten.

We zien dat de proefresultaten met de kleine blokken netjes overeenkomen met de rekenresultaten, want de punten met schade liggen boven de lijn en die zonder schade liggen eronder.

Voor de grote blokken is dit echter niet het geval. Zeker proef 20ao4 (blauwe ruit) ligt ver onder de berekende lijn. Deze proef is uitgevoerd met blokken met brede stootvoegen, zonder inwasmateriaal in de spleten. Dit maakt dat de blokken meer vrijheid om te bewegen hebben dan normaal. Deze blokken gingen tijdens de proeven zijdelings schuiven, zodat er plaatselijk zeer brede spleten ontstonden en op andere plaatsen vrijwel dichte spleten. Deze vrijheid heeft kennelijk ervoor gezorgd dat er al bij een vrij lage golfhoogte instabiliteit

optreedt. Een vergelijkbaar resultaat is ontstaan tijdens serie 12b (Smith e.a. 2000). De proeven 20a03 en 20a04 kunnen daarom niet goed vergeleken worden met het rekenmodel.

De proeven 20a05 t/m 20a08 zijn ook uitgevoerd met grote blokken met brede stootvoegen, maar die stootvoegen waren gevuld met steenslag. Daardoor was er veel minder vrijheid voor de blokken om zijdelings te schuiven. Desondanks ligt het schadepunt toch iets onder de berekende lijn, mogelijk omdat er na verloop van tijd veel inwasmateriaal uitspoelt en de blokken toch zijdelings kunnen gaan schuiven.

Het wordt afgeraden om dit constructietype in de praktijk toe te passen.

De proeven met blokken uit het eindverificatie-onderzoek (Wouters 1991) zijn gegeven in Figuur B.6. Hier geldt dat er veel punten zonder schade ver boven de berekende lijnen liggen, zodat geconcludeerd kan worden dat voor deze bekledingen het rekenmodel erg conservatief is.

Hetzelfde beeld is te zien in Figuur B.7. Hier zijn de resultaten van langeduurproeven op Haringmanblokken gegeven, en proeven op Armorflexblokken zonder kabels.

Mogelijk is er in de Deltagoot soms sprake van enige klemming, waardoor de stabiliteit een stuk hoger is dan volgens het rekenmodel.

De proeven uit de tachtiger jaren zijn weergegeven in Figuur B.8. Hoewel er van alles gevarieerd is aan de bekledingen, zoals gaten in de blokken e.d., is de stabiliteit er niet erg door beïnvloed. De berekeningen blijken hier goed mee overeen te stemmen. Het rekenmodel is wat conservatief te noemen.

Het verschil tussen de rekenresultaten en de metingen is nu veel kleiner dan in Figuur B.7. Mogelijk is dat een gevolg van het feit dat hier gewerkt is met blokken op pennen, zodat er zeker geen klemming is opgetreden.

2.3 Betonblokken op hun kant

De proefresultaten met betonblokken op hun kant op een filterlaag zijn te vinden in tabel A.5 en A.6, en in de Figuren B.9 tot en met B.12.

De proeven uit 1998 (Smith e.a. 2000) zijn uitgevoerd met een talud van 1:3,5 met een 5 m brede berm op 5 m boven de gootbodem. In de figuren is te zien dat de schadepunten steeds boven de berekende lijnen liggen.

Bij de proeven 12a011 en 12c05 (Figuur B.9) is de afstand tot berekende lijn echter wel erg klein.

In serie 21 en 23 (Figuur B.11) liggen de punten zonder schade vrij ver boven de berekende lijnen, behalve die voor blokken op hun kant met brede stootvoegen zonder inwassing (groene punten en lijn). Hier speelt hetzelfde probleem als bij proef 20a04 in Figuur B.5. Tijdens de proeven gingen de blokken in zijdelings richting verschuiven, waarna tijdens proef 23o2 al bij een relatief lage belasting begin van beweging werd geconstateerd. Dat het rekenmodel een veel hogere bezwijkbelasting geeft, komt doordat het geen rekening houdt met die bewegingsvrijheid. Het is daarom ook niet aan te bevelen een dergelijke steenzetting in de praktijk te bouwen.

De langeduurproeven met blokken op hun kant zijn gegeven in Figuur B.12. De schadepunten liggen weer allemaal boven de berekende lijnen, waaruit blijkt dat het rekenmodel conservatief is.

2.4 Zuilen

Een overzicht van de proefresultaten en constructie-eigenschappen m.b.t. steenzettingen met zuilen (Basalton, Hydroblock, basalt, C-Star en Pit-polygoonzuilen) is opgenomen in tabellen A.7 en A.8. De proefresultaten zijn samen met de rekenresultaten weergegeven in Figuur B.13 tot en met B.17.

Er zijn helaas vrij weinig proeven uitgevoerd met Basalton, maar de enkele punten in Figuur B.13 sluiten wel goed aan op de rekenresultaten. De zwarte lijn, die betrekking heeft op de proeven met langeduurbelasting, had wellicht nog wat hoger kunnen liggen.

In Figuur B.14 zijn de metingen en berekeningen met Hydroblocks gegeven. Het blijkt dat de zwarte lijn voor de langeduurbelasting precies goed ligt (tussen het punt zonder schade en die met schade). De blauwe ruit (schade) ligt echter onder de berekende lijn en dat is in principe niet goed. In dit geval gaat het echter om hergebruikte Hydroblocks waarvan door Klein Breteler e.a. (2005) al was vastgesteld dat deze een lagere stabiliteit hebben dan de nieuwe Hydroblocks die normaal gebruikt worden.

Ook de berekende lijn voor relatief lange golven (blauwe lijn) komt goed overeen met de meetpunten.

In Figuur B.15 is te zien dat de berekeningen voor basalt goed overeenkomen met de metingen. Wel opvallend is de grote spreiding in meetresultaten uit 2003. De driehoeken van proef 5 en 6 liggen ver boven de lijn die berekend is voor niet uitgezochte basalt (type 26.0, blauwe lijn met dichte driehoeken), ook het punt zonder schade (proef 5). Daarom is ook een lijn berekend voor basalt waar de slechte zuilen zijn uitgehaald (type 26.1, blauwe lijn met open driehoeken). Proef 6 (dichte driehoek) ligt daar zelfs boven.

De rekenresultaten zijn in vergelijking tot de langeduurproeven (groene, zwarte en grijze lijnen en punten) behoorlijk conservatief.

Zoals te zien is in Figuur B.16 liggen de meetpunten voor C-Star en Pit-Polygoonzuilen veel hoger dan de berekende lijnen. Voor C-Star zou dit veroorzaakt kunnen zijn door de mogelijk grote wrijving van de blokken onderling. In het rekenmodel wordt voor alle steenzettingen behalve basalt gerekend met een wrijvingscoëfficiënt van 0,55, terwijl C-Star blokken onder druk mogelijk enigszins aan elkaar gaan plakken.

In 1997 is in de Deltagoot een steenzetting van Basalton op een 5 m brede berm op 4 m boven de gootbodem beproefd. De meetresultaten zijn samen met de berekeningen gegeven in Figuur B.17. Het blijkt dat het schadepunt precies op de berekende lijn ligt. Het rekenmodel geeft dus een iets te rooskleurig beeld van de stabiliteit.

2.5 Overige natuursteenbekledingen

In de categorie natuursteenbekledingen zijn er, naast steenzettingen van basalt, in de Deltagoot ook proeven gedaan met granietblokken en Vilvoordse steen. De resultaten ervan zijn samen met de rekenresultaten in Figuur B.18 gezet. De details omtrent de constructie en hydraulische randvoorwaarden zijn vermeld in tabel B.7 en B.8.

Door Vilvoordse steen te beschouwen als Noorse steen komen de rekenresultaten redelijk overeen met de berekeningen, hoewel er weinig veiligheidsmarge in het rekenresultaat blijkt te zitten. Dit geldt ook voor de zeer diep onder water liggende Vilvoordse steen (magenta blokjes).

De granietblokken waren volledig dichtgeslibd, inclusief het filter. Het slib is in de berekeningen niet meegenomen. Volgens de berekeningen had de golfhoogte nog aanzienlijk opgevoerd kunnen worden voordat schade zou zijn ontstaan. Dat er tijdens proef 4a007 al enige beweging in de bekleding kwam, kan toegeschreven worden aan een wat gebrekkige uitvoering van de bekleding. Dit was tijdens het onderzoek al gesignaleerd, en daarom is de serie proeven overgedaan (serie 4d, waarvan proef 4d010 in Figuur B.18 vermeld is).

2.6 Buitentalud van havendammen

Tijdens Deltagoetonderzoek met havendammen is meerdere malen vastgesteld dat de stabiliteit van de steenzetting op het buitentalud wat minder is dan op een normale dijk. Daarom wordt gerekend zonder klemming.

De eigenschappen van de steenzettingen en de hydraulische omstandigheden van de proeven zijn vermeld in tabel B.9 en B.10. De resultaten van de proeven en de berekeningen zijn weergegeven in Figuur B.19 en B.20.

In bijna alle gevallen liggen de schadepunten boven de berekende lijnen, zoals de bedoeling is. Alleen proef 2 van de havendam van Urk (groen blokje in figuur A.19) ligt er net onder. Dit was een steenzetting met basalt die al opmerkelijk snel schade gaf. Omdat er ook een hoger gelegen punt is zonder schade, wordt dit toegeschreven aan een modeffect.

2.7 Kruin en binnentalud van havendammen

In Figuur B.21 en B.22 in bijlage B zijn de proefresultaten en rekenresultaten van steenzettingen op de kruin en het binnentalud gegeven. Nadere details omtrent deze proeven zijn vermeld in tabel B.9 en B.10.

Uit de figuur blijkt dat de formules voor de kruin goed aansluiten op de metingen, want de schadepunten (dichte punten) liggen allemaal boven de lijnen, maar niet te ver erboven. Die voor het binnentalud zijn vrij conservatief. Er zijn namelijk helemaal geen schade punten, terwijl er een aantal punten zonder schade ruim boven de lijnen liggen.

3 Analyses van de trends

Als tweede onderdeel van de validatie is gekeken of de trends in de rekenresultaten overeenkomen met de verwachtingen. Met de trends wordt bedoeld het verband tussen een invoerparameter en het resultaat van de berekeningen. Dit kan bijvoorbeeld de variatie van de maximaal toelaatbare golfhoogte zijn (die nog net leidt tot 'goed' als toetsresultaat van de toplaagstabiliteit) als functie van de taludhelling.

Voor het beoordelen van de trends in het rekenmodel zijn een groot aantal berekeningen met Steentoets2010 (versie 1.09) gemaakt. In deze analyse is gekeken naar de relatie tussen de stabiliteit volgens het rekenmodel en een (invoer) parameter. De stabiliteit is steeds weergegeven met de grootste waarde van $H_s/(\Delta D)$ die nog net het toetsresultaat 'goed' oplevert.

De resultaten van de berekeningen zijn grafisch weergegeven met de gekozen parameter op de horizontale as en de $H_s/(\Delta D)$ die nog net het toetsresultaat 'goed' oplevert op de verticale as. De volgende parameters zijn gekozen om de trend voor weer te geven:

- brekerparameter: ξ_{op}
- hoek van golfaanval: β
- toplaagdikte: D
- niveau van de bovenste overgangsconstructie ten opzichte van stilwaterlijn: Z_b
- taludhelling: $\tan\alpha$
- aantal golven (belastingduur): N
- dikte van de filterlaag: b
- korrelgrootte van het filter: D_{f15}
- relatief open oppervlak in de toplaag: Ω
- leklengte: Λ
- soortelijke massa van de toplaag: ρ_s
- niveau van het voorland ten opzichte van stilwaterlijn

Bij het uitvoeren van de berekeningen is steeds uitgegaan van de volgende steenzetting, en is de betreffende parameter vervolgens gevarieerd:

- talud 1:3,5 ($\tan\alpha = 0,286$)
- niveau van het voorland ten opzichte van stilwaterlijn: -10 m
- niveau van de bovenste overgangsconstructie ten opzichte van stilwaterlijn: $Z_b = 0,5$ m
- golfsteilheid:
 - korte golven: $s_{op} = 0,04$
 - lange golven: $s_{op} = 0,01$
- hoek van golfaanval: $\beta = 0^\circ$
- aantal golven (belastingduur): $N = 1000$
- toplaagdikte: $D = 0,30$ m
- blokkoppervlak: $L \cdot B = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09$ m²
- soortelijke massa van de toplaag: $\rho_s = 2600$ kg/m³ ($\Delta = 1,60$)
- relatief open oppervlak in de toplaag:
 - korte leklengte: $\Omega = 13\%$ ($s = 21,65$ mm) (als $D = 0,3$ m geldt: $\Lambda = 0,43$ m), bijvoorbeeld Basalton of Hydroblocks
 - medium leklengte: $\Omega = 2\%$ ($s = 3,047$ mm) (als $D = 0,3$ m geldt: $\Lambda = 0,89$ m), bijvoorbeeld koperslakblokken

- lange leklengte: $\Omega = 1\%$ ($s = 1,5115$ mm) (als $D = 0,3$ m geldt: $\Lambda = 1,25$ m), bijvoorbeeld grote rechthoekige betonblokken (plat gezet)
- dikte van de filterlaag: $b = 0,15$ m
- korrelgrootte van het filter: $D_{f15} = 20$ mm
- porositeit van het filter: $n = 0,35$
- inwassing van de spleten: $D_{15} = 8$ mm, $n = 0,7$

In een aantal gevallen zijn de trends weergegeven met klemming in de steenzetting en zonder klemming.

De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in Figuur B.23 tot en met B.33.

Waar in de figuren een waarde voor “sop” of “s_op” is gegeven, wordt de golfsteilheid s_{op} bedoeld.

Onderstaand zijn de opmerkelijke aspecten van de trends nader verklaard. In zijn algemeenheid geldt dat de met Steentoets2010 berekende lijnen lokaal vreemde knikken kunnen vertonen. Dit komt doorgaans doordat het rekenmodel voor 5 belastingsituaties en bovendien voor losse blokken en geklemde blokken (indien van toepassing) de stabiliteit berekent en vervolgens beoordeelt welke maatgevend is. Bij het variëren van een parameter zal daardoor de ene keer de ene situatie maatgevend zijn en bij een kleine verandering de andere situatie. Hierdoor is het verloop van de stabiliteit niet erg vloeiend.

De Steentoets-berekeningen zijn uitgevoerd zonder rekening te houden met de regel dat bij $\xi_{op} > 2$ ook gekeken moet worden of de stabiliteit bij $\xi_{op} = 2$ maatgevend is. Dat is gedaan omdat in sommige gevallen deze regel niet toegepast hoeft te worden, namelijk als aangetoond kan worden dat de betreffende golfhoogte bij de toetscondities niet kan samenvallen met een kleinere golfperiode. In dat geval moet Steentoets ook de juiste resultaten geven.

3.1 Invloed van de brekerparameter ξ_{op}

De invloed van de brekerparameter ξ_{op} op de stabiliteit voor steenzettingen met een kleine leklengte (zoals Basalton en Hydroblocks) is te zien in de bovenste figuur van Figuur B.23. In deze figuur is onderscheid gemaakt tussen geklemde en niet geklemde steenzettingen.

Het blijkt dat de stabiliteit voor niet geklemde steenzettingen voor $\xi_{op} < 2$ ongeveer evenredig is met $\xi_{op}^{-2/3}$. Bij grotere waarde van ξ_{op} neemt de stabiliteit toe.

Voor geklemde steenzettingen is de stabiliteit bij kleine waarde van ξ_{op} veel minder afhankelijk van ξ_{op} , tot zelfs ongeveer constant (tot $\xi_{op} \approx 2$), om vervolgens bij grotere waarde van ξ_{op} geleidelijk op te lopen, maar minder sterk dan de niet geklemde steenzettingen.

Het verloop van de stabiliteit als functie van ξ_{op} voor steenzettingen met een medium leklengte is te zien in de onderste figuur van Figuur B.23. Het valt op dat de stabiliteit voor geklemde steenzettingen ongeveer constant is (nauwelijks afhankelijk van ξ_{op}). Dit in tegenstelling tot steenzettingen met een korte leklengte, zie de bovenste grafiek van Figuur B.23. Voor niet geklemde steenzettingen is er een daling van $H_s/\Delta D$ die ongeveer evenredig is met $\xi_{op}^{-2/3}$ tot $\xi_{op} \approx 2,5$ à 3 , en daarna een lichte stijging als $3 < \xi_{op} < 4$.

Het ontbreken van een duidelijke stijging bij een grotere waarde van ξ_{op} komt overeen met de conclusies van Klein Breteler e.a. (2006b). Zo'n stijging moet er alleen zijn bij steenzettingen met een korte leklengte omdat juist die erg zwaar belast worden door golfklappen. Bij grotere waarde van ξ_{op} nemen de golfklappen af.

In de bovenste figuur van Figuur B.24 zijn de resultaten voor een lange leklengte weergegeven. De globale tendens is nu dat de stabiliteit afneemt of ongeveer constant blijft met toenemende ξ_{op} , ook als de brekerparameter een grote waarde heeft.

De resulterende trends komen overeen met de verwachtingen.

3.2 Invloed van de hoek van golfaanval

De invloed van de hoek van golfaanval op de grootte van $H_s/\Delta D$ is getoond in de onderste figuur van Figuur B.24.

Deze invloed blijkt vrij beperkt te zijn zolang $\beta < 30$ à 50° , maar wordt zeer belangrijk als $\beta > 50$ à 70° .

De stabiliteit bij strijkgolven is extreem groot. Er is wel een kunstmatige bovengrens in Steentoets aangebracht om te voorkomen dat zeer dunne steenzettingen goedgekeurd worden, maar die is kennelijk nog niet te zien in deze figuur. Bij een dikkere toplaag wordt deze bovengrens wel zichtbaar, namelijk bij $D = 0,35$ m bij ongeveer 60 à 75° , afhankelijk van de leklengte.

3.3 Invloed van de toplaagdikte

In Figuur B.25 en B.26 is de invloed van de toplaagdikte (D) op de stabiliteit weergegeven:

- met klemming, bij een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$ ($\xi_{op} = 1,43$): bovenste figuur van Figuur B.25
- met klemming, bij een golfsteilheid van $s_{op} = 0,01$ ($\xi_{op} = 2,86$): onderste figuur van Figuur B.25
- zonder klemming, bij een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$ ($\xi_{op} = 1,43$): Figuur B.26

In deze figuren is op de verticale as de grootste dimensieloze golfhoogte gegeven die nog net het toetsresultaat 'goed' geeft. Deze golfhoogte is dimensieloos gemaakt door hem te delen door de toplaagdikte D en de relatieve soortelijke massa Δ . Daardoor is de maximaal toelaatbare golfhoogte evenredig met de toplaagdikte als er in de figuur een horizontale lijn staat. Als het een stijgende lijn is, neemt de toelaatbare golfhoogte meer dan evenredig toe met de toplaagdikte.

In de bovenste grafiek van Figuur B.25 is te zien dat de invloed van de toplaagdikte op $H_s/\Delta D$ voor steenzettingen met een kleine leklengte beduidend groter is dan voor steenzettingen met een medium of lange leklengte. Vanaf $D \approx 0,3$ m is de stabiliteit bij een kleine leklengte zo groot dat deze begrensd wordt door Steentoets. Steentoets houdt een bepaalde maximale stabiliteit aan. Er wordt in feite een bovengrens aangehouden voor de waarde van $H_s/(\Delta D)$ bij het bezwijken van de steenzetting. Deze bovengrens wordt berekend met de volgende formules (voor buitentalud van een dijk onder de maatgevende waterstand, maar niet op een berm):

$$\left[\frac{H_s}{\Delta D} \right]_{\max} = \frac{\left(7 \left(\min(\xi_{op}; 2) \right)^{\frac{1}{3}} + \max\left(0,5 \left(\min(\xi_{op}; 5) - 2 \right); 0 \right) \right)}{\max\left((\cos \beta)^{2/3}; 0,4\right)} \cdot \min(f_{sfront}; 2,5) \quad (3.1)$$

$$f_{s,front} = \max \left(1 - c_1 \cdot \log \left(\frac{N}{1000} \right); c_2 \right) \quad (3.2)$$

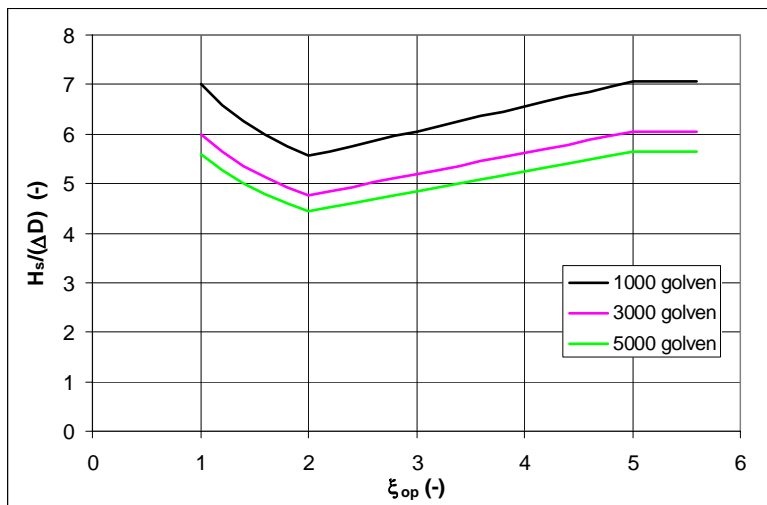
Met:

$[H_s/(\Delta D)]_{max}$ = bovengrens voor de maximaal toelaatbare $H_s/(\Delta D)$ in Steentoets (-)

$f_{s,front}$ = invloedsfactor in Steentoets voor de belastingduur (-)

ξ_{op} = $\tan \alpha / \sqrt{s_{op}}$ = brekerparameter (-)

c_1, c_2 = coëfficiënten in verband met de belastingduur (-)



Figuur 3.1 Bovengrens voor $H_s/(\Delta D)$ bij het bezwijken van steenzettingen volgens Steentoets (loodrechte golfaanval, geen zuilen of blokken op hun kant)

Voor de waarde van de coëfficiënten c_1 en c_2 geldt:

- Blokken: $c_1 = 0,30$ $c_2 = 0,80$
- Zuilen: $c_1 = 0,15$ $c_2 = 0,85$
- Blokken op hun kant: $c_1 = 0,35$ $c_2 = 0,80$

Deze formules zijn grafisch weergegeven in Figuur 3.1 voor blokken met loodrechte golfaanval ($\beta = 0$).

Voor steenzettingen zonder klemming is de invloed van de toplaagdikte duidelijk kleiner dan voor steenzettingen met klemming (vergelijk Figuur B.25 boven met Figuur B.26).

Deze trends komen overeen met de verwachtingen.

3.4 Invloed van het niveau van de bovenste overgangsconstructie

Het niveau van de bovenste overgangsconstructie in de steenzetting kan zeer bepalend zijn voor de stabiliteit. Als de bovenste overgangsconstructie boven het zwaarst aangevallen niveau ligt, zal het toenemen van dit niveau zorgen voor een steeds grotere normaalkracht in de steenzetting, waardoor de klemming toeneemt. Het toenemen van klemming heeft als gevolg dat de stabiliteit ook toeneemt. Als de bovenste overgangsconstructie onder het zwaarst aangevallen niveau ligt, wordt de steenzetting nauwelijks belast. Als het niveau zeer laag ligt zal de stabiliteit dus hoog zijn.

Daarnaast is het stijghoogteverschil over de toplaag bij de overgangsconstructie groter dan zonder overgangsconstructie, als daar vlak onder een golfklap neerkomt, of een stijghoogtefront aanwezig is.

De invloed van het niveau van de bovenste overgangsconstructie (Z_b) is gegeven in de bovenste figuur van Figuur B.27. De berekeningen zijn gemaakt voor een steenzetting met klemming en een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$ ($\xi_{op} = 1,43$).

We zien dat de stabiliteit het laagste is als $Z_b \approx -1$ à 0 m (ten opzichte van de stilwaterlijn). De zwaarst aangevallen zone ligt dan zeer ongunstig ten opzichte van de overgangsconstructie, waar het stijghoogteverschil lokaal wat groter is door de onderbreking van het filter. Naarmate Z_b groter wordt, neemt de stabiliteit toe vanwege het toenemen van de normaalkracht in de steenzetting.

Bij kleinere waarden neemt de stabiliteit snel toe vanwege het feit dat de belasting niet meer op de steenzetting aangrijpt.

Er kunnen meerdere minima in het verloop zitten, omdat rekening gehouden wordt met vijf verschillende belastingsituaties (zeewaarts en landwaarts van golfklaptype 1, landwaarts van golfklaptype 2, het steile golffront en het hoge front). Elk van deze belastingsituaties geeft een maximaal stijghoogteverschil op een andere lokatie op de steenzetting.

Het verloop van de stabiliteit bij een overgangsconstructie onder de waterlijn kent een aantal abrupte overgangen. Overwogen zou kunnen worden de formules zo aan te passen dat het verloop van stabiliteit als functie van het niveau van de bovenste overgangsconstructie wat vloeiender verloopt.

3.5 Invloed van de taludhelling en belastingduur

De invloed van de taludhelling op de stabiliteit van steenzettingen is weergegeven in de onderste figuur van Figuur B.27.

De invloed van de taludhelling is duidelijk het grootste als de golfsteilheid groot is. Bij een kleine golfsteilheid en een kleine leklengte is de invloed bijna verdwenen.

De invloed van de belastingduur wordt uitgedrukt in het aantal golven. De relatie tussen de belastingduur en het aantal golven is als volgt:

$$N = \frac{t_{belast}}{T_p / 1,1} \quad (3.3)$$

Met:

N = aantal golven tijdens de belastingperiode (-)

T_p = golfperiode bij de piek van het spectrum (s)

t_{belast} = belastingduur (s)

Door de golfperiode bij de piek van spectrum te delen door 1,1 is er een schatting verkregen van de gemiddelde periode.

Naarmate de belastingduur groter is, neemt de stabiliteit af, totdat de belastingduur extreem groot is. Dit blijkt ook uit de rekenresultaten die weergegeven zijn in Figuur B.28.

3.6 Invloed van de leklengte gerelateerde parameters

De leklengte is een belangrijke parameter voor de stabiliteit van een steenzetting. Naarmate de leklengte groter is, zal bij dezelfde golfbelasting het stijghoogteverschil over de toplaag ook groter zijn. Dat maakt dat de stabiliteit bij een grote leklengte kleiner is dan bij een kleine leklengte. De leklengte is als volgt gedefinieerd:

$$\Lambda = \sqrt{\frac{Dbk}{k'}} \quad (3.4)$$

Met:

- Λ = Leklengte (m)
- D = toplaagdikte (m)
- b = dikte van de filterlaag (m)
- k = gelineariseerde doorlatendheid van het filter (m/s)
- k' = gelineariseerde doorlatendheid van de toplaag (m/s)

Er zijn een groot aantal eigenschappen van de steenzetting waarvan de invloed op de stabiliteit via de leklengte wordt meegeteld:

- Dikte van de toplaag: D (m)
- Spleetbreedte of open oppervlak in de toplaag: s (mm) of Ω (%)
- Korrelgrootte van het inwasmateriaal: D_{15} (m)
- Dikte van de filterlaag: b (m)
- Korrelgrootte van het filtermateriaal: D_{15} (m)
- Porositeit van het filter: n (-)

De invloed van deze parameters op de stabiliteit van de steenzetting is getoond in de figuren A.29 tot met A.31.

In de bovenste figuur van figuur A.29 valt op dat de invloed van de dikte van de filterlaag vooral groot is als de leklengte klein is en er geen klemming is. De invloed is het grootst als de filterlaagdikte klein is. De invloed is het kleinst als de leklengte klein is en er wel klemming is, zoals in de thans meest gebruikte steenzettingen in de renovatiewerken.

De invloed van de korrelgrootte van het filter is bij een kleine leklengte verrassend klein, zoals te zien is in de onderste figuur van figuur A.29.

In figuur A.30 blijkt dat de invloed van het relatieve open oppervlak enorm groot is bij $\Omega < 2$ à 3%. En dergelijke open oppervlak komt vooral voor bij rechthoekige blokken met spleten. Dit sluit aan op de ervaring dat een kleine spleetbreedte desastreus is voor de stabiliteit van de steenzetting.

In figuur A.31 is duidelijk te zien dat een toename van de leklengte een afname van de stabiliteit geeft.

3.7 Invloed van de soortelijke massa van de toplaag

In Figuur B.32 is de invloed van de soortelijke massa op de stabiliteit van geklemde steenzettingen gegeven in de bovenste figuur, terwijl voor niet geklemde steenzettingen deze invloed te vinden is de onderste figuur.

In deze figuren is op de verticale as de maximaal toelaatbare golfhoogte gezet, die dimensieloze is gemaakt door het te delen door ΔD . In de relatieve soortelijke massa (Δ) zit ook al de soortelijke massa:

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \quad (3.5)$$

Dit maakt dat een horizontale lijn in de figuur betekent dat de toelaatbare golfhoogte recht evenredig toeneemt met Δ . Zodra de lijn iets afloopt neemt de toelaatbare golfhoogte iets minder dan evenredig toe. Dit is belangrijk bij het interpreteren van de figuren.

In de bovenste grafiek van Figuur B.32 is te zien dat de lijnen ongeveer horizontaal lopen. De medium leklengte met grote golfsteilheid geeft nog de grootste variatie, maar ook die is niet bijzonder groot gezien de grote range van soortelijke massa's die zijn doorgerekend.

Het algehele beeld in de trends voor steenzettingen zonder klemming (onderste figuur van Figuur B.32) is vergelijkbaar met dat voor steenzettingen met klemming. Wel is het opmerkelijk dat de blauwe lijnen voor een kleine leklengte elkaar kruisen. Bij een grote golfsteilheid neemt de bezwijkhoogte iets minder dan lineair toe met toenemende Δ , terwijl bij een kleine golfsteilheid het juist iets meer dan lineair toeneemt. Gezien de getoonde trends in figuur B.32 is dit echter niet vreemd.

3.8 Invloed van het niveau van het voorland

Het niveau van het voorland zit alleen in de formules voor de invloed van de belastingduur. Daarin is het niveau van het voorland ten opzichte van stilwaterlijn relevant. Het is daarom niet te verwachten dat het een grote invloed heeft. Uit Figuur B.33 blijkt echter dat er helemaal geen invloed is voor de doorgerekende combinaties van constructies en belastingssituaties.

De golfhoogte was in veel gevallen vrij groot ten opzichte van de waterdiepte, en in het rechter deel van de figuren zelfs onrealistisch groot. In werkelijkheid zal de golfhoogte door het breken van de golven verkleinen. Als dat meegenomen zou worden, zouden de lijnen naar rechts snel oplopen, omdat op ondiep water de golfhoogte beperkt is. Alleen het toenemen van de golfperiode bij het toenemen van de golfhoogte op diep water zou dan nog kunnen leiden tot een zwaardere belasting, maar dan alleen voor constructies met een medium of korte leklengte. Immers: het toenemen van de golfperiode bij constante golfhoogte geeft een steeds grotere waarde van ξ_{op} . Zie Figuur B.23 en de bovenste figuur in figuur B.24.

4 Conclusies

De speurtocht door alle verslagen van het steenzettingonderzoek heeft in totaal 167 bruikbare proeven opgeleverd van grootschalig modelonderzoek met onregelmatige golven. In 73 van deze proeven was er sprake van schade (categorie c en d). Er zijn geen bruikbare proeven gevonden in de internationale literatuur.

De vergelijking tussen de meetpunten en de rekenresultaten leidt tot de conclusie dat het rekenmodel meestal enigszins conservatief is en soms heel conservatief. In uitzonderlijke gevallen overschat het rekenmodel de sterkte iets.

De grootste discrepanties tussen het rekenmodel en de metingen zijn:

- Voor steenzettingen boven de waterlijn wordt de stabiliteit flink onderschat door het rekenmodel (extreem conservatief: bezwijkgolffhoogte ligt minstens een factor 2,5 hoger).
- Steenzettingen met brede stootvoegen hebben een extra vrijheidsgraad, waardoor de stabiliteit veel lager is dan volgens de berekeningen. Het wordt afgeraden om dergelijke steenzettingen in de praktijk te bouwen.
- Voor steenzettingen met plat gezette blokken op een filter is het rekenmodel in een aantal gevallen behoorlijk conservatief, maar soms maar een beetje. Wellicht is er in de Deltagoot soms sprake van enige klemming, waardoor de stabiliteit wat hoger uitvalt. De bezwijkgolffhoogte kan dan een factor 1,5 hoger zijn dan volgens de berekeningen. In de praktijk kan men echter niet altijd rekenen op klemming bij dit soort steenzettingen.
- Tijdens proef 4250+4251 (Hydroblocks) is al schade opgetreden bij een 5% lagere golffhoogte dan volgens het rekenmodel. Hier is echter in de Deltagoot gewerkt met hergebruikte Hydroblocks, die waarschijnlijk een lagere stabiliteit hebben dan normale Hydroblocks.
- De stabiliteit van C-Star was in de Deltagoot aanzienlijk hoger dan volgens het rekenmodel (factor 1,5 in de bezwijkgolffhoogte). Mogelijk is dit een gevolg van de wat grotere wrijving tussen de blokken van dit systeem. Voorlopig worden alle steenzettingen behalve basalt doorgerekend met een wrijvingscoëfficiënt van 0,55, maar C-Star plakt enigszins aan elkaar, en had daardoor mogelijk een hogere wrijvingscoëfficiënt.
- De stabiliteit van Basalton op een berm was in de Deltagoot precies gelijk aan die volgens het rekenmodel. Er is hier dus geen sprake van enige veiligheid.
- Hoewel de stabiliteit van het buitentalud van havendammen volgens Steentoets al aanzienlijk lager is dan gewoon het taluds, is er nog steeds een proef (proef 2 op de havendam van Urk met basalt) waarbij de basalt bij een lagere golffhoogte bezwijkt dan volgens het rekenmodel. Het verschil is ongeveer 10%. Verder is er een proef waarbij de bezwijkgolffhoogte gelijk is aan die volgens het rekenmodel (proef 2 op een havendam van Basalton). Omdat er ook meetpunten zijn zonder schade, maar Steentoets wel schade voorspeld, wordt dit voorlopig geaccepteerd.
- De stabiliteit van het binnentalud van een havendam wordt flink onderschat. De bezwijkgolffhoogte zou hier wellicht een factor 1,5 hoger kunnen zijn dan volgens het rekenmodel.

Helaas moeten we constateren dat we nog niet alle aspecten van steenzettingen volledig doorgrondend. Dat maakt het ongewenst om het rekenmodel al te zeer af te regelen op enkele individuele proefresultaten die wat uit de toon vallen.

De analyse van de trends in de berekende bezwijkgolffhoogte als functie van de variatie van invoerparameters heeft geleid tot de conclusie dat de trends logisch en verklaarbaar zijn. Het verdient echter wel aanbeveling om de invloed van het niveau van de bovenste overgangs-

constructie anders te modelleren in Steentoets. De huidige formules zijn een bron van discontinuïteiten die ertoe leiden dat de resultaten niet altijd gemakkelijk verklaarbaar zijn.

5 Referenties

- Boer, K. den (1982)
Taludbekleding van gezette steen, fase 0
Hydraulische aspecten
Verslag literatuurstudie, M1795, deel II, juli 1982
Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft
- Boer, K. den (1982)
Grootschalig onderzoek tbv de Oesterdam
Verslag modelonderzoek, M1795/M1881, deel VI
Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft, juli 1982
- Bosters (2009)
Ontwerp met over-all veiligheidsfactor
Rijkswaterstaat Zeeland, werkgroep kennis, PZDT-M-09016, januari 2009
- Burger, A.M. (1983)
Taludbekleding van gezette steen, fase 2
Grootschalig gidsonderzoek
Verslag M1795/M1881, deel IX, dec. 1983
Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft
- Burger, A.M. (1985)
Sterkte Oosterscheldedijken onder Geconcentreerde Golfaanval (Provo)
Waterloopkundig Laboratorium, project M2036, maart 1985
- Burger, A.M. (1988)
Taludbekleding van gezette steen
Eindverificatie-onderzoek Deltagoot
Waterloopkundig Laboratorium, H195.25; april 1988
Is opgenomen in deel XXIII over taludbekleding van gezette steen
- Derks, H. en M. Klein Breteler (1992).
Gedrag van asfaltbekledingen onder golfaanval
Verslag modelonderzoek in de Deltagoot
WL | Delft Hydraulics, verslag H1480, mei 1992
- Eysink, W. en M. Klein Breteler, (2003)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Deltagootonderzoek naar stabiliteit van basalt
WL | Delft Hydraulics, verslag H 4327, dec 2003
- Fuhrboter, A. and U. Sparboom
Full-scale investigations on the stability of concrete block revetments
Proceedings of the International Symposium on Modelling Soil-Water-Structure interactions,
SOWAS, Delft
Balkema, Rotterdam, 1988

Hofland, B. en M. Klein Breteler (2006)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Stabiliteit ingegoten basalt en afschuiving ondergrond
Meetverslag Deltagootonderzoek
WL | Delft Hydraulics, concept verslag H 4635, januari 2006

HR 2006
Hydraulische Randvoorwaarden 2006, voor het toetsen van primaire waterkeringen
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007

Klein Breteler, M. (1986)
Taludbekleding van gezette steen
Te stellen eisen aan een schaalmodel van een steenzetting, sectie 8 van deel XX A
Waterloopkundig Laboratorium, notitie N 168, M1881/H195.04, sept. '86

Klein Breteler, M. e.a. (deele XX, 1992)
Taludbekledingen van gezette steen
Stabiliteit van de toplaag
Waterloopkundig Laboratorium en Grondmechanica Delft, Deel XX A, april 1992

Klein Breteler, M (2000)
Grootschalig modelonderzoek naar stabiliteit van taludbekledingen
Analyse van resultaten van Deltagootproeven; Band A
WL | Delft Hydraulics, verslag H3272, mei 2000

Klein Breteler, M (2002)
Stabiliteit van westelijke havendammen van Urk en Ketelhaven, Deltagootproeven op kruin
en binnentalud
WL | Delft Hydraulics, verslag H 4083, juli 2002

Klein Breteler, M., en W. Eysink (2003)
Stabiliteit van kruinmuur en steenzetting op Zuiderpier van Harlingen
Verslag Deltagootonderzoek
WL | Delft Hydraulics, verslag H 4171, april 2003

Klein Breteler, M., en W. Eysink (2005)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Langeduursterkte van steenzettingen
WL | Delft Hydraulics, verslag H4475, november 2005

Klein Breteler, M. en I. van der Werf, 2006a
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Kennisontwikkeling ten behoeve van Steentoets2006
WL | Delft Hydraulics, verslag H4846, november 2006

Klein Breteler, M., I. van de Werf en I. Wenneker (2006b)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Kwantificering golfbelasting en invloed lange golven
WL | Delft Hydraulics, conceptverslag H4421, juni 2006

- Klein Breteler, M., en G. Wolters (2007)
Stabiliteit van steenzetting met blokken op hun kant
WL | Delft Hydraulics, concept verslag H 4941, oktober 2007
- Klein Breteler, M., (2007a)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Reststerkte van steenzetting met zuilen na initiële schade
WL | Delft Hydraulics, verslag H4327, juni 2007
- Klein Breteler, M. (2007b)
Geavanceerde toetsing van steenbekleding op Afsluitdijk
Waddenzeezijde en dammen Den Oever en Kornwerderzand
WL | Delft Hydraulics, verslag H 4879, december 2007
- Klein Breteler, M. (2009)
Validatie Steentoets2008
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Deltares, rapport H4846, februari 2009
- Klein Breteler, M. (2011)
Documentatie Steentoets2008 en Steentoets2010
Deltares, rapport 1202551.006, 23 februari 2011
- Kuiper, C., M. Klein Breteler, L.N. Booster en W. Eysink (2006)
Stabiliteit van gezette steenbekledingen op havendammen
Afleiding van een verbeterde toetsmethode voor de toplaag
WL | Delft Hydraulics, verslag H4432, februari 2006
- Lindenberg, J. (1983)
Stabiliteit van Armoflex-steenzettingen onder golfaanval
Waterloopkundig Laboratorium en Laboratorium voor Grondmechanica
Verslag modelonderzoek M1910, jan. 1983
- Lindenberg, J. (1988)
Verweking van zand onder een steenzetting talud 1:3 onder invloed van golfbelasting
Verslag modelonderzoek
Onderdeel van deel XXII: Grondmechanische stabiliteit in de golfzone
M1795/M1881 deel XXII C, 1988
Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft
- Meer, J.W. van der, en A. Bezuijen (1983)
Taludbekleding van gezette steen, fase 4
Grootschalig modelonderzoek naar een steenzetting op zand
Verslag modelonderzoek, M1795/M1881, deel XII, dec. 1983
Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft
- Rudolph D. , M. Klein Breteler (2005)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Analyse van de stabiliteit van basalt
WL | Delft Hydraulics, verslag H4422, februari 2005

Smith, G.M., Wouters, J. en Klein Breteler, M (2000)
Grootschalig modelonderzoek naar stabiliteit van taludbekledingen
Meetverslag van Deltagootonderzoek
WL | Delft Hydraulics, verslag H3272, februari 2000

Technisch Rapport Steenzettingen
TAW, 2003

Tekmarine 1982
Large-scale model studies of arctic island slope protection
Tekmarine inc., Project TCN-015, April 1982
Sierra Madre, California, USA
Zie sectie 7 in deel XX A, appendix 1

Tekmarine 1983
Large-scale model investigation of compound slope profiles
Tekmarine inc., Project TCN-024, May/June 1983
Sierra Madre, California, USA
Zie sectie 7 in deel XX A, appendix 1

Tekmarine 1983a
Large scale modelling of armorflex slope protection system
Tekmarine inc., Sierra Madre, California, Oct. '83

Tekmarine 1984
Large scale model study of armorflex slope protection
Tekmarine inc., Sierra Madre, California, May '84

Tekmarine 1985
Two-dimensional model study of slope protection systems for the Sohio
Endicott Project
Tekmarine inc., January 1985
Sierra Madre, California, USA
Zie sectie 7 in deel XX A, appendix 1

VTV 2006
Voorschrift toetsen op veiligheid primaire waterkeringen
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007

Weide, J. v.d. en Visser, P. (1983)
Basalton, stabiliteit onder golfaanval
Waterloopkundig Laboratorium en Laboratorium voor Grondmechanica
Verslag modelonderzoek M1900, febr. 1983

Werf, I. vd, en M. Klein Breteler (2007)
Stabiliteit van C-star taludbekleding onder golfaanval
WL | Delft Hydraulics, concept verslag H 4885, juni 2007

Wouters, J. (1991)
Taludbekledingen van gezette steen
Eindverificatie onderzoek Deltagoot
WL | Delft Hydraulics, verslag M 1795 / H 195, deel XXIII, februari 1991

Wouters, J. 1993
Reststerkte van Dijkbekledingen
Stabiliteit van steenzetting en klei-onderlaag
Deel III, Meetverslag Deltagootonderzoek
Waterloopkundig Laboratorium, Juni 1993

Wouters, J., (1998)
Pit-Polygoonzuilen en Hydroblocks
Grootschalig modelonderzoek in Deltagoot
WL / Delft Hydraulics, verslag H3224, okt. '98

A Tabellen

Black-box proeven met onregelmatige golven		TOPLAAG										FILTERLAAG							
project	proefnr	omschrijving	niveau ondergrens [m NAP]	niveau bovengrens [m NAP]	talud helling	type topklaag	type onderlagen	D [m]	B [m]	L [m]	spleetbreedte [mm]	open oppervlakt [%]	ρ [kg/m ³]	D15 [mm]	n [-]	ingegoten diepte [m]	VGD [GPa]	b [m]	D15 [mm]
Smith e.a. (2000)	2o01	basalton op zandafalt, berm op +5m	3.00	5.00	0.286	27.1	as	0.150	0.30	0.30		15	2376	7	0.7				
Smith e.a. (2000)	3o10	overgoten en ingezand basalt, berm op +5	2.00	5.00	0.286	27.11	st vl kl	0.196	0.30	0.30		13	2955			0.050	0	0.075	4.0
Smith e.a. (2000)	3o11	overgoten en ingezand basalt, berm op +5	2.50	5.00	0.286	27.11	st vl kl	0.196	0.30	0.30		13	2955			0.050	0	0.075	4.0
Hofland e.a. (2006)	P01-02	Ingegoten basalt (half)	1.60	6.00	0.286	26.01	st ge kl	0.129				13	3033			0.085	0.5	0.079	5.6
Hofland e.a. (2006)	P03-05	Ingegoten basalt (half)	1.60	6.00	0.286	26.01	st ge kl	0.129				13	3033			0.085	0.5	0.079	5.6
Hofland e.a. (2006)	LW 17-19	Ingegoten basalt (volledig)	1.60	6.00	0.286	26.01	st ge kl	0.129				13	3033			0.129	10.5	0.079	5.6
Hofland e.a. (2006)	LW 17-21	Ingegoten basalt (volledig)	1.60	6.00	0.286	26.01	st ge kl	0.129				13	3033			0.129	10.5	0.079	5.6
Hofland e.a. (2006)	HW 12+13+14	Ingegoten basalt (volledig)	1.60	6.00	0.286	26.01	st ge kl	0.129				13	3033			0.129	10.5	0.079	5.6
Hofland e.a. (2006)	HW 22-23A	Ingegoten basalt (volledig)	1.60	6.00	0.286	26.01	st ge kl	0.129				13	3033			0.129	10.5	0.079	5.6
Klein Breteier (2007b)	5	Graniet met DV voegvulling	4.80	5.45	0.333	28.52	za kl	0.117	0.17	0.26	10		2635			0.061			
Wouters (1993)	A02	blokken met ruwheid op klei	2.00	6.50	0.250	11	kl	0.150	0.50	0.50	2		2380						
Wouters (1993)	A03	blokken met ruwheid op klei	2.00	6.50	0.250	11	kl	0.150	0.50	0.50	2		2380						
Lindenber (1988)	DGB10	Basalton op zand	0.50	7.00	0.333	27.1	ge	0.200				14	2300						
Lindenber (1988)	DGB12	Basalton op zand	0.50	7.00	0.333	27.1	ge	0.200				14	2300						
Den Boer (1982)	c.1.3.23	blokken op klei	3.40	4.50	0.250	10	kl	0.150	0.25	0.25	1.5		2360						
Den Boer (1982)	c.2.5-49	blokken op klei	3.40	4.50	0.250	10	kl	0.100	0.25	0.25	1.5		2370						

Tabel A.1, Deltagootproeven met steenzettingen zonder filter en ingegoten bekledingen, constructie eigenschappen

Black-box, proeven met onregelmatige golven		HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN											Schade				
project	proefnr	omschrijving	talud helling tan α	type toplaag	onder- lagen	TOPLAAG		water- stand [m]	Zb [m]	Hs [m]	Tp [s]	S _{op} [-]	E _{sop} [-]	H _d /ΔD [-]	Duur [h]	N [-]	Schade
						D [m]	ρ [kg/m ³]										
Smith e.a. (2000)	2001	basalton op zandafval, berm op +5m	0.286	27.1	1a	0.150	2376	5.00	0.00	0.85	3.71	0.040	1.44	4.12	0.9	1045	d
Smith e.a. (2000)	3010	overgoten en ingezand basalt, berm op +5	0.286	27.11	1st vl kl	0.196	2965	4.00	1.00	1.26	4.70	0.037	1.50	3.29	1.2	1045	a
Smith e.a. (2000)	3011	overgoten en ingezand basalt, berm op +5	0.286	27.11	1st vl kl	0.196	2965	4.39	0.61	1.56	5.30	0.036	1.52	4.07	1.3	1045	d
Hoffland e.a. (2006)	P01-02	Ingegaten basalt (half)	0.286	26.01	1st ge kl	0.129	3033	3.90	2.10	0.68	4.23	0.024	1.83	2.59	5.0	4894	a
Hoffland e.a. (2006)	P03-05	Ingegaten basalt (half)	0.286	26.01	1st ge kl	0.129	3033	3.90	2.10	0.96	4.98	0.025	1.81	3.66	5.2	4323	d
Hoffland e.a. (2006)	LW 17-19	Ingegaten basalt (volledig)	0.286	26.01	1st ge kl	0.129	3033	3.07	2.93	1.07	5.84	0.020	2.01	4.08	3.4	2403	b
Hoffland e.a. (2006)	LW 17-21	Ingegaten basalt (volledig)	0.286	26.01	1st ge kl	0.129	3033	3.23	2.77	1.16	6.14	0.020	2.03	4.42	5.6	3742	d
Hoffland e.a. (2006)	HW 12+13+14	Ingegaten basalt (volledig)	0.286	26.01	1st ge kl	0.129	3033	4.16	1.84	1.02	5.38	0.023	1.90	3.89	3.5	2655	b
Hoffland e.a. (2006)	HW 22-23A	Ingegaten basalt (volledig)	0.286	26.01	1st ge kl	0.129	3033	4.70	1.30	1.52	5.76	0.029	1.67	5.80	3.6	2580	d
Klein Breteleur (2007b)	5	Graniet met DV voegvulling	0.333	28.52	za kl	0.117	2635	4.75	0.70	1.38	5.05	0.035	1.79	7.19	1.1	926	a
Wouters (1993)	A02	blokken met ruwheid op klei	0.250	11	kl	0.150	2380	5.00	1.50	0.62	4.60	0.019	1.82	3.00	1.4	1278	a
Wouters (1993)	A03	blokken met ruwheid op klei	0.250	11	kl	0.150	2380	5.00	1.50	0.81	3.90	0.034	1.35	3.91	0.8	858	d
Lindenbergh (1988)	DGB10	Basalton op zand	0.333	27.1	1ge	0.200	2300	4.50	2.50	1.04	3.79	0.046	1.55	4.00	1.0	1092	a
Lindenbergh (1988)	DGB12	Basalton op zand	0.333	27.1	1ge	0.200	2300	4.50	2.50	1.24	3.79	0.055	1.42	4.77	0.3	364	d
Den Boer (1982)	c.1.3.23	blokken op klei	0.250	10	kl	0.150	2360	4.01	0.50	0.88	3.23	0.054	1.08	4.31	8.0	10249	a
Den Boer (1982)	c.2.5-49	blokken op klei	0.250	10	kl	0.100	2370	4.00	0.50	0.79	2.93	0.059	1.03	5.73	2.0	2828	d

Tabel A.2, Deltagootproeven met steenzettingen zonder filter en ingegoten bekledingen, hydraulische randvoorwaarden en schade

project	proefnr.	omschrijving	niveau ondergrens [m NAP]	niveau bovengrens [m NAP]	helling	talud	type	TOPLAAG										FILTERLAAG 2e FILTERLAAG			
								toplaag	onderlagen	D	B	L	speelt-breedte [mm]	speelt-langs [mm]	open oppervlakt [%]	Gattype 1 grootte [cm2]	aantal [-]	p [kg/m3]	invast D15 [mm]	b	D15 [mm]
Smith e.a. (2000)	4bo06	met dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	2,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	1,75	1,75	2337	0,05	2,8	0,8	2,3				
Smith e.a. (2000)	4co01	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	2,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	1,75	1,75	2337	0,05	2,8	0,8	2,3				
Smith e.a. (2000)	4co07	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	2,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	1,75	1,75	2337	0,05	2,8	0,8	2,3				
Smith e.a. (2000)	4co08	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	2,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	1,75	1,75	2337	0,05	2,8	0,8	2,3				
Smith e.a. (2000)	4co13	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	2,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	1,75	1,75	2337	0,05	2,8	0,8	2,3				
Smith e.a. (2000)	5co05	blokken op mijnsteen met uitvullaag, berm op +5	0,50	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,250	0,50	0,50	1,6	1,6	2383	0,05	7,1	0,8	2,8				
Smith e.a. (2000)	5co06	blokken op mijnsteen met uitvullaag, berm op +5	0,50	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,250	0,50	0,50	2	2	2383	0,05	7,1	0,8	2,8				
Smith e.a. (2000)	6co21	blokken op filter met ondiepwater golfbelast., berm op +5	0,50	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,250	0,50	0,50	2	2	2383	0,05	7,1	0,8	2,8				
Smith e.a. (2000)	20a03	grote blokken van 50x50x20 cm3, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	26	1	2337	0,10	18,6						
Smith e.a. (2000)	20a04	grote blokken van 50x50x20 cm3	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	26	1	2337	0,10	18,6						
Smith e.a. (2000)	20a05	grote blokken van 50x50x20 cm3	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	26	1	2337	0,10	18,6						
Smith e.a. (2000)	20a06	grote blokken van 50x50x20 cm3	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	26	1	2337	0,10	18,6						
Smith e.a. (2000)	20a07	grote blokken van 50x50x20 cm3	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	26	1	2337	0,10	18,6						
Smith e.a. (2000)	20a08	grote blokken van 50x50x20 cm3	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,200	0,50	0,50	26	1	2337	0,10	18,6						
Smith e.a. (2000)	20b03	kleine blokken van 25x25x10, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,100	0,25	0,25	13,1	0,8	2344	8,3	0,05	10,8					
Smith e.a. (2000)	20b04	kleine blokken van 25x25x10	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,100	0,25	0,25	13,1	0,8	2344	8,3	0,05	10,8					
Smith e.a. (2000)	20b05	kleine blokken van 25x25x10	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,100	0,25	0,25	13,1	0,8	2344	8,3	0,05	10,8					
Smith e.a. (2000)	20b07	kleine blokken van 25x25x10	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,100	0,25	0,25	13,1	0,8	2344	8,3	0,05	10,8					
Smith e.a. (2000)	20b09	kleine blokken van 25x25x10	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,100	0,25	0,25	13,1	0,8	2344	8,3	0,05	10,8					
Smith e.a. (2000)	20b10	kleine blokken van 25x25x10	3,00	5,00	0,286	11gr st my	11gr st my	0,100	0,25	0,25	13,1	0,8	2344	8,3	0,05	10,8					
Wouters (1991)	128	Blokken op filter - 1oost	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,151	0,25	0,30	2	2	2375	0,50	3,6						
Wouters (1991)	154	Blokken op filter - 1oost	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,151	0,25	0,30	2	2	2375	0,50	3,6						
Wouters (1991)	155	Blokken op filter - 1oost	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,151	0,25	0,30	2	2	2375	0,50	3,6						
Wouters (1991)	128	Blokken op filter - 1west	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,147	0,25	0,30	2	2	2364	0,25	3,6						
Wouters (1991)	154	Blokken op filter - 1west	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,147	0,25	0,30	2	2	2364	0,25	3,6						
Wouters (1991)	155	Blokken op filter - 1west	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,147	0,25	0,30	2	2	2364	0,25	3,6						
Wouters (1991)	248	Blokken op filter - 2oost	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,150	0,50	0,50	2	2	2383	0,50	3,6						
Wouters (1991)	248	Blokken op filter - 2oost	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,150	0,50	0,50	2	2	2383	0,50	3,6						
Wouters (1991)	627	Blokken op filter - 6west	0,00	8,50	0,333	11gr st my	11gr st my	0,147	0,25	0,30	2,5	2,5	2364	0,50	3,6						
Burger (19885)	6	Haringmanblokken	3,50	8,50	0,286	11.1 gr my	11.1 gr my	0,200	0,50	0,50	2	2	2290	1	0,04	9	1	3			
Burger (19885)	10	Haringmanblokken	3,50	8,50	0,286	11.1 gr my	11.1 gr my	0,200	0,50	0,50	2	2	2290	1	0,04	9	1	3			
Burger (19885)	15	Haringmanblokken	3,50	8,50	0,286	11.1 gr my	11.1 gr my	0,200	0,50	0,50	2	2	2290	1	0,04	9	1	3			
Lindenbergh (1983)	45	Armorflex zonder kabels	2,60	8,75	0,333	10 st	10 st	0,108	0,30	0,30	0,30	0,30	2411	0,25	25						
Lindenbergh (1983)	46	Armorflex zonder kabels	2,60	8,75	0,333	10 st	10 st	0,108	0,30	0,30	0,30	0,30	2411	0,25	25						
Lindenbergh (1983)	58	Armorflex zonder kabels	2,60	8,75	0,333	10 st	10 st	0,108	0,30	0,30	0,30	0,30	2411	0,25	25						
Burger (1983)	30	blokken op filter	3,00	4,40	0,333	10 st	10 st	0,150	0,25	0,25	1	1	2350	0,35	25						
Burger (1983)	31	blokken op filter	3,00	4,40	0,333	10 st	10 st	0,150	0,25	0,25	1	1	2350	0,35	25						
Burger (1983)	34	blokken op filter	3,00	4,40	0,333	10 st	10 st	0,150	0,25	0,25	1	1	2350	0,35	25						
Burger (1983)	35	blokken op filter	3,00	4,40	0,333	10 st	10 st	0,150	0,25	0,25	1	1	2350	0,35	25						
Burger (1983)	38	blokken op filter	3,00	4,40	0,333	10 st	10 st	0,150	0,25	0,25	1	1	2350	0,35	25						
Burger (1983)	37	blokken op filter	3,00	4,40	0,333	10 st	10 st	0,150	0,25	0,25	1	1	2350	0,35	25						
Den Boer (1982)	c.1.1-6	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,150	0,25	0,25	1,5	1,5	2360	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.1.1-7	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,150	0,25	0,25	1,5	1,5	2360	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.1.2-17	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,150	0,25	0,25	1,5	1,5	2360	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.1.2-18	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,150	0,25	0,25	1,5	1,5	2360	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.2.4-46	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	2370	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.2.4-47	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	2370	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.2.3-51	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	2370	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.3.1-57	blokken met vellingkanten op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	2410	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.3.1-58	blokken met vellingkanten op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	2410	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.3.2-60	blokken met gaten op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	28274	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.3.2-61	blokken met gaten op filter (pennen => geen normaalkracht)	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	28274	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.4-64	blokken op filter, halfsteens zonder pennen	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	2370	0,15	14	0,35	5				
Den Boer (1982)	c.4-65	blokken op filter, halfsteens zonder pennen	3,40	4,50	0,250	10 gr my	10 gr my	0,100	0,25	0,25	1,5	1,5	2370	0,15	14	0,35	5				

Tabel A.3. Deltagoopproeven met plat gezette blokken, constructie eigenschappen

proefid.	proefnr.	omschrijving	talud helling tan.α	type toplaag onderlagen	D [m]	spleet- [mm]			open oppervlak [%]	ρ [kg/m ³]	inwast D15 [mm]	waterstand [m]	Zb [m]	Hs [m]	Tp [s]	S _{sp} [f]	z _{sup} [f]	H _z /AD [f]	Duur [h]	N	Schade
						breedte	langs	langs													
Smith e.a. (2000)	4b006	niet dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	11 ge st my	0,200	1,75	1,75	1,75	2337			3,77	1,23	0,86	5,40	0,02	2,08	3,22	1,4	1000	a
Smith e.a. (2000)	4c001	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	11 ge st my	0,200	1,75	1,75	1,75	2337			3,77	1,23	0,71	3,30	0,04	1,40	2,66	0,8	1000	a
Smith e.a. (2000)	4c007	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	11 ge st my	0,200	1,75	1,75	1,75	2337			3,78	1,22	1,05	5,80	0,02	2,02	3,93	1,5	1000	a
Smith e.a. (2000)	4c008	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	11 ge st my	0,200	1,75	1,75	1,75	2337			3,77	1,23	1,17	4,50	0,04	1,49	4,38	1,1	1000	c
Smith e.a. (2000)	4c013	dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	11 ge st my	0,200	1,75	1,75	1,75	2337			4,04	0,96	1,50	4,90	0,04	1,43	5,61	1,2	1000	d
Smith e.a. (2000)	5c005	blokken op mijnsteen met uitvullaag, berm op +5	0,286	11 st my ge	0,250	2	1,6	1,6	2383			4,02	0,98	1,64	5,60	0,03	1,56	4,74	1,4	1000	a
Smith e.a. (2000)	5c006	blokken op mijnsteen met uitvullaag, berm op +5	0,286	11 st my ge	0,250	2	1,6	1,6	2383			4,00	1,00	1,64	6,90	0,02	1,92	4,74	1,7	1000	b
Smith e.a. (2000)	6c21	blokken op filter met ondiepewater golfbaas, berm op +5	0,286	11 st my ge	0,250	2	1,6	1,6	2383			2,23	2,77	0,91	9,40	0,01	3,52	2,63	2,4	1000	a
Smith e.a. (2000)	20a03	grote blokken van 50x50x20 cm ³ , berm op +5	0,286	11 st ge kl	0,200	26	1	5,2	2337			4,15	0,85	0,41	3,17	0,03	1,77	1,53	0,8	1000	a
Smith e.a. (2000)	20a04	grote blokken van 50x50x20 cm ³	0,286	11 st ge kl	0,200	26	1	5,2	2337			4,20	0,80	0,63	4,01	0,03	1,80	2,36	1,0	1000	c
Smith e.a. (2000)	20a05	grote blokken van 50x50x20 cm ³	0,286	11 st ge kl	0,200	26	1	5,2	2337	15,7		4,00	1,00	0,58	2,94	0,04	1,38	2,17	0,7	1000	a
Smith e.a. (2000)	20a06	grote blokken van 50x50x20 cm ³	0,286	11 st ge kl	0,200	26	1	5,2	2337	15,7		4,23	0,77	0,63	5,07	0,02	2,28	2,36	1,3	1000	b
Smith e.a. (2000)	20a07	grote blokken van 50x50x20 cm ³	0,286	11 st ge kl	0,200	26	1	5,2	2337	15,7		4,17	0,83	0,63	4,03	0,02	1,76	2,36	1,0	1000	b
Smith e.a. (2000)	20a08	grote blokken van 50x50x20 cm ³	0,286	11 st ge kl	0,200	26	1	5,2	2337	15,7		4,28	0,72	0,84	4,57	0,02	1,78	3,14	1,2	1000	c
Smith e.a. (2000)	20b03	kleine blokken van 25x25x10, berm op +5	0,286	11 st ge kl	0,100	13,1	0,8	5,3	2344	8,3		4,58	0,42	0,32	3,32	0,02	2,10	2,38	0,8	1000	a
Smith e.a. (2000)	20b04	kleine blokken van 25x25x10	0,286	11 st ge kl	0,100	13,1	0,8	5,3	2344	8,3		4,58	0,42	0,42	3,18	0,03	1,75	3,13	0,8	1000	b
Smith e.a. (2000)	20b05	kleine blokken van 25x25x10	0,286	11 st ge kl	0,100	13,1	0,8	5,3	2344	8,3		4,61	0,39	0,52	3,98	0,02	1,97	3,87	1,0	1000	c
Smith e.a. (2000)	20b07	kleine blokken van 25x25x10	0,286	11 st ge kl	0,100	0,8	13,1	5,3	2344	8,3		3,62	1,38	0,32	2,71	0,03	1,71	2,37	0,7	1000	a
Smith e.a. (2000)	20b09	kleine blokken van 25x25x10	0,286	11 st ge kl	0,100	0,8	13,1	5,3	2344	8,3		3,77	1,23	0,43	3,13	0,02	1,71	3,20	0,8	1000	b
Smith e.a. (2000)	20b10	kleine blokken van 25x25x10	0,286	11 st ge kl	0,100	0,8	13,1	5,3	2344	8,3		3,76	1,24	0,51	4,00	0,02	2,00	3,79	1,0	1000	d
Wouters (1991)	128	Blokken op filter - Toost	0,333	11 st ge	0,151	2	2		2375			4,99	3,51	0,73	3,90	0,03	1,90	3,51	1,1	1179	a
Wouters (1991)	154	Blokken op filter - Toost	0,333	11 st ge	0,151	2	2		2375			4,73	3,78	0,94	3,40	0,05	1,46	4,55	0,9	1000	a
Wouters (1991)	155	Blokken op filter - Toost	0,333	11 st ge	0,151	2	2		2375			4,74	3,76	0,78	6,40	0,01	3,03	3,73	1,6	1000	a
Wouters (1991)	128	Blokken op filter - 1west	0,333	11 st ge	0,147	2	2		2354			4,99	3,51	0,73	3,90	0,03	1,90	3,66	1,1	1179	a
Wouters (1991)	154	Blokken op filter - 1west	0,333	11 st ge	0,147	2	2		2354			4,73	3,78	0,94	3,40	0,05	1,46	4,74	0,9	1000	a
Wouters (1991)	155	Blokken op filter - 1west	0,333	11 st ge	0,147	2	2		2354			4,74	3,76	0,78	6,40	0,01	3,03	3,89	1,6	1000	a
Wouters (1991)	248	Blokken op filter - 2oost	0,333	11 ge st ge	0,150	2	2,5		2383			4,77	3,74	0,40	3,10	0,03	1,99	1,93	0,8	1113	a
Wouters (1991)	248	Blokken op filter - 2west	0,333	11 ge st ge	0,147	2,5	2,5		2354			4,77	3,74	0,40	3,10	0,03	2,09	2,01	0,8	1113	a
Wouters (1991)	627	Blokken op filter - 6west	0,333	11 st ge	0,299	3,8	3,8		2376			4,94	3,56	1,06	3,90	0,04	1,58	2,57	1,1	1123	a
Burger (19985)	6	Haringmanblokken	0,286	11,1 st my	0,200	2	2		2290	1		5,00	3,50	1,43	5,12	0,03	1,53	5,54	17,0	13746	d
Burger (19985)	10	Haringmanblokken	0,286	11,1 st my	0,200	2	2		2290	1		5,00	3,50	1,33	4,39	0,04	1,36	5,14	29,0	27349	a
Burger (19985)	15	Haringmanblokken	0,286	11,1 st my	0,200	2	2		2290	1		5,00	3,50	1,50	4,40	0,05	1,28	5,81	1,0	941	c
Lindenbergh (1983)	45	Armorflex zonder kabels	0,333	10 st	0,108			22	2411			5,00	3,75	0,84	3,75	0,04	1,70	5,51	0,5	552	a
Lindenbergh (1983)	46	Armorflex zonder kabels	0,333	10 st	0,108			22	2411			5,00	3,75	0,93	3,75	0,04	1,62	6,10	0,5	552	d
Lindenbergh (1983)	58	Armorflex zonder kabels	0,333	10 st	0,108			22	2411	7		5,00	3,75	1,22	3,68	0,06	1,39	7,99	0,7	750	a
Burger (1983)	30	blokken op filter	0,333	10 st	0,150	1	1		2350			4,50	-0,10	0,62	3,75	0,02	2,17	2,57	1,1	1111	a
Burger (1983)	31	blokken op filter	0,333	10 st	0,150	1	1		2350			4,50	-0,10	0,54	3,31	0,03	1,88	2,67	0,9	1111	d
Burger (1983)	34	blokken op filter	0,333	10 st	0,150	1	1		2350			4,50	-0,10	0,49	3,31	0,03	1,97	2,42	0,9	1111	a
Burger (1983)	35	blokken op filter	0,333	10 st	0,150	1	1		2350			4,50	-0,10	0,56	3,13	0,04	1,74	2,77	0,9	1111	d
Burger (1983)	38	blokken op filter	0,333	10 st	0,150	1	1		2350			4,50	-0,10	0,53	3,31	0,03	1,89	2,62	0,9	1111	a
Burger (1983)	37	blokken op filter	0,333	10 st	0,150	1	1		2350			4,50	-0,10	0,57	3,52	0,03	1,94	2,81	1,0	1111	d
Den Boer (1982)	c.1.1-6	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,150	1,5	1,5		2360			3,99	0,52	0,69	2,93	0,05	1,10	3,36	0,7	1000	b
Den Boer (1982)	c.1.1-7	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,150	1,5	1,5		2360			4,01	0,49	0,76	2,93	0,06	1,05	3,73	0,7	1000	d
Den Boer (1982)	c.1.2-17	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,150	1,5	1,5		2360			4,23	0,27	0,73	2,93	0,05	1,07	3,59	0,7	1000	b
Den Boer (1982)	c.1.2-18	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,150	1,5	1,5		2360			4,26	0,25	0,74	2,93	0,06	1,06	3,62	2,2	2000	d
Den Boer (1982)	c.2.4-46	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2370			3,99	0,52	0,39	2,36	0,04	1,19	2,81	0,6	1000	b
Den Boer (1982)	c.2.4-47	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2370			3,98	0,52	0,41	2,46	0,04	1,20	2,99	0,6	1000	d
Den Boer (1982)	c.2.3-51	blokken op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2370			4,26	0,25	0,46	2,67	0,04	1,23	3,36	0,7	1000	d
Den Boer (1982)	c.3.1-57	blokken met vellingkanten op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2410			4,01	0,50	0,44	2,46	0,05	1,16	3,12	0,6	1000	a
Den Boer (1982)	c.3.1-58	blokken met vellingkanten op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2410			4,00	0,50	0,46	2,46	0,05	1,14	3,23	0,6	1000	d
Den Boer (1982)	c.3.2-60	blokken met gaten op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2330			4,00	0,50	0,47	2,46	0,05	1,13	3,50	0,6	1000	b
Den Boer (1982)	c.3.2-61	blokken met gaten op filter (pennen => geen normaalkracht)	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2330			4,00	0,51	0,49	2,46	0,05	1,10	3,65	0,6	1000	d
Den Boer (1982)	c.4-64	blokken op filter, halfsteens zonder penne	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2370			4,02	0,49	0,48	2,51	0,05	1,14	3,47	0,6	1000	b
Den Boer (1982)	c.4-65	blokken op filter, halfsteens zonder penne	0,250	10 gr my	0,100	1,5	1,5		2370			4,01	0,49	0,49	2,56	0,05	1,14	3,58	0,6	1000	d

Tabel A.4. Deltagoetproeven met plat gezette blokken, hydraulische randvoorwaarden en schade

Blokken op hun kant, proeven met onregelmatige golven		TOPLAAG										FILTERLAAG						
project	proefnr.	omschrijving	niveau ondergrens [m NAP]	niveau bovengrens [m NAP]	talud helling tanα	type top laag	type onderlagen	D [m]	B [m]	L [m]	breedte [mm]	spleet [mm]	langs [mm]	open oppervlakt [%]	ρ [kg/m ³]	Inwas D15 [mm]	b [m]	D15 [mm]
Smith e.a. (2000)	12a04	Blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	0,8	0,8	1,2	2317	0,05	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12a05	Blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	0,8	0,8	1,2	2317	0,05	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12a08	Blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	0,8	0,8	1,2	2317	0,05	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12a09	Blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	0,8	0,8	1,2	2317	0,05	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12a10	Blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	0,8	0,8	1,2	2317	0,05	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12a11	Blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	0,8	0,8	1,2	2317	0,05	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12a13	Blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	0,8	0,8	1,2	2317	0,05	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12c04	Blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	10,6	10,6	9,3	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12c05	Blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	10,6	10,6	9,3	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12c06	Blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	10,6	10,6	9,3	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12c07	Blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	10,6	10,6	9,3	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12c05	Blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	9,1	9,1	7,3	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12c06	Blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	9,1	9,1	7,3	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12c07	Blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	9,1	9,1	7,3	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12d06	Blokken op kant, brede stootvoegen, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	10,6	0,8	0,8	5,8	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12d07	Blokken op kant, brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	10,6	0,8	0,8	5,8	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12d010	Blokken op kant, brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	10,6	0,8	0,8	5,8	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12cd05	Blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders met voetje	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	8,6	8,6	6,9	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	12cd08	Blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders met voetje	3,00	5,00	0,286	11,5 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,8	8,6	8,6	6,9	2317	5,7	0,05	7,2
Smith e.a. (2000)	21o14	haringmanblokken op hun kant met brede stootvoegen, berm op +5	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	6,5	0,8	0,8	3,9	2250	2,6	0,06	8,0
Smith e.a. (2000)	21o15	haringmanblokken op hun kant met brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	6,5	0,8	0,8	3,9	2250	2,6	0,06	8,0
Smith e.a. (2000)	21o16	haringmanblokken op hun kant met brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	6,5	0,8	0,8	3,9	2250	2,6	0,06	8,0
Smith e.a. (2000)	23o1	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	6,5	0,8	0,8	3,9	2279	0,06	0,06	8,0
Smith e.a. (2000)	23o2	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	6,5	0,8	0,8	3,9	2279	0,06	0,06	8,0
Smith e.a. (2000)	23o10	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	6,5	0,8	0,8	3,9	2279	2,6	0,06	8,0
Smith e.a. (2000)	23o11	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	3,00	5,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	6,5	0,8	0,8	3,9	2279	2,6	0,06	8,0
Klein Breteler e.a. (2007)	T13-17	Blokken op hun kant prototypeschaal	2,24	5,45	0,333	11,4 st ge kl	0,500	0,25	0,50	0,50	2,4	2,4	2,4	2,4	2281	0,12	0,12	4,5
Klein Breteler e.a. (2007)	T22-26	Blokken op hun kant prototypeschaal	2,24	5,45	0,333	11,4 st ge kl	0,500	0,25	0,50	0,50	2,4	2,4	2,4	2,4	2281	0,12	0,12	4,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4120	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4120-4122	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4931	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4931-4932	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4931-4934	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4040	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4140+4141	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5
Klein Breteler e.a. (2005)	4140+4541	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	2,00	6,00	0,286	11,4 st ge kl	0,200	0,10	0,20	0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	2317	0,05	0,05	6,5

Tabel A.5, Deltagoetproeven met blokken op hun kant, constructie eigenschappen

project	proefnr.	omschrijving	taald	TOPLAAG										HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN										Schade
				helling	toplaag	type	D	spleet-		open oppervlak [%]	p [kg/m ³]	invas D15 [mm]	water-stand [m]	Zb [m]	Hs [m]	Tp [s]	S _{sp} [-]	ε _{sp} [-]	H _f /AD [-]	Duur [h]	N			
								breedte [mm]	langs [mm]															
Smith e.a. (2000)	12a04	blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,8	0,8	2317		4,65	0,35	1,23	4,30	0,04	1,38	4,67	1,1	1000	a				
Smith e.a. (2000)	12a05	blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,8	0,8	2317		4,80	0,20	1,40	4,70	0,04	1,42	5,32	1,2	1000	d				
Smith e.a. (2000)	12a08	blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,8	0,8	2317		4,71	0,29	1,00	4,90	0,03	1,75	3,80	1,2	1000	a				
Smith e.a. (2000)	12a09	blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,8	0,8	2317		4,91	0,09	1,27	5,50	0,02	1,74	4,82	1,4	1000	b				
Smith e.a. (2000)	12a10	blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,8	0,8	2317		4,70	0,30	0,73	5,20	0,02	2,17	2,77	1,3	1000	b				
Smith e.a. (2000)	12a11	blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,8	0,8	2317		4,81	0,19	0,84	5,50	0,02	2,14	3,19	1,4	1000	c				
Smith e.a. (2000)	12a13	blokken op kant koud tegen elkaar, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,8	0,8	2317		5,00	0,00	1,24	6,60	0,02	2,12	4,71	1,7	1000	d				
Smith e.a. (2000)	12a03	blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	10,6	2317	5,7	4,79	0,21	1,22	4,30	0,04	1,44	4,63	1,1	1000	a				
Smith e.a. (2000)	12c04	blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	10,6	2317	5,7	4,90	0,10	1,40	4,70	0,04	1,47	5,32	1,2	1000	b				
Smith e.a. (2000)	12c05	blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	10,6	2317	5,7	5,03	0,03	1,57	4,80	0,04	1,37	5,86	1,2	1000	c				
Smith e.a. (2000)	12c07	blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	10,6	2317	5,7	5,00	0,00	1,63	6,30	0,03	1,76	6,19	1,6	1000	d				
Smith e.a. (2000)	12c05	blokken op kant, brede langsvoeg met ronde stalen afstandshouders	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	9,1	2317	5,7	4,93	0,07	1,25	5,50	0,03	1,76	4,75	1,4	1000	a				
Smith e.a. (2000)	12c06	blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	9,1	2317	5,7	4,94	0,06	1,44	6,10	0,02	1,82	5,47	1,5	1000	d				
Smith e.a. (2000)	12c07	blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	9,1	2317	5,7	4,95	0,05	1,65	6,40	0,03	1,78	6,26	1,6	1000	d				
Smith e.a. (2000)	12d06	blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	0,286	11,4	st ge kl	0,200	10,6	10,6	2317	5,7	4,90	0,10	1,40	4,70	0,04	1,42	5,32	1,2	1000	a				
Smith e.a. (2000)	12d07	blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	0,286	11,4	st ge kl	0,200	10,6	10,6	2317	5,7	5,00	0,00	1,59	5,00	0,04	1,42	6,04	1,3	1000	c				
Smith e.a. (2000)	12d07	blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders	0,286	11,4	st ge kl	0,200	10,6	10,6	2317	5,7	5,00	0,00	1,54	7,60	0,02	2,19	5,85	1,9	1000	c				
Smith e.a. (2000)	12c05	blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders met voelje	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	8,6	2317	5,7	4,92	0,08	1,25	5,50	0,03	1,76	4,75	1,4	1000	b				
Smith e.a. (2000)	12c08	blokken op kant, brede langsvoeg met plastic afstandshouders met voelje	0,286	11,5	st ge kl	0,200	0,8	8,6	2317	5,7	4,96	0,04	1,52	7,60	0,02	2,20	5,77	1,9	1000	d				
Smith e.a. (2000)	21014	haringmanblokken op hun kant met brede stootvoegen, berm op +5	0,286	11,4	st ge kl	0,200	6,5	3,9	2250	2,6	4,98	0,02	1,56	6,36	0,02	1,82	6,24	1,6	1000	a				
Smith e.a. (2000)	21015	haringmanblokken op hun kant met brede stootvoegen	0,286	11,4	st ge kl	0,200	6,5	3,9	2250	2,6	5,01	-0,01	1,70	6,43	0,03	1,76	6,80	1,6	1000	b				
Smith e.a. (2000)	21016	haringmanblokken op hun kant met brede stootvoegen	0,286	11,4	st ge kl	0,200	6,5	3,9	2250	2,6	5,00	0,00	1,55	7,64	0,02	2,19	6,20	1,9	1000	c				
Smith e.a. (2000)	2301	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	0,286	11,4	st ge kl	0,200	6,5	3,9	2279	2,6	4,55	0,45	0,43	3,16	0,03	1,72	1,68	0,8	1000	a				
Smith e.a. (2000)	2302	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	0,286	11,4	st ge kl	0,200	6,5	3,9	2279	2,6	4,55	0,45	0,52	3,55	0,03	1,76	2,03	0,9	1000	b				
Smith e.a. (2000)	23010	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	0,286	11,4	st ge kl	0,200	6,5	3,9	2279	2,6	4,97	0,04	1,33	5,53	0,03	1,71	5,20	1,4	1000	a				
Smith e.a. (2000)	23011	vlakke blokken op hun kant met brede stootvoegen	0,286	11,4	st ge kl	0,200	6,5	3,9	2279	2,6	4,94	0,06	1,54	6,35	0,02	1,83	6,02	1,6	1000	d				
Klein Breteler e.a. (2007)	T13-17	Blokken op hun kant prototypeschaal	0,333	11,4	st ge kl	0,500	2,4	2,4	2281	4,69	0,76	1,55	5,36	0,03	1,79	2,42	26,8	20715	a					
Klein Breteler e.a. (2007)	T22-26	Blokken op hun kant prototypeschaal	0,333	11,4	st ge kl	0,500	2,4	2,4	2281	4,91	0,54	1,57	7,04	0,02	2,34	2,45	26,2	15384	a					
Klein Breteler e.a. (2005)	4120	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,10	1,90	0,83	4,32	0,03	1,64	3,15	1,0	958	c					
Klein Breteler e.a. (2005)	4120-4122	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,10	1,90	0,83	4,37	0,03	1,76	3,15	3,6	3429	d					
Klein Breteler e.a. (2005)	4931	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,90	1,10	0,64	3,88	0,03	1,73	2,43	1,0	1067	a					
Klein Breteler e.a. (2005)	4931-4932	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,90	1,10	0,66	3,89	0,03	1,66	2,51	3,5	3725	a					
Klein Breteler e.a. (2005)	4931-4934	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,90	1,10	0,67	3,88	0,03	1,69	2,59	6,4	6797	d					
Klein Breteler e.a. (2005)	4040	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,00	2,00	0,45	3,15	0,03	1,68	1,71	1,0	1314	a					
Klein Breteler e.a. (2005)	4140+4141	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,11	1,89	0,53	3,47	0,03	1,70	2,01	3,5	4176	c					
Klein Breteler e.a. (2005)	4140+4541	Blokjes op hun kant, langeduurproeven	0,286	11,4	st ge kl	0,200	0,5	0,5	2317	4,38	1,62	0,53	3,45	0,03	1,64	2,01	40,0	48000	c					

Tabel A.6. Deltagootproeven met blokken op hun kant, hydraulische randvoorwaarden en schade

Zuilen en natuursteen, proeven met onregelmatige golven		TOPLAAG										FILTERLAAG			2e FILTERLAAG				
project	proefnr.	beschrijving	niveau ondergrens [m NAP]	niveau bovengrens [m NAP]	helling	type topklaag	D [m]	B [m]	L [m]	stootvoeg [mm]	spleetbreedte [mm]	open oppervlak [%]	ρ [kg/m ³]	inwas D15 [mm]	b [m]	D15 [mm]	b [m]	D15 [mm]	
Smith e.a. (2000)	1002	Basalton	3	4	0.286	27.1	0.150	0.30	0.30			15	2376	7	0.1	19			
		Basalton op lage berm	4	4.33	0.067	27.1	0.150	0.30	0.30			15	2376	7	0.1	19			
		Basalton	4.33	5	0.286	27.1	0.150	0.30	0.30			15	2376	7	0.1	19			
		asfaltbeton	5	10	0.286	1													
		Basalton	3	4	0.286	27.1	0.150	0.30	0.30				15	2376	7	0.1	19		
Smith e.a. (2000)	1003	Basalton op lage berm	4	4.33	0.067	27.1	0.150	0.30	0.30			15	2376	7	0.1	19			
		Basalton	4.33	5	0.286	27.1	0.150	0.30	0.30			15	2376	7	0.1	19			
		asfaltbeton	5	10	0.286	1													
		Basalton	3	4	0.286	27.1	0.150	0.30	0.30				15	2376	7	0.1	19		
		Basalton op lage berm	4	4.33	0.067	27.1	0.150	0.30	0.30				15	2376	7	0.1	19		
Smith e.a. (2000)	4a006	Dichtgeslibte granieblokken, dicht filter, berm op +5	2.50	5.00	0.286	28.5	0.208	0.25	0.37	10	10		2582	9.5	0.042	4			
		Dichtgeslibte granieblokken, dicht filter, berm op +5	2.50	5.00	0.286	28.5	0.208	26.1	0.25	0.25	10	10		2582	9.5	0.042	4		
		Dichtgeslibte granieblokken, dicht filter, berm op +5	2.00	5.00	0.286	28.5	0.208	26.1	0.25	0.37	20	20		2582	9.3	0.05	4	0.8	
		T15 C-Star	1.90	5.50	0.333	27.5	0.180	0.12	0.18				14	2338	4	0.07	10		
		T24-32 C-Star	1.90	5.50	0.333	27.5	0.180	0.12	0.18				14	2338	4	0.07	10		
		T24-34 C-Star	1.90	5.50	0.333	27.5	0.180	0.12	0.18				14	2338	4	0.07	10		
		nov03-4805 Basalton, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	27.1	0.200						13	2827	8	0.12	22		
		4411+4610 basalt, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200						13	2955	8	0.12	22		
		4411-4812 basalt, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200						13	2955	8	0.12	22		
		4215-4616 basalt, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200						13	2955	8	0.12	22		
vd Werf e.a. (2007)	1007	4418 basalt, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200					13	2955	8	0.12	22			
		4418+4618 basalt, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200						13	2955	8	0.12	22		
		5250 Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	27.3	0.150	0.25	0.25				13	2426	8	0.069	22		
		5251 Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	27.3	0.150	0.25	0.25				13	2426	8	0.069	22		
		4250+4251 Hergebruikte Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	27.3	0.150	0.25	0.25				13	2426	8	0.069	22		
		4260-4660 Hydroblocks 20 cm, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	27.3	0.200	0.25	0.25				13	2359	8	0.097	22		
		4260-4860 Hydroblocks 20 cm, langeduurproeven	2.00	6.00	0.286	27.3	0.200	0.25	0.25				13	2359	8	0.097	22		
		4 Pit-polygoonzuilen, 20 cm, 1998	3.00	5.00	0.286	27.2	0.200	0.20	0.20				14	2337	8.8	0.1	19		
		5 Pit-polygoonzuilen, 20 cm, 1998	3.00	5.00	0.286	27.2	0.200	0.20	0.20				14	2337	8.8	0.1	19		
		6 Pit-polygoonzuilen, 20 cm, 1998	3.00	5.00	0.286	27.2	0.200	0.20	0.20				14	2337	8.8	0.1	19		
Eysink e.a. (2003)	1003	5 Hydroblocks, 20 cm, 1998	3.00	5.00	0.286	27.3	0.200	0.25	0.25			13	2291	8.8	0.1	19			
		6 Hydroblocks, 20 cm, 1998	3.00	5.00	0.286	27.3	0.200	0.25	0.25			13	2291	8.8	0.1	19			
		5 Basalt 2003, D = 20 cm	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200						13	2955	7.5	0.12	22		
		6 Basalt 2003, D = 20 cm	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200						13	2955	7.5	0.12	22		
		8 Basalt 2003, D = 20 cm	2.00	6.00	0.286	26.1	0.200						13	2955	7.5	0.12	22		
		26 Basalton	2.00	6.00	0.286	27.1	0.200						13	2827	8	0.12	22		
		15 Hydroblocks	2.00	6.00	0.286	27.3	0.150						13	1952	7.5	0.055	22		
		14+15 Hydroblocks	2.00	6.00	0.286	27.3	0.150						13	1952	7.5	0.055	22		
		16 Hydroblocks	2.00	6.00	0.286	27.3	0.150						13	1952	7.5	0.055	22		
		25 Hydroblocks	2.00	6.00	0.286	27.3	0.150						13	1952	7.5	0.055	22		
Burger (1985)	1008	26 Vlivoordse steen (plat) met Dn50	1.00	3.50	0.286	28.1	0.160					20	2527	10	0.05	15			
		1 Vlivoordse steen (ronc) met Dn50	1.00	3.50	0.286	28.1	0.160					20	2527	10	0.05	15			
		3 Vlivoordse steen (ronc) met Dn50	1.00	3.50	0.286	28.1	0.160					20	2527	10	0.05	15			
		blz57 Vlivoordse steen (plat) met Dn50	1.00	3.25	0.286	28.1	0.160					20	2527	10	0.05	15			
		21 basalt, Provo '85	3.25	6.50	0.286	26	0.300						13.5	2996	8	0.12	30		
		22 basalt, Provo '85	3.25	6.50	0.286	26	0.300						13.5	2996	8	0.12	30		
		23 basalt, Provo '85	3.25	6.50	0.286	26	0.300						13.5	2996	8	0.12	30		
		24 basalt, Provo '85	3.25	6.50	0.286	26	0.300						13.5	2996	8	0.12	30		
		4 Basalton M1900 (niet ingewassen)	0.00	8.75	0.333	27.1	0.180						13	2400	geen	0.15	25	0.2	4

Tabel A.7, Deltagootproeven met zuilen en natuursteen, constructie eigenschappen

Zuilen en natuursteen, proeven met onregelmatige golven		TOPLAAG										HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN									
project	proefnr.	beschrijving	helling	type	D	sprietbreedte stootvoeg [mm]	open oppervlak [%]	ρ [kg/m ³]	Inwas D15 [mm]	water- stand [m]	Zb [m]	Hs [m]	tp [s]	S _{sp} [f]	z _{sup} [f]	H _z /AD [f]	Duur [h]	N	Schade		
			tan.α	toplaag onder- lagen	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[s]	[f]	[f]	[f]	[h]	[f]			
Smith e.a. (2000)	1002	Basallon op lage berm	0,286	27.1	0.150		15	2376	7	4.95	-0.95	1.04	3.9	0.044	1.37	5.04	1.0	1045	a		
		Basallon op lage berm	0,067	27.1	0.150		15	2376	7	4.95	-0.62					5.04			a		
		Basallon	0,286	27.1	0.150		15	2376	7	4.95	0.05					5.04			a		
		asfaltbeton	0,286	1							5.05										
Smith e.a. (2000)	1003	Basallon op lage berm	0,286	27.1	0.150		15	2376	7	4.94	-0.94	1.22	4.3	0.042	1.39	5.91	0.8	802	a		
		Basallon op lage berm	0,067	27.1	0.150		15	2376	7	4.94	-0.61					5.91			d		
		Basallon	0,286	27.1	0.150		15	2376	7	4.94	0.06					5.91			a		
		asfaltbeton	0,286	1							5.06										
Smith e.a. (2000)	4a006	Dichtgeslibte granietblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	28.5	0.208	10	10	2882	9.5	4.04	1.52	1.52	5.40	0.033	1.56	4.62	1.4	1045	a		
Smith e.a. (2000)	4a007	Dichtgeslibte granietblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	28.5	0.208	10	10	2882	9.5	4.03	0.97	1.60	5.40	0.035	1.52	4.86	1.4	1045	b		
Smith e.a. (2000)	4a010	Dichtgeslibte granietblokken, dicht filter, berm op +5	0,286	28.5	0.208	20	20	2582	9.3	4.26	0.74	1.68	6.00	0.030	1.65	5.11	1.5	1045	a		
vd Werf e.a. (2007)	T15	C-Star	0,333	27.5	0.180		14	2338	4	4.50	1.00	1.53	7.14	0.019	2.40	6.35	1.6	899	a		
vd Werf e.a. (2007)	T24-32	C-Star	0,333	27.5	0.180		14	2338	4	4.50	1.00	1.55	5.33	0.035	1.73	6.44	4.0	3107	b		
vd Werf e.a. (2007)	T24-34	C-Star	0,333	27.5	0.180		14	2338	4	4.50	1.00	1.56	5.35	0.035	1.83	6.48	26.0	20120	c		
Klein Breteler e.a. (2005)	nov03-4805	Basallon, langeduurproeven	0,286	27.1	0.200		13	2827	8	4.70	1.30	1.38	8.01	0.014	2.43	3.78	51.1	26385	a		
Klein Breteler e.a. (2005)	4411+4610	basalt, langeduurproeven	0,286	26.1	0.200		13	2955	8	4.50	1.50	1.29	5.98	0.023	1.88	3.30	9.5	6577	c		
Klein Breteler e.a. (2005)	4411-4812	basalt, langeduurproeven	0,286	26.1	0.200		13	2955	8	4.70	1.30	1.27	5.97	0.023	1.89	3.25	23.5	16296	d		
Klein Breteler e.a. (2005)	4215-4616	basalt, langeduurproeven	0,286	26.1	0.200		13	2955	8	4.50	1.50	1.43	6.56	0.021	1.96	3.66	14.0	8835	b		
Klein Breteler e.a. (2005)	4418	basalt, langeduurproeven	0,286	26.1	0.200		13	2955	8	4.42	1.58	1.59	6.85	0.022	1.94	4.07	3.5	2115	c		
Klein Breteler e.a. (2005)	4418+4618	basalt, langeduurproeven	0,286	26.1	0.200		13	2955	8	4.50	1.50	1.54	6.72	0.022	1.93	3.94	7.3	4516	d		
Klein Breteler e.a. (2005)	5250	Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven	0,286	27.3	0.150		13	2426	8	5.20	0.80	0.95	5.16	0.023	1.89	4.44	1.3	1019	a		
Klein Breteler e.a. (2005)	5251	Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven	0,286	27.3	0.150		13	2426	8	5.20	0.80	1.08	5.76	0.021	1.98	5.05	1.4	985	d		
Klein Breteler e.a. (2005)	4250+4251	Hergebruikte Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven	0,286	27.3	0.150		13	2426	8	4.20	1.80	1.01	5.82	0.019	2.07	4.72	2.4	1672	d		
Klein Breteler e.a. (2005)	4260-4660	Hydroblocks 20 cm, langeduurproeven	0,286	27.3	0.200		13	2359	8	4.47	1.53	1.11	6.01	0.020	2.09	4.08	14.0	9658	a		
Klein Breteler e.a. (2005)	4260-4860	Hydroblocks 20 cm, langeduurproeven	0,286	27.3	0.200		13	2359	8	4.56	1.44	1.11	6.02	0.020	1.99	4.08	19.8	13882	d		
Wouters (1998)	4	Pit-polygoonzuilen, 20 cm, 1998	0,286	27.2	0.200		14	2337	8.8	5.00	0.00	1.64	4.90	0.044	1.37	6.13	1.2	1045	b		
Wouters (1998)	5	Pit-polygoonzuilen, 20 cm, 1998	0,286	27.2	0.200		14	2337	8.8	5.00	0.00	1.63	6.40	0.026	1.79	6.10	0.8	518	c		
Wouters (1998)	6	Pit-polygoonzuilen, 20 cm, 1998	0,286	27.2	0.200		14	2337	8.8	5.00	0.00	1.63	7.80	0.017	2.18	6.10	2.0	1045	d		
Wouters (1998)	5	Hydroblocks, 20 cm, 1998	0,286	27.3	0.200		13	2291	8.8	5.00	0.00	1.63	6.40	0.026	1.79	6.31	0.8	518	b		
Wouters (1998)	6	Hydroblocks, 20 cm, 1998	0,286	27.3	0.200		13	2291	8.8	5.00	0.00	1.63	7.80	0.017	2.18	6.31	2.0	1045	c		
Eysink e.a. (2003)	5	Basalt 2003, D = 20 cm	0,286	26.1	0.200		13	2955	7.5	4.58	1.42	1.40	6.01	0.025	1.81	3.58	1.4	1038	a		
Eysink e.a. (2003)	6	Basalt 2003, D = 20 cm	0,286	26.1	0.200		13	2955	7.5	4.78	1.22	1.54	6.51	0.023	1.87	3.94	1.5	1030	c		
Eysink e.a. (2003)	8	Basalt 2003, D = 20 cm	0,286	26.1	0.200		13	2955	7.5	4.85	1.15	1.22	7.63	0.013	2.47	3.12	1.8	1118	d		
Eysink e.a. (2003)	26	Basallon	0,286	27.1	0.200		13	2827	8	4.74	1.26	1.57	6.70	0.022	1.91	4.30	1.5	1042	a		
Klein Breteler e.a. (2006b)	15	Hydroblocks	0,286	27.3	0.150		13	1952	7.5	5.17	0.83	0.84	12.82	0.003	4.99	5.88	3.1	1000	a		
Klein Breteler e.a. (2006b)	16	Hydroblocks	0,286	27.3	0.150		13	1952	7.5	5.18	0.82	0.96	11.74	0.004	4.28	6.72	2.8	1000	a		
Klein Breteler e.a. (2006b)	25	Hydroblocks	0,286	27.3	0.150		13	1952	7.5	4.80	1.20	0.89	9.21	0.007	3.48	6.23	2.2	1000	a		
Klein Breteler e.a. (2006b)	26	Hydroblocks	0,286	27.3	0.150		13	1952	7.5	4.90	1.10	1.05	9.46	0.008	3.29	7.35	0.9	394	d		
Burger (1985)	26	Vilvoordse steen (plat) met Dn50	0,286	28.1	0.160		20	2527	10	2.87	0.63	0.67	3.07	0.045	1.34	2.72	15.0	20228	a		
Burger (1985)	1	Vilvoordse steen (ron) met Dn50	0,286	28.1	0.160		20	2527	10	2.87	0.63	0.74	3.41	0.041	1.41	3.04	0.8	1012	d		
Burger (1985)	3	Vilvoordse steen (ron) met Dn50	0,286	28.1	0.160		20	2527	10	2.87	0.63	0.75	5.12	0.018	2.12	3.05	1.0	809	d		
Burger (1985)	biz57	Vilvoordse steen (plat) met Dn50	0,286	28.1	0.160		20	2527	10	5.00	-1.75	1.75	5.78	0.034	1.56	7.16	15.0	10744	d		
Burger (1985)	21	basalt, Provo '85	0,286	26	0.300		13.5	2996	8	5.00	1.50	1.55	5.12	0.038	1.47	2.59	0.5	404	a		
Burger (1985)	22	basalt, Provo '85	0,286	26	0.300		13.5	2996	8	5.00	1.50	1.75	5.78	0.034	1.56	2.92	0.5	6088	d		
Burger (1985)	23	basalt, Provo '85	0,286	26	0.300		13.5	2996	8	5.00	1.50	1.85	6.14	0.031	1.61	3.09	0.5	337	a		
Burger (1985)	24	basalt, Provo '85	0,286	26	0.300		13.5	2996	8	5.00	1.50	1.55	5.12	0.038	1.47	2.59	29.3	23651	d		
vd Weide e.a. (1983)	4	Basallon M1900 (niet ingewassen)	0,333	27.1	0.180		13	2400	geen	5.00	3.75	1.19	3.84	0.052	1.47	4.72	1.0	1078	d		

Tabel A.8, Deltagootproeven met zuilen en natuursteen, hydraulische randvoorwaarden en schade

project	proefnr.	omschrijving	HAVENDAMMEN, PROEVEN MET ONREGELMATIGE GOLVEN										TOPLAAG										FILTERLAAG	
			niveau ondergrens [m NAP]	niveau bovengrens [m NAP]	helling	kruinbreedte [m]	type topklaag	onderlagen	D [m]	B [m]	L [m]	stootvoeg [mm]	spleetbreedte [mm]	open oppervlakte [%]	p [kg/m3]	inwas D15 [mm]	b [m]	D15 [mm]						
Klein Bretelei e.a. (2003)	102	Havendam Harlingen basalt	0,0	0,323	0,333	27,1	st ge kl	0,150					14	2360	10	0,36	7							
			3,23	3,51	0,227	27,1	st ge kl	0,150					14	2360	10	0,36	7							
			3,51	3,59	0,091	27,1	st ge kl	0,150					14	2360	10	0,36	7							
Klein Bretelei e.a. (2003)	103	Havendam Harlingen basalt	0,0	0,323	0,333	27,1	st ge kl	0,150				14	2360	10	0,36	7								
			3,23	3,51	0,227	27,1	st ge kl	0,150				14	2360	10	0,36	7								
			3,51	3,59	0,091	27,1	st ge kl	0,150				14	2360	10	0,36	7								
Klein Bretelei (2002)	1	Havendam Urk	0,0	3,42	0,357	26	st ge kl	0,200				14	3000	10	0,20	25								
			3,42	3,95	0,284	27,1	st ge kl	0,150				14	2657	10	0,05	12								
			3,95	3,95	0,000	27,1	st ge kl	0,150				14	2657	10	0,05	12								
Klein Bretelei (2002)	2	Havendam Urk	0,0	3,42	0,357	26	st ge kl	0,200				14	3000	10	0,20	25								
			3,42	3,95	0,284	27,1	st ge kl	0,150				14	2657	10	0,05	12								
			3,95	3,95	0,000	27,1	st ge kl	0,150				14	2657	10	0,05	12								
Klein Bretelei (2002)	5	Havendam Urk	0,0	3,42	0,357	26,1	st ge kl	0,200				14	3000	10	0,20	25								
			3,42	3,95	0,284	27,1	st ge kl	0,150				14	2657	10	0,05	12								
			3,95	3,95	0,000	27,1	st ge kl	0,150				14	2657	10	0,05	12								
Klein Bretelei (2002)	14	Havendam Keitelhaven	0,0	3,99	0,333	26,1	st ge kl	0,200				14	3000	10	0,20	22								
			3,99	3,99	0,000	28,5	st ge kl	0,100	0,20	0,30	10	10	2582	5	0,10	22								
			2,00	3,99	-0,500	28,5	st ge kl	0,100	0,20	0,30	10	10	2582	5	0,10	22								
Klein Bretelei (2002)	15	Havendam Keitelhaven	0,0	3,99	0,333	26,1	st ge kl	0,200				14	3000	10	0,20	22								
			3,99	3,99	0,000	28,5	st ge kl	0,100	0,20	0,30	10	10	2582	5	0,10	22								
			2,00	3,99	-0,500	28,5	st ge kl	0,100	0,20	0,30	10	10	2582	5	0,10	22								
Klein Bretelei (2002)	16	Havendam Keitelhaven	0,0	3,99	0,333	26,1	st ge kl	0,200				14	3000	10	0,20	22								
			3,99	3,99	0,000	28,5	st ge kl	0,100	0,20	0,30	10	10	2582	5	0,10	22								
			2,00	3,99	-0,500	28,5	st ge kl	0,100	0,20	0,30	10	10	2582	5	0,10	22								
Kuijper e.a (2006)	1	Havendam 2006	2,20	4,54	0,333	27,1	st ge kl	0,200				14	2827	7,5	0,10	22								
			4,54	4,54	0,000	1,00	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
			4,20	4,54	-0,333	27,1	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
Kuijper e.a (2006)	2	Havendam 2006	2,20	4,54	0,333	27,1	st ge kl	0,200				14	2827	7,5	0,10	22								
			4,54	4,54	0,000	1,00	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
			4,20	4,54	-0,333	27,1	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
Kuijper e.a (2006)	3	Havendam 2006	2,20	4,54	0,333	27,1	st ge kl	0,200				14	2827	7,5	0,10	22								
			4,54	4,54	0,000	1,00	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
			4,20	4,54	-0,333	27,1	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
Kuijper e.a (2006)	4	Havendam 2006	2,20	4,54	0,333	27,1	st ge kl	0,200				14	2827	7,5	0,10	22								
			4,54	4,54	0,000	1,00	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
			4,20	4,54	-0,333	27,1	st ge kl	0,150				14	2300	7,5	0,10	22								
Kuijper e.a (2006)	12	Havendam 2006	2,20	4,54	0,333	27,1	st ge kl	0,200				14	2827	7,5	0,10	22								
			4,54	4,54	0,000	1,00	st ge kl	0,150				14	1952	7,5	0,10	22								
			3,10	4,54	-0,333	27,3	st ge kl	0,150				14	1952	7,5	0,10	22								
Kuijper e.a (2006)	13	Havendam 2006	2,20	4,54	0,333	27,1	st ge kl	0,200				14	2827	7,5	0,10	22								
			4,54	4,54	0,000	1,00	st ge kl	0,150				14	1952	7,5	0,10	22								
			3,10	4,54	-0,333	27,3	st ge kl	0,150				14	1952	7,5	0,10	22								
Kuijper e.a (2006)	21	Havendam 2006	2,20	4,54	0,333	27,1	st ge kl	0,200				14	2827	7,5	0,10	22								
			4,54	4,54	0,000	1,00	st ge kl	0,150				14	1952	7,5	0,10	22								
			3,10	4,54	-0,333	27,3	st ge kl	0,150				14	1952	7,5	0,10	22								

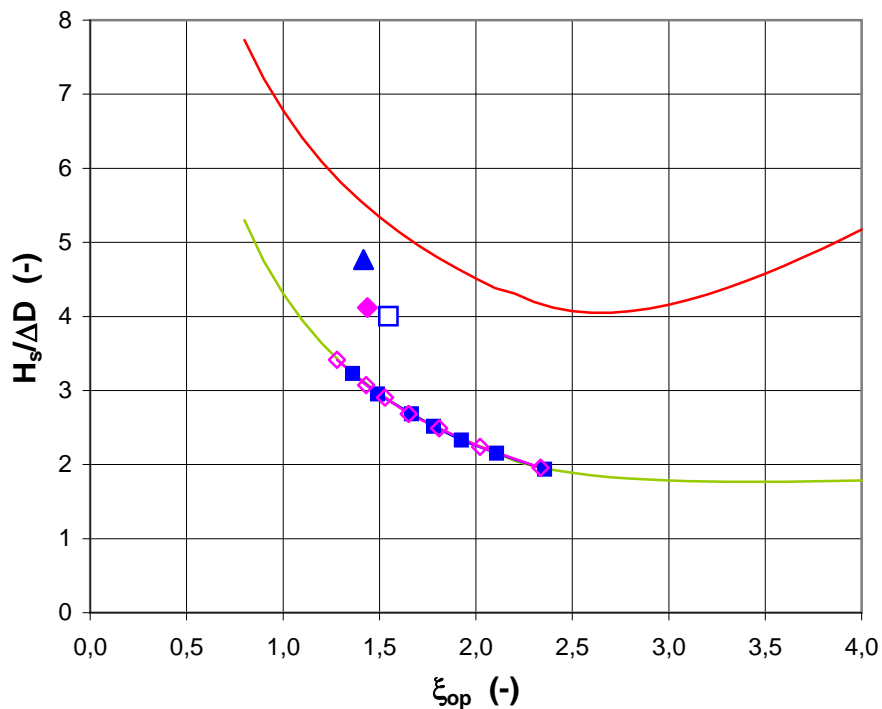
Tabel A.9, Deltagootproeven met havendammen, constructie eigenschappen

Havendamdammen, proeven met onregelmatige golven			HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN																				
project	proefnr.	omschrijving	helling	toplaag	type	TOPLAAG			FILTERLAAG			HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN						Schade					
						tan α	onderlagen	D	sloopvoeg [mm]	spleetbreedte [mm]	open oppervlakt [%]	ρ [kg/m ³]	D15 [mm]	invas D15 [mm]	b [mm]	D15 [mm]	waterstand [m]		Zb [m]	Hs [m]	tp [s]	s _{sp} [-]	ξ_{sup} [-]
Klein Breteler e.a. (2003)	102	Havendam Harlingen basalt	0.333	27.1	stige kl	0.150			14	2360	10	0.36	7	3.73	-0.22	1.05	3.79	0.047	1.54	5.12	1.2	1257	a
			0.227	27.1	stige kl	0.150			14	2360	10	0.36	7	3.73	-0.22	1.05	3.79	0.047	1.54	5.12	1.2	1257	a
Klein Breteler e.a. (2003)	103	Havendam Harlingen basalt	0.500	27.1	stige kl	0.150			14	2360	10	0.36	7	3.73	-0.22	1.26	4.25	0.045	1.57	6.17	1.3	1309	a
			0.333	27.1	stige kl	0.150			14	2360	10	0.36	7	3.73	-0.22	1.26	4.25	0.045	1.57	6.17	1.3	1309	d
Klein Breteler (2002)	1	Havendam Urk	0.357	26	stige kl	0.200			14	3000	10	0.20	25	3.60	-0.18	0.76	4.27	0.027	2.19	1.90	1.0	1000	b
			0.284	27.1	stige kl	0.150			14	2657	10	0.05	12	3.60	3.60	0.76	4.27	0.027	2.19	1.90	1.0	1000	a
Klein Breteler (2002)	2	Havendam Urk	0.000	27.1	stige kl	0.150			14	2657	10	0.05	12	3.60	3.60	0.76	4.27	0.027	2.19	1.90	1.0	1000	a
			-0.459	27.1	stige kl	0.150			14	2657	10	0.05	12	3.60	3.60	0.90	4.54	0.028	2.13	2.26	1.1	1000	a
Klein Breteler (2002)	5	Havendam Urk	0.357	26.1	stige kl	0.200			14	3000	10	0.20	25	3.60	-0.18	1.09	5.29	0.025	1.80	2.27	2.71	1000	a
			0.284	27.1	stige kl	0.150			14	2657	10	0.05	12	3.60	3.60	1.09	5.29	0.025	1.80	2.27	2.71	1000	a
Klein Breteler (2002)	14	Havendam Ketelhaven	0.000	28.5	stige kl	0.100	10	10	14	3000	10	0.20	22	4.23	-0.24	0.70	4.17	0.026	2.08	4.39	1.0	1000	a
			-0.500	28.5	stige kl	0.100	10	10	14	2582	5	0.10	22	4.23	-0.24	0.80	4.60	0.024	2.14	5.06	1.1	1000	a
Klein Breteler (2002)	15	Havendam Ketelhaven	0.333	26.1	stige kl	0.200			14	3000	10	0.20	22	4.23	-0.24	1.01	4.82	0.028	2.00	2.51	0.3	290	a
			0.000	28.5	stige kl	0.100	10	10	14	2582	5	0.10	22	4.23	-0.24	1.01	4.82	0.028	2.00	2.51	0.3	290	d
Klein Breteler (2002)	16	Havendam Ketelhaven	-0.500	28.5	stige kl	0.100	10	10	14	2582	5	0.10	22	4.23	-0.24	0.80	4.60	0.024	2.14	5.06	1.1	1000	a
			0.333	26.1	stige kl	0.200			14	3000	10	0.20	22	4.23	-0.24	0.80	4.60	0.024	2.14	5.06	1.1	1000	a
Kuijper e.a (2006)	1	Havendam 2006	0.333	27.1	stige kl	0.200			14	2827	7.5	0.10	22	4.55	-0.01	0.99	4.67	0.029	1.95	2.71	1.1	1012	a
			0.000	27.1	stige kl	0.150			14	2300	7.5	0.10	22	4.55	-0.01	0.99	4.67	0.029	1.95	2.71	1.1	1012	a
Kuijper e.a (2006)	2	Havendam 2006	-0.333	27.1	stige kl	0.150			14	2300	7.5	0.10	22	4.55	-0.01	1.18	5.05	0.030	1.93	6.07	0.5	420	a
			0.333	27.3	stige kl	0.150			14	1952	7.5	0.10	22	4.55	-0.01	1.18	5.05	0.030	1.93	6.07	0.5	420	d
Kuijper e.a (2006)	3	Havendam 2006	0.333	27.1	stige kl	0.200			14	2827	7.5	0.10	22	4.53	0.01	1.38	5.47	0.030	1.94	3.78	1.3	1036	a
			-0.333	27.1	stige kl	0.150			14	2300	7.5	0.10	22	4.53	0.01	1.38	5.47	0.030	1.94	3.78	1.3	1036	a
Kuijper e.a (2006)	4	Havendam 2006	0.333	27.3	stige kl	0.150			14	1952	7.5	0.10	22	4.56	-0.02	1.67	5.97	0.030	1.92	8.56	0.2	113	c
			0.000	27.1	stige kl	0.150			14	2300	7.5	0.10	22	4.56	-0.02	1.67	5.97	0.030	1.92	8.56	0.2	113	d
Kuijper e.a (2006)	12	Havendam 2006	-0.333	27.1	stige kl	0.150			14	1952	7.5	0.10	22	4.06	0.48	1.25	5.24	0.029	1.95	11.69	1.2	994	b
			0.333	27.3	stige kl	0.150			14	1952	7.5	0.10	22	4.06	0.48	1.25	5.24	0.029	1.95	11.69	1.2	994	a
Kuijper e.a (2006)	13	Havendam 2006	0.333	27.1	stige kl	0.200			14	2827	7.5	0.10	22	4.00	0.54	1.36	5.55	0.028	1.98	3.42	1.3	1026	b
			0.000	27.3	stige kl	0.150			14	1952	7.5	0.10	22	4.00	0.54	1.36	5.55	0.028	1.98	3.42	1.3	1026	a
Kuijper e.a (2006)	21	Havendam 2006	-0.333	27.3	stige kl	0.150			14	1952	7.5	0.10	22	4.99	-0.45	1.15	4.99	0.030	1.94	8.05	0.0	35	d
			0.333	27.1	stige kl	0.150			14	1952	7.5	0.10	22	4.99	-0.45	1.15	4.99	0.030	1.94	8.05	0.0	35	a

Tabel A.10, Deltagootproeven met havendammen, hydraulische randvoorwaarden en schade

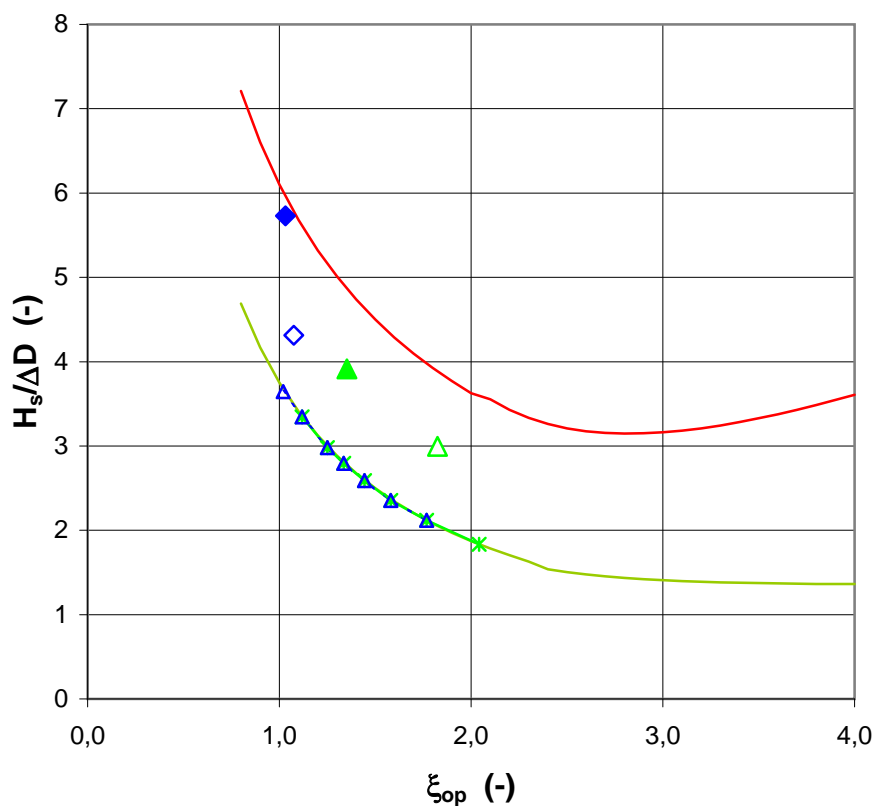
B Figuren

black box type 1



- VTV ondergrens
- VTV bovengrens
- Steentoets2010: Basalton op zand
- Basalton op zand, DGB10, schade=a
- ▲ Basalton op zand, DGB12, schade=d
- ◆ basalton op zandasfalt, 2o01, schade=d
- ◆ Steentoets2010: basalton op zandasfalt, berm op +5m

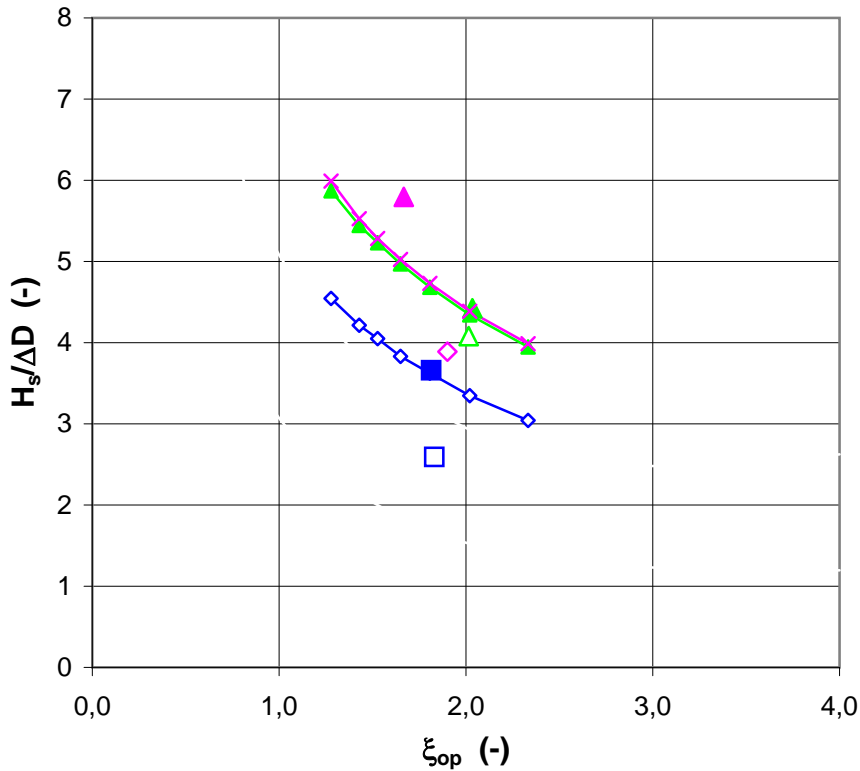
black box type 2



- VTV ondergrens
- VTV bovengrens
- * Steentoets2010: blokken met ruwheid op klei
- △ blokken met ruwheid op klei, A02, schade=a
- ▲ blokken met ruwheid op klei, A03, schade=d
- - △ - - Steentoets2010: blokken op klei
- ◇ blokken op klei, c.1.3.23, schade=a
- ◆ blokken op klei, c.2.5-49, schade=d

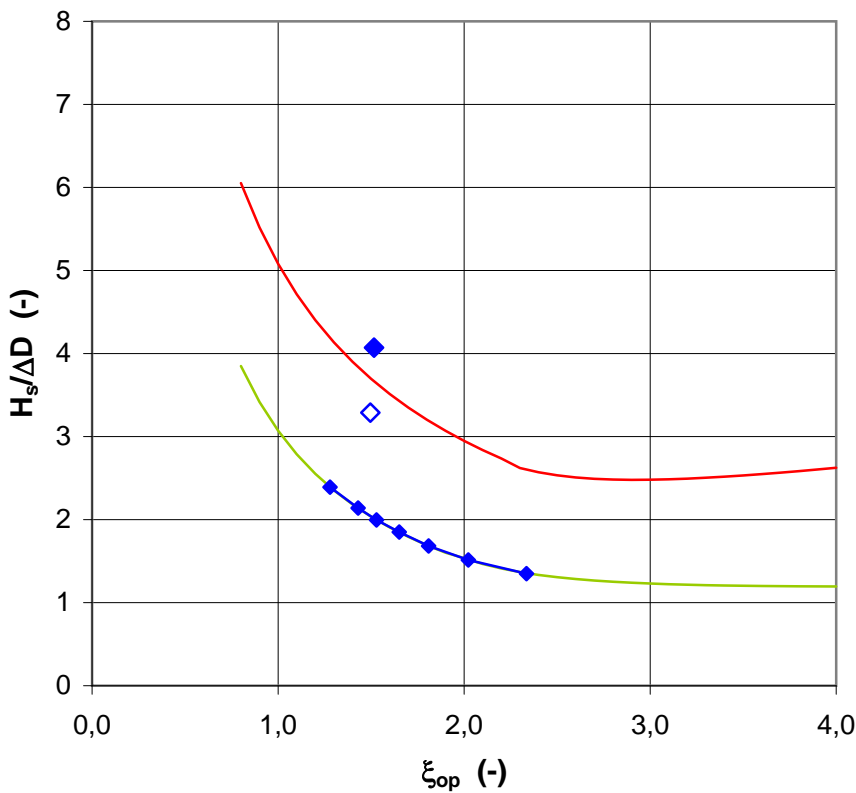
Black Box type 1 en 2
Steenzettingen op zand, klei en zandasfalt

goed ingegoten basalt



- ◇— Steentoets2010, gt-grens, half ingegoten
- Ingegoten basalt (half), P01-02, schade=a
- Ingegoten basalt (half), P03-05, schade=d
- ▲— Steentoets2010, volledig ingegoten, N=3000, h=3,1m
- △ Ingegoten basalt (volledig), LW 17-19, schade=b
- ▲ Ingegoten basalt (volledig), LW 17-21, schade=d
- ×— Steentoets2010, volledig ingegoten, N=2600, h=4,4m
- ◇ Ingegoten basalt (volledig), HW 12+13+14, schade=b
- ▲ Ingegoten basalt (volledig), HW 22-23A, schade=d

Overgoten basalt (black box type 3c)



- VTV ondergrens
- VTV bovengrens
- ◇— Steentoets2010, gt-grens
- ◇ overgoten basalt, 3o10, schade=a
- ◆ overgoten basalt, 3o11, schade=d

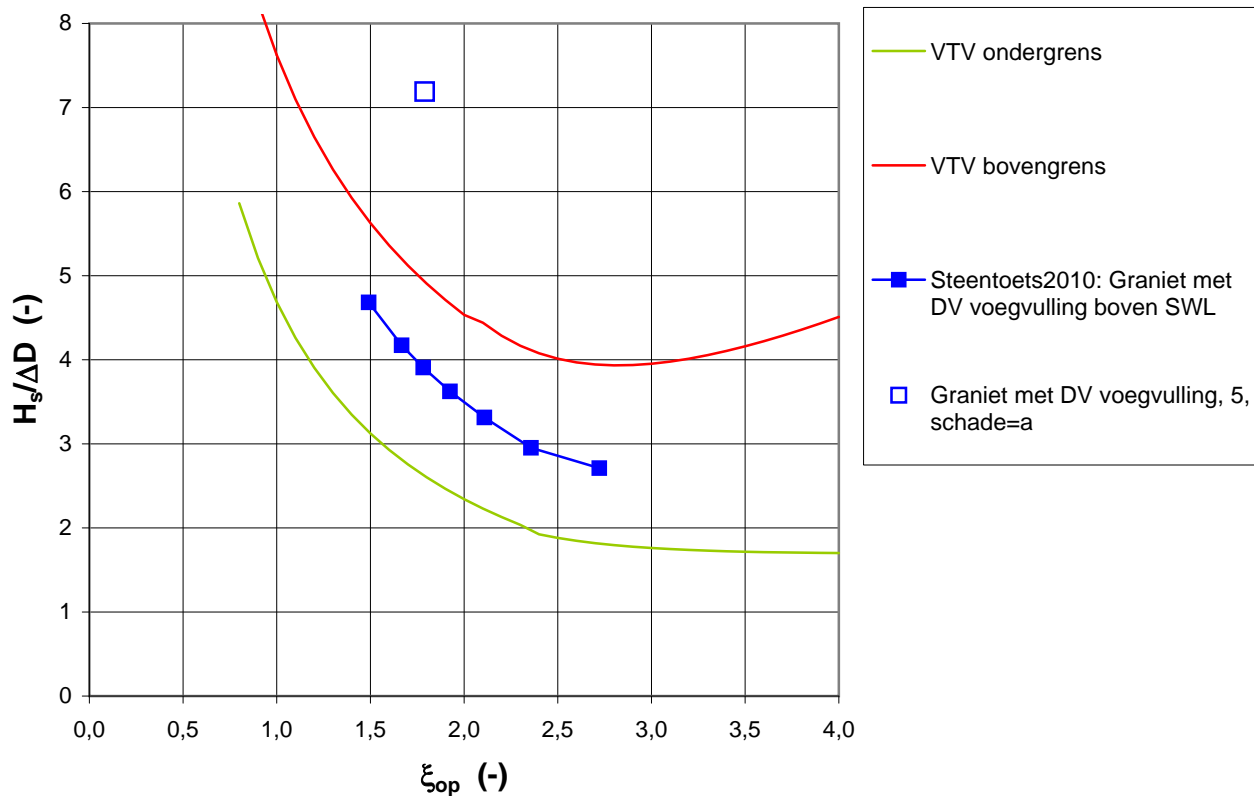
Black Box
Ingegoten en overgoten steenzettingen

Deltares

1204727-009

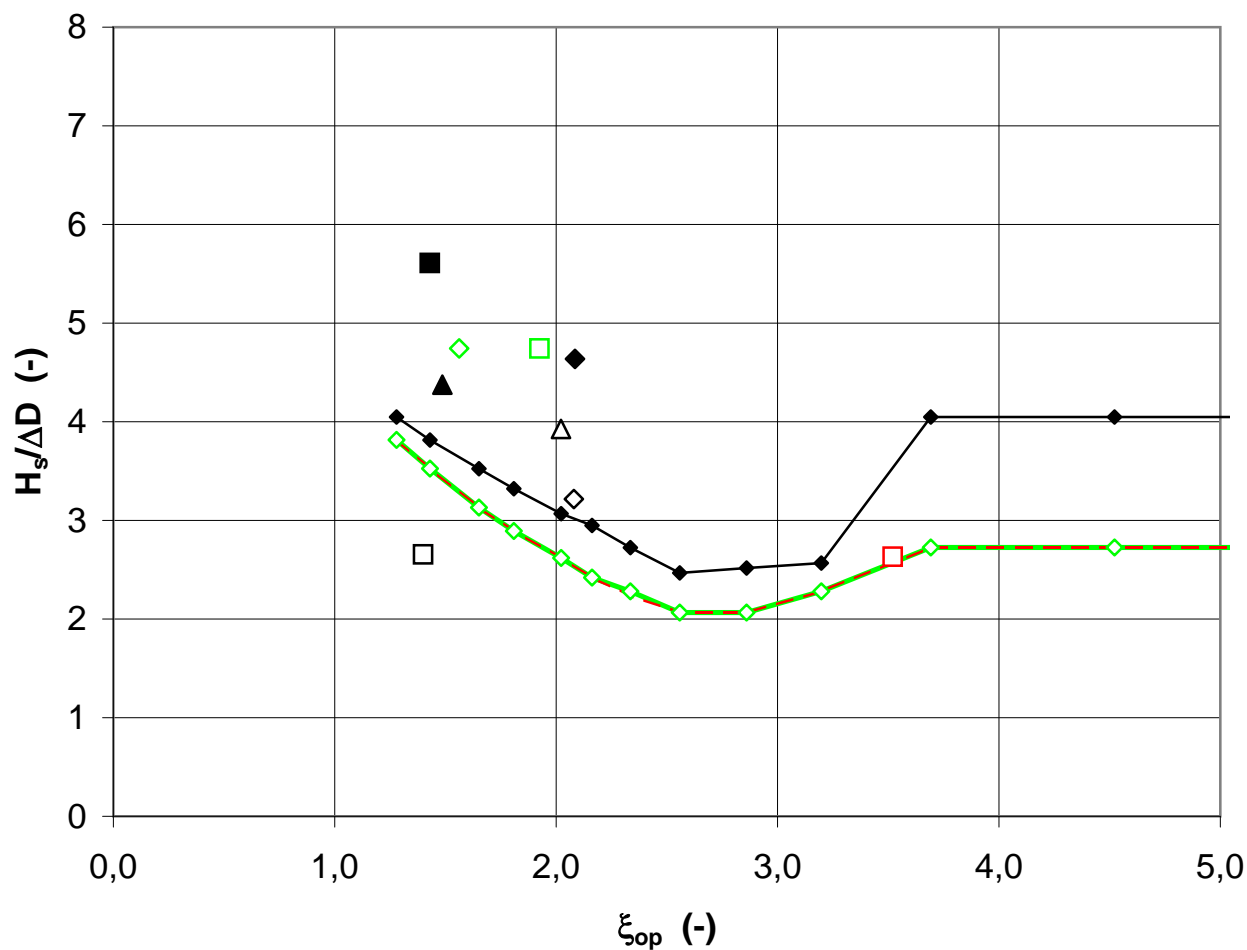
FIG. B.2

Graniet met DV-voegvulling boven SWL (black box type 2)



Black Box
Steenzetting boven SWL

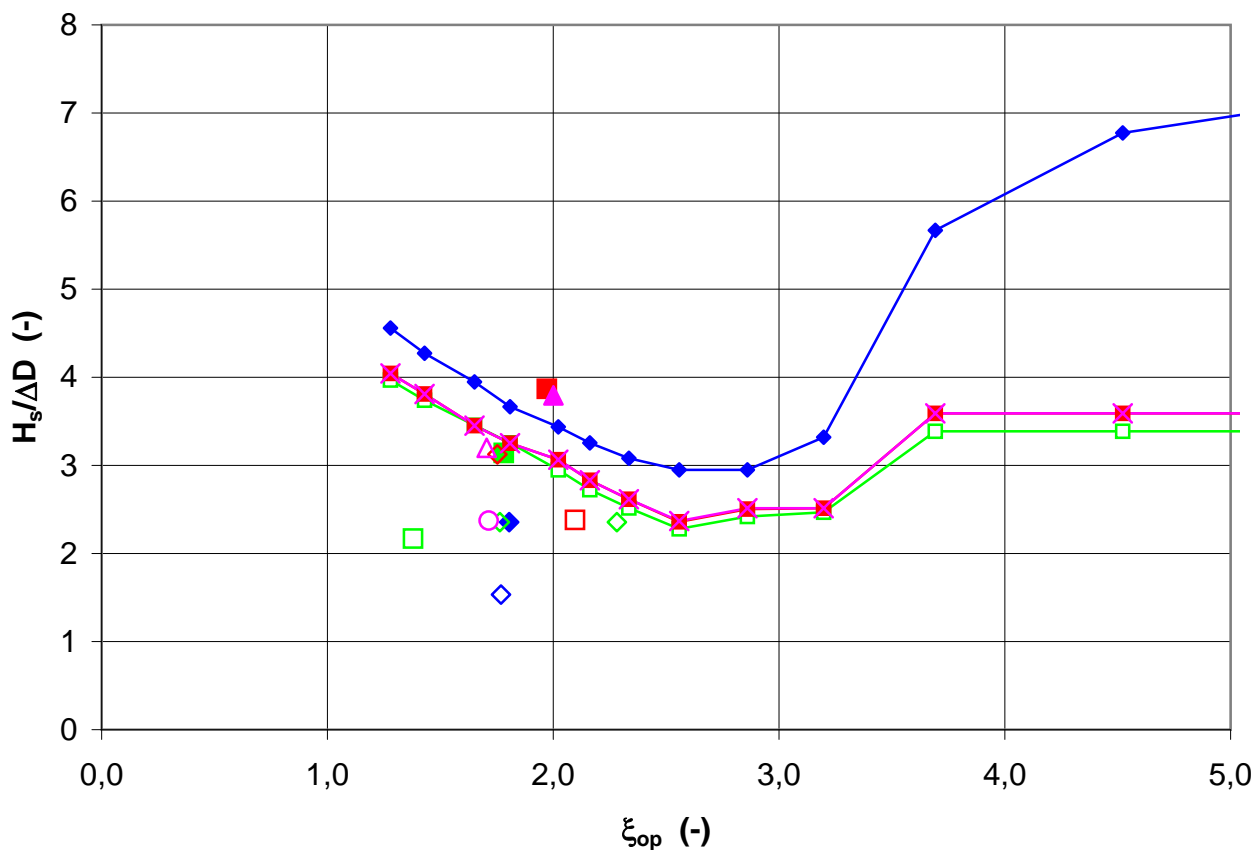
plat gezette blokken 1997



- ◆ Deltagoot 1997, wel/niet dichtgeslibte betonblokken, dicht filter, berm op +5
- ◇ Deltagoot 1997, 4bo06, schade=a
- Deltagoot 1997, 4co01, schade=a
- △ Deltagoot 1997, 4co07, schade=a
- ▲ Deltagoot 1997, 4co08, schade=c
- ◆ Deltagoot 1997, 4co09, schade=c
- Deltagoot 1997, 4co13, schade=d
- ◇— Deltagoot 1997 serie 5, blokken op mijnsteen, berm op +5
- ◇ Deltagoot 1997, 5o05, schade=a
- Deltagoot 1997, 5o06, schade=b
- - - Deltagoot 1997serie 6, blokken op mijnsteen, berm op +5, lage waterstand
- Deltagoot 1997, 6o21, schade=a

Plat gezette blokken op filter (1997)
blokken van 50x50 cm²

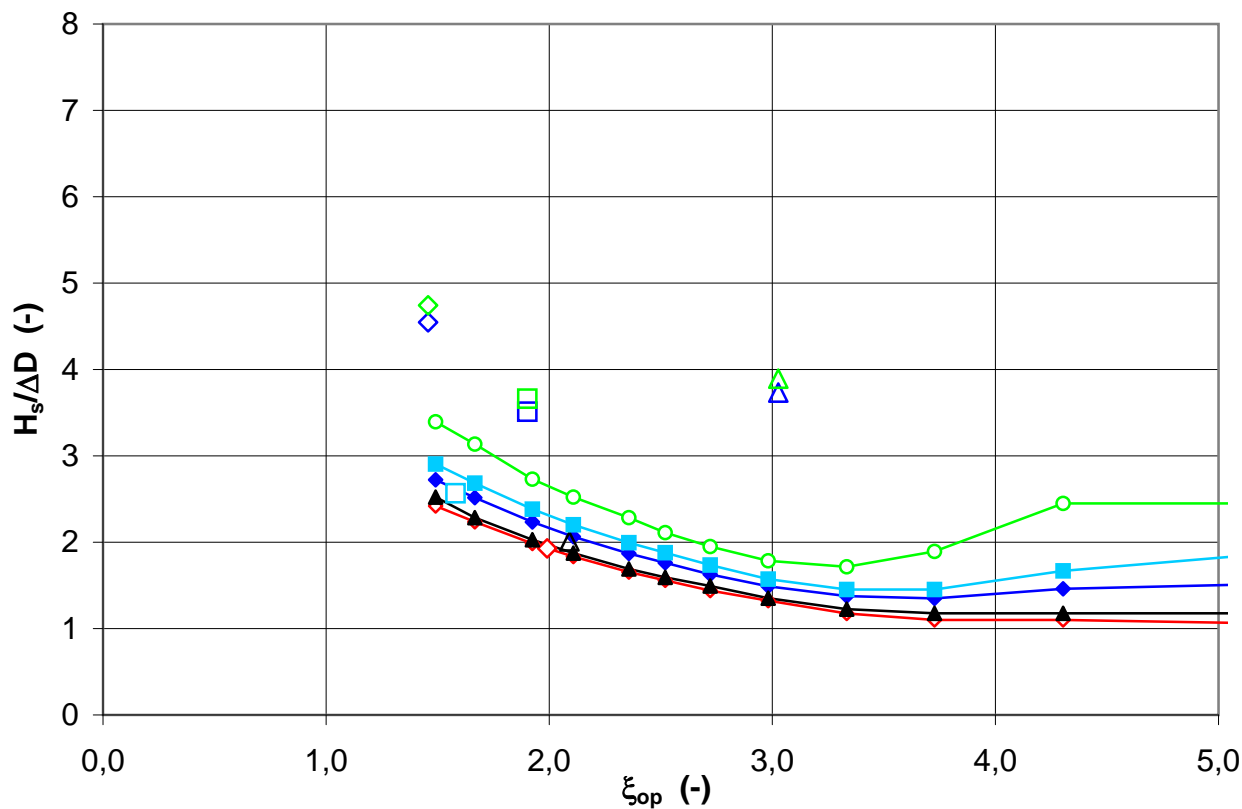
plat gezette blokken 1998, serie 20



- ◆— Deltagoot 1998serie20, grote blokken met brede stootvoegen zonder inwas
- ◇ Deltagoot 1998, 20a03, schade=a
- ◆ Deltagoot 1998, 20a04, schade=c
- Deltagoot 1998serie20, grote blokken met brede stootvoegen met inwas
- Deltagoot 1998, 20a05, schade=a
- ◇ Deltagoot 1998, 20a06, schade=b
- ◇ Deltagoot 1998, 20a07, schade=b
- Deltagoot 1998, 20a08, schade=c
- Deltagoot 1998serie20, kleine blokken met brede stootvoegen met inwas
- Deltagoot 1998, 20b03, schade=a
- ◇ Deltagoot 1998, 20b04, schade=b
- Deltagoot 1998, 20b05, schade=c
- ×— Deltagoot 1998serie20, kleine blokken met brede langsvvoegen met inwas
- Deltagoot 1998, 20b07, schade=a
- △ Deltagoot 1998, 20b09, schade=b
- ▲ Deltagoot 1998, 20b10, schade=d

Plat gezette blokken op filter (1998)
blokken van 50x50 en 25x25 cm²

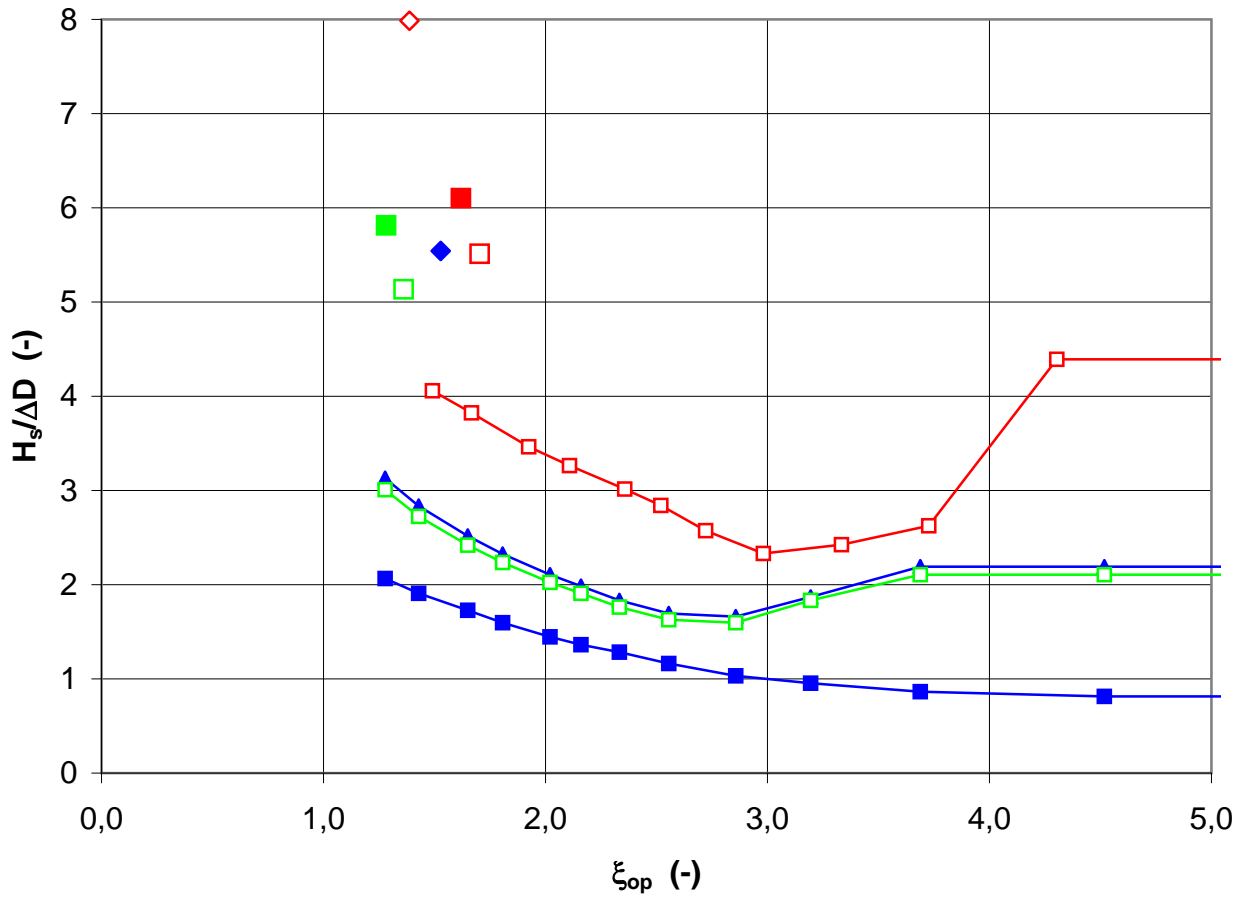
plat gezette blokken



- ◆ Eindverificatie 1991, Blokken met gaten op filter - 1oost
- Blokken op filter - 1oost, 128, schade=a
- ◇ Blokken op filter - 1oost, 154, schade=a
- △ Blokken op filter - 1oost, 155, schade=a
- Eindverificatie 1991, Dichte blokken op filter - 1west
- Blokken op filter - 1west, 128, schade=a
- ◇ Blokken op filter - 1west, 154, schade=a
- △ Blokken op filter - 1west, 155, schade=a
- ◇ Eindverificatie 1991, Dichte blokken op filter - 2oost
- ◇ Blokken op filter - 2oost, 248, schade=a
- ▲ Eindverificatie 1991, Dichte blokken op filter - 2west
- △ Blokken op filter - 2west, 248, schade=a
- Eindverificatie 1991, Dichte blokken op filter - 6west
- Blokken op filter - 6west, 627, schade=a

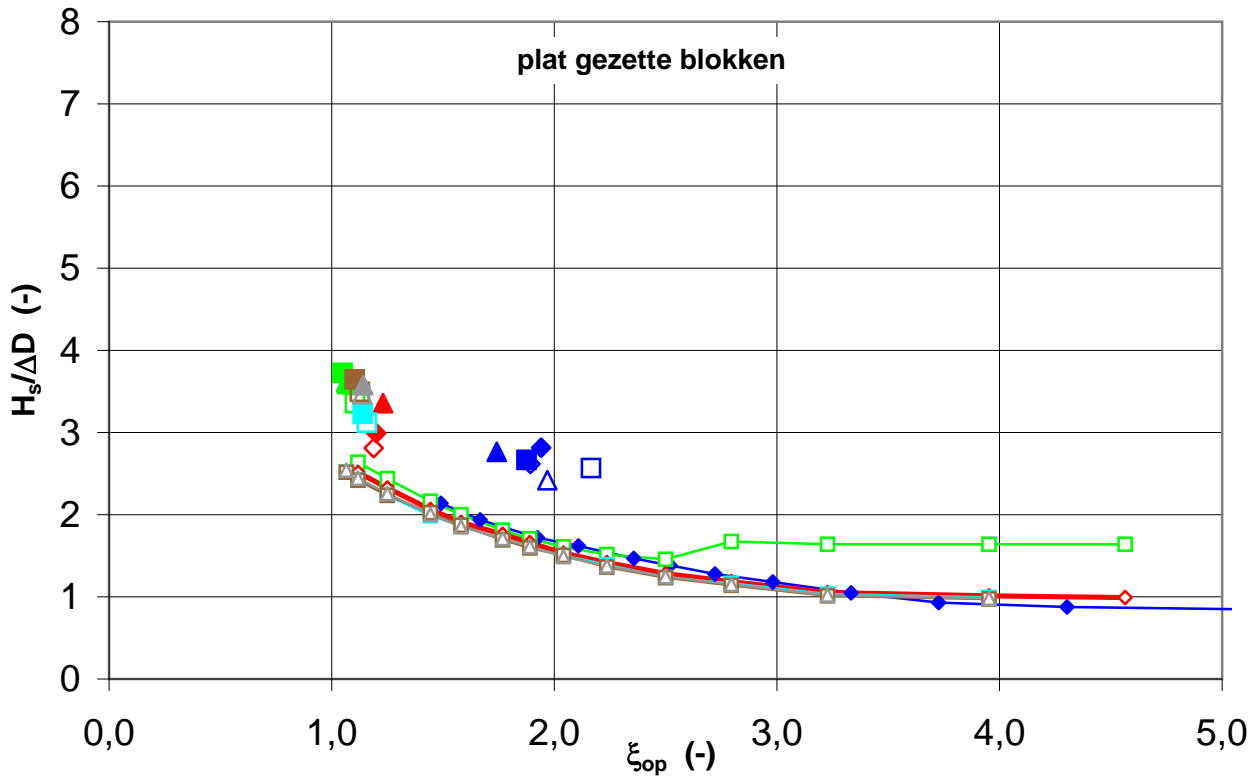
Plat gezette blokken op filter
 blokken van 25x30 en 50x50 cm²

plat gezette blokken



- Provo1985, ingewassen Haringmanblokken, N=13000
- ◆ Haringmanblokken, 6, schade=d
- ▲ Provo1985, Haringmanblokken zonder inwas, N=13000
- Provo1985, Haringmanblokken zonder inwas, N=27000
- Haringmanblokken, 10, schade=a
- Haringmanblokken, 15, schade=c
- Deltagoot 1983, Armorflex zonder kabels
- Armorflex zonder kabels, 45, schade=a
- Armorflex zonder kabels, 46, schade=d
- ◇ Armorflex zonder kabels, 58, schade=a

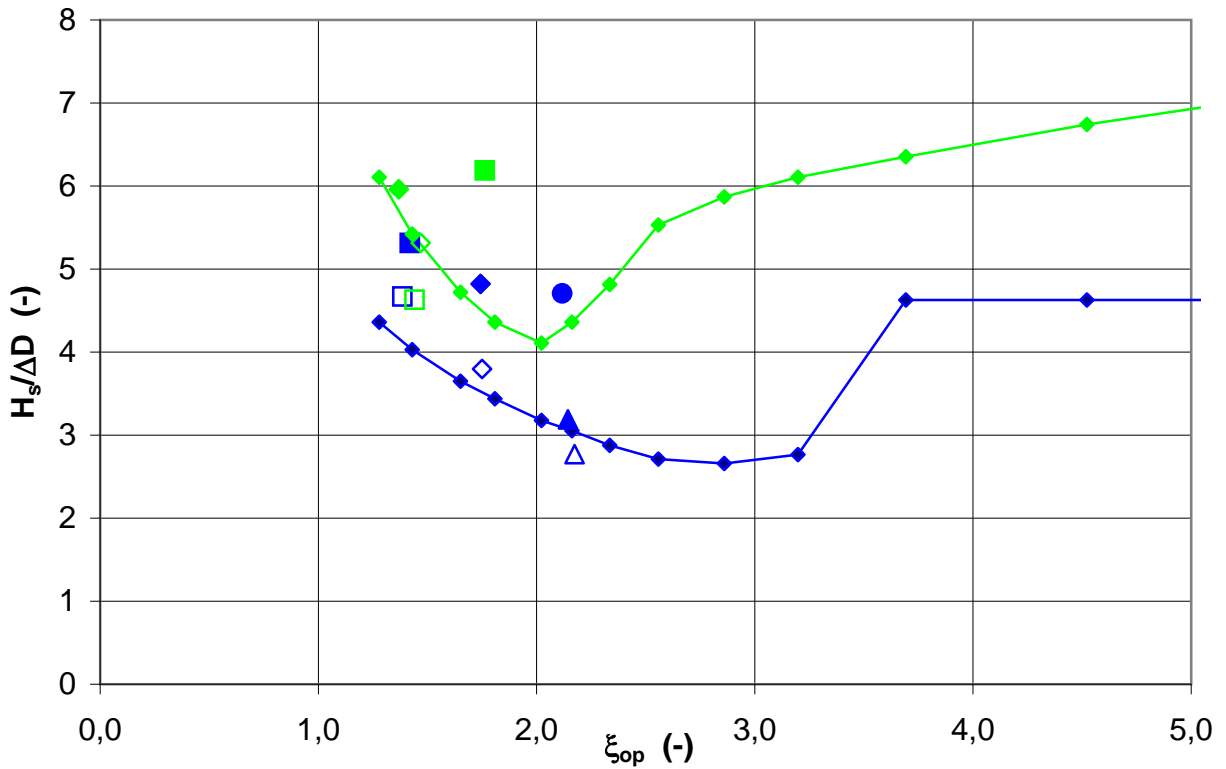
Plat gezette blokken op filter
Haringmanblokken van 50x50 cm² en Armorflex



- ◆ Deltagoot 1983 (M1795 deel 9), blokken op filter
- blokken op filter, 30, schade=a
- blokken op filter, 31, schade=d
- △ blokken op filter, 34, schade=a
- ▲ blokken op filter, 35, schade=d
- ◇ blokken op filter, 38, schade=a
- ◆ blokken op filter, 37, schade=d
- Oesterdam 1982, blokken op filter, D = 15 cm
- blokken op filter (pennen => geen normaalkracht), c.1.1-6, schade=b
- blokken op filter (pennen => geen normaalkracht), c.1.1-7, schade=d
- △ blokken op filter (pennen => geen normaalkracht), c.1.2-17, schade=b
- ▲ blokken op filter (pennen => geen normaalkracht), c.1.2-18, schade=d
- ◇— Oesterdam 1982, blokken op filter, D = 10 cm
- ◇ blokken op filter (pennen => geen normaalkracht), c.2.4-46, schade=b
- ◆ blokken op filter (pennen => geen normaalkracht), c.2.4-47, schade=d
- ▲ blokken op filter (pennen => geen normaalkracht), c.2.3-51, schade=d
- Oesterdam 1982, blokken met vellingkanten op filter, D = 10 cm
- blokken met vellingkanten op filter (pennen => geen normaalkracht), c.3.1-57, schade=a
- blokken met vellingkanten op filter (pennen => geen normaalkracht), c.3.1-58, schade=d
- Oesterdam 1982, blokken met gaten op filter, D = 10 cm
- blokken met gaten op filter (pennen => geen normaalkracht), c.3.2-60, schade=b
- blokken met gaten op filter (pennen => geen normaalkracht), c.3.2-61, schade=d
- △— Oesterdam 1982, halfsteensverband op filter, D = 10 cm
- △ blokken op filter, halfsteens zonder pennen, c.4-64, schade=b
- ▲ blokken op filter, halfsteens zonder pennen, c.4-65, schade=d

Plat gezette blokken op filter
Oesterdam en Gidsonderzoek

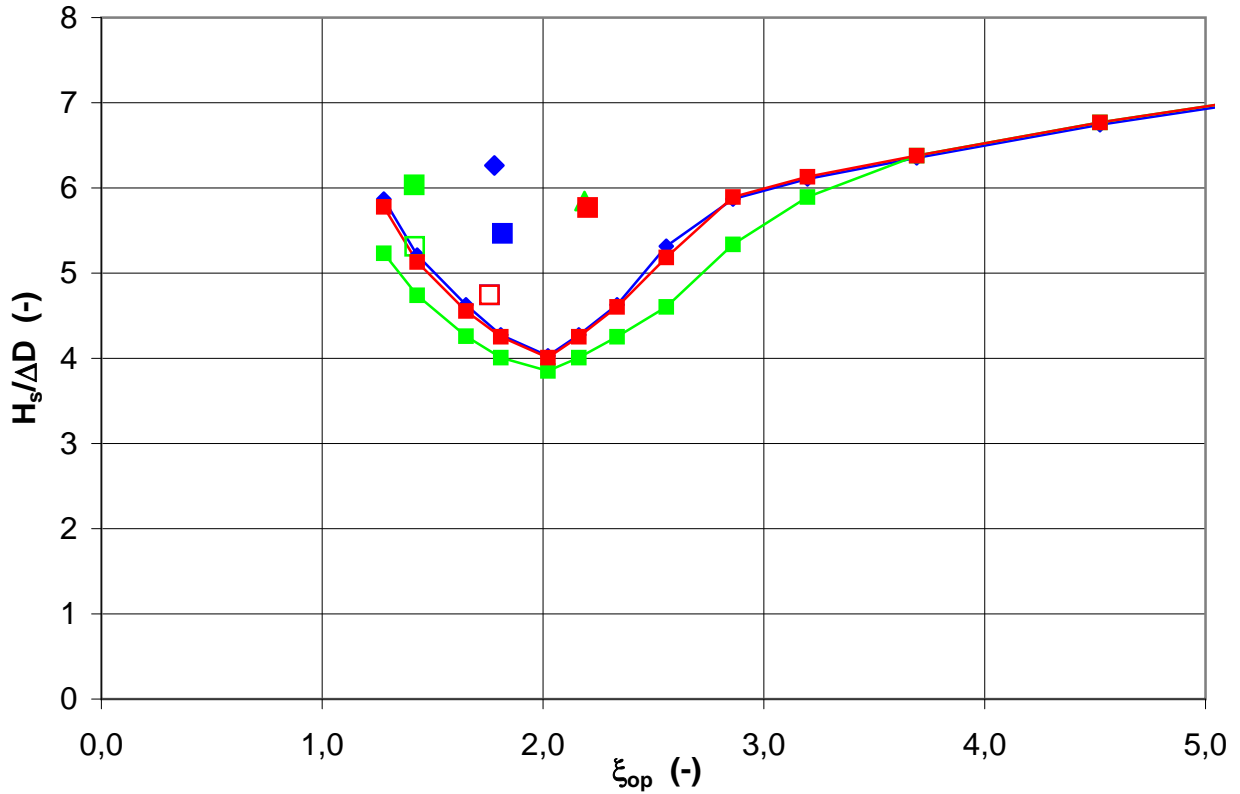
blokken op hun kant 1998, 12a en 12c



- ◆ Deltagoot 1998serie 12a, blokken op zn kant koud tegen elkaar
- Deltagoot 1998, 12ao4, schade=a
- Deltagoot 1998, 12ao5, schade=d
- ◇ Deltagoot 1998, 12ao8, schade=a
- ◆ Deltagoot 1998, 12ao9, schade=d
- △ Deltagoot 1998, 12ao10, schade=b
- ▲ Deltagoot 1998, 12ao11, schade=c
- Deltagoot 1998, 12ao13, schade=d
- ◆ Deltagoot 1998serie 12c, blokken op zn kant, brede langsvog met ronde stalen afstandshouders
- Deltagoot 1998, 12co3, schade=a
- ◇ Deltagoot 1998, 12co4, schade=b
- ◆ Deltagoot 1998, 12co5, schade=c
- Deltagoot 1998, 12co7, schade=d

Blokken op hun kant
Deltagoot 1998, serie 12a en 12c

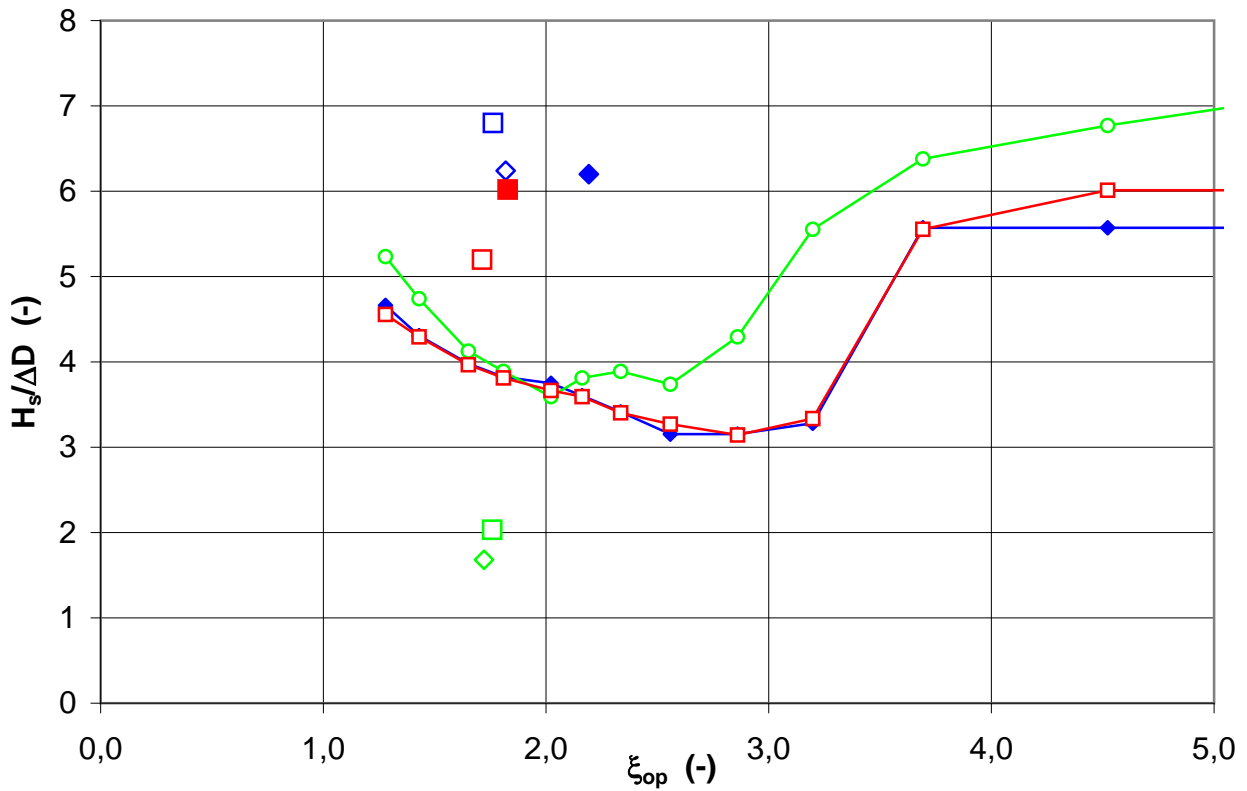
blokken op hun kant 1998, 12cc, 12d en 12cd



- ◆— Deltagoot 1998serie 12cc, brede langsvoeg met plastic afstandshouders
- Deltagoot 1998, 12cco5, schade=a
- Deltagoot 1998, 12cco6, schade=c
- ◆ Deltagoot 1998, 12cco7, schade=d
- Deltagoot 1998serie 12d, brede stootvoeg
- Deltagoot 1998, 12do6, schade=a
- Deltagoot 1998, 12do7, schade=c
- ▲ Deltagoot 1998, 12do10, schade=c
- Deltagoot 1998serie 12cd, brede langsvoegen, plastic afstandh. met voetje
- Deltagoot 1998, 12cdo5, schade=b
- Deltagoot 1998, 12cdo8, schade=d

Blokken op hun kant Deltagoot 1998, serie 12cc, 12d en 12cd		
	Deltares	1204727-009

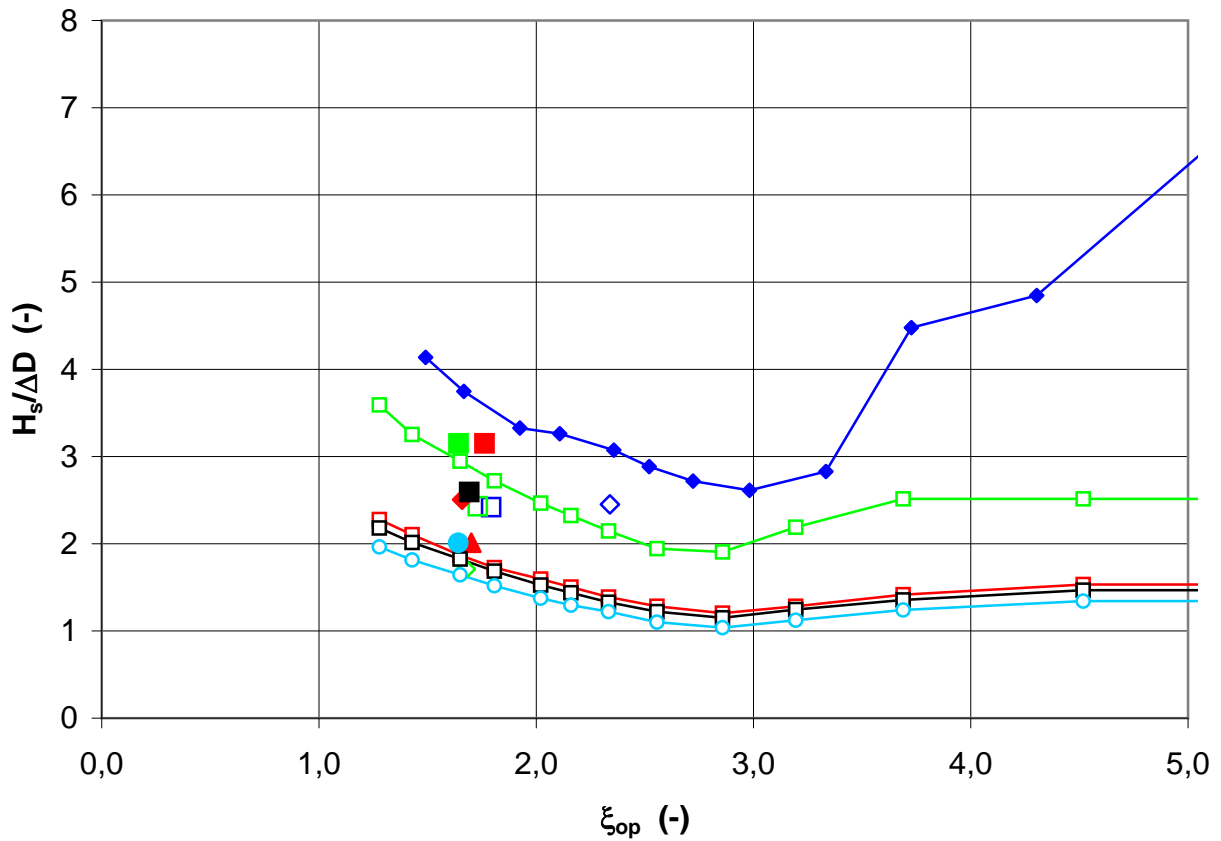
blokken op hun kant 1998, serie 21 en 23



- ◆ Deltagoot 1998serie21, haringmanblokken op hun kant met brede stootvoegen
- ◇ Deltagoot 1998, 21o14, schade=a
- Deltagoot 1998, 21o15, schade=b
- ◆ Deltagoot 1998, 21o16, schade=c
- Deltagoot 1998serie23, blokken op hun kant, brede stootv., geen inwas
- ◇ Deltagoot 1998, 23o1, schade=a
- Deltagoot 1998, 23o2, schade=b
- Deltagoot 1998serie23, blokken op hun kant, brede stootv., met inwas
- Deltagoot 1998, 23o10, schade=a
- Deltagoot 1998, 23o11, schade=d

Blokken op hun kant
Deltagoot 1998, serie 21 en 23

blokken op hun kant, lange duur



- ◆ Deltagoot 2007, grote blokken op hun kant, $N = 20000$
- Deltagoot 2007, T13-17, schade=a
- ◇ Deltagoot 2007, T22-26, schade=a
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, $N=1000$
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4120, schade=c
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4931, schade=a
- ◇ Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4040, schade=a
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, $N=3700$
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4120-4122, schade=d
- ◆ Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4931-4932, schade=c
- ▲ Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4140+4141, schade=c
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, $N=6800$
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4931-4934, schade=d
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, $N=48000$
- Blokjes op hun kant, langeduurproeven, 4140+4541, schade=c

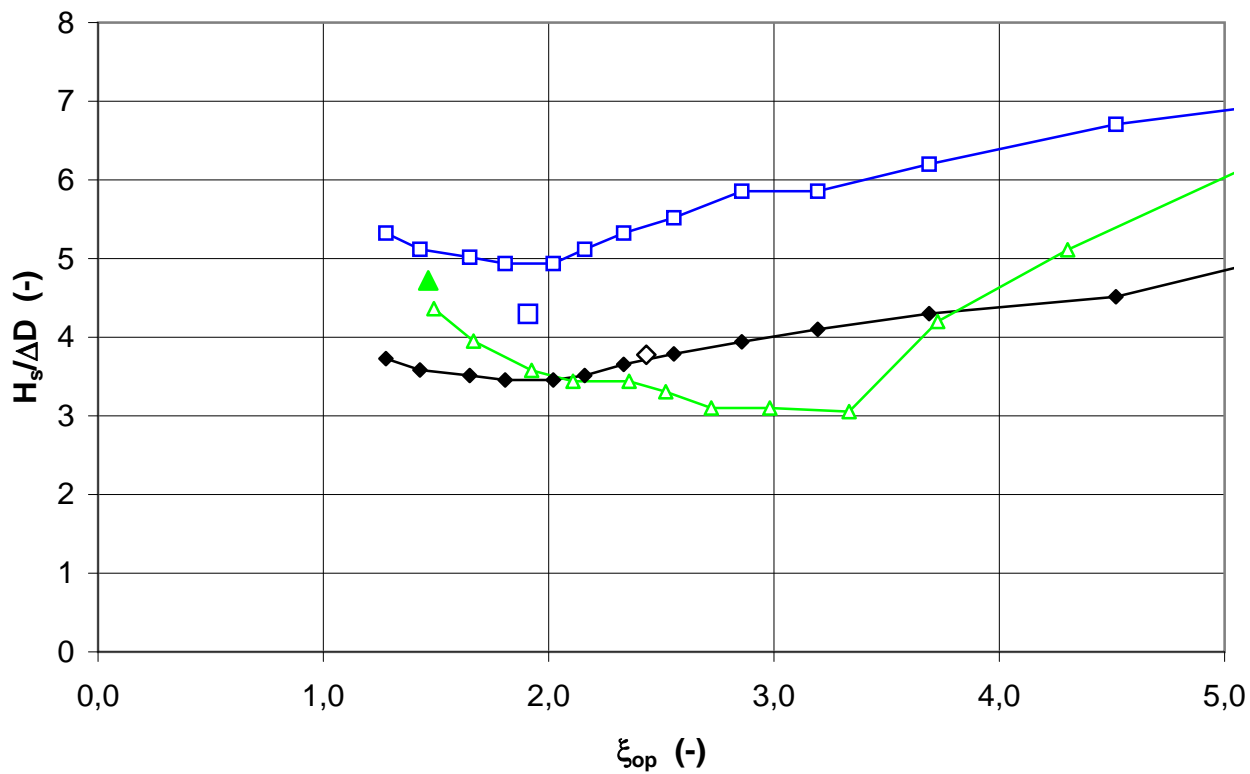
Blokken op hun kant
Langeduurproeven

Deltares

1204727-009

FIG. B.12

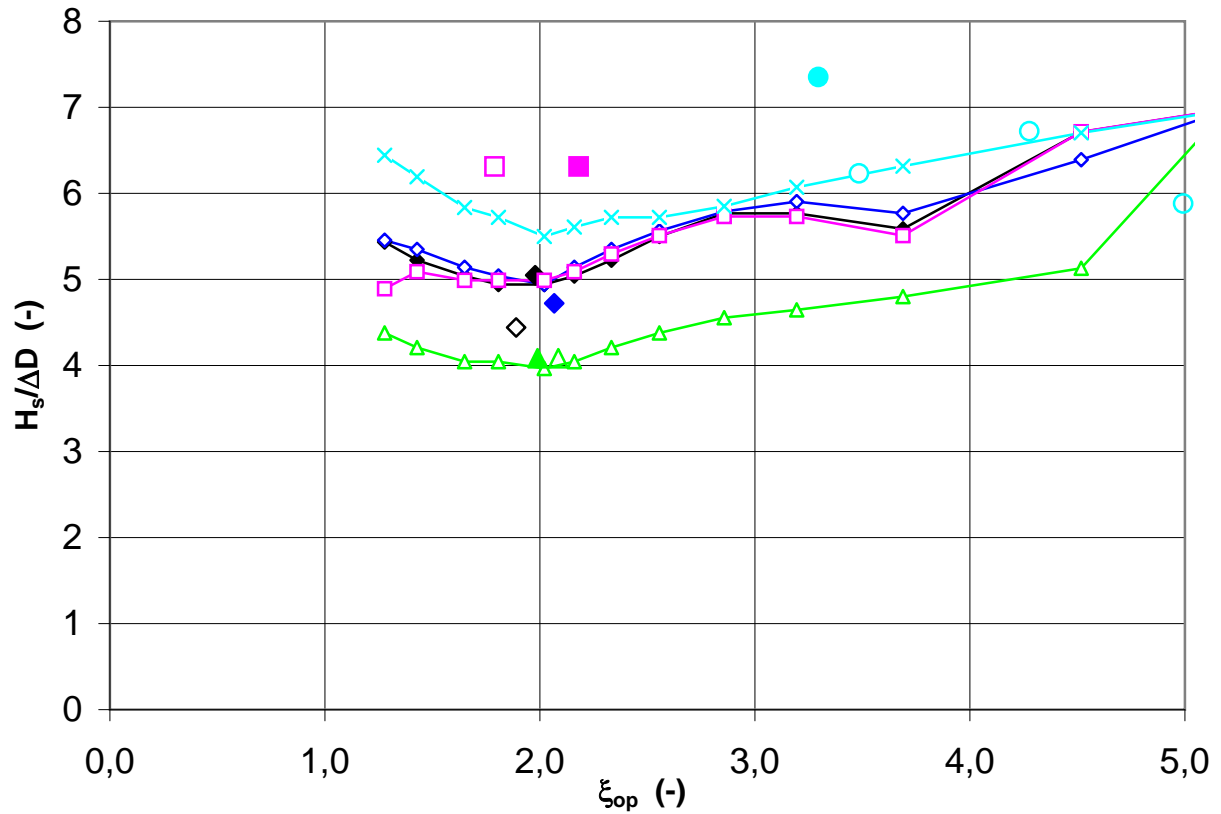
Basalton



- ◆ Basalton, D = 20 cm, langeduurproeven, N = 26385
- ◇ Basalton, langeduurproeven, nov03-4805, schade=a
- Basalton 1997, D = 20 cm, N = 1000
- Basalton, 26, schade=a
- △— Basalton (niet ingewassen), D = 20 cm
- ▲ Basalton M1900 (niet ingewassen), 4, schade=d

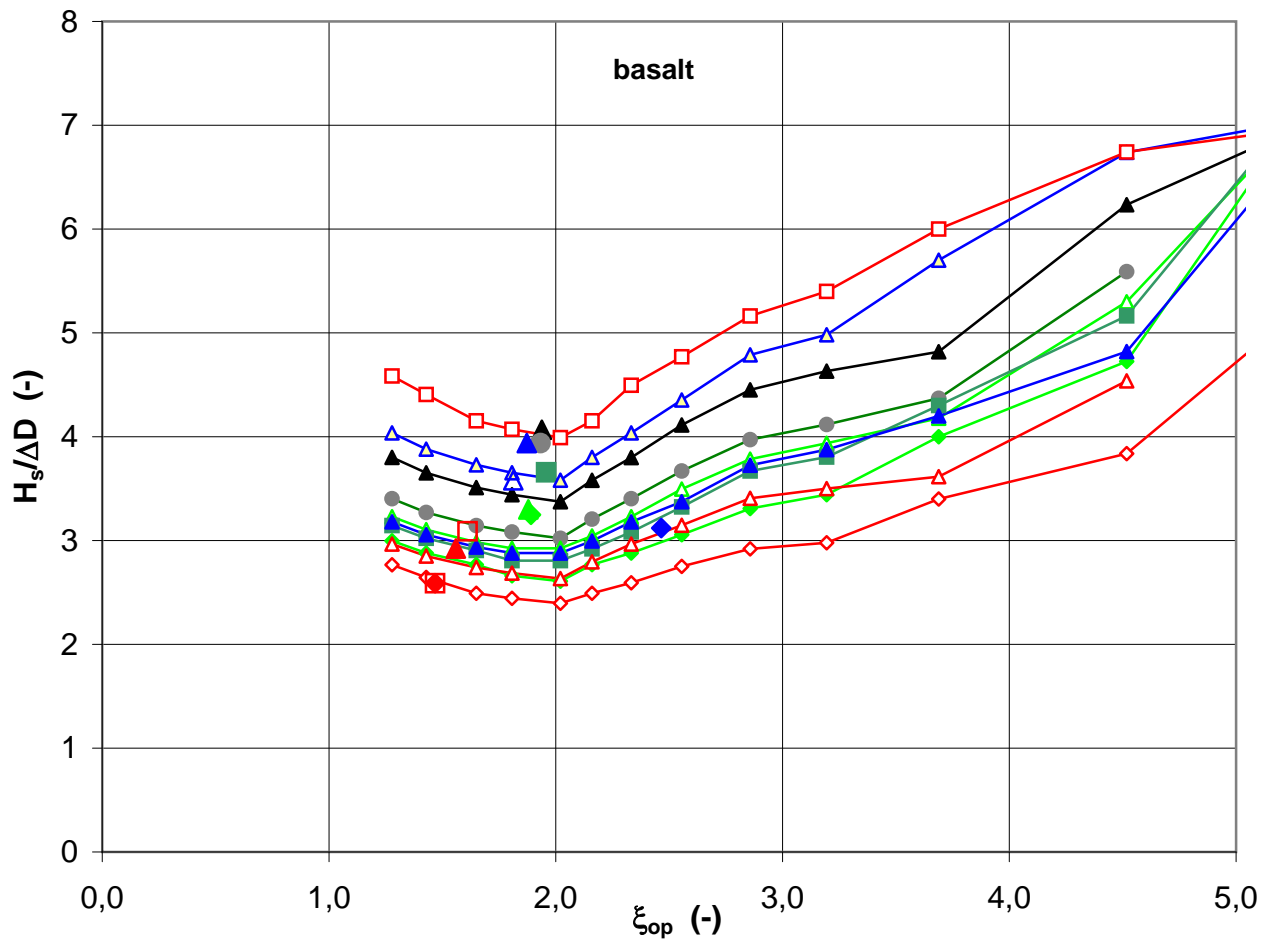
Basalton		
Deltares	1204727-009	FIG. B.13

Hydroblocks



- ◆— Lange duur onderzoek; D = 15 cm; N=1000
- ◆— Lange duur onderzoek; D = 15 cm; N=1642
- ◇ Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven, 5250, schade=a
- ◆ Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven, 5251, schade=d
- ◆ Hergebruikte Hydroblocks 15 cm, langeduurproeven, 4250+4251, schade=d
- △— Lange duur onderzoek; D = 20 cm; N=11000
- △ Hydroblocks 20 cm, langeduurproeven, 4260-4660, schade=a
- △ Hydroblocks 20 cm, langeduurproeven, 4260-4860, schade=d
- Hydroblocks, D = 20 cm, 1998
- Hydroblocks, 20 cm, 1998, 5, schade=b
- Hydroblocks, 20 cm, 1998, 6, schade=c
- ×— Hydroblocks, D = 15 cm, lange golven
- Hydroblocks, 15, schade=a
- Hydroblocks, 16, schade=a
- Hydroblocks, 25, schade=a
- Hydroblocks, 26, schade=d

Hydroblock		
Deltares	1204727-009	FIG. B.14



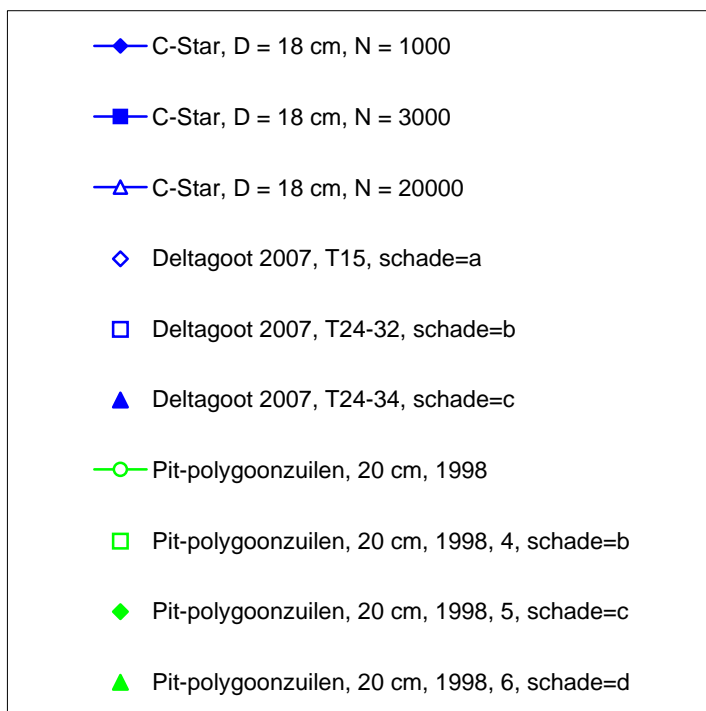
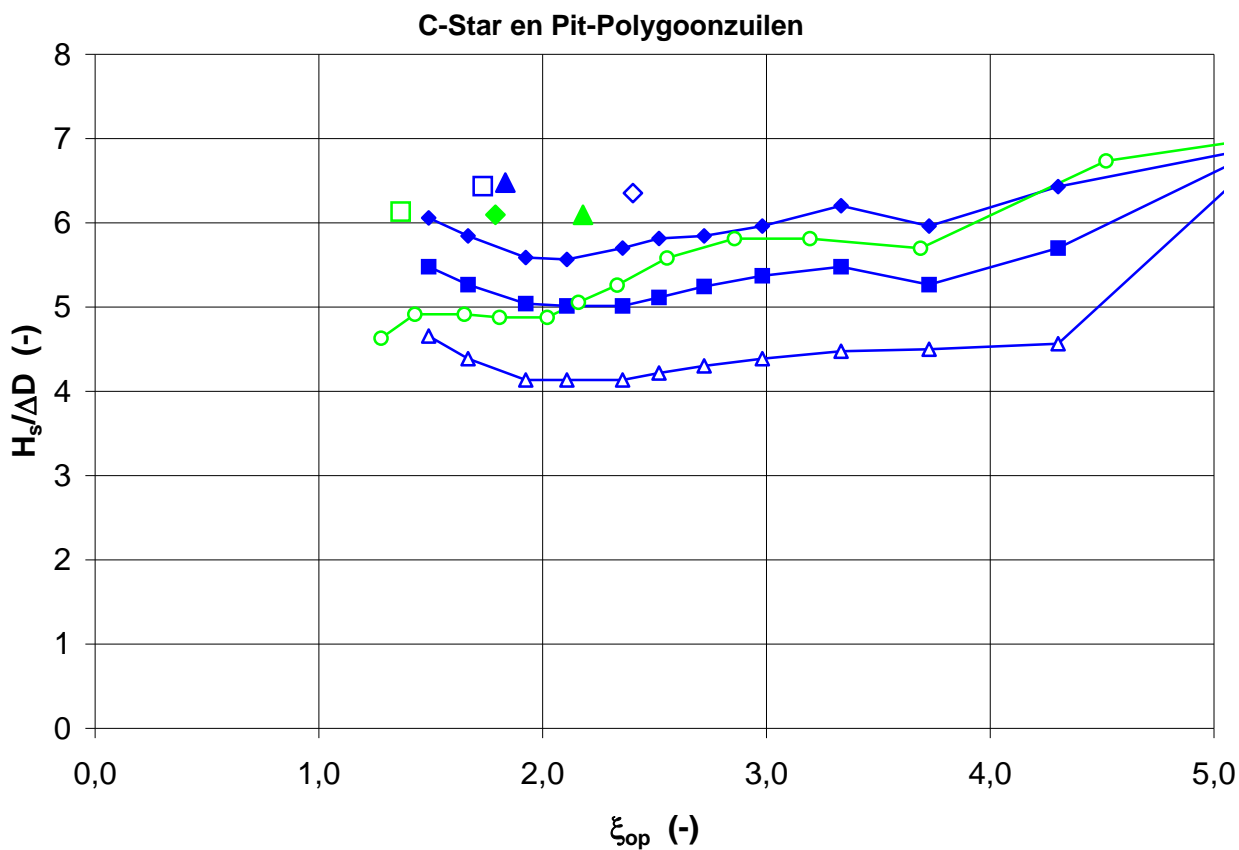
- ▲ basalt, langeduurproeven, N = 2115
- basalt, langeduurproeven, N = 4516
- ▲ basalt, langeduurproeven, N = 6500
- basalt, langeduurproeven, N = 8835
- ◆ basalt, langeduurproeven, N = 16300
- ▲ basalt, langeduurproeven, 4418, schade=c
- basalt, langeduurproeven, 4418+4618, schade=d
- ▲ basalt, langeduurproeven, 4411+4610, schade=c
- basalt, langeduurproeven, 4215-4616, schade=b
- ◆ basalt, langeduurproeven, 4411-4812, schade=d
- ▲ Basalt 2003, N = 1000, D = 20 cm, 26.1
- ▲ Basalt 2003, D = 20 cm, 5, schade=a
- ▲ Basalt 2003, D = 20 cm, 6, schade=c
- ◆ Basalt 2003, D = 20 cm, 8, schade=d
- ▲ Basalt 2003, N = 1118, D = 20 cm, 26.0
- basalt, Provo '85, D= 30 cm, N = 400, 26.0
- ▲ basalt, Provo '85, D= 30 cm, N = 6000, 26.0
- ◇ basalt, Provo '85, D= 30 cm, N = 23000, 26.0
- basalt, Provo '85, 21, schade=a
- basalt, Provo '85, 23, schade=a
- ▲ basalt, Provo '85, 22, schade=d
- ◆ basalt, Provo '85, 24, schade=d

basalt

Deltares

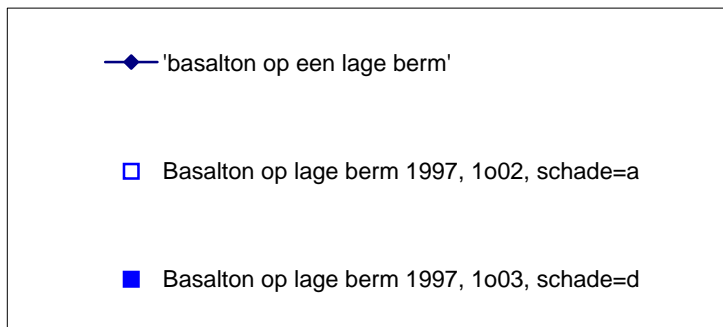
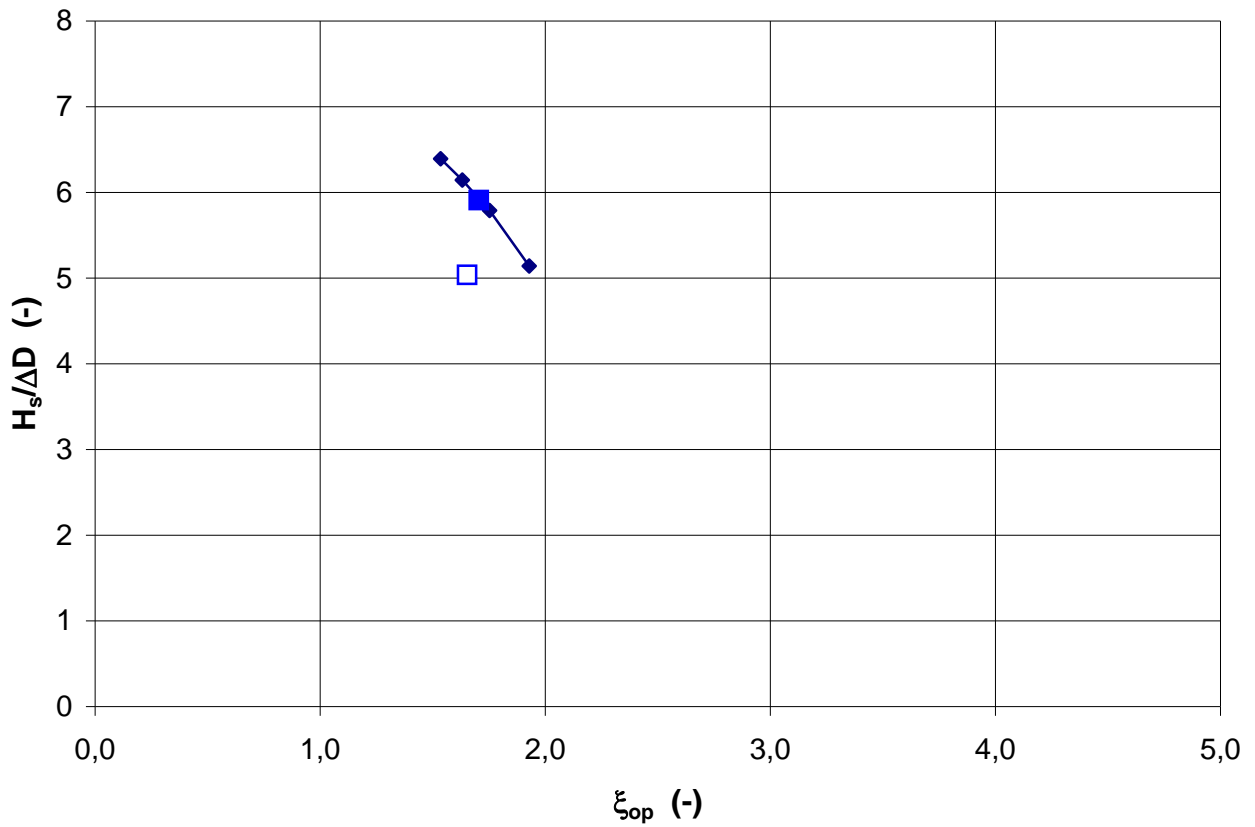
1204727-009

FIG. B.15



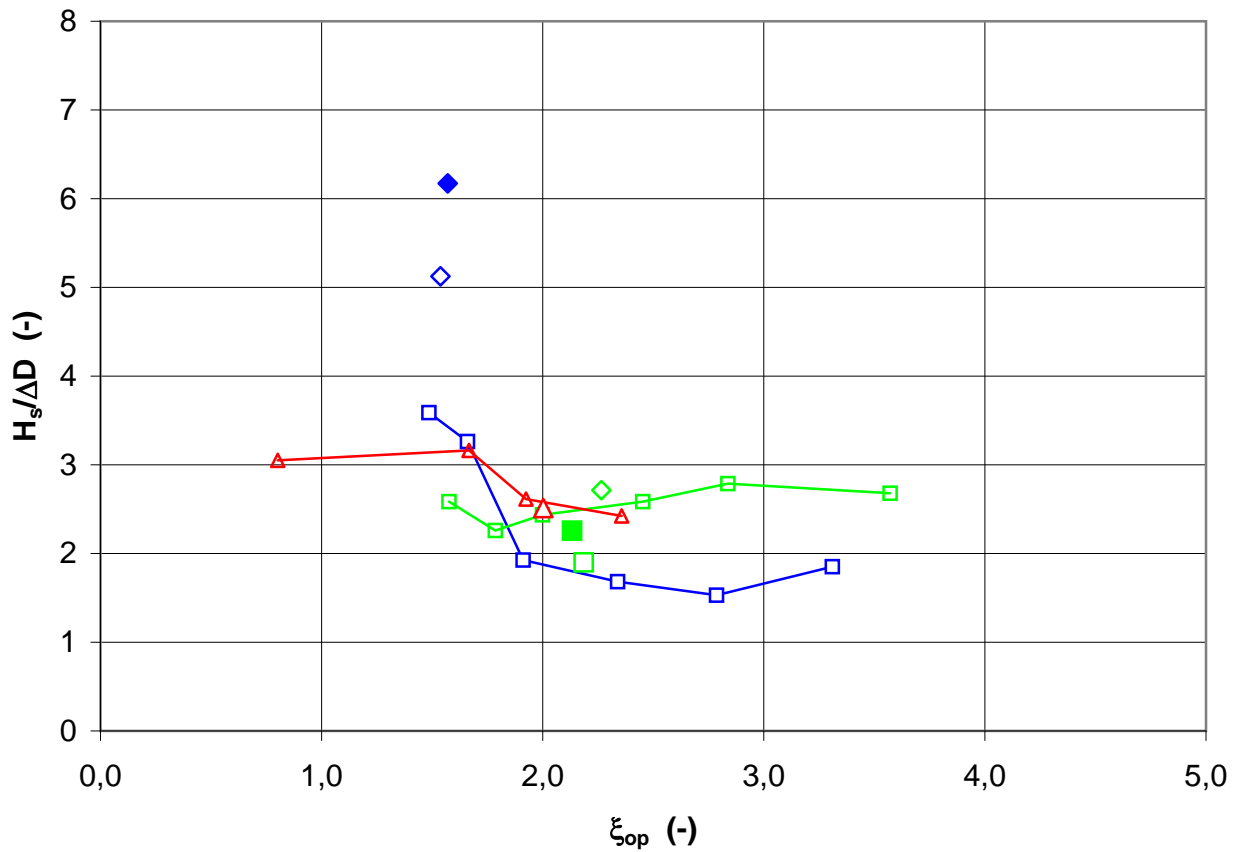
C-Star en Pit-polygoonzuilen

Basalton op berm



Basalton op een berm

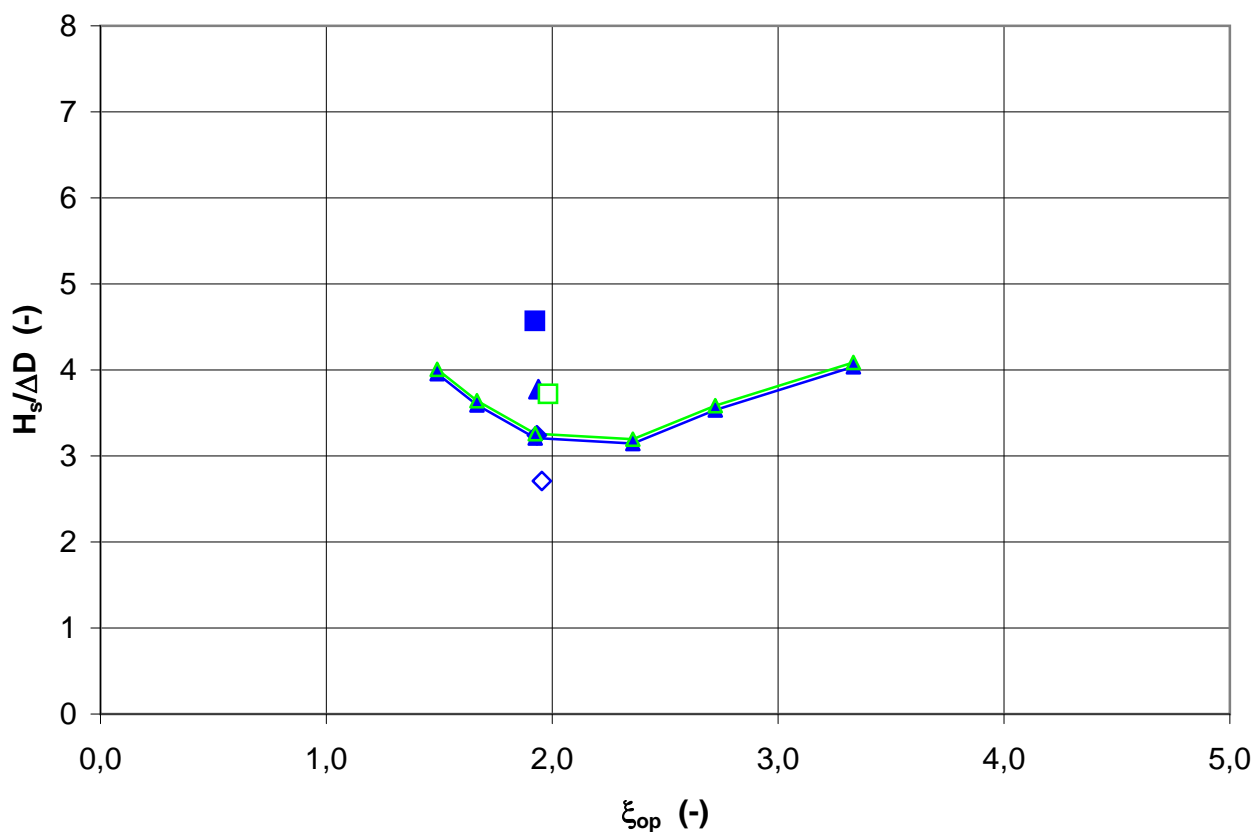
Havendam, buitentalud met zuilen



- Havendam Harlingen, Basalton, D = 15 cm, zonder klemming
- ◇ Havendam Harlingen basalt, 102, schade=a
- ◆ Havendam Harlingen basalt, 103, schade=d
- Havendam Urk, Basalt, D = 20 cm
- Havendam Urk, 1, schade=b
- Havendam Urk, 2, schade=d
- ◇ Havendam Urk, 5, schade=a
- △— Havendam Ketelhaven, Basalt, D = 20 cm
- △ Havendam Ketelhaven, 16, schade=a

Buitentalud van havendam
Basalton en basalt

Havendam, Deltagoot 2006, buitentalud met Basalton



- ◇ Havendam 2006, 1, schade=a
- ◆ Havendam 2006, 2, schade=d
- ▲ Havendam 2006, 3, schade=c
- Havendam 2006, 4, schade=c
- Havendam 2006, 13, schade=b
- ▲— Havendam 2006, Basalton, D = 20cm, h = 4,54m, zonder klemming
- ▲— Havendam 2006, Basalton, D = 20cm, h = 4,00m, zonder klemming

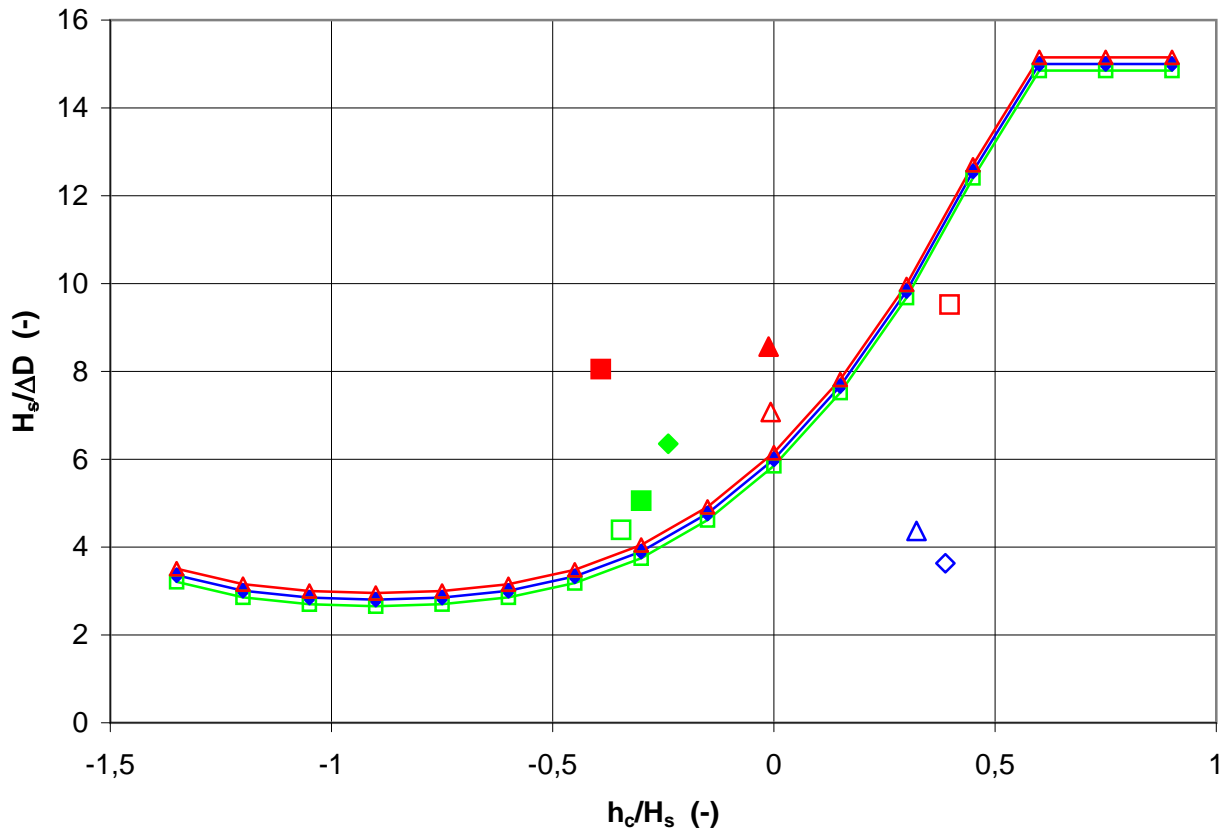
Buitentalud van havendam
Basalton

Deltares

1204727-009

FIG. B.20

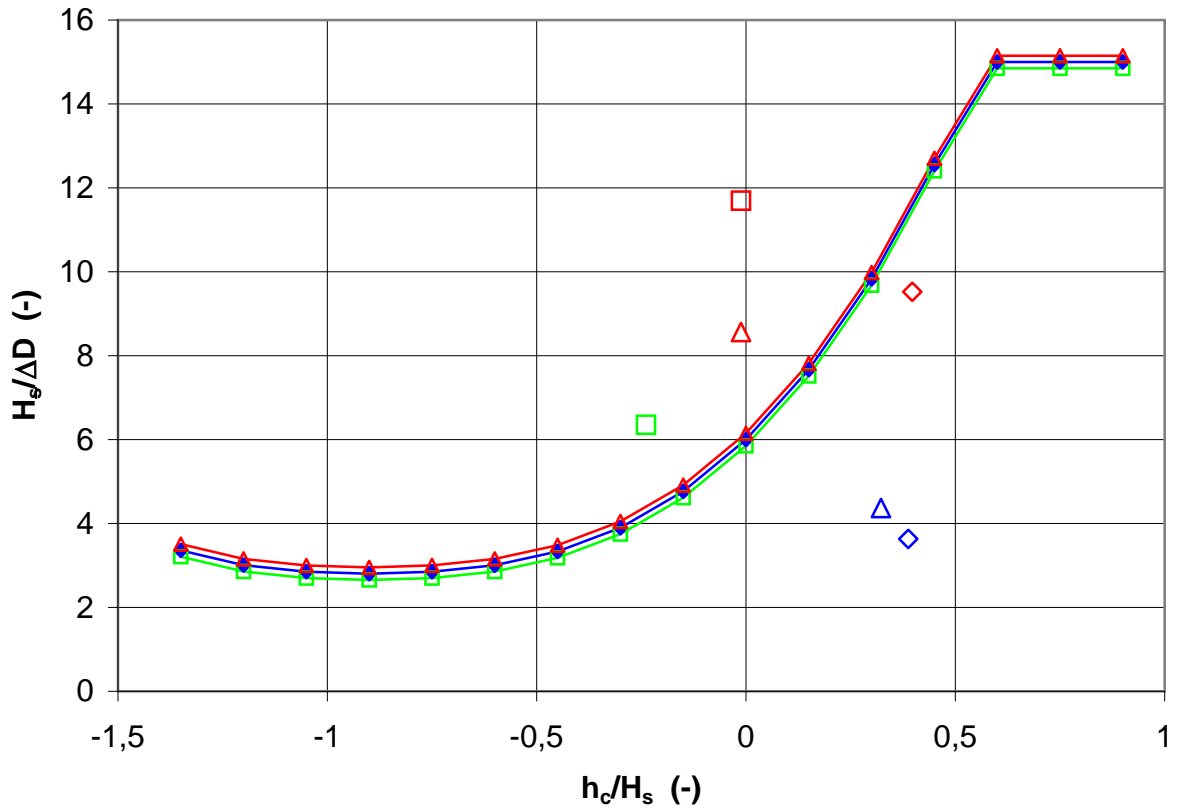
Kruin van havendam



- ◆— Havendam Urk, Basalton D = 15 cm
- ◆ Havendam Urk, 2, schade=a
- △ Havendam Urk, 5, schade=a
- Havendam Ketelhaven, granietblokken D = 10 cm
- Havendam Ketelhaven, 14, schade=a
- Havendam Ketelhaven, 15, schade=c
- ◆ Havendam Ketelhaven, 16, schade=d
- △— Havendam 2006, Basalton/Hydoblocks, D = 15 cm D = 10 cm
- △ Havendam 2006, 3, schade=a
- ▲ Havendam 2006, 4, schade=d
- Havendam 2006, 13, schade=a
- Havendam 2006, 21, schade=d

Kruin van havendam

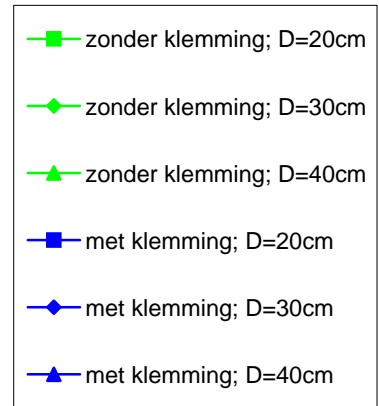
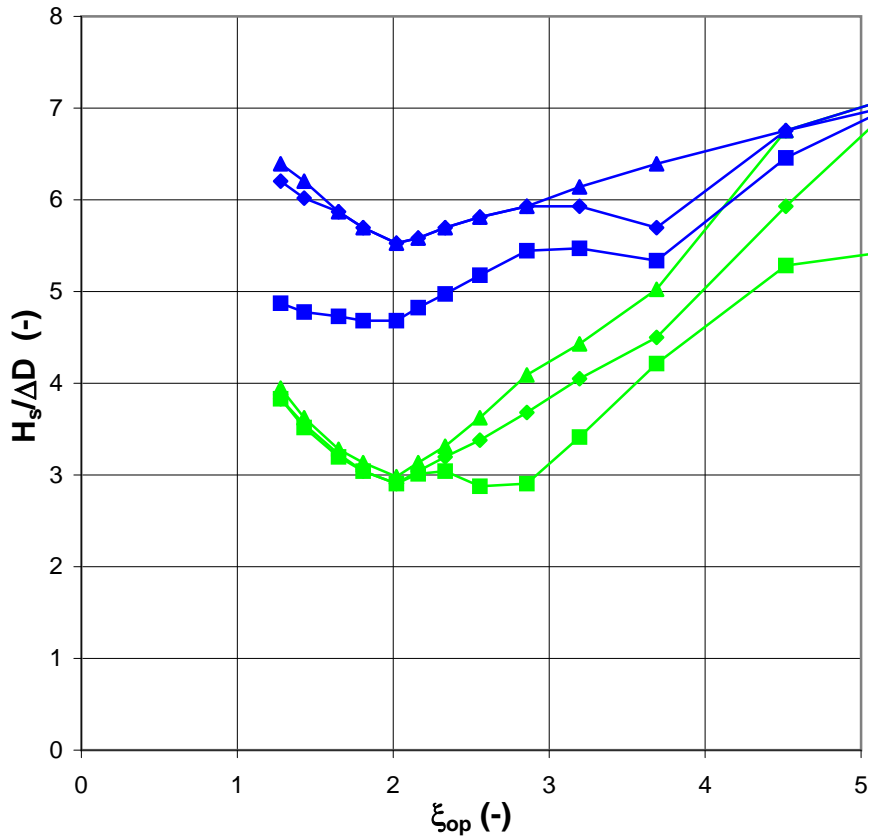
Binnentalud van havendam



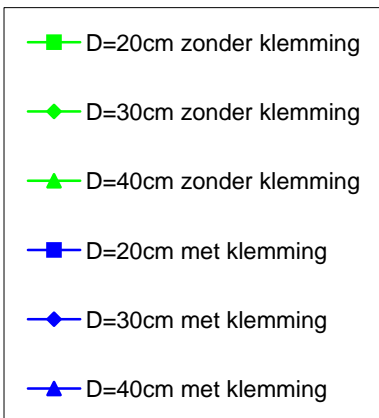
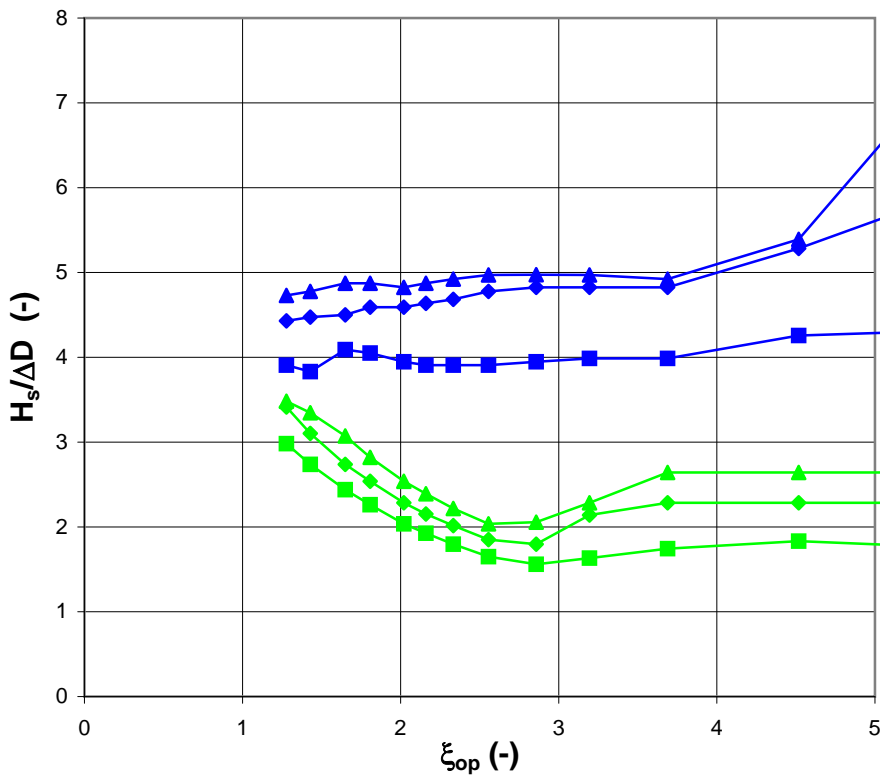
- ◆ Havendam Urk, Basalton D = 15 cm
- ◇ Havendam Urk, 2, schade=a
- △ Havendam Urk, 5, schade=a
- Havendam Ketelhaven, granietblokken D = 10 cm
- Havendam Ketelhaven, 16, schade=a
- ▲— Havendam 2006, Basalton/Hydoblocks, D = 15 cm D = 10 cm
- △ Havendam 2006, 4, schade=a
- Havendam 2006, 4, schade=a
- ◇ Havendam 2006, 13, schade=a

Binnentalud van havendam

Steentoets2010; korte leklengte

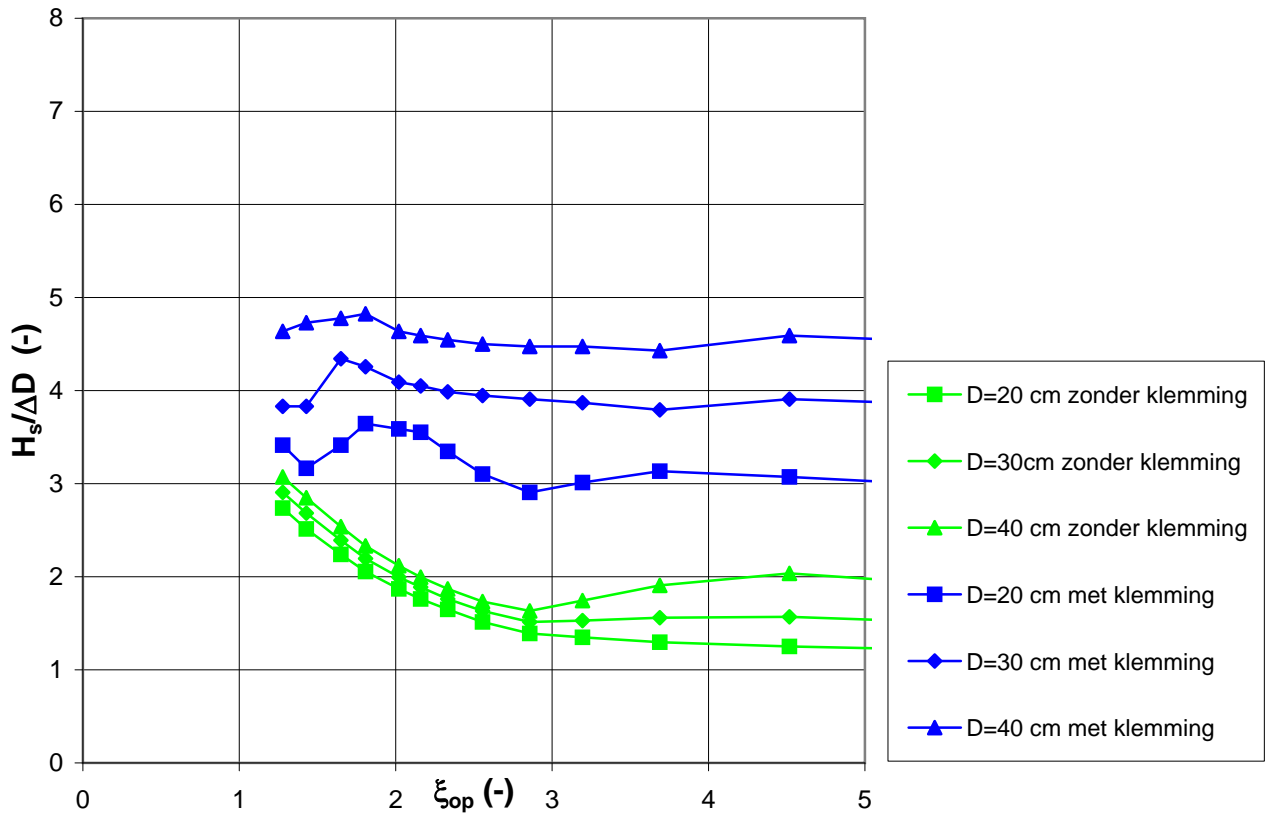


Steentoets2010; medium leklengte

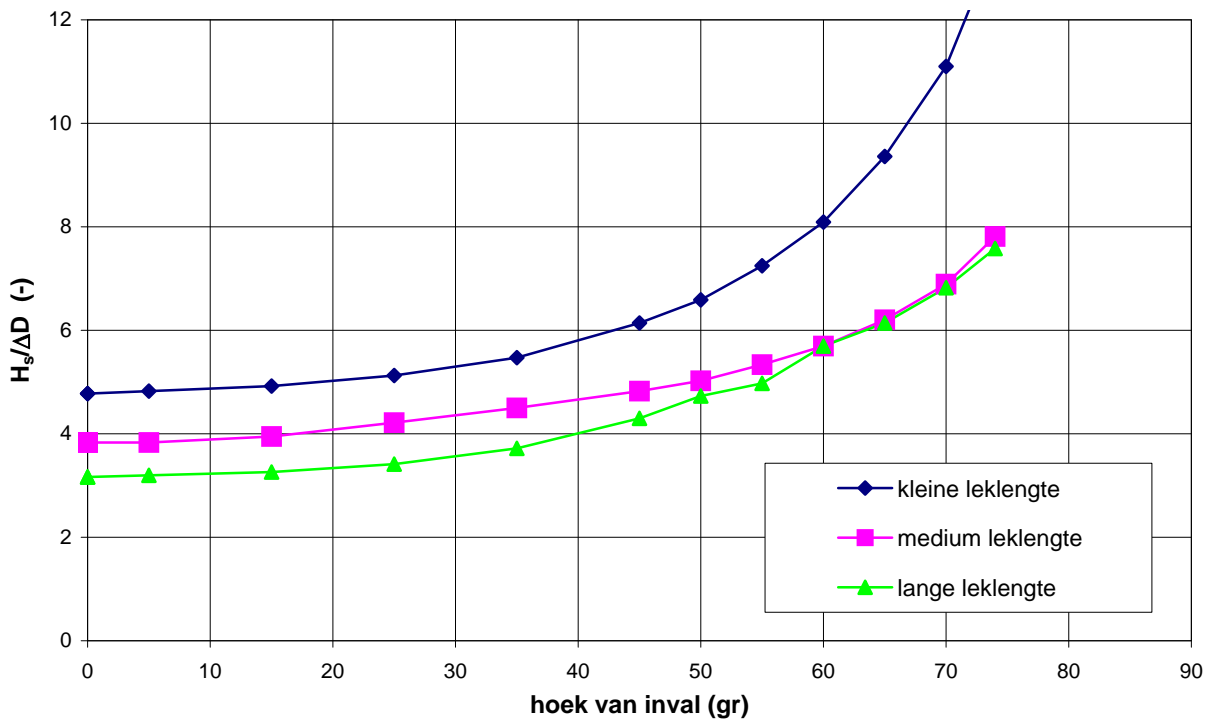


Boven: invloed brekerparameter (met korte leklengte)
 Onder: invloed brekerparameter (met medium leklengte)

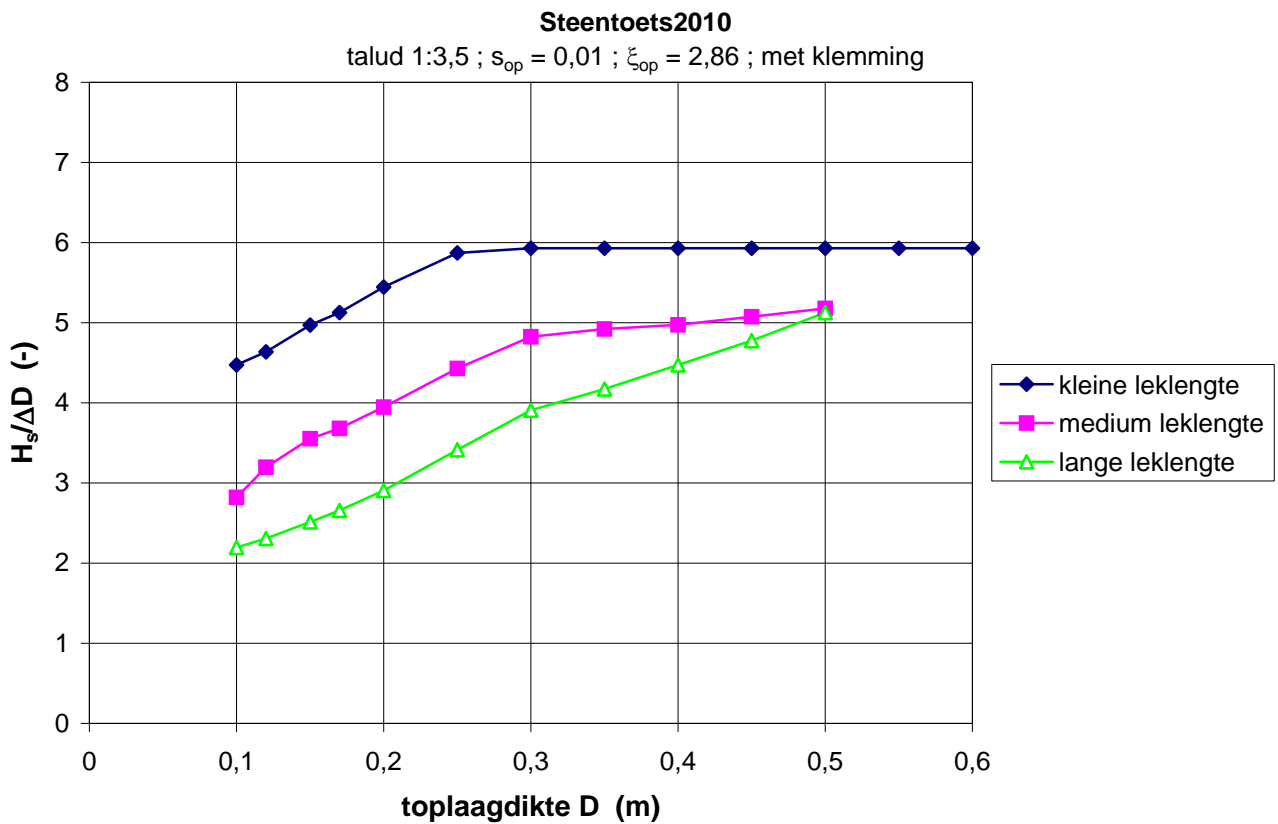
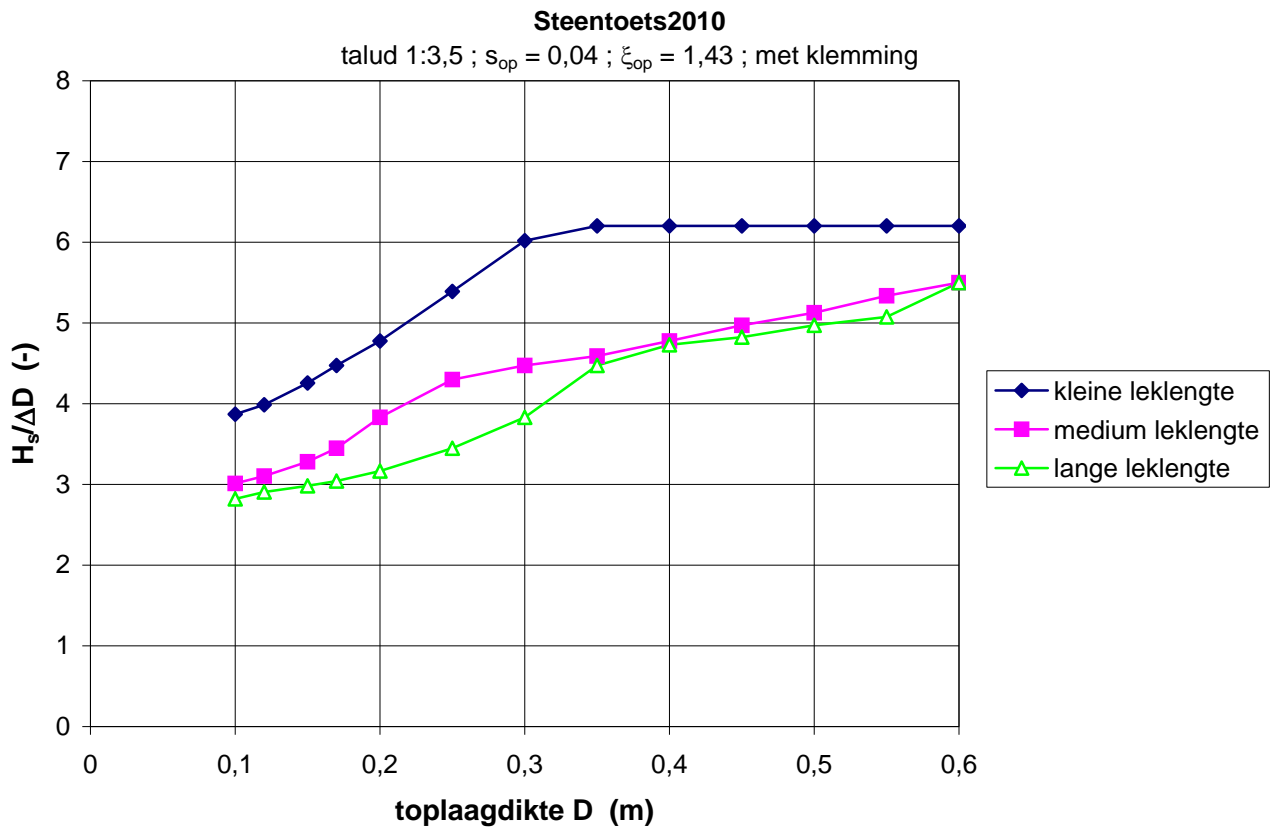
Steentoets2010; lange lek lengte



Steentoets2010
talud 1:3,5; D = 20 cm; $s_{op} = 0,04$; met klemming



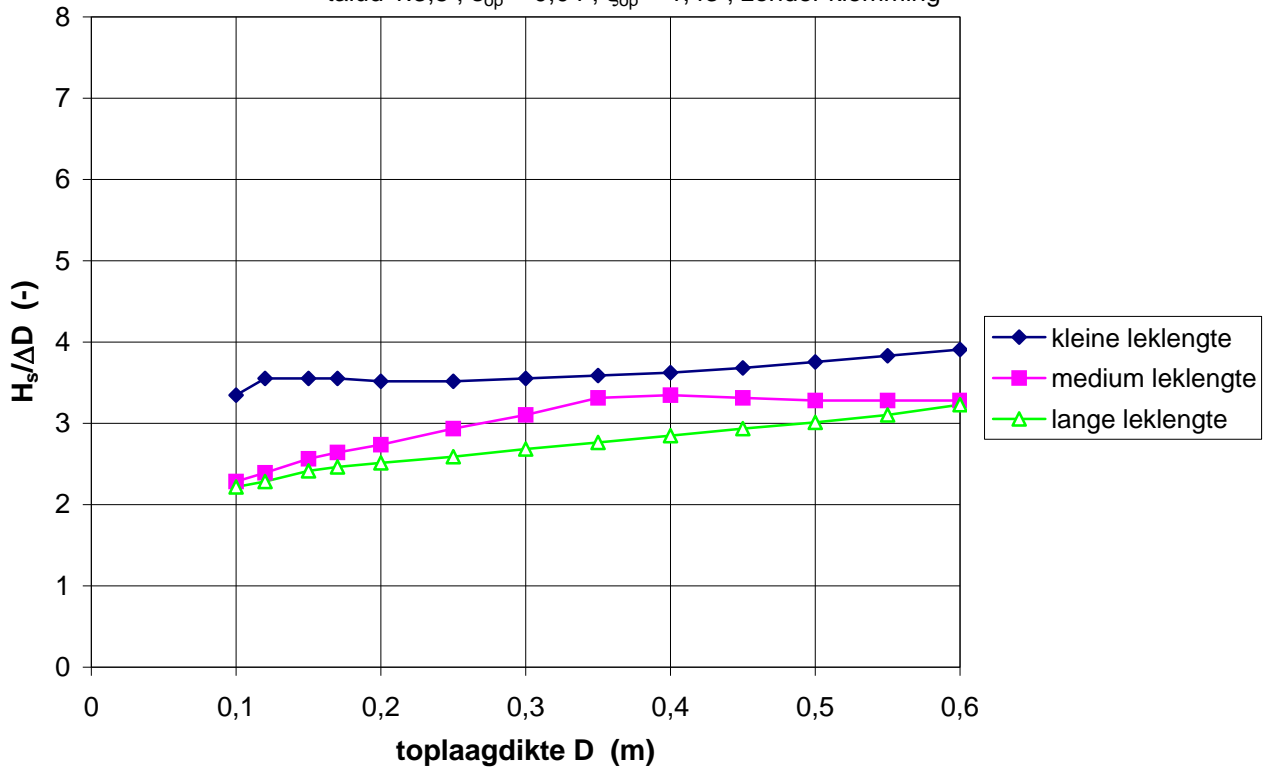
Boven: invloed brekerparameter (met lange lek lengte)
Onder: invloed hoek van golfaanval



Invloed topplagdikte (met klemming)
Boven: golfsteilheid = 0,04 ; Onder: golfsteilheid = 0,01

Steentoets2010

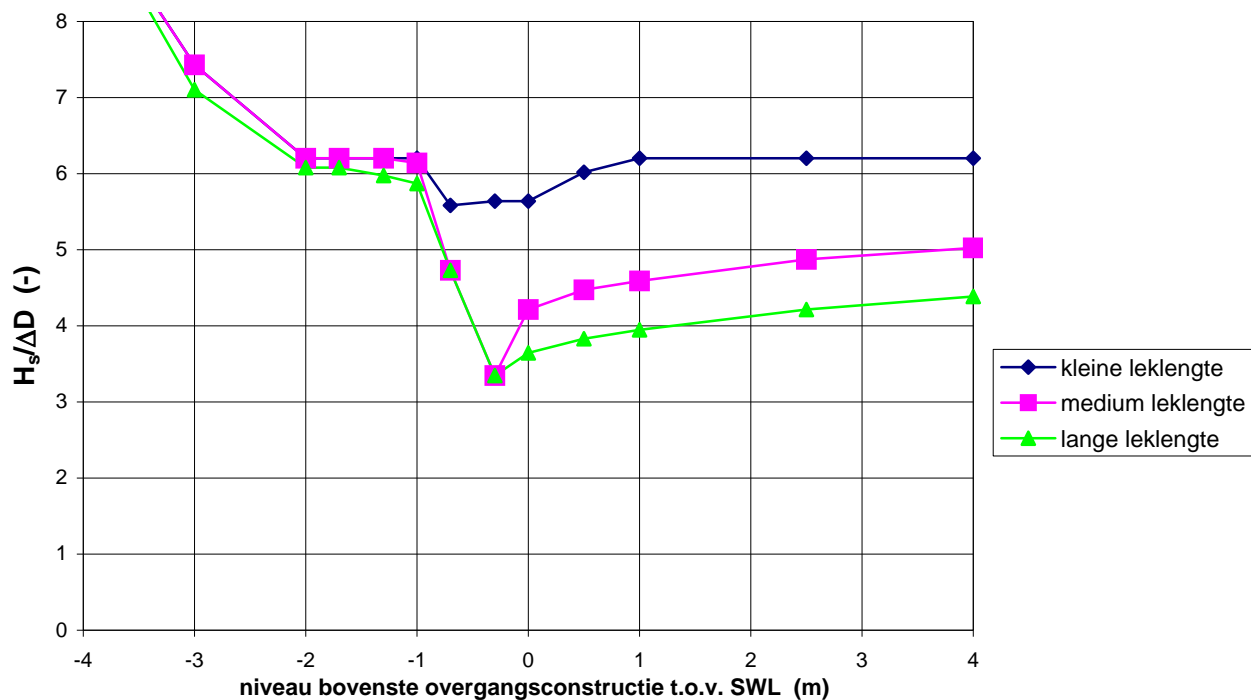
talud 1:3,5 ; $s_{op} = 0,04$; $\xi_{op} = 1,43$; zonder klemming



Invloed topplagdikte (zonder klemming)
golfsteilheid = 0,04, zonder klemming

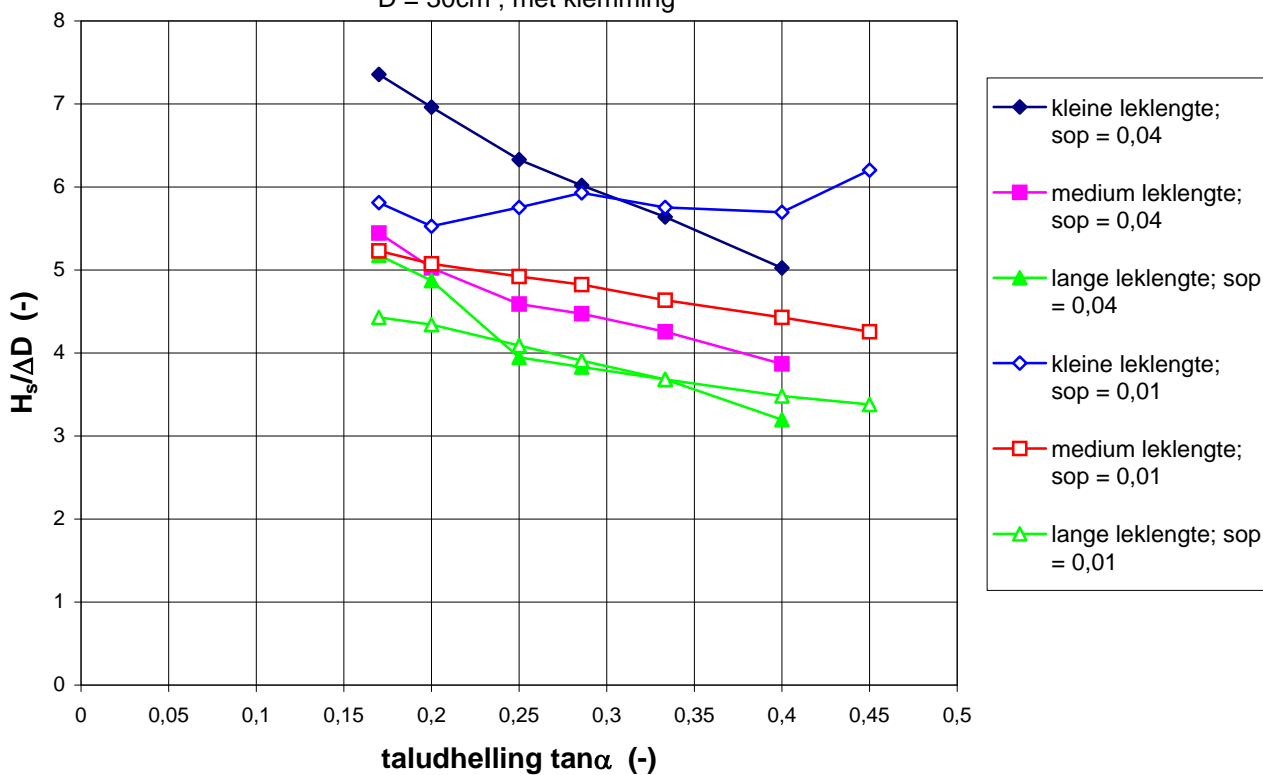
Steentoets2010

talud 1:3,5 ; D = 30cm ; $s_{op} = 0,04$; $\xi_{op} = 1,43$; met klemming



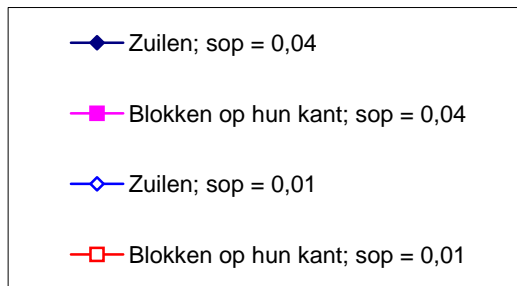
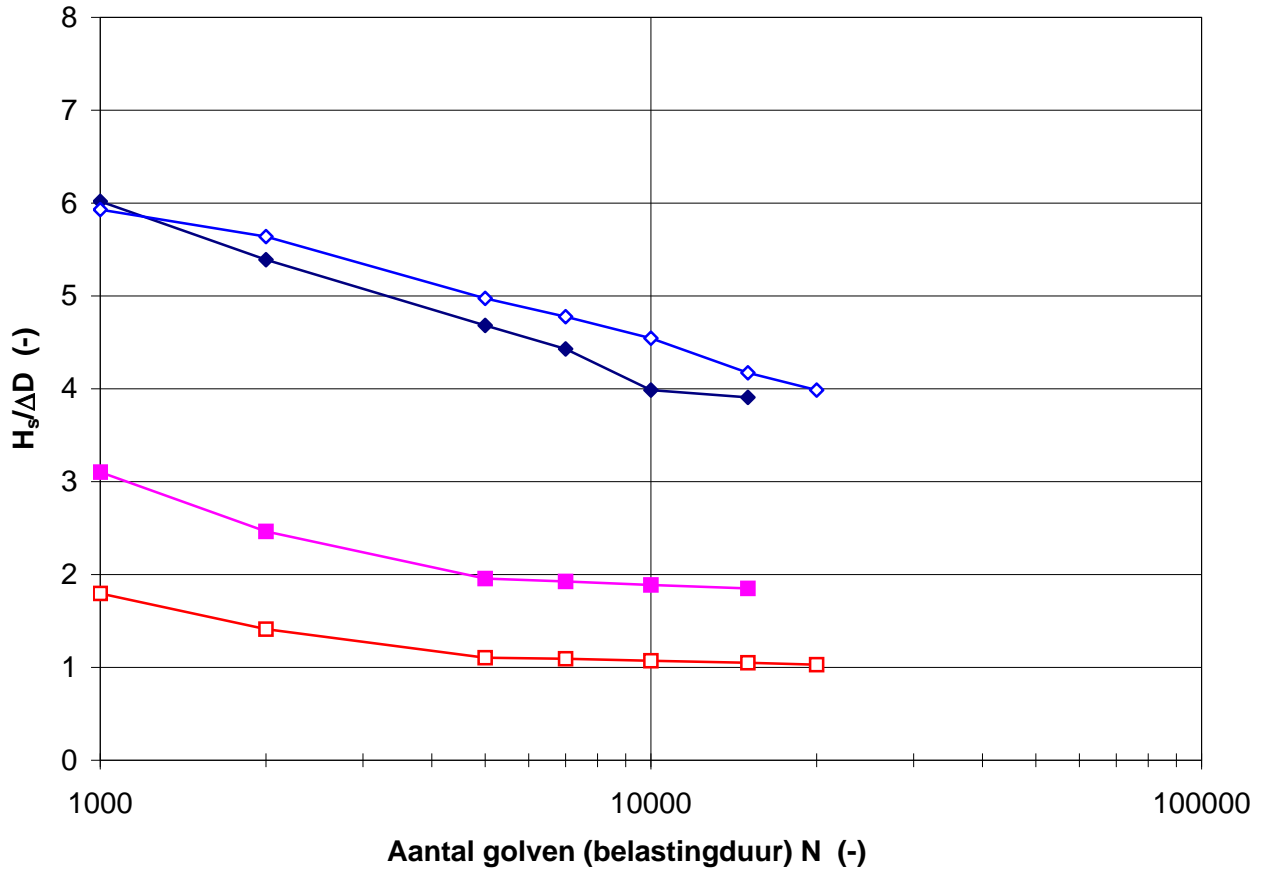
Steentoets2010

D = 30cm ; met klemming



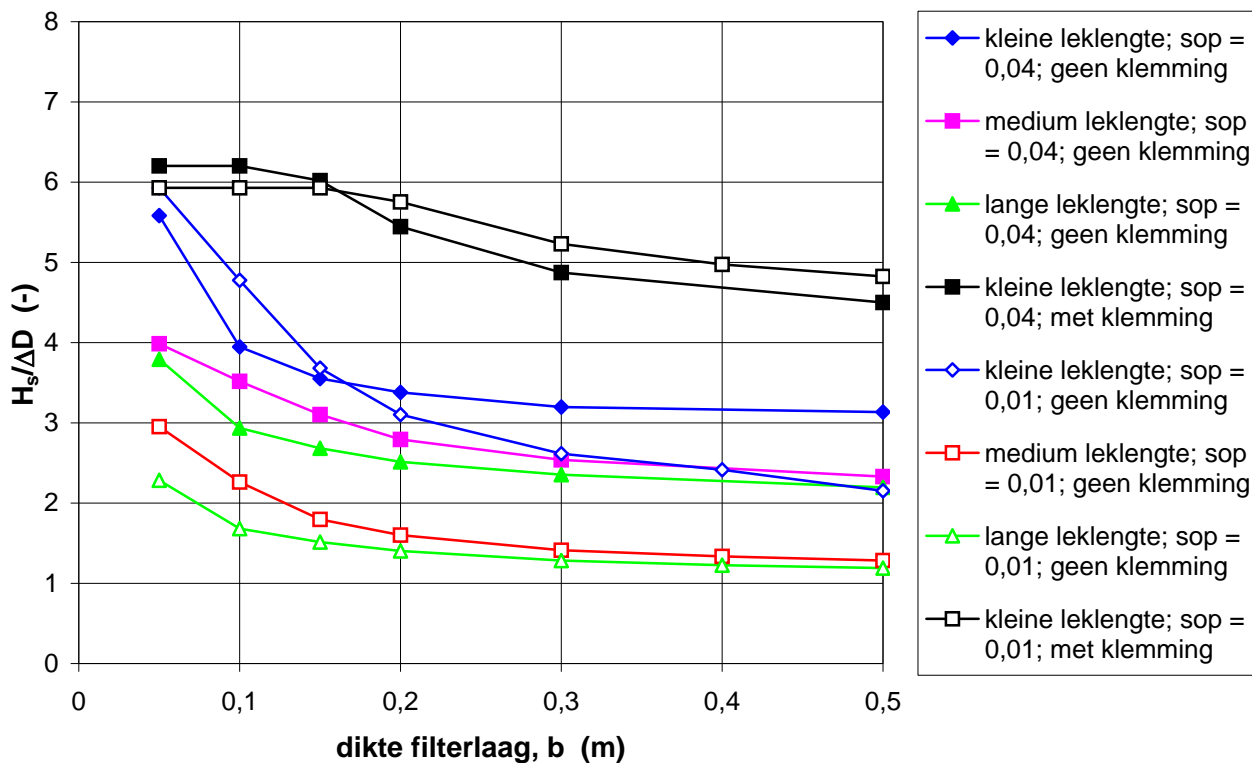
Boven: invloed niveau bovenste overgangsconstructie
Onder: invloed taludhelling

Steentoets2010
D = 30cm; talud 1:3,5

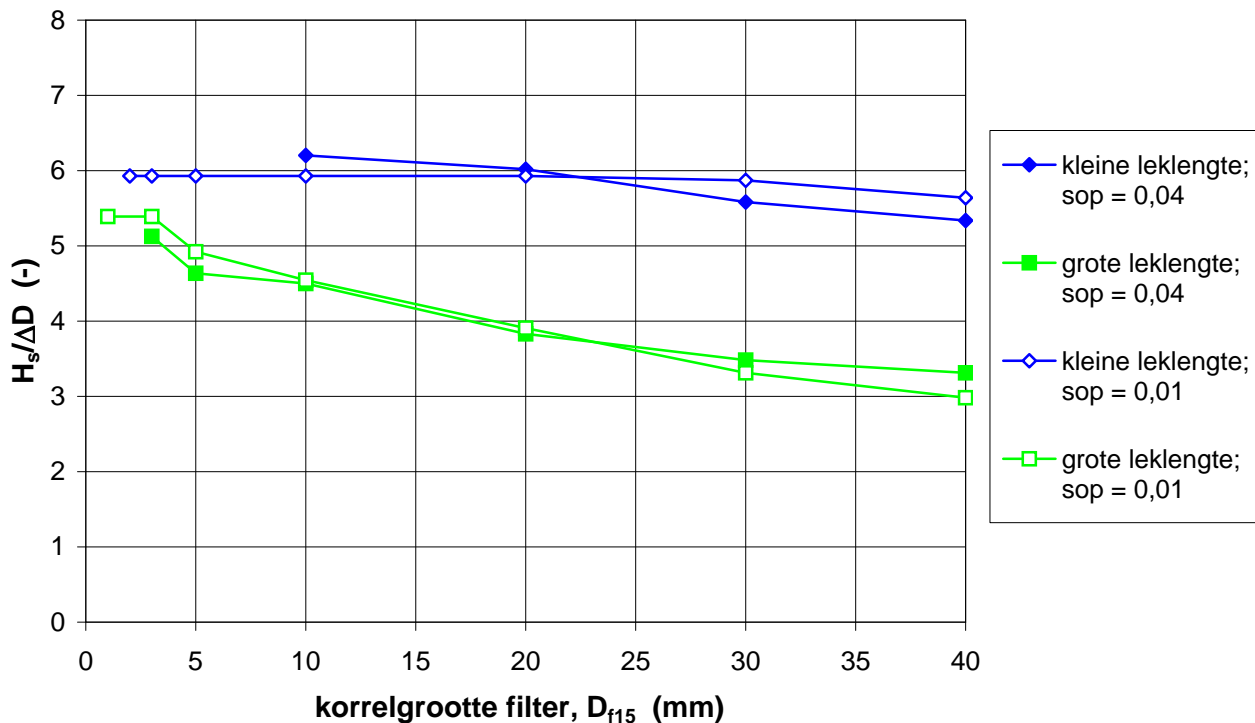


Invloed belastingduur (aantal golven)

Steentoets2010
D = 30cm; talud 1:3,5



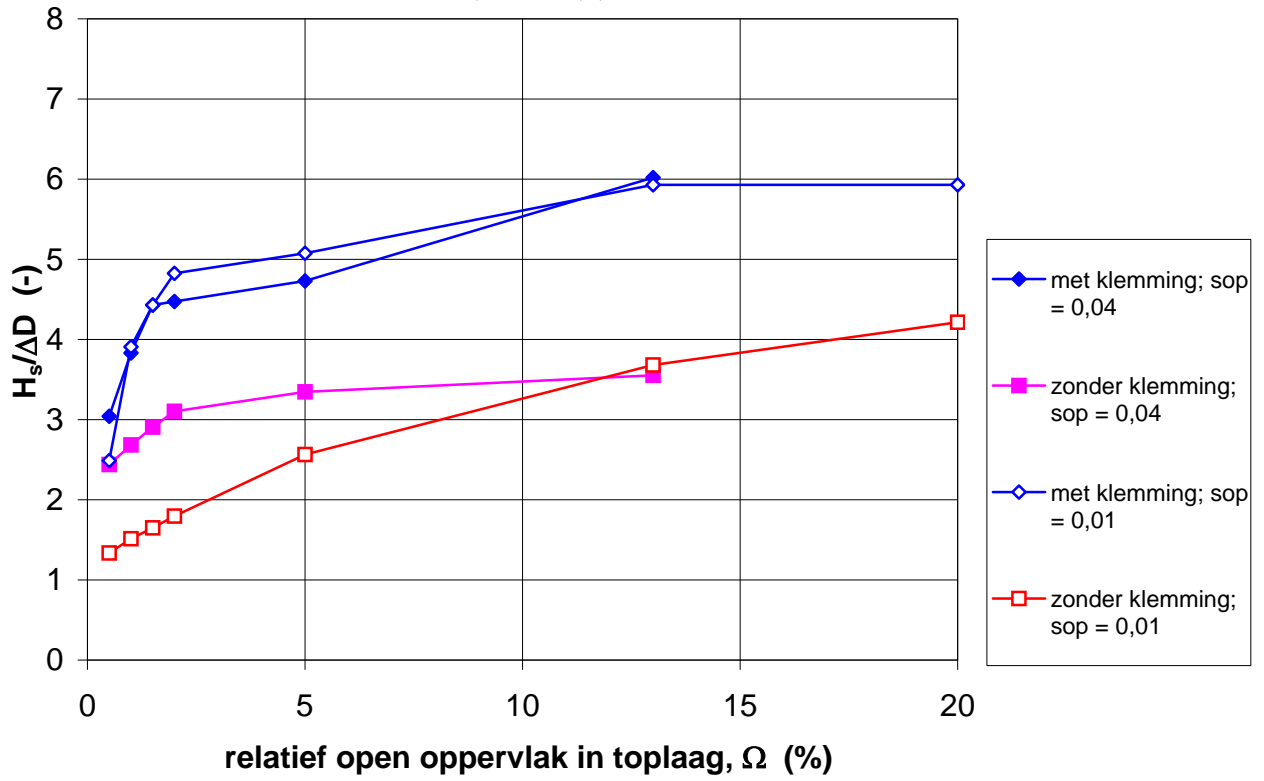
Steentoets2010
D = 30cm; talud 1:3,5; b = 15 cm; met klemming



Boven: invloed dikte filterlaag
Onder: invloed korrelgrootte filter (D_{f15})

Steentoets2010

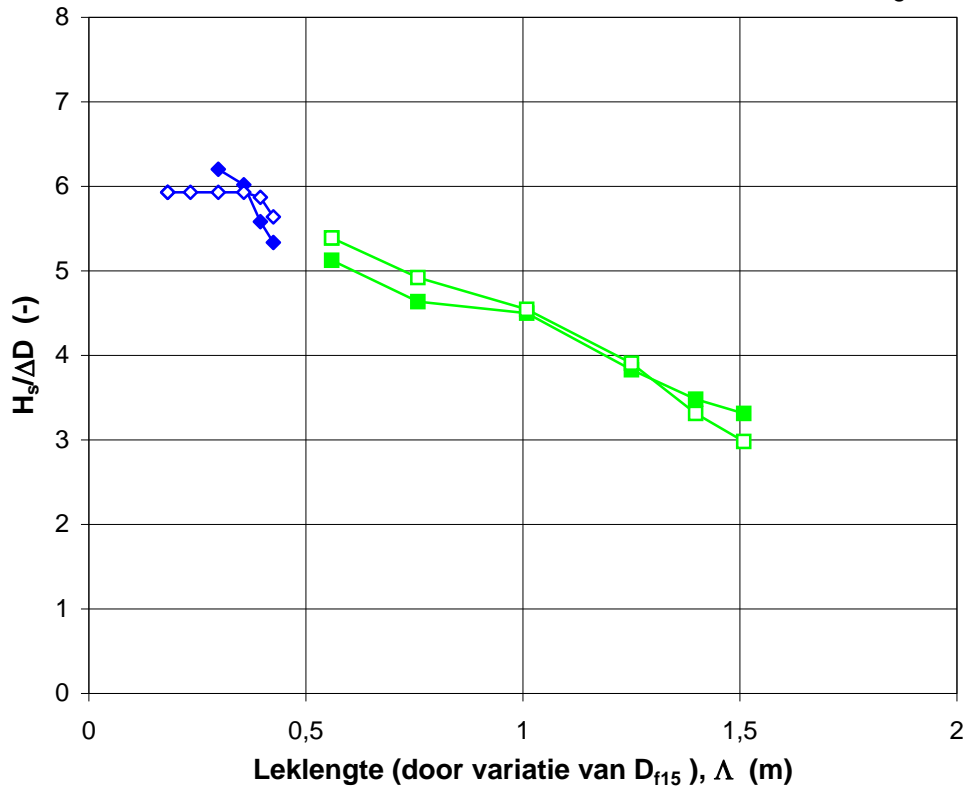
D = 30cm; talud 1:3,5; b = 15 cm



Invloed relatief open oppervlak in de toplaag (Ω)

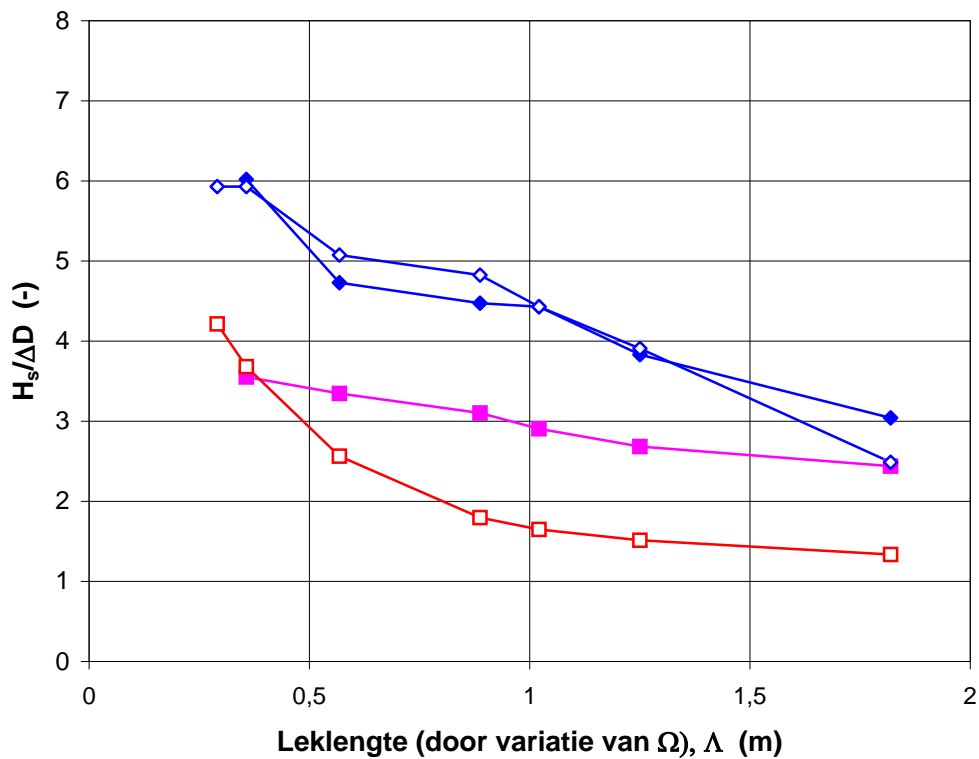
Steentoets2010

D = 30cm; talud 1:3,5; b = 15 cm; met klemming



Steentoets2010

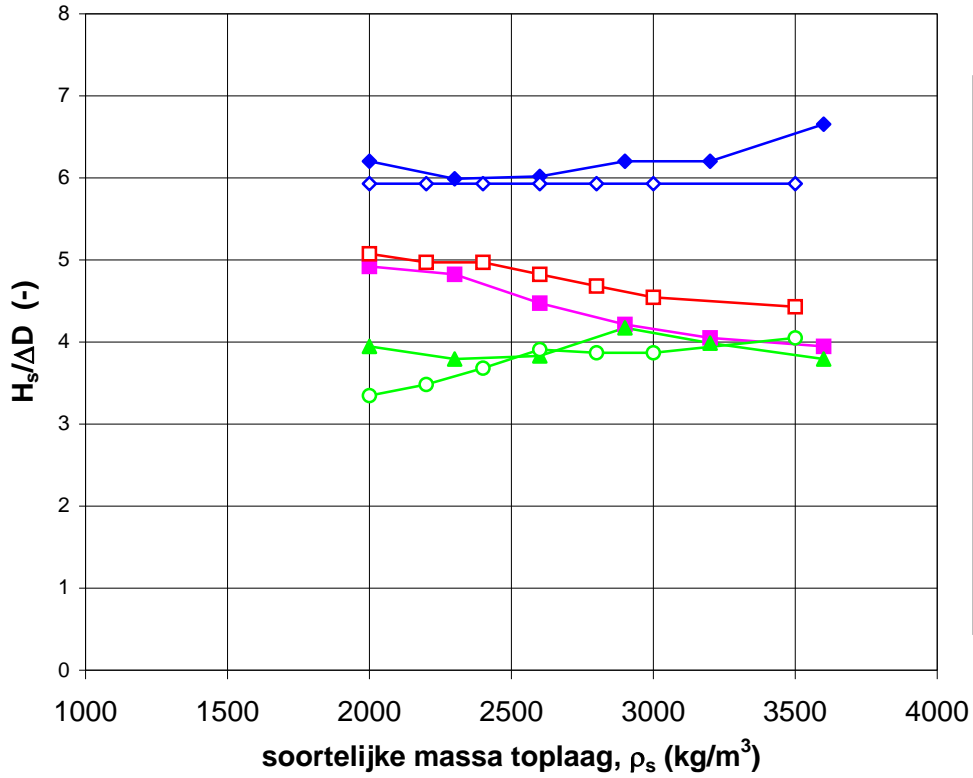
D = 30cm; talud 1:3,5; b = 15 cm



Invloed lek lengte (Λ), door variatie van:
korrelgrootte filter D_{f15} (boven) en open opp. toplaag Ω (onder)

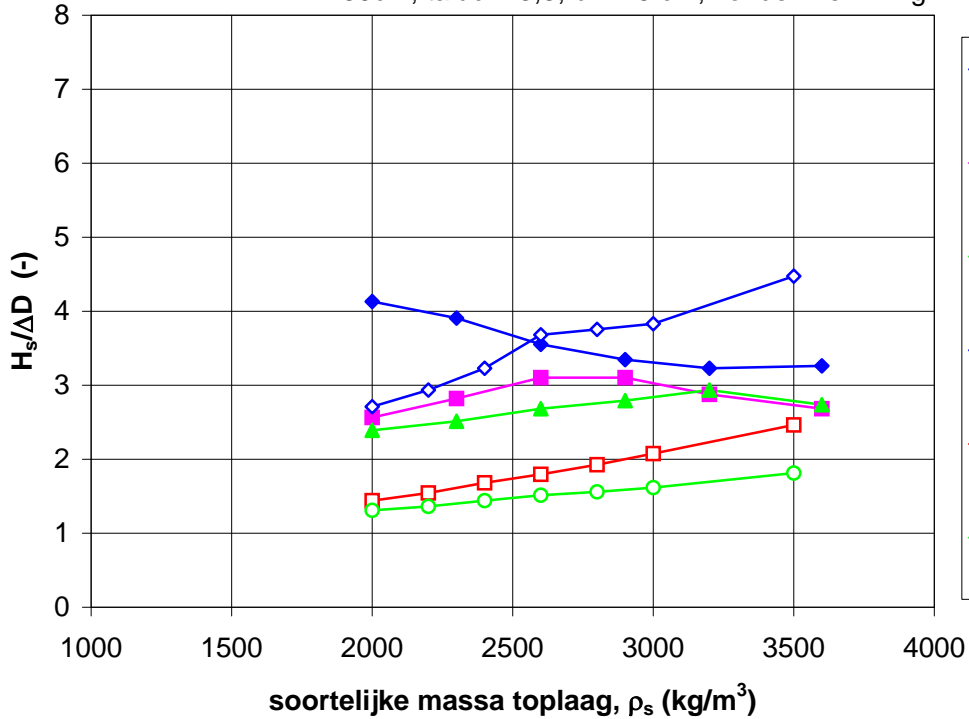
Steentoets2010

D = 30cm; talud 1:3,5; b = 15 cm; met klemming



Steentoets2010

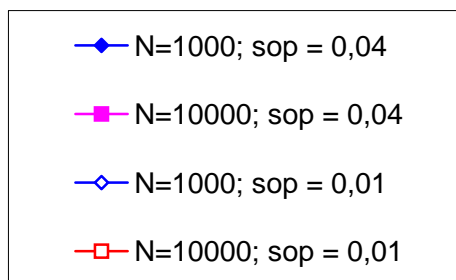
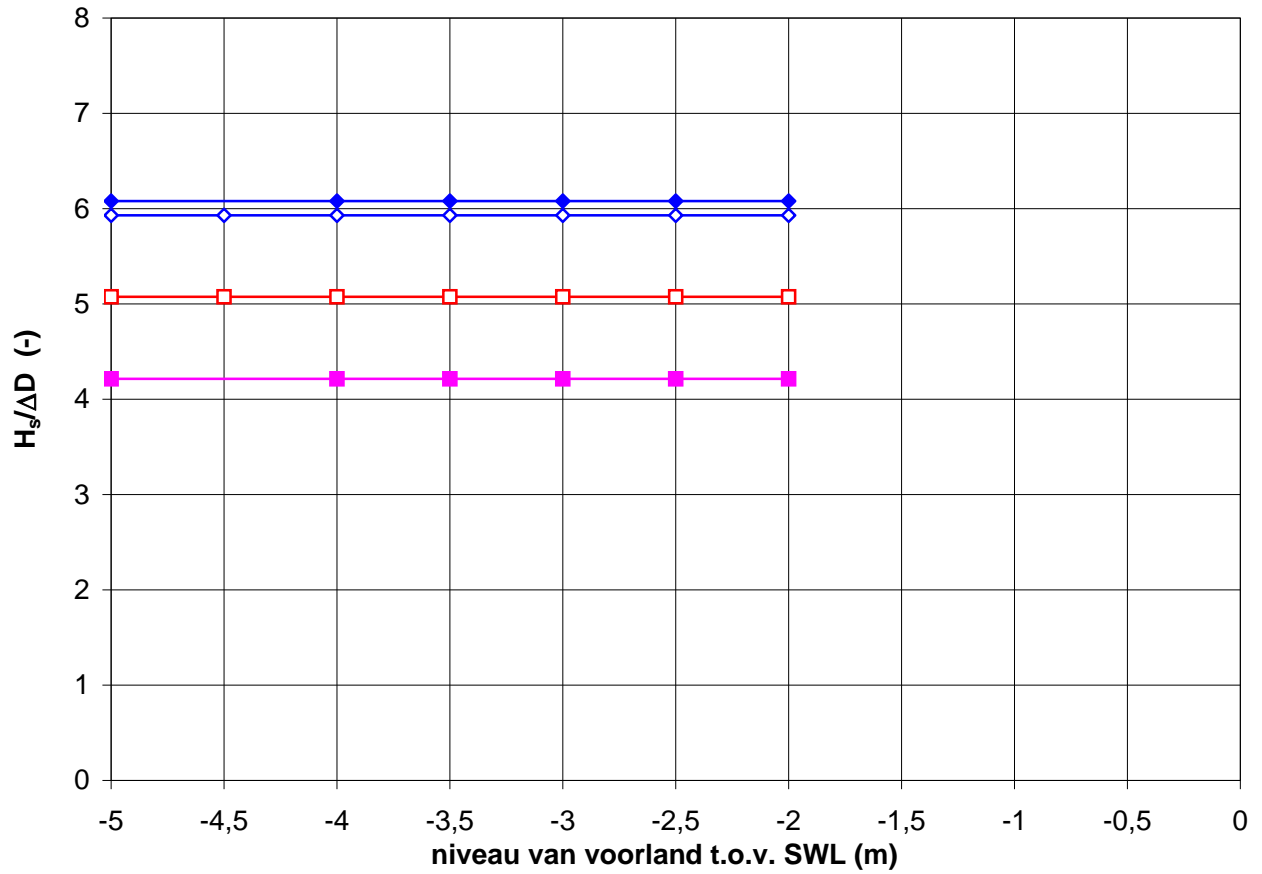
D = 30cm; talud 1:3,5; b = 15 cm; zonder klemming



Invloed soortelijke massa van de toplaag (ρ_s)
met klemming (boven) en zonder klemming (onder)

Steentoets2010

D = 30cm; talud 1:3,5; b = 15 cm; met klemming



H_s is respectievelijk 2,86, 2,00, 2,86 en 2,16 m

Invloed niveau van het voorland t.o.v. SWL		
Deltares	1204727-009	FIG. B.33