



Meten van drukrandvoorwaarden bij scheve golfaanval

Onderzoeksprogramma
Kennisleemtes Steenbekledingen

meetrapport
december 2003
H4330

WL | Delft Hydraulics

Decisive advice: from multidisciplinary
policy studies to design and technical
assistance on all water-related issues.

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



Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Directie Zeeland (PBZ)

Metten van drukrandvoorwaarden bij scheve golfaanval

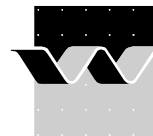
Onderzoeksprogramma:

Kennisleemtes steenbekledingen

C. Kuiper

Meetrapport

december 2003



OPDRACHTGEVER:	RWS Directie Zeeland Project Bureau Zeeweringen				
TITEL:	Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen Meten van drukrandvoorwaarden bij scheve golfaanval meetrapport				
SAMENVATTING:					
<p>In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen, in 2003 opgestart door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde, heeft voorliggend rapport betrekking op het deelonderzoek Scheve golfaanval, Deelplan 3.2'. Dit deelplan is een vervolg op Deelplan 3.1, bureaustudie naar scheve golfaanval.</p> <p>Op veel plaatsen langs de Nederlandse kust zijn de golven onder maatgevende condities minder steil dan de golven waarop voorgaande steenzettingsonderzoeken zich richtten.</p> <p>Met het kleinschalig 3D modelonderzoek beschreven in dit <i>meetrapport</i> zijn drukken gemeten op het talud ten gevolge van scheve golfaanval.</p> <p>De data is verkregen door uitvoering van 38 modelproeven met minimaal 1000 golven (Pierson Moskowitz) op een taludhellingen van 1:3 in Vinjé bassin van WL Delft Hydraulics. De proeven zijn uitgevoerd met 3 golfsteilheden en met zowel kort- als langkammige golven. De beschouwde golfrichtingen zijn 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 70° en 90° ten opzichte van de normaal van de dijk.</p> <p>Daarnaast zijn in dezelfde faciliteit 4 proeven uitgevoerd op het 1:3 talud met een dubbeltoppig TMA-spectrum. Gedurende deze proeven zijn de drukvariatië gemeten op 47 locaties op het talud, zodanig gekozen dat drukvariatië ten gevolge van zowel de golfsterkte als de golfklappen zo goed mogelijk gemeten konden worden.</p>					
REFERENTIES:	contract : ZL-5755 Projectbegeleider DWW : R. 't Hart Projectbegeleider PBZ : Y. Provoost				
VER.	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
1	C. Kuiper	27-11-2003	concept	M. Klein Breteler	W.M.K. Tilmans
2	C. Kuiper	01-12-2003	definitief	M. Klein Breteler	W.M.K. Tilmans
PROJECTNUMMER		H4330			
TREFWOORDEN:		steenzetting, golfaanval, dijken, drukmetingen, scheve golfaanval			
AANTAL BLADZIJDEN					
VERTROUWELIJK		<input type="checkbox"/> JA, tot (datum)		<input checked="" type="checkbox"/> NEE	
STATUS:		<input type="checkbox"/> VOORLOPIG		<input type="checkbox"/> CONCEPT	
		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF			

Inhoud

Lijst van Symbolen

Lijst van Tabellen

Lijst van Figuren

Lijst van Foto's

1	Inleiding	1
2	Modelopstelling	2
2.1	Beschrijving van de faciliteit	2
2.2	Talud	2
2.3	Instrumenten	3
2.3.1	Drukopnemers.....	3
2.3.2	Golfhoogte en golfrichting	6
2.4	Testprogramma	6
2.5	Golfschotsturing	7
3	Metingen	8
3.1	Golfcondities.....	8
3.2	Drukmetingen	9
3.3	Bemonsteringsfrequentie	9
4	Resultaten	11
4.1	Golfcondities.....	11
4.2	Drukken	13

Referenties

Appendices

A Tabellen

B Figuren

- C Foto's**
- D Overzicht van het onderzoeksprogramma “kennisleemtes steenbekledingen”**

Lijst van Symbolen

c	:	voortplantingsnelheid van de golven (m/s)
c_b	:	snellheid van het brekerfront evenwijdig aan de waterlijn (m/s)
d_k	:	diepte op het talud, t.o.v. de stilwaterlijn, waar het hart van de golfklap neerkomt in regelmatige golven (m)
f	:	frequentie van het meetsignaal (Hz)
g	:	versnelling van de zwaartekracht (m/s ²)
H	:	extreme golfhoogte in het golfveld, gedefinieerd als $H = 1.4H_s$
$H_{s,i}$:	inkomende significante golfhoogte; golfsignaal waar het gereflecteerde gedeelte is verwijderd (m)
H_{m0}	:	spectrale significante golfhoogte (m)
$H_{1/3}$:	significante golfhoogte uit het tijdsdomein; gemiddelde van de hoogste 1/3 deel van de gemeten golfhoogten (m)
m_n	:	n ^{de} moment van het energiedichtheidspectrum, oppervlak onder het energiedichtheidspectrum (m ²)
m_{0i}	:	moment van het inkomende energiedichtheidspectrum (m ²)
m_{0r}	:	moment van het gereflecteerde energiedichtheidspectrum (m ²)
r	:	reflectiecoëfficiënt bepaald door de golfrichtingspreidingsmeter (-)
$S(f)$:	spectrale dichtheid als functie van de frequentie (m ² /Hz)
s_{op}	:	golfsteilheid teruggerekend naar diep water condities (-)
t	:	tijd (s)
T_p	:	golfpiekperiode (frequentiedomein); de golfhoogte die behoort bij de piek van het energiedichtheidspectrum (s)
T_m	:	gemiddelde golfperiode bepaald uit het tijdsdomein (s)
$T_{m0,1}$:	gemiddelde golfperiode bepaald uit het frequentiedomein; $T_{m0,1} = m_0/m_1$ (s)
$T_{m-1,0}$:	gemiddelde golfperiode bepaald uit het frequentiedomein; $T_{m-1,0} = m_{-1}/m_0$ (s)
y	:	coördinaat evenwijdig aan de waterlijn (m)
y_i	:	locatie van raai met specifiek drukverloop op tijdstip t_i (m)
α	:	taludhelling (-)
β	:	voortplantingsrichting van de golven ten opzichte van de normaal op de dijk (0 is loodrechte golfaanval) (°)
ϕ	:	stijghoogte (m)

Lijst van Tabellen

In rapport

Tabel 2.1	Testprogramma van de proeven in het Vinjébassin
Tabel 4.1	Gemeten golfcondities
Tabel 4.2	Gemeten golfcondities voor de dubbeltoppige PM-spectra

In Bijlage 'Tabellen'

Tabel 1	Karakteristieken van de drukopnemers met positie
Tabel 2	Gemeten spectrale golfhoogte (H_{m0}) voor alle golfhoogtemeters
Tabel 3	Gemeten golfhoogte ($H_{1/3}$) uit de tijdserie voor alle golfhoogtemeters
Tabel 4	Gemeten gemiddelde golfperiode (T_m) voor alle golfhoogtemeters
Tabel 5	Gemeten golfpiekperiode (T_p) voor alle golfhoogtemeters
Tabel 6	Gemeten spectrale gemiddelde golfperiode ($T_{m0,1}$) voor alle golfhoogtemeters
Tabel 7	Gemeten spectrale gemiddelde golfperiode ($T_{m-1,0}$) voor alle golfhoogtemeters
Tabel 8	Gemeten inkomende golfcondities voor GRSM 1 en GRSM 2

Lijst van Figuren

In rapport

- Figuur 2.1 Constructie van de instrumentplaat in het talud
Figuur 2.2 Locatie brekerfront en golfklap ten opzichte van drukopnemers in de middelste raai

In Bijlage 'Figuren'

- Figuur 1 Overzichtstekening van het model in het Vinjébassin
Figuur 2 Detail tekening van de instrumentsectie
Figuur 3 Instrumentplaat met de plaats van de drukopnemers
Figuur 4 Dubbeltoppig spectrum
Figuur 5 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM01) voor Test T01 (0° langkammig; loodrechte golfaanval)
Figuur 6 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM01) voor Test T02 (0° kortkammig; loodrechte golfaanval)
Figuur 7 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM02) voor Test T17 (30° langkammig)
Figuur 8 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM02) voor Test T18 (30° kortkammig)
Figuur 9 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM02) voor Test T29 (50° langkammig)
Figuur 10 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM02) voor Test T30 (50° kortkammig)
Figuur 11 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM01) voor Test T35 (90° langkammig; strijkgolven)
Figuur 12 Gemeten golfrichting en golfrichtingspreiding (GRSM01) voor Test T36 (90° kortkammig; strijkgolven)

Lijst van Foto's

In Bijlage 'Foto's'

- Foto 1 Constructie tijdens de bouw
Foto 2 Constructie tijdens het golven

I Inleiding

Ingevolge de Wet op de Waterkering dienen steenzettingen op waterkeringen vijfjaarlijks getoetst te worden. In de praktijk kan aan veel steenzettingen geen definitief toetsoordeel toegekend worden wegens een gebrek aan wetenschappelijke kennis.

In 2003 is daarom door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen opgestart. Doel van dit programma is het reduceren van deze kennisleemtes teneinde te komen tot scherpere toetsregels en daarmee sneller en vaker tot definitieve toetsresultaten.

In het kader van dit onderzoeksprogramma heeft voorliggend rapport betrekking op het deelonderzoek 'Scheve golfaanval, Deelplan 3.2'. Dit deelplan is een vervolg op de bureaustudie die deel uit maakte van Deelplan 3.1. Het totale overzicht van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen, zoals bij aanvang van dat programma gepland was, is weergegeven in Bijlage D.

Met een brief (PZDT-B-03217 d.d. 26-09-2003) heeft Rijkswaterstaat, Directie Zeeland WL | Delft Hydraulics gevraagd een offerte in te dienen voor uitvoering van een aantal taken in het kader van dit onderzoeksprogramma. Op 10 oktober 2003 kreeg WL | Delft Hydraulics opdracht (contract ZL-5755) de volgende vijf deelonderzoeken uit te voeren:

- A. Golfaanval met grote golfperiode;
- B. Stabiliteit van basalt;
- C. Golfklappen;
- D. Invloed van scheve golfaanval;
- E. Verificatie van ZSTEEN.

Dit rapport beschrijft de resultaten van onderdeel D van het onderzoek.

Voor dit project zijn 3D modelproeven uitgevoerd in het multi-directionele Vinjé bassin van WL | Delft Hydraulics, die gericht waren op het meten van de golfdrukken op een talud tijdens scheve golfaanval. Er zijn proeven uitgevoerd voor drie golfsteilheden en 8 richtingen voor zowel kort- als langkammige golven. Het talud bestond uit een 12.5 m lang 1:3 talud waarin 47 drukopnemers bevestigd waren. De proeven zijn uitgevoerd in november 2003.

Dit rapport beschrijft de meetopstelling, het testprogramma en de resultaten. De analyse maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. De meetfiles zullen in een later stadium gebruikt worden voor het bepalen van de richtingsinvloed.

2 Modelopstelling

2.1 Beschrijving van de faciliteit

De proeven zijn uitgevoerd in het multi-directionele golfbassin van WL | Delft Hydraulics. Met dit bassin is het mogelijk zowel regelmatige/monochromatische golven als onregelmatige golven op te wekken in relatief ondiep water. Deze golven kunnen gemaakt worden voor hoeken die liggen tussen 60° en -60° ten opzichte van de normaal van het golfschot, waarbij de golffronten allemaal uit 1 richting komen (lang-kammig), maar ook golven die onder verschillende richtingen aankomen (kort-kammig).

Het golfschot van het bassin heeft een breedte van 26.4 m en bestaat uit 80 losse schotjes die onafhankelijk van elkaar kunnen bewegen met een translerende beweging. De aansturing van de golfschotten wordt verzorgd door een on-line computer en data acquisitie systeem. Met dit systeem is het mogelijk elk gewenst spectrum te genereren, zowel standaard spectra als een Pierson-Moskovitz spectrum als zogenaamde voorgeschreven spectra of tijdsignalen (bijvoorbeeld dubbeltoppige spectra). Tevens zorgt dit on-line computer systeem voor het juist werken van de reflectie compensatie, ARC (Active Reflection Compensation). De ARC zorgt ervoor dat gereflecteerde golven, die zich richting het golfschot bewegen, worden gemeten op het golfschot en dat de beweging van het golfschot wordt gecompenseerd voor deze gereflecteerde golven. Op deze manier wordt voorkomen dat deze gereflecteerde golven weer terug reflecteren het model in. De maximale waterdiepte bedraagt $h = 0.75$ m.

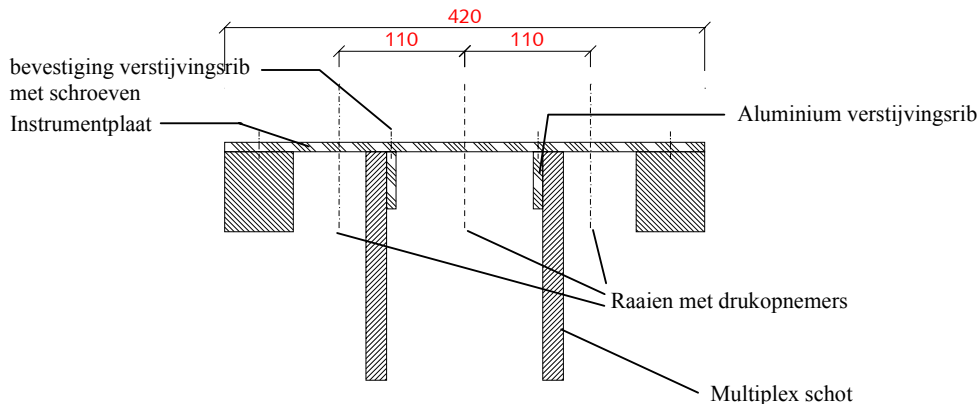
Naast de reflectiecompensatie is in de uitgevoerde tests gebruik gemaakt van tweede orde golfschotsturing (Klopman e.a. 1990; Van Leeuwen e.a. 1996 en Van Dongeren e.a. 2001). Dit houdt in dat de tweede orde effecten van de eerste hogere en lagere harmonische van het golfveld ook worden meegenomen bij het aansturen van het golfschot. Het meenemen van de 2^{de} orde effecten is van belang bij het genereren van golfgroepen zoals die in werkelijkheid ook voorkomen.

2.2 Talud

Het dijktalud dat gebouwd is in het Vinjé-bassin had een helling van 1:3. Er is gekozen voor een relatief steil talud omdat zo het gebied waar de golfklap optreedt relatief klein is, zodat een relatief klein gebied geïnstrumenteerd hoeft te worden.

Het talud is opgebouwd uit een kern van steenslag die afgesmeerd is met circa 5 cm cement mortel. De lengteas van de constructie maakt een hoek van 30° ten opzichte van het golfschot. Een tekening van het model in het bassin is weergegeven in Figuur 1 van Bijlage 'Figuren'. Het talud ligt met het ene uiteinde tegen de zijwand van het bassin. Het andere uiteinde is voorzien van een 'kop' van steenslag bedekt met kubussen om verstoring van het golfbeeld aan het einde van de constructie te minimaliseren. Deze kubussen zijn geplaatst om te voorkomen dat de steenslag weg zou kunnen spoelen. In het talud zijn drukopnemers ingebouwd in een 8.3 mm dikke aluminium plaat met afmetingen 420 x 1100 mm. Om eventuele trillingen van deze plaat te voorkomen zijn in de lengte richting twee aluminium

verstijvingsribben geschroefd, zoals schematisch weergegeven in onderstaande figuur. Tevens is de instrumentplaat ondersteund en vastgeschroefd op 2 schotten van multiplex die op de bassinbodem zijn bevestigd. Tussen deze schotten is de ruimte opgevuld met steenslag. Een detailtekening van de instrumentsectie is weergegeven in Figuur 2 in Bijlage 'Figuren'.



Figuur 2.1 Constructie van de instrumentplaat in het talud

In Foto 1 in Bijlage 'Foto's' geeft een impressie van de constructie tijdens de bouw.

2.3 Instrumenten

2.3.1 Drukopnemers

Voor het bepalen van de invloed van scheve golfaanval en het analyseren van de golfklap is gebruik gemaakt van 47 drukopnemers die geplaatst zijn in 3 evenwijdige raaien. De drie raaien hebben een onderlinge afstand van 0.11 m, waarbij de middelste raai het dichtst geïstrumenteerd is. De middelste raai bevindt zich 4.5 m vanaf het uiteinde van de constructie (dit is ongeveer 6.5 m vanaf de wand van het bassin, gemeten langs het talud op de waterlijn). De tekening van de instrumentplaat met de locatie van de drukopnemers is weergegeven in Figuur 3 in Bijlage 'Figuren'. De locatie van de instrumentplaat in het talud is weergegeven in Figuur 1 in Bijlage 'Figuren'. Tevens zijn de X, Y en Z-positie van de drukopnemers weergegeven in Tabel 1 in Bijlage 'Tabellen', hierbij is $X = 0$ de teen van de constructie. De $Y = 0$ is het hart van de middelste raai drukopnemers, gekeken vanaf het golfschot. $Z = 0$ is de vloer van het model. Alle coördinaten zijn bepaald in het hart van de opnemer.

De drukopnemers zijn op een voldoende grote afstand van het einde van de dijk in het talud geplaatst. Dit is vooraf berekend door het traject van de golfoploop en golfneerloop te schatten voor die golven die nog net zonder wandeffecten rechts op het talud breken (gezien vanaf het golfschot). Het is van belang dat de golfneerloop, in het gebied waar de drukopnemers zijn geplaatst, niet verstoord is door wandeffecten op de locatie waar de golf breekt en begint aan zijn golfoploop. Uit de berekeningen is gebleken dat het rechter

uiteinde van het talud tenminste 3 m verwijderd moet zijn van de locatie van de drukopnemers.

Op basis van ervaring met metingen in het Vinjébassin is geschat dat het linker uiteinde van de dijk minstens 1 à 2 meter van de drukopnemers verwijderd moet zijn. De modelopstelling voldoet hier ruimschoots aan.

De onderlinge afstand tussen de raaien is bepaald op basis van de wens om drukgradiënten evenwijdig aan de waterlijn te kunnen meten en op basis van berekeningen van de snelheid waarmee het brekerfront bij scheve golfaanval langs de dijk raast. Voor het nauwkeurig meten van de drukgradiënten zouden de raaien zeer dicht bij elkaar geplaatst moeten worden. Het is echter mogelijk om gebruik te maken van de drukgradiënten in de tijd, als aangenomen kan worden dat de golfkammen over een kleine lengte recht zijn. Aannemende dat dit het geval is, dan geldt dat wat op een gegeven moment op de ene locatie gebeurt, even later iets links van die locatie gebeurt (gezien vanuit het golfschot): als op $y = y_1$ en $t = t_1$ een golfklap op het talud komt, dan komt dezelfde golfklap ook op $y = y_2$ en $t = t_2$ op het talud, mits y_1 en y_2 niet te ver uit elkaar liggen (hooguit enkele golfhoogten: $(y_1 - y_2)/H_s < 2$ à 5). Er geldt dan:

$$t_1 - t_2 = (y_1 - y_2)/c_b$$
$$\partial\phi/\partial x = (\partial\phi/\partial y)/c_b$$

met:

- y : coördinaat evenwijdig aan de waterlijn (m)
- y_1 : locatie van raai met specifiek drukverloop op $t = t_1$ (m)
- y_2 : locatie van raai met zelfde drukverloop als op raai 1, maar dan op $t = t_2$ (m)
- t : tijd (s)
- c_b : snelheid van het brekerfront evenwijdig aan de waterlijn (m/s)

De snelheid van het brekerfront evenwijdig aan de waterlijn is evenredig met de voortplantingsnelheid van de golven:

$$c_b = c/\sin\beta$$

met:

- c : voortplantingsnelheid van de golven (m/s)
- β : voortplantingsrichting van de golven ten opzichte van de normaal op de dijk (0 is loodrechte golfaanval) (°)

De voortplantingsnelheid van de golven in het Vinjébassin is ongeveer 2.5 m/s. Dit betekent dat de voortplantingsnelheid van het brekerfront langs de waterlijn bij een golfvalshoek van $\beta = 40^\circ$ ongeveer gelijk is aan 4 m/s. Dit zijn gemiddelde waarden voor het hele proevenprogramma. Uit het verleden is bekend dat het golf front op kleine schaal ongeveer gedurende 0.1 à 0.3 s aanwezig is, en dat de golfklap orde 0.05 à 0.1 s duurt. Tijdens deze gebeurtenissen verschuift het brekerfront dus orde 0.5 à 1 m langs de waterlijn.

Met dit voorbeeld in gedachten wordt duidelijk dat interessante gebeurtenissen, zoals de aanwezigheid van een golf front of golfklap, zich uitstrekken over een lengte van vele decimeters langs de waterlijn. Door nu de raaien met drukopnemers orde 1 decimeter uit elkaar te plaatsen, kunnen gradiënten voldoende nauwkeurig gemeten worden. Zeer lokale

gradiënten kunnen gemeten worden door met bovenstaande formules de gradiënten in de tijd om te rekenen naar gradiënten in de plaats.

Uiteindelijk is ervoor gekozen de raaien 11 cm uit elkaar te plaatsen. De metingen in de drie raaien kunnen ook gebruikt worden om bovenstaande formules te verifiëren.

Voor de plaatsing van de drukopnemers op het talud is als uitgangspunt de beschikbaarheid van het aantal drukopnemers genomen. Er waren in totaal 47 drukopnemers beschikbaar ten tijde van dit onderzoek. Vervolgens is rekening gehouden met het feit dat STEENZET3D alleen goed werkt als ook drukregistraties in de oploophoek beschikbaar zijn. Daarom is 1 drukopnemer boven de waterlijn geplaatst, waardoor nog 46 drukopnemers beschikbaar waren voor de zone waarin de golven breken (onder de waterlijn).

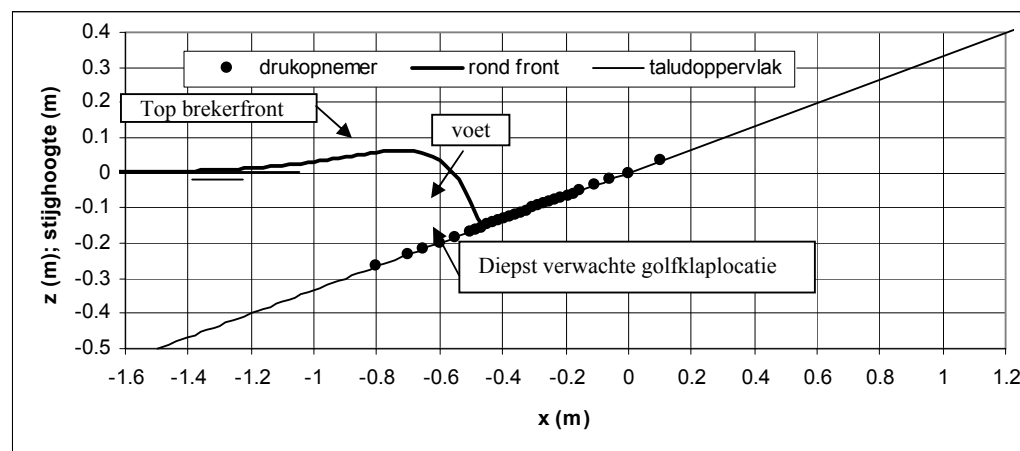
Deze drukopnemers zijn verdeeld over de drie raaien in het gebied tussen de verwachte locatie van de top van het brekerfront en de waterlijn. Er is gekozen om 9 drukopnemers in de linker en in de rechter raai te plaatsen, zodat er nog 29 overbleven voor de middelste raai, waarvan er 1 boven water is geplaatst.

De locatie van de top van het brekerfront en die van de voet van het brekerfront zijn voor het gehele proevenprogramma geschat op basis van de formules uit Klein Breteler e.a. (1992) (recht front, zoals dat is opgenomen in ANAMOS) en De Waal e.a. (1995) (rond front). In beide gevallen is de aandacht geconcentreerd op het extreme brekerfront bij $H = 1.4H_s$ (recht front) en die met een overschrijdingsfrequentie van 2% (rond front). Ter plaatse van de voet van het brekerfront en in de zone waar de golfklap te verwachten is, zijn de drukopnemers wat dichter bij elkaar gezet. De locatie van de golfklap is gebaseerd op de volgende formule voor regelmatige golven (Coeveld 2003):

$$d_k/H_s = 0.3 \xi_{op}^{1.25} \quad \text{mits } \xi_{op} < 3$$

d_k : diepte op het talud, t.o.v. de stilwaterlijn, waar het hart van de golfklap neerkomt in regelmatige golven (m)

Deze formule is gebruikt voor de extreme golven in het golfveld: $H = 1.4H_s$.



Figuur 2.2 Locatie brekerfront en golfklap ten opzichte van drukopnemers in de middelste raai

Uit berekeningen is gebleken dat voor $H_s = 0.11$ m en $T_p = 2.6$ s ($s_{op} = 0.01$) het brekerfront het diepste komt. Bij elke proef die wordt uitgevoerd met andere golfcondities wordt echter weer een andere locatie van de top van het brekerfront, de voet van het brekerfront en de locatie van de golfklap gevonden. Wel zal de afstand tussen de top van het brekerfront en de locatie van de golfklap in al deze proeven kleiner zijn. Daarom is op grond van bovenstaande condities de instrumentatie zo uitgelegd, dat bij alle uitgevoerde proeven het hele brekerproces met de drukopnemers geregistreerd kon worden. Wel bleek het nodig te zijn om de waterstand geregeld aan te passen, zodanig dat het brekerproces goed bij de drukopnemers plaatsvond.

In Figuur 2.2 is het resultaat van de berekening met bovenstaande golfcondities gegeven, en zijn de gekozen locaties van de drukopnemers in de middelste raai getekend. De drukopnemers in de linker en de rechter raai zijn geplaatst in de zone waar in de middelste raai de onderlinge afstand tussen de drukopnemers het kleinst was, omdat dit het meest interessante gebied is (zie ook Figuur 3 in Bijlage 'Figuren')

Een additioneel probleem in de voorbereidingen was dat de beschikbare formules niet geldig zijn voor scheef invallende golven. Om toch een schatting te krijgen van wat er te verwachten was, zijn de formules toch gebruikt. Steeds is bij de proeven visueel gecontroleerd of de golfklappen in het gebied van de instrumentatie plaatsvonden. Als dit niet het geval was, is de proef met een andere waterstand over gedaan.

De gebruikte drukopnemers zijn niet allemaal van hetzelfde type vanwege beperkte beschikbaarheid, zie Tabel A1. In de opstelling zaten drie typen: Kulite, Druck type PDCR42 en Druck PDCR10. De meters hebben een bereik van -10V tot +10V, wat met de ingestelde 20 mbar/V overeenkomt met een bereik van -200mbar tot +200mbar t.o.v. de gemiddelde waterstand (± 2 m waterkolom). De invloed van het gebruik van verschillende drukopnemers op het resultaat van de proeven wordt verwaarloosbaar klein geschat. De calibratie is uitgevoerd voordat ze ingebouwd zijn in het talud. Nadat de drukopnemers geïnstalleerd zijn in het model, zijn de calibratie en de aansluitingen getest door het bassin te vullen en de aflezing van elk instrument te controleren.

2.3.2 Golfhoogte en golfrichting

In het model zijn 7 golfhoogtemeters (GHM) en 2 golfrichtingsspreidingsmeters (GRSM) geplaatst om de golfvoortplanting en de richting(spreiding) van de opgewekte golven in het model te meten. De GHM's en GRSM's bevatten twee elektrodestaven die de oppervlakte uitwijking van het water meten door het bepalen van de weerstand tussen de elektrodes. De betrouwbaarheid van de golfhoogtemeters is bepaald op +/-2%. De voortplantingsrichting van de golven wordt bepaald met de GRSM die ook de watersnelheid in 2 richtingen meet met behulp van een EMS in de x-richting en de y-richting. De positie van de GHM's en de GRSM's is weergegeven in Figuur 1 in Bijlage 'Figuren'.

2.4 Testprogramma

Alle proeven zijn uitgevoerd met een standaard PM-spectrum ($\gamma = 1.0$), met circa 1000 golven. Dit aantal golven is voldoende om het gemeten spectrum goed te kunnen analyseren. Aanvullend zijn 4 proeven gedaan met een dubbeltoppig TMA-spectrum,

waarbij de verhouding tussen de tweede en de eerste piek $T_{p2}/T_{p1} = 0.4$ is. Dit is een spectrum dat ook waargenomen kan worden voor de Nederlandse kust. Een voorbeeld van het gebruikte dubbeltoppige spectrum is weergegeven in Figuur 4 in Bijlage ‘Figuren’.

De proeven zijn uitgevoerd voor de golfrichtingen 0° (loodrechte golfaanval), 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 70° en 90° (strijkgolven). Per richting zijn een proef met langkammige en een proef met kortkammige golven gedaan, waarbij de proef met kortkammige golven is uitgevoerd met een richtingspreidingcoëfficiënt van $\cos^5(\beta)$ (energiedichtheidsfunctie) (gangbaar voor stormsituaties). Daarnaast is de golfsteilheid gevarieerd. De beschouwde golfsteilheden zijn $s_{op} = 0.01$, $s_{op} = 0.02$ en $s_{op} = 0.04$.

De waterstand is tijdens de proeven zo gekozen dat de grootste golfklappen precies op de instrumentplaat terecht kwamen. Het testprogramma is in het kort weergegeven in Tabel 2.1.

Golfrichting t.o.v. normaal	$s_{op} = 0.01$		$s_{op} = 0.02$		$s_{op} = 0.04$	
	langkammig	kortkammig	langkammig	kortkammig	langkammig	kortkammig
0° (loodrecht)	x	x	x	x	x	x
10°			x	x	x	x
20°			x	x	x	x
30°	x	x	x	x	x	x
40°			x	x	x	x
50°	x	x	x	x	x	x
70°			x	x	x	x
90° (strijkgolven)			x	x	x	x

Tabel 2.1 Testprogramma van de proeven in het Vinjé bassin

2.5 Golfschotsturing

Alle testen, met uitzondering van de 30° ten opzichte van de constructie, zijn uitgevoerd met de Dalrymple-methode. Deze methode maakt gebruik van de golfreflectie tegen de zijwanden van het bassin. Dit is nodig om ook de zeer scheve golfaanval te kunnen realiseren. De Dalrymple-methode vergroot de effectieve lengte van het golfschot. Als gevolg van de beperkte lengte van het golfschot bevinden zich schaduwgebieden in het bassin, waar het golfveld afwijkt van het gewenste golfveld. Dit kan opgelost worden door golven via de zijmuren het bassin in te laten lopen. De ‘Side Wall Reflection method’ gebaseerd op de theorie van Dalrymple (1989) houdt rekening met de lineaire refractie, shoaling en diffractie en maakt gebruik van de reflecties van de zijwanden van het bassin om de gewenste golfcondities te genereren op een gespecificeerde locatie. Voor deze proeven is gekozen voor een afstand van 8.5 m vanaf de middenstand van het golfschot. Deze afstand komt ongeveer overeen met de waterstand op de constructie ter hoogte van de rechter reflectiewand (gekeken vanaf het golfschot). Voor de golfrichting 30° is geen gebruik gemaakt van de Dalrymple-methode, omdat voor deze richting het golfschot golven loodrecht van het golfschot uitstuurde.

Voor de langkammige golven zijn metalen golfdempers aangebracht tegen de linker bassinwand, omdat ongewenste reflecties te voorkomen (zie Figuur 1). Voor de proeven met kortkammige golven zijn deze dempers verwijderd, omdat de Dalrymple-methode dan deze wand nodig heeft voor de reflectie.

3 Metingen

3.1 Golfcondities

Voor het analyseren van de gerealiseerde golfcondities is gebruik gemaakt van de tijdseries van de gemeten golven (tijdsdomein) als ook de gemeten energie dichtheidspectra (frequentiedomein). Deze analyse is gedaan voor alle 7 GHM's en de 2 GRSM's.

De gemeten golfhoogte is in dit onderzoek gekarakteriseerd door de significante golfhoogte, $H_{1/3}$, en een extreme golfhoogte die door 2% van de inkomende golven wordt overschreden, $H_{2\%}$. Beide golfhoogtes zijn gebaseerd op de analyse op de tijdsignalen. Daarnaast is de spectrale significante golfhoogte, H_{m0} , bepaald door analyse van het gemeten spectrum. Op basis van de GRSM's is een reflectiecoëfficiënt bepaald. Deze reflectiecoëfficiënt is gebruikt om de inkomende golf te kunnen scheiden van de gereflecteerde. De inkomende golfhoogte is bepaald op basis van Vergelijking 3.1.

$$H_{si} = \frac{H_s}{\sqrt{1+r^2}} \quad (3.1)$$

De golfhoogtes, die in Hoofdstuk 4 vermeld staan, zijn de inkomende golfhoogten.

De beschouwde golfperioden kunnen wederom onderverdeeld worden in golfperiode die bepaald zijn op basis van de tijdseries en op basis van een spectrale analyse. De tijdserie analyse levert een gemiddelde periode op, T_m .

Analyse van de gemeten spectra levert een golfpiekperiode, T_p . Deze golfperiode is de golfperiode die behoort bij de frequentie waarbij het maximum optreedt in het energiedichtheidspectrum. Andere golfperioden bepaald op basis van de spectrale analyse zijn gebaseerd op de momenten van de gemeten energie dichtheidspectra. Het bepalen van de momenten gebeurt aan de hand van Formulering 3.2.

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n \cdot S(f) \cdot df \quad , \quad n = \dots -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, \dots \quad (3.2)$$

waarin m_n het n -de moment van het dichtheidspectrum is ($m^2 s^{n-1}$), f de frequentie (Hz) en S de spectrale dichtheid (m^2/Hz). De negatieve momenten leiden tot een golfperiode waarin de lage frequenties een relatief groot aandeel hebben in vergelijking tot de hogere frequenties, terwijl de positieve momenten juist een relatief groter aandeel hebben voor de hogere frequenties.

Voor de golfoploop en -overslag zijn vooral de lange golfperioden (lage frequenties) relatief belangrijk, terwijl de golfklap vooral voorkomt bij de kortere golfperiodes. De golfperioden die in dit onderzoek zijn gerapporteerd, zijn:

$$T_{m0,1} = \frac{m_0}{m_1}, \quad T_{m-1,0} = \frac{m_{-1}}{m_0} \quad (3.3)$$

In Foto 2 in Bijlage ‘Foto’s’ zijn foto’s weergegeven van de constructie tijdens het golven.

3.2 Drukmetingen

In dit rapport is geen analyse gegeven van de drukregistraties. De tijdseries van de drukregistraties zijn bijgeleverd op een CD-rom. Aangezien het hier om grote meetbestanden gaat is het ongefilterde meetsignaal van 2000 Hz gefilterd met laagdoorlaatfilter, waar frequenties hoger dan 50 Hz zijn uitgefilterd. Vervolgens is het signaal uitgedund, zodat een 100 Hz signaal overblijft. De keuze van de bemonsteringsfrequentie en de methode is nader toegelicht in Paragraaf 3.3.

3.3 Bemonsteringsfrequentie

De bemonsteringsfrequentie tijdens de proeven is bepalend voor de mate van detail waarmee tijdelijke drukvariaties kunnen worden gemeten. Vooral golfklappen duren bijzonder kort. Hoewel de golfklappen op deze kleine schaal beïnvloed worden door ongewenste schaaleffecten, is de bemonsteringsfrequentie toch zo gekozen dat ook golfklappen tot in detail gemeten worden. Op kleine schaal is de piekdruk tijdens de golfklap te groot en is de duur van de golfklap te kort, maar er wordt aangenomen dat de totale impuls van een golfklap wel goed op schaal wordt weergegeven. Het is denkbaar dat die impuls belangrijk is voor de stabiliteit van steenzettingen.

Het allerhoogste drukpiekje tijdens een extreme golfklap duurt bijzonder kort, orde 0,1 ms. Dit allerhoogste drukpiekje hoeft niet gemeten te worden, omdat deze metingen gebruikt worden voor een beoordeling van de stabiliteit van steenzettingen. De blokken in een steenzetting hebben een zodanige traagheid dat ze niet reageren op dergelijke korte piekjes. In overleg met de opdrachtgever is vastgesteld dat een bemonsteringsfrequentie van 400 Hz voor deze proeven ruim voldoende is.

Teneinde ‘aliasing’ te voorkomen is het noodzakelijk om te filteren met een laagdoorlaatfilter op een frequentie gelijk aan de helft van de bemonsteringsfrequentie. Dit is in dit geval 200 Hz. In het verleden werd hiervoor een analoog filter gebruikt dat tussen de drukopnemers en de computer was geschakeld. Een van de problemen daarbij is dat een dergelijk analoog filter niet alleen de hoge frequenties onderdrukt, maar ook een faseverschuiving geeft bij de lage frequenties. Naarmate er een hogere orde filter wordt gebruikt (met een steilere karakteristiek, waardoor het signaal boven de 200 Hz beter wordt gefilterd), wordt ook de ongewenste faseverschuiving groter.

Dit probleem is voor de huidige proeven op een nieuwe manier aangepakt. Er is met een lage orde filter gefilterd op 1 kHz en vervolgens is er op 2 kHz bemonsterd. Deze signalen zijn opgeslagen voor toekomstig gebruik. Tevens zijn deze signalen digitaal bewerkt. Voor dit onderzoek zijn ASCII bestanden opgeleverd, waarvan de signalen digitaal gefilterd zijn met een lage orde filter, dat echter geen faseverschuiving geeft, op 50 Hz, en vervolgens is het signaal uitgedund tot 100 Hz.

Voor de uitwerking van de golfhoogte en golfrichting is het niet nodig te bemonsteren met een 2000 Hz bemonsteringsfrequentie. Dit levert tevens onnodig grote files op. Daarom is

gekozen om de GHM's en de GRSM's los van de drukopnemers te bemonsteren met een bemonsteringsfrequentie van 25 Hz met een laagdoorlaterfilter op 12.5 Hz. Deze bemonsteringsfrequentie is voldoende voor een correcte uitwerking van de golfcondities.

4 Resultaten

4.1 Golfcondities

De meeste proeven zijn uitgevoerd met een enkeltoppig PM-spectrum. In Tabel 4.1 zijn de gemeten golfcondities voor deze enkeltoppige spectra weergegeven. Alle inkomende golfhoogte van beide GRSM's zijn weergegeven in Tabel 8 in Bijlage A 'Tabellen'. Om de gevoeligheid te testen van een breder spectrum zijn 4 proeven uitgevoerd met een dubbeltoppig TMA-spectrum voor de golfrichtingen 0°, 10°, 20° en 30°.

Test	h	richting	Spreiding	lang-/ kortkammig	r	H _{m0i}	T _p	S _{op}
	(m)	t.o.v. de normaal (°)						
T01	0.716	0	7	lang	0.73	0.11	2.58	0.01
T02	0.716	0	13	kort	0.68	0.11	2.50	0.01
T03	0.700	0	5	lang	0.50	0.13	1.99	0.02
T04	0.700	0	16	kort	0.48	0.13	2.16	0.02
T05	0.644	-9	5	lang	0.32	0.14	1.47	0.04
T06	0.644	0	18	kort	0.31	0.13	1.45	0.04
T07	0.700	9	4	lang	0.42	0.13	2.17	0.02
T08	0.700	9	16	kort	0.45	0.13	2.16	0.02
T09	0.644	5	4	lang	0.32	0.13	1.46	0.04
T10	0.644	5	17	kort	0.30	0.13	1.45	0.04
T11	0.700	14	5	lang	0.36	0.14	2.10	0.02
T12	0.700	18	17	kort	0.43	0.14	2.16	0.02
T13	0.644	18	5	lang	0.28	0.14	1.44	0.04
T14	0.644	14	19	kort	0.29	0.14	1.38	0.05
T15	0.716	32	9	lang	0.38	0.12	2.41	0.01
T16	0.716	32	21	kort	0.53	0.11	2.48	0.01
T17	0.716	32	7	lang	0.31	0.13	2.32	0.02
T18	0.716	27	20	kort	0.40	0.14	2.15	0.02
T19	0.644	32	7	lang	0.27	0.13	1.46	0.04
T20	0.644	27	23	kort	0.30	0.13	1.40	0.04
T21	0.644	41	11	lang	0.29	0.10	1.71	0.02
T22	0.644	36	24	kort	0.38	0.10	1.75	0.02
T23	0.623	36	12	lang	0.25	0.10	1.21	0.04
T24	0.623	36	26	kort	0.28	0.11	1.23	0.05
T25	0.716	50	14	lang	0.34	0.09	2.12	0.01
T26	0.716	45	30	kort	0.39	0.10	2.36	0.01
T27	0.644	50	12	lang	0.33	0.10	1.99	0.02
T28	0.644	45	29	kort	0.27	0.10	1.72	0.02
T29	0.623	50	14	lang	0.31	0.10	1.22	0.04
T30	0.623	50	27	kort	0.27	0.11	1.24	0.04
T31	0.644	72	10	lang	0.25	0.10	1.54	0.03
T32	0.644	72	29	kort	0.22	0.10	1.73	0.02
T33	0.623	72	9	lang	0.23	0.11	1.21	0.05
T34	0.623	72	26	kort	0.25	0.11	1.21	0.05
T35	0.644	90	6	lang	0.21	0.09	1.81	0.02
T36	0.644	86	11	kort	0.29	0.09	1.57	0.02
T37	0.623	90	5	lang	0.26	0.09	1.23	0.04
T38	0.623	86	11	kort	0.33	0.09	1.14	0.05

Tabel 4.1 Gemeten golfcondities voor de enkeltoppige PM-spectra

In Tabel 4.2 zijn gemeten golfcondities weergegeven voor de dubbeltoppige spectra. De gemeten golfcondities in de tabel zijn afgeleid van GRSM 2.

Test	h	richting	Spreiding	lang-/ kortkammig	r	H _{m0i}	T _{p1}	T _{p2}	S _{op}
	(m)	t.o.v. de normaal (°)							
T39	0.700	0	7	lang	0.48	0.13	2.65	1.09	0.01
T40	0.700	9	5	lang	0.62	0.12	2.66	1.12	0.01
T41	0.700	18	5	lang	0.56	0.12	2.59	1.10	0.01
T42	0.700	31.5	8	lang	0.51	0.13	2.52	1.12	0.01

Tabel 4.2 Gemeten golfcondities voor de dubbeltoppige PM-spectra

In de tabel staat in de tweede kolom de waterdiepte die gebruikt is tijdens de proef. De 3^{de} kolom geeft de gemeten golfrichting weer ten opzichte van de normaal van de dijk. De 0° golfrichting komt overeen met loodrechte golfaanval. Daarnaast staat aangegeven wat de spreiding was rond deze hoofdrichting. Vervolgens is aangegeven of de proef is uitgevoerd met kortkammige danwel met langkammige golven. Uit de tabel kan afgeleid worden dat voor de proeven met kortkammige golven de spreiding rond de hoofdrichting groter was, zoals te verwachten valt. De gemeten golfcondities voor alle golfhoogtemeters, voor zowel de enkeltoppige als de dubbeltoppige spectra, zijn weergegeven in Tabel 2 tot en met Tabel 7 in Bijlage ‘Tabellen’. De golfhoogtes in deze tabellen zijn niet gecorrigeerd voor reflecterende golven en geven derhalve een iets hogere gemeten golfhoogte.

Voor de richtingen 0° tot en met 50° is visueel vastgesteld dat ter plaatste van GRSM 2 het golfbeeld het minst verstoord werd door reflecties vanaf de constructie. De posities van de GRSM's is weergegeven in Figuur 1 in Bijlage ‘Figuren’. De berekende inkomende golfhoogte H_{m0i} van beide GRSM's kwamen nagenoeg met elkaar overeen (zie Tabel 8). Met name voor Test T01, T03, T15 en T17 zijn de afwijkingen in de orde van 10% tussen beide GRSM's. Voor de overige testen was dit verschil zelfs 5% of kleiner. Gezien het feit dat het golfbeeld bij GRSM 2 het minst verstoord was door reflecties, kan aangenomen worden dat H_{m0i} van die GRSM het meest nauwkeurig is. Omdat het verschil tussen H_{m0i} bij GRSM 1 en 2 maar klein is, kan geconcludeerd worden dat de nauwkeurigheid groot is (fout kleiner dan 5 à 10%).

Voor de golfrichtingen groter dan 50° geeft GRSM 1 de meest betrouwbare metingen. Voor deze scheve invallende golven wordt gebruik gemaakt van de reflecties tegen de zijwand, in de buurt van GRSM 2 (Dalrymple- methode). Door toepassing van de Dalrymple-methode lopen ter hoogte van deze GRSM golventreinen uit twee richtingen door elkaar heen. De berekende reflectiecoëfficiënt is derhalve als wat minder betrouwbaar bestempeld. Analyse van de gemeten golfhoogte van beide GRSM's geeft dat voor proef T37 en T38 het verschil tussen beide circa 9% bedroeg. Voor de overige testen was dit verschil tussen beide gemeten golfhoogtes kleiner dan 5%. De onnauwkeurigheid in de gemeten H_{m0i} tussen beide GRSM's is dus kleiner dan 5 à 9%.

Voor het bepalen van de inkomende golfhoogte H_{m0i} is op basis van de GRSM de reflectiecoëfficiënt, r , bepaald. Op basis van deze reflectiecoëfficiënt is de inkomende golfhoogte, H_{m0i} , bepaald met Vergelijking 3.1. De golfsteilheid in de Tabel is de golfsteilheid op diep water op basis van de golfpiekperiode T_p gedefinieerd als $s_{op} = H_s / (9.81 / (2\pi) T_p^2)$.

In Figuur 5 tot en met Figuur 12 in Bijlage B ‘Figuren’ zijn de gemeten golfrichtingen en golfrichtigingspreiding grafisch weergegeven voor de golfrichtingen 0°, 30°, 50° en 90°. Voor elke richting zijn de figuren weergegeven voor zowel langkammige als kortkammige golven. Uit deze figuren blijkt dat steeds de meeste golfenergie gemeten werd voor de gewenste richtingen (zie bovenste figuur). De energie die te zien is voor de tweede piek is afkomstig uit de reflecties, of wordt veroorzaakt door golven die gegenereerd werden ten gevolge van de Dalrymple-methode. In deze figuren is 90° de loodrechte golfaanval (Figuur 5 en Figuur 6) en 180° komt overeen met strijkgolven (Figuur 11 en Figuur 12).

Gegeven bovenstaande beschrijving kan gesteld worden dat de nauwkeurigheid van de metingen van beide GRSM's in ieder geval groter is dan het verschil tussen beide metingen.

Tijdens de proeven is waargenomen dat ter hoogte van de instrumentplaat weinig tot geen verstoringen in het golfbeeld optraden. Er wordt daarom ook verondersteld dat de golfcondities zoals die vermeld staan in Tabel 4.1 representatief zijn voor de golfcondities op de teen voor de instrumentplaat.

4.2 Drukken

Bij de controle van de resultaten is aan het licht gekomen, dat evenals bij de proeven die zijn uitgevoerd in de Scheldegoot, er na sommige golfklappen drukfluctuaties geregistreerd werden. Gezien de grote stijfheid van het talud moet dit worden toegeschreven worden aan processen die kennelijk onverbreekelijk verbonden zijn aan brekerprocessen in een fysisch model.

Tijdens alle proeven is de werking van de drukopnemers en golfhoogtemeters na elke proef nauwkeurig gecontroleerd met Delft/AUKE programma SHOWF. Met dit programma kunnen de meetsignalen in tijd gevisualiseerd worden. Hierbij is geconstateerd dat tijdens sommige proeven is gedurende enkele milliseconde de druk in een golfklap zo groot geweest dat het niet meer geregistreerd kon worden door de drukopnemer. Het maximale bereik van de drukopnemers was namelijk beperkt tot 2 m waterkolom (ca 20 à 40 m waterkolom op prototypeschaal!). Dit duurde echter zo kort, dat wanneer het signaal is gefilterd en uitgedund, deze beperking geen invloed meer heeft. Ook heeft controle plaatsgevonden op verloop van de 0-waarde. Gedurende alle proeven is geen verloop geconstateerd.

Met behulp van ANIMA is een controle uitgevoerd of geen uitval van drukopnemers is opgetreden. Met ANIMA is het mogelijk de meetsignalen in tijd en plaats te visualiseren. Het blijkt dat geen uitval is opgetreden tijdens de proeven.

Tijdens elke proef is visueel gecontroleerd of de maatgevende golfklappen plaatsvonden ter hoogte van de meetraaien. Waar nodig is een proef gestopt en opnieuw gedraaid met een andere waterstand.

Na bovenstaande uitgevoerde controles kan geconcludeerd worden dat alle metingen correct zijn uitgevoerd.

Referenties

Coeveld, M. (2003), '*Invloed van golfklappen op stabiliteit: literatuurstudie*', WL | Delft Hydraulics, conceptverslag H4134, september 2003.

Dalrymple, R.A. (1989), '*Directional wavemaker theory with sidewall reflection*' J. of Hydraulic Research, vol. 27, no. 1, pp. 23-34.

Klein Breteler, M., e.a. (1992); Talusbekledingen van gezette steen, stabiliteit van de toplaag, M1795 / H195 deel XX, band A, WL / Delft Hydraulics, april 1992.

Klopman, G. and P.J. van Leeuwen (1990), '*An efficient method for the reproduction of nonlinear random waves*', ASCE, Proc. ICCE'90, Vol.1, pp.478-488, Delft.

Van Dongeren, A., G. Klopman, A. Reniers and H. Petit (2001), 'High-quality laboratory wave generation for flumes and basins', ASCE, Waves 2001 Conference, San Francisco.

Van Leeuwen, P.J. and G. Klopman (1996), '*A new method for the generation of second-order random waves*', Ocean Engineering, Elsevier, Vol. 23, No.2, pp.167-192.

Waal, J.P. de, M. Klein Breteler, en H. den Adel (1995); Talusbekledingen van gezette steen, golfdruk op het talud, deel B: verbetering van het analytische model en Steenzet; WL / Delft Hydraulics, verslag H195, December 1995.

A Tabellen

Nr.	Type	X* [m]	y** [m]	Z*** [m]	langs het talud [m]
DR01	PDCR/PTX 1830	1.300	0.000	0.433	1.370
DR02	PDCR/PTX 1830	1.400	0.000	0.467	1.476
DR03	PDCR/PTX 1830	1.450	0.000	0.483	1.528
DR04	PDCR/PTX 1830	1.500	0.000	0.500	1.581
DR05	PDCR/PTX 1830	1.550	0.000	0.517	1.634
DR06	PDCR42	1.600	0.009	0.533	1.687
DR07	PDCR42	1.618	-0.009	0.539	1.706
DR08	PDCR42	1.636	0.009	0.545	1.724
DR09	PDCR42	1.654	-0.009	0.551	1.743
DR10	PDCR42	1.672	0.009	0.557	1.762
DR11	PDCR42	1.690	-0.009	0.563	1.781
DR12	PDCR42	1.708	0.009	0.569	1.800
DR13	PDCR42	1.726	-0.009	0.575	1.819
DR14	PDCR42	1.744	0.009	0.581	1.838
DR15	PDCR42	1.762	-0.009	0.587	1.857
DR16	PDCR42	1.780	0.009	0.593	1.876
DR17	PDCR42	1.798	-0.009	0.599	1.895
DR18	PDCR42	1.816	0.009	0.605	1.914
DR19	PDCR42	1.834	-0.009	0.611	1.933
DR20	PDCR42	1.852	0.009	0.617	1.952
DR21	PDCR42	1.870	-0.009	0.623	1.971
DR22	PDCR42	1.888	0.009	0.629	1.990
DR23	PDCR42	1.906	-0.009	0.635	2.009
DR24	PDCR42	1.924	0.009	0.641	2.028
DR25	PDCR42	1.942	-0.009	0.647	2.047
DR26	PDCR10	1.992	0.000	0.664	2.100
DR27	PDCR10	2.042	0.000	0.681	2.152
DR28	PDCR10	2.100	0.000	0.700	2.214
DR29	PDCR10	2.200	0.000	0.733	2.319
DR30	PDCR10	1.618	0.110	0.539	1.706
DR31	PDCR10	1.654	0.110	0.551	1.743
DR32	PDCR10	1.690	0.110	0.563	1.781
DR33	PDCR10	1.726	0.110	0.575	1.819
DR34	PDCR10	1.762	0.110	0.587	1.857
DR35	PDCR10	1.798	0.110	0.599	1.895
DR36	PDCR10	1.834	0.110	0.611	1.933
DR37	PDCR10	1.870	0.110	0.623	1.971
DR38	PDCR10	1.906	0.110	0.635	2.009
DR39	Kulite	1.618	-0.110	0.539	1.706
DR40	Kulite	1.654	-0.110	0.551	1.743
DR41	Kulite	1.690	-0.110	0.563	1.781
DR42	Kulite	1.726	-0.110	0.575	1.819
DR43	Kulite	1.762	-0.110	0.587	1.857
DR44	Kulite	1.798	-0.110	0.599	1.895
DR45	Kulite	1.834	-0.110	0.611	1.933
DR46	Kulite	1.870	-0.110	0.623	1.971
DR47	Kulite	1.906	-0.110	0.635	2.009

- * X is gemeten vanaf de teen loodrecht op de constructie
** De hartlijn van de middelste rij drukopnemers is y=0,
naar rechts gekeken met de rug naar golfschot is de positieve y richting
*** Z is gemeten vanaf de vloer

Tabel 1 Karakteristieken van de drukopnemers met positie

Test	h m	lang-/ kortkammig	H_{m0} (m)									
			GHM01	GHM02	GHM03	GHM04	GHM05	GHM06	GHM07	GRSM01	GRSM02	
T01	0.716	lang	0.10	0.14	0.16	0.13	0.15	0.16	0.14	0.15	0.14	
T02	0.716	kort	0.12	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	
T03	0.700	lang	0.13	0.15	0.16	0.15	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	
T04	0.700	kort	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	
T05	0.644	lang	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.13	0.14	
T06	0.644	kort	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	
T07	0.700	lang	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	
T08	0.700	kort	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	
T09	0.644	lang	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.15	0.15	0.13	0.14	
T10	0.644	kort	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	
T11	0.700	lang	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.15	0.16	0.15	
T12	0.700	kort	0.16	0.16	0.15	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	
T13	0.644	lang	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.14	
T14	0.644	kort	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	
T15	0.716	lang	0.17	0.16	0.14	0.16	0.16	0.15	0.14	0.16	0.13	
T16	0.716	kort	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.13	0.14	0.13	
T17	0.716	lang	0.17	0.16	0.15	0.17	0.17	0.16	0.14	0.17	0.14	
T18	0.716	kort	0.16	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	
T19	0.644	lang	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.13	
T20	0.644	kort	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
T21	0.644	lang	0.12	0.11	0.10	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.10	
T22	0.644	kort	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	
T23	0.623	lang	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	
T24	0.623	kort	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
T25	0.716	lang	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	
T26	0.716	kort	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	
T27	0.644	lang	0.11	0.10	0.10	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	
T28	0.644	kort	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	
T29	0.623	lang	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	
T30	0.623	kort	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	
T31	0.644	lang	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	
T32	0.644	kort	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
T33	0.623	lang	0.11	0.11	0.10	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	
T34	0.623	kort	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
T35	0.644	lang	0.07	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
T36	0.644	kort	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	
T37	0.623	lang	0.08	0.10	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.11	
T38	0.623	kort	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.12	

Tabel 2 Gemeten spectrale golfhoogte (H_{m0}) voor alle golfhoogtemeters

Test	h m	lang-/ kortkammig	$H_{1/3}$ (m)								
			GHM01	GHM02	GHM03	GHM04	GHM05	GHM06	GHM07	GRSM01	GRSM02
T01	0.716	lang	0.10	0.13	0.16	0.12	0.15	0.16	0.14	0.15	0.13
T02	0.716	kort	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12
T03	0.700	lang	0.13	0.15	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16	0.14
T04	0.700	kort	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
T05	0.644	lang	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.13	0.14
T06	0.644	kort	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13
T07	0.700	lang	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
T08	0.700	kort	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
T09	0.644	lang	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.13	0.14
T10	0.644	kort	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
T11	0.700	lang	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.17	0.15	0.16	0.15
T12	0.700	kort	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14
T13	0.644	lang	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.14
T14	0.644	kort	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
T15	0.716	lang	0.16	0.15	0.14	0.16	0.16	0.14	0.13	0.15	0.13
T16	0.716	kort	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.12
T17	0.716	lang	0.17	0.16	0.15	0.17	0.17	0.15	0.14	0.16	0.14
T18	0.716	kort	0.15	0.16	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
T19	0.644	lang	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.13
T20	0.644	kort	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13
T21	0.644	lang	0.11	0.10	0.10	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.10
T22	0.644	kort	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
T23	0.623	lang	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10
T24	0.623	kort	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
T25	0.716	lang	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
T26	0.716	kort	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10
T27	0.644	lang	0.10	0.10	0.10	0.12	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10
T28	0.644	kort	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10
T29	0.623	lang	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10
T30	0.623	kort	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
T31	0.644	lang	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
T32	0.644	kort	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
T33	0.623	lang	0.11	0.11	0.10	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
T34	0.623	kort	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
T35	0.644	lang	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
T36	0.644	kort	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.09	0.10
T37	0.623	lang	0.08	0.10	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.11
T38	0.623	kort	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11

Tabel 3 Gemeten golfhoogte ($H_{1/3}$) uit de tijdserie voor alle golfhoogtemeters

Test	h m	lang-/ kortkammig	T_m (s)									
			GHM01	GHM02	GHM03	GHM04	GHM05	GHM06	GHM07	GRSM01	GRSM02	
T01	0.716	lang	1.70	1.95	1.90	1.78	1.77	1.92	1.79	1.71	1.78	
T02	0.716	kort	1.72	1.69	1.71	1.68	1.75	1.74	1.72	1.75	1.74	
T03	0.700	lang	1.34	1.44	1.46	1.40	1.44	1.44	1.40	1.47	1.41	
T04	0.700	kort	1.35	1.37	1.37	1.34	1.37	1.35	1.34	1.39	1.34	
T05	0.644	lang	1.13	1.13	1.12	1.18	1.14	1.12	1.13	1.15	1.15	
T06	0.644	kort	1.07	1.06	1.05	1.07	1.07	1.06	1.06	1.09	1.06	
T07	0.700	lang	1.42	1.40	1.39	1.43	1.38	1.38	1.39	1.41	1.41	
T08	0.700	kort	1.36	1.32	1.34	1.36	1.35	1.35	1.36	1.36	1.36	
T09	0.644	lang	1.14	1.12	1.11	1.13	1.11	1.13	1.13	1.15	1.13	
T10	0.644	kort	1.10	1.06	1.05	1.08	1.09	1.07	1.08	1.10	1.08	
T11	0.700	lang	1.43	1.42	1.41	1.41	1.44	1.42	1.42	1.43	1.41	
T12	0.700	kort	1.34	1.36	1.33	1.37	1.39	1.37	1.33	1.39	1.36	
T13	0.644	lang	1.15	1.14	1.11	1.15	1.12	1.13	1.12	1.13	1.13	
T14	0.644	kort	1.06	1.09	1.05	1.11	1.09	1.07	1.07	1.12	1.09	
T15	0.716	lang	1.80	1.76	1.82	1.80	1.72	1.64	1.74	1.75	1.74	
T16	0.716	kort	1.72	1.71	1.70	1.70	1.70	1.69	1.65	1.75	1.67	
T17	0.716	lang	1.49	1.51	1.44	1.57	1.54	1.42	1.51	1.54	1.53	
T18	0.716	kort	1.36	1.34	1.35	1.37	1.37	1.36	1.34	1.38	1.33	
T19	0.644	lang	1.16	1.15	1.14	1.15	1.17	1.15	1.13	1.16	1.14	
T20	0.644	kort	1.09	1.08	1.07	1.09	1.08	1.06	1.06	1.08	1.08	
T21	0.644	lang	1.21	1.20	1.17	1.24	1.23	1.22	1.20	1.26	1.21	
T22	0.644	kort	1.18	1.21	1.19	1.23	1.18	1.17	1.17	1.20	1.19	
T23	0.623	lang	0.99	0.97	0.99	1.03	1.04	1.00	1.00	1.04	1.00	
T24	0.623	kort	0.94	0.97	0.94	0.97	0.97	0.96	0.95	0.97	0.95	
T25	0.716	lang	1.62	1.60	1.55	1.65	1.58	1.54	1.48	1.58	1.48	
T26	0.716	kort	1.64	1.60	1.57	1.63	1.63	1.57	1.56	1.64	1.61	
T27	0.644	lang	1.19	1.17	1.18	1.24	1.22	1.22	1.17	1.23	1.20	
T28	0.644	kort	1.20	1.20	1.16	1.21	1.18	1.19	1.17	1.23	1.19	
T29	0.623	lang	0.96	0.99	0.98	1.02	1.00	0.98	0.96	1.02	0.99	
T30	0.623	kort	0.97	0.98	0.93	0.97	0.99	0.97	0.95	0.98	0.97	
T31	0.644	lang	1.16	1.18	1.15	1.16	1.14	1.13	1.13	1.16	1.14	
T32	0.644	kort	1.14	1.14	1.14	1.14	1.13	1.14	1.12	1.16	1.13	
T33	0.623	lang	0.99	1.00	0.98	1.03	1.00	0.99	0.99	1.01	1.01	
T34	0.623	kort	0.94	0.95	0.94	0.98	0.98	0.96	0.95	0.97	0.96	
T35	0.644	lang	1.10	1.15	1.15	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.19	
T36	0.644	kort	1.12	1.15	1.14	1.14	1.14	1.15	1.16	1.14	1.15	
T37	0.623	lang	0.97	1.00	0.97	1.00	0.99	1.00	0.96	1.02	0.96	
T38	0.623	kort	0.95	0.97	0.96	0.96	0.95	0.97	0.94	0.96	0.95	

Tabel 4 Gemeten gemiddelde golfperiode (T_m) voor alle golfhoogtemeters

Test	h m	lang-/ kortkammig	T_p (s)									
			GHM01	GHM02	GHM03	GHM04	GHM05	GHM06	GHM07	GRSM01	GRSM02	
T01	0.716	lang	2.38	2.81	2.43	2.57	2.54	2.62	2.58	2.56	2.58	
T02	0.716	kort	2.52	2.85	2.40	2.49	2.47	2.53	2.49	2.48	2.50	
T03	0.700	lang	1.94	2.19	2.28	1.87	2.19	2.48	2.09	2.22	1.99	
T04	0.700	kort	2.08	2.24	2.17	2.12	2.18	2.10	2.16	2.16	2.16	
T05	0.644	lang	1.31	1.56	1.51	1.47	1.60	1.34	1.46	1.60	1.47	
T06	0.644	kort	1.38	1.38	1.42	1.37	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	
T07	0.700	lang	1.92	2.30	2.05	2.10	2.47	1.85	2.10	2.49	2.17	
T08	0.700	kort	2.00	2.04	2.15	2.18	2.15	2.19	2.19	2.16	2.16	
T09	0.644	lang	1.45	1.34	1.45	1.45	1.45	1.49	1.45	1.45	1.46	
T10	0.644	kort	1.38	1.41	1.38	1.40	1.40	1.49	1.39	1.41	1.45	
T11	0.700	lang	2.10	2.05	2.09	2.39	2.02	2.30	2.13	2.02	2.10	
T12	0.700	kort	2.18	2.06	2.21	2.33	2.11	2.14	2.15	2.11	2.16	
T13	0.644	lang	1.47	1.55	1.45	1.41	1.42	1.53	1.48	1.41	1.44	
T14	0.644	kort	1.41	1.42	1.39	1.44	1.45	1.44	1.37	1.44	1.38	
T15	0.716	lang	2.76	2.66	2.60	2.36	2.40	2.32	2.38	2.41	2.41	
T16	0.716	kort	2.87	2.55	2.39	2.47	2.53	2.52	2.45	2.54	2.48	
T17	0.716	lang	2.06	2.10	2.19	2.30	2.32	2.26	2.31	2.33	2.32	
T18	0.716	kort	2.11	2.08	2.02	2.21	2.09	2.03	2.28	2.08	2.15	
T19	0.644	lang	1.53	1.46	1.44	1.49	1.54	1.48	1.47	1.50	1.46	
T20	0.644	kort	1.45	1.45	1.40	1.41	1.40	1.40	1.45	1.39	1.40	
T21	0.644	lang	1.68	1.75	1.70	1.73	1.59	1.74	1.78	1.67	1.71	
T22	0.644	kort	1.81	1.81	1.79	1.71	1.76	1.77	1.70	1.79	1.75	
T23	0.623	lang	1.37	1.28	1.22	1.26	1.24	1.19	1.18	1.16	1.21	
T24	0.623	kort	1.23	1.18	1.23	1.25	1.25	1.25	1.22	1.26	1.23	
T25	0.716	lang	2.42	2.47	2.70	2.05	2.00	2.12	2.11	2.02	2.12	
T26	0.716	kort	2.44	2.53	2.31	2.33	2.42	2.38	2.34	2.44	2.36	
T27	0.644	lang	1.74	1.76	1.83	1.91	1.90	1.91	1.75	1.91	1.99	
T28	0.644	kort	1.73	1.80	1.80	1.71	1.76	1.74	1.79	1.77	1.72	
T29	0.623	lang	1.23	1.19	1.17	1.38	1.26	1.27	1.22	1.37	1.22	
T30	0.623	kort	1.27	1.31	1.24	1.20	1.22	1.23	1.26	1.23	1.24	
T31	0.644	lang	1.74	1.76	1.76	1.50	1.53	1.61	1.69	1.54	1.69	
T32	0.644	kort	1.83	1.73	1.75	1.80	1.74	1.80	1.79	1.73	1.87	
T33	0.623	lang	1.22	1.31	1.25	1.44	1.22	1.12	1.13	1.21	1.18	
T34	0.623	kort	1.19	1.27	1.16	1.20	1.20	1.15	1.20	1.21	1.22	
T35	0.644	lang	1.92	1.84	1.79	1.88	1.64	1.67	1.70	1.81	1.82	
T36	0.644	kort	1.77	1.70	1.73	1.48	1.55	1.64	1.70	1.57	1.82	
T37	0.623	lang	1.09	1.12	1.12	1.15	1.21	1.21	1.15	1.23	1.11	
T38	0.623	kort	1.16	1.19	1.12	1.15	1.18	1.13	1.09	1.14	1.10	

Tabel 5 Gemeten golfpiekperiode (T_p) voor alle golfhoogtemeters

Test	h m	lang-/ kortkammig	$T_{m0,1}$ (s)									
			GHM01	GHM02	GHM03	GHM04	GHM05	GHM06	GHM07	GRSM01	GRSM02	
T01	0.716	lang	1.91	2.17	2.18	2.03	2.05	2.25	2.10	2.04	2.05	
T02	0.716	kort	1.96	1.99	2.06	2.01	2.06	2.08	2.06	2.08	2.05	
T03	0.700	lang	1.45	1.58	1.64	1.54	1.64	1.66	1.59	1.64	1.58	
T04	0.700	kort	1.51	1.53	1.54	1.53	1.56	1.53	1.53	1.56	1.53	
T05	0.644	lang	1.15	1.15	1.15	1.20	1.18	1.15	1.17	1.19	1.18	
T06	0.644	kort	1.12	1.12	1.11	1.13	1.14	1.13	1.12	1.14	1.13	
T07	0.700	lang	1.52	1.60	1.54	1.61	1.60	1.57	1.56	1.62	1.56	
T08	0.700	kort	1.49	1.51	1.53	1.54	1.57	1.55	1.53	1.56	1.53	
T09	0.644	lang	1.16	1.15	1.16	1.18	1.18	1.17	1.18	1.18	1.19	
T10	0.644	kort	1.12	1.13	1.12	1.15	1.15	1.14	1.13	1.15	1.13	
T11	0.700	lang	1.58	1.57	1.55	1.58	1.62	1.59	1.57	1.63	1.56	
T12	0.700	kort	1.52	1.55	1.52	1.56	1.58	1.55	1.52	1.58	1.53	
T13	0.644	lang	1.18	1.18	1.16	1.19	1.19	1.19	1.17	1.18	1.16	
T14	0.644	kort	1.13	1.13	1.12	1.15	1.16	1.14	1.13	1.17	1.13	
T15	0.716	lang	2.12	2.04	2.07	2.05	2.01	1.92	2.06	2.00	2.03	
T16	0.716	kort	2.00	1.99	1.99	2.02	2.03	1.98	1.95	2.03	1.97	
T17	0.716	lang	1.68	1.67	1.61	1.73	1.69	1.63	1.68	1.67	1.69	
T18	0.716	kort	1.50	1.52	1.52	1.56	1.57	1.53	1.52	1.56	1.51	
T19	0.644	lang	1.22	1.20	1.18	1.23	1.24	1.21	1.20	1.24	1.20	
T20	0.644	kort	1.13	1.13	1.13	1.15	1.15	1.13	1.14	1.16	1.13	
T21	0.644	lang	1.33	1.30	1.29	1.39	1.35	1.33	1.31	1.37	1.32	
T22	0.644	kort	1.33	1.33	1.30	1.34	1.32	1.32	1.30	1.33	1.31	
T23	0.623	lang	1.03	1.01	1.00	1.06	1.07	1.03	1.01	1.07	1.02	
T24	0.623	kort	0.99	0.99	0.99	1.02	1.02	1.00	0.99	1.02	1.00	
T25	0.716	lang	1.92	1.87	1.80	1.94	1.83	1.81	1.77	1.81	1.74	
T26	0.716	kort	1.89	1.85	1.80	1.90	1.88	1.83	1.84	1.89	1.84	
T27	0.644	lang	1.31	1.28	1.28	1.35	1.35	1.32	1.27	1.36	1.28	
T28	0.644	kort	1.32	1.30	1.31	1.35	1.33	1.31	1.29	1.33	1.30	
T29	0.623	lang	0.99	1.00	0.99	1.07	1.04	1.03	1.01	1.05	1.01	
T30	0.623	kort	1.01	1.01	0.99	1.02	1.02	1.01	1.00	1.03	1.00	
T31	0.644	lang	1.27	1.30	1.28	1.28	1.25	1.25	1.25	1.25	1.26	
T32	0.644	kort	1.28	1.27	1.25	1.28	1.27	1.25	1.25	1.28	1.27	
T33	0.623	lang	1.02	1.02	1.01	1.06	1.03	1.04	1.02	1.04	1.02	
T34	0.623	kort	1.00	0.99	0.98	1.03	1.01	1.00	1.00	1.02	1.01	
T35	0.644	lang	1.20	1.27	1.25	1.26	1.26	1.29	1.29	1.27	1.29	
T36	0.644	kort	1.24	1.25	1.25	1.24	1.23	1.25	1.26	1.23	1.25	
T37	0.623	lang	0.99	1.03	1.02	1.05	1.05	1.04	1.00	1.06	1.00	
T38	0.623	kort	0.98	1.00	1.00	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	

Tabel 6 Gemeten spectrale gemiddelde golfperiode ($T_{m0,1}$) voor alle golfhoogtemeters

Test	h m	lang-/ kortkammig	$T_{m-1,0}$ (s)									
			GHM01	GHM02	GHM03	GHM04	GHM05	GHM06	GHM07	GRSM01	GRSM02	
T01	0.716	lang	2.13	2.37	2.38	2.20	2.26	2.41	2.29	2.27	2.25	
T02	0.716	kort	2.22	2.24	2.29	2.23	2.26	2.27	2.26	2.27	2.25	
T03	0.700	lang	1.64	1.77	1.83	1.72	1.84	1.88	1.80	1.86	1.78	
T04	0.700	kort	1.71	1.72	1.75	1.74	1.77	1.75	1.75	1.77	1.75	
T05	0.644	lang	1.23	1.28	1.26	1.28	1.29	1.26	1.27	1.30	1.29	
T06	0.644	kort	1.22	1.23	1.22	1.24	1.25	1.24	1.23	1.25	1.23	
T07	0.700	lang	1.70	1.80	1.74	1.82	1.84	1.77	1.76	1.84	1.77	
T08	0.700	kort	1.70	1.72	1.74	1.75	1.78	1.77	1.75	1.78	1.75	
T09	0.644	lang	1.25	1.26	1.26	1.29	1.28	1.28	1.28	1.29	1.29	
T10	0.644	kort	1.22	1.23	1.23	1.26	1.25	1.25	1.23	1.25	1.23	
T11	0.700	lang	1.77	1.75	1.74	1.78	1.82	1.78	1.77	1.82	1.77	
T12	0.700	kort	1.72	1.75	1.72	1.77	1.79	1.76	1.73	1.78	1.74	
T13	0.644	lang	1.28	1.29	1.27	1.28	1.30	1.29	1.27	1.29	1.26	
T14	0.644	kort	1.23	1.24	1.22	1.26	1.27	1.25	1.24	1.27	1.23	
T15	0.716	lang	2.32	2.26	2.29	2.23	2.21	2.16	2.25	2.20	2.23	
T16	0.716	kort	2.27	2.25	2.24	2.26	2.27	2.23	2.20	2.27	2.21	
T17	0.716	lang	1.83	1.82	1.76	1.87	1.85	1.80	1.85	1.83	1.85	
T18	0.716	kort	1.70	1.72	1.71	1.76	1.76	1.73	1.73	1.76	1.72	
T19	0.644	lang	1.31	1.30	1.28	1.32	1.32	1.30	1.29	1.33	1.29	
T20	0.644	kort	1.24	1.24	1.23	1.25	1.26	1.24	1.23	1.26	1.23	
T21	0.644	lang	1.50	1.47	1.47	1.55	1.51	1.51	1.49	1.53	1.50	
T22	0.644	kort	1.50	1.50	1.48	1.52	1.49	1.49	1.48	1.49	1.49	
T23	0.623	lang	1.11	1.11	1.08	1.14	1.15	1.11	1.10	1.14	1.10	
T24	0.623	kort	1.08	1.08	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08	1.11	1.08	
T25	0.716	lang	2.16	2.14	2.10	2.18	2.09	2.08	2.03	2.08	2.07	
T26	0.716	kort	2.14	2.12	2.07	2.14	2.13	2.10	2.11	2.13	2.10	
T27	0.644	lang	1.47	1.45	1.45	1.50	1.50	1.48	1.44	1.51	1.45	
T28	0.644	kort	1.48	1.46	1.48	1.51	1.49	1.47	1.47	1.49	1.47	
T29	0.623	lang	1.08	1.10	1.08	1.14	1.12	1.10	1.08	1.12	1.09	
T30	0.623	kort	1.10	1.09	1.08	1.11	1.11	1.09	1.09	1.11	1.08	
T31	0.644	lang	1.47	1.49	1.48	1.44	1.42	1.43	1.44	1.42	1.45	
T32	0.644	kort	1.45	1.43	1.43	1.45	1.44	1.43	1.43	1.45	1.44	
T33	0.623	lang	1.12	1.12	1.09	1.13	1.11	1.11	1.12	1.11	1.11	
T34	0.623	kort	1.09	1.07	1.07	1.10	1.10	1.08	1.08	1.10	1.08	
T35	0.644	lang	1.44	1.47	1.42	1.42	1.42	1.46	1.47	1.42	1.45	
T36	0.644	kort	1.42	1.43	1.42	1.42	1.41	1.42	1.42	1.40	1.41	
T37	0.623	lang	1.08	1.14	1.09	1.13	1.13	1.12	1.07	1.14	1.08	
T38	0.623	kort	1.06	1.13	1.08	1.11	1.10	1.09	1.09	1.09	1.08	

Tabel 7 Gemeten spectrale gemiddelde golfperiode ($T_{m-1,0}$) voor alle golfhoogtemeters

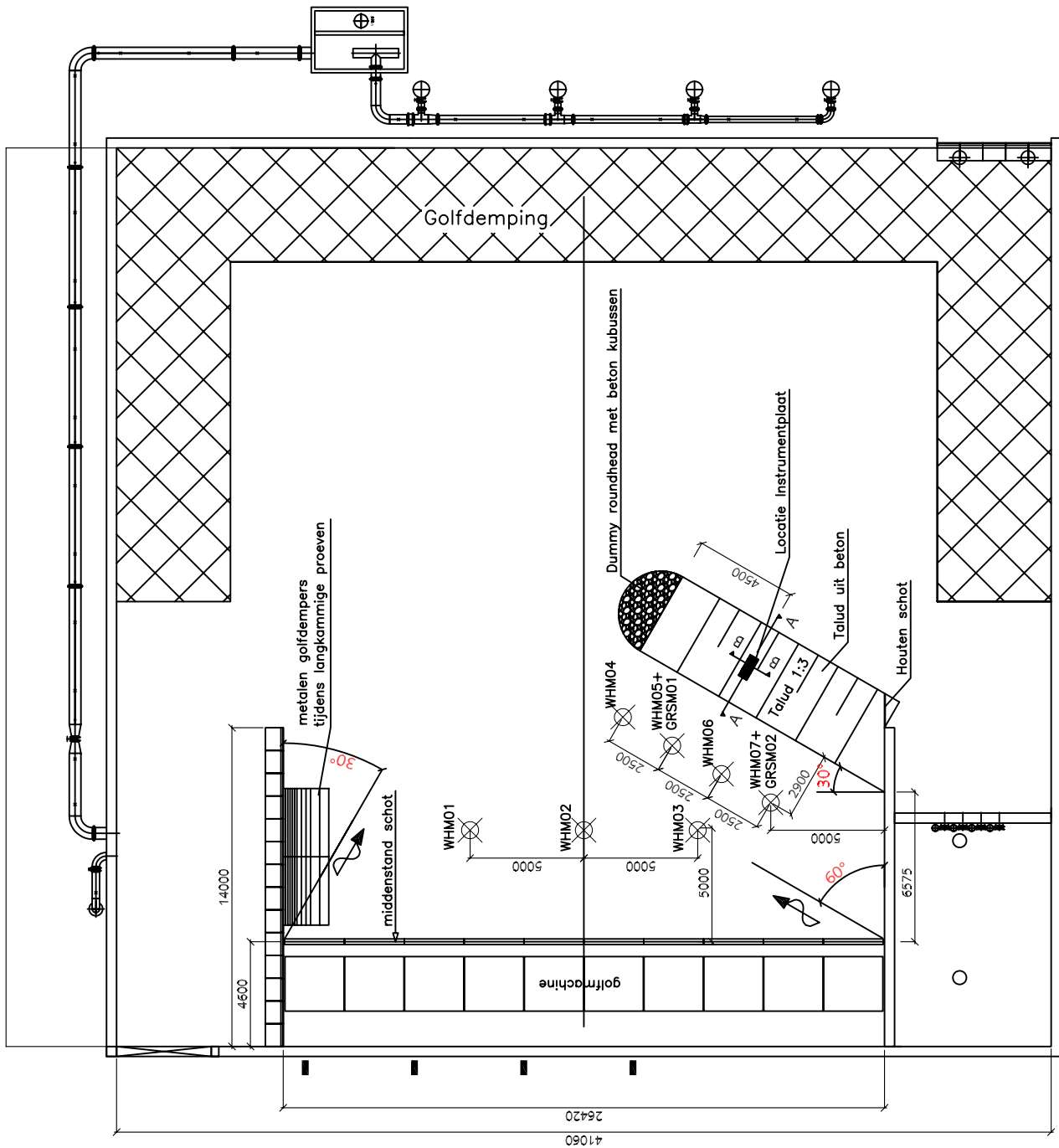
Test	h (m)	lang-/ kortkammig	GRSM01						GRSM02					
			Gemeten golfrichting* (°)	spreadig (°)	r (-)	H _{noI} (m)	T _p (s)	S _{op} (-)	Gemeten golfrichting* (°)	spreadig (°)	r (-)	H _{noI} (m)	T _p (s)	S _{op} (-)
T01	0.716	lang	0	5	0.61	0.13	2.56	0.01	0	7	0.73	0.11	2.58	0.01
T02	0.716	kort	5	18	0.73	0.11	2.48	0.01	0	13	0.68	0.11	2.50	0.01
T03	0.700	lang	0	4	0.45	0.15	2.22	0.02	0	5	0.50	0.13	1.99	0.02
T04	0.700	kort	5	16	0.50	0.13	2.16	0.02	0	16	0.48	0.13	2.16	0.02
T05	0.644	lang	0	7	0.33	0.13	1.60	0.03	-9	5	0.32	0.14	1.47	0.04
T06	0.644	kort	5	18	0.31	0.13	1.45	0.04	0	18	0.31	0.13	1.45	0.04
T07	0.700	lang	9	4	0.54	0.13	2.49	0.01	9	4	0.42	0.13	2.17	0.02
T08	0.700	kort	9	16	0.53	0.13	2.16	0.02	9	16	0.45	0.13	2.16	0.02
T09	0.644	lang	14	5	0.28	0.13	1.45	0.04	5	4	0.32	0.13	1.46	0.04
T10	0.644	kort	14	19	0.31	0.14	1.41	0.04	5	17	0.30	0.13	1.45	0.04
T11	0.700	lang	23	4	0.51	0.15	2.02	0.02	14	5	0.36	0.14	2.10	0.02
T12	0.700	kort	23	19	0.53	0.14	2.11	0.02	18	17	0.43	0.14	2.16	0.02
T13	0.644	lang	18	5	0.30	0.13	1.41	0.04	18	5	0.28	0.14	1.44	0.04
T14	0.644	kort	23	22	0.35	0.14	1.44	0.04	14	19	0.29	0.14	1.38	0.05
T15	0.716	lang	36	9	0.60	0.13	2.41	0.01	32	9	0.38	0.12	2.41	0.01
T16	0.716	kort	32	20	0.70	0.12	2.54	0.01	32	21	0.53	0.11	2.48	0.01
T17	0.716	lang	32	6	0.51	0.15	2.33	0.02	32	7	0.31	0.13	2.32	0.02
T18	0.716	kort	32	19	0.49	0.14	2.08	0.02	27	20	0.40	0.14	2.15	0.02
T19	0.644	lang	27	6	0.44	0.13	1.50	0.04	32	7	0.27	0.13	1.46	0.04
T20	0.644	kort	27	21	0.39	0.13	1.39	0.04	27	23	0.30	0.13	1.40	0.04
T21	0.644	lang	45	13	0.45	0.11	1.67	0.02	41	11	0.29	0.10	1.71	0.02
T22	0.644	kort	41	25	0.53	0.10	1.79	0.02	36	24	0.38	0.10	1.75	0.02
T23	0.623	lang	45	14	0.41	0.10	1.16	0.05	36	12	0.25	0.10	1.21	0.04
T24	0.623	kort	41	25	0.38	0.10	1.26	0.04	36	26	0.28	0.11	1.23	0.05
T25	0.716	lang	50	13	0.31	0.10	2.02	0.02	50	14	0.34	0.09	2.12	0.01
T26	0.716	kort	54	26	0.48	0.11	2.44	0.01	45	30	0.39	0.10	2.36	0.01
T27	0.644	lang	50	18	0.33	0.10	1.91	0.02	50	12	0.33	0.10	1.99	0.02
T28	0.644	kort	54	29	0.31	0.11	1.77	0.02	45	29	0.27	0.10	1.72	0.02
T29	0.623	lang	54	18	0.31	0.10	1.37	0.03	50	14	0.31	0.10	1.22	0.04
T30	0.623	kort	50	30	0.28	0.11	1.23	0.05	50	27	0.27	0.11	1.24	0.04
T31	0.644	lang	72	10	0.25	0.10	1.54	0.03	68	10	0.26	0.10	1.69	0.02
T32	0.644	kort	72	29	0.22	0.10	1.73	0.02	68	25	0.34	0.09	1.87	0.02
T33	0.623	lang	72	9	0.23	0.11	1.21	0.05	68	7	0.22	0.11	1.18	0.05
T34	0.623	kort	72	26	0.25	0.11	1.21	0.05	68	21	0.38	0.10	1.22	0.04
T35	0.644	lang	90	6	0.21	0.09	1.81	0.02	86	7	0.30	0.10	1.82	0.02
T36	0.644	kort	86	11	0.29	0.09	1.57	0.02	86	12	0.43	0.10	1.82	0.02
T37	0.623	lang	90	5	0.26	0.09	1.23	0.04	86	7	0.48	0.10	1.11	0.05
T38	0.623	kort	86	11	0.33	0.09	1.14	0.05	86	14	0.55	0.10	1.10	0.05

* golfrichting is ten opzichte van de normaal van de dijk

Tabel 8 Gemeten inkomende golfcondities voor beide golfrichtingspreidingsmeters (GRSM's)

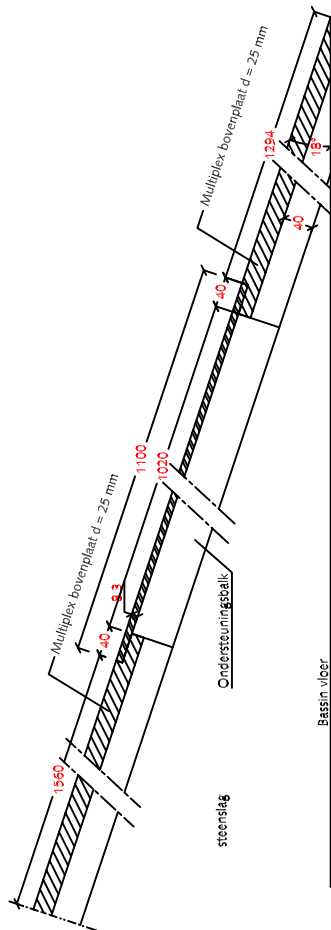
B Figuren

Vinje bassin
 tot. opp. = 1620 m²
 muurhoogte vanaf modelvloer = 1,2 m
 modelvloer = ZZhalvloer + 130 mm

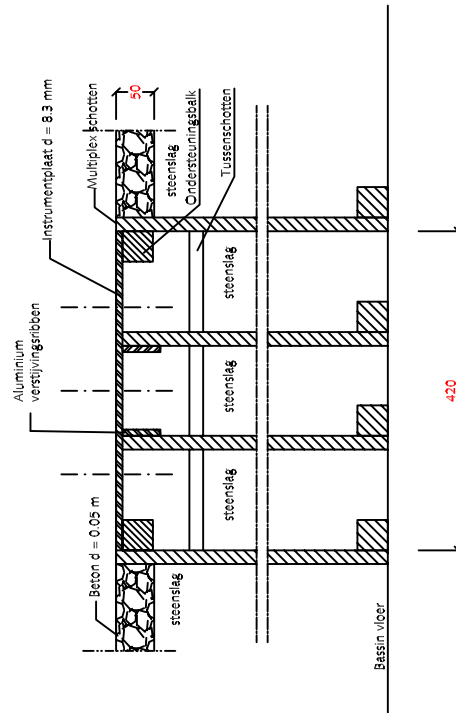


Modelopstelling in het Vinjé-bassin
 Locatie van de constructie en golfhoogtemeters

BY: ck
 Date: 20-11-03



DOORSNEDE A-A



DOORSNEDE B-B

Doorsnede A-A en Doorsnede B-B

maten in mm

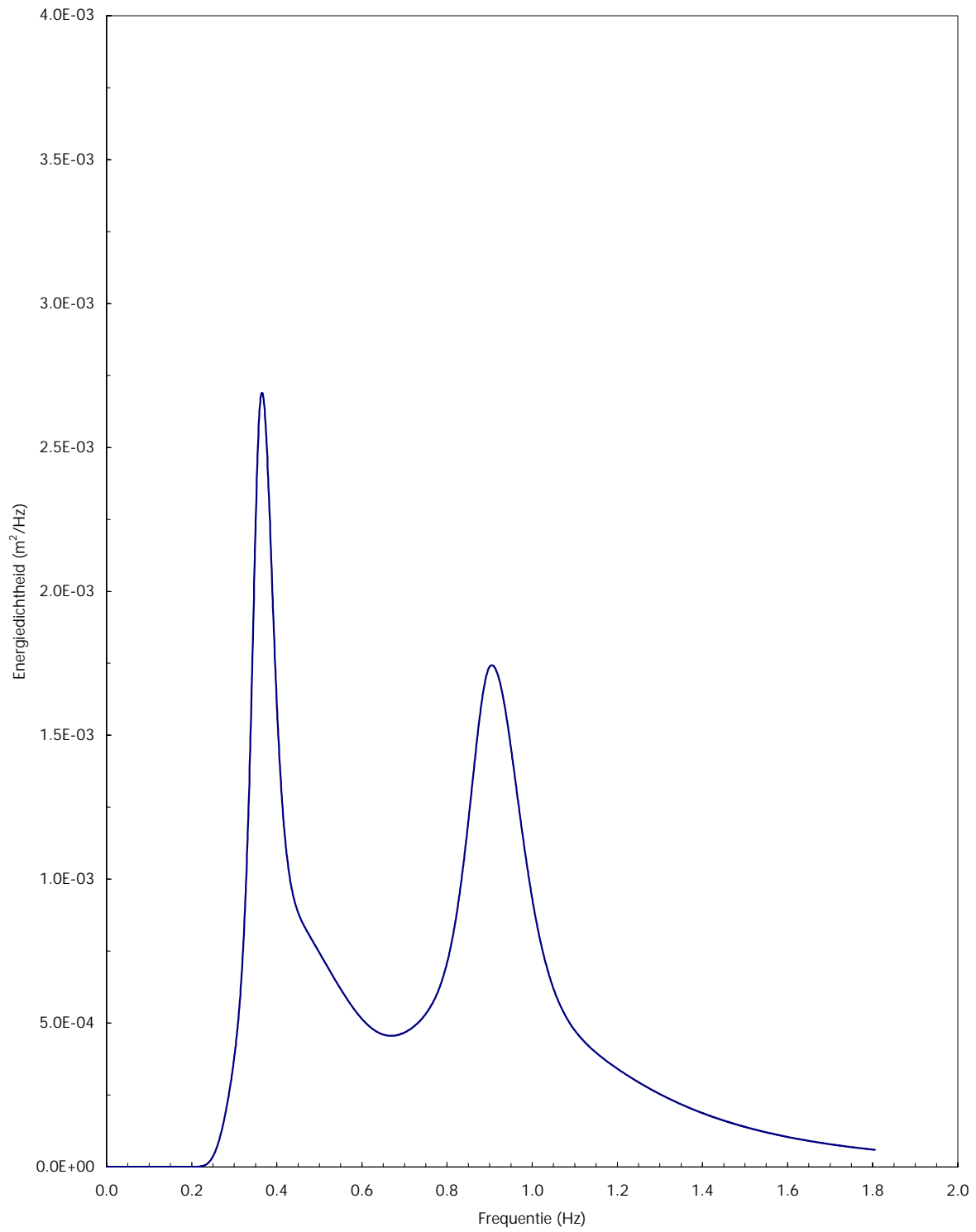
BY: ck

Date: 01-12-03

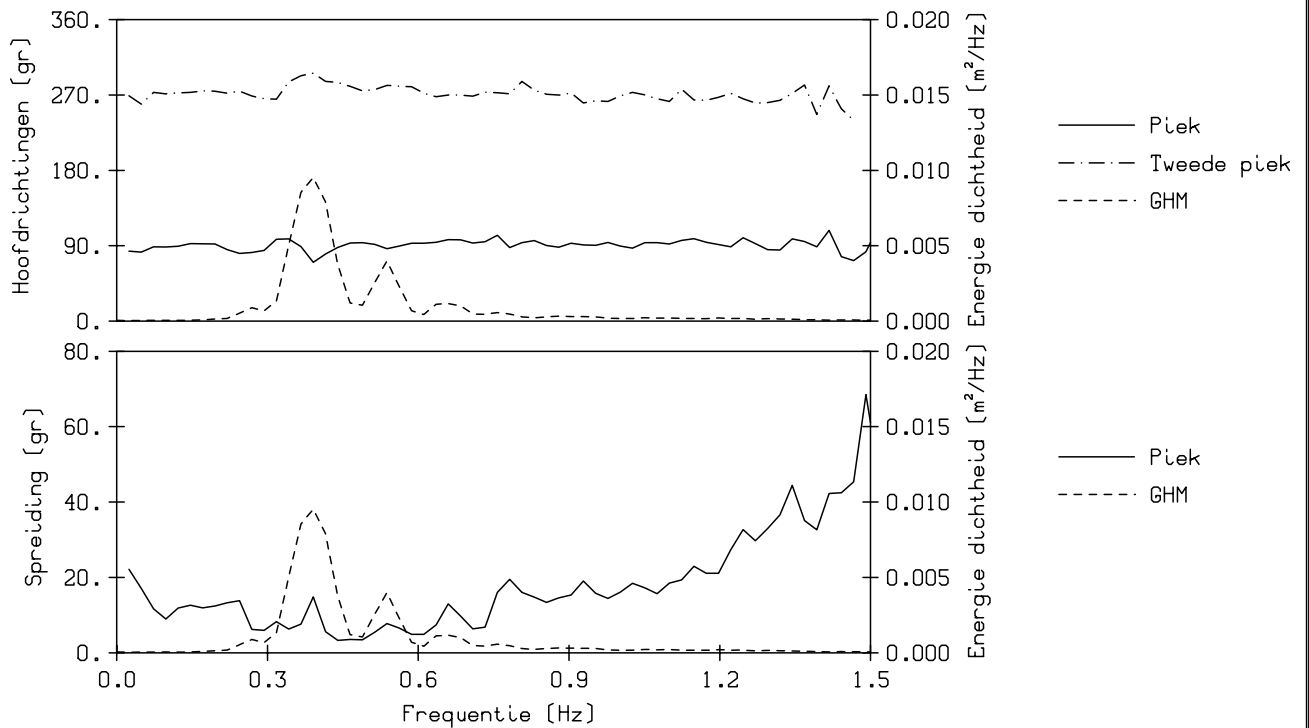
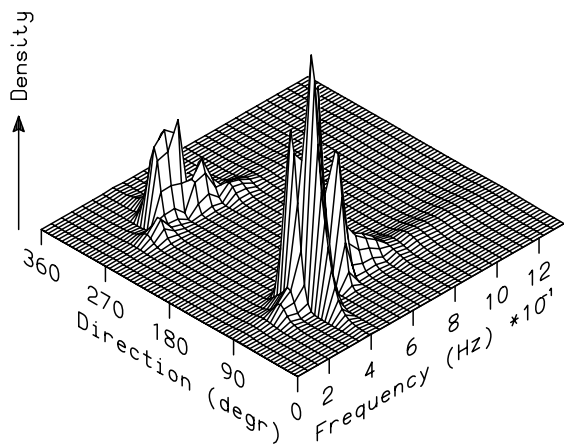
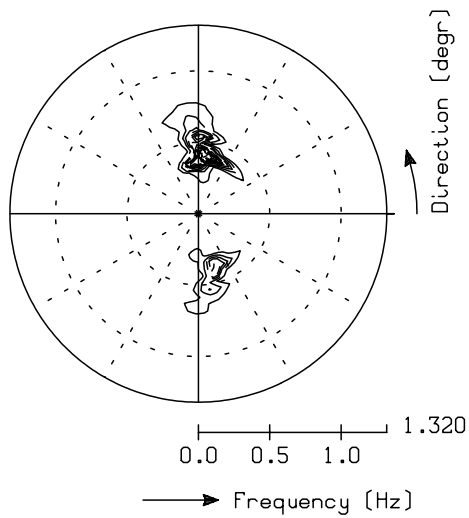
WL| Delft Hydraulics

H 4329

FIG. 2



Voorbeeld van het gebruikte dubbeltoppige spectrum



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSM01]

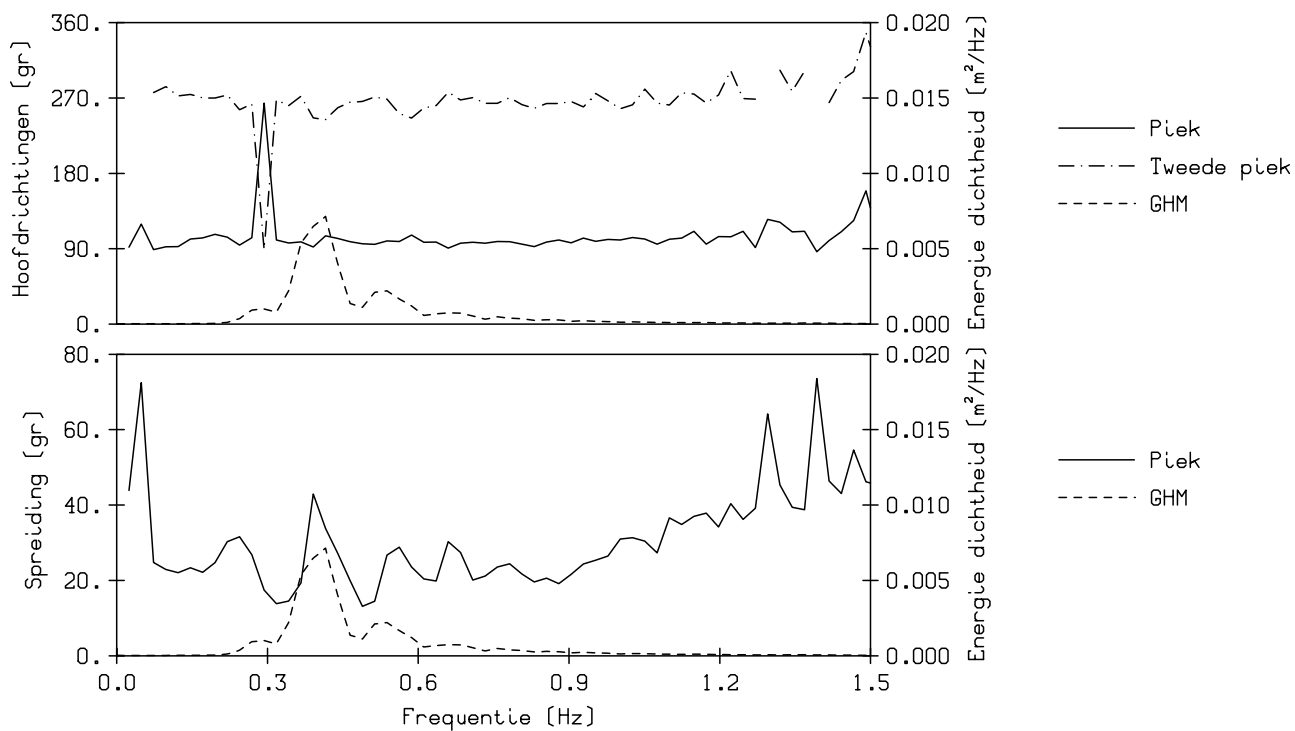
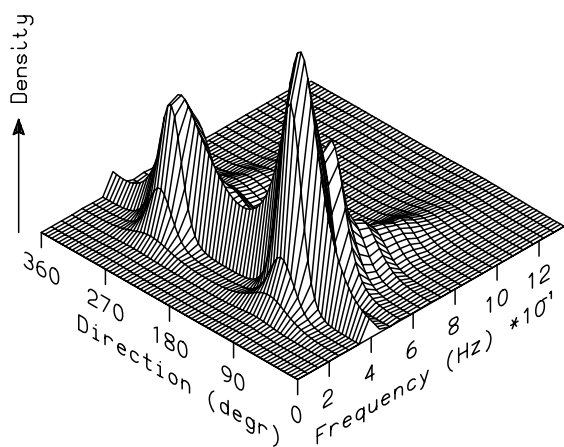
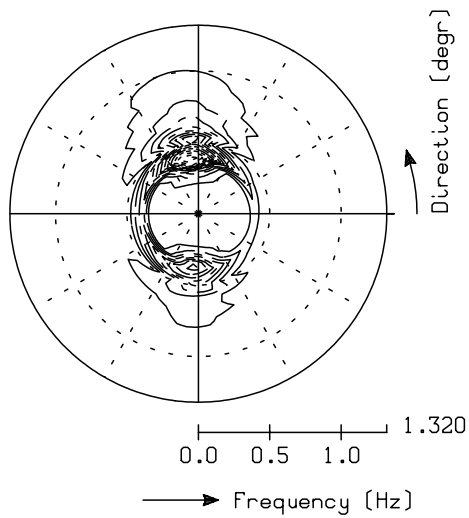
T01

LANGKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 05



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSM01]

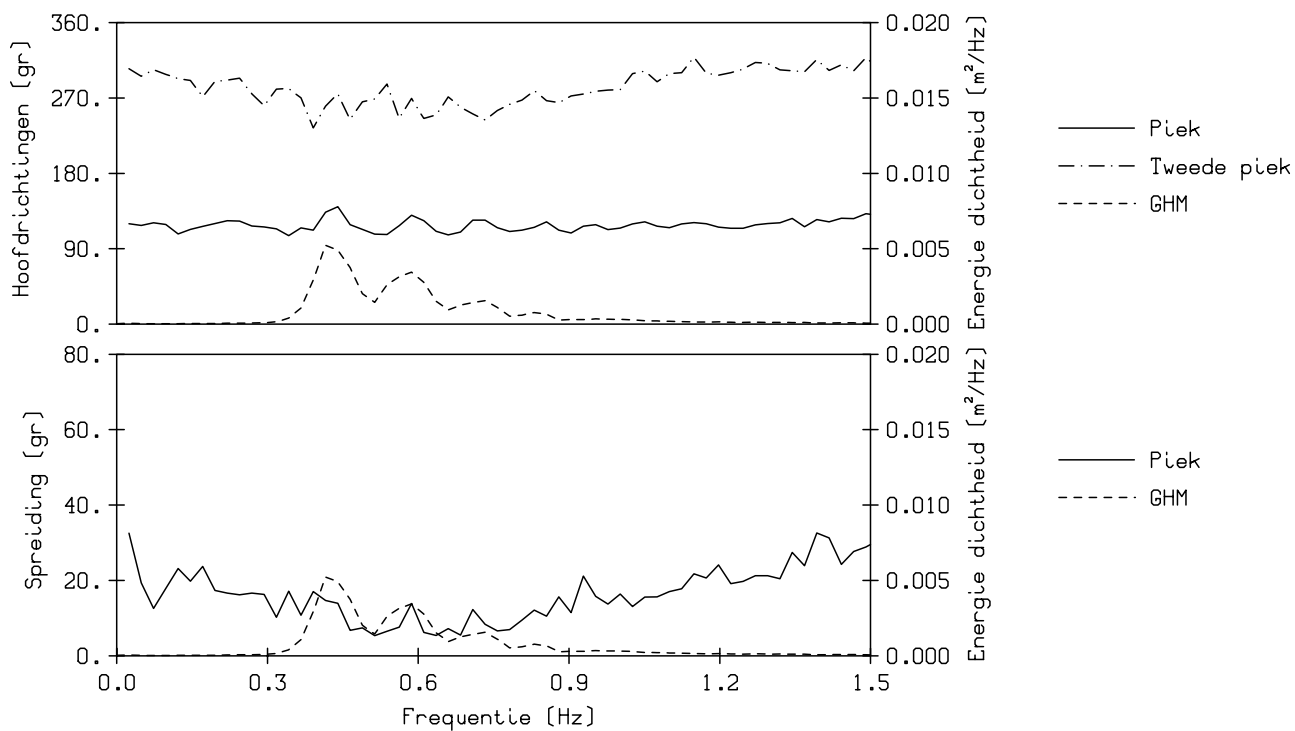
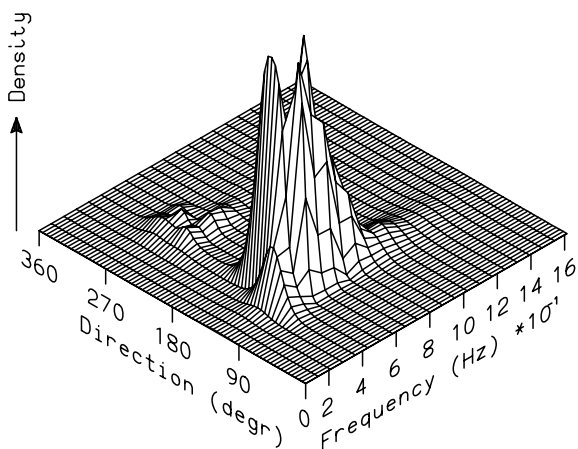
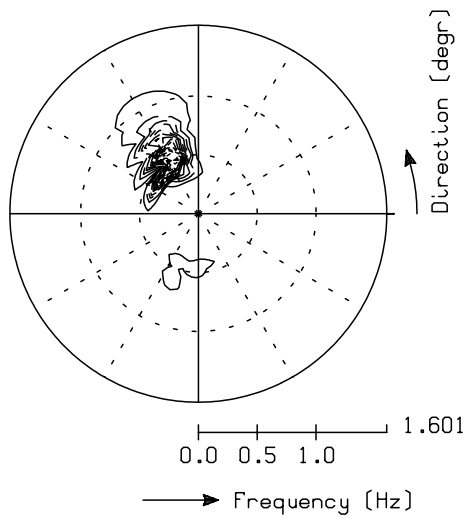
T02

KORTKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 06



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSM02]

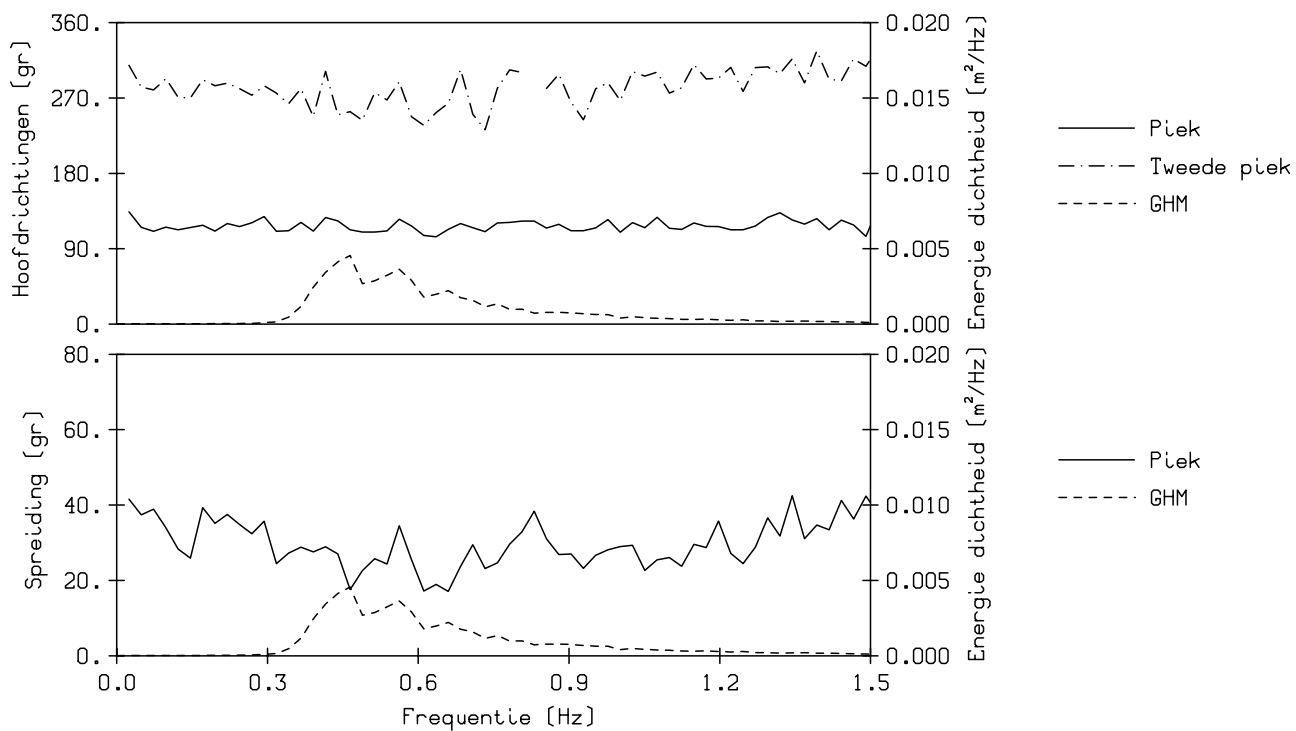
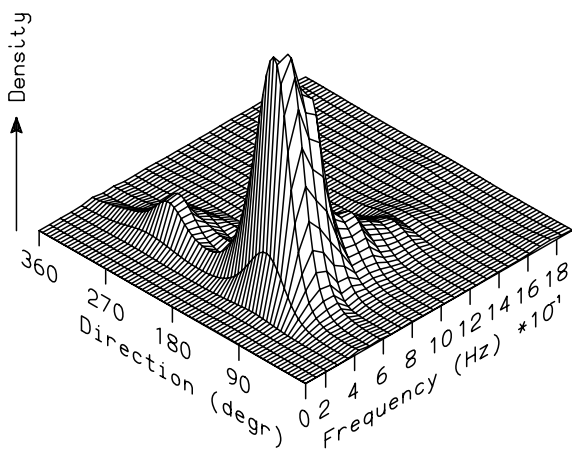
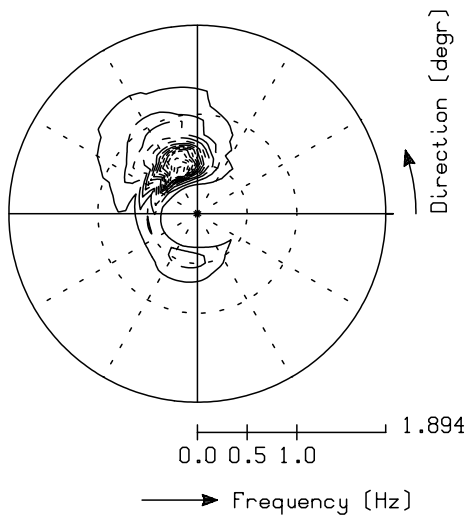
T17

LANGKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 07



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSM02]

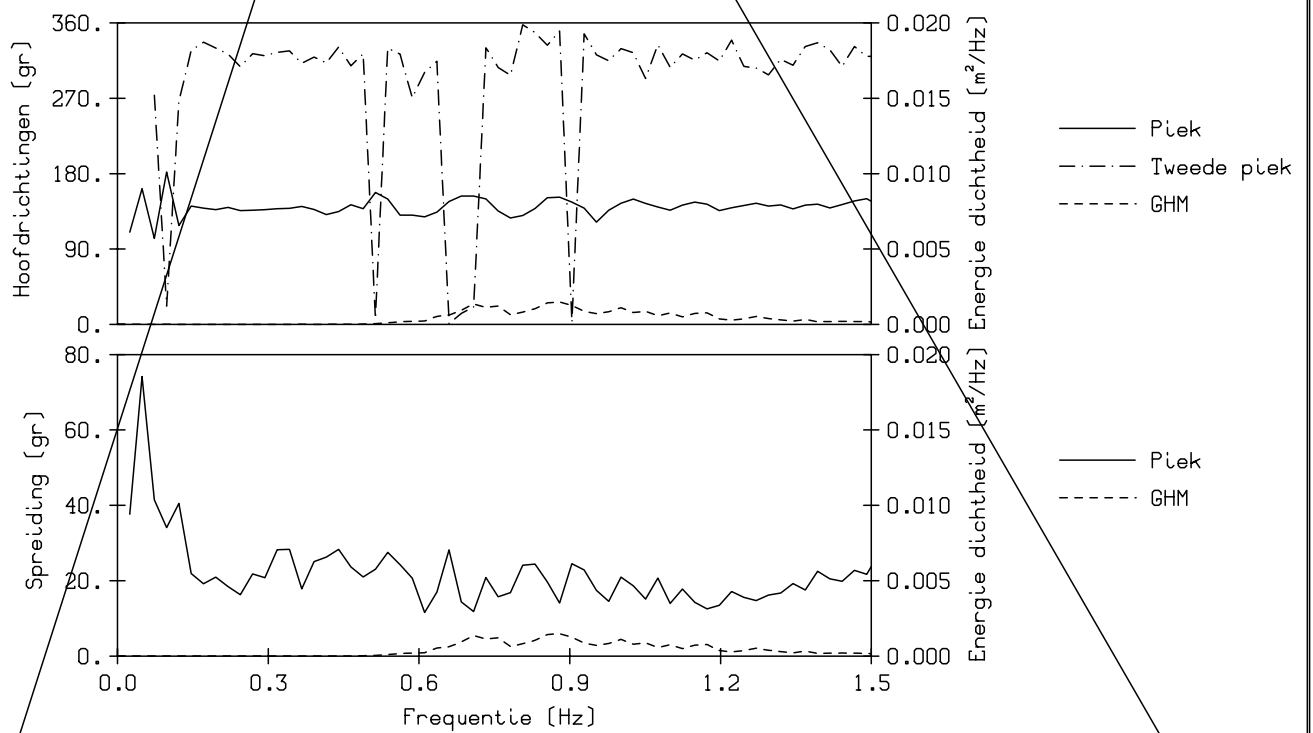
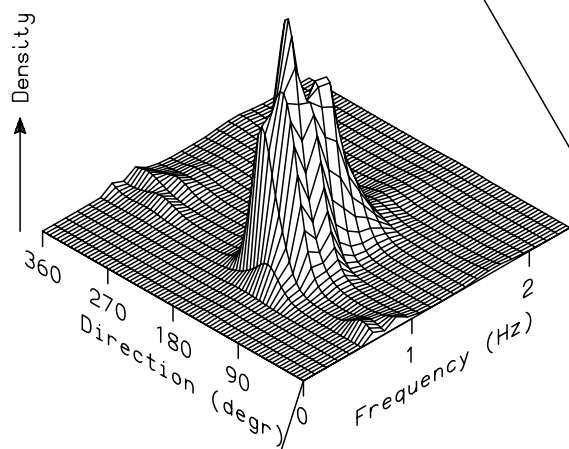
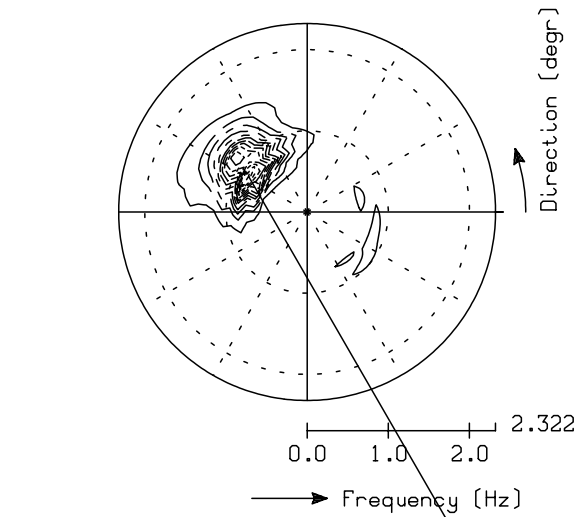
T18

KORTKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 08



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSMO2]

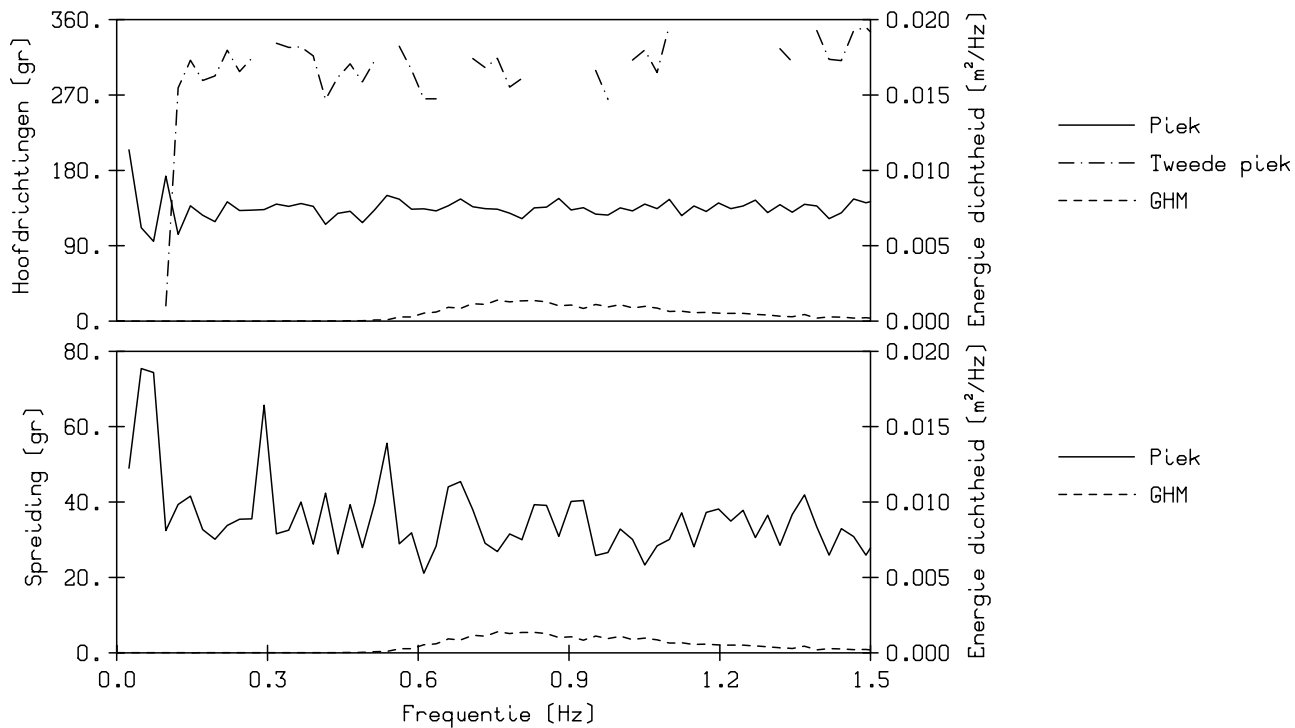
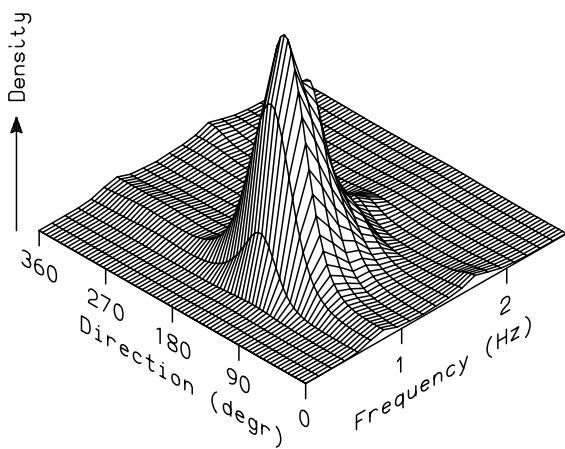
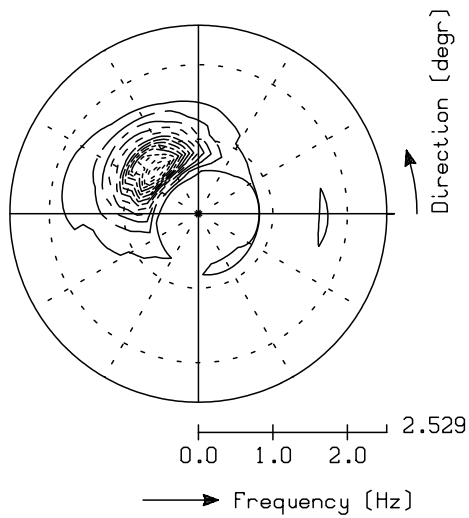
T29

LANGKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 09



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSM02]

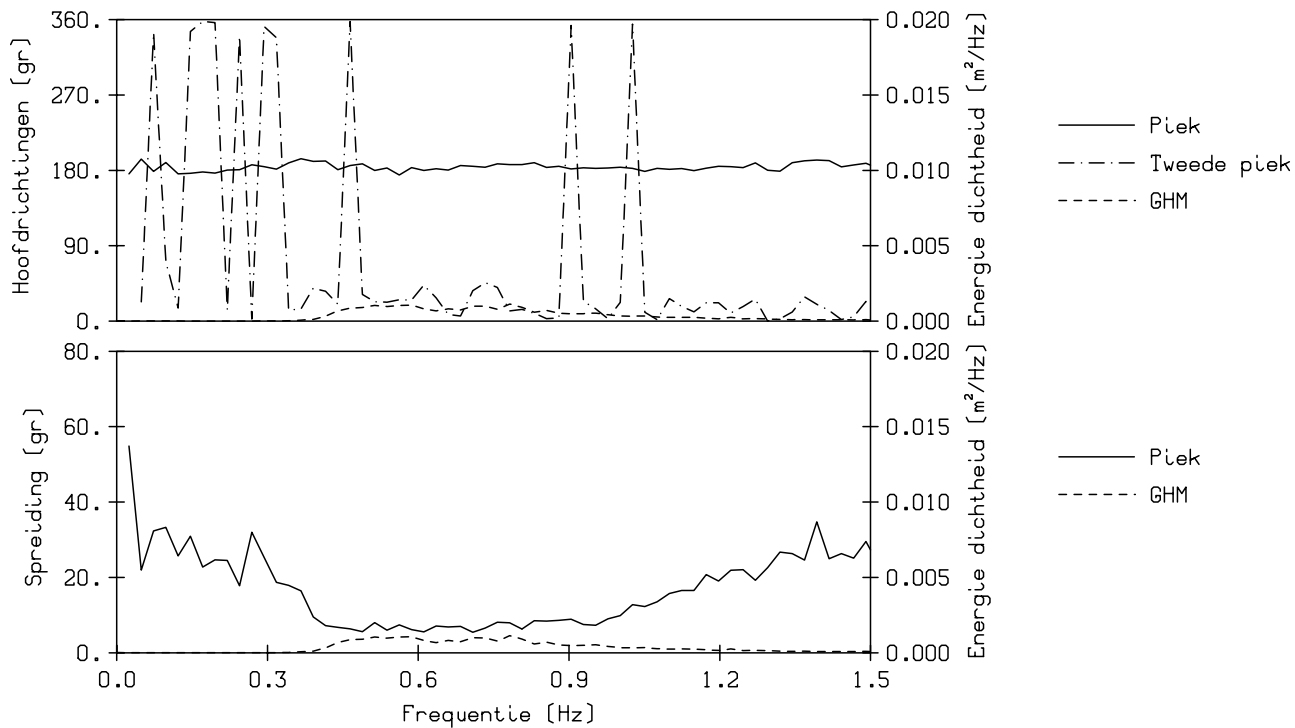
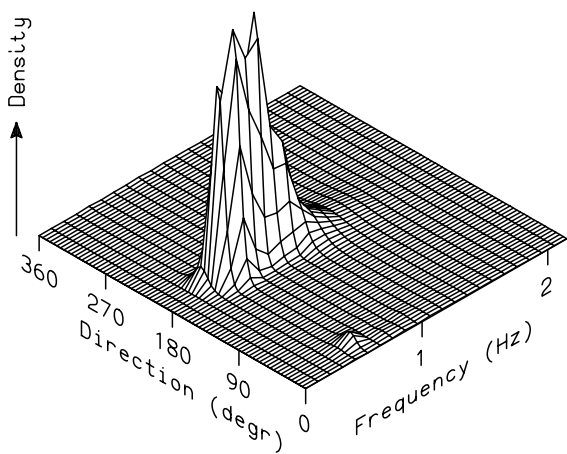
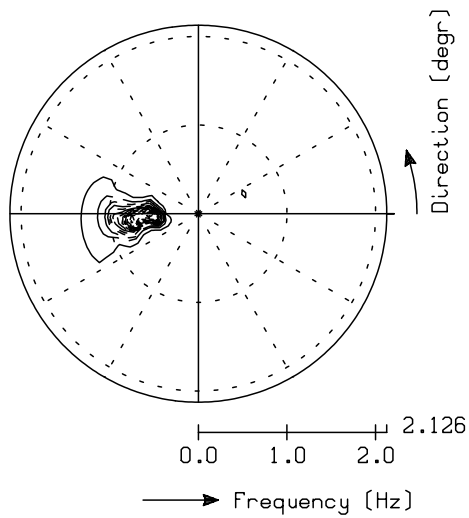
T30

KORTKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 10



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSM01]

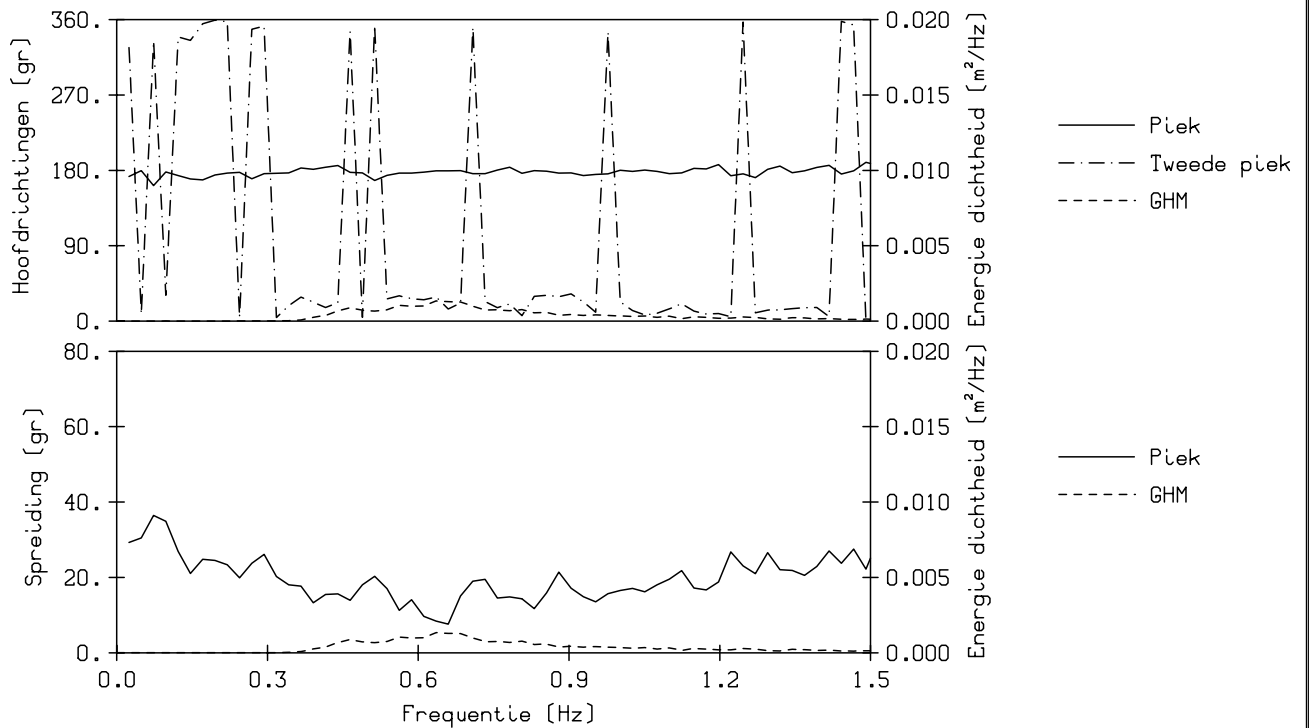
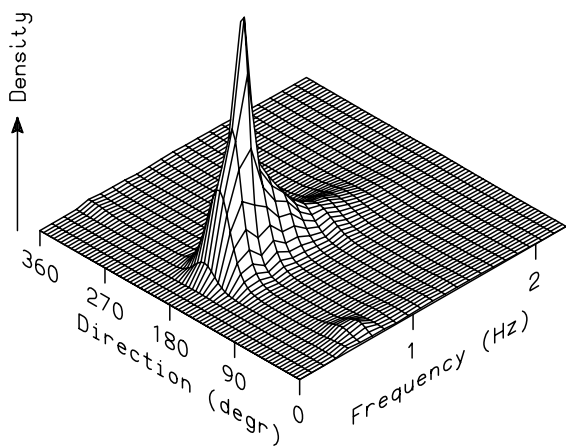
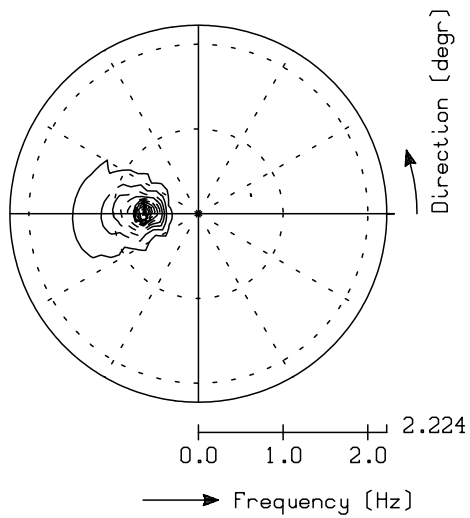
T35

LANGKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 11



GEMETEN GOLFRICHTING EN RICHTINGSPREIDING
[GRSM01]

T36

KORTKAMMIG

DELFT HYDRAULICS

H4330

FIG. 12

C Foto's



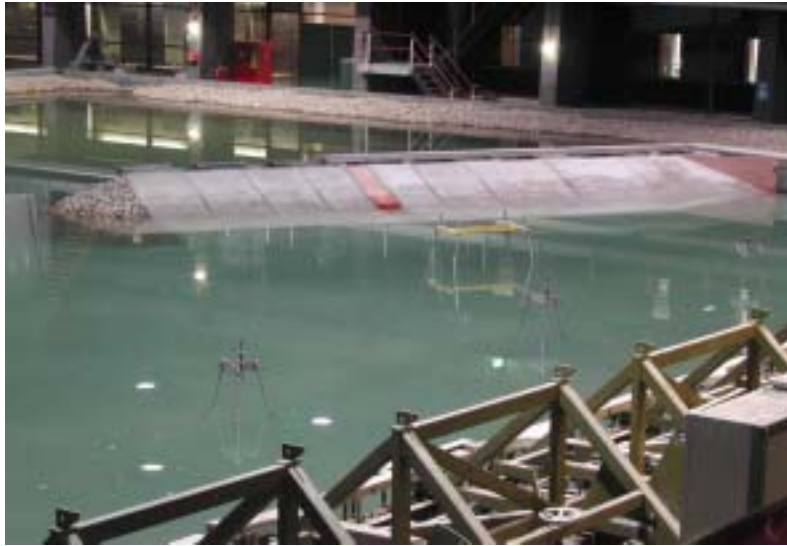
Stellen van de mallen

Aanbrengen van de cementmortel



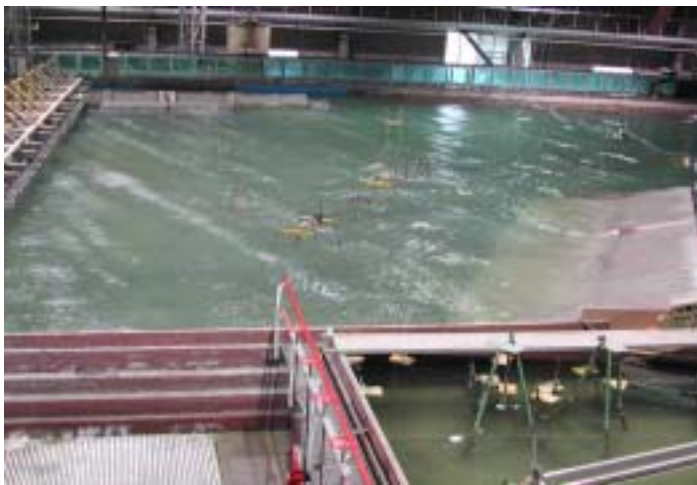
Aanbrengen van instrumentplaat

Bouw van het model



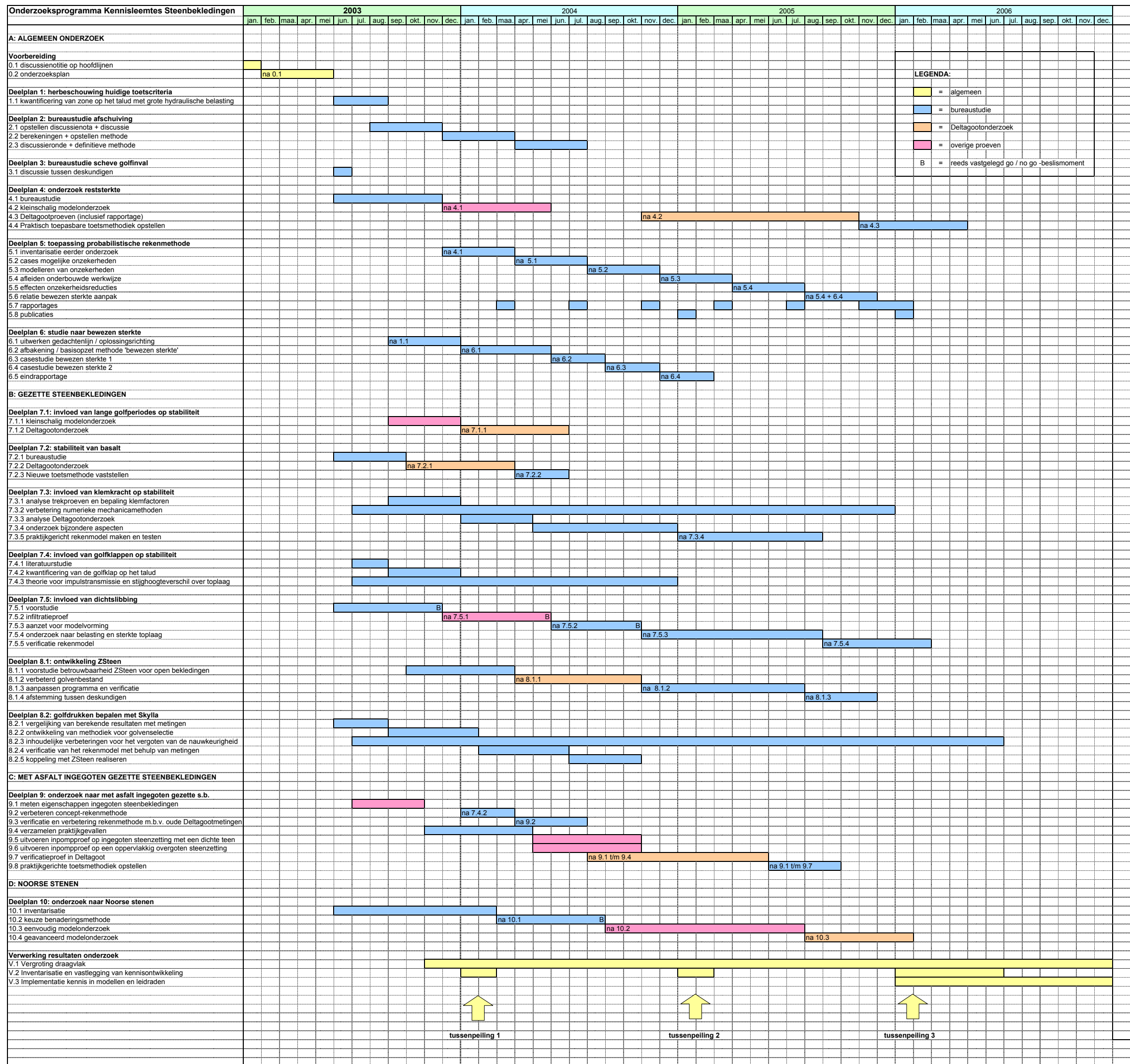
Model met water

Golven loodrecht op de constructie



golven 50° t.o.v. de constructie

Tijdens de proeven



LEGENDA:

- = algemeen
- = bureaustudie
- = Deltagootonderzoek
- = overige proeven
- B = reeds vastgelegd go / no go -beslismoment

**D Overzicht van het onderzoeksprogramma
“kennisleemtes steenbekledingen”**