



Amsterdam, 2004

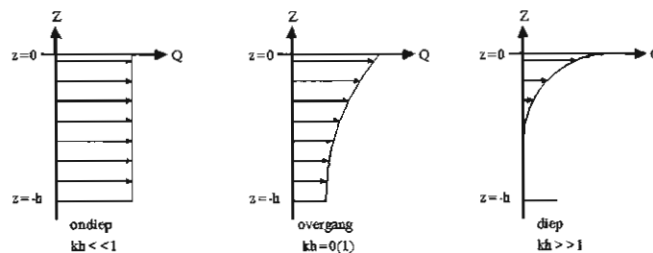
## Dutch Floating Breakwater Technology

ir. D. Tirimanna, directeur FDN ENGINEERING BV.  
 Laan van Vlaanderen 333 1066 WB Amsterdam tel +31-(0)20-3306260;  
 info@fdn-engineering.nl

### Inleiding

Vandaag aan de dag wordt ter bescherming van havens voornamelijk gebruik gemaakt van vaste golfbrekers. De vraag naar flexibele golfbrekers met als belangrijkste voordelen dat ze makkelijk verplaatsbaar zijn en in grote waterdieptes aangebracht kunnen worden is wereld wijd bij verschillende partijen aanwezig. Verandering van de haven configuratie of verplaatsing van de haven is hierdoor mogelijk en ook qua kosten zijn drijvende golfbrekers economischer, echter wil men meer zekerheid betreffende de werkelijke golfdempingsresultaten van deze drijvende golfbrekers.

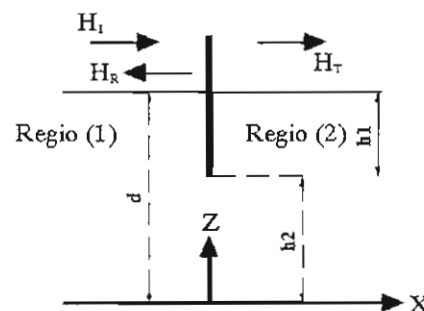
Als civiel technisch ingenieurbureau hebben wij een onderzoek verricht naar de werking van drijvende golfbrekers. Hoe kunnen golven gedempt worden door een drijvende constructie was de basis vraag die we onszelf stelden. Om deze vraag goed te kunnen beantwoorden hebben wij eerst onderzocht wat golven representeren. Hierna is geanalyseerd welke bewegingen een constructie in golven uitvoert en de relatie tussen de invallende golven en de bewegingen van de constructie. Watergolven zijn niets anders dan verplaatsing van energie door de waterdeeltjes, waarbij de bovenste waterdeeltjes op waterlijn niveau in het algemeen meer energie transporteert dan de dieper gelegen waterdeeltjes (zie figuur 1).



Figuur 1 Horizontale component transport van energie door de waterdeeltjes over de waterdiepte van ondiep water tot diepwater  $k = \frac{2\pi}{L_{golf}}$

Als een golf onderweg een constructie tegenkomt kan de golf gereflecteerd worden; geabsorbeerd worden en of gebroken worden door de constructie. Meestal is het een combinatie, waarbij één mechanisme overheerst. Bij een vaste verticale wand bijvoorbeeld overheerst het aspect reflectie van golven. Op het strand is het meer breking van de golven. Breken wil zeggen dat de golven instabiel worden gemaakt en als het ware omklappen. Door turbulentie en geluid wordt dan de golfenergie gedissipeerd. Erosie van de kust door het breken komt ook voor. Een golf breekt (klapt om) als de hoogte van de golf (afstand van top naar dal) in vergelijking met de lengte van de golf te groot wordt. Een talud bijvoorbeeld kan dit omklappen veroorzaken. Afhankelijk van de taludhelling kan er ook reflectie plaatsvinden. Des te flauwer het talud des te minder reflectie en meer breking er plaatsvindt. De vaste golfbrekers werken op dit principe van breking en reflectie. Het absorberen van golfenergie is wat ingewikkelder en heeft een relatie met het reflecteren. Uit de theorie blijkt dat de mate van absorptie en reflectie van de golfenergie afhangt van de eigen frequentie van de constructie t.o.v de frequentie van de inkomende golven. Een vaste wand heeft een hoge eigenfrequentie t.o.v de golven en zal dus energie reflecteren terwijl een slappe drijvende constructie een lage eigenfrequentie heeft en de golfenergie van de invallende golven zal absorberen. Een drijvend object heeft ook verschillende eigenfrequenties waarvan de invloed op de mechanismen mede bepaald worden door de beweging van de waterdeeltjes van de invallende golven.

De vraag rijst al gauw of het niet mogelijk is de energie van de bovenste waterdeeltjes op een of andere manier te reflecteren, te breken of te absorberen door een constructie en hierdoor gebieden te beschermen tegen hinderlijke golven. Dit is namelijk een vereiste voor een haven waar schepen moeten afmeren of waar andere drijvende constructies aanwezig zijn. Het zou dus ook economisch kunnen zijn om een constructie te bedenken die alleen aan de oppervlakte voorkomt en de golfenergie reflecteert, breekt of absorbeert (figuur 2 definitie schets).



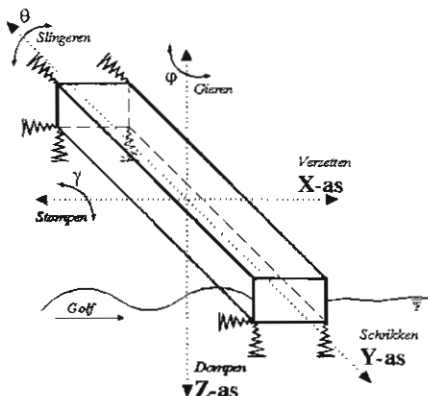
Figuur 2 Definitie schets inkomende golfhoogte, gereflecteerde golfhoogte en de getransmitteerde golfhoogte (passerende golfhoogte). Regio (2) is het te beschermen gebied tegen golven vanuit Regio (1).

### Uitgevoerd onderzoek

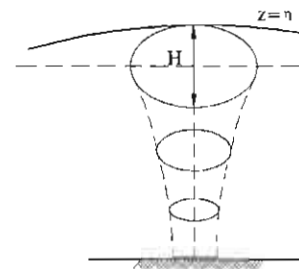
Mede door de interesse van enkele havens en ook havenbouwers hebben wij dit vraagstuk uitvoerig onderzocht in samenwerking met de Technische Universiteit Delft, afdeling voor Scheepshydrodynamica. De vraag hierbij was om uit te zoeken wat de benodigde afmetingen en vorm is van een drijvende golfbreker voor verschillende golfomstandigheden en waterdieptes. Na een vergelijking kwamen wij tot de conclusie dat het materiaal beton in combinatie met polystyreen blokken als beste presteert, vooral vanwege het gewicht en de lage kostprijs. Binnen twee jaar hebben wij door middel van computersimulaties met het computerprogramma DELFRAC die de golfomstandigheden rondom constructies en de golfbelastingen op constructies bepaald; de vormgeving van de benodigde constructie bepaald.

Verschillende havens over de wereld zijn onderzocht op hun golfomstandigheden en hierbij is het dempvermogen met een drijvende golfbreker bepaald.

De golfbelastingen op de blokken zijn tot  $60 \text{ kN/m}^2$  voor waterdiepten tot 10m bij windkracht 12. De werking van de brekers heeft te maken met het creëren van een vorm die veel weerstand veroorzaakt voor transport van golfenergie. Dit is gerealiseerd door de massa verdeling van het element en ook door de waterdeeltjes rondom het element die meebewegen met de constructie (hoge hydrodynamische massa). Het onderzoek betrof ook het analyseren van de bewegingen van een drijvend lichaam in golven. Van de 6 vrijheidsgraden van een drijvend object (zie figuur 3) is afhankelijk van de orbitale beweging (zie figuur 4) van de waterdeeltjes (cirkelvormige beweging die waterdeeltjes afleggen) sommige vrijheidsgraden meer van belang voor het overdragen van de golfenergie op het drijvend object dan andere. Deze bewegingen moeten dan ook beïnvloed worden door de vorm van het object waardoor golfenergie kan worden gereflecteerd, geabsorbeerd of gebroken.



Figuur 3 De 6 vrijheidsgraden van een drijvend object



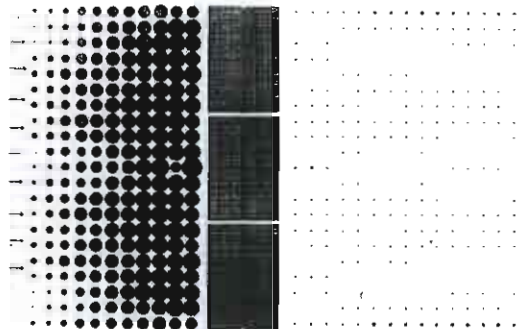
Figuur 4 De orbitale beweging uitgevoerd door waterdeeltjes als een golf met golfhoogte H passeert



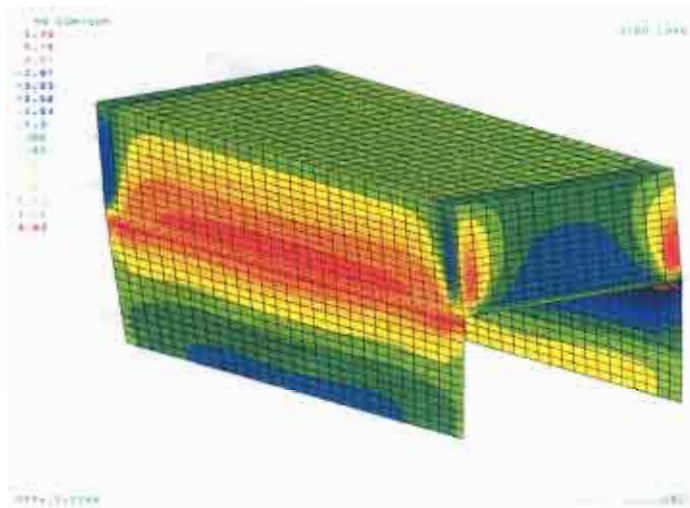
### Dynamische analyse

Als wij de tweedimensionale bewegingen verzetten, dompen en slingeren in het kort analyseren krijgt men een beter inzicht in de parameters die van invloed zijn op de golfdemping.

De relatie van de verschillende twee dimensionale en 3 dimensionale configuraties tot het dempvermogen is onderzocht en in grafieken uitgezet (interne FDN documentatie). (zie figuur 5, uitvoer simulatie programma DELFRAC)  
(zie figuur 6 spanningen in een U-blok onder golfbelasting)



Figuur 5 Uitvoer computer simulatie Delfrac waarbij de golfhoogte voor en achter de drijvende golfbreker d.m.v. de stip grootte wordt aangegeven.



Figuur 6 Spanningen in de U-blok onder golfbelasting STAAD pro uitvoer

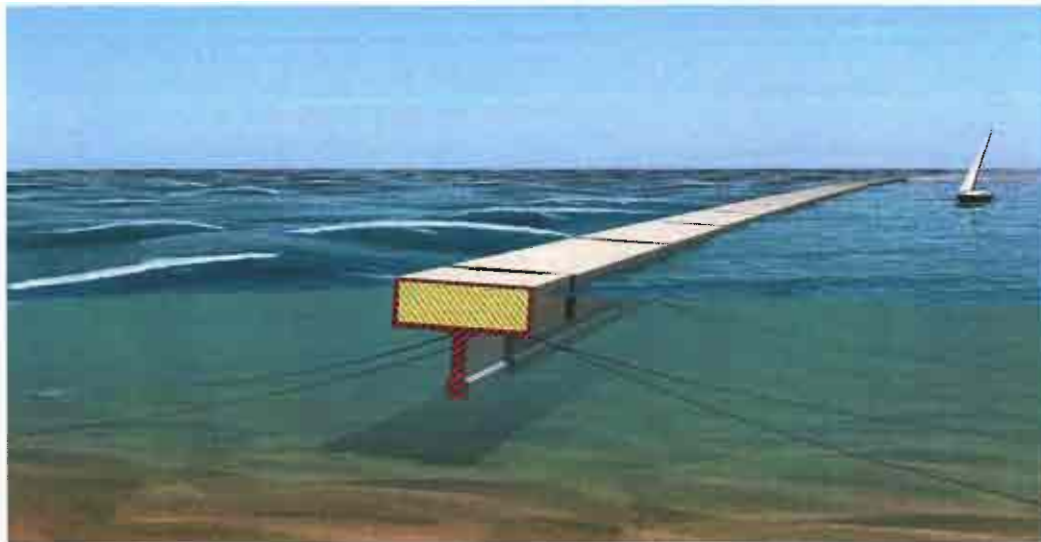
### Ontwerp resultaat

De meest effectieve vormen voor golfbrekers in beton zijn de T-blok (zie figuur 7) en de U-blok vormen (zie figuur 8, U-Blokken gebouwd voor de Messolonghi haven in Griekenland, gewicht 140 ton per stuk). We kunnen nu met deze twee standaard



ontwerpen de meest voorkomende golfomstandigheden in verschillende waterdiepten aan. De standaard elementen hebben een lengte van 25 m en een variabele breedte en hoogte afhankelijk van de golfomstandigheden en de benodigde demping. Bij normale omstandigheden is de demping van de golven bijna volledig en tijdens een storm tot 90 %.

Deze hoge demping is alleen mogelijk door optimale plaatsing van de elementen onder een bepaalde hoek met de invallende golven. Meestal is bekend uit welke richting de maatgevende stormgolven voorkomen; hierdoor is de meest optimale configuratie van de golfbreker te bepalen. De kosten voor de constructie is afhankelijk van de golfcondities en de waterdiepte. De horizontale verankering van de breker kan plaatsvinden d.m.v. stalen palen of in diepwater d.m.v een kabel verankering.



Figuur 7 T-Blokken impressie 140 tons blokken

Het door ons ontwikkeld produkt is toegepast in de Messolonghi haven in Griekenland Door de ontwikkelingen ook in Nederland betreffend het drijvend wonen zien wij een goede toekomst voor ons product, waarbij tegen geringe kosten gebieden beschermd kunnen worden tegen hinderlijke golven. In figuur 9 zie je onze team van werknemers die de blokken produceren op locatie in Griekenland (figuur 9).

#### Conclusie

Door het vraagstuk golfdemping vanaf de basis te analyseren zijn wij gekomen tot een ontwerp voor een flexibele betonnen golfbreker die op een economische en veilige manier gebieden in zowel diep als ondiep water beschermt tegen golven. Het ontwerp is veel economischer dan de bestaande vaste golfbrekers doordat de constructie niet over de volledige diepte hoeft te worden aangelegd en voldoende veilig is door de uitvoerige simulaties en ook praktijkproeven die zijn verricht.



Referenties:

-Messolonghi floating breakwater, FDN Engineering & Consultancy B.V. 2004

### **Photo galerie bouw drijvende golfbreker elementen in Griekenland 2004**



Ontwikkelde Flexibele rubberen koppelingen tussen drijvende breker elementen



Maken van de bekisting van 25 m lengte elementen



Aanvoer van de wapening



Vlechten van de wapening



Wapening locatie ankers



Storten van de bovenzvloer (elementen worden onderste boven gemaakt)





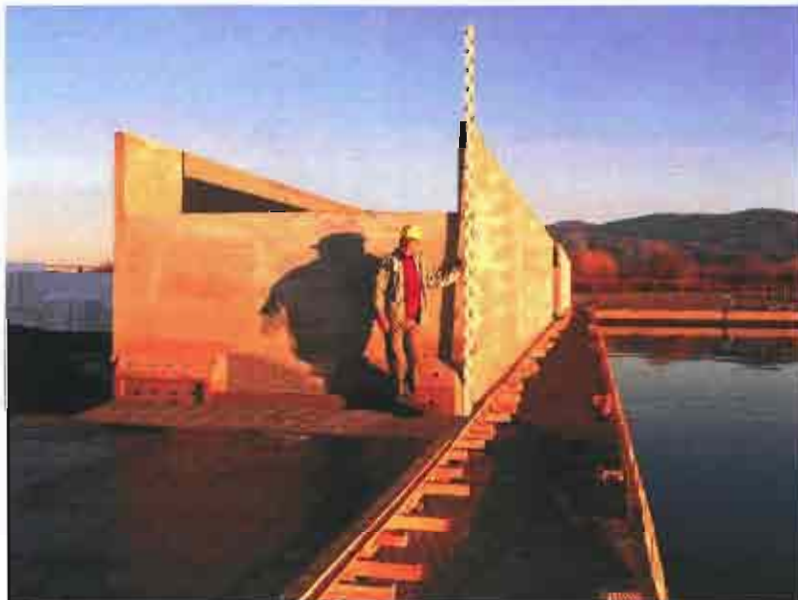
Op maat gesneden polystyreen blokken



Plaatsen polystyreen blokken



Storten beton op polystyrene blokken



Afgebouwd 2 elementen (25m elk) op de wal



Afgebouwde elementen ter lengte van 200m



Hijzen elementen in het water



Plaatsen elementen 140 ton in het water



Kantelen elementen in het water





Elementen wachten op versleping naar locatie



Drijvende golfbreker tijdens een storm windkracht 10 (bijna volledige demping van de golven)

