

**H**alf juni verscheen de eerste Zeekrant, een jaarlijkse zomerkant op grote oplage gedrukt en verspreid aan de kust. De krant is gratis te verkrijgen in alle bibliotheken, toeristische diensten, openbare besturen en bezoekerscentra aan zee, en bevat een veelheid aan prikkelende weetjes over onze Noordzee. Deze nieuwe publicatie van het Vlaams Instituut voor de Zee en de Provincie West-Vlaanderen kadert in een groter, gestructureerd initiatief van de Vlaamse overheid om via een 'Actieplan Wetenschapsinformatie' onderzoek en kennis beter toegankelijk te maken voor brede lagen van de bevolking. Binnen dit actieplan kreeg het VLIZ de taak om zee- en kustkennis dicht bij de mensen te brengen en ook specifiek naar het onderwijs toe allerlei activiteiten te ontwikkelen. In dit kader ontwikkelt het VLIZ o.a. digitale lespakketten voor het secundair onderwijs, informatieve filmpjes, foto- en affichereeksen, en probeert het actief bij te dragen aan de samenwerking tussen alle zee-actoren die educatie hoog in het vaandel dragen. Immers, samen met de Vlaamse overheid zijn wij ervan overtuigd dat het prikkelen van de nieuwsgierigheid een eerste en zeer belangrijke stap is om een dynamische en creatieve omgeving te scheppen en jonge mensen warm te maken voor wetenschappelijke en technologische studierichtingen en beroepen.

Ook deze Grote Rede past in dit plaatje. Meer dan duizend Belgische zee- en kustwetenschappers werken zich immers dagelijks uit de naad om de processen die zich afspelen in en aan zee te doorgronden via onderzoek en studie. Als belastingbetaler heb je niet alleen het recht op inzage in deze onderzoeksrapporten, het is ook aan de overheid om ervoor te zorgen dat deze kennis op een leesbare en verteerbare wijze tot bij jou komt. En dat proberen we met de zelfschrijvende Grote Rede redactie van meer dan 30 professionals. Daarbij zoeken we vaak het vernieuwende op. Getuige de bijdrage door de ingenieurs van de afdeling Weg- en Waterbouwkunde van UGent en afdeling Kust van het Vlaams agentschap MDK, over de mogelijkheden om golfenergie te winnen in de Noordzee. Het mag best ook wel wat uitdagend zijn, zoals de bijdrage over 'Haaien in de Noordzee?', gebracht door Daan Delbare van ILVO-Visserij of praktisch gericht, zoals het artikel van de hand van An Cliquet, inzoomend op wat mag en niet mag op ons deel van de Noordzee. Heb je een voorkeur voor kortere bijdragen? Geen probleem, stukjes over eikapsels van haaien, schelpdieren in verrukkelijke zeegerechten, ontzilten van zeewater of de strandwaterkwaliteit geven voor elk wat wils. Afsluiten doen we zoals steeds met interessante korte berichtjes 'In de Branding' en met de verklaring van twee zeetermen: 'Balandbank' en 'lij-/loefzijde'. Hoeft het nog gezegd? We wensen jullie allen een zonnige, zilte zomer met een vleugje nieuwsgierigheid naar wat die zee allemaal te verbergen heeft!

## INHOUD

- Golfenergie: groene energie uit de zeegolven 2
- Wat mag en mag niet op zee? 9
- Naar de haaien? 15
- Cis de strandjutter - Zeemeermintasjes uit vervlogen tijden 21
- De vruchten van de zee - Koken met schelpdieren "alla vongole" 22
- Stel je zeevraag - Kun je drinkwater uit zeewater winnen? 23
- De Kustbarometer - Strandwaterkwaliteit 24
- Kustkiekjes 25
- Zeewoorden verklaard: 'Balandbank' & 'lij/loef' 26
- In de branding 29

# Golfenergie: groene stroom uit de zeegolven

Griet De Backer<sup>(\*)</sup>, Charlotte Beels<sup>(\*)</sup>, Tina Mertens<sup>(\*\*)</sup> & Lander Victor<sup>(\*)</sup>

<sup>\*</sup> Universiteit Gent, afdeling Weg- en Waterbouwkunde, Technologiepark 904, 9052 Zwijnaarde

<sup>\*\*</sup>Agentschap Maritieme Dienstverlening & Kust, afdeling Kust, Vrijhavenstraat 3, 8400 Oostende

In een tijd waarin iedereen op zoek lijkt naar nieuwe en duurzame energievormen, komen ook zeeën en oceanen meer en meer in de schijnwerpers te staan. De eerste offshore windparken staan er al, maar wat mogen we verwachten van het gebruik van getijden, golfkracht of verschillen in watertemperatuur als bron voor verse energietoevoer? Wij kozen er alvast één aspect uit en geven je een overzicht van de stand van zaken m.b.t. het winnen van energie uit oceaangolven. Aan jou om te oordelen of ook de Noordzee hierin een rol kan spelen.

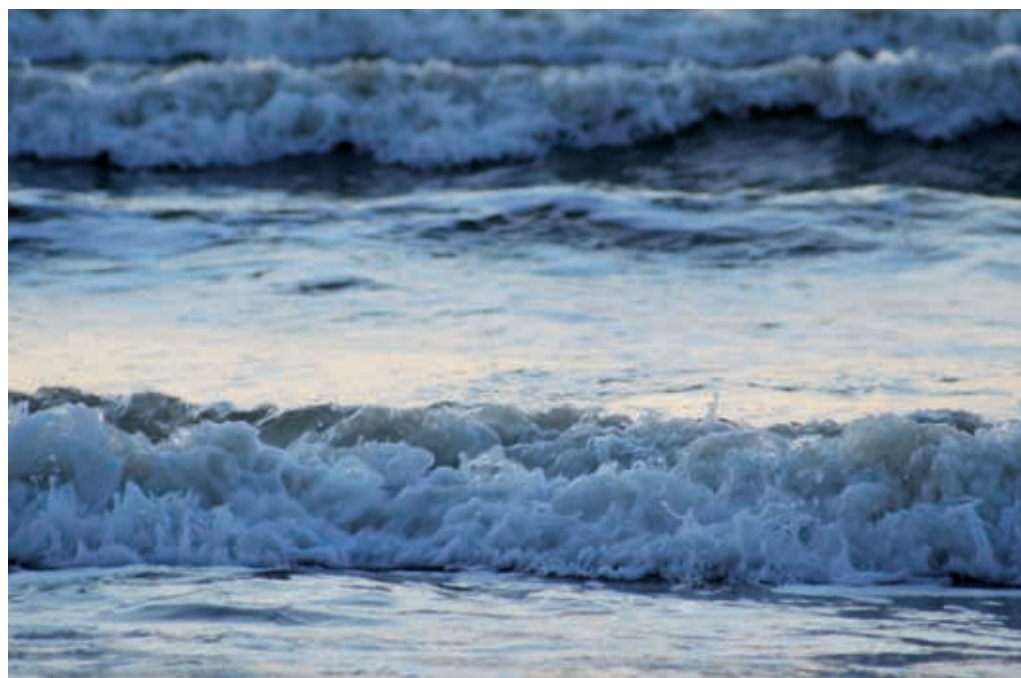
## Wat u misschien al wist

In Europa groeit het energieverbruik met 1 à 2% per jaar. Nu al is Europa voor 50% van haar energiebehoeften afhankelijk van niet-EU-lidstaten. De Europese Commissie voorspelt dat deze afhankelijkheid tot 70% zal gestegen zijn in 2030 [1a]. Die energie-invoer betreft bijna uitsluitend fossiele brandstoffen (aardolie, aardgas en steenkool). Enerzijds is de voorraad hiervan hoe dan ook eindig en anderzijds zijn de fossiele brandstoffen mede verantwoordelijk voor het broeikaseffect. Fundamenteel zijn beide elementen even belangrijk, toch wordt meestal de nadruk gelegd op de klimaatverandering en het daaraan gelinkte Kyoto-protocol. Naar schatting zullen de reserves aan aard-

olie binnen 40 jaar op zijn, de reserves aardgas binnen 60 jaar en deze voor steenkool binnen iets meer dan 200 jaar. De prijs van fossiele brandstoffen kan ongekende hoogten bereiken wanneer het systeem van vraag en aanbod ontwricht is. Ook nucleaire energie zit in een lastig parket. De publieke opinie is zeer sceptisch: kerncentrales houden immers een mogelijk gevaar in en de berging van radioactief afval blijft alsnog een zorgenkind.

## Een hernieuwbaar spel van wind en golven

Naar aanleiding van de klimaatconferentie van 1997 in Kyoto besloot de Europese Unie haar aandeel in hernieuwbare energie op te krikken naar 12% tegen 2010. Intussen bereikten de EU-leiders een nieuw akkoord met als doel tegen 2020 tot 20% van de Europese energievoorziening uit hernieuwbare bronnen te putten [2]. In België leverden hernieuwbare energiebronnen in 2005 een bijdrage van nog geen 2% tot de elektriciteitsproductie [1b]. Een inhaalmanoeuvre is dus aan de orde. De eerste stappen van deze inhaalbeweging zijn reeds gezet met o.a. de bouw van 60 offshore windturbines van elk 5 MW door het consortium C-Power. Deze windmolens zullen naar verluidt instaan voor een jaarlijkse productie van 1000 GWh.



Een dergelijke productie stemt overeen met het jaarlijks verbruik van ongeveer 600.000 inwoners [3]. Ondanks het feit dat windenergie vaak in de kijker staat, biedt golfenergie een aantal voordelen t.o.v. windenergie. Zo zijn golfenergie-convertoren veel minder zichtbaar. De systemen komen hooguit enkele meters boven water uit, terwijl windmolens veel hoger reiken. De windmolens die op de Thorntonbank geïnstalleerd worden, zullen ongeveer 157m boven het wateroppervlak steken (afstand tussen top van de wieken en zeeniveau). Bovendien zijn er bijna altijd golven, soms zelfs wanneer er nauwelijks een zuchtje wind is. Ze kunnen immers opgewekt worden door windvelden die honderden tot duizenden kilometers verwijderd zijn en golven verplaatsen zich zonder veel energieverlies. In feite is golfenergie een geconcentreerde vorm van zonne-energie. Windvelden boven de oceanen ontstaan doordat de zon de aarde niet gelijkmatig opwarmt. Als een wind waait over een wateroppervlak, ontstaan oppervlaktegolven. Op die manier wordt een deel van de windenergie omgezet in golfenergie. De grootte van de opgewekte golfenergie, en bijgevolg de grootte van de golven, is afhankelijk van de windsnelheid, de duur van de wind en de afstand waarover de wind waait ('fetch').

### Potentieel aan golfenergie is alvast gigantisch

Het potentieel aan golfenergie is enorm. Naar schatting is het totaal beschikbaar golfvermogen van alle kustlijnen in de wereld (~ 2TW) vergelijkbaar met het huidige wereldelektriciteitsverbruik [4]. Langs de West-Europese (Atlantische) kust stijgt het beschikbare golfvermogen van ongeveer 30 à 40 kW per meter golfkruin voor de Portugese en Noorse kust tot meer dan 70 kW per meter golfkruin voor de Ierse kust (zie fig.).

Per jaar bereikt gemiddeld 12 TWh golfenergie het Belgisch deel van de Noordzee (BNZ). Dit komt overeen met de huidige jaarlijkse behoefte aan elektriciteit in België. Eén gezin verbruikt gemiddeld immers 3500 kWh/jaar. Er dient benadrukt te worden dat niet alle energie die het BNZ binnenkomt, kan omgezet worden in elektriciteit. Talrijke verliezen en beperkingen moeten in rekening gebracht worden:

- verlies van energie in de golven bij het naderen van de kust;
- lagere energie-inhoud in zomer dan in winter;
- beperkt aantal geschikte golfhoogtes, golfperiodes en golfrichtingen in het BNZ (toestelafhankelijk);
- beschikbare ruimte in het BNZ;
- verliezen bij de omzetting van golfenergie naar elektriciteit (toestelafhankelijk).

Deze beperkingen en verliezen worden in de volgende paragrafen meer in detail besproken.

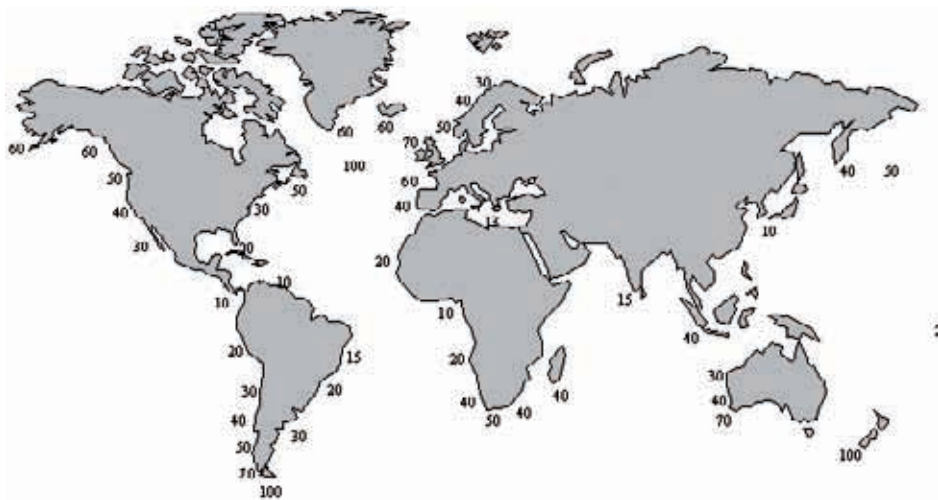
## Golfenergie + Zeewoorden



### Wegwijs in energie-eenheden en in 'golftaal'

W	= watt	= eenheid van vermogen
kW	= kilowatt	= 1000 Watt
MW	= megawatt	= 1.000.000 Watt
GW	= gigawatt	= 1.000.000.000 Watt
TW	= terawatt	= 1.000.000.000.000 Watt
Wh	= watt-uur	= vermogen dat in één uur geproduceerd kan worden door een centrale met een capaciteit van 1 watt (analoog voor kWh, MWh, GWh, TWh)

Golfperiode	= tijd tussen twee opeenvolgende golftoppen (of -dalen)
Golflengte	= afstand tussen twee opeenvolgende golftoppen (of -dalen)
Golffrequentie	= 1/golfperiode
Golfrichting	= richting waarin de golf zich voortbeweegt
Significante golfhoogte	= gemiddelde hoogte van de 33% hoogste golven
Golfsector	= interval van richtingen waarin de golven zich voortbewegen
Golfspectrum	= wiskundige beschrijving van de verdeling van energie over de verschillende golffrequenties en -richtingen waaruit de golf is opgebouwd



■ Schatting van het wereldwijde gemiddeld jaarlijks golfvermogen in kW/m golfkruin (Tom Thorpe 1999)



## Het beschikbaar golfvermogen aan onze kust

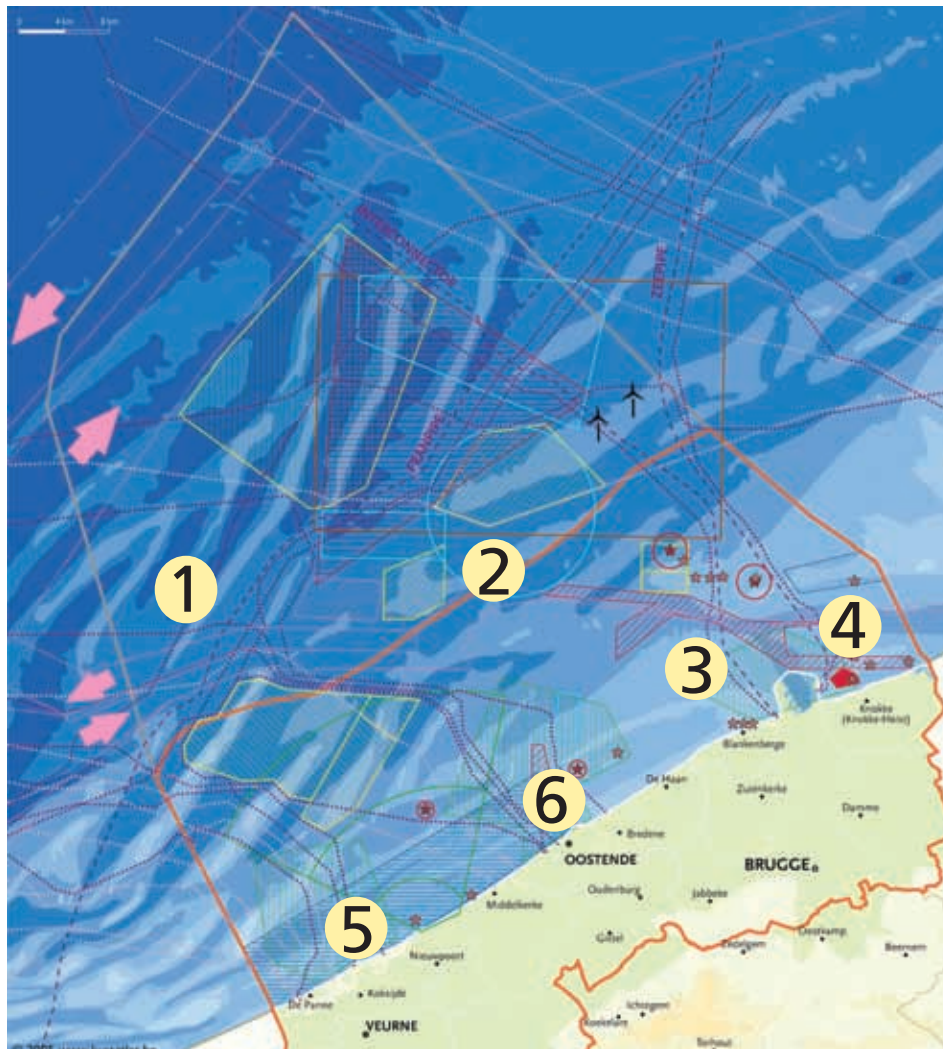
### Eerst wat rekenwerk

Vooraleer met de eventuele plaatsing van golfenergieconvertoren van start te gaan, is het belangrijk het golfklimaat voor onze kust goed in de vingers te hebben. Daarvoor kan gebruik worden gemaakt van golfmeetboeien, en waar die niet voorhanden zijn, van numerieke golfvoortplantingsmodellen. Op die manier kunnen gekende golfcondities van een ver op zee gelegen plek (golfmeetboei) met behulp van computers vertaald worden naar de gewenste locatie [9].

De golven aan onze kust zijn niet altijd en overall even sterk. Wanneer golven de kust naderen en zich in ondieper water voortplanten, veranderen ze van richting en verliezen ze energie door o.a. bodemwrijving en golfbreking. De mate van energieverlies is afhankelijk van de helling van de zeebodem en de afname van de diepte. Een flauwere bodemhelling en een beperkte afname in diepte leiden tot een kleiner energieverlies. Om te kunnen berekenen welk golfvermogen beschikbaar is aan onze kust, heb je een zogenaamd 'scatter diagram' nodig. Een scatter diagram toont hoe vaak (= voorkomingsfrequentie V.F.) verschillende combinaties van significante golfhoogte ( $H_s$ ) en piekgolfperiode ( $T_p$ ) optreden in een bepaalde periode (jaar of maand) en voor een bepaalde golfsector (zie fig. pag. 5). Aangezien het golfvermogen evenredig is met  $H_s^2$  en met  $T_p$  ("hogere, langere golven geven meer energie") kan dit vermogen eenvoudig berekend worden op basis van het scatter diagram. Door het vermenigvuldigen van het vermogen in elke combinatie van  $H_s$  en  $T_p$  met de overeenkomstige voorkomingsfrequentie uit het scatter diagram en vervolgens de hieruit volgende vermogens op te tellen, bekomt men het gemiddeld beschikbaar golfvermogen voor een bepaalde periode en voor een bepaalde golfsector. En net deze gegevens heb je nodig om te kunnen oordelen of winnen van golfenergie aan onze kust een optie is!

### Golfvermogen in Belgische wateren niet bijster groot

Bovenstaande figuur (legende) toont het gemiddeld jaarlijks beschikbaar golfvermogen op 6 locaties in het BNZ (bron scatter diagram = afdeling Kust). Het golfvermogen stijgt van  $\pm 1,5$  kW/m nabij de kust tot  $\pm 4,6$  kW/m 30 km offshore [5]. Het beschikbaar golfvermogen in het BNZ is dus klein in vergelijking met de Atlantische kusten van NW-Europa, en dit door de afscherming van de Atlantische Oceaan door Groot-Brittannië (zie ook tabel). De zeer energetische Atlantische Oceaan maakt daarentegen installatie en onderhoud van golfenergieconversiesystemen niet gemakkelijk. Tot op heden zijn meerdere problemen i.v.m. structurele sterkte en verankering in een energetisch golfklimaat nog niet opgelost.



■ Het Belgisch deel van de Noordzee wordt intensief benut door tal van gebruikers. Als ook zou worden geopteerd om golfenergie te gaan winnen, dienen de aanzienlijke verschillen in beschikbaar golfvermogen (vergelijk locaties **(1)** Westhinder - 4,64 kW/m, **(2)** ZW-Akkaert - 3,64 kW/m, **(3)** Wandelaar - 2,63 kW/m, **(4)** Bol van Heist - 2,54 kW/m, **(5)** Oostende - 1,66 kW/m en **(6)** Trapegeer - 1,51 kW/m) te worden meebeschouwd (AWW en [www.kustatlas.be](http://www.kustatlas.be))

Het beschikbaar golfvermogen in het Belgisch deel van de Noordzee is eerder beperkt in vergelijking met dat in een aantal andere Noordzeeeuverstaten. De afstand tot de kust en de waterdiepte zijn weergegeven omdat die een belangrijke invloed hebben op de kost van respectievelijk de kabel en de verankering.

Deel van de Noordzee	Gemiddeld jaarlijks beschikbaar vermogen [kW/m]	Gemiddelde waterdiepte [m]	Kortste afstand tot de kust [km]	Bron gegevens
Belgisch (Westhinder)	4,64	28,8	32	afdeling Kust MDK
Nederlands (Eierlandse Gat)	9,86	26	31	Rijkswaterstaat ( <a href="http://www.golfklimaat.nl">www.golfklimaat.nl</a> )
Duits (Fino-Borkumriff)	11,6	27	34,5	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Deens (Point 3)	16	39	150	[7]
Noors (Utsira)	23,12	200	21	Meteorological Institute Norway
Brits (Marr Bank)	11	57	52	[8]

### Belgisch golfklimaat zeer variabel

Het beschikbaar golfvermogen varieert sterk van jaar tot jaar. De hoogste waarden (6,67 kW/m in 1995) op een ca. 30 km uit de kust gelegen plaats (Westhinder: zie fig. linksboven) zijn meer dan tweemaal zo hoog als de minimumwaarden (2,63 kW/m in 2003). Door de grote jaarlijkse variatie is het noodzakelijk om golfmetingen over een voldoende lange duur te beschouwen om een goede inschatting te krijgen van het gemiddeld beschikbaar golfvermogen.

Daarnaast blijkt het beschikbaar golfvermogen in de zomermaanden merkbaar kleiner dan in de wintermaanden (zie fig. rechtsboven). Van oktober tot maart bedraagt het ter hoogte van de Westhinder 6,17 kW/m, wat een stuk meer is dan het gemiddelde jaarlijks golfvermogen van 4,64 kW/m. Van april tot september is er gemiddeld slechts 3,22 kW/m beschikbaar. Pittig detail: de meeste energie is beschikbaar in de golven op het moment dat de energievraag het grootst is, dit in tegenstelling tot zonne-energie.

### Hoge, lange, goed gerichte golven genieten de voorkeur

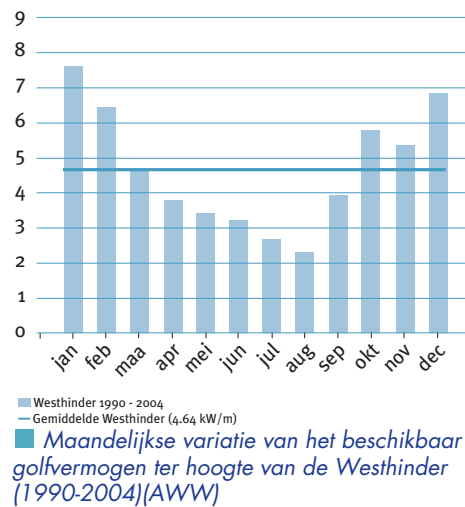
Het rendement van een golfenergieconverteerder is afhankelijk van de significante golfhoogte  $H_s$  en de golfperiode  $T_p$ . De meeste convertoren hebben een zeer laag of zelfs helemaal geen rendement in kleine golven ( $H_s < 1m$ ). Bovendien is de bijdrage van kleinere golven tot het beschikbaar golfvermogen beperkt. Samengevat kan men stellen dat - ondanks het veel voorkomen van kleine golven - de bijdrage tot het gemiddeld jaarlijks golfvermogen klein is. Het zelfde geldt voor korte golven (golven met een geringe golfperiode).

Verder kunnen sommige golfenergieconverteerder enkel energie uit een bepaalde golfsector benutten. Ze zijn m.a.w. golfrichtingsafhankelijk. Rekening houdend met het voorkomen van golven uit verschillende windstreken (zie 'golfroos' in fig. rechts), is duidelijk dat golven uit het zuidwesten (vanwege overheersende windrichting) het meeste potentie hebben.

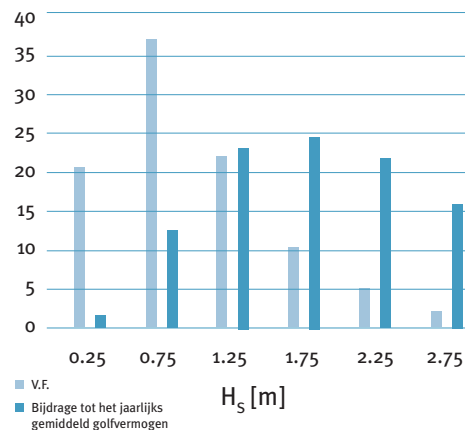
### De beschikbare ruimte in het BNZ

Niet enkel het beschikbaar golfvermogen moet in rekening gebracht worden bij het selecteren van een geschikte locatie voor golfenergieconversie. Ook andere factoren zijn heel belangrijk:

- De afstand tot de kust bepaalt de lengte van de elektriciteitskabel naar land. Die op haar beurt, doet bij toenemende lengte de totale kost van een park golfenergieconverteerder zeer sterk stijgen. De afstand tot de haven is zeer belangrijk bij installatie en onderhoud van een park golfenergieconverteerder. Hoe verder immers moet worden gegaan, hoe hoger de kosten.

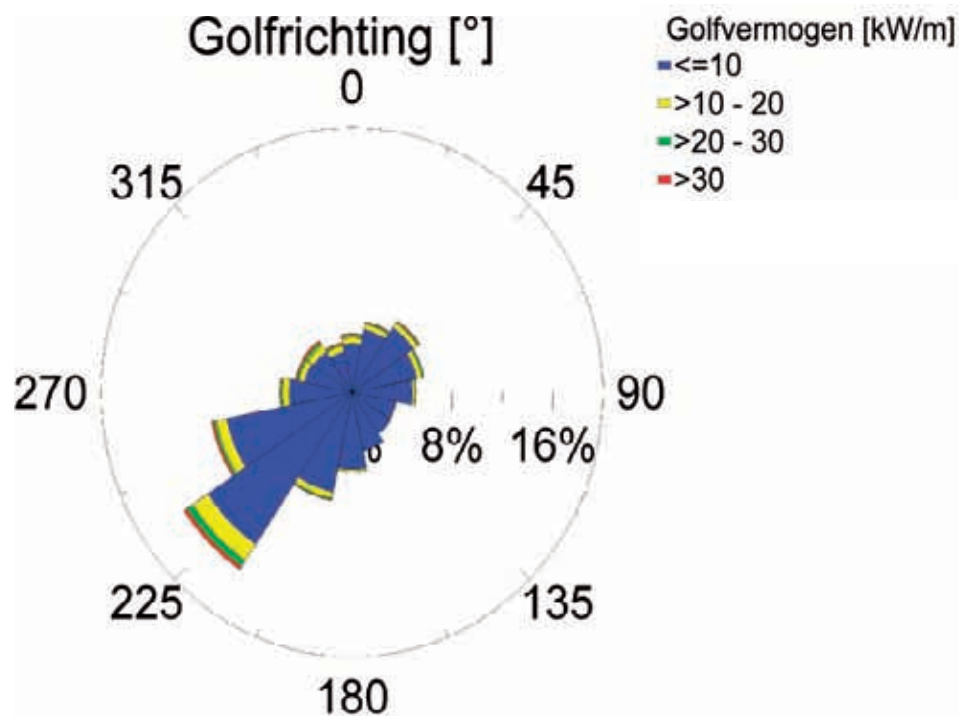


- Het onderwaterreliëf in het Belgisch deel van de Noordzee is gekenmerkt door een opeenvolging van zandbanken nabij de kust (de "Vlaamse Banken"). Aangezien voor de installatie van een aantal golfenergieconverteerder een minimumdiepte vereist is, zal de beschikbare diepte de selectie van mogelijke golfenergieconverteerder in het BNZ beïnvloeden. Het bodemtype beïnvloedt dan weer de uitvoering van de kabelverbinding naar land, van de aanlanding en van de verankering van het toestel. Vanzelfsprekend doet een rotsbodembodem de kosten hoog oplopen.



- De beschikbare ruimte wordt bepaald door tal van reeds aanwezige activiteiten of erfenissen uit het verleden in de Noordzee, zoals scheepvaart, zand- en grindwinning, voormalige berging van afval en oorlogsmunitie,

■ Voorkomingsfrequentie (V.F.) en bijdrage tot het gemiddeld jaarlijks beschikbaar golfvermogen van verschillende golfhoogtes ter hoogte van de Westhinder (1990-2004)(AWW)



■ Golfroos ter hoogte van de Westhinder (1990-2004). Deze toont de relatieve frequenties van golven uit zestien sectoren van elk 22,5° en binnen elk segment de grootte van het vermogen in de golven. Hieruit blijkt dat de meeste golven uit het zuidwesten komen, en dat in alle richtingen de bijdrage van de laagenergetische golven ( $\leq 10$  kW/m) het grootst is (AWW)



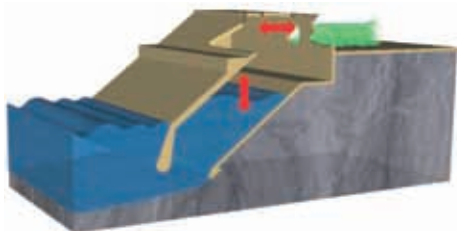
militaire oefeningen, beschermd natuurgebied, kabels en pijpleidingen, windmolenparken, ... [9]. De figuur op pagina 4 toont dat de beschikbare ruimte in het BNZ eerder beperkt is. Bij de planning van een gebied voor golfenergieconversie in de Noordzee, dienen conflicten tussen de gebruiksgroepen en natuurlijke waarden van het gebied vermeden te worden. Een multi-criteria analyse helpt bij de bepaling van een geschikte locatie.

- Ten slotte dienen ook **verliezen door de conversie** van golfenergie naar elektrische energie in rekening gebracht te worden om de bijdrage van golfenergie tot onze hernieuwbare energievoorziening te begroten. De grootte van deze verliezen is zeer toestelafhankelijk. Pas bij het testen van een prototype kan de grootte van die verliezen nauwkeurig bepaald worden. In de volgende paragrafen wordt een overzicht gegeven van een aantal systemen en de werkingsprincipes waarop ze zijn gebaseerd.

## Golfenergieconvertoren: een overzicht

### Dicht versus ver uit de kust

Afhankelijk van de afstand tot de kust kan men golfenergieconvertoren indelen in de categorieën: 'shoreline', 'nearshore' en 'offshore' systemen.



■ Principiële werking van een oscillerende waterkolom (copyright: Wavegem)

**Shoreline systemen** worden gebouwd op de kust. Dergelijke systemen zijn makkelijk toegankelijk, wat voordelig is voor onderhoud en installatie. Ze hebben geen diepwatervankeringsystemen nodig, noch lange elektriciteitskabels onder water. Het golfklimaat aan de kust is echter veel minder energetisch dan op volle zee, wegens de doorgaans geringere waterdiepte. Men zal dus steeds op zoek gaan naar plaatsen ('hotsspots') waar de energieconcentratie op natuurlijke wijze vergroot wordt door refractie en reflectie van de golven. Men kan ook op een kunstmatige manier de energie bundelen door parabolische wanden te bouwen rond de convertor, maar hierdoor lopen de kosten dan weer op. Een shoreline systeem is geen optie voor het BNZ met haar korte kustlijn en kleine waterdiepte. Voornamelijk rotsachtige kusten komen hiervoor in aanmerking.

**Nearshore systemen.** Hiertoe behoren de systemen in open zee die zich nog betrekkelijk dicht bij de kust bevinden, op een diepte kleiner dan 20m.

**Offshore systemen.** Deze convertoren situeren zich op tientallen kilometers van de kust. Zij exploiteren de energierijke golfregimes in diep water (> 40m diep). Ze bestaan of uit enkele grote systemen, of uit vele kleinere systemen die in verschillende rijen geplaatst worden en een 'wave farm' vormen.

### Conversieprincipes

Hoe energieopwekking uit golven in zijn werk gaat, is niet in een paar woorden uit te leggen. Er zijn immers meerdere principes waarop golfenergietoepassingen kunnen gebaseerd zijn. Onder de golfenergietoepassingen onderscheidt men overtoppingsystemen, bewegende lichamen en oscillerende waterkolommen.

- Bij **overtoppingsystemen** worden overslaande golven opgevangen in een reservoir dat hoger ligt dan het zeeniveau. Het water stroomt langs turbines met een klein verval terug in zee. Voorbeelden van dit convertortype zijn: de Wave Dragon en de Seawave Slot-Cone Generator (SSG) (zie fig. rechts).

- De categorie van de **bewegende lichamen** behelst zowel systemen die gebaseerd zijn op de relatieve beweging tussen segmenten, zoals de Pelamis, als systemen die bewegen ten opzichte van een vaste referentie, bv. de zeebodem, een vast platform enz. Hiertoe behoren sommige punt-absorptiesystemen, waaronder de FO<sup>1</sup> en de Manchester Bobber. Punt-absorptiesystemen bestaan uit op en neer of heen en weer gaande vlotters waarvan de horizontale afmetingen duidelijk kleiner zijn dan de golf lengte.

- **Oscillerende waterkolommen** bestaan uit een holle kamer die gedeeltelijk is ondergedompeld (zie fig. links). Onder invloed van de zeegolven oscilleert het water in de opening. Boven het water bevindt zich een luchtkolom. De lucht wordt samengedrukt en drijft een turbine aan. Voorbeelden van dit type energieconvertor zijn de Limpet (shoreline systeem) en MRC 1000 (offshore systeem).

### En nu enkele concrete realisaties

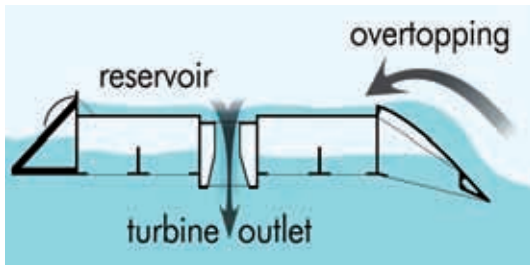
#### De "Wave Dragon"

De Wave Dragon is een drijvend overtoppingsysteem ontwikkeld in Denemarken. Het systeem bestaat uit een dubbel gekromd oplooppvlak dat aansluit op een reservoir. Op onderstaande foto is te zien hoe de golven via het oplooppvlak in het reservoir belanden en hoe het water terug in zee geloosd wordt. De Wave Dragon heeft daarboven golfreflectoren: twee grote armen die de golven afbuigen naar het oplooppvlak. Sinds 2003 werd een prototype op schaal 1:4,5 getest in een binnenzee in het noorden van Denemarken. Momenteel wordt er



■ Wave Dragon in een storm op schaal 1/4,5 (copyright: Wave Dragon – Earth Vision)





■ *Werkingsprincipe van de Wave Dragon (copyright: Wave Dragon)*

gebouwd aan een prototype met een nominaal vermogen van 7MW dat geïnstalleerd zal worden voor de kust van Wales. Een dergelijk prototype zal een gewicht hebben van ongeveer 22.000 ton en de lengte van één reflector bedraagt maar liefst 126m. [11]

#### De “Seawave Slot-Cone Generator” (SSG)

Deze Noorse convertor is eveneens van het overtoppingstype en bestaat uit drie boven op elkaar geplaatste reservoirs. Het gebruik van meerdere reservoirs maakt het systeem geschikt voor kleine en grote golven en verhoogt aldus het rendement van het overtoppingssysteem. [12]

Dit principe zou zowel onshore als offshore en in een golfbreker toegepast kunnen worden. De installatie van een prototype van de SSG wordt in de nabije toekomst verwacht. Momenteel wordt een optimalisatie van het ontwerp uitgevoerd.

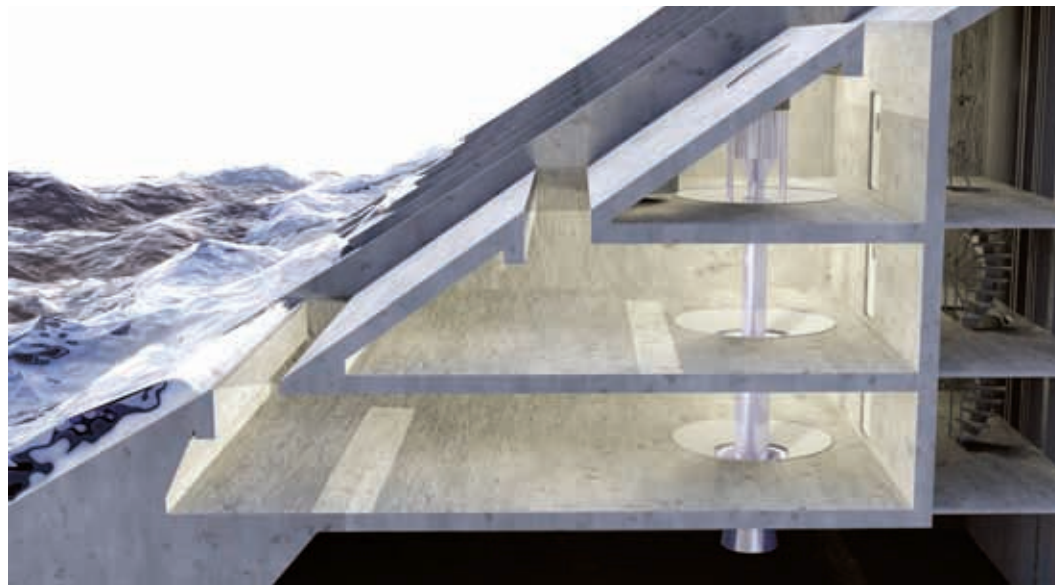
#### De “Pelamis”

De Pelamis is een drijvende golfenergie-convertor die ontwikkeld werd in Schotland. De convertor bestaat uit vier scharnierende cilindersegmenten. De beweging van de segmenten wordt gedempt door hydraulische zuigers die olie onder druk verpompen naar accumulatoren. Deze zijn op hun beurt verbonden met hydraulische motoren. De hydraulische tussenstap heeft zijn impact op het rendement van het systeem, maar heeft als voordeel dat de vermogensoutput gelijkmatiger en dus kwaliteitsvoller is. Het systeem is met kabels aan de zeebodem verankerd. Voor onderhouds- en herstellingswerken kan het makkelijk van zijn verankeringen losgekoppeld worden en met een sleepboot aan land gebracht worden.

Een prototype met een nominaal vermogen van 750 kW werd reeds getest in Schotland. Dit jaar bouwde het Portugese consortium Enersis drie Pelamis-eenheden die zullen geïnstalleerd worden voor de kust van Portugal, nabij Povoá de Varzim. Ook het Verenigd Koninkrijk heeft reeds interesse getoond in de Pelamis. [13]

#### De “FO<sup>3</sup>”

De FO<sup>3</sup> is een punt-absorptiesysteem, dat ontwikkeld werd door het Noorse bedrijf Fred Olsen. Het bestaat uit een drijvend platform, met daarin 21 op en neer bewegende punt-absorbers. De bewegingsenergie van de vlotter wordt - al dan niet via een hydraulische



■ *Seawave Slot-Cone Generator (SSG)*



■ *Pelamis: prototype 750 kW (Pelamis Wave Power)*



■ *FO<sup>3</sup> een punt-absorptiesysteem ontwikkeld in Noorwegen (SEWEC)*



sche tussenstap - in elektriciteit omgezet. Sinds januari 2005 wordt een 1:3 model beproefd in een fjord nabij Oslo. De Afdeling Weg- en Waterbouwkunde van de Universiteit Gent is betrokken bij het optimalisatieonderzoek van dit systeem, evenals bij de studie naar een geschikte configuratie voor een groep golfenergieconvertoren. Zowel het platform als de vlotter zullen bestaan uit een vezelversterkt composietmateriaal. Ook op dit aspect wordt onderzoek gevoerd door de Universiteit Gent, vakgroep Mechanische Productie en Constructie.

#### De "Manchester Bobber"

De Manchester Bobber is - net als de FO<sup>3</sup> - een punt-absorptiesysteem. Het Britse systeem bestaat uit een 25-tal vlotter die op en neer bewegen onder invloed van de golfwerking. De oscillerende vlotter brengt een as aan het draaien die op haar beurt aan een vliegwiel gekoppeld wordt tijdens de neergaande beweging. Door gebruik te maken van een vliegwiel wordt het grillig invallend vermogen op een eenvoudige manier afgevlakt. Testen werden reeds uitgevoerd op schaal 1/100 en 1/10. [14]

#### De "Archimedes Wave Swing"

De Archimedes Wave Swing (AWS) is een concept van Teamwork Technology uit Nederland. Deze convertor is de enige die volledig is ondergedompeld. Hij bestaat uit twee in elkaar schuivende cilinders: de onderste cilinder is aan de zeebodem verankerd, de bovenste cilinder beweegt op en neer onder invloed van het variërend gewicht van de golven. Tussen de cilinders bevindt zich lucht die samengedrukt wordt en als een veer dienst doet. De bewegingsenergie van de oscillerende cilinder wordt met behulp van een lineaire generator in elektrische energie omgezet. Een 2MW prototype werd in 2004 getest voor de Portugese kust. AWS Ocean Energy, de Schotse firma die zich bezighoudt met het commercialiseren van de AWS, wil tegen 2010 verschillende AWS-eenheden geïnstal-



■ Archimedes Wave Swing: pilotproject met 2MW prototype (AWS ocean energy TLD)

leerd hebben in o.a. Portugal en het Verenigd Koninkrijk. [15]

Dat de AWS volledig is ondergedompeld, biedt een aantal voordelen: er is geen visuele hinder en de impact van stormen op de structuur is kleiner dan bij systemen die zich aan het wateroppervlak bevinden. De AWS bevindt zich immers 6m onder zeeniveau. Daartegenover staat dat installatie, onderhoud en reparatie niet eenvoudig uit te voeren zijn.

### En wat met de mogelijkheden om golfenergie te winnen aan onze kust?

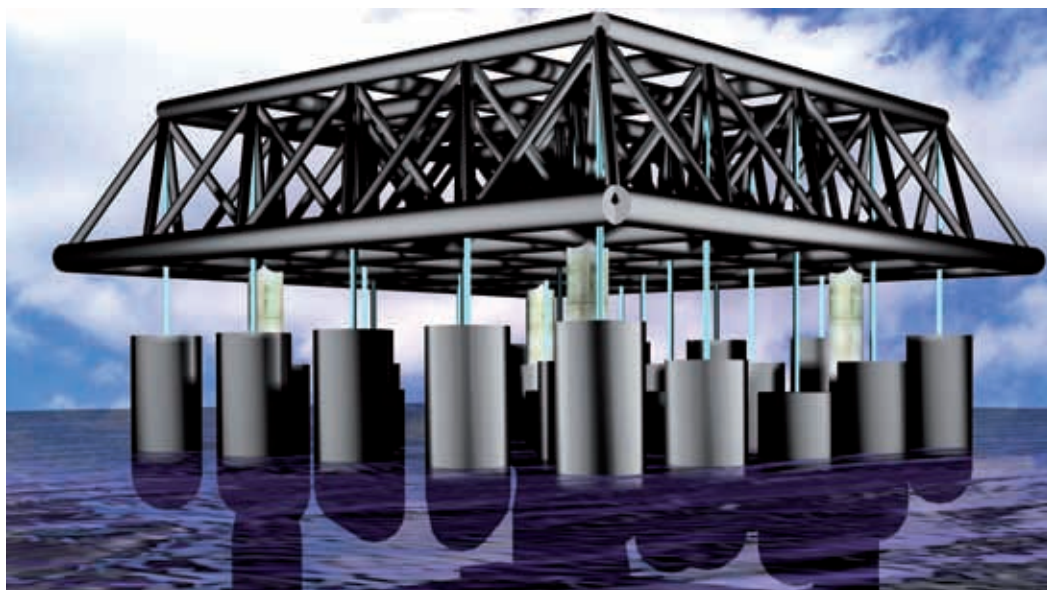
Tot op heden werden tal van convertoren bedacht om energie te winnen op zee. Veel van deze systemen zijn gebaseerd op totaal verschillende werkingprincipes. Het produceren en testen van prototypes is volop aan de gang en binnenkort wordt zelfs de installatie van drie Pelamis-eenheden verwacht voor de kust van Portugal. Wat betreft het golfenergiepotentieel in het Belgisch deel van de Noordzee, kan gesteld worden

dat het relatief klein is in vergelijking met het potentieel bij andere landen grenzend aan de Noordzee en zeker in vergelijking met het potentieel langs de West-Europese kust. In het algemeen is een minder energetisch golfklimaat dan wel veer voordelig voor het overleven van de convertor in stormcondities.

Met de huidige kennis en technologie biedt het mildere golfklimaat in het Belgisch deel van de Noordzee de mogelijkheid om schaalmodellen van golfenergieconvertoren te testen in een "verschaald streng golfklimaat". Wie weet, indien de kostprijs van de systemen gedrukt kan worden en het rendement in kleine golven kan toenemen door verdere optimalisatie, kan golfenergie mogelijk deel uitmaken van onze energievoorziening?

#### Bronnen

- [1a] OECD : "Energy Policies of IEA Countries: 2003 Review", International Energy Agency (2003).
- [1b] 2005 European Barometer of Renewable Energies. EurObserv'ER 5<sup>th</sup> report: 32pp.
- [2] "Meer groei en meer banen dankzij onze verbintenissen op het gebied van de klimaatverandering", Press release: <http://europa.eu, IP/08/80, p.1-4>.
- [3] Website C-Power <http://www.c-power.be>
- [4] Cruz, J. (2008). Ocean Wave Energy: Current Status and Future Perspectives.
- [5] Beels, C., De Rouck, J., Verhaeghe, H., Geeraerts, J. & Dumon, G. (2007). Wave Energy on the Belgian Continental Shelf. Proceedings of Oceans 2007, Aberdeen.
- [6] Beels, C., Henriques, J.C.C., De Rouck, J., Pontes, M.T., De Backer, G., Verhaeghe, H. (2007). Wave energy resource in the North Sea. Proceedings of the 7<sup>th</sup> European Wave and Tidal Energy Conference, Porto.
- [7] Dansk Hydraulisk Institut (1999). Rapport50105\_dhi. Technical report, DHI, Denmark.
- [8] Boehme, T. (2006). Matching renewable electricity generation with demand in Scotland. PhD dissertation, Edinburgh University.
- [9] Mertens, T. (2005). Golfenergie op het Belgisch Continentaal Plat: droom of werkelijkheid? Analyse van het golfklimaat. Afstudeerwerk, Vakgroep Civiele Techniek, Universiteit Gent.
- [10] De Backer, G. (2006). Golfenergie op het Belgisch Continentaal Plat: droom of werkelijkheid? Analyse van de bestaande golfenergieconvertoren. Afstudeerwerk, Vakgroep Civiele Techniek, Universiteit Gent.
- [11] Website Wave Dragon: <http://www.wavedragon.net/>
- [12] Website SSG: <http://www.waveenergy.no/>
- [13] Website Pelamis: <http://www.oceanpd.com>
- [14] Website Manchester Bobber: <http://manchesterbobber.com/>
- [15] website AWS: <http://www.awsocan.com/technology.html>



■ Manchester Bobber (The Bobber Company – Royal Haskoning)