

OPTIMALISATIE VAN GOLFENERGIECONVERTOREN VOOR DE VLAAMSE KUST

De Bruyne Kris and Dennis Renson

Vakgroep Civiele Techniek, Faculteit Ingenieurswetenschappen, Maritieme Techniek,
Technologiepark 904, 9052 Gent
E-mail: kris.debruyne@ugent.be; dennis.renson@ugent.be

Promotoren: Prof. Dr. Ir. Marc Vantorre, Prof. Dr. Ir. Julien De Rouck

Inleiding

Anno 2010 is de energieproblematiek schrijnender dan ooit. De Westerse maatschappij wil niet langer afhankelijk zijn van de geïmporteerde fossiele brandstoffen uit soms politiek instabiele landen maar wil, milieubewust, zelf haar vraag naar energie bevredigen. Deze houding stimuleert het onderzoek naar hernieuwbare vormen van energie.

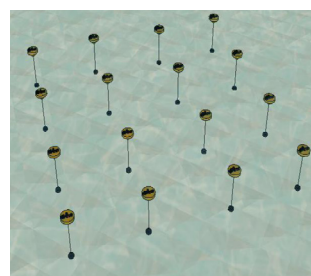
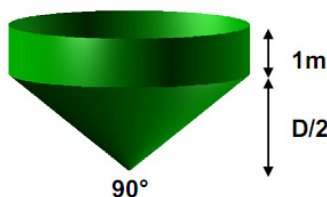
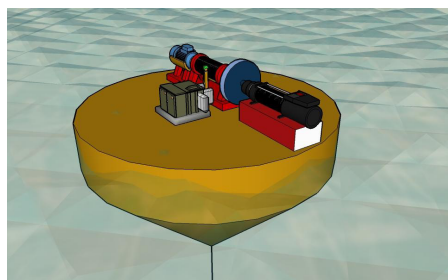
Hernieuwbare energie zit duidelijk in de lift, opent talloze deuren en laat het menselijk vernuft op volle toeren draaien. Deze ontwikkelingen en initiatieven scheppen hoop en kunnen de toekomst wat rooskleurig maken voor alle toekomstige generaties.

Eén van deze hernieuwbare energiebronnen is golfenergie, een duurzame energievorm met een hoog potentieel. Golfenergieconversie is dan ook een snelgroeiende, veelbelovende technologie die (ondanks de huidige energieproblematiek) nog in haar kinderschoenen staat.

Inhoud en doel van de masterproef

In dit werk wordt de werking en het ontwerp van een veelbelovende type van golfconvector, de *point absorber* (oscillerende vlotter), geoptimaliseerd voor operationeel beproeven aan de Vlaamse kust. De plannen voor een praktische uitwerking van een testopstelling liggen op tafel (cf. *Flansea; Flanders Electricity From the Sea*). Het door ons ontwikkelde numerieke simulatiemodel is hierbij een handige 'tool' die zeker in een eerste ontwerpfase een cruciale rol kan spelen.

De Vlaamse Kust kent een relatief energiearm zeeklimaat (in vergelijking met meer energierijkere zeeën voor de Portugese en Schotse kusten) maar is net daarom een ideale proeftuin voor golfenergieconvertoren. Het zwaartepunt van dit eerste energieproject ligt dus eerder bij het testen en optimaliseren, en niet zozeer bij de energieopbrengst. Eens de werking en de duurzaamheid van de WEC (*Wave Energy Converter*) op punt staan, kan deze 'proeftuin' verlaten worden en uitgeweken worden naar de energierijkere locaties.

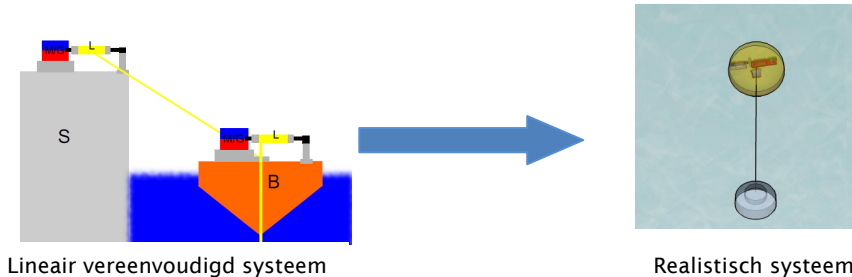


De masterproef is opgebouwd uit 2 verschillende optimalisatieprocessen:

- Simuleren en optimaliseren van de installatie van een proefopstelling voor de Vlaamse Kust. Hierbij wordt de plaatselijke beschikbare golfenergie begroot door middel van beschikbare meetdata. Uit deze gegevens wordt de beste locatie gekozen, en voor die locatie wordt vervolgens een boei ontworpen. Dit onderzoeksdeel is voornamelijk gebaseerd op reeds eerder verricht werk omtrent golfenergie. Daarna volgt een studie van de verticale boeibeweging voor vier verschillende systemen en dit in zowel het frequentie- als het tijdsdomein.
- Simuleren en optimaliseren van de installatie van een golfenergiepark (wave farm) voor de Vlaamse kust. Dit park wordt geplaatst in een energierijkere zee, op dus een grotere afstand van de kust, teneinde de energieopbrengst te maximaliseren. Voor dit golfenergiepark worden het aantal boeien, de afmetingen van de boei en de onderlinge configuratie onderzocht. Ook wordt rekening gehouden met de horizontale beweging van de boei.

Numeriek krachtenmodel

Bij het numerieke simuleren van de boeibeweging werd er uitgegaan van een massa-veer-demper analogie. Hierbij werd er vertrokken vanuit een lineair systeem met 2 vaste referentiepunten. Gaandeweg wordt er afgestapt van dit vereenvoudigd lineair systeem en wordt een realistischer en zeewaardiger systeem gesimuleerd (1 vast referentiepunt mogelijk gemaakt door een kabelverankering in de zeebodem).



De totale kracht die invloed heeft op de boeibeweging wordt opgebouwd uit 2 componenten: de externe krachten en de PTO krachten.

$$m \cdot a(t) = F_{EXTERNAL} + F_{PTO}$$

De externe krachten zijn zowel afhankelijk van de boeigeometrie als van het omliggende zeeklimaat en worden berekend via een eindige elementenmethode (software pakket *Wamit*). De kracht F_{ex} is de excitatiekracht afkomstig van de invallende golf.

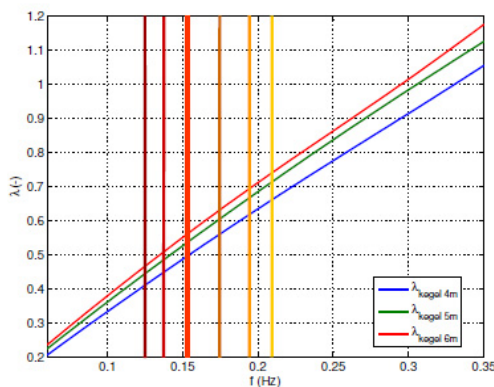
$$F_{EXTERNAL} = F_{terug} + F_{add} + F_{hyddamp} + F_{ex}$$

Het optimaliseren van de golfenergieconversie komt in se neer op het zoeken naar een ideaal krachtenverloop van de PTO (Power Take Off) kracht. Deze kracht wordt op de boei uitgeoefend via de ankerkabel en de lier van het PTO systeem. F_{PTO} is de som van 2 aparte krachten met verschillend nut en verschillend berekeningalgoritme.

$$F_{PTO} = F_{power} + F_{tuning}$$

F_{power} is een dempingskracht die de absorptie van golfenergie mogelijk maakt. Deze kracht is evenredig met de snelheid en kan vergeleken worden met de kracht uitgeoefend door een dynamo tegen een fietswiel.

F_{tuning} is een controlekracht die de boeibeweging maximaliseert en is het sleutelbegrip van deze masterproef. Op onderstaande figuur zijn de verschillende seastates van het Oostendse golfklimaat weergegeven door een verticale lijn (seastate 6 en seastate 1 respectievelijk de donkerste lijn links en de lichtste lijn rechts).



$$\lambda = \frac{\omega_{golf}}{\omega_n}$$

met

ω_n : de natuurlijke boeifrequentie

ω_{golf} : de dominante golffrequentie

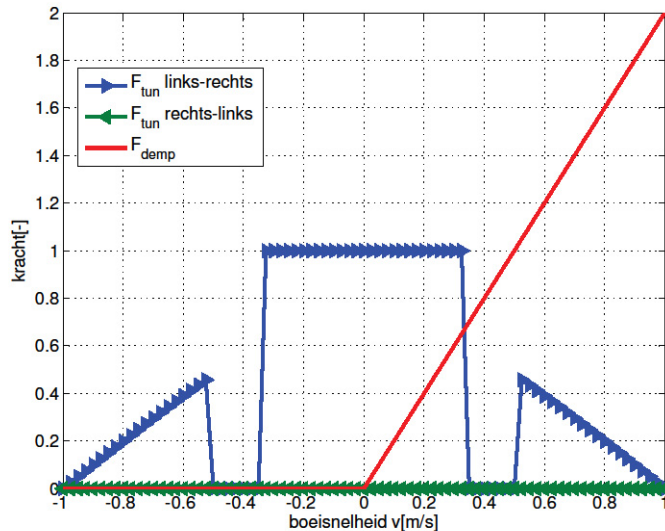
$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m + m_a(\omega)}} \gg \omega_{golf} \xrightarrow{\text{Toepassen van tuning}} \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m + m_a(\omega) + m_{sup}}}$$

Naar analogie van het veer-massa-demper systeem is het de bedoeling de verticale boeibeweging te optimaliseren (maximaliseren). Het is duidelijk dat de boei als het ware te wendbaar is voor de invallende golven: de (ongetuned) boei reageert het best op golven met hoge frequentie en dus golven met weinig energie. De boeibeweging als antwoord op golven met lage frequentie vindt zich ver van resonantie. Door middel van tuning kan de natuurlijke frequentie van de boeibeweging 'gemanipuleerd' worden, zodat de energierijkere golffrequenties wel worden benut (zie

bovenstaande vergelijking). Deze controlekracht werd in dit werk op 2 verschillende manieren opgebouwd en onderzocht: via pulstuning (constante kracht) en tuning evenredig met de versnelling ($m_{sup} \cdot a$).

Het krachtenverloop in functie van de boeisnelheid wordt in onderstaande figuur verduidelijkt. Het tunen gebeurt hier door combinatie van eerder genoemde manieren: tuning evenredig met de versnelling (blauwe curves links en recht) en tuning door het aanleggen van een constante kracht (constante curve midden).

Vermits er enkel in de opwaartse beweging vermogenabsorptie mogelijk is (kabel), is de dempingskracht bij negatieve snelheden steeds nul.

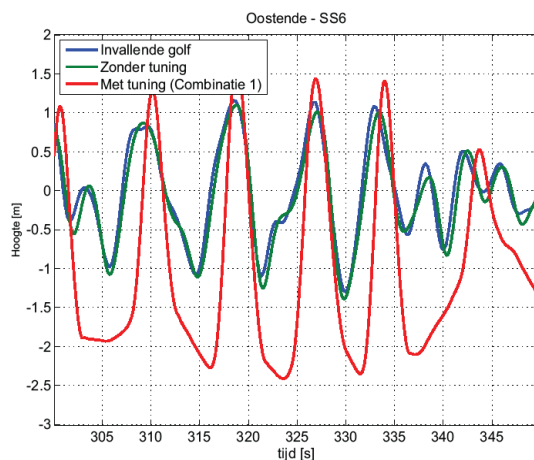


De resultaten

Een volledig overzicht van de optimalisatieresultaten is hier weinig duidelijk en kan voor verwarring zorgen. Indien gewenst, kunnen de resultaten geraadpleegd worden in de masterproef zelf. Een conceptuele beschouwing is hier misschien wel nuttig.

Zoals reeds eerder werd aangehaald, ligt het zwaartepunt van deze masterproef in het onderzoek naar de verschillende manieren van tuning en dit toegepast op de golven aan de Vlaamse kust.

Onderstaande figuur maakt duidelijk dat de tuningkracht een significante invloed heeft op de boeibeweging: de verticale beweging is veel groter met tuning dan zonder. Dit impliceert een hoger toerental van de aandrijvende as waarop de lier is bevestigd en dus meer energieopbrengst.



Onderstaande tabel tracht een notie te geven van de invloed van tuning op de energieopbrengst (boeidiameter 4m, zeediepte 7m, locatie Oostende).

Seastate	%OC	No tuning	With tuning	%
Seastate 6	0.45	6007 W	23.386 W	389%
Seastate 5	1.09	5074 W	19.859 W	391%
Seastate 2	34,91	1074 W	2.936 W	273%

Het uitbouwen van een golfenergiepark is vanzelfsprekend het streefdoel. Ook hier wordt er in deze masterproef dieper op ingegaan. Er wordt wel benadrukt dat deze berekeningen uitsluitend in het frequentiedomein zijn gebeurd (lineair). Indien meerdere configuraties (*grids*) met verschillende boeifmetingen worden onderzocht is enkel het relatieve verschil van belang. Zware, tijdrovende berekeningen in het tijdsdomein zijn op dit moment om die reden overbodig.

De resultaten van de verschillende onderzochte configuraties zijn terug te vinden in hoofdstuk 8 van de masterproef.

Besluit

Onderzoek naar golfenergieconvertoren is uiteraard niet begonnen met deze masterproef en zal er vast en zeker niet bij eindigen. Toch worden er in deze masterproef vernieuwende elementen en inzichten aangereikt die in verder onderzoek zeker noodzakelijk zijn.

Sinds de inlevering van de masterproef zijn, in het kader van het *Flansea* project, verdere stappen gezet naar de ontwikkeling van een testboei. Ook de auteurs hebben hier hun steentje bijgedragen door o.a. vakantiewerk bij *Flansea* partner DEME (Kris DB) en bijkomend onderzoek aan de Universiteit Gent (Dennis R). Het indienen van deze masterproef was dus geen eindpunt maar eerder een startpunt voor verdere betrokkenheid in de bijzonder boeiende wereld van de golfenergie.