

Zeewierteelt voor de productie van biomassa in offshore windparken

Een technologische verkenning

Voorwoord

Dit rapport is gemaakt in het kader van het vak techniek en toekomst. Begin dit jaar heb ik bij U een mondeling gedaan over het dictaat en ben sindsdien in Denemarken geweest om af te studeren op het ontwerpen van funderingsconstructies van offshore windturbines.

Mijn betrokkenheid met het ontwerpen van offshore windenergie zorgde ervoor dat meteen al bij het door U voorgestelde onderwerp ik een gevoel bij het onderwerp had. In eerste instantie was dit een sterke skepsis aangezien het als 'gerommel in de marge' op mij overkwam. Ik moet erkennen na het lezen van verschillende rapporten over het onderwerp deze technologie wel degelijk een significante bijdrage aan de energie productie van windparken kan leveren en ik in die zin positief verrast ben. Temeer, omdat ik eventueel indirect met een sterk gerelateerd onderwerp, mosselteelt in Q7 windpark, te maken krijg bij mijn eventuele voortzetting van een onderzoek naar de technische realisatie van het Q7 windpark na mijn afstuderen.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Inhoudsopgave	2
1 Probleem definitie.....	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Aanpak	3
2 Zeewier teelt.....	4
3 Grootschalige zeewierteelt voor biomassa productie	5
3.1 Grootschalige zeewierteelt.....	5
3.2 Resultaten US biomassa programma	6
3.3 Voorspelling break-even kosten	8
4 Zeewier teelt in offshore windparken.....	9
4.1 Offshore windparken.....	9
4.2 Zeewierteelt in offshore windparken	10
5 Conclusies	13
5.1 TA in de praktijk	15

1 Probleem definitie.

1.1 Inleiding

Biomassa is op dit moment de belangrijkste bron van duurzame energie in Nederland en heeft grote kansen om door te groeien op het gebied van toepassingen in de chemie, in transport en de energie opwekking. In de komende jaren wordt dan ook een enorme groei voorzien in de hoeveelheid te gebruiken biomassa. Aangezien de productie van biomassa onderdeel is van de koolstof kringloop (koolstof uit de atmosfeer is omgezet in biomassa door fotosynthese) is het een in essentie duurzame grondstof. Nederland is echter op dit moment niet berekend op de productie van grote hoeveelheden biomassa.

Om aan de toekomstige vraag naar biomassa te voldoen zijn dan ook nieuwe vormen van productie van biomassa nodig (zoals geformuleerd in lange termijnvisies van het ministerie van EZ). In dit licht zou grootschalige teelt van zeewier voor biomassa productie een aantrekkelijk alternatief kunnen zijn vanwege het grote ongebruikte areaal in de Noordzee. In het specifieke geval zal in dit rapport worden gekeken naar de combinatie van grootschalige teelt van zeewier binnen offshore windparken. Deze combinatie is aantrekkelijk vanwege het relatief extensieve gebruik van de beschikbare ruimte door offshore windparken en door eventueel gezamenlijk gebruik van faciliteiten.

1.2 Aanpak

Los van een globale verkenning van het specifieke onderwerp, grootschalige zeewierteelt binnen offshore windparken, zal dit rapport ook de huidige ontwikkelingen beschouwen in het licht van het proces van technical assesment: op dit moment staat het onderwerp in belangstelling van verschillende belangengroepen die het technisch ontwikkelingsproces nadrukkelijk willen beïnvloeden. Dit doen zij door toekomst visies, studies en beleidsvoorstellen te maken om een gewenst resultaat te bereiken. Dit is het heel nadrukkelijk bestuderen (en proberen te beïnvloeden) van een toekomstige techniek en is in het licht van dit vak interessant.

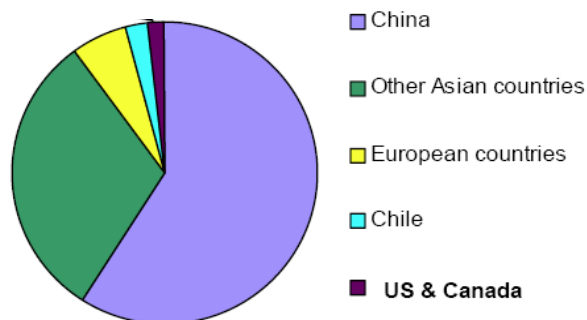
In dit rapport zal eerst gekeken worden naar de verschillende aspecten van de techniek van de zeewierteelt en de verwerking van de zeewierbiomassa tot producten en verwerking voor energie productie. Hierna zullen de aspecten van zeewierteelt binnen offshore windparken worden beschreven. Deze combinatie van zeewierteelt binnen windparken zal in het volgende hoofdstuk worden geëvalueerd: zowel de voordelen als de conflicten zullen worden belicht. Ten slotte zullen de werkelijke acties en studies van belanghebbende om de toekomst te voorspellen en hierop invloed uit te oefenen worden beschreven.

2 Zeewier teelt

Zeewieren vormen een groep van verschillende plantaardige organismen die voorkomen in de zee en die verschillen in grootte van enkele millimeters tot langer dan tien meter. Zeewieren behoren echter tot de categorie van de lagere planten, maar bestaan niet zoals planten uit wortels, steel en bladeren. Het blad, de thallus is het enige element waar zeewieren uit bestaan. Zeewieren komen in alle zeeën ter wereld voor en worden in verschillende landen zelfs geteeld.

Zeewierteelt is een vorm van 'water cultivatie' (aquaculture) waaronder ook de teelt van vissen, schelpdieren en zeeplanten vallen. Water cultivatie voor voedsel productie is een snel groeiende sector met een gemiddeld jaarlijkse groei van 10% (cijfers FAO organisatie van de VN) en vindt voor het grootste deel plaats in Azië (zoals te zien is in figuur 2.1 te zien is¹).

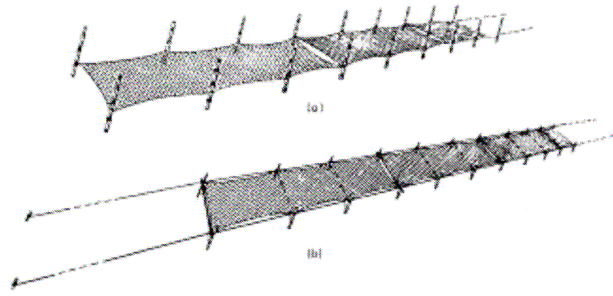
World Seaweed Production (%)
(total annual: 8.0 million metric tons)



Figuur 2.1 Verdeling wereldwijde productie zeewieren 2003

¹ Presentatie Soliv international
http://www.pacaqua.org/Documents/Marine_Macroalgae_Culture.pdf

Het basis concept van zeewierteelt is het telen en oogsten zeewierplanten die op een bepaalde manier op hun plaats worden gehouden; hiervoor worden kunstmatige constructies gebruikt die ervoor zorgen dat de wieren gefixeerd zijn op hun



Figuur 2.2 Voorbeeld kleinschalige teeltmethode

natuurlijke dieptes. Tot nu toe zeewierteelt voornamelijk dicht bij de kust: zeewieren worden geteeld met behulp van lijnen of netten waaraan ze worden bevestigd. Deze systemen worden op hun plaats gehouden door directe bevestiging aan de bodem of door het gebruik van boeien (een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 2.2).

3 Grootschalige zeewierteelt voor biomassa productie

Zoals eerder gesteld wordt zeewier alleen nog kleinschalig geteeld, voornamelijk voor consumptie. Bij teelt op een grotere schaal voor energie opwekking zal de manier van teelt aangepast moeten worden met het oog op het gebruik voor de productie van biomassa voor elektriciteit opwekking en het aanpassen van de teeltmethode om mechanisatie mogelijk te maken.

3.1 Grootschalige zeewierteelt

Bij de grootschalige teelt van zeewier zijn de volgende factoren met betrekking tot de plant zelf van belang:

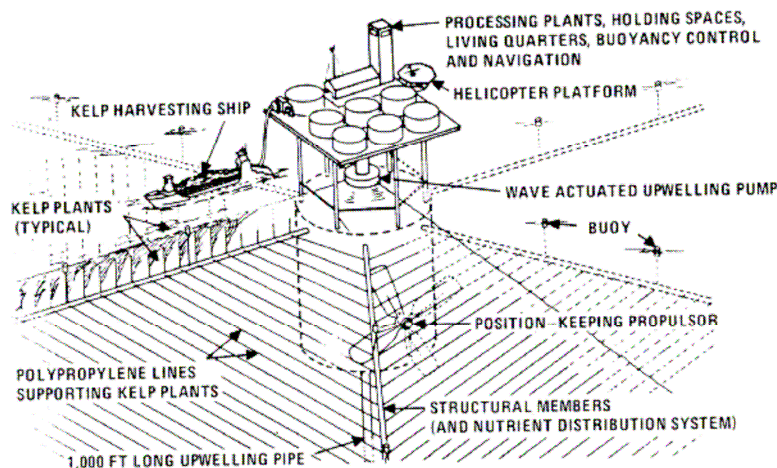
- Bestand zijn tegen het heersend zeemilieu: het kunnen overleven in plaatselijke fysische omgeving (temperatuur, zoutgehalte, licht intensiteit etc.).
- Hoge productiviteit: in staat om snel te groeien in de natuurlijke omgeving met eventuele toevoeging van externe voedselbronnen.
- Geschikt zijn voor teelt: eenvoudigheid van telen en oogsten.
- Geschiktheid samenstelling eindproduct voor eindgebruik.

Een extra factor niet direct van belang voor de teelt zelf, maar wel een belangrijke randvoorwaarde is de eis dat alleen zeewiersoorten gebruikt kunnen worden die plaatselijk al van nature voorkomen of al eerder zijn geïntroduceerd. Het is niet wenselijk is om uitheemse soorten te introduceren om te voorkomen de natuurlijke omgeving

te verstoren. Op basis van de genoemde criteria zijn verschillende zeeiersoorten te selecteren die voldoen voor teelt in de Noordzee.

3.2 Resultaten US biomass programma

Grootschalige teelt van zeewier voor de productie van methaangas is al eerder intensief bestudeerd onder andere in de Verenigde Staten waar een onderzoeksprogramma van 1968 tot '90 naar het onderwerp heeft plaatsgevonden. Een van de voorgestelde concepten is te zien in Figuur 3.1.



Het programma is afgesloten zonder grootschalige toepassing als gevolg van de toenmalig lage olie en gas prijzen en de daarom verminderde interesse in alternatieve energiebronnen. Zowel de economische als de technische haalbaarheid van zeewierteelt in de open oceaan bleven onzekerheden. De kosten van het geproduceerde gas werden geschat op 3 tot 6 maal de toenmalige gasprijzen in de VS.

3.2.1 Kosten van de teelt en verwerking

Het onderzoeksproject in de VS heeft richtte zich veel op de economische haalbaarheid van zeewierteelt en vele kengetallen zijn dan ook beschikbaar: de productiekosten van zeewier werden geschat op 20-50\$ near-shore en 100-400\$ voor offshore lijn teelt. Het grote verschil tussen de kosten van near-shore en offshore teelt zit in het feit dat de belangrijkste kosten in de investering van het teeltsysteem zitten. Zowel investeringskosten als operationele kosten van de omzetting van het zeewier is van relatief klein belang in de totale kosten. Schattingen van de productiviteit per eenheid

Figuur 3.1 Concept ontwerp van een zeewierteelt systeem (Review of biomethane from biomass report, DOE)

van oppervlakte lopen van 20 tot 50 ton droge stof per hectare per jaar en hangen sterk samen met de intensiteit van toevoeging van voedingsstoffen.

3.2.2 Eindconclusies onderzoeksprogramma

Gesteld werd dat er grote problemen zijn gebleven met het gedetailleerd maken van kosten schatting van het telen van zeewieren op economische schaal voor biomassa productie. Dit komt mede doordat er wel commerciële zeewierteelt plaats vindt, maar deze plaats met als doel de productie van producten (oa. zeewier voor consumptie) en zijn dus niet representatief voor voorspelling van kosten de productie van biomassa.

Ondanks het ontbreken van betrouwbare gedetailleerde kosten schattingen werd offshore lijnenteelt op voorhand als niet rendabel geschat. De hoog geschatte investeringen van het teeltsysteem zijn voornamelijk verantwoordelijk voor deze negatieve inschatting. Bovendien is er, door de voorafgestelde focus van het onderzoeksprogramma, niet uitgebreid gekeken naar mogelijke kostenreductie door de productie van hoogwaardige bijproducten. Zeewier kan namelijk ook hoogwaardiger gebruikt worden: het kan als grondstof dienen voor andere (industriële) producten of direct voor consumptie. De consumptieve waarde van zeewier is bijvoorbeeld 1600\$ per ton vers zeewier.

Er kunnen met economische analyses twee typen vragen beantwoord worden: Ten eerste kan de vraag beantwoord worden tegen welke kosten zeewier geproduceerd kan worden (en daarbij eventueel het aspect meenemen de huidige productie kosten en wat is mogelijk met toepassing van verbeterde technieken). De tweede vraag die beantwoord met behulp van economische analyses is de vraag bij welke productiekosten van het zeewier elektriciteitsproductie rendabel is. ECN heeft in het BIO-offshore onderzoeksprogramma deze kosten berekend en de uitkomsten hiervan worden in de volgende paragraaf beschreven

3.3 Voorspelling break-even kosten

Zeewieren kunnen verwerkt worden tot methaangas door middel van verschillende productietechnieken: oa. vergisting, super kritieke vergassing etc. Zowel in het ECN onderzoeksproject als het onderzoeksprogramma Biomass programma in VS komt vergisting als meest efficiënt proces naar voren. Het gebruik van vergisting als basis aan de productie van elektriciteit leverde de volgende schattingen van kostprijzen op door ECN:

	Case 1 20km ²	Case 2 100km ²
Schaalgrote	100.000 mT/jaar	500.000 mT/jaar
Investeringskosten	9.6 Miljoen Euro	31.9 Miljoen Euro
Operationele kosten	1.3 Miljoen Euro / jaar	3.2 Miljoen Euro / jaar
Productie elektriciteit	60.570 MWh/jaar	302.850 MWh/jaar
Productie kosten elektriciteit	16 Euro/MWh	11 Euro/MWh
Break-even kosten zeewier excl. MEP	7 Euro/ton	10 Euro/ton
Break-even kosten zeewier incl.. MEP	65 Euro/ton	69 Euro/ton

Tabel 3.1 Getallen voortkomend uit BIO-offshore project van ECN

In de tabel is zowel een case opgenomen met de oppervlakte gelijk aan de grootte gelijk aan de huidige generatie windparken en een case met een grotere oppervlakte ongeveer gelijk aan de grotere toekomstige windparken. Te zien valt dat schaalvergroting een duidelijk positief effect heeft op de productiekosten. De uiteindelijk geschatte kosten waarbij de elektriciteitsopwekking rendabel zal zijn is in hoge mate afhankelijk van overheidssubsidie. De MEP, milieukwaliteit elektriciteitsproductie, regeling is in het leven geroepen om de 'onrendabele top' van de kostenprijs van groene energie te overbruggen. Zoals te zien is in tabel 3.1 is het effect van deze regeling op de economische haalbaarheid van zeewierteelt voor elektriciteitsproductie groot.

Gezien het verband van het grote kosten verschil met de kosten van het teeltsysteem is de eventuele combinatie met turbine funderingsconstructies interessant; in het volgende hoofdstuk wordt dit verder belicht.

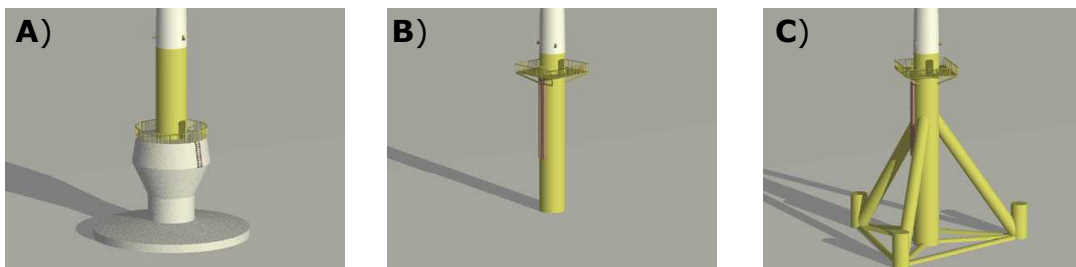
4 Zeewier teelt in offshore windparken

4.1 Offshore windparken

Op dit moment heeft Nederland een offshore windpark dat opgeleverd is (NSW) en een in aanbouw (Q7). Aangezien deze twee windparken nog demonstratie projecten zijn, zijn ze van relatief kleine omvang. Nieuwe windpark projecten zijn in het Nederlandse deel van de Noordzee opgeschort, maar de doelstelling van 6.000 MW offshore windenergie op langere termijn blijft gehandhaafd en op langere termijn zijn dus nieuwe projecten te verwachten.

De turbines binnen windparken worden op grote afstand van elkaar geplaatst in verband met de turbulentie die de turbines op wekken. De benodigde afstand houdt verband met de grootte van de turbine en is ongeveer tien maal de diameter van de turbine; de huidige generatie windturbines van rond de 2-3MW hebben een diameter 90 diameter en dit levert tussenafstanden van rond de kilometer op.

De twee demonstratie projecten beslaan nog een relatief klein oppervlak van rond de 20km² elk aangezien ze een relatief beperkt opgesteld vermogen, van rond de 100MW hebben. Het toekomstige ruimtebeslag van windparken zullen groter zijn aangezien zowel het opgestelde vermogen hoger zal zijn en door het gebruik van modernere, grotere turbines de benodigde tussenafstanden zullen stijgen tot ca. 100km².



Figuur 4.1 Funderingsconcepten: A) Gravity base, B) Monopile C) Tripod

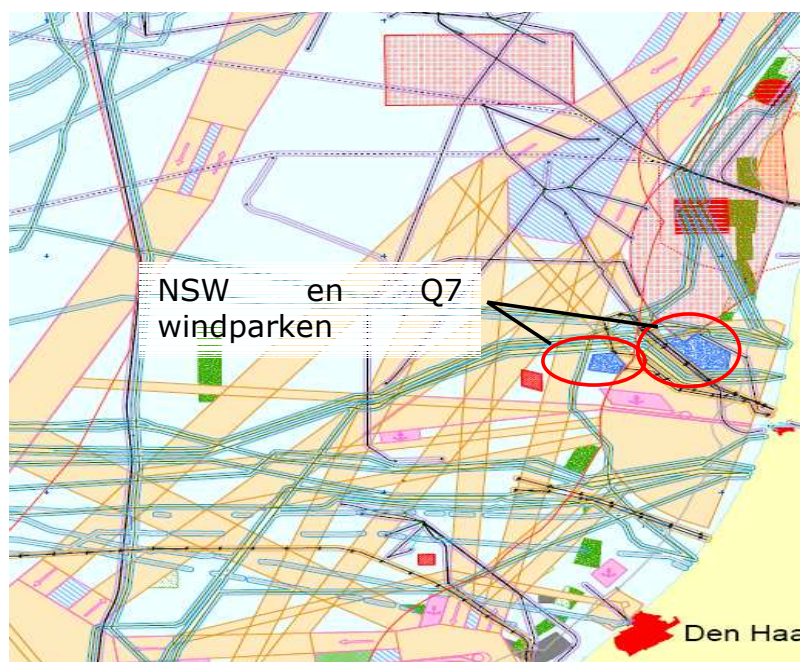
Offshore windparken bestaan allemaal uit direct op de bodem afgesteunde turbines (in contrast tot drijvende constructies) met verschillende types funderingen. De meest voorkomende types zijn weergegeven in figuur 4.1.

4.2 Zeewierteelt in offshore windparken

4.2.1 Aspecten van zeewierteelt in offshore windparken

In onderstaande opsomming zullen de verschillende aspecten van zeewierteelt in offshore windparken worden beschreven: hierbij gaat het om mogelijke synergie als conflicten

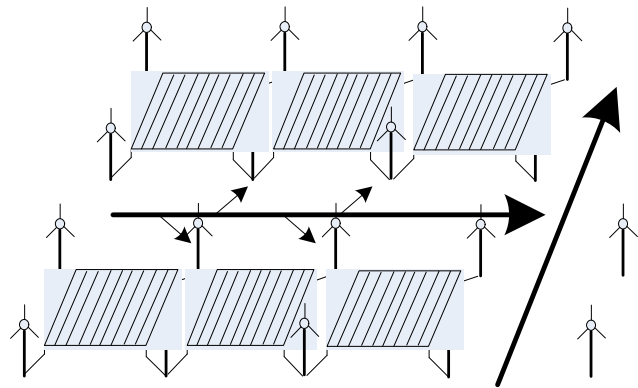
- Meervoudig gebruik van de ruimte: offshore windparken hebben een zeer grootruimtebeslag, maar maken relatief extensief gebruik van de benodigde oppervlakte (de turbines staan zeer ver uit elkaar vanwege aërodynamische overwegingen). Dat het vinden van ruimte voor nieuwe ontwikkelingen in gebieden dicht bij de kust moeilijk is, is te zien in figuur 4.2 (alle gekleurde vlakken vertegenwoordigen een type ruimtebeslag).



Figuur 4.2 Voorbeeld ruimtebeslag nearshore gebied Den Haag tot IJmuiden

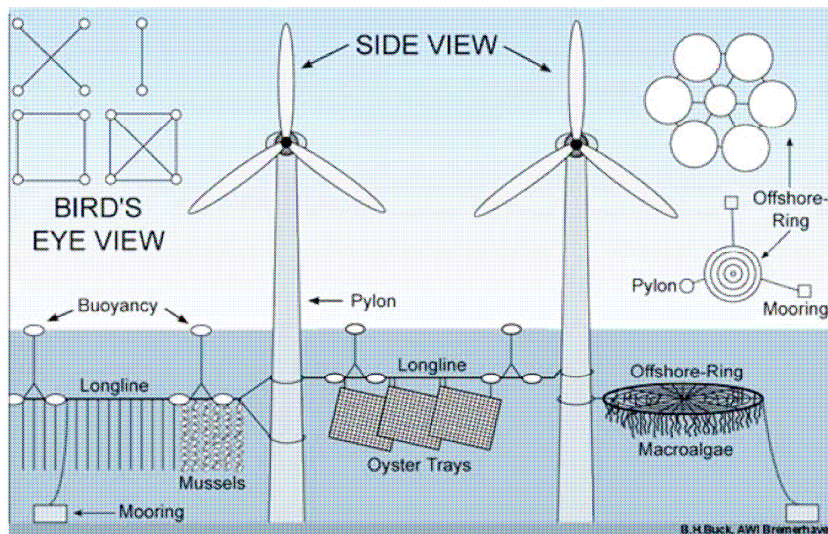
Ruimte voor nieuwe grootschalige ontwikkelingen is dus schaars en eventuele combinatie van windparken en zeewierteelt zou dan ook erg voordelig zijn (dit temeer aangezien offshore windparken gesloten zijn voor visserij en andere scheepvaart). De extra scheepsbewegingen binnen het windpark hebben echter een verminderde veiligheid tot gevolg en dit veiligheidsaspect moet verder onderzocht worden.

- Een belangrijk gegeven is echter dat alle turbines zowel bij de bouw als tijdens het gebruik toegankelijk moeten zijn voor zowel kleine onderhoudsschepen als wel grote hefvaartuigen voor groter onderhoud van de turbines. In figuur 4.3 is duidelijk te zien dat dit het te gebruiken gebied voor zeewierteelt significant verkleind.



Figuur 4.3 Potentiële aanvoerroutes in windpark (pijlen geven toegang tot elke turbine weer)

- Bij zeewierteelt in offshore windparken zullen de funderingsconstructies verankering dienen voor de zeewierteelt systemen. Een eventuele reductie in kosten voor teeltsystemen voor dieper water is belangrijk gezien de het grote aandeel van deze kosten in de totale investeringskosten (zoals te lezen was in sectie 3.2). Voorbeelden van het gebruik van de windturbines als verankeringsconstructies is te zien in figuur 4.4.



Figuur 4.4 Technische concepten combinatie zeewierteelt en offshore windturbines (AWI onderzoeksinstituut Bremen)

Een gedetailleerde berekening van de krachten die het teeltsysteem op de ondersteuningsconstructie uitoefenend is niet te maken zonder gedetailleerde kennis van het teeltsysteem en de hydrodynamische eigenschappen ervan.

Een zeer grove schatting kan echter wel gemaakt worden uitgaande van de basis vergelijking van de weerstandsverhoudingen:

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A_c \cdot v^2$$

Variabele	Uitleg	Schatting	Eenheid
F	Uitgeoefende kracht door water	Orde van enkele 10^6 N	N
ρ	Massadichtheid van water	1030	kg/m ³
C_d	Weerstand coefficient	1-2.0	[-]
A_c	Aangestroomd oppervlakte	1km x 1-5 m	m ²
v	Water snelheid	2	m/s

De ruwe schattingen van de variabelen zijn als volgt: een onderlinge afstand van offshore windturbines van 1km, lengte zeewier in de orde van meters en een stroomsnelheid van enkele meters per seconde. Dit levert een kracht op de ondersteuningsconstructie van de windturbines op van enkele MN (10^6 N). Zowel de kracht die de windturbine van haar rotor ondervindt als de overige hydrodynamische krachten op de ondersteuningsconstructie zijn van dezelfde orde grootte. De kracht van de rotor grijpt echter in de top van de toren aan en heeft diensgevolge en veel groter resulterend moment (door de arm van +/- 100 meter). Het lage aangrijpingspunt van de kracht van het teeltsysteem is dus gunstig, maar de extra belasting op de ondersteuningsconstructie zal zich zeker in een significant zwaarder ontwerp vertalen.

- Combinatie logistiek en personeel: eventuele combinatie van logistiek en personeel voor het onderhoud van de turbines en het onderhoud, oogst van het zeewier. De haalbaarheid hiervan is moeilijk gezien het grote verschil in het karakter van de uit te voeren werkzaamheden: het onderhoud van de turbines vereist namelijk hoogopgeleide elektrotechnici. Wel zouden vissers die hun visgronden verliezen door de aanleg van windparken alternatief werk kunnen vinden in het beheer van de zeewierteelt gezien de overeenkomsten in gevraagde expertise. Een combinatie van de logistiek van personeel en materiaal is daarentegen wel denkbaar gezien de gezamenlijke locatie en zal een vermindering van kosten voor beide activiteiten tot gevolg hebben.

5 Conclusies

Zeewierteelt voor de productie van biomassa die vervolgens omgezet wordt in elektriciteit is qua principe bewezen technologie. De vraag die voor de toekomst voorspelling van grootschalige zeewierteelt binnen offshore windparken beantwoord moet worden, is hoe economisch aantrekkelijk deze teelt is. Gezien de onzekerheid van alle beschikbare kengetallen is alleen een kwalitatieve voorspelling te maken over de voordelen van zeewierteelt in offshore windparken.

De geschatte breakeven kosten van de productie van het zeewier voor elektriciteitsopwekking laten echter ook zien dat deze laag zijn ten opzichte van de geschatte productie kosten voor offshore zeewier. Voor de economische haalbaarheid van grootschalige zeewierteelt is de technologie afhankelijk van kostenreductie van het telen van het zeewier (de invloed van de processtap van de omzetting van het zeewier is gering). In dit licht kunnen kostenreductie behaald door combinatie van zeewierteelt met offshore windparken essentieel zijn, omdat een verlaging van investeringskosten van de kweeksystemen een grote bijdrage kunnen leveren aan totale kosten verlaging. Zeewierteelt is afhankelijk van deze combinatie, maar offshore windenergie productie is niet afhankelijk van deze combinatie. De vraag is dan ook of de teelt in het windpark kan plaatsvinden zonder grote hinder voor de windenergie productie.

Hoewel offshore windparken niet afhankelijk zijn van andere technieken voor economische haalbaarheid, kan zeewierteelt binnen het park wel een significante bijdrage leveren aan de totale elektriciteitsproductie van een windpark. De verwachte elektriciteitsopbrengst van het NSW windpark is +/- 400 miljoen KWh/jaar. Het park beslaat 20km² en met de geschatte productiegetallen van zeewier komt dit overeen met een hoeveelheid geproduceerde zeewier van rond de 100.000 Ton. Met de gevonden omzettingsschattingen (tabel 3.1) komt dit overeen met een elektriciteitsproductie van 60 miljoen KWh/jaar. Grootschalige zeewierteelt in offshore windpark kan dus een significante bijdrage leveren aan de totale energieopbrengst van een windpark.

Daar tegenover staat dat zeewierteelt binnen offshore windparken ook negatieve effecten heeft: de belasting van het teeltsysteem zal zeker een kostenverhoging van de funderingsconstructie van de windturbines veroorzaken. Ook heeft scheepvaart binnen het windpark (los van de noodzakelijke scheepvaart voor onderhoud)

een negatieve invloed en het is goed mogelijk dat tijdens het oogsten van het zeewier het park moet stilliggen vanwege de omvang van de schepen zoals te zien is in figuur 6.1 (deze schepen bevinden zich door hun hoogte binnen bereik van de rotor van de turbines). Door het aanpassen van de zeewierteelt aan de situatie binnen het windpark kunnen deze gevolgen echter vermindert worden (oogsten bij windstilte, reduceren aantal keren oogsten per jaar).



Table 5.1 voorbeeld van oogstschip

De toekomst van grootschalige zeewierteelt binnen offshore windparken is volledig afhankelijk van de economische haalbaarheid en deze is slecht te schatten met de huidig beschikbare cijfers. Een concrete voorspelling van de toekomst van deze technologie is dan ook moeilijk te maken. Wel is de potentie voor significante bijdrage van de zeewierteelt aan de energieproductie aanwezig en heeft de combinatie van beide activiteiten potentiële positieve gevolgen voor beiden (gedeelde kosten). Kleinschalige toepassing om zowel aan gegevens uit de praktijk te komen alswel de verdere ontwikkeling van de technologie van zeewierteelt te stimuleren is belangrijk voor de eventuele doorbraak van deze technologie.

5.1 TA in de praktijk

Gezien het enorme potentieel aan energie productie door de grootschalige teelt van zeewier (het Nederlandse deel van de Noordzee is 57.000 km² groot) is de belangstelling van bijv. het ministerie van Economische Zaken groot. Het ministerie doet zelf aan Technical Assessment op grote schaal: dit als een vorm van beleid onderzoek om de ingrepen te identificeren om een bepaald gewenst toekomstbeeld te realiseren. Het toekomstbeeld in kwestie is het verkrijgen van een duurzame energiehuishouding in Nederland.

Daarbij gebruiken ze zelf de term transitie management: beleid met een langere termijnvisie en breder dan meeste beleid. Volledig centrale sturing is echter onmogelijk en de toekomstvoorspelling richten zich daarom ook daarom dan ook op het creëren van bepaalde voorwaardes om bepaalde ontwikkelingen te laten plaatsvinden. De technologie wordt in zijn maatschappelijke context gezien en geprobeerd wordt deze juist te beïnvloeden.

Het maken van beleid op dit gebied gebeurt in de vorm van het formuleren van visies, transitiepaden. Bij deze activiteiten worden kritische succesfactoren geïdentificeerd en zonodig gesteund door onderzoek, subsidies en proefprojecten. Zeewierteelt staat hier ook in de belangstelling en zeewierteelt wordt genoemd als een veelbelovende techniek in het transitiepad "Energie en grondstoffen uit aquatische biomassa". Het huidige beeld is dat voornamelijk ketenvorming belangrijk is op dit moment: de "infrastructuur" voor toekomstig gebruik van deze techniek is een kritische succesfactor. Hierbij hoort ook het verder ontwikkelen van kennis op dit gebied.

Het ministerie hanteert op dit gebied onder andere "transitie-experimenten" De beoogde verandering wordt geprobeerd te ondersteunen door proefprojecten en onderzoek. Op het gebied van zeewierteelt heeft hierbij vooral het doorbreken van 'systeemgrenzen' de aandacht: nieuwe combinaties van partners binnen deze techniek worden gemaakt door proefprojecten. Zeewierteelt bevindt zich duidelijk in deze fase: bij deze technologie is duidelijk ongebruikelijke combinatie van kennis nodig. Offshore technische kennis is nodig bij het ontwerpen van kweeksystemen, biologische kennis bij optimaliseren van de teelt zelf en chemische kennis voor de omzetting van de biomassa. Het doel is technologische knelpunten in de transitiepaden te doorbreken om de voorwaardes voor de doorbraak van de gewenste technologische ontwikkeling te helpen creëren.

6 Gebruikte literatuur

D. Chynoweth (2002), Review of biomethane from marine biomass

Ministerie EZ (2003), dossier transitiepad biomassa

ECN (2005), BIO-OFFSHORE rapport

Kruause, Buck, Rosenthal (2003), Multifunctional use and environmental regulations: potentials in the offshore aquaculture development in Germany

Buck (2002), Open Ocean Aquaculture und Offshore Windparks, eine machbarkeitsstudie

Borgatti (2006), Open Ocean Aquaculture