

Project titel	CABLE JIP joint industry project (CABLE JIP)
Project nummer	TEWZ177005 (MARIN ref 30422)
Versie	Versie 1.0, d.d. 29/05/2020
Project coördinator	MARIN
Project partners	Bluewater Energy Services BV Twentsche Kabel Fabriek BV
R&D lijn	Topsector Energy
Start datum	<01/07/2017>
Eind datum	<31/12/2019>
Publicatie datum openbaar eindrapport	<01/07/2020>

Samenvatting en conclusies

Het RVO gesubsidieerde onderzoeksproject CABLE JIP, in 2017-2019, had tot doel om de technische haalbaarheid van het gebruik van een semi-statische elektrische kabel voor het transport van de geproduceerde elektriciteit vanaf een innovatieve TLP-type drijvende offshore wind turbine (FOWT) naar de inter-array elektrische kabel op de zeebodem te onderzoeken. Een concreet doel van het onderzoeksproject was om TRL 5/6 te verkrijgen voor zowel de elektrische kabel als de nieuwe TLP-type FOWT. Na verkrijgen van TRL 5/6 kan de volgende stap worden gezet om deze twee nieuwe technologieën toe te passen in een demonstratieproject, met als volgend doel om daarvoor TRL 8/9 te verkrijgen. Momenteel worden, voor de eerste FOWT demonstratieprojecten of FOWT demonstratieprojecten op de tekentafel, dure dynamische elektrische kabels beschouwd. Voor een TLP-type FOWT, betekent het gebruik van een semi-statische kabel, in plaats van een volledig dynamische kabel (umbilical), een aantrekkelijke optie om de levelized cost of energy (LCoE) te reduceren. Een hoogvermogen elektrische kabel in een dynamische toepassing onder een drijvende offshore windturbine is gevoelig voor vermoeiingsschade in de buurt van het ophangpunt aan de floater en in het gebied waar de kabel de zeebodem raakt. De hoogvermogen elektrische kabel is typisch een niet-redundante component, terwijl de commerciële exploitatie van de drijvende windturbine sterk afhankelijk is van een ongehinderd transport van de opgewekte elektriciteit naar het substation.

Dit openbare eindrapport beschrijft de belangrijkste bevindingen van het CABLE JIP onderzoeksproject, met nadruk op de ultieme ontwerpbelasting (ULS analyse) en de analyse van de vermoeiingsschade (FLS analyse) van de elektrische kabel. Een zwaar testgeval is beschouwd voor een drijvende windturbine in 96.5 m waterdiepte. De belangrijkste conclusies van het onderzoeksproject zijn:

- De vermoeiingsschade is onderzocht voor een zwaar test geval in 96.5 m waterdiepte, golfhoogtes tot Hs 11.4 m en stroomsnelheden tot 1.78 m/s.
- De berekende vermoeiingsschade is voor de standaard opbouw van de kabel met normale ongecorrundeerde aluminium sheathing. Aanvullend onderzoek buiten het CABLE JIP project is

gestart om te bekijken hoeveel de vermoeiingsschade verbeterd kan worden met gecorrudeerde aluminium sheathing.

- De berekende vermoeiingsschade is uitsluitend voor FOWT geïnduceerde bewegingen en voor golf geïnduceerde bewegingen. Vermoeiingsschade ten gevolge van VIV is voorlopig buiten beschouwing gelaten.

Partners

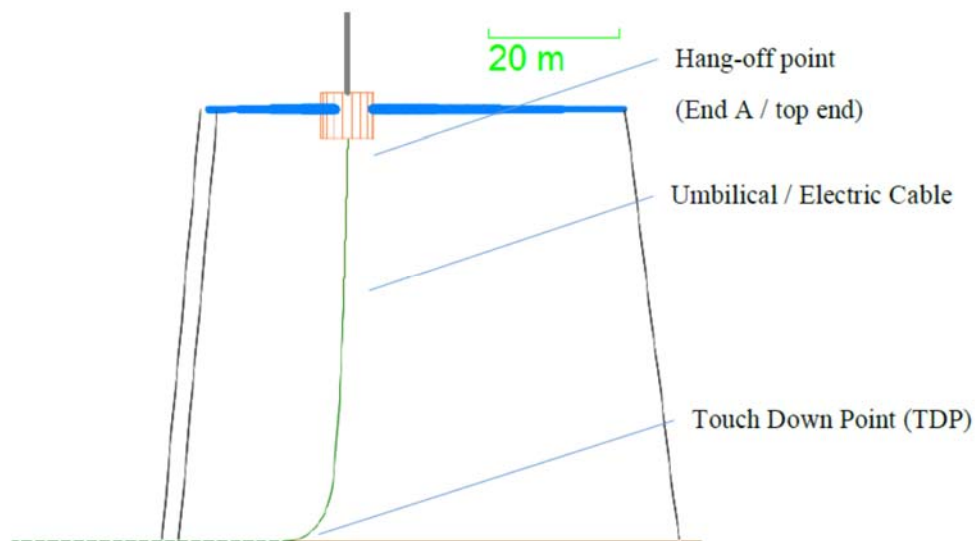
Het consortium bestond uit de volgende drie partijen:

Project partners :	Type	Rol in project
MARIN	Onderzoeksinstituut	Penvoerder; modelonderzoek met de TLP in het Offshore Bassin en forced oscillation onderzoek met de OD 50 mm kabel.
Bluewater Energy Services BV	Ontwerpbureau	Ontwerper van de TLP; ontwerper van het umbilical systeem en gedetailleerde vermoeiingsanalyse van de elektrische kabel in het tijdsdomein.
Twentsche Kabel Fabriek BV	Kabelfabrikant	Ontwerper en leverancier van OD 117 mm subsea elektrische kabels; ontwerp en levering van OD 50 mm onderzoekskabel en algemene kennisdrager van subsea elektrische kabels.

Alle drie de partijen zijn actief in de wind-op-zee industrie, waardoor snel en effectief aan het project gewerkt kon worden. De gepresenteerde resultaten zijn realistisch en door de drie partijen intern getoetst aan praktische haalbaarheid.

Ontwerp van de TLP en de elektrische kabel

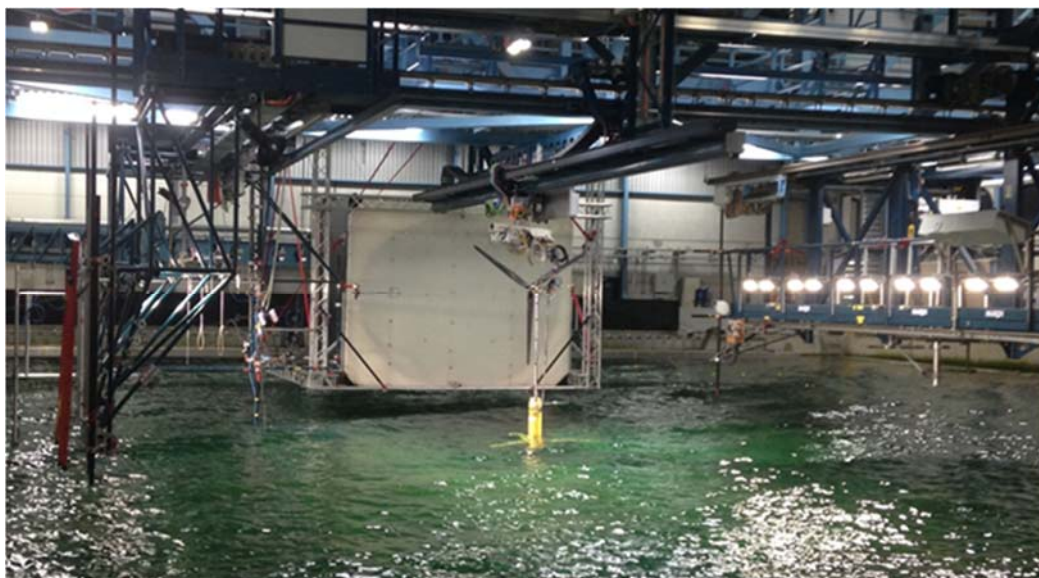
Gebruikmakend van het gunstige bewegingsgedrag van een TLP, kan een recht toe recht aan ontwerp voor de elektrische kabel worden toegepast, bestaande uit een min of meer vertikaal hangende lijn zoals weergegeven in *Figuur 1*. Bij het ophangpunt aan de TLP hangt de kabel vrijwel geheel vertikaal en in het gebied waar de kabel de zeebodem raakt ontstaat een lichte kromming. De vrije lengte van de kabel en de horizontale afstand van het raakpunt zijn geoptimaliseerd door middel van numerieke simulaties. De TLP (tension leg platform) bestaat uit een slanke onderwater driepoot, verankerd met zware verticale afmeerlijnen aan de zeebodem. De TLP met de daarop geplaatste windturbine is netto opdrijvend, waardoor een grote voorspanning in de afmeerlijnen ontstaat. In wind, stroming en golven beweegt de TLP vrijwel alleen in horizontale richting, min of meer als een slappe tafel op afschuiving. De relatief langzame bewegingen van de TLP zijn gunstig voor dynamisch gedrag van de elektrische kabel en de daarmee samenhangende vermoeiingsschade.



Figuur 1 *Ontwerp van elektrische kabel onder de drijvende windturbine*

Modeltesten in het MARIN golfbassin

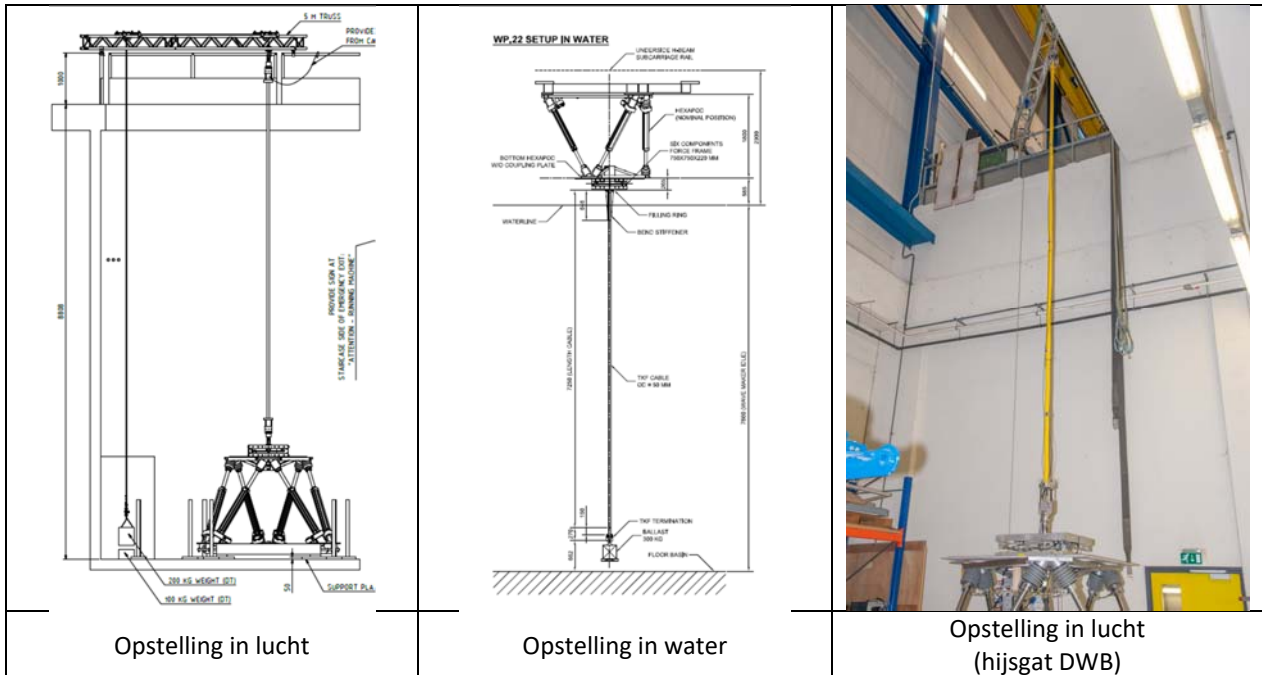
Gedetailleerde modelproeven in het MARIN golfbassin zijn uitgevoerd voor het nieuwe Bluewater TLP ontwerp, met als doel om de haalbaarheid van een TLP als support platform voor een drijvende windturbine te verifiëren. Een specifieke doelstelling van het modelonderzoek was om TRL 5/6 te verkrijgen voor de TLP, op basis waarvan de volgende stap richting een demonstratieproject gezet kan worden voor het verkrijgen van TRL 8/9. De resultaten van het modelonderzoek een essentiële factor voor het ontwerp, met name voor de kalibratie en verificatie van de numerieke modellen voor de voorspelling van het bewegingsgedrag van de TLP. In verband met de LCoE is het voor de windindustrie belangrijk om zo min mogelijk staal te gebruiken en toch voldoende stabiliteit te behouden voor de zwaarste stormcondities. In vergelijking met alternatieve drijvende platformen, zoals een semi-submersible of een spar, onderscheidt een TLP zich door een relatief gunstig staalgebruik, maar is daarentegen wel wat gevoeliger voor lastige resonanties.



Figuur 2 *Modelonderzoek met drijvende windturbine in het MARIN golfbassin*

Onderzoek naar mechanische eigenschappen van de elektrische kabel

Een hoogvermogens elektrische kabel voor toepassing op zee heeft een complexe interne opbouw, bestaande uit de feitelijke elektrische geleiders (aluminium of koper), isolatiemateriaal, waterafdichting, armeringsdraden, vulmateriaal en een harde buitenmantel. De belangrijkste onderzoeksvraag van het CABLE JIP project betrof het voorspellen van de levensduur van de elektrische kabel, wanneer deze gebruikt wordt als umbilical tussen de drijvende windturbine en de zeebodem. De vrij hangende kabel gedraagt zich aanzienlijk dynamischer dan meeste andere toepassingen, waardoor het momenteel niet goed bekend is of de gewenste levensduur van minimaal 30 jaar gehaald kan worden. Dit vraagstuk kan beantwoord worden door de volgende vier stappen te volgen: 1) onderzoek naar bewegingsgedrag van de kabel onder een drijvende windturbine, 2) ontwikkeling van een tijdsdomein simulatiemodel voor de kabel, 3) onderzoek naar specifiek mechanische eigenschappen van de elektrische kabel, zoals buigstijfheid en interne demping en 4) onderzoek naar de vermoeiingsschade van de elektrische kabel. Binnen het CABLE JIP onderzoeksproject is voor de derde stap een OD 50 mm elektrische kabel getest van 7 m in lengte, met een Hexapod forced oscillation testopstelling. De kabel is getest in lucht (hijsgat DWB) en later ook in water (sleepproeven in de 8 m diepe MARIN DWB sleeptank).



Figuur 3 Onderzoek naar de mechanische eigenschappen van de OD 50 mm kabel

Overzicht van openbare publicaties over het project en waar deze te vinden of te verkrijgen zijn

De volgende publicaties worden uitgebracht over het CABLE JIP onderzoeksproject:

- [-] Gueydon, S., Lindeboom, R., Kampen, W. van, & Ridder, E.-J. de (2018). Comparison of two wind turbine loadings emulation techniques based on tests of a TLP-type FOWT in combined wind, waves and current. IOWTC2018-1068. San Francisco, CA, USA: IOWTC.
- [-] Wilde, J.J. de, Nat, C. van der, Pots, L. and de Vries, L., CABLE JIP: A Research Project To Assess The Feasibility For The Use Of Semi-static Electrical Cable Technology For The Power Take-off Of A TLP-type Floating Offshore Wind Turbine, OTC 2021, Houston, to be issued.

Een korte samenvattingsvideo is te bekijken op de publiek toegankelijke webpagina:

<https://www.marin.nl/jips>

Meer exemplaren van dit rapport

Meer exemplaren van dit rapport kunnen digitaal worden verkregen via het hieronder genoemde contact.

Contact voor meer informatie

Meer informatie over dit project kan verkregen worden via:

- de heer Jaap de Wilde, MARIN, j.dewilde@marin.nl

Subsidie

Het CABLE JIP onderzoeksproject is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken voor het Topsector Energie programma uitgevoerd door RVO.