



GeoSea

Geotechnical Offshore Contractor



TEMPORARY WORKS DESIGN

Project

Motion Compensated Pile Gripper

Subsidie

R&D projecten – TKI Wind op Zee

MOTION COMPENSATED PILE GRIPPER - OPENBAAR EINDRAPPORT - WIND OP ZEE - R&D PROJECTEN 2017

0	27-08-2017	F	TRO	JJA	VNN
rev #	date	status	initials	initials	initials
Status code: P - Preliminary C - concept F - Final			Prepared by:	Final check:	Approval:

Information contained in this document is of confidential nature. No part of this document may be reproduced in any form, by print, photo print, microfilm or any other means without prior written permission from Temporary Works Design BV.

Table of contents

1.	Algemene informatie	3
2.	Samenvatting	4
3.	Achtergrond	5
4.	Doelstelling	6
5.	Resultaten	7
	5.1. Naval en dynamische analyses.....	7
	5.2. Gripper Controlestrategieën.....	7
	5.3. Advanced numerical model and laboratory testing.....	8
	5.4. Werkbaarheidsprogramma.....	9
	5.5. Structural and mechanical design.....	9
	5.6. Kosteninschatting.....	12
6.	Conclusies	13
	6.1. Conclusies.....	13
	6.2. Bijdrage aan de doelstelling van de regeling.....	13
7.	Openbare publicaties	14

1. Algemene informatie

Hieronder staan de algemene project informatie:

- Referentie number: TEWZ117013
- Project titel: Motion compensated pile gripper
- Contact person: Thijs Roethof (TWD)
- Samenwerkingsverband: Temporary Works Design
Barge Master
GeoSea
MARIN
- Start datum van het project: 15-06-2018
- Eind datum van het project: 01-08-2018
- Publicatie datum: 30-01-2020

“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”

2. Samenvatting

Momenteel worden de meeste windturbine fundaties geïnstalleerd met een Jack-Up Barge (JUB). Echter hebben de meeste JUB's onvoldoende kraan capaciteit of laadvermogen om de fundatiepalen van de toekomst te installeren. Schepen met grotere kraan capaciteit die fundatiepalen drijvend kunnen installeren bestaan, echter door de toegenome installatie nauwkeurigheid is de werkbaarheid hiervan gelimiteerd.

Het doel van de Motion Compensated Pile Gripper (MCPG) is om fundatiepalen drijvend te installeren met een schip dat gebruikt maakt van een dynamisch positionering systeem (DP). Dit zal worden bereikt door de versturende scheepsbewegingen te compenseren en hiermee de werkbaarheid voor drijvende installaties aanzienlijk te vergroten. De MCPG (1) maakt het gebruik van de installatie van goedkopere installatie schepen mogelijk, (2) maakt het gebruik van schepen met een groter laad vermogen mogelijk, (3) reduceert de benodigde installatie tijd en (4) vermijdt de noodzaak van het bouwen van schepen met een zeer korte terugverdiertijd (omdat veel JUB's 5 jaar na de bouw verouderd blijken te zijn).

De "Basic Design" fase van het MCPG project is nu afgerond en klaar voor de volgende fases; gedetailleerd ontwerp, productie en testen. Er is een geïntegreerde tool ontworpen voor de volledige operationele volgorde ("Upending", "Lowering" en "Piling"), waarmee de risico's en nadelen van drijvende installaties effectief worden beperkt. De installatiemethode werd gedemonstreerd en gevalideerd met schaaltestmodellen in een laboratoriumomgeving. Met deze resultaten werden alle onderzoeksvragen beantwoord en werden de stoppers behandeld. De uitkomst van het onderzoek leverde de relatie op tussen de prestaties van het systeem en de vereiste investering.



Figure 2-1, Basic design of the Motion Compensated Pile Gripper

3. Achtergrond

Voor optimale prestaties van een offshore windturbine worden zeer nauwe verticaliteitstoleranties voor de fundatiepaal gespecificeerd door de turbineleveranciers. In eerdere offshore windparken, waar de bovenkant van de windturbine werd gemonteerd door middel van een cementverbinding, was een tolerantie van 0,50 graden acceptabel. Bij de nieuwste en toekomstige projecten is echter een maximale verticaliteit van slechts 0,25 graden toegestaan. Voor een waterdiepte van 30 meter komt dit overeen met een maximale horizontale nauwkeurigheid van slechts ± 130 mm.

De MCPG op het installatieschip wordt gebruikt om (1) de fundatiepaal naar verticale positie te kantelen, (2) de bewegingen van de fundatiepaal tijdens het zakken te controleren en (3) de fundatiepaal rechtop te houden tijdens het heien. Werken vanaf een JUB biedt een stabiel platform dat het mogelijk maakt om de schuinheid van de fundatiepaal handmatig aan te passen. Discrete metingen van de paalhelling en handmatige aanpassingen met de Gripper zorgen ervoor dat de paal binnen toleranties wordt geïnstalleerd.

Voor drijvende installaties (hetzij op DP of op ankerpatroon), wordt het schip onderworpen aan golven en stroming. Afhankelijk van de scheepseigenschappen en de beoogde zee-toestand, zou de bewegingsenvelop van de Gripper op een drijvend vaartuig ongeveer $\pm 2,5$ m kunnen zijn. Met deze bewegingsenvelop is het onmogelijk om verticaliteit onder 0,25 graden te verkrijgen. Daarom zijn continue en realtime scheepspositie metingen vereist als invoer van het actief compensatiesysteem dat ervoor zorgt dat de fundatiepaal binnen verticaliteit toleranties blijft.

4. Doelstelling

De ontwikkeling van de MCPG omvat drie hoofdgebieden van onderzoek met extra uitdagingen in vergelijking met conventionele installaties met JUB's: (1) de fundatiepaal naar verticale positie kantelen, "Upending fase", (2) de bewegingen van de fundatiepaal tijdens het zakken te controleren, "Lowering fase" en (3) de fundatiepaal rechtop te houden tijdens het heien, "Piling fase". Deze drie stadia worden allemaal beïnvloed door de bewegingen en versnellingen van het drijvend installatie schip. Een lijst met alle technische onderzoeksvragen werd opgesteld vóór de start van dit project. Deze onderzoeksvragen werden herleid van de HAZID-analyse.

De resultaten van het project zullen het ontwerp van de installatietool zijn die zich op het niveau van het "Basic Design" fase bevindt en gereed is voor de "Detailed Design" fase. De installatiemethode zal worden gedemonstreerd en gevalideerd met schaaltestmodellen in een laboratoriumomgeving. Met deze resultaten moeten alle onderzoeksvragen worden beantwoord en moeten stoppers worden aangepakt. De uitkomst van de studie zal een relatie bieden tussen de prestaties van het systeem en de vereiste investering.

De resultaten worden gebruikt om offshore installatiecontractanten of ontwikkelaars van offshore windparken te overtuigen om de installatietool in hun installatieprojecten te gebruiken. Voor GeoSea (de eindgebruiker) zal dit resulteren in het blijven groeien in de markt voor offshore-installaties, het toepassingsgebied van hun beschikbare schepen te verbreden en de markt voor te blijven. Voor TWD en BM zullen de resultaten worden gebruikt om hun marktaandeel op het gebied van fundatiepaal-installaties uit te breiden. Voor MARIN zal dit resulteren in het groeien in de hernieuwbare industrie en de dynamische positioneringsmarkt.

5. Resultaten

5.1. Naval en dynamische analyses

Numerieke modellen werden gebouwd om de volledige operationele volgorde (Upending, Lowering en Piling) te simuleren. Het doel van deze studies was om de optimale ondersteuning van de fundatiepaal te vinden voor alle operationele stappen. De vereiste ondersteuning voor de fundatiepaal is sterk afhankelijk van de omgevingscondities en de scheepseigenschappen en zal uiteindelijk de complexiteit van het systeem bepalen.

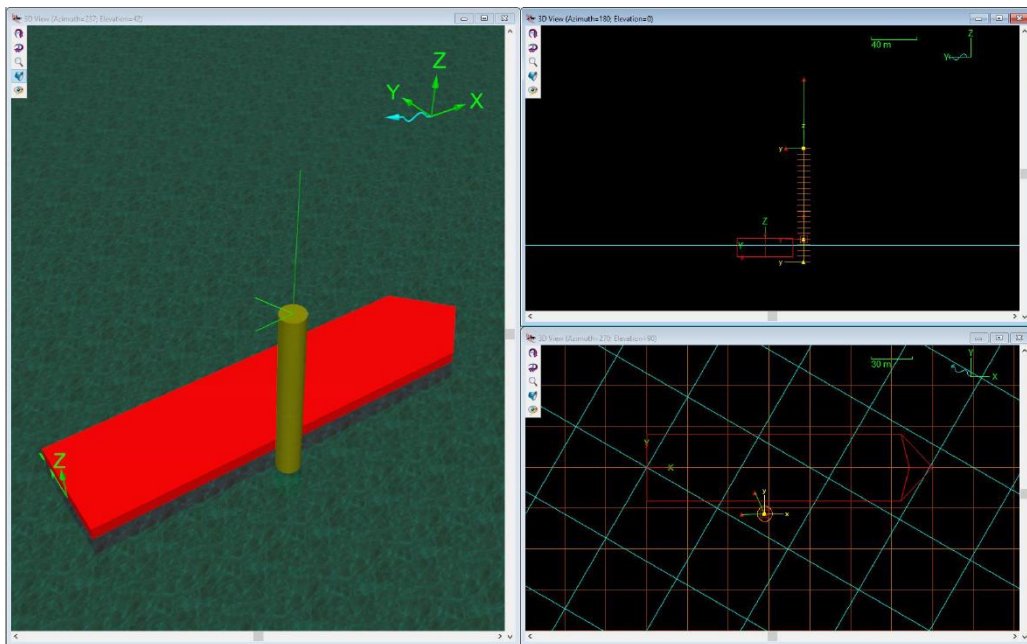


Figure 5-1, Voorbeeld van één van numerieke modellen voor "lowering"

5.2. Gripper Controlestrategieën

Controlestrategieën zijn onderzocht voor drie specifieke fasen van het installatieproces en er is een schematische controller voor elke fase gedefinieerd. Figure 5-2 toont een schematische lay-out voor elke fase.

Voor de Gripper controlestrategie werd de installatieprocedure in drie fasen gescheiden:

- Lowering 1: het begin van de verlagingsfase, wanneer de ondergedompelde lengte van de paal kort is en de resulterende waterdemping relatief laag is.
- Lowering 2: wanneer de paal verder in het water is gezakt heeft waterdemping een significante invloed op de fundatiepaal bewegingen en krachten.
- Piling: nadat de fundatiepaal de grond raakt wordt het gewicht niet meer door de kraan wordt gedragen.

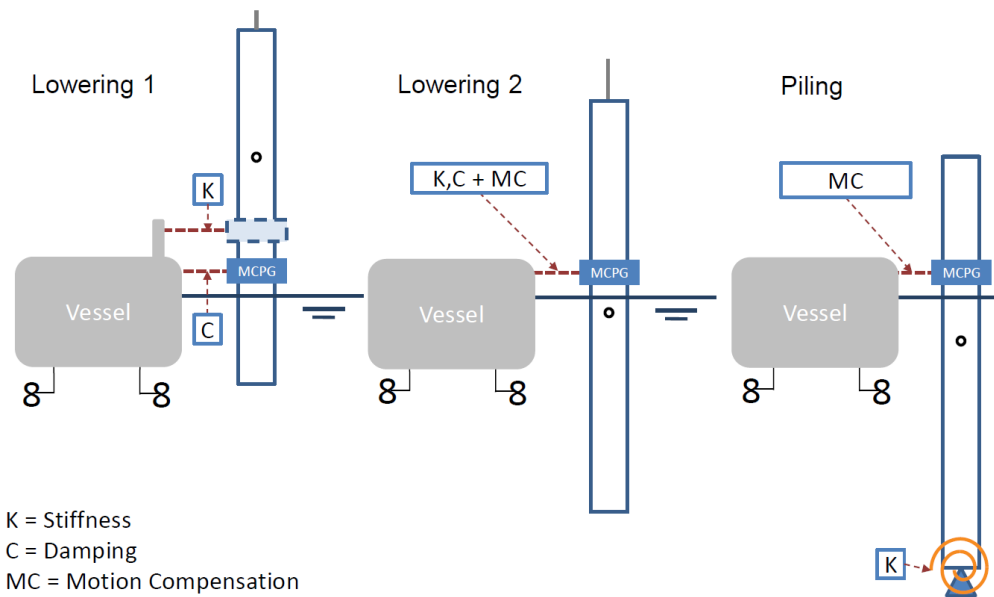


Figure 5-2, Controlestrategien voor schaalmodeltesten

5.3. Advanced numerical model and laboratory testing

De numerieke modellen gebouwd aan het begin van het project waren voldoende om het systeem te bepalen in termen van vrijheidsgraden. Echter was dit model beperkt vanwege zijn eenvoudige DP-systeem en eenvoudige interactie tussen MP en vaartuig. Daarom heeft MARIN in nauwe samenwerking met TWD en GOC een geavanceerder model gemaakt. TWD leverde de MCPG-controller en GOC de randvoorwaarden. Uiteindelijk werd het numerieke model gevalideerd door 5 weken laboratoriumtesten van een schaalmodel in een waterbassin.

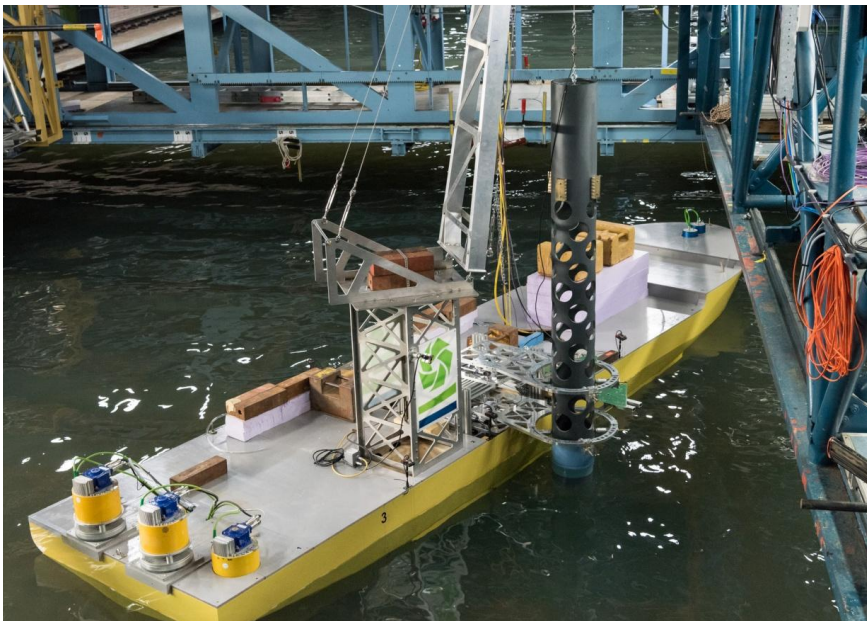


Figure 5-3, schaalmodel testen in het waterbassin

Vervolgens is het ontwerpprobleem verdeeld in kleinere deelproblemen, zo klein mogelijk. Voor al deze kleinere subproblemen werden in totaal bijna 100 suboplossingen ontworpen, een overzicht wordt getoond in Figure 5-6 en enkele voorbeelden in Figure 5-7. Deze oplossingen worden gecombineerd in een logisch totaalconcept. Wat resulteerde in meerdere levensvatbare concepten, aangegeven door de lijnen in Figure 5-7.

Elk concept wordt gematerialiseerd met snelle berekeningen, schetsen en schattingen. Deze conceptontwerpen kunnen worden beoordeeld aan de hand van de eerder genoemde criteria, leidend tot het beste totaalconcept, zie Figure 5-8

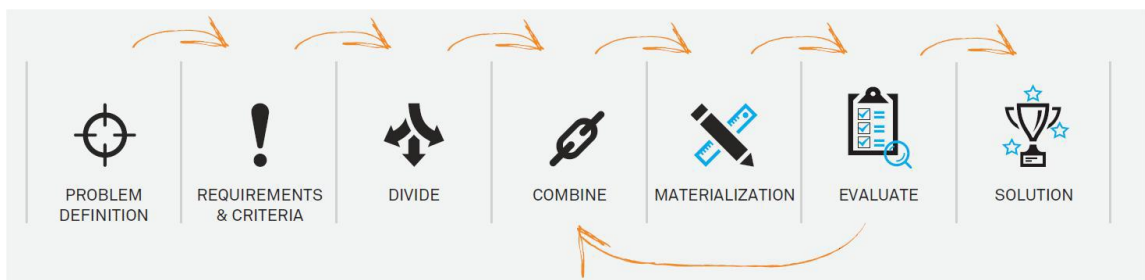


Figure 5-5, Procesbeschrijving van de Functionele ontwerpmethod

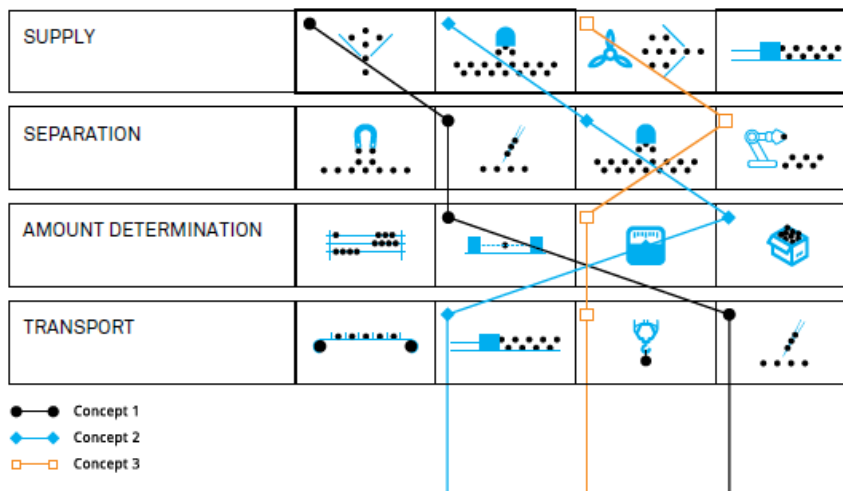


Figure 5-6, Voorbeeld van alle subproblemen en suboplossing (± 100) van de functionele ontwerpmethod

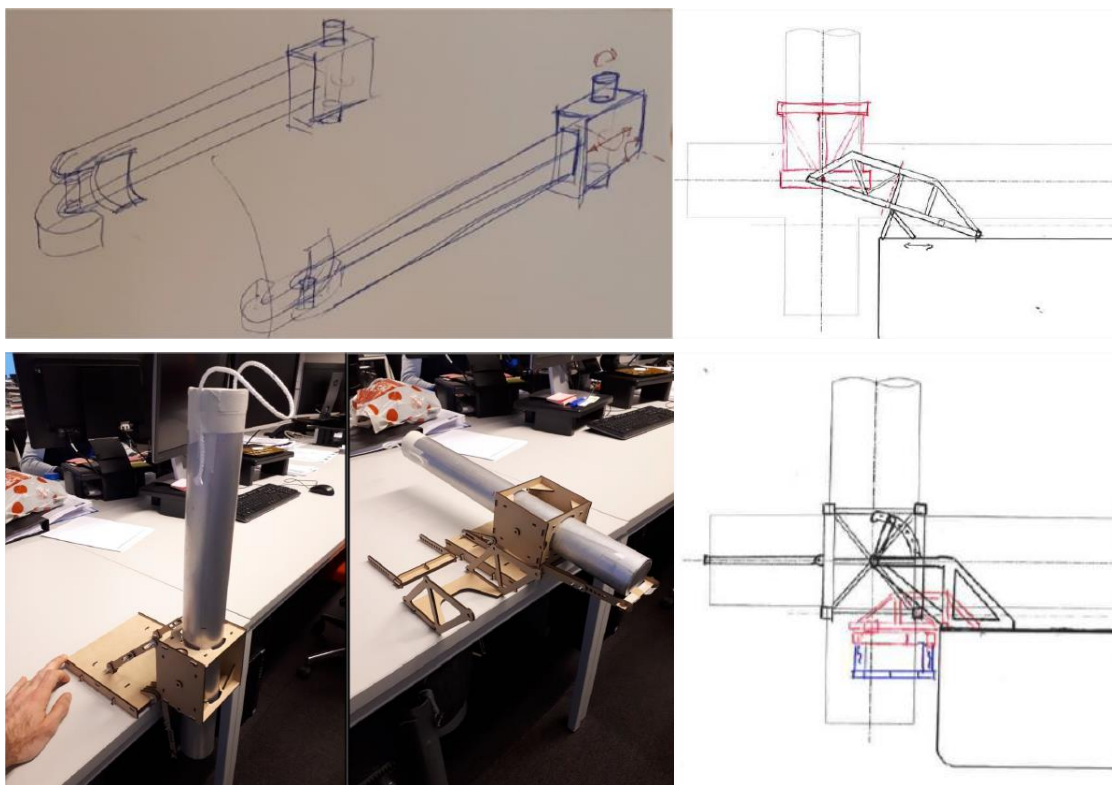


Figure 5-7, Voorbeelden van suboplossingen



Figure 5-8, Uiteindelijke totalconcept

5.6. Kosteninschatting

Het uiteindelijke concept werd gematerialiseerd tot het niveau van hoofdprofiel dimensies en enkele elementaire gedetailleerde dimensies (scharnieren en penverbindingen). Een ruwe orde van grootte van de totale prijs van het concept werd geschat.

In het structurele deel zijn de kosten voor staal, fabricage en cilinders afgedekt. De prijs is gebaseerd op tonnages staal, in combinatie met een prijsraming per kg gerelateerd aan de complexiteit van de constructie. Op deze manier worden lassen en bewerken opgenomen in de schatting.

Table 1, Kosteninschatting

Structurele componenten	Kosteninschatting
Upend bucket, Gripper, NMS and hydraulics	€ 30.000.000,-

6. Conclusies

6.1. Conclusies

De “Basic Design” fase van het MCPG-project is nu afgerond en klaar voor de volgende fasen; “Detailed Design”, productie en testen. Er is een geïntegreerde tool ontworpen voor de volledige operationele volgorde (“Upending”, “Lowering” en “Piling”), waarmee de risico's en nadelen van drijvende installaties effectief worden beperkt. De installatiemethode werd gedemonstreerd en gevalideerd met schaaltestmodellen in een laboratoriumomgeving. Met deze resultaten werden alle onderzoeksvragen beantwoord en werden de stoppers behandeld. De uitkomst van de studie biedt een verband tussen de prestaties van het systeem en de vereiste investering.

6.2. Bijdrage aan de doelstelling van de regeling

Door de fundatie palen drijvend te installeren met de MCPG wordt de effectieve tijd significant verkort ten opzichte van statische gripper op een verankerd schip. De totale project kosten van fundatiepalen installeren worden hierdoor 32% verlaagd. Dit staat gelijk aan een LCEO verlaging van €1.5 / MWh (2.44%) en levert €199 miljoen kosten besparing op de SDE+

7. Openbare publicaties

Titel	Locatie	Datum
Concept design of motion compensated pile gripper	TWD	02-09-2014
TWD Designs Motion Compensated Pile Gripper	Offshorewind.biz	03-09-2014
Game changing floating installation for Offshore Wind	Conquest	05-11-2015
TWD and Barge Master Float Cost Saving Monopile Installation Tool	Offshorewind.biz	10-08-2016
Nieuwe methode om drijvend monopiles te installeren	Maritiem Nederland	10-10-2016
Motion Compensated Pile Gripper – Publieke samenvatting	TKI Wind op Zee	01-02-2018