

Postbus 68 | 1970 AB IJmuiden

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit  
F.S Tichelaar, Directie Visserij  
R.J. Metaal, Directie SK&I  
Bezuidenhoutseweg 73  
2594 AC Den Haag

Auteur(s): M.J.C Rozemeijer, R. Cramer, A. Korving, C. Meeldijk

## Het testen van aangepaste Bruce ankers op hun geschiktheid voor het gebruik in Offshore Windmolenparken

### Samenvatting

Op 6 en 7 Mei 2021 is een aantal testen gedaan met het Bruce anker en aangepaste varianten om het ingraafgedrag te onderzoeken. Dit onderzoek is benodigd om de interactie tussen het Bruce anker, en vijf aangepaste varianten met de infield-electriteitskabels in windparken op zee te kunnen duiden. Haken ze in de infield-electriteitskabel? En graven ze goed in? Voor één variant werd aangetoond dat deze niet inhaakt in een infield-electriteitskabel-proxy. Echter deze variant op het Bruce anker en andere varianten bleken zich nauwelijks tot niet in te graven en zijn daarmee onbruikbaar voor het verankeren van kooien strings en andere toepassingen van verankeren.

Project: KD-2021-018\_Alternatieve ankers in windparken op zee BO-43-119.01-012  
WMR projectnummer: 4316100277

### Kennisvraag

Om krabben te vangen met passieve methodes worden kooien gebruikt die aan elkaar verbonden zijn d.m.v. een lijn (strings). De verankering van deze strings gebeurt met kettingbossen of ankers. Het is gebleken dat kettingbossen verminderd functioneren in combinatie met jonen (Figuur 1, boei met vlaggenstok en contragewicht voor zowel markering van objecten onderwater en fixatie van registratie van het schip (EU 2005, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 2021)). De jonen pakken dermate veel stroom dat de strings verplaatst worden en een risico betekenen m.b.t. eventuele schade aan de infield-electriteitskabel, oftewel de kabels die de windmolens met elkaar verbindt (Figuur 1, Tabel 1, Rozemeijer et al., 2022). De string kan inhaken in de infield-electriteitskabel. Om dezelfde reden, het stabiliseren van de strings maar ook het risico op schade van het anker aan de infield-electriciteitskabels, is het voor Offshore Windparken twijfelachtig of ankers wenselijk zijn in zandigere gronden zoals de NL

DATUM

7 december 2021

ONDERWERP

Briefrapportage KD-2021-018\_Alternatieve ankers in windparken op zee BO-43-119.01-012XXX

ONS KENMERK

2134054.MR.mb

POSTADRES

Postbus 68  
1970 AB IJmuiden

BEZOEKADRES

Haringkade 1  
1976 CP IJmuiden

INTERNET

[www.wur.nl/marine-research](http://www.wur.nl/marine-research)

KVK NUMMER

09098104

CONTACTPERSOON

Marcel Rozemeijer

TELEFOON

+31 (0)317 48 6154

E-MAIL

[Marcel.rozemeijer@wur.nl](mailto:Marcel.rozemeijer@wur.nl)

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden..

Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als missie: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'

kust. Dit onderzoek brengt het ingraafgedrag van verschillende ankers in beeld. De kennisvraag is:

- *Graven ankers die aangepast zijn om te voorkomen dat ze in een infield-electriteitskabel haken, zich net zo goed in als het standaard anker?*
- *Voorkomt de aanpassing van het basis anker het haken in de gebruikelijke infield-elektriciteitskabels?*

Dit is een aanpassing van de oorspronkelijke vragen die ook gericht waren op het bepalen van schade (Box 1).

De vraagstelling is aangepast omdat bij de eerste ingraaftest bleek dat het aangepaste Bruce anker zich nauwelijks tot niet ingroef. Vervolgens is besloten meerdere varianten te ontwikkelen en te testen op ingraafgedrag. Het heeft namelijk geen zin een anker te testen op schade op de infield-electriteitskabel als het niet ingezet kan worden omdat het niet ankert en zekert.

## Methoden

### *Ankeraanpassingen*

Verschillende ankers en aanpassingen werden getest:

1. Het Bruce anker (oftewel M-anker), gegalvaniseerd 10 kg, zoals dat geleverd wordt door CIV Den Oever U.A. BA-1 (Figuur 2A), vloeit en schacht nagenoeg parallel.
2. Een tweede Bruce anker, gegalvaniseerd 10 kg, met een iets grotere hoek tussen vloeit en schacht.
3. Variant 1: 3 spijlen, (Figuur 2A en B): vanaf ieder eindpunt van een vloeit<sup>1</sup> werd een spijl gelast naar de steel om te voorkomen dat het anker inhaakt op de kabel.
4. Variant 2: 1 spijl, maar één spijl in plaats van drie (Figuur 2B).
5. Variant 3: 3 doorgeslepen spijlen, zoals variant 1 maar bij ieder spijl werd 2 cm verwijderd vanaf de vloeit om mogelijk het ingraafvermogen te verbeteren.
6. Variant 4 (Figuur 3): 3 staalkabeltjes, als variant 1 alleen werden de spijlen vervangen door staalkabeltjes.
7. Variant 5: 3 touwtjes, als variant 4 waarbij de staalkabels werden vervangen door dun touw (maat 3 mm).

### *Infield-electriteitskabel*

De kabeleigenschappen van de infield-electriteitskabel in Prinses Amalia Windpark (PAWP) worden gegeven in Tabel 1. De infield-electriteitskabel was helaas niet beschikbaar via Eneco of een ander bedrijf. Via het bedrijf Wind<sup>2</sup> werd wel een qua opbouw vergelijkbare kabel gevonden, echter van 146 mm doorsnede i.p.v. 113mm (één meter lengte, Figuur 1). Deze echte infield-electriteitskabel werd uiteindelijk niet gebruikt in deze tests. Als proxy met de juiste diameter werd een PVC pijp gebruikt met een diameter van 116mm. Extra stevigheid werd verkregen door een precies passende houten balk door de buis te steken. Men zou kunnen denken dat een PVC buis te stijf is. Echter de infield-electriteitskabel is door zijn opbouw en dikte net zo stijf.

---

<sup>1</sup> Vloeit: de bladen/uitsteeksels van het anker die zich ingraven.

<sup>2</sup> <https://www.wind.nl>



Figuur 1 de echte infield-electriciteitskabel met een diameter van 146 mm: de opbouw is van buiten naar binnen: 1. Raffia bedekking (zeer dun); 2. Dunne bitumen laag; 3. Gegalvaniseerde staaldraden; 4. Bitumen coating; 5. Drie elektriciteitskabels met een vergelijkbare opbouw als de gehele infield-electriciteitskabel.

#### *Inhaakgedrag*

Het inhaakgedrag van het standaard Bruce anker en het Bruce anker met de drie spijlen (variant 1) werden getest met een trekproef. De infield-electriciteitskabel-proxy werd gefixeerd op het zand met kabels aan twee palen in het zand, hoog op het strand (droog en mul). Hierbij was wel een veiligheidsvoorziening ingebouwd dat bij te grote kracht de borging van de infield-electriciteitskabel-proxy los kon schieten. Beide ankers werden plat neergelegd op  $\pm 20$  m aan de ene kant van de infield-electriciteitskabel-proxy, bevestigd met een touw aan de tractor aan de andere kant. De tractor startte met rijden en versnelde tot 1.5 km/u. Vanaf 10 m afstand tot de infield-electriciteitskabel-proxy was de snelheid van de tractor constant. Met het oog werd geregistreerd of een anker in de infield-electriciteitskabel-proxy greep of er overheen werd getrokken. Deze test werd tien maal herhaald.

#### *Ingraafgedrag*

Het ingraafgedrag van het standaard Bruce anker en alle vijf varianten werden getest door met de tractor een vastgestelde snelheid te rijden (1.5 km/u dan wel 4.5 km/u). Dit komt overeen met de gangbare stroomsnelheden van het zeewater door getij en wind. Bij het behalen van de snelheid werden de verschillende ankers uitgegoot en werd geobserveerd of de ankers zich ingroeven. Tegelijkertijd werd de trekkracht op de kabel gemeten met een officieel geijkte PAT-KRÜGER trekkrachtmeter 500kg loadcell (uitgelezen via de PAT-KRÜGER TR150). Per anker werd dit een aantal maal herhaald.

#### **Omstandigheden**

Bij de testomstandigheden werd de praktijksituatie zoveel mogelijk nagebootst (zanderige-, met zeewater verzadigde zeebodem op > 20 meter diepte) door de ingraaftests te doen in het natte, verzadigde zand van de brandingszone.

## Resultaten

### *Inhaakgedrag*

Variant 1 van het van het Bruce anker haakte geen enkele keer in. Het standaard Bruce anker haakte iedere keer in de infield-electriciteitskabel-proxy. Iedere keer sprong bij het Bruce anker ook de veiligheidsborging van de infield-electriciteitskabel-proxy los. Het Bruce anker was iedere keer half ingehaakt en de infield-electriciteitskabel-proxy werd opzij getrokken.

Gedurende de testen viel op dat het niet aangepaste Bruce anker zich goed ingroef tijdens het trekken. Het zand kwam tot de horizontale trekstang. Variant 1 (drie spijlen) groef zich slechts ten dele in. Het zand kwam niet tot de bovenkant van het verticale gedeelte. Dit kan verklaard worden door de opwaartse druk welke op de spijlen ontstaat bij beweging. Het drie spijlen anker gaat 'zand-skiën' (glijdend over het zand op de spijlen, alsof het skiën is).

Uiteindelijk is de test nog éénmaal met variant 5 (drie dunne touwtjes in plaats van stalen spijlen) een inhaakproef gedaan. Deze werd uitgevoerd zonder veiligheidsborging. Deze variant 5 sloeg volledig vast. Waarbij de touwtjes waren geknapt. De inhaakpreventie werkte niet. De infield-electriciteitskabel-proxy bewoog niet. Het kostte veel moeite om het anker los te krijgen.

### *Ingraafgedrag*

Het tweede, niet-aangepaste Bruce anker minder gemiddelde trekkracht dat het Bruce anker dat standaard gebruikt wordt door het team (als vastgesteld met de trekkracht-meting, Figuur 4). Minder gemiddelde trekkracht is een indicatie voor minder ingraven. Dit was onverwacht omdat het tweede type Bruce anker een grotere hoek had tussen onderste vloeï en de stijgstang. Dit had de verwachting gewekt dat het beter in zou graven.

Alle varianten hadden een veel lagere trekkracht dan het standaard Bruce anker en daarmee minder weerstand (Figuur 5, Tabel 2). Grofweg 30-50% van de keren kantelde iedere variant op het standaard Bruce anker op zijn zijkant. De anti-inhaakvoorzieningen deden eigenlijk dienst al een soort ski's waardoor de ingraafvleugels van het blad niet konden ingraven.

## Discussie

Allard van Hoeken (Oceans of Energy) en Bob Sekreve (Damen Ship Yards) werden als deskundigen geïnterviewd. Zij gaven aan dat ankers erg gevoelig zijn voor aanpassingen, waarbij de balans (gewichtszwaartepunt) en details (bijvoorbeeld scherpe, in de grond snijdende punten) bepalende elementen zijn. De punten van de vloeïen dienen goed vrij te zijn om goed te kunnen ingraven. Variant 3 was een reactie op dit commentaar. In de regel zijn de nieuwe ankers ingenieuze ontwerpen waar veel kennis en research bij komt kijken om aan te passen (Allard van Hoeken, Bob Sekreve, pers. comm.). Het compenseren van de ongewenste neveneffecten van aanpassingen ten behoeve van het niet haken is niet onmogelijk, maar vraagt een zeer uitvoerig onderzoek (tijd, geld en geduld).

## Conclusie, advies en vervolgonderzoek

### *Conclusie*

Variant 1 van het Bruce anker haakt niet in een infield-electriciteitskabel-proxy. Het standaard Bruce anker doet dat wel.

Echter de anti-inhaakvoorziening voorkomt ook dat variant 1 zich niet goed ingraaft. Daarop zijn verschillende varianten van anti-inhaakvoorzieningen getest op ingraafgedrag. Iedere variant met anti-inhaakvoorzieningen groef zich zeer slecht in.

#### *Advies*

Het is niet verstandig aangepaste Bruce ankers (met anti-inhaakvoorzieningen) te gebruiken om strings of netten te fixeren aan de zeebodem, niet in PAWP en niet buiten PAWP. Het is raadzaam een vervolgonderzoek te doen in hoeverre het standaard Bruce anker veilig kan worden toegepast in een windpark, bijvoorbeeld door displacement te onderzoeken (de aanleiding van het vervolg onderzoek).

#### *Vervolgonderzoek*

Eneco en het team gaven aan in de terugkoppeling dat ieder graag een vervolgonderzoek wil met standaard Bruce ankers. Het gaat om een goede verkenning van het risico met Bruce ankers (risico = kans \* schade). De kans-component dient onderzocht te worden door de mobilisatie van strings te meten onder verschillende weersomstandigheden terwijl de strings gefixeerd zijn op de bodem met één of twee Bruce ankers aan iedere kant. De schade-component dient onderzocht te worden aan de infield-electriciteitskabel-proxy en het stuk echte infield-electriciteitskabel in de situatie gefixeerd op het strand en 20 cm ingegraven.

### **Referenties**

- EU (2005) Verordening (EG) nr. 356/2005 van de Commissie van 1 maart 2005 houdende uitvoeringsbepalingen voor het merken en identificeren van passief vistuig en boomkorren.
- Rozemeijer M.J.C. Korving A., R. Cramer, (2022). String mobilisatie onder verschillende condities. Aanvullende bijlage voor Work Method Statement van TKI project Win-Wind met maatgevende weerscondities. Wageningen Marine Research Briefrapportage in prep.
- Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2021). Uitvoeringsregeling zeevisserij. Geldend van 01-08-2021 t/m heden. wetten.nl - Regeling - Uitvoeringsregeling zeevisserij - BWBR0030288 (overheid.nl).
- Rozemeijer M.J.C., A. Korving, J. Don, W. Zaalmlink (2020). Work Method Statement Project Win-Wind to catch brown crab and lobster in Princess Amalia Offshore Wind Park. Wageningen Marine Research report C028/20, confidential.

## Figuren, boxen en tabellen

Box 1 Oorspronkelijke vragen.

1. *Ingraafgedrag ankers: welke krachten komen er op de ankerlijn als deze zich ingraaft. En onder welke trekkracht komt het anker uit de grond? Daartoe worden verschillende typen aangepaste - en niet aangepaste ankers getest.*
2. *Haakt een anker in een kabel? Daartoe willen we drie verschillende ankers testen of ze in een kabel haken als ze over een kabel getrokken worden.*

A



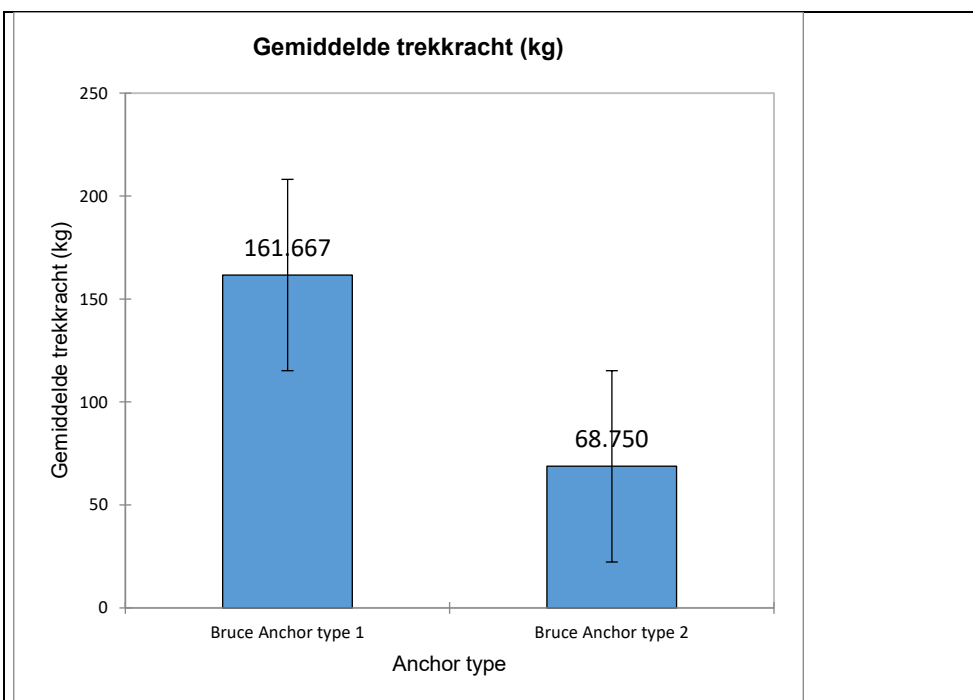
B



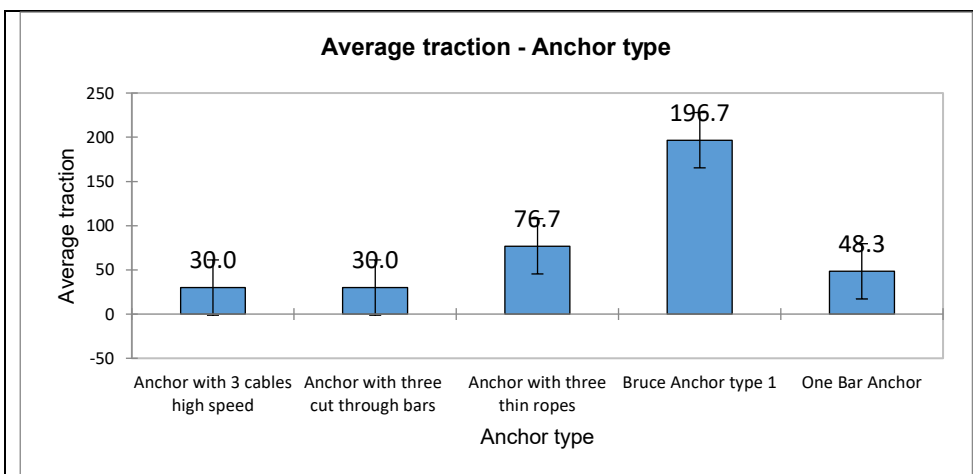
Figuur 2. Het standaard Bruce anker (A) en variant 1 (A, B) en variant 2 (B) van de aanpassingen van het Bruce anker.



Figuur 3. Variant 4 van het Bruce anker: staakabeltjes met daaronder variant 1 van de aanpassingen.



Figuur 4. Gemiddelde trekkracht van het standaard Bruce anker vergeleken met een tweede, alternatief Bruce anker. Het standaard Bruce anker heeft een significant hoger gemiddelde trekkracht ( $p$ : 0.018: bij een treksnelheid van 4.5 km/uur met een ketting als voorloop).



Figuur 5. Gemiddelde trekkraft van het standaard Bruce anker vergeleken met 4 varianten. Het standaard Bruce anker heeft een significant hoger gemiddelde trekkraft ( $p: 0.002$ : bij een treksnelheid van 4.5 km/uur, zonder ketting als voorloop).



Tabel 1 kabel specificaties van de infield-electriciteitskabel en de export kabel in Prinses Amalia Windpark (data verkregen van Eneco).

<b>CABLE SPECS</b>	<b>Infield electricity cable</b>	<b>Export electricity cable</b>
<b>Voltage</b>	10/20 kV	170 kV
<b>Diameter</b>	~ 113 mm	~ 196 mm
<b>Approximate burial depth</b>	1000 mm	3000 mm
<b>Weight FXCTV/AXCTV</b>	~ 25/20 kg/m	~ 71.9 kg/m
<b>Tensile strength straight</b>	60/40 kN	100 kN
<b>Tensile strength bend</b>	48/40 kN	60 kN
<b>Armour outer layer 1</b>	Galvanized steel wires	Galvanized steel wires
<b>Armour outer layer 2</b>	Bitumen	Bitumen

Tabel 2 Gemiddelde trekkracht van het standaard Bruce anker en 3 varianten. Treksnelheid: 4.5 km/hr, geen voorketting aan het anker. \*: verschillend van andere met p: 0.002 (ANOVA).

<b>Categorie</b>	<b>Gemiddelde trekkracht (kg)</b>	<b>Standard error</b>
Anchor with 3 cables high speed	30.0	26.5
Anchor with three cut through bars	30.0	26.5
Anchor with three thin ropes	76.7	18.7
Bruce Anchor type 1	*196.7	26.5
One Bar Anchor	48.3	26.5

## Verantwoording

Projectnummer: 4318100361  
Kenniskesk: KD-2021-018\_Alternatieve ankers in windparken op zee BO-43-119.01-012

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende, verantwoordelijk MT-lid/director van Wageningen Marine Research.

Akkoord: Linda Tonk  
DLO-onderzoeker

Handtekening: 

Datum: 29/11/2021

Akkoord: Jakob Asjes  
Manager Integratie

Handtekening: 

Datum: 7 december 2021