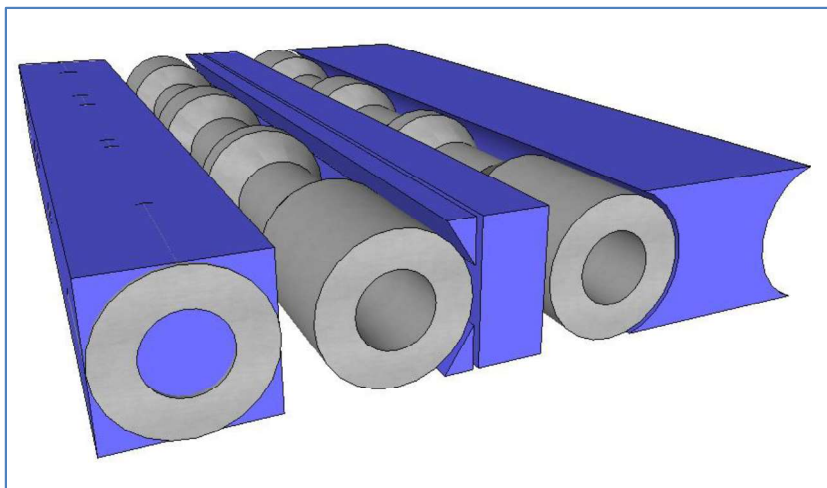
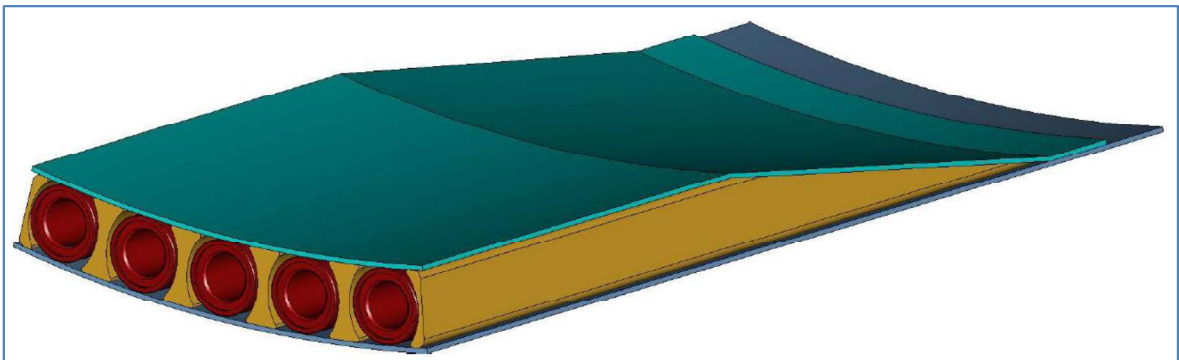


PMRB

Prefab Modular rotor blade root bushing for easier installing and increased reliability and durability of wind turbines

Openbaar Eindrapport



Referentie:	TEHE118016
Projecttitel:	Prefab Modular rotor blade root bushing for easier installing and increased reliability and durability of wind turbines
Aanvrager:	We4Ce Engineering B.V.
Type project:	Hernieuwbare Energie
Projectlocatie:	Almelo, Hengelo, Delft, Nederland
Datum:	5 augustus 2022

© Copyright

Alle rechten zijn gereserveerd. Reproductie, geheel of gedeeltelijk, zonder schriftelijke toestemming van de eigenaar is verboden.



Inhoud

1	Gegevens project	3
2	Inhoudelijk eindrapport (openbaar).....	3
	Samenvatting	3
3	Uitvoering van het project (vertrouwelijk)	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

1 Gegevens project

PMRB projectgegevens	
Projectnummer	TEHE118016
Projecttitel	Prefab Modular rotor blade root bushing for easier installing and increased reliability and durability of wind turbines
Penvoerder en medeaanvragers	We4Ce Engineering B.V., CompoWorkx, Nederlandse organisatie voor Technisch Natuurwetenschappelijk Onderzoek
Projectperiode	30 oktober 2018 – 31 december 2021
Contactpersoon	René A. Peters, MSc (TechForce Innovations B.V.)

2 Inhoudelijk eindrapport (openbaar)

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

Samenvatting

Het samenwerkingsverband heeft in het project een root bushing oplossing ontwikkeld en getest. Daarnaast is in samenwerking met certificerende instanties gewerkt aan de voorbereiding van certificering van het nieuwe type verbinding. De nieuwe kleinere, maar stevigere verbinding leidt tot een gewichtsvermindering van het rotorblad bij gelijkblijvende of toegenomen bladlengte, waardoor een kostenreductie kan worden doorgevoerd.

Het samenwerkingsverband bestaat uit We4Ce Engineering (penvoerder), TNO en CompoWorkx. We4Ce heeft een groot deel van de engineering voor haar rekening genomen. TNO heeft verschillende proefstukken getest, zowel onder extreme als onder langdurige belasting. CompoWorkx heeft zich gebogen over het productieproces en heeft samen met We4Ce de maakbaarheid en reproceerbaarheid onderzocht.

De uitvoering van het project kende enkele wijzigingen ten opzichte van de oorspronkelijke projectplanning. Allereerst is het project verlengd, tot eind 2021. Naast de oorspronkelijk geplande bushing testen, zijn coupon/component testen geïntroduceerd in het project. Deze additionele testen hebben het begrip van het belastingpad door bushing en omliggende laminaten vergroot waardoor toekomstige variaties van bushing verbindingen efficiënter ontworpen kunnen worden. Er is meer tijd gaan zitten in vermoeiingstesten, waardoor het project is verlengd. Tot slot heeft de coronacrisis een schaduw geworpen over een deel van de projectperiode, waardoor het vertraagd werd.

Het project heeft geresulteerd in een geteste en gevalideerde root bushing oplossing. De resultaten zijn dusdanig positief dat de oplossing kwalificeert voor zowel DNV-GL 0376 als ISO-

61400 ed. 5. Bovendien kunnen de reservefactoren, die normaal worden gehanteerd onderbouwd en gekwantificeerd, worden verlaagd. Dit met als resultaat langere en/of slankere bladen voor meer energieopbrengst voor Wind op Zee.

Inhoudelijke gegevens	
Doelstelling	<p>Het hoofddoel van het project is om een prefab modulaire root bushing te ontwikkelen, waarbij meerdere bushings worden gecombineerd om de productie van rotorbladen met geïnfuseerde bushings eenvoudiger te maken en de resulterende verbinding goedkoper, compacter, betrouwbaarder en duurzamer te maken.</p> <p>Prefab elementen maken een kwalitatieve hoogwaardige verbinding mogelijk, omdat deze beter kunnen worden gepositioneerd. De kwaliteit verbetert, productiefouten worden voorkomen en de levensduur wordt verlengd tot ruim 20 jaar. Op deze manier wordt de root bushing ook een interessante optie voor offshore wind. Twee grote verwachte voordelen zijn dat er kosten kunnen worden bespaard en dat er meer elektriciteit kan worden geproduceerd door de mogelijkheid om langere rotorbladen aan de turbine te bevestigen. Met betrekking tot de meest relevante huidige standaard, DNV-ST-0376, kan de reservefactor worden verlaagd als de ontwerpende partij ook het fysieke product als hardware produceert voor de rotorbladfabrikant om in het rotorblad te infuseren, omdat DNVGL kijkt naar de onzekerheidsfactoren tijdens de productieproces.</p>
Werkwijze	<p>Projectactiviteiten zijn verdeeld over vijf werkpakketten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Werkpakket 1: Test-development - Werkpakket 2: Concept Development - Werkpakket 3: Proof of concept; scale models - Werkpakket 4: Proof of concept 1:1 - Werkpakket 5: Proof of concept factory <p>Na afronding van het project wil het consortium een gevalideerde oplossing realiseren die een betere verbinding en daarmee langere en slankere rotorbladen mogelijk maakt. Verder resulteert dit project in waardevolle kennis over de toegepaste materialen, verbindingen, omwikkelmethoden, sterkte en stijfheid.</p>

Resultaten (A) project zelf	<p>Het projectresultaat is een ontwikkelde, geteste en gevalideerde oplossing. Het consortium heeft tests uitgevoerd met diverse coupons in M20 en M36, per drie en individueel.</p> <ul style="list-style-type: none"> - WP 1: Er is een uitvoerig testplan gemaakt. Al vrij snel is besloten om een (aanvullende) Design Failure Mode Effect Analysis (DFMEA) op te zetten als startpunt voor de eerste tests en het programma. Dit heeft tot de keuze gemaakt naast drie op een rij ook monocoupons te onderzoeken. Testen op microniveau door TNO om het gedrag van verschillende materiaaloplossingen/ combinaties en hechting te doorgronden hebben geleid tot de conclusie dat door krimp (op termijn) de root bushing geen chemische binding heeft met het omringende laminaat, maar dat er louter een mechanische binding tot stand is gekomen. - WP2: Naar aanleiding van de DFMEA zijn verschillende materiaalconfiguraties gedefinieerd en getest, waarbij werd gefocust op materiaaltoleranties en materiaalcombinaties. Ook is gewerkt aan de vorm van de rootbushing en (additioneel) onderzoek gedaan naar krachtoverbrenging van de bushing naar het laminaat. Dit heeft er toe geleid dat TUV Rheinland en TUV Nord de reservefactoren hebben kunnen bepalen. - WP4 & WP5: Er zijn verschillende gesegmenteerde proefstukken gemaakt en geïntegreerd in een root bushing om de productietechnologie van het concept te valideren. Een halve rootbushing is gerealiseerd door prefabelementente infuseren in te integreren op basis van de gedefinieerde productiemethode.
Resultaten (B) spin-off potentie	<p>Na afronding van het project wordt beoogd om de oplossing te vermarkten en om de ontwikkelde kennis verder uit te breiden. Spin-off potentie behelst:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - R&D vervolproject gericht op het nog beter kunnen doorgronden van wat zich in het materiaal plaatsvindt door middel van glasvezelsensoren (project WindSense). - Vermarketing van de projectresultaten bij meerdere leveranciers van windturbines, zowel in Nederland als daarbuiten (met name in China). - Verbeterde relaties tussen de kennispartners TNO en We4Ce. - Bemoedigende resultaten in de samenwerking met CompoWorkx.
Discussie	<ul style="list-style-type: none"> - PMRB heeft geleid tot waardevolle inzichten op het gebied van de verbinding tussen rotorblad en rotor en, op microniveau, de verbinding van de diverse componenten. - De validatie van het concept betekent een goede kans op vermarketing voor de toekomst. - Het project heeft meer tijd gekost dan voorzien, maar dit heeft er wel toe geleid dat de resultaten boven verwachting waren. Dit is met name te wijten aan de langere doorlooptijd van met name de vermoeïngstesten en het toevoegen van additionele analyses zoals bovengenoemd. - Vervolgprojecten zullen zich richten op diepgaander onderzoek naar wat er in de rootbushing en in het laminaat gebeurt, omdat met deze kennis de reservefactoren nog verder kunnen worden verlaagd en er nog meer winst te behalen valt op het gebied van materiaalbesparing en energieopbrengst. - Materiaalonderzoek dient een belangrijkere rol te spelen in vervolgprojecten.
Conclusie en aanbevelingen	<p>Het project heeft gedemonstreerd dat de rootbushing een zeer goed alternatief is voor de traditionele verbinding (T-bout) en significante voordelen heeft voor Wind op Zee. Het concept is gereedgemaakt voor certificering volgens DNV-GL-0376 en ISO-61400 ed. 5, wat het toepasbaar maakt voor de industrie. Ook de doelstellingen met betrekking tot materiaalbesparing zijn behaald. Voor het vervolg wordt aanbevolen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verder onderzoek te verrichten naar materiaalgedrag en sterkte in bushing en

laminaat teneinde een hogere
materiaalbesparing te kunnen realiseren.

- Meer inzicht te vergaren in de produceerbaarheid en kostenbesparing op dat vlak.
- De samenwerking van de partners TNO, CompoWorkx en We4Ce in stand te houden. De partners vullen elkaars kennis goed aan
- Een realistischer inschatting van de (tijds-) investering van vervolgonwikkelingen te maken. Voor dit project viel de doorlooptijd aanmerkelijk langer uit dan begroot.