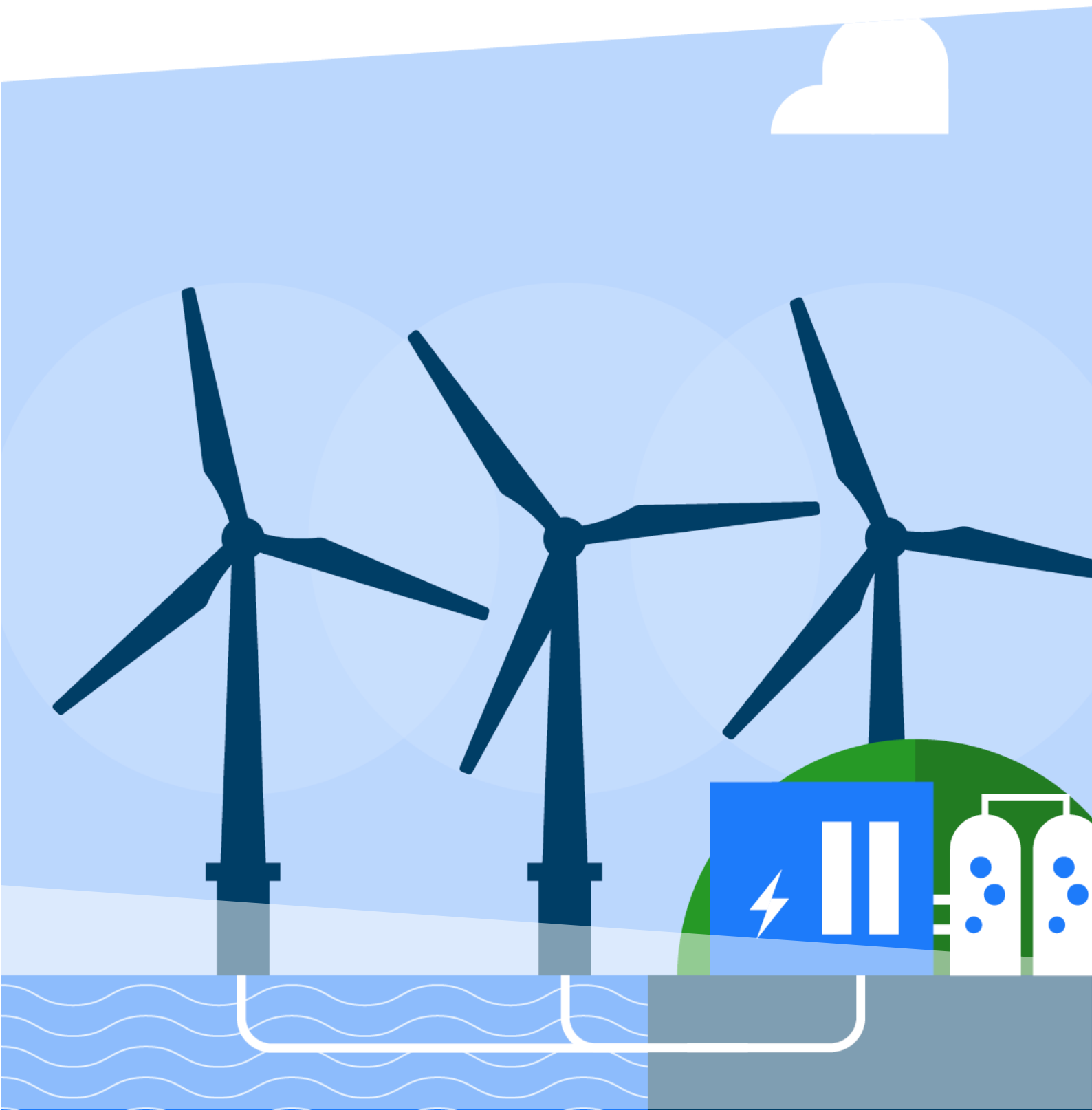


Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikoleedelse

FT01.03 2025: Inspektionsløsninger til
vindmøllevinger i drift



Indledende oplysninger

Indsatsområde	Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikoredelse under installation og drift i krævende miljøer
Institut	FORCE Technology
Titel	Inspektionsløsninger til vindmøllelevinger i drift
Nummerering	FT01.03 2025
Version	1
Periode	Januar - december 2025
Kontaktperson	Steen Arnfred Nielsen, srn@forcetechnology.com Henrik Hassing, hnh@forcetechnology.com

Ændringer

Dette er første version af aktivitetsbeskrivelsen.

Beskrivelse

Mål

Visionen for indsatsen 'Resilient vindenergiproduktion' er at styrke samarbejdet og gennemsigtigheden i vindenergibranchen ved at demonstrere, hvordan digitale services, nye teknologier og metoder kan accelerere udviklingen af vindenergiproduktion. Formålet med aktiviteten er at udvikle inspektionsløsninger til vindmøllelevinger i drift og implementere teknologier, der kan forbedre inspektionen og kvalitetssikringen af vindmøllelevinger. Målet er at forbedre både effektiviteten og pålideligheden af inspektioner, samtidig med at behovet for manuel indsats reduceres. Det vil bidrage til at minimere nedetiden og øge produktiviteten af vindmølleparker.

I 2025 vil fokus være på at udforske og udvikle digitale platforme, digitale tvillinger (DT) og augmented reality (AR) for at optimere inspektionsprocesser. Der vil blive undersøgt, hvordan automatiserede inspektionsløsninger baseret på sensorer, robotter, droner og kunstig intelligens kan forbedre kvalitetssikringen af vindmøllelevinger under drift. Samtidigt vil disse teknologier kunne anvendes til at assistere ved reparationer og reducere behovet for manuel indsats i krævende vindmiljøer.

Indhold

FORCE Technology planlægger at gennemføre en række aktiviteter i 2025 med fokus på resilient vindenergiproduktion. Dette vil ske gennem teknologisk innovation og udvikling af digitale services til installation og drift i krævende miljøer.

Kompetenceopbygning, videnhjemtagning og vidensamarbejde

- **Dialog.** Aktiviteten vil omfatte samtaler med relevante aktører om implementeringen af inspektionsmålinger, digitale platforme, digitale tvillinger (DT) og augmented reality (AR) for at optimere inspektionen af vindmøllelevinger og styrke vindenergiproduktionens resiliens under både installation og drift.
- **Videnhjemtagning.** Der vil blive indhentet viden om anvendelsen af sensorer, robotter, droner og digitale målinger til inspektion af vindmøller i drift. Fokus vil især være på, hvordan disse teknologier, i kombination med DT og AR, kan bruges til at udføre præcise og automatiserede inspektioner af vindmøllelevinger. Digitale tvillinger vil være med til at skabe en virtuel repræsentation af vindmøllens fysiske tilstand, der sammen med

sensordata kan hjælpe med at identificere og karakterisere skader samt planlægge vedligeholdelsesbehov. Augmented reality vil derimod kunne visualisere de opsamlede data, hvilket gør det muligt for inspektører eller teknikere at få et klart og interaktivt billede af vindmøllens tilstand i realtid og træffe beslutninger på baggrund af præcise, visuelle informationer.

Udvikling af teknologisk service

- **Inspektionsløsninger.** Inspektioner af vindmøller kræver på nuværende tidspunkt manuel indsats ved brug af reb, ofte i stor højde eller under udfordrende vejrforhold. Der vil blive undersøgt, hvordan droner og inspektionsrobotter, enten i samarbejde eller hver for sig, kan udføre inspektioner af vindmøllevinger under drift. Dronerne vil være udstyret med højopløselige kameraer og sensorer til at opdage overfladeskader, revner eller slid, mens robotterne vil kunne navigere på vingerne og identificere strukturelle fejl ved hjælp af ultralyd. Desuden vil det blive undersøgt, hvordan sensorer integreret i vindmøllevinger kan hjælpe med at karakterisere vingeres skadetilstand ved anvendelse af DT.
- **Digitale platforme.** Der påbegyndes udvikling af kollaborative digitale platforme, der kan ændre samarbejdsformer og datadelingen i vindenergiindustrien. Målet er at skabe platforme, hvor aktører nemt kan dele inspektionsdata, analysere resultater og kommunikere hurtigere end i dag. En vigtig komponent i udviklingen af disse platforme er integrationen af fx DT. En digital tvilling er en virtuel repræsentation af et fysisk objekt som en vindmølle eller en hel vindmøllepark. Teknologien muliggør realtidsmonitorering og simulering af vindmøllevingen, hvilket giver operatørerne mulighed for at identificere potentielle fejl og forudsige vedligeholdelsesbehov. En anden teknologi, der spiller en central rolle, er AR. Augmented reality bruges til at forbedre inspektions- og vedligeholdelsesprocesserne ved at give teknikere adgang til digitale informationer i realtid, mens de arbejder. Denne teknologi gør det muligt at træffe hurtigere og mere præcise beslutninger, da specialisterne får den nødvendige information med det samme.
- **Demonstrationer.** Tre demonstrationsprojekter vil blive påbegyndt i samarbejde med industripartnere og/eller universiteter for at vise teknologiens praktiske anvendelse. Mindst én case gennemføres eller påbegyndes i 2025: (1) Den første democase vil demonstrere, hvordan AR kan anvendes til at visualisere inspektionsdata og reparationsvejledninger direkte på vindmøllevingerne. Der vil også blive undersøgt, hvordan teknikere kan bruge AR-briller eller tablets til at se digitale overlejringer af inspektionsresultater, som fx fejl eller skader på vingerne. (2) Den anden democase vil vise, hvordan en digital tvilling af en vindmøllevinge kan anvendes til at analysere og optimere vindmøllens drift. Gennem avancerede simuleringer og dataanalyse, assisteret af kunstig intelligens, vil det være muligt at forudse fremtidige ændringer i vindmøllens tilstand og dermed optimere driften. (3) Den tredje case viser og demonstrerer inspektionsløsninger til vindmøllevinger i drift.

Aktører

Forretningsenheden 'Digital Asset Integrity Solutions' vil være ansvarlig for aktivitetsplanen, særligt FORCE Technologys kompetencer indenfor inspektionsløsninger, digitale platforme, digitale tvillinger og augmented reality.

Vigtige aktører for indsatsen er desuden det økosystem af virksomheder, der arbejder indenfor- samt understøtter drift af vindmøller.

Sammenhæng med andre projekter

Der etableres et samarbejde med bl.a. Danmarks Tekniske Universitet med det formål at demonstrere udvalgte digitale services, nye teknologier og metoder til vindmøllevinger for slutbrugere. Indsatsen vil blive forsøgt gearret vedrørende droneinspektion gennem deltagelse i nationale og internationale projekter.

Samarbejdet mellem FORCE Technology og DTU Wind udvides i EUDP-projektet ReliaBlade-2, 'Improving Rotor Reliability through Application of Digital Twins over Entire Life Cycle'. Projektet har til formål at udvikle og demonstrere potentialet i unikke digitale tvillinger af vindmøllerotorer og deres individuelle vinger i drift. Der arbejdes på at opnå en væsentlig forbedring af værdien og kvaliteten af fjernovervågning og inspektioner, hvilket muliggør analyser af fremtidige forventninger samt avancerede evalueringer og optimering af driften.

Demonstration af fuldt funktionelle digitale tvillinger af vindmøller i drift gennemføres, så en digital tvilling af en komplet rotor med tre vinger på en operativ vindmølle kan vises.

En operationel digital tvilling-plattform med forbedret funktionalitet og tilslutningsmuligheder udvikles, og nye sensorteknologier samt ikke-destruktive testmetoder, baseret på dataanalyse og kunstig intelligens, anvendes. Modelleringsværktøjer skabes for at balancere beregningsnøjagtighed og effektivitet. Teknologierne testes og demonstreres både på vingemodeller i laboratoriet og på en hel rotor i drift. Fokus rettes mod udviklingen og implementeringen af en samlet løsning, hvor fire centrale delteknologier anvendes til at realisere det fulde potentiale af digitale tvillinger.

Følgegruppe

Aktivitetsbeskrivelsen vil blive diskuteret med den nedsatte følgegruppe i starten af 2025 for at sikre, at resultaterne effektivt gavner danske aktører indenfor vindmøllebranchen og undgår konkurrenceforvridning.

Formidling af resultater

Formidling til aktører i vindmøllebranchen koordineres via aktiviteten 'FT01.01 Vidensspredning og økosystem', der forventes offentliggjort på Bedreinnovation.dk i januar 2025. Aktører som Green Power Denmark, inspektion, vedligeholdelse og drift af vindmøller inddrages løbende.