

Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikoledeelse

FT01.03 2026: Inspektionsløsninger til vindmøllevinger i drift 2026



Indledende oplysninger

Indsatsområde	Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikolethed under installation og drift i krævende miljøer
Institut	FORCE Technology
Titel	Inspektionsløsninger til vindmøllevinger i drift 2026
Nummerering	FT01.03 2026
Version	1
Periode	Januar – december 2026
Kontaktperson	Steen Arnfred Nielsen, srn@forcetechnology.com Henrik Hassing, hnh@forcetechnology.com

Beskrivelse

Om aktivitetsplanen

Visionen for indsatsområdet 'Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikolethed under installation og drift i krævende miljøer' er at styrke Danmarks vindenergiproduktion og skabe større gennemsigtighed i branchen. Dette realiseres gennem demonstrationer af, hvordan digitale services og datadrevne teknologier kan accelerere udviklingen af vindenergi ved at øge effektiviteten og pålideligheden af vingeinspektioner. På den måde kan nedetiden i vingeproduktionen reduceres, og produktiviteten i vindmølleparkerne optimeres.

Mål

Formålet med denne aktivitet er at udvikle avancerede løsninger til inspektion af vindmøllevinger, både under produktion og i drift, ved hjælp af teknologier, der forbedrer inspektionsprocessen og kvalitetssikringen. Ved brug af automatiserede systemer baseret på sensorer, robotter, droner og kunstig intelligens skabes et solidt grundlag for en mere præcis og effektiv overvågning af vindmøllevinger i drift. Samtidigt åbner teknologierne for nye muligheder – bl.a. digital vejledning til reparationer og en reduktion af manuel inspektion under de krævende forhold i vindmølleparker.

I 2025 fokuserede indsatsen på at igangsætte udviklingen af digitale platforme som digitale tvillinger (DT) og augmented reality (AR) med det formål at kunne optimere inspektionsprocesser af vindmøllevinger. De første undersøgelser og tests viste et betydeligt potentiale i disse teknologier, og erfaringerne herfra er et væsentligt afsæt for aktiviteterne i 2026.

I 2026 flyttes fokus til, hvordan inspektioner af vindmøllevinger under produktion, installation og drift kan styrkes bl.a. gennem hybride inspektionsstrategier. Hybride inspektioner kombinerer automatiserede ultralydsteknologier med datadrevne monitoreringsløsninger, herunder scada-data, drone-data og/eller digitale tvillinger. Hybridinspektion muliggør tidlig identifikation af potentielle skader på vingerne, hvilket kan reducere nedetid og forebygge omfattende og omkostningstunge reparationer.

Målgruppe

Målgruppen for aktiviteten er danske virksomheder og aktører indenfor vindmøllebranchen, herunder primært producenter af vinger (OEM'er), underleverandører og komponentproducenter. Den dækker også ejere af vindmølleparker og virksomheder, der arbejder med drift og vedligeholdelse, heriblandt uafhængige serviceudbydere (ISP'er) og producenternes egen serviceenheder (O&M'er).

Indhold

I 2026 vil FORCE Technology styrke vindenergiproduktion gennem teknologisk innovation og digitale løsninger, der gør installation og drift i krævende vindmiljøer mere effektiv og pålidelig.

Kompetenceopbygning, videnhjemtagning og vidensamarbejde

Dialog: Aktiviteten omfatter dialog med relevante interessenter om implementering af inspektionsløsninger og digitale platforme. Hybride inspektionskoncepter vil blive afsøgt i forbindelse med digitale tvillinger (DT), augmented reality (AR) og andre monitoreringsteknologier. Formålet er at forbedre inspektionen af vindmøllevinger og samtidig øge robustheden i vindenergiproduktionen gennem både produktion, installation og drift.

Videnhjemtagning: Der vil blive indsamlet viden om brugen af sensorer, robotteknologi, droner og digitale målemetoder til hybridinspektion af vindmøller i drift. Særligt fokus vil være på, hvordan disse inspektionsteknologier kan integreres med digitale tvillinger og augmented reality for at understøtte automatiserede inspektioner af vindmøllevinger.

Udvikling af teknologisk service

Inspektionsløsninger: I dag udføres inspektion af vindmøllevinger typisk under produktionen, inden installationen og under driftsfasen. Hybrid inspektion har potentiale til at erstatte den nuværende praksis, hvor inspektionen ofte udføres af fagfolk, der rappellerer fra store højder under vanskelige vejforhold. De nye teknologier vurderes også at kunne anvendes indenfor andre NDT-områder og bidrage til en bredere effektivisering af inspektionsprocesserne i vindindustrien. Konkrete aktiviteter omfatter:

- Undersøgelse af koncepter og metoder til at reducere taktiden i produktionen af vindmøllevinger, så efterfølgende reparationer eller analyser kan udføres hurtigere.
- Udvikling af koncepter og metoder, hvor inspektionsrobotter – enten individuelt eller i kombination med andre NDT-teknologier – kan udføre inspektion af vindmøllevinger under drift.

Digitale platforme: Udviklingen af digitale platforme har til formål at optimere samarbejde og dataudveksling indenfor vindenergisektoren. Platformene skal muliggøre effektiv analyse af resultater og forbedre kommunikationen mellem aktører på et højere niveau end hidtil. En central del af udviklingen er integrationen af data, herunder bl.a. scada-data og digitale tvillinger. Digitale tvillinger er virtuelle modeller af fysiske objekter, såsom vindmøller eller hele vindmølleparker, og de understøtter både realtidsmonitorering og simulering. Dette gør det muligt at identificere fejl tidligt og prognosticere vedligeholdelsesbehov. På længere sigt kan platformene udvides med yderligere datatyper, fx finansielle og forsikringsmæssige oplysninger, hvilket vil skabe grundlag for en mere integreret vurdering af både tekniske og økonomiske risici i vindmølleparker. Konkrete aktiviteter omfatter:

- Udvikling af koncepter og metoder, der samler og analyserer forskellige datatyper på én samlet platform for at styrke den dybdegående analyse og forbedre beslutningsprocesserne.
- Undersøgelse af digitale tvilling-koncepter og metoder til håndtering af realtidsdata med henblik på tidlig fejldetektion, simulering samt prognoser for vedligeholdelse af et vind-asset.

Demonstrationsprojekter: Demonstrationsprojekter vil blive igangsat i samarbejde med industripartnere og/eller universiteter for at illustrere teknologiernes praktiske anvendelse. Mindst én demonstration forventes at blive påbegyndt eller gennemført i 2026, enten som fysisk demonstration af konceptet eller i form af tekniske rapporter.

- I den første case udvikles og afprøves nye inspektionskoncepter, der gør det muligt at registrere og annotere fejl på vindmøllevinger i næsten realtid. Samtidigt påbegyndes arbejdet med koncepter til automatiserede inspektionsløsninger for vindmøllevinger i drift, der skal muliggøre forudsigelser af ændringer i vingernes tilstand over tid.
- I den anden case demonstreres, hvordan hybride inspektionsløsninger kan realiseres gennem en kombination af automatiserede teknologier og datadrevne beslutningsværktøjer. En digital asset-platform udvikles og testes, hvor monitoreringsdata fra vindmøllevinger danner grundlag for analyse og optimering af driften. Målet er at skabe softwareværktøjer, understøttet af generativ AI, der kan udnytte historiske monitoreringsdata til at identificere, forudsige og reducere tekniske risici for vindmøller i drift.

Aktører

Forretningsenheden 'Digital Asset Integrity Solutions' (DIAS) får ansvaret for aktivitetsplanen med særligt fokus på FORCE Technologys ekspertise indenfor inspektionsløsninger, digitale platforme, kunstig intelligens samt digitale tvillinger og augmented reality.

Sammenhæng med andre projekter

Der er etableret et samarbejde bl.a. med Danmarks Tekniske Universitet med henblik på at demonstrere udvalgte digitale services, nye teknologier og metoder rettet mod vindmøllevinger for den nævnte målgruppe. Indsatsen styrkes yderligere indenfor in-service inspektion gennem deltagelse i både nationale og internationale projekter.

Samarbejdet mellem FORCE Technology og DTU Wind fortsættes gennem EUDP-projektet ReliaBlade-2, 'Improving Rotor Reliability through Application of Digital Twins over Entire Life Cycle'. Projektets formål er at udvikle og demonstrere potentialet i avancerede digitale tvillinger af vindmøllerotorer og deres individuelle vinger under drift. Målet er at øge værdien og kvaliteten af fjernovervågning og inspektioner, hvilket muliggør både prædiktive analyser samt avanceret evaluering og optimering af driften. Som en del af projektet gennemføres en demonstration af fuldt funktionsdygtige digitale tvillinger, hvor en komplet rotor med tre vinger på en operativ vindmølle visualiseres digitalt.

Følgegruppe

Aktivitetsbeskrivelsen har været diskuteret med interessenterne, og i november 2025 for at sikre, at resultaterne er målrettet de danske aktører indenfor vindmøllebranchen.

Der vil også i den kommende Resultatkontraktperiode være opmærksomhed på eventuel konkurrenceforvridding. Dette indebærer industrirepræsentation i følgegrupperne og periodisk monitorering af konkurrencesituationen gennem intern governance. Bl.a. vil brancheorganisationer vil blive tilbudt pladser i følgegruppen, hvilket sikrer en bredere indsigt og bedre repræsentation af industrien samt sikrer gennemsigtighed og ligebehandling i forhold til alle markedsaktører.

Formidling af resultater

Formidling til aktører i vindmøllebranchen koordineres via aktiviteten 'FT01.01 Videnspredning og økosystem'. Aktører som Green Power Denmark og andre brancheorganisationer inddrages løbende.