

FT01.03_2024 Risikooptimeret og datadrevet produktionskontrol og in-service inspektion af vindmøllevinger

Datadrevet risikoevaluering som katalysator for grøn vækst i vindmølleindustrien



Indledende oplysninger

Indsatsområde	Datadrevet risikoevaluering som katalysator for grøn vækst i vindmølleindustrien
Institut	FORCE Technology
Titel	Risikooptimeret og datadrevet produktionskontrol og in-service inspektion af vindmøllevinger
Nummerering	FT01.03_2024
Version	1.0
Periode	Januar – december 2024
Kontaktperson	Steen Arnfred Nielsen (srn@forcetechnology.com) Henrik Hassing (hnh@forcetechnology.com)

Ændringer

Dette er første version af aktivitetsbeskrivelsen for 2024. Den bygger videre på aktiviteter og resultater gennemført i 2023.

Beskrivelse

Mål

FORCE Technology fortsætter med at arbejde med datadrevet produktionskontrol og in-service inspektion af vindmøllevinger. Denne aktivitet fokuserer på automatiseret ikke-destruktiv ultralyd-inspektion (NDT) og understøttes af to større relaterede projekter inden for Grand Solutions-programmet, samt to projekter finansieret af EUDP (Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram).

Formålet med denne aktivitet er at levere mere præcise risikoprofiler og derved være med til at kvantificere kvalitetsvariationer i vindmøllevinger. Dette skal støtte både producenter og slutbrugere i at håndtere risikoen ved kvalitetsvariationer mere effektivt. Målet er desuden at give nye aktører adgang til objektive og reproducerbare data, der kan hjælpe med at optimere levetiden for vindmøllevinger.

I perioden 2021-23 har FORCE Technology været på en læringsrejse, der har formet og styrket instituttets tilgang til datadrevet produktionskontrol og in-service inspektion af vindmøllevinger. Gennem samarbejde med nøglespillere i vindbranchen har organisationen opnået en dybere forståelse for udfordringer og muligheder til inspektion af vindmøllevinger.

Erfaringerne fra de første to år, der fokuserede på automatisering af produktionskontrol og datadrevet risikoevaluering, har skabt et solidt fundament. Arbejdet med aktivitetsplanernes elementer til ikke-destruktiv ultralyd-inspektion har ikke kun øget effektiviteten, men har også bidraget til nøjagtig identifikation af kvalitetsvariationer. Denne viden har vi brugt til aktiviteter indenfor in-service inspektion af vindmøllevinger i drift, et område, hvor der er identificeret et betydeligt behov.

I 2023 blev dette behov adresseret, og aktiviteten omfavnede udviklingen af automatiserede inspektionsmetoder til vindmøllevinger i drift. Resultaterne af disse bestræbelser har bidraget til at minimere risikoen for unødvendige reparationer og udskiftninger, hvilket er et afgørende skridt i retning af at optimere levetiden for vindmøllevinger.

Med denne stærke platform af viden og erfaringer fortsætter FORCE Technology ind i 2024 med fokus på in-service inspektion. Målet er at konsolidere og anvende de opnåede indsigter for at skabe endnu mere effektive og præcise metoder omkring Augmented Reality, kunstig intelligens, autonomi og vingemonitorering. Dette håndgribelige mål repræsenterer ikke blot en afslutning på aktiviteten, men en åbning for en ny æra af innovative løsninger inden for vindmølleindustrien. Gennem disse erfaringer og mål er FORCE Technology positioneret til at

lede an i udviklingen af datadrevne løsninger, der ikke kun forbedrer kvaliteten og levetiden af vindmøllevinger, men også styrker branchens evne til at håndtere komplekse udfordringer med præcision og effektivitet.

Indhold

FORCE Technology planlægger at gennemføre følgende aktiviteter i 2024:

Kompetenceopbygning, videnhjemtag og vidensamarbejde

- **Dialog med økosystemet:** FORCE Technology vil målrette dialogen med danske aktører inden for vindmølleindustrien, herunder med små og mellemstore virksomheder (SMV'er). Målet er at holde FORCE Technology opdateret om udviklingen inden for land- og havvind og identificere barrierer til in-service inspektion, især når inspektionen er udfordret af adgangsforhold eller af mangelfulde data. Denne dialog vil fortsat være i tæt samarbejde med nøgleaktører inden for vindmølleindustrien og vil blive dokumenteret gennem referater fra møder og workshops.
- **Videnindsamling:** FORCE Technology fortsætter med at indsamle viden fra både ind- og udland med fokus på at identificere behovet for teknologier og koncepter til datadrevet risikoevaluering af vindmøllevinger. Der sigtes mod at afslutte aktiviteten ved at deltage i mindst ét relevant symposium eller konference i løbet af 2024 med særligt fokus på automatiseret vedligeholdelse og risikoreduktion af vindmøllevinger.
- **Vidensamarbejde:** Vi vil fortsætte vores samarbejde med den danske industri, partnerskaber og videninstitutioner såsom Danmarks Tekniske Universitet (DTU Wind og DTU Compute) og Aalborg Universitet (AAU Mekanik) for at kortlægge koncepter til automatiseret inspektion af vindmøllevinger. Mens fokus i 2023 primært var på automatiseret inspektion af vinger i drift med robotter, sættes der i 2024 fokus på at identificere koncepter til in-service vingeinspektion baseret på – men ikke begrænset til - samspillet mellem robotter og droner. Målet for 2024 er at udarbejde mindst ét konkret koncept til in-service inspektion af monterede vinger i samarbejde med videninstitutionerne og Dansk Industri.

Udvikling af teknologisk service

- **Augmented Reality:** FORCE Technology vil fortsætte arbejdet med metoder til risikoevaluering af vindmøllevinger baseret på Augmented Reality (AR), med det formål at skabe forbindelse mellem den fysiske og digitale verden. Dette arbejde fortsætter fra aktiviteter i 2023, hvor grundlæggende AR-principper blev udforsket. I 2024 sigtes mod at kortlægge mindst én AR-metodik med det formål at visualisere defekter i vindmøllevinger med ultralyddata og derved kunne vejlede inspektører i vingeområder der kræver reparation.
- **Kunstig intelligens:** FORCE Technology vil fortsætte med at udvikle hjælpeprogrammer til datadrevne metoder baseret på kunstig intelligens. Målet er at kunne lokalisere defekter i vindmøllevinger i drift, hvor udfordringen er automatiseret evaluering og træning af modeller ud fra begrænset ultralyddata. I 2023 arbejdede FORCE Technology med hjælpeprogrammer til in-service inspektion af vindmøllevinger, primært baseret på semi-supervised Deep-learning metoder. I 2024 vil FORCE Technology primært arbejde med metoder, der kan generaliseres til vingetyper, der skal scannes for første gang. Aktiviteten afsluttes med demonstration af metoder for økosystemet i 2024.
- **Autonomi:** Vi vil fortsætte arbejdet på at udvikle nye koncepter til semi-automatisk styring af inspektions-scannere i tæt samarbejde med konsortium partnere i Grand Solutions-projektet AIOLOS. Autonom styring af scannerne vil bidrage til at give vindmølleindustriens aktører adgang til mere objektive og reproducerbare inspektionsdata. I 2023 blev der arbejdet med datadrevne styringsprincipper og koncepter baseret på billedsegmenteringsmetoder, der viste sig at have udfordringer. For at give en mere ensartet og konsistent scanning sigtes der i 2024 på at udvikle mindst ét semi-automatiseret styringskoncept, der understøttes af Machine Learning-principper.
- **Vingemonitorering:** Vi vil kortlægge koncepter til vingemonitorering i tæt samarbejde med nøgleaktører inden for vindmølleindustrien. I 2023 ansøgte vi EUDP midler til vingemonitorering og udvikling af en Digital Tvilling af en vindmøllevinge i drift. Hvis projektet bevilliges, vil der i 2024 og de næste fire år, blive udviklet nye innovative vingemonitoreringskoncepter der kan understøtte en Digital Tvilling.

Inddragelse og videnspredning, herunder fremme af økosystem

- **Videnspredning:** FORCE Technology vil opretholde dialogen med danske aktører inden for vindmølleindustrien for at forstå deres behov for risikokvantificering af vindmøllevinger. Formidling og videnspredning koordineres og planlægges via aktiviteten "FT01.01_2024 Økosystem og videnspredning".

Aktører

Forretningsenhed Digital Asset Integrity Solutions vil være ansvarlig for aktivitetsplanen, særligt FORCE Technology's kompetencer indenfor automatiseret ultralyd, kunstig intelligens, NDT og skadesundersøgelse udfører aktiviteterne.

Der opbygges et samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet med henblik på at demonstrere udvalgte teknologier for slutbrugere vedr. risikokvantificering af vindmøllevinger.

Danske virksomheder, der er aktører i vindmøllebranchens værdikæde, inddrages løbende og Wind Denmark konsulteres omkring risikostyring af vindmøllevinger.

Sammenhæng med andre projekter

Til in-service inspektion af vindmøllevinger samarbejder FORCE Technology med SMV-virksomheden Rope Robotics ApS. Formålet med projektet, AiNDT, 'Ai-based NDT for reduced service costs for wind turbine blades', er at kombinere Rope Robotics automatiserede, fjernstyrede reparationsrobotter med inspektion af vindmøllevingerne i vindmølleparker. Inspektionsteknologien baseres bl.a. på automatiseret ultralyd, der i øjeblikket anvendes af FORCE Technology til produktionskontrol. Løsningen giver mulighed for reducerede omkostninger til vedligeholdelse, da kun kritiske skader vil blive repareret, hvilket igen reducerer den tid, hvor vindmøllerne er ude af brug. Det vil gøre det muligt at forlænge vindmøllernes levetid baseret på veldokumenterede inspektioner. Derudover er det ved salg af vindmølleparker et ønske, for partnerne, at kende til værdien af vindmøllevingerne samt deres tilstand. Den viden og de løsninger, der genereres i projektet, spredes således ud i hele den danske forsyningskæde inden for vindindustrien. Projektet støttes af Innovationsfonden.

FORCE Technology udbygger det igangværende samarbejde med DTU og AAU. Grand Solutions projektet, AIOLOS, 'Affordable and Innovative manufacturing of large composites', repræsenterer et paradigmeskifte når det kommer til vingeproduktion og produktionskapacitet. Projektet vil reducere de vigtigste omkostningsfaktorer indenfor produktion af store vindmøllevinger og kompositstrukturer med høj ydeevne (over 15m længde) ved at sigte mod at udvikle nye måder at øge produktionskapacitet, fleksibilitet og kvalitet. Projektet består af seks konsortiepartnere fra både industri og universiteter. Projektet støttes af Innovationsfonden og ledes af Siemens Gamesa Renewable Energy.

FORCE Technology fortsætter endvidere det igangværende samarbejde med DTU fra EUDP-projektet ReLife, 'Methodology for assessment of remaining life-time of wind turbine blades based on damage state', hvor målet er at udvikle en metodik til at bestemme den resterende brugstid for vindmøllevinger. Metodikken baserer sig på den enkelte vinges aktuelle skadetilstand og en modelforudsigelse af restlevetiden. Metodikken kombinerer ikke-destruktive testmetoder (karakterisering af aktuelle skader) og brudmekaniske modeller (forudsigelse af fremtidig skadevækst). Fremgangsmåden er især nyttig til vinger, der nærmer sig deres oprindelige designlevetid, hvor vinger med alvorlige skader kan identificeres og fjernes eller repareres, mens vinger uden betydelig skade kan få deres levetid forlænget med fx 15-20 år.

Samarbejdet med DTU og Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES) fortsætter i EUDP-projektet ReliaBlade, 'Improving Blade Reliability through Application of Digital Twins over Entire Life Cycle', hvor målet er at udvikle og demonstrere teknikker til at skabe en digital tvilling af hver enkelt vinge med dens unikke fejl og afvigelser. Til dette formål vil der blive anvendt højpræcisionsscanning, ikke-destruktive prøvningsmetoder, avanceret billedbehandling og multiskala modellering af vinger. Tillige udvikler og demonstrerer projektet teknikker til at holde den digitale tvilling opdateret med information fra forskellige sensorer og måleanordninger, således at den digitale tvilling afspejler vingens aktuelle tilstand, og yderligere vil kunne forudsige opståen af fremtidige skader og deres udvikling i vingen.

Yderligere er der sammenhæng med EDIH-projektet Smart Energy Digital Innovation Hub, som er et stort 3-årigt samarbejdsprojekt i Region Sydjylland, der iscenesætter ambitionen om at sænke CO2 emissionerne i Europa, samtidig med at konkurrenceevnen i de sydljyske energisektorvirksomheder øges. Dette opnås gennem øget digitalisering af virksomhederne og gennem bedre adgang til state-of-the-art testinfrastruktur inden for AI, cybersikkerhed, HPC og IoT. Projektet har sammenhæng til andre resultatkontraktområder og forventes i forening at bidrage særligt med adskillige vidensspredningsaktiviteter, herunder workshops, webinarer, testcases o.l.

Følgegruppe

Aktivitetsbeskrivelsen er forelagt og diskuteret med følgegruppen ved et møde 22. november 2023.

Formidling af resultater

Målgruppen for videnformidlingen er danske aktører med interesse for risikokvantificering af vindmøllevinger, herunder systemleverandører, producenter, myndigheder, slutbrugere og forsikringselskaber.

I aktivitetsperioden for 2023 er indledningsvist fokuseret på opbygning af kompetencer, netværksmøder og videndeling af datadrevet produktionskontrol. I aktivitetsperioden for 2024 vil FORCE Technology koordinere videnspredning, herunder særligt dialogmøder med virksomheder, for at afdække behov for: in-service inspektion, AR, semi-automatiseret styring, monitorering og datadrevne metoder.

Formidling og videnspredning koordineres og planlægges via aktiviteten "FT01.01_2024 Økosystem og videnspredning".