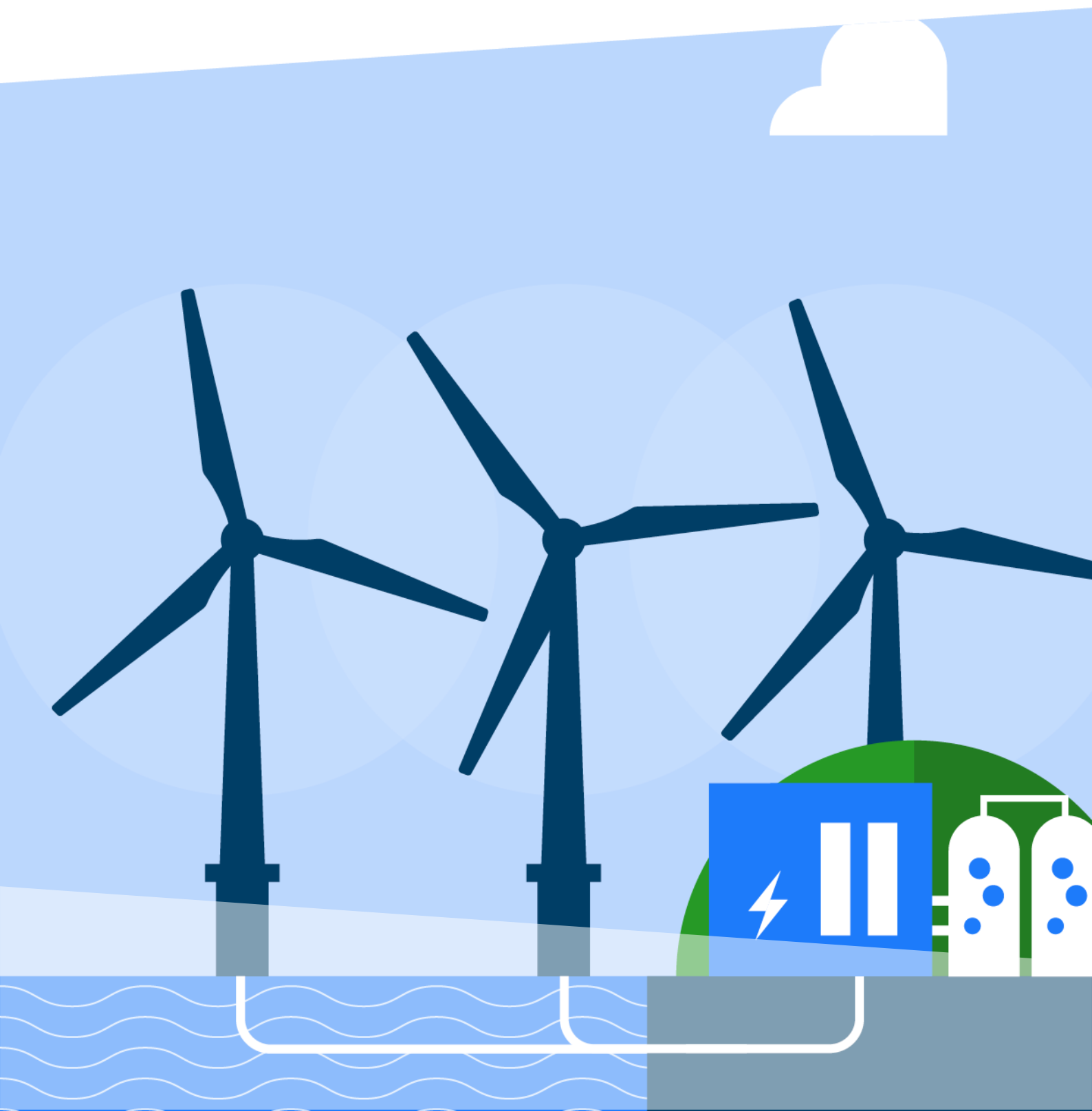


Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikoleedelse

FT01.05 2025: Sikring af tårne og fundamenter i
driftsfasen



Indledende oplysninger

Indsatsområde	Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikoleedelse under installation og drift i krævende miljøer
Institut	FORCE Technology
Titel	Sikring af tårne og fundamenter i driftsfasen
Nummerering	FT01.05 2025
Version	1
Periode	Januar - december 2025
Kontaktperson	Steen Arnfred Nielsen, srn@forcetechnology.com Henrik Hassing, hnh@forcetechnology.com

Ændringer

Dette er den første version af aktivitetsbeskrivelsen.

Beskrivelse

Mål

Visionen for indsatsen 'Resilient vindenergiproduktion' er at fremme samarbejde og gennemsigtighed i vindenergibranchen ved at demonstrere, hvordan digitale løsninger, nye teknologier og metoder kan fremskynde udviklingen af vindenergi. Aktivitetens mål er at udvikle og implementere avancerede monitoreringssystemer til tårne og fundamenter, der kan detektere og forebygge skader i tide. Dette opnås gennem brug af avancerede algoritmer, softwareanalyse og ultralydbaserede sensorer.

I 2025 vil der være fokus på at indsamle viden om ultralydskoncepter til strukturovervågning samt viden om specialiserede sensorer og monitoreringsteknikker til tidlig detektion af udmattelsesrevner. Der vil også blive indsamlet viden om autonom undervandsinspektion for tidligt at opdage skader under havet. Derudover vil specifikke monitoreringssystemer, forberedt til krævende miljøer, blive demonstreret. Systemerne vil bidrage til at forbedre både tidlig skadesdetektion og forlænge infrastrukturens levetid.

Indhold

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

Kompetenceopbygning, videnhjemtagning og vidensamarbejde

- **Dialog.** Der iværksættes en målrettet dialog med nøgleaktører indenfor strukturel overvågning og vedligeholdelse af vindmølle-tårne og fundamenter. Formålet med dialogen er at styrke samarbejdet om udvikling og implementering af avancerede løsninger til tidlig skadesdetektion samt at udvikle en helhedsorienteret monitoreringsstrategi, der både forlænger levetiden og reducerer vedligeholdelsesomkostningerne. Aktiviteten involverer sensorudviklere, softwareingeniører, inspektionsspecialister og ultralydseksperter.
- **Vidensamarbejde.** Aktiviteterne fokuserer på at demonstrere brug af sensorteknologier til tidlig detektion af udmattelsesrevner, anvendelse af avancerede algoritmer til dataanalyse og integration af ultralydsteknologi i

strukturel overvågning. Derudover undersøges mulighederne for autonome undervandsinspektionsløsninger til at opdage skader på fundamenterne.

Udvikling af teknologisk service

- **Strukturel monitorering.** Der udvikles metoder til at overvåge, analysere og forudsige strukturelle skader på tårne og fundamenter ved hjælp af avancerede sensorer og algoritmer. Formålet er at demonstrere, hvordan kvalitetsdata fra sensorer kan anvendes til tidligt at opdage udmattelsesrevner og andre skadesmekanismer. Centrale udfordringer undersøges, herunder behovet for optimering og kalibrering af sensorer, dataintegration samt brugen af kunstig intelligens til prædiktiv analyse. Desuden undersøges hvordan en digital tvilling og Physics-Informed Neural Networks anvendes til at modellere stress i strukturer ud fra et begrænset antal målepunkter.
- **Digital serviceydelse.** En systematisk proces udvikles for at integrere forskellige sensortyper og datakilder i en samlet monitoreringsplatform. Datakvalitet, kompatibilitet og datamængde vurderes nøje for at sikre, at de er tilstrækkelige til præcise analyser. For at optimere resultat kvaliteten laves forsøg med edge computing, hvor lokal databehandling sikrer, at de resultater, der sendes fra assets, er af høj kvalitet. Derudover undersøges cloud storage til opbevaring af store mængder sensordata, der derefter analyseres med AI, hvilket muliggør avanceret modellering og sensorfusion. Målet er at udvikle en skalerbar og pålidelig monitoreringsløsning, der muliggør realtidsanalyse og tidlig detektion af skader.
- **Demonstrationer.** Tre demonstrationscases viser, hvordan avancerede monitoreringsløsninger kan optimere vedligeholdelse og øge sikkerheden i forskellige miljøer. Mindst én af følgende cases demonstreres eller påbegyndes i 2025: (1) Den første case omhandler vindmøller i offshore-områder med kraftige bølger, stærke vinde og højt saltindhold. Her anvendes integrerede sensorløsninger, hvor belastninger måles med strainingauges, og ultralydmonitorering benyttes til at detektere skader. Denne case omfatter en mekanisk destruktiv test af typiske beslag med belastning. (2) Den anden case fokuserer på vindmøller i områder med ekstreme temperaturudsving, storme og frost. Her videreudvikles et ultralydbaseret værktøj til at måle boltspænding, og der er mulighed for at teste sensorer baseret på egensvingninger. (3) Den tredje case handler om detektion af mikroskader, hvor avancerede inspektionsteknikker anvendes til at identificere mikroskader og muliggøre præcis overvågning af strukturel integritet.

Aktører

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

Sammenhæng med andre projekter

Der opbygges et samarbejde med indsatsområdet 'Vejen til smartere infrastruktur' med henblik på at demonstrere udvalgte teknologier for slutbrugere.

Følgegruppe

Aktivitetsbeskrivelsen vil blive diskuteret med en følgegruppe i starten af 2025 for at sikre, at resultaterne gavner danske aktører indenfor vindmøllebranchen.

Der vil også i den kommende Resultatkontraktperiode være opmærksomhed på mulig konkurrenceforvridning. Dette indebærer industrirepræsentation i følgegrupperne og periodisk monitorering af konkurrencesituationen gennem intern governance. 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', der offentliggøres på Bedreinnovation.dk i januar 2025. Aktører som Green Power Denmark og aktører indenfor vindenergi- og infrastruktursektoren i værdikæden inddrages løbende.