

<p><b>Indsatsområde:</b> Resilient vindenergiproduktion – Teknologisk innovation og risikoledeelse under installation og drift i krævende miljøer</p> <p>Titel på Bedreinnovation.dk: Som ovenfor</p>	<p><b>Indsatsområde:</b> FT01</p>
<p><b>Indsatsen kort (resumé)</b></p>	
<p>Den danske vindsektor står overfor udfordringer på grund af globale markedsændringer. Store kapitalbindinger, manglende transparens og kvalitetskontrol, stigende materialeomkostninger og ustabile vindenergipriser er blandt bekymringerne. For at imødegå sektorens og samfundets behov for øget modstandsdygtighed, har indsatsen fokus på teknologisk innovation, digitalisering og udvikling af specialiserede tjenester, der retter sig mod risikostyring i installations- og driftsfasen.</p> <p>Fem nøgleaktiviteter er identificeret: mekaniske tests under ekstreme belastninger, inspektionsløsninger til vindmøllevinger i drift, design- og operationsoptimering i maritime miljøer, sikring af tårne og fundamenters levetid samt risikostyring understøttet af generativ AI. Nøgleaktiviteterne vil bidrage til at styrke Danmarks position som global leder indenfor vindenergi og sikre en mere robust, effektiv og økonomisk bæredygtig udvikling af vindenergiproduktionen.</p>	
<p><b>1. Målsætninger, nøgleaktiviteter og indikatorer</b></p>	
<p>Visionen for indsatsen er at styrke Danmarks position som global leder indenfor vindenergi og bidrage til en sikker, effektiv og økonomisk bæredygtig udvikling af både landbaseret og havbaseret vindenergiproduktion. Initiativets målsætning omfatter udvikling af teknologisk service, der understøtter teknologisk innovation, digitalisering og specialiserede risikoydelser under installation og drift af vindmølleparker. Målsætningen vil bidrage til at forbedre både branchens og samfundets resiliens<sup>1</sup> ved at medvirke til et stærkt dansk samfund, der understøtter forsyningsikkerheden i Danmark. Indsatsen vil desuden bidrage til, at danske virksomheder - særligt opstrøms i værdikæden - bliver bedre til at håndtere de direkte effekter, kvalitet og tekniske risici ved leverancer til vindmølleprojekter. De forventede effekter af indsatsen vil fremme: en øget beskæftigelse indenfor vindmøllesektoren<sup>2</sup>, en øget havvindkapacitet, en øget resiliens i vindbranchen samt en intensivering af SMV'ers konkurrenceevne og overlevelse i et stadigt mere komplekst og konkurrencepræget marked.</p> <p>Indsatsen sigter på at udvikle nye teknologiske serviceydelser gennem fem nøgleaktiviteter. I Resultatkontrakt 2021-2024 blev der arbejdet med datadrevne metoder og udarbejdelse af iboende risikolister. Der blev også arbejdet med mekaniske pitchlejetests, inspektionsløsninger af vindmøllevinger i produktionsmiljøer og datadrevne monitoreringsløsninger af fundamentet. I Resultatkontrakt 2025-2028 fokuseres på samme økosystem, men specifikt på risikostyring i installations- og driftsfasen af vindmølleprojekter. Et nyt aspekt i denne Resultatkontrakt er inddragelse af design og operationsoptimering i maritime miljøer samt at identificere tekniske risici ved at inddrage data fra den finansielle sektor og forsikringsbranchen - data, der vil kunne deles i hele branchen i anonymiseret form.</p>	

<sup>1</sup> [https://atv.dk/files/media/document/Web\\_dobbeltidet\\_Kritiske%20teknologier%20for%20Danmarks%20fremtid%20rapport.pdf](https://atv.dk/files/media/document/Web_dobbeltidet_Kritiske%20teknologier%20for%20Danmarks%20fremtid%20rapport.pdf)

<sup>2</sup> [https://powered-by.qbank.se/dm-umbraco/Groen\\_omstilling\\_kalder\\_paa\\_faglaert\\_arbejdskraft\\_FS-011.pdf](https://powered-by.qbank.se/dm-umbraco/Groen_omstilling_kalder_paa_faglaert_arbejdskraft_FS-011.pdf)

## Fem nøgleaktiviteter

- **A1. Mekaniske tests under ekstreme belastninger:** Drift under ekstreme belastninger er i fokus med udvikling af tests til havvindmøller udsat for offshore vejrforhold, herunder mekaniske tests i ekstrem kulde, varme, korrosion og vindbelastning. Der indhentes viden om storskala klimatiske hybridtests. Desuden udvikles et agilt mekanisk koncept for en eksisterende testbænk for at øge tilgængeligheden af testfaciliteter - med vægt på SMV'er. Aktiviteterne vil forbedre pålideligheden og levetiden af havvindmøller ved at sikre, at de kan modstå barske offshore forhold. Derudover styrker det SMV'ers adgang til avancerede testfaciliteter for at fremme innovation og vækst i vindindustrien.
- **A2. Inspektionsløsninger til vindmøllevinger i drift:** Aktiviteten omfatter koncepter til automatiserede inspektionsløsninger ved hjælp af robotter, droner og avanceret maskinlæring. Der sigtes mod implementering af en kollaborativ digital platform, digitale tvillinger og augmented reality (AR) til at kvalitetssikre vindmøllevinger og undersøge muligheden for at tilbyde vejledning ved reparation af disse. Disse aktiviteter vil forbedre effektiviteten og nøjagtigheden af inspektionerne og reducere behovet for manuelt arbejde i krævende miljøer, hvilket igen vil mindske nedetiden og øge produktiviteten.
- **A3. Design- og operationsoptimering i maritime miljøer:** Aktiviteten omfatter udvikling af designværktøjer og simuleringsskemaer for flydende havvindmøllefundamenter og fortøjningssystemer. Modellerne undersøger påvirkninger fra bølger, vind og strøm ved hjælp af 'high and low fidelity' metoder, herunder CFD. Vindlaster repræsenteres ved simulerede belastningsmodeller, valideret mod data fra tank- og vindtunneltests. Innovative installationskoncepter udvikles med realtidssimulatorer, der håndterer komplekse miljøpåvirkninger. VR/AR-baserede værktøjer optimerer service-, 'tow-out', installations- og vedligeholdelsesoperationer - med vægt på sikkerhed, komfort, effektivitet og miljøvenlighed.
- **A4. Sikring af tårne og fundamenter i driftsfasen:** Aktiviteten omfatter asset monitorering og involverer udvikling af monitoreringsløsninger til tårne og fundamenteres skademekanismer ved brug af avancerede algoritmer, softwareanalyse og sensorer. Viden om ultralydkoncepter til strukturovervågning indsamles. Der udvikles avancerede sensorer og inspektionsteknikker til tidlig detektion af udmattelsesrevner samt specifikke monitoreringsopsætninger. Endelig arbejdes der med autonom undervandsinspektion af infrastruktur til tidlig påvisning af skader og korrosion under vandet.
- **A5. Risikoledeelse understøttet af generativ AI:** Aktiviteten indebærer dialog med nøglespillere i vindmølleindustrien for at forstå due diligence-undersøgelser og minimere risici. Dette inkluderer samarbejde med projektudviklere, banker og forsikringsselskaber for at identificere risikokilder og etablere et datagrundlag. Analyse med bl.a. generativ AI bruges til at analysere historiske data, fx forsikringsdata, og mulighed for at forudsige potentielle risici, såvel som implementering af mitigerende handlinger.

I løbet af den første halvdel af projektperioden rettes udviklingsindsatsen mod at etablere ydelser indenfor de enkelte aktivitetsområder og øge deres effektivitet. Teknologier, metoder og værktøjer, udviklet i år to og tre, vil blive testet, optimeret og valideret i år fire, så serviceydelserne er klar til brug ved kontraktens afslutning.

## Årlige delmål for indsatsområdet

**2025: Etablering af økosystemer for resilient vindenergiproduktion (se pkt. 8)**

### **2026: Serviceudvikling af nøgleaktiviteter**

- Koncepter til avancerede tests for havvindmøller, der simulerer ekstreme kulde-, varme-, korrosions- og vindbelastningsforhold, er afsluttet.
- Planer for en kollaborativ digital platform er udviklet, og strategier for brugen af digitale tvillinger og augmented reality (AR) er etableret.
- Metoder til innovative installationskoncepter, ved brug af realtidssimulatorer til håndtering af komplekse miljøpåvirkninger, er tilvejebragt.
- Løsninger til monitoreringsløsninger for skadesmekanismer er kortlagt. Udviklingen af avancerede algoritmer, softwareanalyser og sensorer til realtidsidentifikation er planlagt.
- Identifikationen af risikokilder ved hjælp af et omfattende datagrundlag, herunder historiske forsikringsdata og relevante informationer, er gennemført for minimum en case.

### **2027: Serviceudvikling og demonstrationsprojekter**

- Udviklingen af et agilt mekanisk koncept for en testbænk er demonstreret for målgruppen. Testbænken kan hurtigt tilpasses forskellige testkrav.
- Avancerede koncepter for automatiserede inspektionsløsninger til vindmøller i drift er demonstreret ved hjælp af robotter og/eller droner samt avanceret maskinlæring.
- Generativ AI-teknologier og/eller maskinlæring til analyse af historiske data og forudsigelse af potentielle risici i vindmølleprojekter er demonstreret.

### **2028: Integration af teknologiske ydelser**

- Vidensspredning med fokus på resilient vindenergiproduktion gennemføres via temadage og webinarer, med målsætning om at nå mindst 200 deltagere, herunder forskere, teknikere, og beslutningstagere fra energisektoren. Arrangementerne faciliteres af FORCE Technology bl.a. i samarbejde med Energy Cluster Denmark for at sikre bred faglig deltagelse og praktisk relevans.
- Asset monitoreringsløsninger af mølletårne og fundamenter er demonstreret og implementeret i minimum en case.

### **Samlet for perioden vil indsatsområdet have følgende indikatorer for værdi og succes**

- 30 samarbejdspartnere: Indsatsområdet vil etablere og løbende udvide økosystemet med samarbejdsrelationer til både danske og internationale videncenter og organisationer.
- 45 mio. kr. FoU-omsætning ansøgt: For at styrke økosystemet og samarbejdsrelationerne, vil indsatsområdet ansøge om mindst tre FoU-projekter i partnerskab med forskellige aktører, bl.a. med fokus på etablering af TDU-faciliteter. Budgettet angiver FORCE Technologys andel heraf.
- 1.100 aktive virksomhedsrelationer: Indsatsområdet vil, via en omfattende vidensspredningsplatform, opnå høj aktiv deltagelse fra erhvervslivet (fx gennem følgegrupper, demonstrationsprojekter, deltagelse i arrangementer, klubber og netværk, webinarer m.m.). Dertil en omfattende vidensspredning gennem artikler, webtrafik, sociale medier m.m.

## **2. Relevans og potentiale**

**Markeds- og samfundsbehov:** I 2020 var over 33.000 personer beskæftiget direkte i vindmøllesektoren i Danmark, mens omkring 30.000 var indirekte beskæftiget, og hvert femte europæiske vindenergijob var dansk<sup>3</sup>. Ambitionerne for vindbranchen i de kommende år er store. I EU bliver der i 2024 udbudt 50 GW havvind, og USA har ligeledes ambitiøse mål, der understøttes af en historisk stor hjælpepakke 'The Inflation Reduction Act' til 370 mia. USD. Energistyrelsen har tilmed for nyligt offentliggjort Danmarkshistoriens største havvindsudbud, der har potentiale til at mangedoble landets

<sup>3</sup> <https://greenpowerdenmark.dk/nyheder/hver-femte-europaeiske-vind-job-er-dansk>

havvindkapacitet<sup>4</sup>. Der udbydes i alt seks GW havvind, med mulighed for op til ti GW, fordelt på seks parker, der forventes at stå færdige i 2030<sup>5</sup>. Senest har regeringscheferne fra Tyskland, Belgien, Nederlandene og Danmark på Nordsøtopmødet underskrevet en fælleserklæring med mål om at levere mindst 65 GW havvind i 2030 og øge kapaciteten til mindst 150 GW i 2050<sup>6</sup>. Hver gigawatt, der etableres, vil kunne producere strøm svarende til elforbruget i én mio. danske eller europæiske husstande. Men industrien står med voksende udfordringer - især under installations- og driftsfasen. Vindsektoren i Danmark har været udfordret i de seneste år, da markedet har ændret sig globalt. Dette indebærer en risiko for, at vi enten ikke længere vil være førende, eller at markedets spilleregler ændrer sig. Den vestlige vindindustri oplever pres på grund af øgede materialeomkostninger og konkurrence fra statsstøttede lande som Kina. Danske virksomheder overvejer nu, hvor meget de skal investere, og om de skal flytte produktionen til udlandet, hvor forholdene er mere fordelagtige. Ruslands invasion af Ukraine har desuden understreget, at energipolitik og sikkerhedspolitik hænger uløseligt sammen<sup>7</sup>. Ifølge Green Power Denmark<sup>8</sup> er øget resiliens i vindbranchen og samfundet afgørende for at imødegå de stigende udfordringer, som industrien står overfor, med øget teknisk kompleksitet<sup>9</sup>, større kapitalbinding<sup>10</sup> og behovet for at opretholde sikkerhed og effektivitet i hele værdikæden. De nye teknologiske serviceydelser og kompetencer, der adresseres i indsatsen, er netop evnen til at håndtere risici gennem teknologiske innovationer og derved styrke branchens resiliens med en robust værdikæde<sup>11</sup>.

**Målgrupper:** Målgrupperne for disse nye teknologiske serviceydelser inkluderer en lang række danske virksomheder, der samlet eksporterede vindmølleteknologi- og services for 43,7 mia. kr. i 2023<sup>12</sup>, herunder: tre vindmølleproducenter, ca. 250 komponentleverandører, fire-fem installationsrederier, ca. 100 serviceorganisationer, otte-ti forsikringsselskaber og banker samt ca. 50 rådgivere, der arbejder på tværs af mange aktører i værdikæden. Indsatsen koordinerer fem nye aktiviteter, der alle centrerer sig om installations- og driftsfasen, da der her er størst potentiale for at reducere risiko ved vindmølleproduktion. De fem nøgleaktiviteter (A1-A5), beskrevet ovenfor, hænger sammen således: Mekaniske tests (A1) danner grundlag for designoptimering i maritime miljøer (A3) og tårn- og fundamentsikring (A4). Automatiserede inspektioner af vindmøllevinger (A2) reducerer behovet for reparationer og kritiske stop af vindmøller. Monitoreringsløsninger (A4) validerer mekaniske test data og risikoleddelse (A5) bruger data fra A1-A4, understøttet af AI-modeller, til at mitigere risici. SMV'er er i centrum i indsatsen, da de ofte udgør en vigtig del af opstrømsværdikæden i vindmølleindustrien, både som producenter af komponenter og som serviceleverandører<sup>13</sup>. Evnen til at håndtere risici proaktivt og være i front med teknologisk innovation kan være afgørende for SMV'ernes konkurrenceevne og overlevelse i et stadigt mere komplekst og konkurrencepræget marked<sup>14</sup>. Men

<sup>4</sup> <https://finans.dk/politik/ECE14027879/historisk-groent-energisats-europaeisk-firkloever-vil-tidoble-udbygningen-af-havvind-i-nordsoeen/>

<sup>5</sup> <https://www.danskerhverv.dk/branche/klima-energi--miljo/ny-analyse-der-er-stor-vardiskabelse-fra-havvind/>

<sup>6</sup> <https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2022/maj/historisk-erklaring-skal-sikre-groen-stroem-til-230-mio-europaeiske-husstande>

<sup>7</sup> <https://www.regeringen.dk/nyheder/2022/aftale-om-et-mere-groent-og-sikkert-danmark/>

<sup>8</sup> <https://greenpowerdenmark.dk/kalender/annual-meeting-2024-the-future-of-the-green-energy-industry-in-denmark-and-europe>

<sup>9</sup> <https://energiwatch.dk/article16603759.ece>

<sup>10</sup> <https://npinvestor.dk/nyheder/%C3%B8rstedts-regnskaber-sk%C3%A6mmes-af-i-gigantiske-nedskrivninger-og-ny-hens%C3%A6ttelse>

<sup>11</sup> <https://greenpowerdenmark.dk/files/media/document/Green-Power-Denmarks-EPIndspil2024-2029-Elektrisk-Europa.pdf>

<sup>12</sup> <https://greenpowerdenmark.dk/nyheder/derfor-falder-vindmoelleeksporten-saadan-vender-vi-udviklingen>

<sup>13</sup> <https://energiwatch.dk/Energinyt/Renewables/article14906312.ece>

<sup>14</sup> <https://industriensfond.dk/wp-content/uploads/2023/06/supply-chain-resilience-rapport-2023.pdf>

udviklingen af innovative teknologier og kompetencer kan være ressourcekrævende og kræver ofte samarbejde på tværs af forskellige aktører, hvilket FORCE Technology som GTS-institut kan understøtte og accelerere. Henrik Stiesdal, CTO hos Stiesdal A/S, udtrykker det således på Bedreinnovation.dk (BI): *"Herligt med et ambitiøst forslag, som adresserer en lang række af de udfordringer, vi har i vindmølleindustrien. Også fint at se, at SMV'erne har været i tankerne under udarbejdelsen af forslaget"*.

**Fremtidige behov:** FORCE Technology har afdækket de fremtidige behov hos målgruppen ved at samarbejde med nøglespillere i vindmølleindustrien og interviewet 'subject matter' eksperter for at forstå en due diligence-undersøgelse og minimere risici. Forsikringsselskaber og banker efterlyser analyse af forsikringsdata og forudsigelse af potentielle risici for at kunne tilbyde omfattende og effektive forsikringsprodukter og betingelser<sup>15</sup>. Dette inkluderer samarbejde med projektudviklere, banker og forsikringsselskaber for at identificere risikokilder og etablere et datagrundlag. Jon Sørensen, SVP hos Codan, skriver på BI: *"Codan finder det relevant at industrien bliver bedre til at opsamle og hermed lære af dens erfaringer og dermed i fremtidige projekter minimere risici for kommende projekter. Industrien har dog ikke for vane at dele data i et omfang, som man ser i f.eks. i andre industrier. Her er der et uudnyttet potentiale til at gøre industrien mindre risikofyldt"*. Dialog med målgruppen og potentielle samarbejdspartnere er blevet etableret gennem et tæt samarbejde med danske virksomheder i vindindustrien samt aktører indenfor det danske forsknings- og innovationssystem. Indsatsområdet understøtter aktuelle strategiske prioriteter ved at fokusere på teknologisk udvikling og risikoledeelse indenfor resilient vindenergiproduktion og bidrager til at realisere regeringens målsætning om 70 % reduktion af drivhusgasser i 2030 og klimaneutralitet i 2050<sup>16</sup>. Et bredt flertal i regeringen er enige om, at Danmark i 2030 skal firedoble produktionen af vindenergi på land og femdoble havvindmølleenergien<sup>17</sup>. Det potentielle marked og samfundspotentialet for denne aktivitet er betydeligt, da indsatsen vil bidrage til at muliggøre en robust, sikker og bæredygtig udvikling af offshore vindenergiproduktionen<sup>18</sup>. Hertil kommer understøtning af Power-to-X (PtX)<sup>19</sup>, 'Carbon Capture Storage' (CCS) og hele sektorkoblingen<sup>20</sup>.

### 3. Markedssvigt og konkurrencesituation

**Udfordringer i Danmarks vindsektor:** De seneste år har som nævnt budt på udfordringer for vindsektoren i Danmark som følge af ændringer på det globale marked<sup>21</sup>. En vigtig grund er, at opførelsen af vindmølleparker indebærer enorme startomkostninger, hvilket binder kapitalen i lang tid, før projektet bliver profitabelt. Særligt de store kapitalbindinger i vindindustrien medfører flere udfordringer, da anlægsinvesteringerne til en havvindmøllepark på én gigawatt estimeres til ca. 16 mia. kr. En anden bekymring er markedsrisiko, da vindenergi priserne desuden kan være ustabile. Dette medfører en risiko for, at Danmark mister førerposition i vindbranchen eller at markedsvilkårene

<sup>15</sup> <https://ugebrev.dk/finans/myndigheder-efterlyser-mere-aabenhed-fra-forsikring-pension/>

<sup>16</sup> <https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2023/sep/klimaprogram-2023-regeringen-vil-bygge-vejen-til-2025-og-2030-maale-taerdig>

<sup>17</sup> <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2023/okt/regeringen-et-stort-skridt-paa-vejen-mod-en-firedobling-af-stroem-fra-sol-og-vind-paa-land->

<sup>18</sup> [https://www.rystadenergy.com/?gad\\_source=1&gclid=EAlalQobChMI1L6\\_mKC8hQMV6WCRBR27CwmUEAAYASAAEgKhqvD\\_BwE](https://www.rystadenergy.com/?gad_source=1&gclid=EAlalQobChMI1L6_mKC8hQMV6WCRBR27CwmUEAAYASAAEgKhqvD_BwE)

<sup>19</sup> <https://www.danskindustri.dk/politik-og-analyser/dis-politiske-udspil/udspil/ccus/>

<sup>20</sup> <https://www.energycluster.dk/wp-content/uploads/2022/10/Fra-siloer-til-sektorkobling.pdf>

<sup>21</sup> <https://www.danskindustri.dk/brancher/di-energi/analysearkiv/brancheanalyser/2024/eksport-af-energiteknologi-og-services-2023/>

ændres<sup>22</sup>. Udviklingen af innovative teknologier og kompetencer kan desuden være ressourcekrævende og kræver ofte samarbejde på tværs af forskellige aktører, hvilket FORCE Technology som GTS-institut kan understøtte og accelerere. Desuden udgør værdikædens manglende incitament til at dele data en yderligere markedsfejl. Anna Marie Owie, direktør i Danmarks Eksport- og investeringsfond (EIFO), udtrykker det således på BI: *”Til dato har EIFO deltaget i finansieringen af 1/3 af den eksisterende havvindproduktion globalt (eksklusiv Kina), og som finansieringspartner er det meget relevant, at industrien bliver bedre til at opsamle og lære af dens erfaringer med henblik på at reducere og mitigere risici for kommende projekter. Vi er opmærksomme på, at vindindustrien ikke deler data, og det er vores vurdering, at der her er et uudnyttet potentiale til at gøre industrien mindre risikofyldt. FORCE Technology som uafhængig besidder en unik position i industrien, samt nogle vigtige kompetencer med håndtering af store mængder data”.*

Der er især voksende udfordringer under installations- og driftsfasen, hvor der er behov for teknologisk innovation, digitalisering og specialiserede serviceydelser for at styrke branchens og samfundets resiliens. Det vil imødekomme samfundsbehovet for bæredygtig energi og en energiproduktion, der er uafhængig og modstandsdygtig for at kunne levere et klimaneutralt energisystem<sup>23</sup>. Mathilde Damsgaard, Program Director hos Vattenfall, skriver på BI: *”Risikostyringen både i konstruktionsprojekter og i driftsfasen er enormt udslagsgivende for det økonomiske resultat, og det vil være virkelig interessant at følge, hvordan AI vil kunne udnyttes til at supportere, videreudvikle og styrke både metodikken og resultaterne omkring dette”.*

SMV'erne er som nævnt i centrum i indsatsen, da sektoren mangler transparens. De udgør ofte en vigtig del af værdikæden i vindmølleindustrien, både som producenter af komponenter og som serviceleverandører<sup>24</sup>. Carsten Andersen, SMV'er og teknisk rådgiver i Pro Zenith, skriver på BI: *”Jeg ser dette projekt som en mulighed for at skabe den nødvendige transparens og indsigt forud for en given projektstart, således at der kan italesættes en værdifuld dialog omkring projektets mulige risici, og iværksættes de nødvendige gøremål inden projektstart”.*

**Levering af ydelser:** FORCE Technology planlægger at levere ydelser bredt i hele værdikæden, der inkluderer danske virksomhedssegmenter, der vil efterspørge de udviklede kompetencer og serviceydelser fx: vindmølleproducenter, komponentleverandører, installationsrederier, serviceorganisationer, forsikringsselskaber og banker samt andre aktører i værdikæden.

**Opmærksomhed på konkurrencesituationen:** Der vil også i den kommende Resultatkontraktperiode være opmærksomhed på konkurrencesituationen. 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. Steffen Duve, Commercial Pilot hos Scada Minds, tilføjer: *”Det vil være fantastisk at opleve et foregangsprojekt, som kan være med til at ændre industrien og skabe interesse for en mere åben tilgang til anvendelse af data på tværs af værdikæden”.*

<sup>22</sup> <https://www.iea.org/reports/denmark-2023>

<sup>23</sup> <https://dafre.dk/files/media/document/AnnualAgenda2024-Anbefalinger-paa-vej-mod-et-klimaneutralt-energisystem.pdf>

<sup>24</sup> <https://energiwatch.dk/Energinyt/Renewables/article14906312.ece>

#### 4. Videnspredning og inddragelse i indsatsområdet

Målgruppen inddrages aktivt i gennemførelsen af indsatsen og videreformidlingen af dens resultater gennem tæt samarbejde med nøglespillere i vindmølleindustrien, såsom projektudviklere, banker og forsikringsselskaber samt interesseorganisationer. Disse aktører bidrager med input vedrørende behov, krav og forventninger til den nye serviceydelse, hvilket sikrer, at indsatsen er rettet mod industriens behov. Interesseorganisationer som Green Power Denmark, Danish Alliance for Renewables, State of Green og Energy Cluster Denmark bliver involveret i udviklingsprocessen gennem workshops, konferencer og samarbejdsprojekter. Deres input vedrørende behov, krav og forventninger til den nye serviceydelse sikrer, at viden genereret i projektet spredes til Dansk industri. Christian Boysen, COO hos Energy Cluster Denmark, udtaler: *”Energy Cluster Denmark støtter dette initiativ. I en fremtid baseret på 100% vedvarende energi, hvoraf meget kommer fra vind, bliver vindenergien en meget kritisk del af infrastrukturen... Det er stadig vigtigt og med den forstående kapacitetsudvidelse bliver denne udvikling kun endnu mere vigtig”*.

**Samarbejde og videndeling:** Initiativet forventes gearret med nationale programmer som fx EUDP og Innovationsfonden. Samarbejde med førende tekniske universiteter - fx DTU Wind, AAU Materials og SDU Mekanik - er planlagt for at inddrage målgruppen og få adgang til flere avancerede forskningsfaciliteter (se også pkt. 6). Europæiske forskningsinstitutioner indenfor vindenergi vil også blive inddraget i løbet af indsatsperioden for at tilføje flere internationale dimensioner og muliggøre erfaringsudveksling. Fx med Fraunhofer IWES og/eller ORE Catapult. Videnspredning vil ske gennem workshops, konferencer og projekter sammen med centrale interesseorganisationer som bl.a. Green Power Denmark, Danske Maritime, Green Ship of the Future, Skibsteknisk Selskab og Energy Cluster Denmark. Dette samarbejde vil understøtte den konstante prioritering på industriens behov.

Følgegruppen omfatter de væsentligste aktørgrupper indenfor området og vil sikre, at indsatsen rammer et faktisk samfunds- og virksomhedsbehov og dermed fylder et hul i værdikæden, der hjælper med at løfte den samlede nationale indsats indenfor vindenergi. Desuden har følgegruppen den væsentlige funktion at undgå etablering af parallelkompetencer på områder, hvor der allerede er udbydere.

#### Følgegruppen har ved indsatsens start følgende sammensætning

<ul style="list-style-type: none"><li>· Daniel Stenstrup Rasmussen, COO, 3WIS (SMV med 18 ansatte)</li><li>· Bjarne Haahr Svendsen, Head of Global Quality Engineering, Siemens Gamesa</li><li>· Anna Marie Owie, Direktør, EIFO</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Carsten Lind Bonde Andersen, CEO, Pro Zenith (SMV med 1 ansat)</li><li>· Peter Grabau, Salgsdirektør, Bladena (SMV med 8 ansatte)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Steffen Duvé, Commercial Pilot, Scada Minds (SMV med 28 ansatte)</li><li>· Kim Branner, Sektionsleder, DTU Wind</li></ul>
--	---	---

#### 5. Nyhedsværdi og ambitionsniveau

I den hurtigt voksende vindenergisektor er behovet for teknologisk innovation, digitalisering og specialiserede serviceydelser afgørende for at styrke branchens resiliens. Som beskrevet i første afsnit vil hovedvægten være på fem nye nøgleaktiviteter indenfor teknologisk udvikling. Implementeringen af de fem nøgleaktiviteter vil markant hæve viden og kompetencer i havvindmølleindustrien og forbedre både teknologiske processer og operationelle metoder. Avancerede mekaniske tests under

ekstreme forhold vil give ny afgørende indsigt i materialers opførsel og muliggøre udvikling af mere robuste vindmøller, der bedre kan modstå barske miljøer. Automatiserede inspektionsløsninger til vindmøllelevinger i drift med robotter, droner og maskinlæring vil revolutionere inspektionsnøjagtigheden og effektiviteten, hvilket gør processerne mere pålidelige og langt mindre ressourcekrævende. Optimering af design og operationer i maritime miljøer, gennem avancerede simuleringmodeller og værktøjer, vil forbedre installations- og driftsprocesser markant, øge sikkerheden og hæve kompetenceniveauet for operatører. Banebrydende avancerede monitoreringsløsninger vil muliggøre tidlig detektion af skader og korrosion, hvilket forlænger levetiden af tårne og fundamenter og gør vedligeholdelse mere prædiktiv og præcis. Nyskabende brug af generativ AI til risikoleddelse vil forbedre forudsigelsen og håndteringen af operationelle udfordringer, bidrage til at reducere kapitalbindinger og øge økonomisk bæredygtighed. AI vil analysere historiske data og foreslå proaktive risikohåndteringsstrategier, hvilket forbedrer beslutningstagning og projektstyring på en ny måde.

De væsentligste barrierer for at indfri indsatsens målsætninger er uvilje til at dele data og inkludere manglende koordination, der kan gøre det svært at opnå den nødvendige sammenhæng og synergi mellem forskellige udviklingsprojekter og værktøjer. Henrik Stiesdal, CTO hos Stiesdal A/S, foreslår hvordan uviljen kan mitigeres og udtrykker det således på BI: *"...som altid vil man støde på det problem, at ikke alle aktører har lige stor lyst til at dele data, som måske afspejler tidligere problemer. Det kan forhåbentlig struktureres, så man holder data i en fortrolig kreds, og hvis men på den måde kan få adgang til de relevante informationer, så kunne dette blive et rigtig stærkt, nyt værktøj"*. Tekniske risici er også en faktor, da udviklingen af nye tekniske værktøjer altid indebærer en vis grad af risiko, især når det drejer sig om at integrere dem på tværs af forskellige aktivitetsområder og værdikæder. Skiftende markedsforhold og konkurrence kan desuden påvirke virksomhedernes vilje og evne til at investere i og adoptere nye løsninger. Disse barrierer skal adresseres gennem strategisk planlægning, samarbejde på tværs af sektorer og en fleksibel tilgang til udvikling og implementering for at maksimere chancerne for at nå indsatsens målsætninger. Jørgen Nellesen, SMV'er og konsulent hos ClarityConsult, tilføjer på BI: *"Leverandører til vindsektoren deler ikke informationer, hvilket gør at "dem med pengene" ikke har et oplyst grundlag når risikoprofilen for et projekt vurderes. Udfordringen for investorer/långivere er, at de typisk ikke har den nødvendige kompetence til at vurdere om risikoscenariet er fyldestgørende og reelt. Hver udvikler har deres måde at rapportere på. Dette gør, at datakvaliteten typisk er på et minimum og det ikke er muligt at sammenligne forskellige projekter på tværs af en portefølje"*.

Forventningen er, at alle de nye serviceydelser vil være tilgængelige indenfor den fireårige periode af Resultatkontrakten. I løbet af de første to år vil opmærksomheden være på udviklingen af ydelser indenfor de specifikke aktiviteter. I år tre og fire vil prioriteringen være på at integrere aktiviteterne på tværs af de forskellige områder og minimere risikoen ved grænseflader i værdikæden.

## 6. Kobling til forsknings- innovations- og erhvervsfremmesystemerne

**Samspil med videninstitutioner:** De nye teknologiske serviceydelser indgår i tæt samspil med aktører i det danske forsknings- og innovationssystem under eksisterende initiativer og ordninger. Det er planen at samarbejde med førende tekniske universiteter som DTU Wind, DTU Offshore, DTU Compute, AAU Materials og SDU Mekanik for at sikre adgang til state-of-the-art forskningsfaciliteter og ekspertise

indenfor ingeniørfagene. Kim Branner, Sektionsleder på DTU Wind, oplever stigende tekniske udfordringer i kraft med størrelsesforøgelsen af vindmøller: *"Vi har oplevet en hurtig forøgelse i størrelsen af vindmøller og deres vinger gennem flere årtier, og moderne vindmøllevinger er nu ofte et godt stykke over 100 meter lange, og der er få tegn på, at denne størrelsesforøgelse vil ende snart. Denne hurtige stigning i størrelse giver flere udfordringer, da driftserfaring med et design er begrænset eller ikke eksisterende, før et nyt design introduceres til markedet. Korrekt strukturelt design, fremstilling, kvalitetskontrol og tilstandsovervågning er derfor af stor betydning"*.

Indsatsen koordineres også med DHI indenfor deres havvindaktiviteter, hvor samarbejdet styrkes, udover den nuværende Resultatkontrakt og samarbejdet omkring 'Non-linear Channel Optimization Software' (NCOS), ved konkret at gennemføre vidensspredningsarrangementer med vægt på flydende havvind, hvor områder som placering, sejladsikkerhed, udsaløb, installation, fortøjning og serviceaspekter vil blive behandlet. Det er også aftalt at styrke indsatsen gennem fællesansøgninger til nationale og internationale forskningsprogrammer. Jacob Sørensen, Product and Innovation Portfolio manager hos DHI A/S, skriver på BI: *"Aktiviteterne er super komplementære til DHI's indsats - Omstilling til grøn energi i hav, vand og miljø... Vi ser frem til at fortsætte det gode samarbejde på området, når vi fælles hjælper danske virksomheder inden for havvind branchen"*. Initiativet forventes gearret med nationale programmer som fx EUDP og Innovationsfonden, hvor der bl.a. er søgt om:

- ReliaBlade-2: 'Improving Rotor Reliability through Application of Digital Twins over Entire Life Cycle'. Formålet med ReliaBlade-2 er at demonstrere potentialet i at skabe unikke digitale tvillinger af fungerende vindmøllerotorer og deres individuelle vinger.
- Autowind: 'Autonomous UAS-based comprehensive internal inspection of wind turbine blades using visual and contact-based information', Autowind-systemet dækker droneinspektioner under produktionen og drift for at sikre kvaliteten af vindmøllevinger.
- Boreas: 'Big rotor blade bearing test strategy'. Formålet med Boreas-projektet er at udvikle og demonstrere et nyt testparadigme, der kan anvendes i fremtidige testfaciliteter for meget store vingelejer.

## **7. Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer**

FORCE Technology retter sig mod sin mission om at støtte Danmarks mål om klimaneutralitet inden 2050 ved at understøtte udviklingen af en robust vindenergiinfrastruktur gennem vidensspredning, facilitetsopbygning og samarbejdsprojekter indenfor fem teknologiske områder. Indsatsområdet støtter ambitionen for GTS-systemet og strategien for FORCE Technology om at indtage en strategisk og central position i den danske forsknings- og innovationsinfrastruktur, særligt indenfor udvalgte regeringsstrategier, her på vindenergiområdet. FORCE Technology har udpeget resiliens i den grønne og digitale omstilling som hovedmålet, hvilket indsatsområdet understøtter. Området er samtidigt udpeget som et kerneområde for instituttet, som omtalt i strategien, og understøttes af markedsstrategien for vindenergiområdet, herunder udviklingen af faglige kompetencer for de involverede forretnings- og fagområder.

Dertil medvirker indsatsen til at realisere OneFORCE-strategien om tværfaglighed, øget FoU-niveau og stærkere samarbejdsrelationer, herunder med et særligt internationalt fokus og styrkelse af TDU-faciliteter samt at nå ud til flere virksomheder både dybere og oftere med nye kompetencer. Endeligt indlejrer området de digitale ambitioner fra strategien, hvor indsatsen udnytter både de nye digitale muligheder og bidrager til ombygning af en digital infrastruktur og digitale teknologiske services.

Indsatsen vil videreudvikle FORCE Technology centralt i området til gavn for værdikæden. Området understøtter specifikt FORCE Technologys transformation mod en øget satsning på vedvarende energi fra tidligere fokus på olie- og gasindustrien.

## 8. Konkrete aktiviteter i år 1

### Aktiviteter i år 1

1. Etablering af økosystem for resilient vindenergiproduktion: Oprettelse af faglige netværk med tyngde på klimatiske tests, kvalitetskontrol af vindmøllevinger i drift, maritime miljøer, levetid for tårne og fundamenter samt risikostyring.
2. Indsamlingen af viden om storskala klimatiske hybridtests, der kombinerer forskellige ekstreme forhold for at evaluere vindmøllernes ydeevne, er påbegyndt.
3. Samarbejde med nøglespillere i vindmølleindustrien (projektudviklere, banker og forsikringsselskaber) er påbegyndt. En grundig due diligence-undersøgelse er gennemført.
4. Videnopbygning: Indsamling og opbygning af viden, både nationalt og internationalt, i samarbejde med DHI, universiteter, klynger og virksomheder. Internationalt vil FORCE Technology søge samarbejder gennem europæiske initiativer og strategier.
5. Videnspredning og -hjemtagning: Videnspredning med hovedvægt på resilient vindenergiproduktion vil foregå via samarbejdet med DHI, relevante klynger samt på temadage og webinarer faciliteret af fx FORCE Technology i tæt samarbejde med bl.a. Energy Cluster Denmark.
6. Kompetence- og teknologiudvikling: I samarbejde med virksomheder og videninstitutioner vil FORCE Technology udvikle og tilpasse:
7. A1. Mekaniske tests under ekstreme belastninger: Der indhentes viden om storskala klimatiske hybridtests. Desuden påbegyndes udviklingen af et agilt mekanisk koncept for eksisterende testbænk for at øge tilgængeligheden af testfaciliteter - med vægt på SMV'er.
8. A2. Inspektionsløsninger til vindmøllevinger i drift: Der indhentes viden, der sigter mod implementering af en kollaborativ digital platform, digitale tvillinger og augmented reality til at kvalitetssikre vindmøllevinger.
9. A3. Design- og operationsoptimering i maritime miljøer: Omfatter videnopbygning af virtuelle bølgebassiner med CFD og identifikation af krav til simuleringresultater for fremtidens fundamentdesigns.
10. A4. Sikring af tårne og fundamenter i driftsfasen: Der indsamles viden om ultralydkoncepter til strukturovervågning og der udvikles avancerede sensorer og inspektionsteknikker til tidlig detektion af udmattelsesrevner og specifikke monitoreringsopsætninger.
11. A5. Risikoledelse understøttet af generativ AI: Aktiviteten opbygger samarbejde med projektudviklere, banker og forsikringsselskaber for at identificere risikokilder og etablere et datagrundlag.