

Institut(ter): FORCE Technology	Aktivitetsplan (titel): Virtuelt hydro- og aerodynamisk laboratorium og videnbase Idéforslags titel på www.bedreinnovation.dk: Virtuelt hydro- og aerodynamisk laboratorium og videnbase	Aktivitetsplan nr.: A12	Infrastruktur
1) Manchettekst (kort resumé)			
<p>Visionen er, i tillæg til fysiske forsøg, at kunne tilbyde rådgivning baseret på digitaliserede virtuelle services (med afsæt i numeriske beregninger, AI/Machine Learning og empiriske databaser) indenfor de hydro- og aerodynamiske områder.</p>			
2) Aktiviteten kort (resumé)			
<p>Visionen er at etablere et nyt virtuelt laboratorium baseret på kunstig intelligens (AI)/Machine Learning, historiske databaser og numeriske metoder, som kan supplere de eksisterende fysiske metoder til forsøg indenfor de hydro- og aerodynamiske områder, der anvendes af bygnings-, skibs-, offshore- og vindindustrien. Hensigten er at muliggøre en iterativ og agil designproces, som er tilgængelig for flere spillere på markedet og giver mulighed for, at fx nye designkonsulenter baseret på nye tilgange til designprocessen, kan blomstre op. Med denne vision tilbydes ydelser højere oppe i værdikæden, idet FORCE Technology flytter sig fra den typiske rolle som ren dataleverandør til at levere konsulentydelse baseret på data, hvilket særligt er efterspurgt af de små og mellemstore virksomheder.</p> <p>Denne vision udgør således et grundlæggende paradigmeskift, som er rettet mod alle testområder på længere sigt. Fire aktiviteter er udvalgt til at blive udviklet og testet/demonstreret dels for at sikre at paradigmeskiftet bliver bredt forankret, dels for at skabe konkrete services inden for rammerne af aktivitetsplanen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Direkte manøversimulering baseret på computational fluid dynamics (CFD) Udvikling af viden og procedurer til CFD-simulering af fritsejlende skibe. CFD-modellen, som indeholder det komplette skib, vil blive brugt til simulering af International Maritime Organizations (IMO) standardmanøvrer for hermed at fastlægge dets manøvreegenskaber. Viden om metodernes anvendelighed og begrænsninger opnås ved sammenligning med data fra forsøg og skibe i drift. En tidlig designevaluering og sikring af manøvreegenskaberne giver øget sikkerhed til søs og bedre brændstofføkonomi. • Tidlig skibsdesign- og livscyklusevaluering Udvikling af værktøj til anvendelse i den samlede designproces fra de første skitser over det endelige design til evt. ombygninger og retrofit af skibet. Værktøjet vil i alle faser af designprocessen tilbyde en holistisk, mange facetteret, ensartet, objektiv og realistisk evaluering baseret på de bedst tilgængelige data i hver fase. Initielt vil værktøjet fx baseres på videnbase og Machine Learning og på de senere trin på numeriske beregninger for skibet eller egentlige fysiske forsøg. • Tidlig rådgivning omkring vindmiljø Undersøgelse af eksisterende data for at afsøge mulighederne for at udarbejde metoder og virtuelle værktøjer til hurtig og præcis rådgivning om udendørs vindmiljø omkring bygninger, så 			

vindmiljøet kan forbedres allerede i designprojekternes indledende faser.

- **Undersøgelser af anti-icing strategier**

Undersøgelse og dokumentation af eksisterende data med henblik på udvikling af virtuelle værktøjer og forbedring af de eksisterende anti-icing strategier. Herunder undersøges strategiernes holdbarhed og muligheder for optimering og der arbejdes for en entydig definition af islasten på strukturelle elementer som vindmøllevinger og brokabler.

3) Markedsbehov, erhvervs- og samfundsmæssige potentialer

Der findes i dag veletablerede eksperimentelle teknikker til evaluering af hydro- og aerodynamiske egenskaber, men de er omkostningstunge og kræver meget detaljeret information om konstruktionen for at kunne bruges. Det betyder, at de oftest kun bruges til endelig designverifikation lige inden konstruktionsfasen påbegyndes. For at kunne evaluere løbende er der behov for en omkostningseffektiv evalueringsproces i forbindelse med udvikling af designs, som efterlever krav til sikkerhed, miljø, effektivitet mv. – hvad enten det er indenfor skibdesign eller bro- og bygnings-konstruktioner eller vindmøller. Derfor bliver nye evalueringsmetoder baseret på den nyeste digitale/virtuelle teknologi i højere grad udforsket og efterspurgt af industrien. De virtuelle aktiviteter er et naturligt nyt supplement til den traditionelle eksperimentelle hydro- og aerodynamik, og i fremtiden vil man forvente, at virtuelle services baseret på teknologier kendt fra Industri 4.0 bliver mere og mere udbredte til gavn for industrien, herunder SMV'erne, som selv kan have svært ved at opbygge og opretholde den fornødne specialistviden grundet deres størrelse og derfor kan have god gavn af mindre omkostningstunge virtuelle metoder.

Fordelen ved den nye virtuelle teknologi er, at der tidligt i et designforløb med relativt lidt information om et design, vil kunne ydes bedre beslutningsstøtte, som sikrer et godt slutdesign. Dette kunne fx være til vurdering af indflydelsen af en given skrogform eller rorkonfiguration på skibets manøvreve og sikkerhed, indflydelsen af et givent fremdrivningssystem på skibets brændstofforbrug og tilhørende miljøpåvirkning, indflydelsen af en bygnings udformning eller placering på fodgængernes komfort og sikkerhed eller indflydelsen af en vindmøllevinges eller et brokabels udformning på isdannelsen og efterfølgende performance og funktionalitet. Samtidig reduceres ændringer langt henne i designforløbet, hvor ændringer er meget dyre, hvilket sikrer en kosteffektiv designproces. Disse to ting gør, at virksomhederne får en bedre konkurrenceevne, når de udbyder deres services og produkter på markedet.

Dette underbygges også af tilbagemeldinger fra bedreinnovation.dk:

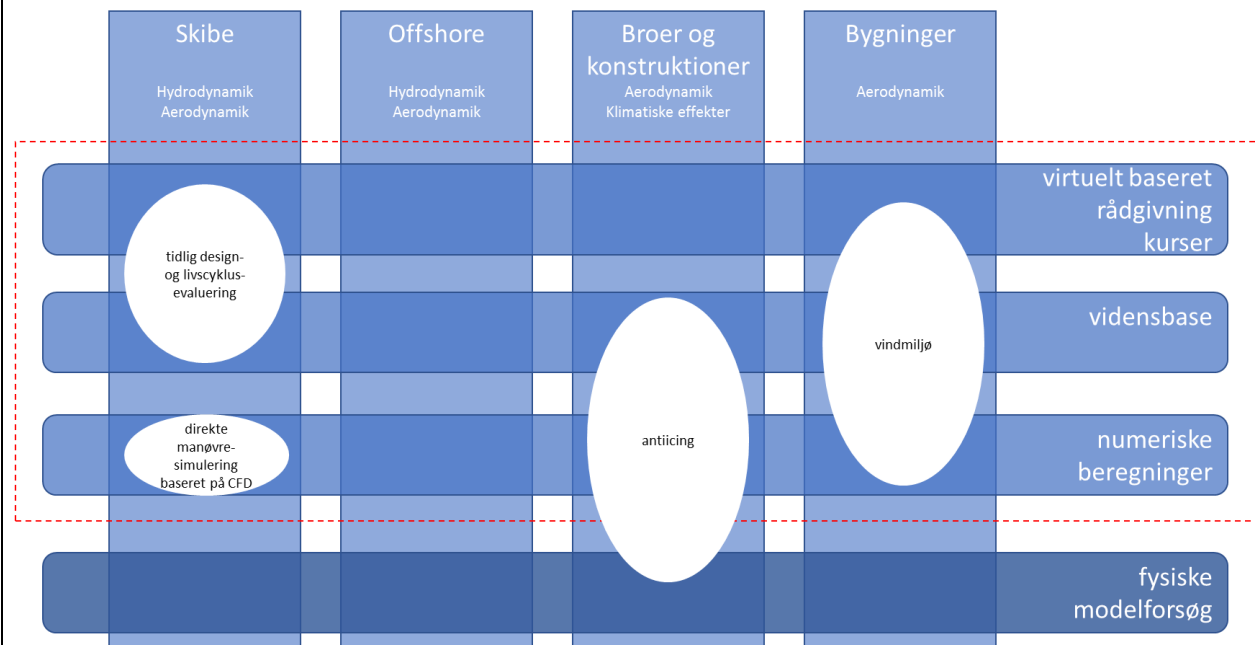
”Det største potentiale ved at have et virtuelt laboratorium er dels at nedbringe omkostningerne til produktudvikling, samt at kunne gennemføre flere iterationer og generationer i et udviklingsforløb sådan at performance for slutproduktet forbedres.”, Peter Fuglsang, Siemens Gamesa Renewable Energy

”Det er givet, at projektet vil tilføje stor værdi i den tidlige designfase af nybygnings- og retrofit-projekter på skibe og vil være stærkt medvirkende til, at denne type opgaver fortsat kan løses konkurrencedygtigt i Danmark.”, Christian Råe Holm, COACH Solutions

Som eksempel kan nævnes, at hvis et design først evalueres ved den endelige fysiske modeltest, og det her opdages, at noget skal ændres som følge af beslutninger truffet tidligere på et tyndt beslutningsgrundlag, så bliver designet forsinket, og mange tegninger og tidligere undersøgelser skal laves om. Dette kan koste flere hundrede tusinde kroner eller endda millioner afhængig af projektets størrelse. Et andet eksempel kan være, at et design kunne have performet bedre, hvis det havde været muligt at undersøge dets potentiale grundigere tidligt i designfasen. Det kan koste på vedligehold og drift. For driften kunne det være, at hvis

et skib kunne være designet til at bruge et par procent mindre brændstof, så vil dette spare rederen for omkring 400.000 kr. på et år, hvilket over en levetid på 25 år løber op i næsten 10 mio. kr.

VIRTUEL HYDRO- OG AERODYNAMISK TESTFACILITET OG VIDENSBASE



Til illustration viser figuren ovenfor visionen om den virtuelle testfacilitet og videnbase samt de markedsområder, som tænkes inddraget. De velkendte fysiske modelforsøg er fundamentet. Den virtuelle testfacilitet – markeret med rød punkteret linje - er en ny overbygning, som skaber ydelser på et højere niveau i forhold til de grundlæggende data. Den virtuelle testfacilitet og videnbase er en helt ny ydelse, som muliggøres af de store landvindinger indenfor de teknikker, som indkapsles i begrebet Industri 4.0. De fire hvide ovaler markerer de fire underaktiviteter og ydelser, som dækkes af denne aktivitetsplan. Det er imidlertid ambitionen, at det virtuelle testlaboratorium på den længere bane skal udbygges med flere services. Dels indenfor skib, bygning og bro/konstruktion og dels indenfor offshore, således at det virtuelle testlaboratorium i videst muligt omfang kan komplementere de fysiske modelforsøg bredt ud på markedet.

”Digitalisering forandrer måden, vi handler, producerer, uddanner og underholder os på – og kan medføre grundlæggende ændringer i både den private og offentlige sektor. Ting, vi troede umulige i går, bliver mulige i morgen, og nye produkter og forretningsmodeller opstår og fortrænger andre.”, Danmark som digitalt foregangsland, FORSK2025, side 23

Vi forventer at den virtuelle testfacilitet og videnbase vil ændre måden, som man designer skibe, bygninger, konstruktioner og vindmøller på, og visionen går dermed hånd i hånd med ambitionen fra FORSK2025 om Danmark som digitalt foregangsland. Herudover ser vi også gennem FORCEs daglige arbejde som konsulent og rådgiver indenfor hydro- og aerodynamiske problemstillinger, at industrien har behov for at kunne planlægge, evaluere og beslutte på et højt kvalificeret og objektivt grundlag med sikkerheden i fokus, når de laver deres produkter.

Dette behov underbygges yderligere af de tilbagemeldinger, som aktivitetsplanen fik fra de berørte industrisegmenter på bedreinnovation.dk. Fx nævnes at:

”Vi forventer, at kunne overføre og anvende disse værktøjer direkte til udviklingen af vore arbejdsprocesser samt designs og dermed optimere kommende nybyggeri i vindteknisk henseende.”, **Tore Banke, BIG - Bjarke Ingels Group**

”Virtuelt hydro- og aerodynamisk laboratorium og videnbase lyder som et yderst relevant og potentielt værdiskabende projekt”, **Kent Damgaard, Karstensens Skibsværft**

”Ambitionen om at opbygge kompetencer og procedurer for CFD simulering af skibes manøvrering er stærk og værdifuld” og *”Netop manøvreegenskaber er vigtigt at vurdere tidligt i designet, idet det ofte er dyrt og tidskrævende at ændre hvis der skal justeres sent i designfasen”*, **Thomas Eefsen, Odense Maritime Technology**

”Ideen om et virtuelt laboratorium vil kunne accelerere udviklingen indenfor vindmøllebranchen og dermed være en hjælp til at nedbringe produkternes pris”, **Michael Friedrich, Envision Energy**

På verdensplan deltager den danske industri i mange designprojekter, som vil kunne drage fordel af den viden og de evalueringsmetoder, som aktivitetsplanen frembringer til gavn for både samfund, skibsfarten, bygge- og anlægsindustrien samt vindindustrien. Nogle af de udviklede evalueringsmetoder og -teknikker vil foreligge umiddelbart i forlængelse af aktivitetsplanens afslutning, og vil dermed blive de første services fra den virtuelle facilitet. Men som indikeret tidligere, så tænkes den virtuelle facilitet fortsat udviklet og udbygget med flere services fremadrettet.

I Danmark beskæftiger den maritime branche omkring 80.000 personer, vindmølleindustrien 85.000 personer og bygge- og anlægssektoren 170.000 personer fordelt på en lang række virksomheder, der spænder over rederier, shippingvirksomheder, entreprenører, arkitekter, konsulentvirksomheder og leverandører af udstyr. Brancheforeningen Danske Rederier (www.danishshipping.dk) har cirka 90 medlemmer og associerede medlemmer, leverandørbrancheforeningen Danske Maritime (www.danskemaritime.dk) dækker 95 danske virksomheder, Foreningen af Rådgivende Ingeniører (www.frinet.dk) har 144 medlemmer indenfor broer, tunneller og konstruktioner, Danske Arkitektvirksomheder (www.danskeark.dk) har 547 medlemmer indenfor byggeri og bygherrerådgivning og Vindmølleindustrien (www.windpower.org) har cirka 200 medlemmer.

En del af disse virksomheder beskæftiger sig med design og produktudvikling og er aftagere af serviceydelser, konsulenttydelser og produkter, som understøtter designevaluering og som forventes at kunne få gavn af aktivitetsplanens resultater. Nogle vil på baggrund af aktivitetsplanens resultater kunne udvikle egne services. Andre, og her tænkes specielt på SMV'erne, som ikke nødvendigvis har de fornødne ressourcer eller ekspertise til selv at udvikle og anvende metoderne, vil kunne drage fordel af, at FORCE tilbyder de virtuelle services.

Som et eksempel kan nævnes et lille konsulentfirma, som ikke har ressourcer til at foretage beregninger til vurdering af deres designforslag, og de vil derfor købe sig til denne ydelse hos FORCE og trække på den ekspertise og de værktøjer, som FORCE ligger inde med. FORCE er i sit daglige virke i tæt kontakt med industrien og forskningsverdenen gennem vores kunder og samarbejdspartnere. Ideen til den virtuelle testbænk er næret af de udfordringer, som industrien oplever og har formuleret for FORCE. Den meget brede og entydige opbakning til visionen om den virtuelle testbænk på bedreinnovation.dk vidner om behovet for de nye ydelser.

4) Videnspredning og inddragelse

I forhold til industrien, så vil der i forbindelse med opstarten af aktivitetsplanen blive etableret en følgegruppe bestående af medlemmer fra industrien herunder SMV'erne. Her tænkes det, at både kunder, leverandører, underleverandører og konsulenter skal være repræsenteret både fra den maritime industri, vindindustrien og bygge- og anlægsbranchen. Gruppen tænkes samlet en gang årligt til en præsentation af status og resultater. således at den dels får mulighed for at få del i den viden, som aktivitetsplanen genererer og dels får mulighed for at give feedback til aktivitetsplanen, således at aktivitetens relevans for industrien sikres.

Følgende virksomheder vil blive inviteret til følgegruppen: NORDEN, Ultraship, OMT, Hauschildt Marine, Knud E Hansen, Maersk, MAN, Siemens Gamesa, Vestas, LM Wind Power, BIG, Henning Larsen, COWI, Karstensens Skibsværft. Heraf har flere allerede givet tilsagn om at deltage.

En del af aktiviteterne vil blive gennemført som del af eksamensprojekter på DTU og/eller andre universiteter.

Der vil blive afholdt mindst én workshop for industrien, hvor aktivitetsplanens emner vil blive fremlagt.

Endvidere er det planen, at der skal publiceres mindst én videnskabelig publikation per år, som dokumenterer udvalgte resultater fra aktivitetsplanen.

Det er også intentionen at formidle information om aktivitetsplanen til relevante industrirepræsentanter i samarbejde med Transportens Innovationsnetværk og gennem Skibsteknisk Selskab.

5) Konkrete aktiviteter

Simulering af det fritsejlende skib komplementerer og bygger videre på resultaterne af en igangværende RK-aktivitet omhandlende CFD-beregning af 'added power' i bølger. Den igangværende aktivitet dækker kun skibets bevægelser i to frihedsgrader, og roret er inaktivt. Resultaterne ser meget lovende ud, så inklusion af et aktivt ror, som påvirker bevægelserne og bevægelse i alle seks frihedsgrader, er et naturligt næste skridt, selvom det bliver avancerede simuleringer, som kun meget få udenlandske universiteter hidtil har kunnet udføre. Aktivitetsplanen vil omfatte følgende aktiviteter:

- Forstudie og detailplanlægning af beregningscases
- Opbygning og verificering af numerisk model til CFD simulering af fritsejlende skib med aktivt ror og propeller
- Sammenligning mellem eksisterende modelforsøgsresultater og beregninger for udvalgte konditioner fra modelforsøg
- Finjustering og tilpasning af beregningsmodel
- Produktionskørsler hvor et antal konditioner regnes igennem for et repræsentativt udsnit af den internationale maritime organisations (IMO) standard manøvre
- Opsummering af resultater på positions- og bevægelsesniveau.
- Overblik over hvilke data, der bør lægges i database med henblik på fremtidig udnyttelse i forbindelse med databasebaseret manøvreprædiktion

Tidlig skibdesign- og livscyklusevaluering er en radikal ny tilgang i forhold til eksisterende kernekompetencer på test, prøvning og beregning af skibdesign. Udfordringen er, at området i nogen grad skal reformuleres med henblik på at kunne tilbyde en konsistent og sammenhængende service igennem iterative designprocesser. I aktiviteten vil nye maskinlæringsteknikker blive introduceret og anvendt side

om side med klassiske empiriske, beregningsmæssige og fysiske teknikker. Aktivitetsplanen vil omfatte følgende aktiviteter:

- Formulering af iterativ designprocesmodel
- Design af modulær softwarearkitektur til understøttelse af designprocesmodel
- Implementering af modulær softwareplatform til understøttelse af designproces
- Implementering af enkelte softwaremoduler baseret på eksisterende metoder til demonstration af softwareplatformens funktion og som reference til forsøg med maskinlæringsteknikker.
- Forsøg med anvendelse af maskinlæringsteknikker på et udvalgt softwaremodul som alternativ til eksisterende metoder
- Opsummering og afrapportering

Rådgivning omkring vindmiljø er en eksisterende ydelse, som for nærværende håndteres med kvantitative vindtunnelforsøg. Desuden laves kvalitative vurderinger med såkaldte desktop-studies (ekspertudsagn), men grundet disses kvalitative natur, kan man ikke basere designforbedringer på dette. I aktiviteten vil fundamentet for en ny automatiseret ydelse blive lagt, så der tidligt i et designforløb kan rådgives kvantitativt om forbedringer af et givent bygningsdesign. Aktivitetsplanen vil indeholde følgende aktiviteter:

- Beskrivelse og sammenligning af eksisterende kriterier samt krav
- Kortlægning af parameterrum og eksisterende datagrundlag
- Udarbejde grundlag til formulering af simpel empirisk model
- Afholdelse af workshops for industrien
- Opsummering

Rådgivning om anti-icing er en ny ydelse, som kun har været tilbudt kommercielt et par gange, og her var begge anti-icing strategier fokuseret på passive metoder. Så der er p.t. ingen erfaring med aktive metoder. Dog haves en vis erfaring fra projekter, som er afviklet af DTU's studerende. Men anti-icing er en ydelse, som skal bygges op næsten fra grunden og dette er ikke en triviel øvelse pga. de mange parametre, som har betydning for icing samt vanskeligheden ved at kontrollere disse i en vindtunnel. Aktivitetsplanen vil indeholde følgende aktiviteter:

- Kortlægning og gruppering af eksisterende data fra allerede udførte forsøg
- Undersøgelse og kategorisering af parametre
- Opsummering

6) Nyhedsværdi og ambitionsniveau

FORCE har igennem mange år været førende indenfor aero- og hydrodynamisk evaluering og forsøg takket være vores faciliteter i form af forsøgstank, vindtunneler og CFD-beregningsfaciliteter. Disse kompetencer vil fortsat sætte standarden for de ydelser, som kunderne efterspørger i den sidste og afgørende designfase. Med visionen om den virtuelle testfacilitet, træder FORCE op på næste trin i værdikæden med rådgivningsydelser, der rækker ud over at levere måledata eller numeriske data. Denne bevægelse muliggøres af nye digitale teknikker indenfor kunstig intelligens og datagenerering, der kendes

fra Industri 4.0, men som ikke har været bragt i anvendelse indenfor rådgivning til bygnings-, skibs-, offshore- og vindindustrien.

Den virtuelle testfacilitet tilbyder hurtigere, billigere og mere komplet evaluering i de tidlige designfaser, hvor det ikke er realistisk at bringe de klassiske testmetoder i anvendelse. Med muligheden for hurtig evaluering i de tidlige designfaser, vil designerne kunne arbejde med iterative forløb og på den måde skabe helt nye, radikale og spændende løsninger, som i den nuværende forsigtige og konservative designproces sorteres fra. Ambitionen og visionen har mødt stor interesse i markedet, hvilket bl.a. afspejlede sig i mange af kommentarerne på bedreinnovation.dk.

Den virtuelle testfacilitet muliggøres i et samspil imellem de nye digitaliseringsmuligheder (maskinlæring og kunstig intelligens) og FORCEs omfattende datagrundlag og kompetencer fra mere end 50 års arbejde med og udvikling af aero- og hydrodynamiske målinger og tests. Ingen i Danmark, og meget få på verdensplan, har denne unikke kombination af muligheder og derved vil denne aktivitetsplan sikre, at vi i Danmark stiller de bedste faciliteter til rådighed, hvad enten det er indenfor skibsdesign, broer og konstruktioner eller byggerier.

I nærværende aktivitetsplan fokuseres på fire underaktiviteter, der er udvalgt for dels at være pilotprojekter med henblik på at udvikle forskelligartede metodikker og teknikker indenfor forskellige domæner, dels skal kunne modnes og afrundes indenfor aktivitetsplanens toårige tidsramme, så ydelserne kan tilbydes kunderne hurtigst muligt. Den virtuelle testfacilitet vil i lighed med vores fysiske testfacilitet løbende blive videreudviklet og forbedret i de følgende år.

Selvom industrien har øje for potentialet i den virtuelle testfacilitet, er det ikke ydelser, som de selv kan forventes at udvikle eller investere i. Store virksomheder vil måske selv udvikle interne værktøjer, men vil holde kortene tæt til kroppen og ikke tilbyde ydelserne til markedet. Derimod ligger disse ydelser i helt naturlig forlængelse af FORCEs historiske evne og forpligtelse til at omsætte teori til praksis. FORCEs mangeårige viden på området, unikke base af historiske data og mulighed for at generere nye data til brug for kunstig intelligens, gør det til en helt oplagt mulighed og forpligtelse for FORCE at udvikle den virtuelle testfacilitet til gavn for især små og mellemstore virksomheder i Danmark. Aktivitetsplanen ligger således helt på linje med GTS institutternes formål om ”*at opbygge og formidle teknologiske kompetencer til dansk erhvervsliv*”.

De fire underaktiviteters nye ydelser vurderes klar til markedet i forskellige tempi afhængig af deres modenhedsniveau:

- **Direkte manøvresimulering baseret på CFD** - umiddelbart efter aktivitetsafslutning
- **Tidlig skibsdesign- og livscyklusevaluering** - ét år efter aktivitetsafslutning
- **Tidlig rådgivning omkring vindmiljø** - ét til to år efter aktivitetsafslutning
- **Vejledning i anti-icing strategier** - tre til fire år efter aktivitetsafslutning

7) Vidensamarbejde og -hjemtagning

Manøvreberregninger tænkes udført i samarbejde med IIHR University of Iowa, som er førende indenfor avancerede CFD-berregninger på skibe. Den foregående RK aktivitet omkring added powering i bølger blev udført i samarbejde med IIHR, så det vil være naturligt at fortsætte samarbejdet omkring CFD-baseret manøvresimulering, hvis muligt. IIHR er en af de få, som har arbejdet med at simulere manøvrer direkte i CFD og har derfor brugbar viden indenfor dette område.

Udvikling af databaser og Machine Learningsteknikker tænkes udført i samarbejde med forskere og eksperter fra DTU Compute og Alexandra Institutet. FORCE har i tidligere aktiviteter haft et godt samarbejde med disse parter, og det er intentionen at fortsætte og styrke dette samarbejde.

Desuden vil der blive etableret en følgegruppe bestående af kommercielle spillere som fx Vestas, Siemens/Gamesa, LM Wind Power, BIG, Henning Larsen Architects samt en række SMV'er.

En del af aktiviteterne forventes at blive udført som eksamensprojekter fra DTU i tråd med tidligere aktiviteter.

8) Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Det er FORCEs helt overordnede strategi at kunne tilbyde flere konsulenttydelser i forbindelse med de grundlæggende prøvningsydelser og dermed øge værdien af vores ydelser for kunderne betragteligt. Strategien skal implementeres gennem øget digitalisering, udnyttelse af Big Data, kunstig intelligens, automatisering og udvikling af virtuelle testlaboratorier. Opbygningen af en virtuel testfacilitet udspringer af denne strategi og omfatter alle de nævnte aspekter.

FORCEs maritime division har en lang tradition for at hjemtage ny viden og benytte nye teknikker, hvilket har sikret, at vores services fortsat er førende indenfor de respektive felter. Aktivitetsplanen er således helt i tråd med FORCEs strategi, idet den vil fortsætte udviklingen og bevare FORCE på forkant med udviklingen.

Alle fire underaktiviteter vil sikre ny viden, der vil blive forankret som naturlige nye udvidelser af FORCEs eksisterende portefølje af ydelser. Med de nye ydelser, som henvender sig til et bredere marked, forventes en øget omsætning indenfor både bygnings-, skibs-, offshore- og vindindustrien.

På nationalt niveau er FORCEs vindtunnelfaciliteter unikke og på internationalt niveau er FORCEs klimatiske vindtunnel unik. Der vurderes, at aktiviteterne indenfor undersøgelser af anti-icing og tidlig vurdering af vindmiljø vil kunne øges som følge af resultaterne af indeværende aktivitetsplan.

I forhold til FORCEs strategiplan adresserer den virtuelle testfacilitet området *Design & Udvikling* indenfor bygnings-, skibs-, offshore- og vindindustrien. Gennem anvendelsen af kunstig intelligens og historiske data, opfyldes målsætningerne om *Digitalisering 2.0*, og gennem de radikalt nye ydelser, som den virtuelle testfacilitet tilbyder, opfyldes målsætningerne om *Teknologisk service 2.0* fra FORCEs strategi.

9) Tidsplan og milepæle

År 1

Vidensamarbejde, -hjemtagning og kompetencebygning

- 1.1 Rapportering af resultater af forstudier.
- 1.2 Kompetenceløft indenfor digitalisering, virtualisering, kunstig intelligens og maskinlæring.
- 1.3 Design af modulær softwarearkitektur til tidlig design.
- 1.4 Rapportering af forstudie for vindmiljø.

Udvikling af teknologisk ydelse

- 1.5 Opbygning af numerisk model for fritsejlende skib med ror og propeller.
- 1.6 Implementering af modulær software arkitektur.
- 1.7 Implementering af udvalgt(e) referenceberegningsmodul(er) til tidlig design.

1.8 Udarbejde grundlaget til formulering af simpel empirisk model for rådgivning om vindmiljø.

Inddragelse og videnspredning

- 1.9 Præsentation af aktivitetsplanen for industrien og indsamling af kommentarer
- 1.10 Møde med følgegruppe til præsentation af aktivitetsplanens resultater fra år 1.
- 1.11 Præsentation af konference paper med resultater fra år 1.
- 1.12 Afholdelse af workshop om vindmiljø for industrien.

År 2

Vidensamarbejde, -hjemtagning og kompetencebygning

- 2.1 Rapportering af forstudie for anti-icing.

Udvikling af teknologisk ydelse

- 2.2 Produktionskørsler med CFD i forskellige konditioner.
- 2.3 Prototype på beregningsmodul med anvendelse af kunstig intelligens og maskinlæring til tidlig design.

Inddragelse og videnspredning

- 2.5 Møde med følgegruppe til præsentation af aktivitetsplanens resultater fra år 2.
- 2.6 Præsentation af konference paper med resultater fra år 2.
- 2.7 Afholdelse af workshop om vindmiljø for industrien.