

Aktivitetsplan (titel):	Felteksponering og monitorering til forlængelse af anlægskonstruktioners levetid	Aktivitetsplan nr.:	E5
1) Aktiviteten kort (resumé)			
<p>Anlægskonstruktioner som Femern Bælt forbindelsen er forbundet med ekstremt store investeringer (mere end 50 mia. DKK), og derfor er der tilsvarende store samfundsmæssige gevinster i at udvikle teknologi og løsninger, som kan forlænge levetiden af sådanne konstruktioner yderligere. Storebælt og Øresund blev designet til 100 års levetid. Femern Bælt forbindelsen er designet til 120 års levetid. Dette har selvsagt stor betydning i et totaløkonomisk perspektiv.</p>			
<p>De store offentlige anlægsinvesteringer er centrale for at booste den teknologiske udvikling og bidrage til teknologispring. Den viden man opbyggede via Storebælt og Øresund medførte bl.a. nye betontyper som markant har forbedret holdbarheden af danske anlægskonstruktionsbetoner og har skabt nye produkter på hylderne hos danske betonproducenter. Endvidere har det bidraget til opgraderet viden hos rådgivere, entreprenører og producenter, så de nu står stærkere i den internationale konkurrence om at få opgaver på større anlægsprojekter både i og udenfor Danmark.</p>			
<p>Femern A/S valgte allerede i 2009 at investere i etableringen af en felteksponeringsplads med ønsket om, at Femern projektet kunne bidrage til videnopbygningen inden for betons holdbarhed til gavn for byggeriet af Femern Bælt-forbindelsen og til gavn for fremtidige anlægsprojekter. Data fra denne felteksponeringsplads og andre er nøglen til, at Femern projektet og andre større anlægsprojekter kan bidrage med ny og opdateret viden om anlægskonstruktioners levetid. En viden, som allerede er taget i anvendelse i specifikationerne for beton for Femern projektet, og som forventes anvendt af entreprenørerne, når byggeriet går i gang.</p>			
<p>Arbejdet med at indsamle bedre data fra eksponeringspladsen kan optimeres gennem udviklingen af robuste monitoreringssystemer, som er baseret på state-of-the-art sensorer og måleteknik. De løsninger der anvendes på felteksponeringspladsen i dag er driftstunge og er ikke baseret på trådløs teknologi. Teknologien indenfor sensorer og anden intelligent måleteknik har udviklet sig enormt de seneste år, og teknologien er også på et prisniveau, hvor det giver mening at indbygge det i såvel felteksponeringspladser som i anlæggene.</p>			
<p>Udviklingen af monitoreringssystemerne vil dels muliggøre automatisk og løbende opsamling af data fra felteksponeringspladser og på sigt fra selve anlægskonstruktionerne. Førstnævnte mhp. at udvikle levetidsmodeller, der er kalibreret med pålidelige data, som kan anvendes mht. udvikling af betondeSIGN til kommende anlægskonstruktioner. Sidstnævnte mhp. at der i selve driftsfasen af anlæggene kan følges op med monitorering af den aktuelle tilstand for at kontrollere korrektheden af levetidsmodellernes forudsigelser.</p>			
<p>Denne aktivitetsplan har som målsætning at skabe grundlaget for fremtidigt levetidsdesign af anlægskonstruktioner med endnu længere levetid. Dette via nyudviklede systemer til monitorering og machinelearning på af data fra felteksponeringsstationer, herunder Femern's eksisterende eksponeringsstation i Rødbyhavn og data fra norske felteksponeringsstationer. Dertil kommer forskning i betons holdbarhed til at få opgraderet vidensniveauet om holdbarheden af betonkonstruktioner i havmiljø. Samtidig er det et formål at etablere et såkaldt "Living Lab" i Rødby, hvor der i udstillingshuset i Rødby skabes et interaktivt formidlingsrum vedrørende felteksponering, holdbarhed og levetid af betonkonstruktioner til både professionelle og andre besøgende.</p>			
<p>Aktiviteten gennemføres i et samarbejde mellem Teknologisk Institut, der er danske eksperter indenfor betons holdbarhed, DHI, der er eksperter inden for dataindsamling og behandling samt Norges Teknisk-Naturvidenskabelige Universitet (NTNU), der er verdensførende indenfor holdbarhed af marine konstruktioner. I Norge har man i forbindelse med "Ferjefri E39"- et anlægsprojekt til ca. 340 mia NOK - igangsat en lang række PhD & Post-Doc projekter ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) og Statens Vegvesens (SV) er i gang med etablering af en felteksponeringsplads ved Austefjorden. Aktiviteten gennemføres endvidere i tæt samarbejde med rådgivere, entreprenører og producenter, som har interesse i at udvikle nye løsninger indenfor holdbarhedsdesign af betonkonstruktioner samt virksomheder inden for elektronik, målesystemer og sensorsystemer, som har interesse i at afsætte nye produkter til anlægssektoren.</p>			
<p>Væsentligste aktiviteter er 1) udvikling af en ny monitoreringsløsning med trådløs teknologi, der muliggør en mere økonomisk og brugervenlig overvågning af sensorer i store konstruktioner, 2) etablering af et dansk-norsk samarbejde for at opnå en international førerposition indenfor holdbarhed og monitorering af marine konstruktioner, hvor nye dataanalyse værktøjer som machinelearning, deep learning mv. anvendes således at ny viden om holdbarhed og levetid kan forankres, 3) udnyttelse af Femern A/S' eksisterende felteksponeringsplads i Rødbyhavn til etablering af et Living Lab, der vil danne en grundlæggende basis for</p>			

de øvrige aktiviteter og formidling i denne aktivitetsplan, og 4) formidling af den opbyggelse viden og teknologi ved brug af Rødbyhavn Living Lab, gennemførelse af workshops, præsentationer ved netværksaktiviteter, matchmaking, uddannelse, etc. samt udvikling af teknologisk services.

Aktiviteten vil med hjemtagning og udvikling af viden samt teknologi indenfor optimering og monitorering af holdbarhed og levetid af anlægsstrukturen, medvirke til at danske aktører indenfor anlægsbranchen bringes i en førerposition internationalt set – specifikt også i forhold til de kommende norske anlægsarbejder.

2) Aktivitetens relevans og potentiale

Relevans i forhold til de tre prioriterede indsatsområder beskrevet af IFB

Denne aktivitetsplan adresserer indsatsområder prioriteret af IFB inden for ”Green Lean Energi- og Ressourceeffektivitet” og ”Datadreven innovation”. IFB anfører i udbudsmaterialet, at det er af afgørende betydning for levetiden og totaløkonomien af store anlægsstrukturen af beton, at betondegnet i projekteringsfasen er foretaget med levetidsmodeller, der er kalibreret med pålidelige data, og at der i driftsfasen følges op med monitorering af den aktuelle tilstand for at kontrollere korrektheden af modellernes forudsigelser. Dette er omdrejningspunktet i denne aktivitetsplan.

Relevans og potentiale i forhold til dansk erhvervsliv og særligt SMV

Femern Bælt projektet er Danmarks hidtil største investering i et infrastrukturprojekt, og sammen med de tidligere store marine projekter Storebælt og Øresund, er Danmark frontland på projektering, design, opførelse og drift af store spektakulære konstruktioner. Storebælt og Øresund skabte ny betontechnologi og ny viden om holdbarhed og levetid, som siden disse projekter har været stærke referencer for danske virksomheder i udlandet.

Norge står over for globalt set historisk store investeringer i E39 Ferjefri projektet. Norge har, som forberedelse til dette gigantprojekt, arbejdet massivt med uddannelse af forskere, for at skabe en international førerposition på monitorering, holdbarhed og levetid af betonkonstruktioner. Gennem samarbejde med førende norske eksperter i denne aktivitetsplan og ved udnyttelse af DHIs store erfaring med dataindsamling og analyse kan potentialet på det internationale marked for danske virksomheder, små som store, forløses. Langt de fleste danske rådgivere, entreprenører og relevante teknologileverandører kigger til Norge, som det næste store marked indenfor anlægssektoren.

Videnopbygningen og teknologiudviklingen inden for monitorering og holdbarhed af anlægsstrukturen vil åbne op for nye forretningsmuligheder for danske entreprenører og rådgivere samt for den gruppe af SMV, der leverer produkter eller serviceydelser i forbindelse med monitoreringsløsninger til kontrol af tilstand, f.eks. visse elektronikvirksomheder. Bygherrer og rådgivere vil ligeledes få gavn af den udviklede teknologi i form af bedre levetidsmodeller og bedre redskaber til at varetage driften af store anlægsstrukturen i eksponeringsmiljøer med høj risiko for armeringskorrosion. Nutidens trådløse teknologi muliggør udvikling af enkle og prisbillige dataopsamlingsystemer, der i kombination med den rette tilpasning og brugervenlighed kan eksporteres til store internationale anlægsbyggerier; men de også vil kunne gavne eksisterende store anlægsstrukturen med indbyggede sensorer, f.eks. Storebæltforbindelsen og Øresundforbindelsen.

Mere specifikt vil -aktivitetsplanen bidrage til, at 1) danske rådgiverfirmaer kan stå stærkere internationalt i konkurrencen om at levere rådgivningsydelser inden for anlægsstrukturens holdbarhed og levetid, 2) betonproducenter og entreprenører bliver opgraderet med hensyn til at designe beton, der kan leve op til de skærpede levetidskrav, 3) specialiserede firmaer indenfor sensorer og datakommunikation kan få adgang til ny viden om muligheder og behov for monitorering af anlægsstrukturen samt finde inspiration til udvikling af egne produkter og serviceydelser, der kan afsættes på det internationale marked og 4) bygherrer kan få bedre levetidsestimater for deres anlægsstrukturen og adgang til økonomisk overkommelige monitoreringsløsninger.

Målgruppens omfang og betydning i Danmark

Den danske anlægssektor omfatter i alt ca. 2000 virksomheder, hvoraf de danske anlægsentreprenører alene tæller knapt 1000 virksomheder, der årligt eksporterer for ca. 15 mia. DKK. Mere end 90 % af alle disse virksomheder, dvs. mere end 900 anlægsentreprenører, har mindre end 250 ansatte, så SMV-segmentet er meget stort.

Forudgående dialog med målgruppen og relevante innovationsnetværk

Som grundlag for denne aktivitetsplan har der været afholdt møde med de danske aktører involveret i Femern Bælt projektet, herunder tilknyttede bygherrerådgivere, det vindende entreprenørkonsortie samt bygherren selv. Denne dialog har peget på potentialet i at udnytte så stort et anlægsprojekt til at skabe en international førerposition indenfor teknologi og materialer, der giver lang levetid af marine konstruktioner

til gavn for Femern forbindelsen selv og andre større anlægsprojekter i og udenfor Danmark. Danske virksomheder står fortsat stærkt på den internationale scene, men konkurrencen bliver mere og mere global. Det skaber muligheder for danske virksomheder internationalt, men det kræver også skærpelse af kompetencerne og frontpositioner på teknologisisiden hos danske virksomheder.

I forhold til SMV segmentet har der været dialog med erhvervsnetværket Business Lolland-Falster med henblik på at skabe kontakt til relevante SMV'er i regionen. Der har været dialog med en række mindre elektronikvirksomheder og virksomheder, som arbejder med sensorteknologi i forhold til mulighederne for at skabe forretning indenfor monitorering af store anlægskonstruktioner.

Der er etableret aftaler med InnoBYG og IFB netværket i forhold til vidensspredningsdelen, hvor en stor del af den visuelle vidensspredning vil foregå i udstillingshuset i Rødbyhavn, hvor der etableres et on-line living lab, der streamer de data, der bliver udviklet og analyseret på i aktivitetsplanen.

Teknologiske serviceydelser, kompetencer eller teknologier udviklet i aktivitetsplanen

Den viden og teknologi, som udvikles gennem aktivitetsplanen vil give følgende teknologiske serviceydelser: 1) Specialistrådgivning indenfor betonteknologi og monitoreringsløsninger til rådgivere og bygherrer, der specificerer krav til holdbarhed og levetid for store anlægskonstruktioner, 2) Betonteknologisk rådgivning om mix design til entreprenører og producenter i forhold til at opnå optimale materialevalg og produktionsprocesser, 3) Prøvning og verificering af betonegenskaber for entreprenører og producenter i forhold til opnåelse af specificeret levetid for anlægsprojekter 4) Assistance til rådgivere og entreprenører i forbindelse med monitorering og dataanalyse og 5) Opgradering af DHI's software til realtidsmonitoring og varsling med henblik på at opgradere deres teknologiske serviceydelser. Heraf er de 3 første og den sidste serviceydelse udvidelser af eksisterende serviceydelser, hvoraf punkt 4 dækker over en helt ny serviceydelse ved Teknologisk Institut.

3) Vidensspredning og inddragelse

For at sikre inddragelse af målgruppens SMV vil der ved opstart af aktivitetsplanen blive afholdt en kick-off workshop for 1) virksomheder som potentielt kan deltage i udviklingsarbejdet og som kan aftage den viden og teknologi, der bliver udviklet, efterfølgende 2) virksomheder som er direkte involveret i Femern Bælt projektet og andre store infrastrukturprojekter i Danmark og Norge. Dette med henblik på at de konkrete udviklingsaktiviteter i aktivitetsplanen bliver kvalificeret af de virksomheder og aktører, som har arbejdet forberedende siden 2008 på Femern Bælt projektet. Der ligger allerede en enorm viden hos rådgivere og entreprenører, som aktiviteterne i dette projekt skal tage udgangspunkt i. Målet med workshoppen er at få nuanceret aktiviteterne og sat relevante virksomhedssamarbejder i gang.

Vidensspredningen vil blandt andet ske gennem arrangementer i det "Living Lab", som vil blive etableret i det allerede eksisterende udstillingshus, som Femern A/S har i Rødbyhavn. Dette er nærmere beskrevet under "aktiviteter". For at vise funktionaliteten ved et trådløst monitoreringssystem vil der i samarbejde med DHI og Femern A/S blive etableret online streaming af måleresultater fra monitorerede betonelementer på felteksponeringspladsen i dette "Living Lab".



Living Lab i Rødbyhavn som understøttende formidlingsaktivitet. Til venstre ses udstillingshuset i Rødby, hvor data fra eksponeringspladsen til højre vil blive streamet on-line og formidlet så besøgende kan blive klogere på udviklingen indenfor holdbarhed og levetidsdesign af spektakulære anlægskonstruktioner.

Teknologisk Instituts website til formidling af aktiviteter på anlægsområdet (www.expertcentre.dk) (nævnt i udbudsmaterialet til resultatkontraktudbuddet) vil udgøre en væsentlig formidlingskanal for aktiviteten, ligesom DHI vil formidle aktiviteterne via deres hjemmeside.

Disse sammen med gå-hjemmøder, studieture, workshops og faglige arrangementer vil blive gennemført i samarbejde med InnoBYG og IFB og markedsført og formidlet gennem deres medlemsvirksomheder.

Der er endvidere etableret et samarbejde med erhvervsnetværket Business Lolland-Falster med henblik på at skabe kontakt til relevante SMV'er i regionen.

I samarbejde med Teknologisk Instituts kontakter på universiteter, erhvervsakademier og tekniske professionshøjskoler tilrettelægges uddannelse og studiebesøg i Living Lab med fokus på store anlægskonstruktioner og deres holdbarhed.

4) Konkrete aktiviteter

Aktivitetsplanen vil indeholde følgende aktiviteter:

Aktivitet 1. Trådløs måling og online præsentation af data, deltagere DHI og Teknologisk Institut

Indbygning af sensorer til monitorering af tilstanden af store anlægskonstruktioner er efterhånden almindeligt forekommende. Der er f.eks. indbygget korrosionssensorer i både Storebæltsforbindelsen og Øresundsforbindelsen. Udfordringen i forbindelse med monitorering i store anlægskonstruktioner er typisk, at store afstande på konstruktionen gør det både dyrt og vanskeligt at trække kabler til automatiske dataopsamlingssystemer. Derfor ses det ofte, at automatisk løbende monitorering fravælges til fordel for enkeltstående manuelle målinger, hvilket gør tolkninger af måledata fra f.eks. korrosionssensorer usikre. DHI har igennem mange år opbygget kompetencer med måling og trådløs transmission af data under barske og besværlige forhold, så som: realtidsmonitoring af bølger og strøm til havs, samt målinger inde i afløbssystemer og på renseanlæg. Projektet vil bygge på disse erfaringer og videreudvikle teknologier, så de kan bruges til store anlægskonstruktioner.

Følgende delaktiviteter er indeholdt:

- Identificering af interessenter for delaktiviteten i forhold til inddragelse af relevante virksomheder fra målgruppen i aktiviteten.
- Udvælgelse og afprøvning af de bedst egnede trådløse teknologier til anvendelse som databærer i monitoreringssystemer til store anlægskonstruktioner, f.eks. SIGFOX teknologi.
- Opbygning af trådløst system baseret på ny teknologi til online måling på sensorer i havvandsksporerede betonkonstruktioner og installation af demo på de instrumenterede betonblokke i Rødbyhavn marine felteksponeringsplads.
- Udvikling af alarmmanager til overvågning af datatransmission – og avancerede analyser af måledata til realtid.
- Udvikling intelligent front-end til: udtræk, analyse og præsentation af data på: Smart-phones, tablets, mm.
- Udvikling af en online, webbaseret løsning til præsentation af sensordata med ovennævnte dataanalyseværktøj til automatiseret tolkning af onlinedata. Demonstration ved implementering i Living Lab (aktivitet 3).

Aktivitet 2. Dataindsamling og dataanalyse fra felteksponeringspladser og holdbarhedsstudier, deltagere Teknologisk Institut og NTNU

Femern A/S's felteksponeringsplads, der blev etableret i 2009 i Rødbyhavn, har til formål at undersøge nye betoners egenskaber under marine eksponeringsforhold, som svarer til de påvirkninger, der vil være for den kommende Femern Bælt forbindelse. De første resultater blev anvendt til specifikationerne for tunnelen, og fremtidige data skal dels give input under selve byggeriet, men skal også bidrage til øget viden om holdbarhed og levetidsdesign til fremtidige anlægskonstruktioner. Der er et meget stort potentiale i at udnytte venteperioden, frem til den tyske myndighedsgodkendelse af Femern-byggeriet foreligger, til at gennemføre en række aktiviteter, der kan give værdifuld ny viden og som kan anvendes til forbedring og viderudvikling af de modeller, der i dag findes til levetidsmodellering.

På tilsvarende vis har Bygherren Statens Vegvæsen i Norge på E39 Ferjefri projektet opstartet aktiviteter med at etablere en lignende felteksponeringsplads. Denne norske felteksponeringsplads skal give data og viden, som skal anvendes i forbindelse med etableringen af den færgefri forbindelse langs den norske

vestkyst. Aktiviteten vil indgå i et samarbejde med de norske aktører, som dels skal sikre vidеноverførsel samt koordinere aktiviteterne på felteksponeringspladserne.

I denne aktivitet 2 gennemføres følgende delaktiviteter:

- Identificering af interessenter for delaktiviteten i forhold til inddragelse af relevante virksomheder fra målgruppen i aktiviteten.
- Etablering af et samarbejde med andre nordiske felteksponeringspladser indenfor infrastrukturelle bygværker med henblik på at opnå videndeling mellem nordiske eksperter og sikre koordinering af aktiviteter på de nordiske felteksponeringspladser.
- Indsamling og analyse af data fra felteksponeringspladser med henblik på opbygning af ny viden om betons holdbarhed og modstandsdygtighed over for initiering af armeringskorrosion, herunder levering af data til opbygning af forbedrede holdbarheds- og levetidsmodeller. Der vil blive anvendt nyere dataanalyse værktøjer som deep learning og machine learning, teknologier som ikke tidligere er anvendt til modellering af data fra betonkonstruktioner.
- Undersøgelserne vil fokusere på 1) brugen af feltmetoder for bestemmelse af levetid, 2) betydning af revner for armeringskorrosion, og 3) selv-healingspotentiale for revner i forskellige betontyper.
- Udvikling af metoder til test af betonegenskaber i forhold til verifikation af levetidsmodeller og dimensionering ved "performance-based" holdbarhedsdesign.
- Studie af "Best Practise" for etablering, drift og vedligehold af felteksponeringspladser med fokus på beskrivelse af bl.a. fordele og faldgruber samt eksempler på valg af tekniske løsninger for prøveemner, eksponering, monitorering og databehandling.

Aktivitet 3. Etablering af Rødbyhavn Living Lab, Deltagere Teknologisk Institut, DHI og NTNU

I samarbejde med Femern A/S dannes et Rødbyhavn Living Lab som en udvidelse af de eksisterende aktiviteter på felteksponeringspladsen. Helt konkret vil Rødbyhavn Living Lab fysisk bestå af to dele: 1) selve felteksponeringspladsen, som eksisterer i dag. Denne del vil forblive et lukket område, hvor udviklingsaktiviteterne gennemføres i samarbejde med NTNU og DHI, og 2) en offentlig tilgængelig del, der placeres på Femern A/S' eksisterende besøgscenter i Rødbyhavn, hvor der gennemføres formidlingsaktiviteter med demonstration af data fra aktiviteterne på felteksponeringspladsen primært i samarbejde med InnoBYG og IFB. Omdrejningspunktet i denne aktivitet 3 er etablering af den offentlige del 2).



Denne aktivitet vil fokusere på følgende delaktiviteter:

- Etablering af Rødbyhavn Living Lab i samarbejdet med Femern A/S' på besøgscentret i Rødbyhavn.
- Design af Living Lab, indkøb og opstilling af udstyr. Idéen er at etablere en skærm, der viser on-line streamede data fra eksponeringspladsen sammen holdt med interaktive skærm, hvor besøgende kan se, hvad der betyder noget for levetiden af betonkonstruktioner. Der er en lang række input data til levetidsberegninger, som bare med små ændringer påvirker levetiden af den færdige konstruktion. Forståelsen af levetidsmodeller er i dag forbeholdt nogle få eksperter hos rådgivere, og det er tanken at flere skal forstå, hvad der betyder noget for levetiden, og hvor gode vi er til at forudsige levetiden af vores konstruktioner.
- Der vil blive udviklet formidlingsmaterialer i form af plancher, videoer, brochurer, som vil være tilgængeligt i Rødbyhavn Living Lab, men som også vil blive anvendt til andre formidlingsarrangementer.

Aktivitet 4. Vidensspredning og –implementering, deltagere Teknologisk Institut

For at sikre, at aktivitetsplanens resultater og løsninger vil blive anvendt i Femern Bælt-byggeriet og i fremtidige anlægsprojekter, skal der ske en vidensspredning til relevante aktører i den danske bygge- og anlægsbranche. Det er vigtigt, at der i løbet af projektet sker en løbende formidling til relevante aktører og

potentielle kommercielle aftagere, således at de kan bidrage med fagligt input til aktivitetsplanen og sikre en fremtidig implementering af de nye løsninger. Endvidere indgår der i aktiviteterne en væsentlig del af uddannelsesmæssig karakter.

Der gennemføres følgende delaktiviteter:

- Tilknytning af studerende fra f.eks. tekniske erhvervsskoler eller erhvervsakademier til udviklingsaktiviteterne og i forbindelse med formidlingsaktiviteter i "Living Lab".
- Gennemførelse af eksamensprojekter for studerende på DTU med udgangspunkt i eksponeringsaktiviteterne i Rødbyhavn Living Lab.
- Etablering af PhD og Post-Doc projekter i samarbejde med NTNU og DTU.
- Samarbejde med IFB og InnoByg om indlæg på medlemsmøder og faglige arrangementer.
- Gennemførelse af faglige workshops, f.eks. for brancheforeninger og studerende på erhvervsskoler.
- Præsentation af nye resultater i artikler, på konferencer samt gennem Teknologisk Instituts website (www.expertcentre.dk) til formidling af aktiviteter vedrørende anlægskonstruktioner.

Aktivitet 5. Udvikling af teknologiske serviceydelser, deltagere Teknologisk Institut og DHI

Aktivitetsplanen vil give anledning til opgradering, udbygning og styrkelse af eksisterende teknologiske serviceydelser ved Teknologisk Institut og DHI samt til en helt ny serviceydelse på Teknologisk Institut.

DHI bidrager primært med deres erfaring og store viden om dataindsamling og dataanalyse, og forventer at aktiviteterne bidrager til at udbygge deres brug af de nyeste modeller for dataanalyse, som så kan afsættes til de målgrupper, DHI typisk arbejder med. DHI vil anvende arbejdet til at tilføje nye funktionaliteter til DIMS, der er en realtidsdatabase, som er integreret med DHI's MIKE software til realtidsmonitoring og varsling. Dette vil give DHI mulighed for at opgradere deres teknologiske serviceydelser indenfor dette område.

Teknologisk Institut vil udvikle nye og videreudvikle eksisterende teknologiske serviceydelser indenfor:

- Specialistrådgivning indenfor betonteknologi og monitoreringsløsninger til rådgivere og bygherrer, der specificerer krav til holdbarhed og levetid for store anlægskonstruktioner (udbygning af eksisterende ydelse),
- Betonteknologisk rådgivning om mix design til entreprenører og producenter i forhold til at opnå optimale materialevalg og produktionsprocesser (udbygning af eksisterende ydelse),
- Prøvning og verificering af betonegenskaber for entreprenører og producenter i forhold til opnåelse af specificeret levetid for anlægsprojekter (udbygning af eksisterende ydelse), og
- Assistance til rådgivere og entreprenører i forbindelse med monitorering og dataanalyse (ny serviceydelse).

5) Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Mangel på **pålidelige felteksponeringsdata** som et vigtigt element i at forbedre betons holdbarhed er en internationalt erkendt udfordring, hvilket bl.a. ses af dannelsen af adskillige RILEM TC'er, CEN og fib komitéer samt NANOCEM aktiviteter inden for dette emne. Derfor er felteksponeringspladsen i Rødbyhavn en vigtig kilde til etablering af ny viden om monitorering, holdbarhed og levetid af betonkonstruktioner, der giver Femern A/S mulighed for at validere stillede krav i udbuds materialet til Femern Bælt forbindelsen. Det er en ambition i denne aktivitetsplan at gennemføre dybdegående udviklingsaktiviteter og analyser af data fra de allerede eksponerede betonblokke i Rødbyhavn og sikre anvendelse af eksponeringsmuligheder og tilhørende resultater til fremtidige videnskabelige og kommercielle formål. Desuden foretages koordinering af aktiviteter og udveksling af resultater med norske felteksponeringspladser for at sikre optimal udnyttelse af ressourcer og størst mulig vidensopbygning.

Monitorering af tilstanden af store anlægskonstruktioner er efterhånden almindeligt forekommende; men ofte er automatisk dataopsamling fravalgt. På store anlægsprojekter betyder de store afstande på konstruktionen, at det bliver for dyrt og vanskeligt at trække kabler til automatiske dataopsamlings-systemer. Det er planlagt at tunnelen under Femern Bælt skal monitoreres, så man løbende i driftssituationen kan vurdere på data fra sensorer indbygget i konstruktionen. Den trådløse teknologi er i rivende udvikling, og der findes i dag nye trådløse muligheder, som ikke var tilgængelige under de tidligere store anlægsbyggerier. Derfor er det en ambition i denne aktivitetsplan at anvende ny teknologi til at udvikle og demonstrere trådløse og webbaserede dataopsamlingsløsninger, der er mere driftssikre og enkle at installere, samt giver lettilgængelige data fra indbyggede sensorer.

Norge har haft meget store forskningsindsatser på holdbarhedsområdet inden for marine konstruktioner de seneste 15 år. Indsatserne har bl.a. været målrettet det boom i anlægssektoren, som man står foran i Norge

lige nu. Derfor er norske forskere nogle er verdens dygtigste inden for holdbarhed og monitorering af marine konstruktioner. Mange danske virksomheder ser Norge som et fremtidigt muligt marked inden for anlægskonstruktioner. Det er en ambition med denne aktivitetsplan at benytte Femern Bælt aktiviteterne til at starte et tættere samarbejde med det førende norske universitet inden for marine konstruktioner og monitorering. Det vil ikke alene sikre et løft af danske virksomheder i forhold til Femern Bælt projektet, Storstrømsforbindelsen og fremtidige danske projekter; men det forventes også at give danske virksomheder et indblik i det fremtidige norske marked og sikre en teknologiudvikling, som på sigt kan afsættes internationalt. Endvidere vil det give Teknologisk Institut mulighed for at fastholde og udbygge de i afsnit 2 beskrevne serviceydelser inden for holdbarhed og levetid af anlægskonstruktioner.

Aktiviteten komplementerer det igangværende arbejde i aktivitetsplanen ”Huller i vejen”, hvor der bl.a. er fokus på udvikling af en laboratoriebaseret metode til måling af såkaldte kloridtærskelværdier for initiering af armeringskorrosion i beton, og hvor der arbejdes med felteksponering af betonemner, der er designet til at have selvhelende egenskaber.

6) Vidensamarbejde og -hjemtagning

Den igangværende store norske satsning på anlægsområdet gør det attraktivt at gennemføre aktivitetsplanen i et tæt samarbejde med NTNU. NTNU har et i forvejen et tæt samarbejde med Statens Vegvæsen, som er bygherrer for E39 projektet i Norge. Et samarbejde med NTNU giver mulighed for at hjemtage den unikke viden, der er opbygget i Norge, og udveksling af observationer, f.eks. fra felteksponeringspladser, vil være til stor nytte for en fælles opbygning af ny viden. NTNU i Trondheim har kva mange års forskningsarbejde på marine konstruktioner en international førerposition i marine konstruktioners holdbarhed, og har via de store investeringer i Norge haft mulighed for at opbygge en verdensførende viden om betons holdbarhed, som ikke findes i Danmark. SV har udtrykt stor interesse i samarbejde med Teknologisk Institut og Femern omkring felteksponeringspladsen i Rødbyhavn.

I Danmark drives udviklingen af videnopbygning inden for betons holdbarhed overvejende af ”Dansk Ekspertcenter for Konstruktioner til Infrastrukturen”, der er et samarbejde mellem Teknologisk Institut og DTU. Derfor er det oplagt at samarbejde med DTU i Ekspertcenter-regi og om relevante eksamensprojekter, således at der kan bygges videre på de tidligere investeringer og således, at videnhjemtagning fra Norge også kommer det førende danske universitet til gavn.

Aktiviteter vedrørende transmission, behandling og præsentation af data vil ske i samarbejde med DHI, der har erfaring med datatransmission og dataopsamling under svære omstændigheder. Der vil blive brug for en videreudvikling af DHI's realtidsdatabase (DIMS) og faglige kompetencer, når der skal sendes data trådløst i tunnelrør under vand. Hertil kommer, at der skal være en konstant overvågning af både selve målingerne og datakvalitet i realtid. Dvs. overvågning af at selve datatransmissionen kører, og om data giver anledning til alarmer, som der skal reageres på. DHI er i besiddelse af stor erfaring og ekspertise inden for disse områder.

Der vil blive et samarbejde med Femern A/S omkring aktiviteterne i Rødbyhavn Living Lab, og ledelsen bag udstillingshuset har udtrykt stor interesse i at indbygge disse tekniske faciliteter i udstillingshuset for at tiltrække et andet publikum end huset tiltrækker i dag.

Som en ekstra egen indsats i tilknytning til denne aktivitetsplan vil Teknologisk Institut i samarbejde med NTNU søge at ansætte en erhvervs-PhD eller Post Doc studerende indenfor emnet ”Holdbarhed af store anlægskonstruktioner”. Den studerendes skal opholde sig på Teknologisk Institut, NTNU og på DHI, og gennem samarbejdet i aktivitetsplanen sikres det, at den store unikke viden, der findes i Norge overføres til danske forskningsmiljøer gennem Teknologisk Institut.

7) Sammenhæng med Instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Denne aktivitet er i tråd med instituttets strategi 2016-2018 inden for Byggeri og Anlæg, hvor der bl.a. er formuleret en målsætning om, at divisionen skal tilbyde innovative og værdiskabende ydelser til producenter, bygherrer, entreprenører, bygningsejere og rådgivere. Et af de identificerede fokusområder for disse ydelser er teknologi til anlægskonstruktioner, hvilket netop er omdrejningspunkt i den foreslåede RK-aktivitet.

Den nye viden og teknologi, som genereres i aktiviteten, vil give TI mulighed for at tilbyde nye serviceydelser i forbindelse anlægsprojekter, som beskrevet i afsnit 2.

DHI's software er den teknologiske hovedakse i DHI's kompasstrategi, og aktiviteten her vil

komplementere dette igangværende arbejde ved DHI. Udbredelsen af mobiltelefoner, ”Big Data” og ”IoT” betyder, at datamængderne eksploderer, og at det opstår nye behov for datafangst, analyse og præsentationer. Det er derfor helt centralt for DHI at tilføje nye faciliteter til DIMS, som er beskrevet tidligere.

8) Tidsplan og milepæle

Milepæle 2017 (1. nov. – 31. dec.)

Aktivitet 1: Trådløs måling og online præsentation af data

- MP1.1: (Kompetenceopbygning) Arbejde med udvælgelse af den trådløse teknologiske platform til datatransmission fra sensorer er igangsat. Ansvarlig: DHI.
- MP1.2: (Kompetenceopbygning) Databasestruktur til opsamling af data fra sensorer og præsentation i realtid af data fra sensorer - igangsat. Ansvarlig: DHI.
- MP A1.1: (Inddragelse og vidensspredning) Opstartsmøde i A1 afholdt og arbejdsplan for A1 udarbejdet og godkendt på alle de involverede GTS Institutter. Ansvarlig: Teknologisk Institut.

Aktivitet 2. Dataindsamling og dataanalyse fra felteksponeringspladser og holdbarhedsstudier

- MP2.1: (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Samarbejde med NTNU er formaliseret.
- MP2.2: (Kompetenceopbygning) Udvikling af koncept for dataindsamling og dataanalyse som samarbejde mellem DHI og Teknologisk Institut er igangsat. Der koordineres med aktiviteterne vedr. trådløs måling og online præsentation af data, som indgår i aktivitet 1. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 3: Etablering af Rødbyhavn Living Lab

- MP3.1: (Kompetenceopbygning) Udarbejdelse af skitseprojekt for Living Lab er påbegyndt i samarbejde med Femern A/S. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 4: Vidensspredning og –implementering

- MP4.1 (Inddragelse og vidensspredning) Aftale om samarbejde vedrørende formidling indgået med InnoBYG og IFB. Ansvarlig: TI.
- MP4.2 (Inddragelse og vidensspredning) Formidling af aktivitetsplanens indhold og målsætninger lagt på www.expertcentre.dk. Ansvarlig: TI.

Milepæle 2018

Aktivitet 1: Trådløs måling og online præsentation af data

- MP1.1: (Kompetenceopbygning) Den udvalgte trådløse teknologiske platform til datatransmission fra sensorer er afprøvet i laboratoriet.
- MP1.2: Virksomhedssamarbejdet er etableret og handlingsplaner afstemt med de tilknyttede interessenter er udarbejdet. Ansvarlig: TI.
- MP1.3: (Kompetenceopbygning) Databasestruktur til opsamling af data fra sensorer og præsentation i realtid af data fra sensorer - etableret. Ansvarlig: DHI.
- MP A1.2: (Inddragelse og vidensspredning) 2 koordineringsmøder afholdt i arbejdsgruppe A1. Ansvarlig: Teknologisk Institut.

Aktivitet 2. Dataindsamling og dataanalyse fra felteksponeringspladser og holdbarhedsstudier

- MP2.1: (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Konkrete handlingsplaner for samarbejdet med NTNU om udviklingsaktiviteter etableret. Ansvarlig: TI.
- MP2.2: Virksomhedssamarbejdet er etableret og handlingsplaner afstemt med de tilknyttede interessenter er udarbejdet. Ansvarlig: TI.
- MP2.3: (Kompetenceopbygning) Koncept for dataindsamling og dataanalyse etableret som samarbejde mellem DHI og Teknologisk Institut. Der koordineres med aktiviteterne vedr. trådløs måling og online præsentation af data, som indgår i aktivitet 1. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 3: Etablering af Rødbyhavn Living Lab

- MP3.1: (Kompetenceopbygning) Skitseprojekt for Living Lab er udarbejdet i samarbejde med Femern A/S. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 4: Vidensspredning og –implementering

- MP4.1 (Inddragelse og vidensspredning) Kick-off-møde med referencegruppen afholdt. Ansvarlig: TI.
- MP4.2 (Inddragelse og vidensspredning) Et indlæg på InnoBYG eller IFB arrangementer gennemført. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 5. Udvikling af teknologiske serviceydelser

- MP5.1 (Udvikling af teknologisk service) De serviceydelser som er identificeret relevante at opgradere og nyudvikle i denne aktivitetsplan er formuleret og markedsanalyser for serviceydelsernes potentiale er gennemført med henblik på i 2019 og 2020 at gennemføre en målrettet formidling af de opgraderede og nye ydelser. Ansvarlig: TI og DHI.

Milepæle 2019**Aktivitet 1: Trådløs måling og online præsentation af data**

- MP1.1: (Kompetenceopbygning) Værktøj til automatisk dataanalyse er udviklet og integreret i en webbaseret præsentation af måleresultater. Ansvarlig: TI.
- MP1.2: (Kompetenceopbygning) Nyt web-interface til sensordata udviklet. Ansvarlig: DHI.
- MP1.3: (Udvikling af teknologisk service) Avanceret alarmmanager udviklet. Ansvarlig: DHI.
- MP A1.3: (Inddragelse og vidensspredning) 2 koordineringsmøder afholdt i arbejdsgruppe A1. Ansvarlig: Teknologisk Institut.

Aktivitet 2. Dataindsamling og dataanalyse fra felteksponeringspladser og holdbarhedsstudier

- MP3.1: (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Samarbejde med andre nordiske felteksponeringspladser er etableret og i gang. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 3: Etablering af Rødbyhavn Living Lab

- MP3.1: (Vidensspredning) Rødbyhavn Living Lab's offentlige del er installeret i Femern A/S' besøgscenter i Rødbyhavn. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 4: Vidensspredning og –implementering

- MP4.1: (Inddragelse og vidensspredning) Midtvejsmøde med referencegruppen afholdt. Ansvarlig: TI.
- MP4.2: (Inddragelse og vidensspredning) En workshop/konference om holdbarhed, levetid og anlægskonstruktioner afholdt i samarbejde med InnoBYG og IFB. Mindst 50 virksomheder deltager i arrangementet. Ansvarlig: TI.

Milepæle 2020**Aktivitet 1: Trådløs måling og online præsentation af data**

- MP1.1: (Inddragelse og vidensspredning) Trådløst system er opbygget i Rødbyhavn og demonstreret i Living Lab. Systemet er demonstreret til min. 10 relevante virksomheder. Ansvarlig: TI.
- MP1.2: (Inddragelse og vidensspredning) Afrapportering og evaluering af realtidspræsentation af data fra sensorer. Ansvarlig: DHI.
- MP A1.4: (Inddragelse og vidensspredning) 2 koordineringsmøder afholdt i arbejdsgruppe A1. Ansvarlig: Teknologisk Institut.

Aktivitet 2. Dataindsamling og dataanalyse fra felteksponeringspladser og holdbarhedsstudier

- MP3.1: (Inddragelse og vidensspredning) Beskrivelse af "Best Practise" vedr. etablering og drift af felteksponeringspladser er udarbejdet. Ansvarlig: TI.
- MP3.2: (Kompetenceopbygning) Validering af levetidsmodeller med nyeste data gennemført og publiceret. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 3: Etablering af Rødbyhavn Living Lab

- MP3.1: (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Officiel indvielse af Rødbyhavn Living Lab er gennemført. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 4: Vidensspredning og –implementering

- MP4.1: (Inddragelse og vidensspredning) Min. 5 faglige artikler, herunder mindst 2 videnskabelige papers, publiceret. Milepælen opfyldes over alle tre år. Ansvarlig: TI.
- MP4.2: (Inddragelse og vidensspredning) Deltagelse og præsentation af projektresultater ved mindst 2 internationale konferencer. Ansvarlig: TI.
- MP4.3: (Inddragelse og vidensspredning) Afslutningsmøde med referencegruppen afholdt. Ansvarlig: TI.
- MP4.4: (Inddragelse og vidensspredning) En workshop/konference afholdt med fokus på trådløse monitoreringssystemer, hvor målgruppen for konferencen er virksomheder, der arbejder med trådløs teknologi, elektroniksystemer og sensorsystemer. Afholdes i samarbejde med InnoBYG og IFB, og mindst 50 virksomheder deltager i arrangementet. Ansvarlig: TI.

Aktivitet 5. Udvikling af teknologiske serviceydelser

- MP5.1 (Udvikling af teknologisk service) De i MP5.1 (2018) opstillede teknologiske serviceydelser er formidlet som ydelsesbeskrivelser på hhv. Teknologisk Instituts og DHIs hjemmeside. Ansvarlig: TI og DHI.