

Skema: Ansøgning om resultatkontraktmidler, Femern Bælt udbud

Aktivitetsplan (titel):	Automatiseret armeringsopbygning til anlægskonstruktioner	Aktivitetsplan nr.:	E6
<p>1) Aktiviteten kort (resumé) Resumeet vil også blive brugt ved offentliggørelsen af forslaget på bedreinnovation.dk</p>			
<p>Formålet med aktivitetsplanen er at udvikle og demonstrere automatiserede arbejdsprocesser til opbygning af armering ved fremstilling af elementer til større anlægskonstruktioner.</p> <p>I forbindelse med store anlægskonstruktioner udføres disse krævende processer manuelt i dag, hvilket medfører stor risiko for slid for de udførende. Hertil kommer, at arbejdet er meget dyrt og tidskrævende, og at det er vanskeligt at opnå en ensartet, høj kvalitet. Dermed er der et stærkt grundlag for at optimere arbejdsprocesserne ved at indføre en lang højere grad af automatisering, hvor fordelene er forbedret arbejdsmiljø for de udførende, højere kvalitet og forbedret holdbarhed for de fremstillede betonkonstruktioner samt betydelige, økonomiske besparelser pga. øget produktivitet og reduktion af bemanning. Femern Link Contractors (FLC) har estimeret, at indførelsen af automatiseret opbygning af armering til fremstillingen af de store tunnelsegmenter til Femernforbindelsen kan reducere arbejdsstyrken til knapt det halve, svarende til ca. 800 arbejdere eller over 150 mio. kr. årligt, mens arbejdet pågår.</p> <p>Det nyskabende i aktivitetsplanen er at udvikle automatiserede processer til produktion af større anlægskonstruktioner baseret på robotteknologi, som ventes at have en dramatisk indflydelse på produktiviteten i byggeriet i nær fremtid. Kombinationen af at robotter er blevet mere robuste og nemmere at programmere samt den øgede digitalisering ved anlægsarbejder, har gjort, at grundlaget er lagt for at implementere en højere grad af automatisering i byggeriet, specielt hvad angår større anlægskonstruktioner.</p> <p>Målgruppen for denne aktivitetsplan er primært entreprenører i anlægsbranchen, producenter og leverandører af armering, industrirobotter og værktøjer hertil samt rådgivere til store anlægskonstruktioner. For løbende at sikre relevans af aktivitetsplanen etableres en referencegruppe, der bredt repræsenterer målgruppen. Gruppen vil løbende levere input til den faglige udvikling af aktiviteten.</p> <p>Aktivitetsplanen gennemføres via 4 aktiviteter.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivitet 1: Udvikling og simulering af arbejdsstation til armeringsopbygning. Formålet med denne aktivitet er, at udvikle en arbejdsstation til opbygning og samling af armering til større anlægskonstruktioner, baseret på høj grad af automatisering via robotteknologi. Arbejdsstationens opbygning og funktion testes og demonstreres gennem real-time simulering. • Aktivitet 2: Demonstration af automatiseret armeringsopbygning. Formålet med denne aktivitet er, fysisk at demonstrere processer med udgangspunkt i den udviklede arbejdsstation. Aktiviteten omfatter opbygning af mock-up til pilottests i Teknologisk Instituts laboratorier. • Aktivitet 3: Vidensamarbejde og vidensspredning. Formålet med denne aktivitet er gennem vidensamarbejde at opbygge ny viden og gennem vidensspredning at sikre, at igangsatte aktiviteter og opnåede resultater udbredes til aktivitetens målgruppe. • Aktivitet 4: Udvikling af teknologiske serviceydelser. Formålet med denne aktivitet er at udvikle nye teknologiske serviceydelser, som kan tilbydes aktivitetsplanens målgruppe med henblik på implementering. <p>Aktivitetsplanen vil levere ny viden og teknologiske serviceydelser til målgruppen om automatiserede løsninger til udførelse af anlægskonstruktioner, herunder pilottests i laboratorie, rådgivning om udførelse af armering efter nye automatiserede principper samt softwarekonfigurationer og styresystemer til styring af industrirobotter til håndtering og binding af armering. Den nye viden og opbyggede kompetencer forventes at gøre virksomheder, som er beskæftiget inden for udførelse af anlægskonstruktioner, attraktive i forhold til at blive specialleverandører til det kommende Femern-byggeri og andre store anlægskonstruktioner.</p> <p>Der vil blive samarbejdet med relevante innovationsnetværk, både i forbindelse med vidensamarbejde og vidensspredning, herunder Innovationsnetværk Femern Bælt (IFB), RoboCluster og InnoBYG – samt danske</p>			

erhvervsskoler, internationale netværk og videninstitutioner.

2) Aktivitetens relevans og potentiale

Nærmere beskrivelse af relevans og potentiale af de resultater, som skabes af den foreslåede aktivitet.

Formålet med aktivitetsplanen er, at udvikle og demonstrere automatiserede arbejdsprocesser til opbygning af armering i forbindelse med fremstilling af elementer til større anlægskonstruktioner. Gennem dialog med Femern A/S og Femern Link Contractors (FLC), henholdsvis bygherre og entreprenør for Femern-byggeriet, er opbygning af armering identificeret som en væsentlig arbejdsproces, hvor der kan opnås store økonomiske-, arbejdsmiljømæssige- og kvalitetsmæssige gevinster ved at indføre en langt højere grad af automatisering. Således adresserer aktivitetsplanen især de af IFB-netværket identificerede udfordringer og muligheder vedrørende ”Intelligent byggelogistik”, hvor der nævnes behov for effektivisering af processer samt krav til forbedring af arbejdsmiljø, samt ”Green Lean Energi- og ressourceeffektivitet”, hvor det fremhæves, at kvalitetskravene til et stort anlægsprojekt som Femern er store, mhp. at holdbarhed og levetid for anlægsprojektet lever op til det fastsatte krav.

Udførelsesfasen for store anlægsprojekter er forbundet med en række tunge, manuelle arbejdsprocesser, som medfører en stor risiko for at introducere menneskelige udførelsesfejl i konstruktionen. Sådanne fejl er af helt afgørende betydning for den resulterende konstruktions holdbarhed, og er forbundet med store omkostninger. Ifølge bogen ”Fejl i byggeri?” fra 2011 viser beregninger, at fejl koster den danske byggebranche et tocifret milliardbeløb om året. Samtidig er mange af de manuelle arbejdsprocesser af meget opslidende karakter for de udførende arbejdere. Disse forhold gør sig i særlig grad gældende i forbindelse med udførelsen af store anlægskonstruktioner, hvor arbejdsprocesserne pga. byggeriets størrelse i sagens natur skal gentages mange flere gange end ved f.eks. almindeligt husbyggeri. En række undersøgelser viser, at hovedparten af de ansatte i byggebranchen dagligt oplever, at have smerter i forskellige dele af kroppen (Videncenter for Arbejdsmiljø, 2016).

Ifølge Mckinsey Global Institutes nyeste rapport om produktivitet i byggeriet fra 2017, ”Reinventing Construction – A Route to a higher Productivity”, fremhæves implementering af digitale teknologier, nye materialer og avanceret automatisering som en ud af 7 nøgler til at forbedre produktiviteten i byggeriet. Herunder nævnes specifikt robotteknologi, som har haft en dramatisk indflydelse på produktiviteten i fremstillingsindustrien, og har potentialet for at gøre det samme i byggeriet. Kombinationen af, at robotter er blevet mere robuste og nemmere at programmere – samt at det digitale byggeri med BIM (Building Information Modelling) og VDC (Virtual Design and Construction) i større og større grad er blevet implementeret mange steder i byggeriet – har lagt grundlaget for at implementere en langt højere grad af automatiseringsprocesser i byggeriet.

Med nærværende aktivitetsplan skabes grundlaget for at implementere en højere grad af automatisering af arbejdsprocesser til opbygning af armering i forbindelse med fremstilling af elementer til større anlægskonstruktioner. Fordelene vil især være:

- Betydelige, økonomiske besparelser pga. øget produktivitet og reduktion af bemanning. FLC har estimeret, at arbejdskraften til fremstillingen af de store tunnelsegmenter til Femernforbindelsen kan reduceres til det knapt det halve, svarende til ca. 800 arbejdere eller over 150 mio. kr. årligt mens arbejdet pågår.
- Forbedret arbejdsmiljø for de udførende. Opbygning af armering er tungt og nedslidende arbejde. Ved at automatisere disse processer vil arbejdet i højere grad bestå af monitorering og kvalitetskontrol af det automatisk udførte arbejde.
- Højere kvalitet og forbedret holdbarhed for de fremstillede betonkonstruktioner. Det forventes, at der udføres markant færre udførelsesfejl, hvilket har stor betydning for holdbarheden af de færdige konstruktioner. Hertil kommer muligheden for at skabe en ensartet, høj kvalitet som resultat af nøjagtige gentagelser.

Aktivitetsplanens resultater har et stort potentiale for at kunne bringes i anvendelse ved store anlægskonstruktioner, herunder Femernbyggeriets produktion af de store tunnel-elementer. Det vurderes, at flere af de udviklede processer også vil kunne overføres til opførelsen af andre typer armerede betonkonstruktioner til byggeriet – både på byggepladsen og på elementfabrikkerne, og vil dermed også nå

ud til betonelementproducenter og udførende i forbindelse med byggeriprojekter. Samlet set tæller bygge- og anlægsbranchen totalt set ca. 35.000 virksomheder, hvoraf ca. 2.000 virksomheder er beskæftiget i anlægssektoren, ifølge Experian (2014).

Målgruppen til denne aktivitetsplan er primært:

- Entreprenører i anlægsbranchen. De udførende skal udføre processerne med robotter – programmere, assistere og monitorere. Af de ca. 2.000 virksomheder, som er beskæftiget i anlægsbranchen, forventes, at de 100 mest innovative vil udgøre aktivitetsplanens primære målgruppe.
- Producenter og leverandører af armering samt industrirobotter og værktøjer hertil. Der vil blive skabt et nyt marked for disse producenter og leverandører – men også en mulighed for at de kan indgå i udviklingen af nye løsninger i regi af aktivitetsplanen. DIRA - Dansk Robot Netværk, som blandt andet tæller Danmarks førende virksomheder i robot- og automationsbranchen har over 150 medlemmer. Ca. 20-30 af disse vurderes at udgøre aktivitetsplanens primære målgruppe.
- Rådgivere i forbindelse med større anlægskonstruktioner. Rådgiverne er med til at dimensionere armering til anlægskonstruktioner – og med automatiseret armeringsopbygning skal rådgiverne modellere armeringsopbygningen i 3D klar til digital fabrikation. Dette vil blive efterspurgt af de udførende, hvorfor rådgiverne skal kunne tilbyde denne ydelse. Ifølge Forenede Rådgivende Ingeniører (FRI) tæller foreningen omkring 315 medlemsvirksomheder, som dækker ca. 90 procent af den samlede branche. Det forventes at ca. 50 af disse virksomheder vil udgøre aktivitetsplanens primære målgruppe.

Aktivitetsplanen vil levere ny viden og teknologiske serviceydelser om automatiserede løsninger til udførelse af anlægskonstruktioner til målgruppen. Det drejer sig om viden og kompetencer, som forventes at gøre virksomheder, som er beskæftiget inden for udførelse af anlægskonstruktioner både i Region Sjælland og resten af Danmark, attraktive i forhold til at blive specialleverandører til det kommende Femern-byggeri. Der ligger også en lovende forbedring af disse virksomheders konkurrenceevne, og dermed et lovende eksportpotentiale, såfremt de udviklede løsninger kan valideres gennem aktiviteten og senere demonstreres i fuld skala ved store anlægskonstruktioner, herunder Femernbyggeriet. Aktivitetsplanen ventes at føre til en række nye teknologiske serviceydelser til målgruppen:

- Pilottest af armeringsopbygning. Via laboratorie mock-up udføres pilottests for entreprenører til at planlægge og verificere processer for armeringsopbygning inden produktion i stor skala
- Rådgivning og kurser i udførelse af armering efter nye automatiserede principper til entreprenører og rådgivere
- Softwarekonfigurationer til styring af industrirobotter til håndtering og binding af armering til entreprenører
- Styringssystemer til store automatiserede anlæg, hvor flere industrirobotter arbejder sammen og dække store arbejdsarealer til entreprenører og virksomheder i andre brancher til store produktioner.
- Rådgivning i kobling af BIM modeller med digitale udførelsesprocesser til rådgivere og entreprenører
- Rådgivning til bygherrer i forhold til at specificere de nødvendige krav til udførelsen af digitalt armeringsarbejde, herunder specifikationer for kvalitetskontrol.

3) Vidensspredning og inddragelse

Hvordan inddrages målgruppen i gennemførelsen af aktiviteterne og i videre formidling af aktivitetens resultater. Evt. samarbejde og arbejdsdeling med relevante innovationsnetværk beskrives.

Det er målet at inddrage relevante virksomheder fra målgruppen i løbet af aktivitetsplanens gennemførelse. Således sikres en vedvarende relevans af de igangsatte aktiviteter i aktivitetsplanen. Virksomhederne inddrages løbende i aktivitetsplanen, og vil indgå som samarbejdspartnere gennem fokuserede delaktiviteter, som har relevans for både virksomheden samt aktivitetsplanens overordnede målsætninger.

Herudover etableres en referencegruppe, der forventes både at omfatte relevante aktører i anlægsbranchen, herunder Femern, A/S, Sund&Bælt, Øresund A/S, Vejdirektoratet og Betonelement-Foreningen. Robot-

automationsbranchen repræsenteres af relevante virksomheder, hvormed der skabes et vigtigt netværk og samarbejde mellem bygge- og anlægsbranchen og robot- og automationsbranchen. Herudover vil Femern Link Contractors (FLC), som blandt andet tæller Per Aarsleff, COWI samt en række førende, internationale anlægsentreprenører, herunder VINCI Construction (Frankrig), blive inddraget i gruppen. Gruppen leverer løbende relevant input til den faglige udvikling af aktiviteten.

Der vil blive oprettet en LinkedIn-gruppe, hvor Teknologisk Institut og referencegruppen udgør kernen, som vil sikre formidling af aktivitetens resultater. Øvrige dele af målgruppen inviteres ind i gruppen for at få mulighed for at orientere sig om udviklingen samt indgå i dialog og diskussion herom – samt muligheden for at blive inddraget mere direkte via workshops og fysiske laboratorieforsøg.

Der vil blive samarbejdet med relevante innovationsnetværk, både i forbindelse med formidling og videndeling, herunder:

- Innovationsnetværk Femern Bælt (IFB). Innovationsnetværk som arbejder for at Femern-byggeriet fører til varig innovation, beskæftigelse og vækst i danske virksomheder, der har interesse i byggeriet.
- RoboCluster. Nationalt innovationsnetværk, der samler de danske kompetencer inden for forskning, udvikling og design af robotteknologi.
- InnoBYG. Byggebranchens netværk som skaber, samler og sætter ny viden om energieffektivitet og bæredygtighed i spil i byggeriet på tværs af branchens faggrupper.

I samarbejde med disse netværk vil der blive formidlet resultater gennem eksempelvis nyhedsopslag, publikationer, temadage og konferencer, hvormed den opbyggede viden forankres bredt i bygge- og anlægsbranchen. Der vil endvidere være særligt fokus på at nå ud til erhvervsskolerne og erhvervsakademierne i Danmark i forhold til at dele viden opbygget i aktivitetsplanen, hvormed elever og undervisere kan blive bedre klædt på til fremtidige byggeprocesser baseret på digitalisering.

4) Konkrete aktiviteter

Nærmere beskrivelse af de konkrete resultatkontraktaktiviteter, som der søges finansiering til.

Aktivitetsplanen gennemføres via 4 aktiviteter.

Aktivitet 1: Udvikling og simulering af arbejdsstation til armeringsopbygning

Formålet med denne aktivitet er, at udvikle en arbejdsstation til opbygning og samling af armering til større anlægskonstruktioner baseret på høj grad af automatisering via robotteknologi. Arbejdsstationens opbygning og funktion testes og demonstreres gennem real-time simulering.

Anlægskonstruktioner – som eksempelvis tunnelsegmenter til Femernforbindelsen – skal typisk fremstilles på anlægspladsen, da skalaen ofte umuliggør fragt via vejnettet. På anlægspladsen opbygges således en midlertidig arbejdsstation – enten direkte hvor anlægsstrukturen skal opføres eller i kort transportafstand hertil. En automatiseret arbejdsstation til armeringsopbygning skal håndtere en række arbejdsprocesser: 3D-modellering af armeringslayout til færdige armeringskonstruktioner, automatisk håndtering af armeringsstænger, som ankommer til byggepladsen, samt placering og samling af armeringsstænger på arbejdsstation, som herefter er klar til udstøbning med beton eller klar til videre fragt til støbeplassen. Den automatiserede arbejdsstation tager udgangspunkt i state-of-the-art indenfor systemintegration – både software samt konkrete værktøjer til armeringshåndtering- og binding, som kan monteres på industrirobotter.

Aktiviteten indebærer følgende delaktiviteter:

- Optimering og automatisering af flow fra armeringslager til arbejdsstation eller støbeform. Delaktiviteten tager udgangspunkt i leverancer af armeringsstænger fra armeringsproducent, som er forarbejdet i forhold til prædefinerede længder og buk. Processen, hvor armeringsstænger skal hentes på lager og bringes frem til arbejdsstationen, hvorpå armeringsburet samles, screenes i forhold til optimerings- og automatiseringsmuligheder. Der vil være fokus på logistik og kvalitetskontrol af materialer, klar til håndtering med industrirobot.

- Overordnet beskrivelse af arbejdsstation til armeringsopbygning. Med udgangspunkt i eksempler på geometri og dimensioner for større anlægskonstruktioner, beskrives den automatiserede arbejdsstation, hvor det sikres, at et antal industrirobotter kan dække det ønskede arbejdsareal. Dette indebærer blandt andet samarbejde mellem flere robotter og muligheden for at opbygge skinnedsystemer ved siden af- og sandsynligvis over platformen, hvorpå armeringsburet samles. Arbejdsstationen optegnes som 3D-model.
- Udvikling af proces til automatiseret håndtering og placering af armeringsstænger med industrirobotter. Med udgangspunkt i den udviklede arbejdsstation udvikles processen, hvor industrirobotter griber og placerer armeringsstænger med stor nøjagtighed baseret på digitale 3D-modeller af armeringsopbygningen.
- Udvikling af proces til automatisk sammenbinding af armering i krydspunkter. Med udgangspunkt i information om 3D-positioner for armeringskryds, udvikles processen, hvor en industrirobot fikserer armeringsstængerne i krydspunktets nøjagtige position, hvorefter krydspunktet sammenbindes eller svejses.
- Simulering og optimering af processer. De udviklede processer for håndtering, placering og sammenbinding af armeringsstænger simuleres ”off-line” i udvalgt CAD-CAM system. Herigennem kan logistik og processer optimeres gennem justering af arbejdsflow og robotbaner, herunder samarbejde mellem flere robotter.

Aktivitet 2: Demonstration af automatiseret armeringsopbygning

Formålet med denne aktivitet er fysisk at demonstrere processer med udgangspunkt i den udviklede arbejdsstation. Aktiviteten omfatter opbygning af mock-up til pilottests i Teknologisk Instituts laboratorier. Her demonstreres og justeres automatiserede processer for armeringsopbygning ved anvendelsen af industrirobot. Der vil være fokus på skalerbarhed af de udførte tests, således af de udviklede teknologier uden større tilpasning kan anvendes i forbindelse med større anlægskonstruktioner

Aktiviteten indebærer følgende delaktiviteter:

- Opbygning af mock-up til fysiske pilottests. Der tages udgangspunkt i en industrirobot påmonteret værktøjer til håndtering af sammenbinding af armering. En vigtig del af processen er således udvælgelse, tilpasning og indkøring af robotværktøjer til at gribe og sammenbinde/svejse. Værktøjerne skal respondere hurtigt og være nøjagtigt kalibreret i forhold til robotbevægelser for at sikre en høj produktivitet og kvalitet.
- Simulering af testcase med udsnit af anlægskonstruktion. Processerne i armeringsopbygningen testes ”off-line”, hvormed der kan justeres og optimeres på arbejdsflow inden fysisk demonstration.
- Pilottests på baggrund af udsnit af anlægskonstruktion. Opbygget mock-up anvendes til at demonstrere automatisk opbygning af armeringsnet. Der testes og optimeres i forhold til forskellige armeringsgeometrier.

Aktivitet 3: Vidensamarbejde og videnspredning

Formålet med denne aktivitet er, gennem vidensamarbejde at opbygge ny viden og gennem videnspredning at sikre at igangsatte aktiviteter og opnåede resultater udbredes til aktivitetens målgruppe. Der vil således gennem hele aktivitetsplanens forløb blive gennemført en række formidlingstiltag – både i samarbejde med og for målgruppen. Målet er at skabe et større netværk og samarbejde mellem bygge- og anlægsbranchen og robot- og automationsbranchen for at sikre grundlaget for efterfølgende implementering af de udviklede teknologier.

Aktiviteten indebærer følgende delaktiviteter:

- Nedsættelse af referencegruppe. Relevante virksomheder fra målgruppen (specificeret under afsnit 3) inviteres med i referencegruppen, som løbende skal levere relevant input til den faglige udvikling af aktiviteten.
- Oprettelse af LinkedIn-gruppe. Medlemmer af referencegruppen samt øvrige dele af målgruppen inviteres ind i gruppen for at få mulighed for at orientere sig om udviklingen samt indgå i dialog herom.
- Vidensamarbejde med udenlandske universiteter. Der hjemtages viden fra udenlandske universiteter som arbejder med robotter til automatisering af processer på byggepladsen, herunder TU Dresden og ETH Zürich. Gennem netværk med disse universiteter samarbejdes i løbet af aktivitetsplanen om

vidensdeling omkring de specifikke processer omkring armeringsopbygning via robotteknologi.

- Præsentation af projektets aktiviteter og resultater gennem nyhedsopslag, publikationer, temadage og konferencer i samarbejde med Innovationsnetværk Femern Bælt (IFB), RoboCluster, samt InnoBYG.
- Udfærdigelse af publikation med vejledning i, hvordan branchen kommer i gang med at implementere automatiseret fremstilling af armering via robotteknologi.

Aktivitet 4: Udvikling af teknologiske serviceydelser

Formålet med denne aktivitet er, at udvikle nye teknologiske serviceydelser, som kan tilbydes aktivitetsplanens målgruppe med henblik på implementering af automatisering. Det er ambitionen for Teknologisk Institut, at løfte vidensniveauet indenfor automatiske processer på byggepladsen og blive en af de førende aktører og udbydere af disse teknologiske serviceydelser på det danske marked.

Aktiviteten indebærer følgende delaktiviteter:

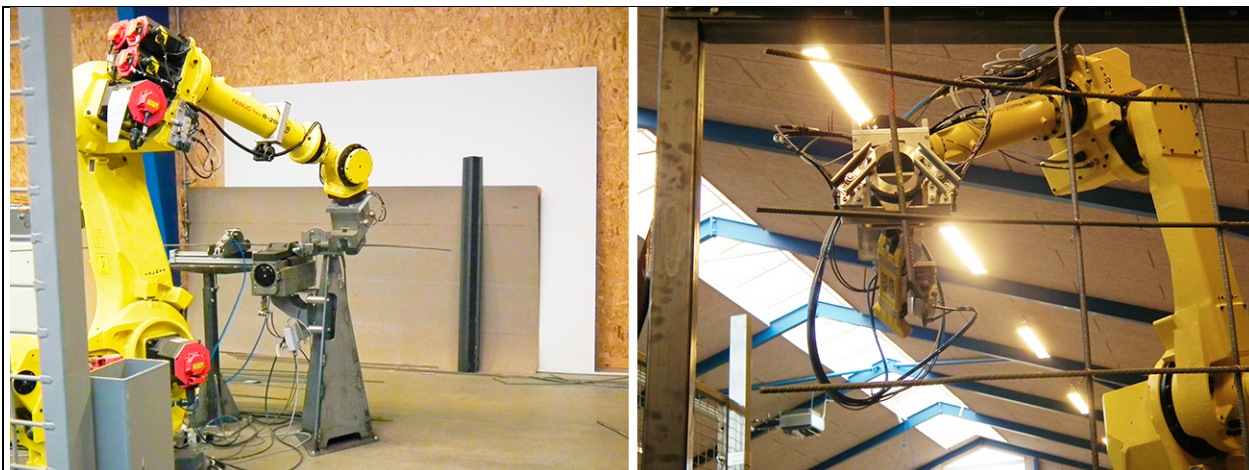
- Udvikling af forsøgsprogrammer for pilottest af armeringsopbygning. Via opbygget laboratorie mock-up kan der udføres pilottests for entreprenører til at planlægge og verificere processer for armeringsopbygning inden produktion i stor skala.
- Udvikling af styringssystemer til styring af industrirobotter til håndtering og binding af armering som kan tilbydes relevante dele af målgruppen i forbindelse med implementering. Styringssystemerne tager udgangspunkt i udviklingen og simuleringen af arbejdsstationen til armeringsopbygning og skal anvendes i forbindelsen med implementeringen af løsningen på nye anlæg, hvor systemerne tilpasses i samarbejde med leverandøren af den fysiske automationsløsning og kundens kravspecifikation. Løsningerne ventes at kunne overføres til andre store automatiserede anlæg, hvor flere industrirobotter arbejder sammen og dækker store arbejdsarealer.
- Udfærdigelse af kursusmateriale til anvendelse i forbindelse med kurser og rådgivningsopgaver omkring udførelse af armering efter nye automatiserede principper for aktivitetsplanens målgruppe. Materialet vil berøre forhold vedrørende 3D-modellering til digital fabrikation, udførelsesforhold, standardisering, kvalitetskontrol mv. Kursusmaterialet vil henvende sig til bredt til målgruppen med primært fokus på entreprenører og rådgivere.

5) Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Beskriv nyhedsværdien i forhold til eksisterende teknologiske serviceydelser, kompetencer og teknologier, beskriv aktivitetens og ydelsens videnniveau i forhold til international forskning og state of the art, samt hvordan aktiviteten forholder sig til markedet i dag og i fremtiden.

Aktivitetsplanen bygger ovenpå allerede opbygget specialviden om udførelse af større anlægskonstruktioner. Således tilbyder Teknologisk Institut i dag en række teknologiske serviceydelser, der omhandler produktion og udførelse af betonkonstruktioner, herunder kvalitetssikring af betonfremstilling og udførelse, prøvning af betons tidlige egenskaber, monitorering af temperatur, produktionsprøvning af hærdnet beton. Teknologisk Institut har blandt andet leveret serviceydelser til store anlægskonstruktioner som Storebæltsforbindelsen, Øresundsforbindelsen, Metrocityringen samt Femernforbindelsen. Hertil kommer, at Teknologisk Institut leverer implementering af robot- og automationsløsninger i industrien. Efter afslutning af aktivitetsplanen ventes disse ydelser at blive suppleret med gennemførelse af pilottests i laboratorie, rådgivning om udførelse af armering efter nye automatiserede principper samt softwarekonfigurationer og styresystemer til styring af industrirobotter til håndtering og binding af armering.

Aktivitetsplanen komplementerer det igangværende arbejde i RK-aktivitetsplanen: "E2 3D printet byggeri - opbygning af et nyt forretningsområde inden for robotbaseret 3D-print af konstruktionsdele til byggeriet" – og bygger i høj grad også på erfaringer fra EU FP7-projektet "TailorCrete" (2009-2013), hvor muligheden for, at robotter kunne bukke og sammenbinde armeringsnet til dobbeltkrumme betonkonstruktioner, blandt andet blev demonstreret.



Figur 1. Testsetup fra projektet TailorCrete, hvor to industrirobotter samarbejder om at bukke armering (venstre) og sammenbinde armering (højre).

Automatisering af processer i byggebranchen er et område med stort potentiale. Ifølge IDA's analyse "Produktivitet i byggeri" fra 2014, har den samlede danske byggesektor et effektiviseringspotentiale på 11-15 mia. kr. Mange processer, heriblandt armeringsopbygning til større anlægskonstruktioner, foregår typisk via manuel arbejdskraft – og udover nedslid af arbejdere, giver det en dyr og tidskrævende byggeproces med større risiko for fejl og uensartet kvalitet. Der findes state-of-the-art maskiner til at skære, bøje og svejse armering. Disse maskiner er velegnet til at producere armeringsnet til indstøbning i mindre betonkonstruktioner. Begrænsningen er manglende mulighed for placering af armering, opbygning af større armeringsnet til eksempelvis anlægskonstruktioner samt dyrt og ufleksibelt maskinel.

Det nyskabende i denne aktivitetsplan er, at udvikle automatiserede processer til produktion af større betonelementer til anlægskonstruktioner baseret på robotteknologi. En industrirobot er typisk billigere i anskaffelsespris i forhold til andre maskiner i automationsindustrien, og så opnås ofte en langt større fleksibilitet, hvor samme robot kan udføre flere forskellige processer.

Forskere fra Oxford University i England har for nyligt vurderet, at mere end hvert tredje job vil blive klaret af robotter, inden kalenderen runder 2035. Og byggebranchen spås at være blandt de helt store aftagere ("Teknologi og fremtidens byggeplads" udarbejdet af Smith Innovation). I takt med at robotteknologien bliver mere brugervenlig og robust til at klare det ofte beskidte miljø på byggepladser, har flere virksomheder set muligheden i at investere i industrirobotter, som kan udføre mange forskellige artede processer. Robotterne anvendes eksempelvis til at fremstille støbeforme til beton via skæring og fræsning, påføre puds på facader, fræsning i beton eksempelvis til brøndbunde og så er der eksempler på, at robotter anvendes i betonelementbranchen til forskellige faser af fremstillingen af standardprodukter.

6) Vidensamarbejde og -hjemtagning

Beskriv samspil og arbejdsdeling med danske og udenlandske videninstitutioner og øvrige aktører i Innovationsfremmesystemet.

Der vil blive samarbejdet med udvalgte videninstitutioner, som er førende indenfor udvikling af teknologi til automatisering og indføring af robotter på byggepladsen. Teknologisk Institut har gennem de seneste år haft værdifuldt samarbejde med både danske og udenlandske videninstitutioner, som er førende omkring indførelsen af robotteknologi i byggebranchen, og vil således udnytte dette netværk i forhold til vigtig videnhjemtagning målrettet delelementer i nærværende aktivitetsplan.

Blandt de udvalgte videninstitutioner er TU Dresden (DE) og ETH Zürich (CH), som har udført flere projekter, hvor robotter har udført processer på byggepladsen, samt SDU (DK) som blandt var med til at udvikle automatiserede robotløsninger til byggebranchen gennem EU FP7-projektet "TailorCrete".

Der vil således i aktivitetsplanens gennemførelse blive afholdt møder med disse videninstitutioner med henblik på både videnhjemtagning og vidensamarbejde omkring specifikke processer omkring armeringsopbygning via robotteknologi.

7) Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Beskriv sammenhængen mellem aktiviteten og instituttets overordnede strategi, herunder det organisatoriske og udstyrmæssige afsæt for at gennemføre aktiviteten succesfuldt. Endvidere beskrives evt. sammenhæng med anden udvikling i teknologiske ydelser og videnopbygning i instituttet.

Divisionen ”Byggeri og Anlæg” på Teknologisk Institut udgør Danmarks største og førende videncenter for byggematerialer, og leverer ekspertviden til byggebranchen om byggematerialer i hele deres livscyklus fra produktion til udførelse, vedligehold og reparation til nedrivning og genanvendelse.

Aktivitetsplanen er således i tråd med Teknologis Instituttets strategi 2016-2018, som blandt andet fremhæver, at:

- Teknologisk Institut vil sætte dagsordenen for innovation i bygge- og anlægssektoren og være et naturligt samlingssted for initiering og ledelse af større anvendelsesorienterede FoU-indsatser med byggematerialer som omdrejningspunkt. Det med fokus på at skabe forretning for danske virksomheder.
- Byggeri og Anlæg vil være den foretrukne leverandør af specialitydelser, og vil sikre, at bygge- og anlægsbranchen lever op til krav og forventninger til holdbarhed, bæredygtighed og kvalitet af byggematerialer og bidrage til at øge produktiviteten og konkurrenceevnen i erhvervet.
- Der sættes fokus på udvikling af teknologi til anlægskonstruktioner, hvilket bl.a. skal hjælpe byggebranchen med at øge bæredygtigheden gennem optimering af processer, anvendelsesformer og ressourceforbrug.

Aktivitetsplanen tager afsæt i de eksisterende faciliteter på Teknologisk Instituts laboratorier, hvor der er adgang til state-of-the-art udstyr, herunder adgang til forskellige testinstallationer med blandt andet industrirobotter.

8) Tidsplan og milepæle

Nærmere beskrivelse af milepæle fordelt på de enkelte år, som aktiviteten planlægges gennemført over.

Der planlægges opfyldelse af følgende milepæle i aktivitetsplanens år 1:

Aktivitet 1: Udvikling og simulering af arbejdsstation til armeringsopbygning

- MP1.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning)
Overordnet udvikling og beskrivelse af arbejdsstation til armeringsopbygning, herunder optegning af 3D-model af arbejdsstation og udvælgelse af CAD-CAM system til simulering (fortsættes i MP1.1, år 2)

Aktivitet 2: Demonstration af automatiseret armeringsopbygning

- MP2.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning)
Mock-up til demonstration med industrirobot etableret, herunder værktøjer til håndtering og sammenbinding af armering udvalgt, tilpasset og afprøvet på industrirobot (fortsættes i MP2.1, år 2)
- MP2.2 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning)
Med udgangspunkt i udsnit af en anlægskonstruktion, simuleres armeringsopbygningen baseret på opbygning af mock-up

Aktivitet 3: Vidensamarbejde og videnspredning

- MP3.1 (Inddragelse og videnspredning)
LinkedIn-gruppe oprettet, referencegruppe nedsat og første møde afholdt
- MP3.2 (Inddragelse og videnspredning)
Møder med mindst 2 førende videninstitutioner med henblik på videnhjemtagning og vidensamarbejde

Der planlægges opfyldelse af følgende milepæle i aktivitetsplanens år 2:

Aktivitet 1: Udvikling og simulering af arbejdsstation til armeringsopbygning

- MP1.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning)
Baseret på en konkret case for et stort anlægsbyggeri gennemføres en simulering af alle processerne gennem den udviklede arbejdsstation i real-time, herunder alle robotprocesser; håndtere, placere og sammenbinde armering samt samarbejde mellem flere robotter (fortsat fra MP2.1, år 1)

Aktivitet 2: Demonstration af automatiseret armeringsopbygning

- MP2.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning)
Pilottests gennemført på mock-up på med udgangspunkt i forskellige armeringsgeometrier (fortsat fra MP2.1, år 1 og M2.2, år 1)

Aktivitet 3: Vidensamarbejde og videnspredning

- MP3.1 (Inddragelse og videnspredning)
Præsentation af aktivitetsplanens foreløbige resultater på min. 2 konferencer eller workshops etableret i samarbejde med Innovationsnetværk Femern Bælt (IFB), RoboCluster eller InnoBYG med særligt fokus på at nå ud til erhvervsskolerne
- MP3.2 (Inddragelse og videnspredning)
Udfærdigelse af publikation med vejledning i, hvordan branchen kommer i gang med at implementere automatiseret fremstilling af armering via robotteknologi

Aktivitet 4: Udvikling af teknologiske serviceydelser

- MP4.1 (Udvikling af teknologisk service)
Forsøgsprogrammer for pilottest af armeringsopbygning udviklet
- MP4.2 (Udvikling af teknologisk service)
Softwarekonfigurationer til styring af industrirobotter til håndtering og binding af armering, som kan tilbydes relevante dele af målgruppen i forbindelse med implementering, udviklet
- MP4.3 (Udvikling af teknologisk service)
Kursusmateriale til anvendelse i forbindelse med kurser og rådgivningsopgaver omkring udførelse af armering efter nye automatiserede principper for aktivitetsplanens målgruppe udfærdiget. Materialet vil berøre forhold vedrørende 3D-modellering til digital fabrikation, udførelsesforhold, standardisering, kvalitetskontrol mv.