

<b>Aktivitet</b>	Forskning og udvikling		
<b>Aktivitetsplan:</b>	<b>3D-printet byggeri</b>	<b>Aktivitetsplan nr.:</b>	E2
<b>Resumé</b>	<p>Formålet med denne aktivitetsplan er at opbygge et nyt forretningsområde inden for robotbaseret 3D-print af konstruktionsdele til byggeriet, fx søjler, vægge og bjælker – et yderligere skridt på vejen mod digitalisering af den fysiske produktion, som vil medvirke til at styrke den danske byggebranches konkurrenceevne.</p> <p>3D-printmetoden tager udgangspunkt i standard industrirobotter, hvorpå der monteres nye printværktøjer. Materiale-mæssigt fokuserer udviklingen primært på 3D-print af cementbaserede materialer – men også på hvorledes disse materialer indgår i samspil med armering, isolering, installationer mv.</p> <p>Denne udvikling vil føre frem til en række nye teknologiske serviceydelser, herunder rådgivning og dokumentation omkring 3D-print af cementbaserede materialer, fremstilling af fysiske materialeprøver, prototypefremstilling og fuldskala mock-ups samt et Living Lab for virksomheder og institutioner. Det forventes, at de nye kompetencer og serviceydelser vil blive efterspurgt bredt i byggebranchens værdikæde. Således vil bygherrer, rådgivere, materialeproducenter og udførende opnå muligheder for at sikre væsentlige produktivits- og miljøforbedringer i byggeriet samt skabe ny arkitektur.</p> <p>Aktivitetsplanen er inddelt i fire aktiviteter; Muligheder og barrierer med 3D-printede konstruktionsdele, Udvikling af robotbaseret metode til 3D-print af konstruktionsdele, Materialeudvikling samt Vidensamarbejde og videnspredning. Alle aktiviteter udføres i tæt samspil med danske institutioner og virksomheder. Desuden etableres samarbejder, fx via initiering af Horizon 2020-projekter, med førende internationale institutioner og virksomheder om udvikling af nye metoder til 3D-print af konstruktionsdele.</p>		
<b>1) Målgruppe og behov</b>	<p>Ambitionerne med nærværende aktivitetsplan er at udvikle metoder til 3D-print af cementbaserede materialer til fremstilling af konstruktionsdele til byggeriet på labniveau, samt redegøre for hvorledes de 3D-printede konstruktionsdele kan indgå på en rationel måde i byggeriet i samspil med andre bygningsdele. Dette vil være et vigtigt skridt på vejen mod målet, om at implementere 3D-printteknologier i den danske byggebranche – et mål som muligvis ikke ligger langt ude i fremtiden. Således udpeges 3D-printteknologi bl.a. i bogen "Eksploitative organisationer" fra 2014 som en grundlæggende teknologi, der kan sikre eksponentiel udvikling af industrier.</p> <p>Byggebranchen halter stadig bagefter på produktivitet og innovation i forhold til andre brancher, hvilket også er et indsatsområde i regeringens byggepolitiske strategi fra 2014. Fagfolkene i Ingeniørforeningens byggepanel vurderer, at produktiviteten i sektoren kan forbedres med mellem 15 - 20 %, svarende til en årlig effektiviseringsgevinst på mellem 11 og 15 mia. kr. i byggeriet, jf. rapporten "Produktivitet i byggeriet" fra IDA i 2014.</p> <p>De samfundsmæssige konsekvenser er et fortsat dyrt, ineffektivt og miljøbelastende byggeri. Sammen med behovet for et produktivitsforbedret byggeri er der også et samfunds- og brugerbaseret ønske om at sikre individualitet i byggeriet. 3D-printet byggeri åbner for en helt ny arkitektonisk udvikling, hvilket er oversat i de første realiserede 3D-printede konstruktioner, eksempelvis i Kina, hvor fokus alene rettes mod produktivitsforbedring. Størstedelen af kommentarerne på BedreInnovation.dk – med repræsentanter fra aktivitetsplanens målgruppe, som bl.a. omfatter en større gruppe SMV, påpeger netop muligheden for at skabe produktivitsforbedring sammen med en arkitektonisk udvikling som en meget vigtig kombination i udviklingen af 3D-printet byggeri i Danmark.</p>		

	<p>Dette udviklingsområde er ligeledes beskrevet i Inno+-kataloget under afsnit 4.3 – Den intelligente fabrik. Her peges der bl.a. på et stigende behov for styrkelse af dansk industris konkurrenceevne ved at digitalisere den fysiske produktion, bl.a. gennem validering og tilpasning af såkaldte additive teknologier (3D-print).</p> <p>Det forventes, at de nye kompetencer og serviceydelser vil blive efterspurgt bredt i byggebranchens værdikæde, hvilket understreges af kommentarerne på BedreInnovation.dk. Således vil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bygherrer opnå mulighed for individuelt byggeri med stor eksponeringsværdi, hvor både pris og kvalitet er væsentligt optimeret</li> <li>• Rådgivere – arkitekter og rådgivende ingeniører – få mulighed for at skabe ny arkitektur, hvor fabrikationsprocesserne bliver en integreret del af design- og projekteringsfasen</li> <li>• Materialeproducenter opleve hidtil usete muligheder for innovativ anvendelse og udnyttelse af byggematerialer</li> <li>• Udførende få mulighed for implementering af nye byggeprocesser, der kan sikre produktivt byggeri af høj kvalitet</li> </ul> <p>Det forventes at 100-200 virksomheder fra målgruppen vil være involveret i gennemførelsen af aktivitetsplanen. Herudover forventes det allerede ved aktivitetsplanens afslutning, at de første virksomheder vil efterspørge de teknologiske serviceydelser afledt af nærværende aktivitetsplan. De primære segmenter vil være SMV; arkitekter, designere, producenter (af cementbaserede materialer) samt mindre entreprenørvirksomheder. Efter fem år (efter aktivitetsplanens påbegyndelse) forventes arbejdet at have kick-startet nye SMV, primært iværksættere, som ser potentialet for at skabe ny forretning indenfor 3D-printet byggeri.</p> <p>Generelt peger den danske byggebranche på 3D-printet byggeri som en ny og banebrydende produktionsteknologi, der kan være med til at løfte branchen og dermed øge konkurrenceevnen markant. Dette understreges af kommentarerne på BedreInnovation.dk. Allerede i dag oplever Teknologisk Institut en efterspørgsel fra branchen på, hvordan 3D-print kan udnyttes og implementeres i byggeriet. Teknologisk Institut har bl.a. haft en tæt dialog med fabriksbetonbranchen, og har derigennem udarbejdet en redegørelse for, hvordan 3D-printet beton kan være med til at skabe nye vækstområder for branchens medlemmer og emnet blev taget op på branchens seneste generalforsamling.</p> <p>Møder med både arkitekter og rådgivende ingeniører har ligeledes bekræftet branchens opmærksomhed på emnet. En række af disse har været direkte involveret i udarbejdelsen af aktivitetsplanen, dels for at sikre, at aktiviteterne formuleres så målrettet som muligt, dels for at indlede samarbejdet allerede nu, så aktivitetsplanen kan være på forkant.</p>
<p><b>2) Den nye teknologiske serviceydelse</b></p>	<p>I aktivitetsplanen udvikles en robotbaseret metode til 3D-print af konstruktionsdele. Udviklingen tager udgangspunkt i de eksisterende faciliteter i Teknologisk Instituts højteknologiske betonværksted, herunder en 6-akset industrirobot samt et fuldautomatisk betonblandeanlæg. De nye teknologiske serviceydelser vil være:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rådgivning og demonstration af mulighederne for 3D-print af cementbaserede materialer</li> <li>• Dokumentation af 3D-printede konstruktionsdeles funktionelle egenskaber – mekaniske, isolerende og holdbarhedsmæssige</li> <li>• Vurdering og dokumentation af de miljø- og produktivitmæssige fordele ved 3D-printede konstruktionsdele</li> <li>• Fremstilling af 3D-printede prototyper og fuldskala mock-ups til vurdering af materialeegenskaber, samlinger, detaljer og overflader</li> <li>• Udbydelse af kurser om 3D-printet byggeri</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konferencer om 3D-printet byggeri – hvor international state of the art præsenteres og diskuteres</li> <li>• Living Lab åbent for virksomheder, designere, arkitekter mv. som ønsker adgang til faciliteter til prototypeudvikling, idegenerering osv.</li> </ul> <p>Det er ambitionen, at teknologierne bag de forventede, konkrete teknologiske serviceydelser til den danske byggebranche skal opnå et Technology Readiness Level (TRL) på 4, dvs. at et pilotproduktionsanlæg til fremstilling af 3D-printede konstruktionsdele er testet på laboratorieniveau – et niveau svarende til de førende, internationale forskningsinstitutioner.</p> <p>De nye teknologiske serviceydelser vil være på forkant af markedet, da der ikke er nogen i det private rådgivermarked, der arbejder med emnet og som har laboratoriefaciliteter til rådighed. Den nuværende viden om 3D-printet byggeri er primært forankret på udenlandske universiteter, hvor de seneste års udvikling har fundet sted. Men allerede nu er der i Kina opført enkelte huse ved 3D-print af cementbaserede materialer; et stærkt og vigtigt signal om at 3D-printet byggeri har en fremtid, men i dette tilfælde dog udelukkende med fokus på produktivitet.</p> <p>Målet for Teknologisk Institut er at løfte vidensniveauet inden for 3D-printet byggeri og blive en af de førende aktører og udbydere af teknologiske serviceydelser, både på det danske og internationale marked. Det er kun få danske byggevirksomheder, som har udviklingskapacitet til at hjemtage den nødvendige viden og nå det nødvendige teknologiske niveau for at kunne tilbyde de ovennævnte serviceydelser.</p> <p>Markedsmodningen af serviceydelserne vil foregå tæt på markedet i samarbejde med følgegruppen. Det forventes at de første indledende salg af serviceydelser kan begynde ved projektets afslutning. For at nå endemålet, om at 3D-printede konstruktionsdele indgår i byggeriet, bliver der brug for yderligere kompetenceopbygning. Således vil der, under og efter projektets afslutning, blive søgt supplerende midler, så Teknologisk Institut kan udvide aktiviteterne og fortsætte med at opbygge viden og kompetencer indenfor 3D-printede konstruktionsdele til byggeriet.</p>
<b>3) Aktiviteter</b>	<p>Gennem aktivitetsplanens tre år skal de foreslåede aktiviteter sikre, at der opbygges et nyt forretningsområde inden for robotbaseret 3D-print af konstruktionsdele til byggeriet, fx søjler, vægge og bjælker. 3D-printmetoden tager udgangspunkt i standard industrirobotter, hvorpå der monteres nye printværktøjer. Materialemæssigt fokuserer udviklingen primært på 3D-print af cementbaserede materialer, men også hvorledes disse indgår i samspil med armering, isolering, installationer mv. Udviklingen vil ske i tæt samarbejde med de udvalgte universiteter og virksomheder for at skabe det bedst mulige udviklingsniveau samt forankring i branchen.</p> <p>Allerede inden aktivitetsplanens opstart er der gennemført aktiviteter, der danner et solidt afsæt for aktivitetsplanens gennemførelse, heriblandt udarbejdelse af state of the art samt dialog med udvalgte nationale og internationale aktører. Aktivitetsplanen er opdelt i fire hovedaktiviteter:</p> <p><b>Aktivitet 1. Muligheder og barrierer med 3D-printede konstruktionsdele</b> Formålet med denne aktivitet er at undersøge mulighederne for design af konstruktionsdele med udgangspunkt i 3D-printteknologiens muligheder og begrænsninger.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• International videnhjemtagning om muligheder og barrierer omkring fremstilling af 3D-printede konstruktionsdele</li> <li>• Undersøgelse af design- og applikationsmuligheder for udvalgte konstruktionsdele med udgangspunkt i 3D-print med cementbaserede materialer, med fokus på æstetik, geometri, modulopbygning, samlinger, akustik, design for adskillelse mv. Aktiviteten ender op med konkrete forslag til 3D-printede konstruktionsdele i CAD-tegninger – søjler, vægge og bjælker</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Undersøgelse af muligheder og begrænsninger inden for gældende lovgivning og standarder. Det er vigtigt, dels at de nye, 3D-printede konstruktionsdele kan overholde kravene til gældende lovgivning og standarder, dels at de nye fabrikationsmetoder overholder krav til ce-mærkning, sikkerhed mv.</li> </ul> <p><b>Aktivitet 2. Udvikling af robotbaseret metode til 3D-print af konstruktionsdele</b> Formålet med denne aktivitet er, at udvikle en metode til 3D-print af konstruktionsdele. Metoden tager afsæt i standard industrirobotter, hvorpå der monteres nye printværktøjer.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udvikling af den overordnede 3D-printmetode med udgangspunkt i robotteknologi. Som udgangspunkt vil indsatsen blive fokuseret mod print af cementbaserede materialer</li> <li>• Videreudvikling af eksisterende hardware – printværktøjer. Dette involverer industrirobotter, hvorpå der monteres nye printværktøjer</li> <li>• Fra design til produktion (CAD-CAM). Med udgangspunkt i tidligere erfaringer fra digitale fabrikationsprocesser, udvælges og tilpasses den metode, som sikrer bedst egnet styring af den robotbaserede 3D-printer. Dette indebærer bl.a. tilpassede robotbevægelser – hastighed, vinkel og afstand fra dyse til emne</li> </ul> <p><b>Aktivitet 3. Materialeudvikling</b> Formålet med denne aktivitet er, dels at udvikle de specifikke cementbaserede materialer som skal 3D-printes, dels at undersøge samspillet med armering, isolering, installationer mv.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udvikling af recepter for cementbaserede materialer velegnet til printning. Der fokuseres på skræddersyede hærde- og flydeegenskaber samt muligheder for at udnytte potentialet for at opnå forskellige variationer gennem lagtykkelser, densiteter og farver</li> <li>• Udvikling af armeringsprincipper. Der undersøges tilpassede principper for armering, herunder muligheden for at udlægge fiberarmering i print-processen samt print af stålarmring</li> <li>• Undersøgelse af materialeegenskaber. For at sikre, at de nye, printede konstruktioner kan overholde kravene i dagens byggeri, vil der blive udført en række tests og undersøgelser, der bl.a. skal redegøre for styrke, holdbarhed, isoleringsevne, miljøpåvirkning mv.</li> <li>• Samspil med andre materialer. Der undersøges mulighed for at printe andre materialer – eller hvordan andre materialer kan indgå i printprocessen, eksempelvis tegl, stål, diverse kompositmaterialer, isoleringsmaterialer samt diverse indlejrede teknologier som eksempelvis lysledere. Herudover redegøres for, hvordan materialerne indgår i byggekonteksten med printede konstruktioner</li> <li>• Fremstilling af prototyper og fuldskala mock-ups</li> </ul> <p><b>Aktivitet 4. Vidensamarbejde og videnspredning</b> Formålet med denne aktivitet er, at skabe et effektivt samarbejde omkring videndeling med følgegruppen samt udvalgte internationale virksomheder og universiteter.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablering af følgegruppe. Følgegruppen sammensættes af virksomheder og institutioner inden for den danske byggebranche</li> <li>• Oprettelse af international videnportal med information om projektets fremdrift, blogs om 3D-printet byggeri mv.</li> <li>• Afholdelse af workshops og afslutningskonference, udarbejdelse af pressemeddelelser og artikler, præsentationer på byggefaglige konferencer samt løbende formidling til InnoBYG (se også formidlingsplanen, afsnit 5)</li> <li>• Samarbejde med udvalgte virksomheder, universiteter og erhvervsskoler om udviklingsprojekter og kandidat/ph.d.-projekter</li> </ul>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablering af et Living Lab (pilotproduktionsanlæg), som henvender sig til virksomheder, designere, arkitekter mv. som ønsker adgang til faciliteter til prototypeudvikling, idegenerering osv.</li> </ul> <p>3D-printet byggeri er fortsat i sin spæde opstart. Derfor kan vejen til markedet synes lang, og dermed udgøre en egentlig risiko for projektets succes. Barriererne kan eksempelvis være vanskelig teknologiudvikling- og overførsel, konservatisme i byggebranchen samt forhindringer i lovgivning og standarder på området. Dog vil Teknologisk Instituts kompetencer inden for ”additive manufacturing” og udviklingsarbejdet inden for digital fabrikation af komplekse betonkonstruktioner, være med til at skabe et stærkt fundament for aktivitetsplanens udførelse.</p> <p>Tidligere projekter som Unikabeton (HTF 2007-2010) og TailorCrete (EU, FP7 2009-2013) har vist, hvordan Teknologisk Institut har den nødvendige teknologi og viden til at fungere som omdrejningspunkt for udviklingen af digitaliserede byggeprocesser vha. robotteknologi og som pilotproduktionssted i forbindelse med fuldskala-demonstrationsbyggeri, opført med digitale fabrikationsmetoder (substraktive), designet, projekteret og bygget efter gældende normer og byggestandarder.</p>
<b>4) Vidensamarbejde og -hjemtagning</b>	<p>Teknologisk Institut vil samarbejde med danske universiteter og videninstitutioner omkring 3D-printet byggeri. Det kan bl.a. være i forbindelse med, eksamensprojekter, kandidat- og Ph.d.-projekter, nationalt støttede udviklingsprojekter, H2020-projekter samt workshops. Samarbejder forventes etableret med følgende danske universiteter og videninstitutioner: Kunstakademiets Arkitektskole (KADK), Arkitektskolen Aarhus, DTU, SDU samt erhvervsakademierne.</p> <p>Derudover vil der blive samarbejdet med udenlandske universiteter og virksomheder. Særligt har universiteterne Loughborough University (UK), University of Southern California (US), MIT (US) og ETH (CH) drevet udviklingen indenfor 3D-print med cementbaserede materialer og opnået erfaringer med opbygning af laboratoriefaciliteter. Herudover har virksomheder som DUS Architects (NL), Universe Architects (NL), Softkill (UK), Skanska (SE), Dini Italiano (IT), og Winsun Decoration Design Engineering China (CN) arbejdet med og frembragt visioner om 3D-printet byggeri. Målet er at udnytte det eksisterende arbejde som en platform til at løfte vidensniveauet om 3D-print af cementbaserede materialer samt udfordre og udforske de muligheder, det bibringer byggeriet. Teknologisk Institut er på nuværende tidspunkt i dialog med Loughborough University for at lære af deres viden og erfaringer samt diskutere mulighederne for etablering af fremtidige samarbejder.</p> <p>På grund af aktivitetens store nyhedsværdi er indholdet ikke direkte relateret til eksisterende initiativer – men dækker derimod et hul i det danske forsknings- og innovationssystem. Ud over at bygge på udenlandske initiativer, bygger aktiviteten i høj grad på udviklingen inden for fabrikationsmetoder til det digitaliserede byggeri.</p> <p>Det er målet at søge og medfinansiere mindst et H2020-projekt omkring 3D-printet byggeri i samarbejde med en række af de førende internationale forskningsinstitutioner og virksomheder. Endvidere vil der kunne etableres innovationsforløb, eksempelvis som Innobooster-forløb, med SMV under og efter aktivitetsplanen.</p>
<b>5) Inddragelse og videnspredning</b>	<p>Ud over samarbejdet med udenlandske parter, vil der blive inddraget rådgivere, arkitekter og entreprenører, danske byggematerialeproducenter samt nye iværksættere i aktivitetsplanens gennemførelse. De firmaer der har kommenteret på BedreInnovation.dk tænkes inddraget, men andre relevante firmaer og institutter i Danmark og udlandet vil også blive inddraget.</p> <p>Der vil løbende gennem aktivitetsplanen blive formidlet resultater gennem byggefaglige tidsskrifter samt formidlet i byggebranchens innovationsnetværk InnoBYG, gennem eksempelvis nyhedsbreve og temadage, for at sikre at resultaterne og den opbyggede viden forankres bredt i byggebranchen.</p>

	<p>Formidlingsplanen indeholder følgende aktiviteter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressemeddelelse i forbindelse med opstart af aktivitetsplan, samt etablering og demonstration af Living Lab med robotbaseret 3D-printer på Teknologisk Institut.</li> <li>• Oprettelse af følgegruppe med tilhørende plan for formidling</li> <li>• International videnportal med information om projektets fremdrift, blogs om 3D-printet byggeri mv.</li> <li>• Workshop med deltagere fra følgegruppen, med fokus på potentialer og applikationsmuligheder for fremtidens 3D-printede byggeri</li> <li>• Workshops for arkitektstuderende samt bygningsingeniør- og konstruktørstuderende. Formålet er at give de studerende indblik i fremtidens byggemuligheder samt at få konkrete bud fra de studerende på fremtidens 3D-printede konstruktioner</li> <li>• Præsentation på InnoBYG konference/seminar og Dansk Betondag</li> <li>• Min. fire artikler i byggefaglige tidsskrifter</li> <li>• Afslutningskonference, hvor byggeriets parter og uddannelsesinstitutioner indbydes til præsentation af resultater fra aktivitetsplanen og fremvisning af det etablerede 3D-printlaboratorium med demonstration af 3D-print af cementbaserede materialer.</li> </ul> <p>Der nedsættes en følgegruppe med virksomheder og institutioner inden for den danske byggebranche, herunder de virksomheder og institutioner, der har kommenteret på BedreInnovation.dk. Følgegruppen vil inddrages på flere måder, både gennem jævnlige møder, men også som sparringspartner, idéudvikler og reviewer på udviklingsaktiviteterne.</p> <p>Indførelsen af 3D-print i byggeriet kræver også en indsats omkring uddannelse af bygningskonstruktører, bygningsingeniører og arkitekter. Særligt fokus vil være på erhvervsskolerne, hvor der uddannes 1.500 bygningskonstruktører årligt. Der vil i aktivitetsplanen blive afholdt workshops, hvor elever og undervisere får mulighed for at arbejde med 3D-print til byggeriet. Teknologisk Institut har god erfaring med lignende arrangementer fra andre projekter.</p>
<p><b>6) Sammenhæng med institutstrategi</b></p>	<p>Teknologisk Institut er det eneste GTS-institut, der har fokus på byggematerialer og ydelser målrettet bygge- og anlægsbranchen. En central del af strategien for Byggeri- og Anlægsdivisionen er at sætte dagsordenen for innovation i bygge- og anlægssektoren og være et naturligt samlingssted for initiering og ledelse af større anvendelsesorienteret FoU-indsatser med byggematerialer som omdrejningspunkt rettet mod at skabe forretning. Byggeri- og Anlægsdivisionen fokuserer på udfordringer i branchen som lav produktivitet og krav om skræddersyede og fleksible byggeprocesser. Aktivitetsplanen omkring 3D-print til byggeriet er således i fuld overensstemmelse med både den overordnede institutstrategi og divisionsstrategien.</p>
<p><b>7) Milepæle år 1</b></p>	<p><b>Aktivitet 1. Muligheder og barrierer med 3D-printede konstruktionsdele</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MP1.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning)</li> <li>• Etableret samarbejde med 2-3 udvalgte internationale universiteter og institutioner med henblik på videnhjemtagning.</li> <li>• MP1.2 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning)</li> <li>• Kortlægning af design- og applikationsmuligheder. (Fortsættes i MP1.1, år 2).</li> </ul> <p><b>Aktivitet 2. Udvikling af robotbaseret metode til 3D-print af konstruktionsdele</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP2.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Overordnet robotbaseret metode for 3D-print af cementbaserede materialer udviklet.</li> <li>▪ MP2.2 (Udvikling af teknologisk service)</li> </ul>

	<p>Valg og tilpasning af den bedst egnede CAD/CAM-styring af robotbaseret 3D-printer. (Fortsættes i MP2.1, år 2).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP2.3 (Udvikling af teknologisk service) Nye printværktøjer udvalgt, indkøbt, tilpasset og monteret på industrirobot på Teknologisk Institut klar til indledende fysiske forsøg. (Fortsættes i MP2.2, år 2).</li> </ul> <p><b>Aktivitet 3. Materialeudvikling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP3.1 (Udvikling af teknologisk service) Flere cementbaserede materialesammensætninger velegnet til 3D-print af konstruktionsdele udviklet. (Fortsættes i MP3.1, år 2).</li> <li>▪ MP3.2 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Muligheder for samspil med isolering, armering, installationer mv, samt muligheder for indlejring af teknologier, undersøgt. (Fortsættes i MP3.2, år 2).</li> </ul> <p><b>Aktivitet 4. Vidensamarbejde og videnspredning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP4.1 (Inddragelse og videnspredning) Følgegruppe med min. ti deltagere (herunder medlemmer af InnoBYG-netværket) etableret og første møde/workshop afholdt.</li> <li>▪ MP4.2 (Inddragelse og videnspredning) International videnportal etableret.</li> <li>▪ MP4.3 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Mindst ét H2020-projektsamarbejde om videreudvikling af ny metode for 3D-printet byggeri initieret.</li> <li>▪ MP4.4 (Inddragelse og videnspredning) Samarbejde initieret med min. to virksomheder om udviklingsprojekter, eksempelvis InnoBooster, om 3D-printede konstruktioner.</li> <li>▪ MP4.5 (Udvikling af teknologisk service) Plan for samlet Living Lab for 3D-print af konstruktionsdele til etablering på Teknologisk Institut. (Fortsættes i MP4.3, år 3).</li> </ul>
<b>Milepæle år 2</b>	<p><b>Aktivitet 1. Muligheder og barrierer med 3D-printede konstruktionsdele</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP1.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Konkrete 3D-printede konstruktionsdele designet i CAD – søjler, vægge og bjælker, til fysisk fremstilling i aktivitet 2 og 3. (Fortsat fra MP 1.2 år 1 og fortsættes i MP1.1, år 3).</li> <li>▪ MP1.2 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Kortlægning af muligheder og begrænsninger inden for gældende lovgivning og standarder.</li> </ul> <p><b>Aktivitet 2. Udvikling af robotbaseret metode til 3D-print af konstruktionsdele</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP2.1 (Udvikling af teknologisk service) CAD/CAM-styring af robotbaseret 3D-printmetode testet og demonstreret gennem fremstilling af mindre prototyper. (Fortsat fra MP2.2 år 1 og fortsættes i MP2.1, år 3).</li> <li>▪ MP2.2 (Udvikling af teknologisk service) Nye printværktøjer monteret på industrirobot testet og demonstreret gennem fremstilling af mindre prototyper. (Fortsat fra MP2.3 år 1 og fortsættes i MP2.1, år 3).</li> </ul> <p><b>Aktivitet 3. Materialeudvikling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP3.1 (Udvikling af teknologisk service) Videreudvikling af cementbaserede materialesammensætninger til 3D-print af konstruktionsdele med mulighed for variation af lagtykkelse, farve og densitet. (Fortsat fra MP3.1 år 1 og fortsættes i MP3.3 år 2).</li> <li>▪ MP3.2 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Screening af metoder til implementering af armering, isolering, installationer. (Fortsat fra MP3.2 år 1 og fortsættes i MP1.1, år 3).</li> <li>▪ MP3.3 (Udvikling af teknologisk service)</li> </ul>

	<p>Min. to prototyper af mindre, 3D-printede konstruktionsdele fremstillet. (Fortsat fra MP3.1 år 2 og forsættes i MP3.1, år 3).</p> <p><b>Aktivitet 4. Vidensamarbejde og videnspredning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP4.1 (Inddragelse og videnspredning) Afholdt min. én workshop med arkitekt og materialestuderende – resultatet er min. fem bud på fremtidens konstruktioner fremstillet via 3D-print af cementbaserede materialer konstruktioner.</li> <li>▪ MP4.2 (Inddragelse og videnspredning) Min. to artikler gennem relevante fagtidsskrifter.</li> </ul>
<b>Milepæle år 3</b>	<p><b>Aktivitet 1. Muligheder og barrierer med 3D-printede konstruktionsdele</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP1.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning) Med udgangspunkt i de udviklede designs af udvalgte konstruktionsdele – samt materialeudvikling i aktivitet 3 – illustreres mulighederne for hvorledes 3D-printet byggeri kan udformes samt hvorledes andre bygningsdele kan indgå heri. Dette illustreres via CAD-tegninger til prototyper og mock-ups. (Fortsat fra MP1.1, år 2 og MP3.2, år 2).</li> </ul> <p><b>Aktivitet 2. Udvikling af robotbaseret metode til 3D-print af konstruktionsdele</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP2.2 (Udvikling af teknologisk service) Robotbaseret 3D-printer klar til kommerciel fremstilling af konstruktionsdele, demonstreret gennem 3D-print af fuldskala prototyper og mock-ups. (Fortsat fra MP2.1, år 2 og MP2.2, år 2).</li> </ul> <p><b>Aktivitet 3. Materialeudvikling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP3.1 (Udvikling af teknologisk service) 1-2 mock-ups i fuld skala af 3D-printede konstruktioner fremstillet, hvor samspil med tilstødende konstruktioner vil være demonstreret. Dermed er grundlaget skabt for levering af teknologisk serviceydelse vedrørende fremstilling af 3D-printede materialeprøver, prototyper og fuldskala mock-ups. (Fortsat fra MP3.3, år 2).</li> </ul> <p><b>Aktivitet 4. Vidensamarbejde og videnspredning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MP4.1 (Inddragelse og videnspredning) Præsentation på min. én InnoBYG konference/seminar.</li> <li>▪ MP4.2 (Inddragelse og videnspredning) Min. to artikler gennem relevante fagtidsskrifter.</li> <li>▪ MP4.3 (Udvikling af teknologisk service) Living Lab for 3D-print af konstruktioner etableret på Teknologisk Institut. (Fortsat fra MP4.6, år 1).</li> <li>▪ MP4.4 (Inddragelse og videnspredning) Plan for implementering af 3D-print til byggebranchen fremadrettet udarbejdet.</li> <li>▪ MP4.5 (Inddragelse og videnspredning) Afslutningskonference for byggeriets parter. Indhold af konference vil være gennemgang af resultater i aktivitetsplanen, fremvisning af det etablerede Living Lab og udarbejdelse af plan for 3D-print af byggeri fremadrettet.</li> </ul>
<b>Titel ved præsentation på BedreInnovation.dk</b>	3D-printet byggeri