



Tittel:

## Additiv tilvirkning av betong-konstruksjoner

State-of-the-art litteraturstudie innen additiv tilvirkning av betongkonstruksjoner

Veileder:  
Rein Terje Thorstensen,  
Universitetet i Agder

### Innledning

I prosjektoppgaven har man satt søkelys på «state-of-the-art» for additiv tilvirkning av betongkonstruksjoner. Rapporten vil undersøke hvordan 3DCP kan være med på å utvikle byggeindustrien og hvilke utfordringer som kommer med bruk av 3D-printing. Rapporten setter fokus på kriteriene kostand, miljø, produktivitet og mekaniske og reologiske betonegenskaper. Det er også interessant og se hvilke utfordringer som setter demper på implementasjonen av 3DCP i flere byggeprosjekter.

### Samfunnsperspektivet

I dag bor det 7,8 milliarder mennesker i verden, der det er estimert at 900 millioner bor i områder med utilstrekkelig infrastruktur. I 2025 er det forventet at dette tallet skal doble seg. For å løse dette problemet er det nødvendig å ta i bruk innovative konstruksjonsmetoder for å øke tilgjengeligheten for rimelige boliger for alle. I dag er betong det nest mest brukte materialet i verden etter vann, der hver person står for tre tonn forbruk av betong hvert år, og det er lite som tilsier at forbruket av betong vil bli mindre i fremtiden. Additiv tilvirkning (3D-printing) i bygg og anleggsbransjen kan være løsningen som kan minimere den synkende produktiviteten i byggindustrien, og energi- og material sløsing under konstruksjonstiden.

### Additiv tilvirkning av betong (3DCP)

Anerkjennelsen av additiv tilvirkning teknologien i BA-bransjen er vesentlig mindre enn andre bransjer. For bygg er dette et state-of-the-art-teknologi som har kun nylig fått mye oppmerksomhet, ettersom nye store 3D-printere ble utviklet. Her kan additiv tilvirkning brukes for å lage byggeverktøy, eller elementer for et bygg frem til et hel bygg. I tillegg er byggeprosessen i dag veldig egnet for additiv tilvirkning, der mest av informasjonen er allerede etablert gjennom datastyrt CAD-løsninger og 3D-modeller som i bygningsinformasjonsmodelleringen (BIM) som kan lett integreres i prosessen for additiv tilvirkning. 3DCP betongen blir ekstrudert fra en dyse og blir lagt trinnvis lag for lag ved hjelp av en robotarm eller kartesisk styresystem, som følger en prosjektert rute. I jevne mellomrom settes det armering for å styrke betongen mot strekkspenning. Denne produksjonsmetoden krever få arbeidere og forskalingsarbeid som gjør det til en effektiv konstruksjonsmetode på byggeplass.



### Forskerspørsmål

Hva er "state-of-the-art" innen Additiv tilvirkning av betong (3DCP) teknologien i dag?

- *Hvilke utfordringer hindrer 3DCP å bli tatt i bruk kommersielt i dag?*
- *Hvordan kan 3DCP påvirke konstruksjonens mekaniske egenskaper?*
- *Hvilke effekter har 3DCP produksjonen på miljøavtrykket og kostnadene?*

### Metode

For å besvare på forskerspørsmålet, er prosjektoppgaven fordelt i mindre deler.

1. Kartlegging og avgrensning av prosjektoppgaven for å se hvilke kriterier som er aktuelle å ta med i oppgaven.
2. Ta i bruk kvalitativ litteraturstudie for å se på eksisterende litteratur og forskning innen emne for å besvare forskerspørsmålet.
3. Analysering og evaluering av informasjonen hentet ut fra litteraturstudie, for å dermed trekke konklusjon basert på forskningen.

### Konklusjon

#### Utfordringer tilknyttet 3DCP

En av de større utfordringene når det kommer til 3DCP prosessen er som oftest knyttet til materialteknologien. Der en av forutsetningene er at betongblandingen må tilfredsstille fasthetskravene og samtidig ha akseptable reologiske egenskaper som er tilpasset 3D-printing prosessen. I tillegg Mangel på standard og retningslinje for hvordan man skal prosjektere eller dimensjonere med 3D-printed betong.

#### Mekaniske egenskaper

3DCP åpner nye muligheter som kan revolusjonere byggeprosessen og spesielt betongkonstruksjoner. 3DCP betongen er stort sett forskjellig enn vanlig betong, og den kan nærmest ligne på UHPC, der sementen avgjør stor delen av blandingen. Noe som øker betong trykkfastheten opptil 120 MPa.

#### Miljøavtrykket og kostnader

Komposisjonen til 3DCP vil naturligvis inneholde mer sement for å kompensere mangelen av tilslag. Dette vil resultere med høyere klimapåkjennning enn ordinær betong. Det er også viktig å ta med i klimaregnskapet at 3DCP vil ta i bruk mer effektiv konstruksjonsmetode med bedre materialeffektivitet enn støpning av betong, dette vil kompensere for det høye sement forbruket i 3D-printed av betong.