



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2020 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi

Martin Ebert

Morgendagens sirkulære byggenæring

Ansvar og utfordringer i transisjonen fra lineær- til sirkulær økonomi i byggenæringen

The circular construction industry of tomorrow

Responsibilities and challenges in the transition from linear- to circular economy in the construction industry

Emil Rygh

Byggeteknikk og arkitektur

Forord

Denne masteroppgaven er den avsluttende oppgaven ved studiet byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er utarbeidet våren 2020 og utgjør 30 studiepoeng.

Arbeidet med denne oppgaven har vært en omfattende prosess som har resultert i både akademisk og personlig vekst. Jeg har gjennom prosessen fått fordype meg i en spennende tematikk jeg brenner for og kommet i kontakt med noen av pionerene som staker ut kursen for resten av næringen. Arbeidet med oppgaven har gitt meg en enda større forståelse for viktigheten av å snu dagens forbrukertrender og rette oss inn mot nye, bærekraftige og regenerative løsninger.

Det er flere personer som har hatt stor betydning for utformingen av denne oppgaven og jeg ønsker å takke alle disse. Først ønsker jeg å takke min hovedveileder Martin Ebert for god dialog og veiledning gjennom arbeidet med oppgaven. Videre vil jeg takke min eksterne veileder Franz Forsberg hos Link Arkitektur for gode samtaler og uvurderlig hjelp i arbeidsprosessen. Jeg ønsker også å takke informantene for at de tok seg tid til intervjuer og kom med god innsikt som har vært av stor betydning for arbeidet med denne oppgaven. Til slutt ønsker jeg å takke min samboer for tålmodighet og korrekturlesning.

Emil Rygh

Oslo, 20. Mai 2020

Sammendrag

Byggenæringen står for en betydelig andel av det totale materialforbruket og klimagassutslippet i verden. Endringene som må til for å nå Norges nye målsettinger om 50% reduksjon av utslipp innen 2030 og EU kravet om 70% materialgjenvinning for byggavfall i 2020, vil være totalt omveltende for dagens praksis. Overgang til en sirkulær økonomi er en av strategiene som blir foreslått som en del av løsningen. I denne oppgaven er det gjennom litteraturstudie og intervjuer forsøkt å skaffe et overblikk over sirkulærøkonomiens posisjon i dagens byggenæring og de utfordringene næringen står ovenfor i årene fremover.

Sirkulærøkonomi kan overordnet ses som en strategi for å redusere forbruket til et bærekraftig nivå. Begrepet er ikke et nytt, men tankesettet har fått et betydelig økt fokus de siste årene. Det er mange teorier som utgjør kjernen i samtidens sirkulærøkonomi, felles for de fleste av dem er overgangen fra lineære til lukkede og materialeffektive systemer hvor ombruk og høyverdig ressursgjenvinning sørger for at materialene beholder høyest mulig verdi så lenge som mulig. Sirkulærøkonomi har blitt en viktig del av EU sin strategi for å nå målet om nullutslipp innen 2050. Europakommisjonen har utarbeidet handlingsplaner med konkrete målsettinger for å oppnå økt sirkulærhet. Også i Norge har vi ambisjoner om å øke sirkulærheten. Dette ses både i Regjeringens uttale målsetting om å være et foregangsland i utviklingen av sirkulærøkonomi og i det stadig økende antallet offentlig og private aktører som arbeider med små og store sirkulære prosjekter. Digitalisering er en viktig brikke i transisjonen, brukervennlig digitale verktøy vil kunne fremme samhandling på tvers av aktører og kan bidra til å redusere dagens logistikkutfordringer. Det må utvikles nye verktøy og tilrettelegges for bedre bruk av teknologien det allerede er tilgang på i dag. Systemene bransjen allerede har i dag kan bidra til økt sirkulærhet og for å understøtte dette er det i oppgaven utviklet en prototype bygget opp av eksisterende programvare.

Overordnet konkluderes det med at det nødvendige rammeverket som skal til for å understøtte overgangen fra lineære- til sirkulære løsninger i byggenæringen fortsatt ikke er på plass. Økonomi og lovgivning ses som de to førende parameterne for fremvekst. For å sikre konkurransedyktighet vil det være avgjørende å effektivisere verdikjedene for bruk av sekundærråvarer og ombrukskomponenter. Det er gjennom tverrsektorielt samarbeid og i dialog med offentlige myndigheter overgangen til en regenerativ og materialeffektiv sirkulærøkonomi kan realiseres.

Abstract

The construction industry accounts for a significant proportion of total material consumption and greenhouse gas emissions in the world. The changes needed to reach Norway's new targets for a 50% reduction in emissions by 2030 and the EU requirement for 70% material recycling for construction waste in 2020 will be abrupt for current practice. Transitioning to a circular economy is one of the strategies proposed as part of the solution. In this paper, an attempt has been made through literature studies and interviews to obtain an overview of the circular economy's position in today's construction industry and the challenges facing the industry in the years to come.

In general, circular economics can be seen as a strategy to reduce consumption to a sustainable level. The concept is not a new one, but the mindset has gained a significant increase in focus in recent years. Many theories are forming the core of today's circular economy, common to most of them is the transition from linear to closed and material-efficient systems where reuse and high-quality resource recovery ensure that materials retain the highest possible value for as long as possible. The circular economy has become an important part of the EU's strategy for achieving the zero-emission target by 2050. The European Commission has drawn up action plans with specific objectives to achieve increased circularity. In Norway, too, we have ambitions to increase circularity. This is seen both in the Government's statement aiming to be a pioneering country in the development of the circular economy and the ever-increasing number of public and private actors working on small and large circular projects. Digitization is an important part of the transition, user-friendly digital tools can promote cross-stakeholder interaction and can help reduce today's logistics challenges. New tools must be developed and facilitated for better use of the technology that is already available today. The systems the industry already has today can contribute to increased circularity and to support this a prototype has been developed based on existing software.

Overall, it is concluded that the necessary framework needed to support the transition from linear to circular solutions in the construction industry is still not in place. Economics and legislation are the two leading parameters for growth. To ensure competitiveness, it will be crucial to streamline the value chains for the use of secondary raw materials and reuse components. Through the cross-sectoral cooperation and in dialogue with public authorities, the transition to a regenerative and material-efficient circular economy can be realized.

Innholdsfortegnelse

Innhold

Forord	ii
Sammendrag	iv
Abstract	vi
Innholdsfortegnelse	viii
Figurliste	x
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn og aktualitet	2
1.2 Formål og problemstilling.....	3
1.4 Oppgavens oppbygning	4
2 Teori.....	6
2.1 Historisk utvikling av begrepet sirkulærøkonomi.....	7
2.2 Samtidsforståelse av sirkulærøkonomi	10
2.3 Sirkulærøkonomi i Europa	18
2.4 Sirkulærøkonomi i Norge.....	20
3 Metode	31
3.2 Litteraturstudie.....	33
3.3 Intervju	34
3.4 Prototype.....	35
3.5 Validitet, reliabilitet og evaluering	35
4 Resultater	37
4.1 Stortinget og departementene.....	39
4.2 Arkitekt	40
4.3 Byggherre	42
4.4 Entreprenør	42

4.5 Byggevere	43
4.6 Rådgivere	44
4.7 Bransjeorganisasjoner	45
4.8 Avfallsbransjen	45
4.9 Forskning og innovasjon	46
5 Diskusjon	48
5.1 Digitalisering som verktøy i transisjonen til sirkulærøkonomi	49
5.2 Diskusjon og refleksjon	65
6 Konklusjon	71
7 Videre arbeid	74
8 Litteraturliste	75
9 Vedlegg	79
Vedlegg 1 – Tankekart	79

Figurliste

Figur 1 - The linear system (Pearce and Turner, 1989)	8
Figur 2 - The circular economy (Pearce and Turner, 1989)	8
Figur 3 - Cradle-to-Cradle (Freerange, 2020)	11
Figur 4 - Five Pillars of Sustainability. Egen illustrasjon. (Stahel, 2006)	12
Figur 5 -Resource flow model (Graedel and Allenby, 1995).....	15
Figur 6 – Ressurspyramiden. (Avfall Norge)	22
Figur 7 - Avfallsbehandling av trevirke i Europa (Borzecka, 2018).....	25
Figur 8 - Avfallsbehandling av trevirke i Norge (SSB, 2020)	25
Figur 9 - Europakommisjonens kriterier. Egen illustrasjon. (European Commission, 2020b).26	
Figur 10 - KA13. Illustrasjon hentet fra FutureBuilt's side for prosjektet. (FutureBuilt, 2020)..27	
Figur 11 – Barrierer skapt av geografiske avstander viskes ut. Egen illustrasjon.	29
Figur 12 . Metode presentert av Creswell. Egen illustrasjon	35
Figur 13 - Tankekart. Egen illustrasjon.	55
Figur 14 - Circular Opportunity Tool. Egen illustrasjon. (Lendager Group, 2018)	59
Figur 15 - Luigi Moretti, Stadium N, Del av utstillingen Parametric Architecture utstilt under den 12. Milano triennalen, 1960. (Luigi Moretti, 1960)	60
Figur 16 – Programvare.....	62
Figur 17 - Enkel komponentdatabase i Excel. Egen illustrasjon.....	62
Figur 18 - Utklipp fra Grasshopper. Egen illustrasjon.....	63
Figur 19 - Utklipp fra Archicad. Egen illustrasjon.	63
Figur 20 - System. Egen illustrasjon.	65
Figur 21 - Sirkulær byggenæring. Egen illustrasjon	65
Figur 22 - Lov som understøtter sirkulærøkonomi. Egen illustrasjon.....	66
Figur 23 - Sirkulære nettverk. Egen illustrasjon.	67
Figur 24 - Sirkulær forskning og utdanning. Egen illustrasjon.	68

1



INNLEDNING

1.1 Bakgrunn og aktualitet

I dag lever vi i et bruk-og-kast-samfunn hvor ressursenes livsløp er lineære. Produkter går fra produsent til forbruker og videre til deponi, og for de fleste produkter slutter livsløpet her. Denne modellen fører til et forbruk langt over jordens tåleevne. Datoen for når vi har brukt mer ressurser enn jorden klarer å produsere på ett år blir stadig tidligere, i 2019 var den allerede 29. Juli (Earth Overshoot Day, 2020). Det vil altså si 156 dager med forbruk utover hva jorden kan akkumulere på ett år. Fra 1970 til 2017 var det en tredobling i årlig global materialutvinning (European Commission, 2019a). Materialutvinning og prosessering står for rundt 50% av totalt klimagassutslipp i EU og mer enn 90% av det totale tapet av biodiversitet. Det høye forbruket skyldes en industri som i for stor grad avhenger av jomfruelige råmaterialer, i dag utgjør sekundærråvarer bare 12% av råvarene som tilføres markedet. Ses dette sammen med befolkningsveksten, økningen i velstand og fortettingen rundt byer er det tydelig at det må gjøres endringer (UN, 2019).

På et globalt plan står byggenæringen for i overkant av 30% av klimagassutslipp og avfallsproduksjon og 40% av verdens energi- og naturressursforbruk (Wang *et al.*, 2018). For en næring i vekst er dette mørketall som får for lite fokus. En av de forslåtte løsningene på utfordringene verden står overfor er en transisjon fra lineær- til sirkulær økonomi. I en sirkulær økonomi forsøkes det å bryte med den etablerte koblingen mellom høy materialgjennomstrømming og profitt. Bruk-og-kast skiftes ut med lukkede kretsløp hvor materialenes verdi forsøkes bevart gjennom gjenbruk og høyverdig ressursgjenvinning. Det er viktig at en samlet byggenæring åpner opp for det nye tankesettet og tar en sentral rolle i transisjonen samfunnet må gjennom.

«Living well within the limits of the planet»

- European Union (EU)'s 7th Environment Action Programme, 2014

1.2 Formål og problemstilling

Formålet med oppgaven er å se nærmere på hvordan dagens byggenæring er rustet for transisjonen fra lineær- til sirkulær økonomi. Det ønskes å belyse hvordan det arbeides i dag og hvilke barrierer som oppleves av pionerne som arbeider med sirkulære løsninger i dagens lineære byggenæring. Videre ønskes det å legge et fokus på de mulighetene som ligger i digitaliseringen av næringen og hvordan dette kan bistå i overgangen. Det er for oppgaven formulert en problemstilling og to forskningsspørsmål for å besvare dette.

Problemstilling:

«Er dagens byggenæring rustet for transisjonen fra lineær- til sirkulær økonomi?»

Gjennom denne problemstillingen ønskes det å se nærmere på dagens situasjon og hvilke barrierer som må forseres for å akselerere overgangen fra lineær- til sirkulær økonomi i den norske byggenæringen. Det er for oppgaven satt opp to forskningsspørsmål for å understøtte besvarelsen av problemstillingen.

Forskningsspørsmål 1:

«Hvilke ansvar og utfordringer har de ulike aktørene i byggenæringen i transisjonen til sirkulærøkonomi?»

Gjennom oppgavens første forskningsspørsmål forsøkes det å etablere en oversikt over det sirkulære ansvaret til aktørene i byggenæringen. Samtidig ønskes det å sette søkelys på de utfordringen som bransjen står overfor i årene fremover. For å besvare spørsmålet benyttes litteraturstudie og intervju som metode.

Forskningsspørsmål 2:

«Hvordan kan digitalisering bidra i overgangen til en sirkulær byggenæring?»

Digitalisering trekkes av Europakommisjonen frem som et av de viktigste verktøyene i overgangen til en sirkulær økonomi. Gjennom forskningsspørsmål to ønskes det å se nærmere på hvordan digitaliseringen av den norske byggenæringen kan brukes som et verktøy for økt sirkulærhet. Som del av arbeidet forsøkes det å identifisere løsninger på utfordringer bransjen står overfor i dag. Metodisk er dette forsøkt besvart gjennom litteraturstudie, intervjuer og prototyping.

1.3 Oppgavens avgrensning

Sirkulærøkonomi er i ferd med å etablere seg som en viktig brikke i morgendagens økonomi og er et høyaktuelt tema på samtlige samfunnsnivåer. Det er derfor mange interessante vinklinger denne oppgaven kunne hatt. På grunn av tidsomfanget er det dessverre nødvendig å foreta en rekke avgrensninger. Geografisk avgrenser oppgaven seg til Europa, men med et betydelig fokus på Norge. Videre tar oppgaven for seg den norske byggenæringen og dens aktører. Fokuset i oppgaven er på bygningsdelen av næringen, og det er derfor ikke rettet særlig fokus mot anleggsdelen.

1.4 Oppgavens oppbygning

- Kapittel 1 Innledning. I kapitlet presenteres bakgrunnen for oppgaven, samt den utarbeidede problemstillingen med tilhørende forskningsspørsmål.
- Kapittel 2 Teori. I kapitlet forsøkes det å etablere et klart bilde av sirkulærøkonomiens utvikling over tid og samtidsdefinisjonen av begrepet. Videre presenteres sirkulærøkonomiens posisjon i Europa og Norge i dag.
- Kapittel 3 Metode. I kapitlet gjennomgås den metodiske tilnærmingen for gjennomføring av oppgaven. Her presenteres det valgte forskningsdesignet og de anvendte forskningsmetodene litteraturstudie, intervju og prototyping.
- Kapittel 4 Resultater. I kapitlet gjennomgås funn fra både litteraturstudie og intervjuer. Bransjeaktørenes ansvar og utfordringer forsøkes kartlagt for å besvare oppgavens første forskningsspørsmål.
- Kapittel 5 Diskusjon. I kapitlet presenteres prosessen for utvikling av et teknisk system. Utviklingen av systemet tar utgangspunkt i teori og resultater. Etterfølgende forsøkes det gjennom diskusjon av resultatene å besvare oppgavens problemstilling.
- Kapittel 6 Konklusjon. I kapitlet fremlegges studiens konklusjon.
- Kapittel 7 Videre arbeid. I kapitlet legges det frem forslag til videre arbeid.

Kapittel 8 Litteraturliste.

Kapittel 10 Vedlegg.

2



TEORI

I dette kapitlet gis det innledningsvis et bilde av den historiske utvikling og samtidsforståelsen av begrepet sirkulærøkonomi. Etterfølgende presenteres sirkulærøkonomiens posisjon i Norge og Europa i dag, før det ses på hvordan sirkulærøkonomien påvirker avfallsbransjen og byggenæringen.

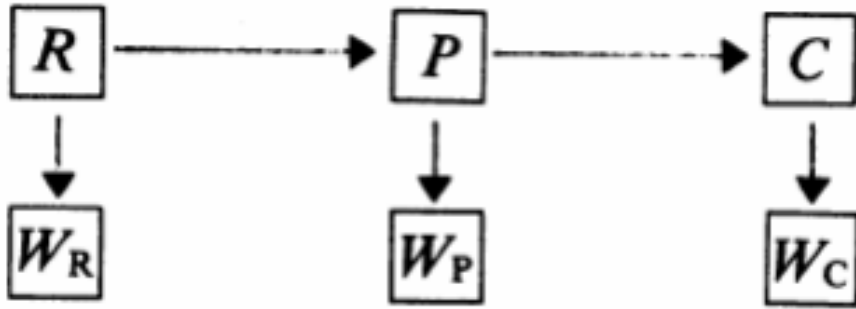
2.1 Historisk utvikling av begrepet sirkulærøkonomi

Opphavet og utviklingen av begrepet sirkulærøkonomi i akademisk sammenheng kan ikke tilskrives kun en forsker eller forfatter. Det er noe som har blitt til gjennom en evolverende prosess og er satt sammen av flere forskeres arbeid fra 60-tallet og frem til i dag. I 1966 presenterte Kenneth E. Boulding essayet «The Economics of the Coming Spaceship Earth» under konferansen «Resources for the Future Forum on Environmental Quality in a Growing Economy» som ble avholdt i Washington, D.C (Boulding, 1967). I essayet beskriver Boulding fortidens åpne- og fremtidens lukkede verden. Billedlig beskriver han fortidens åpne modell som “the cowboy economy” og fremtidens lukkede modell som “the spaceman economy”. I den åpne verden ser menneskene på jorden som en utømmelig kilde til areal og ressurser hvor ikke-fornybare ressurser blir hensynsløst utvunnet. I denne formen for økonomi er forbruk og produksjon noe positivt, et mål for suksess. I den lukkede modellen sammenligner Boulding jorden med et romskip, og på et romskip er det ikke lenger ubegrensede reservoarer av ressurser. På «romskipet» må mennesket inngå i en økologisk syklus hvor reproduksjon av ressurser balanseres opp mot forbruk. I overgangen fra den åpne til den lukkede modellen går forbruk fra å være noe som ønskes maksimert til noe som ønskes minimert.

«The essential measure of the success of the [spaceman] economy is not production and consumption at all, but the nature, extent, quality, and complexity of the total capital stock, including in this the state of the human bodies and minds included in the system.»

- Kenneth E. Boulding, 1966

Dette nye tankesettet har vært en viktig brikke og kilde til inspirasjon for senere forskning. I litteraturen ses det at temaet har fått økt fokus siden slutten av 70-tallet. Et tidlig eksempel er «The Potential for Substituting Manpower for Energy» av Stahel and Reday fra 1976. Her konseptualiseres en sirkulærøkonomi i forbindelse med industriell strategi for avfallsreduksjon, opprettelse av regionale arbeidsplasser, ressurseffektivitet og dematerialisering av den industrielle økonomien (Geissdoerfer et al, 2016). Som opphav til sirkulærøkonomien henviser flere forfatter til boken «Economics of natural resources and the environment». Boken som ble skrevet av Pearce and Turner i 1989 er inspirert av Bouldings arbeid. I bokens andre kapittel presenteres det to modeller, en lineær modell og en som viser en sirkulær tilnærming (Pearce and Turner, 1989).



Figur 1 - The linear system (Pearce and Turner, 1989)

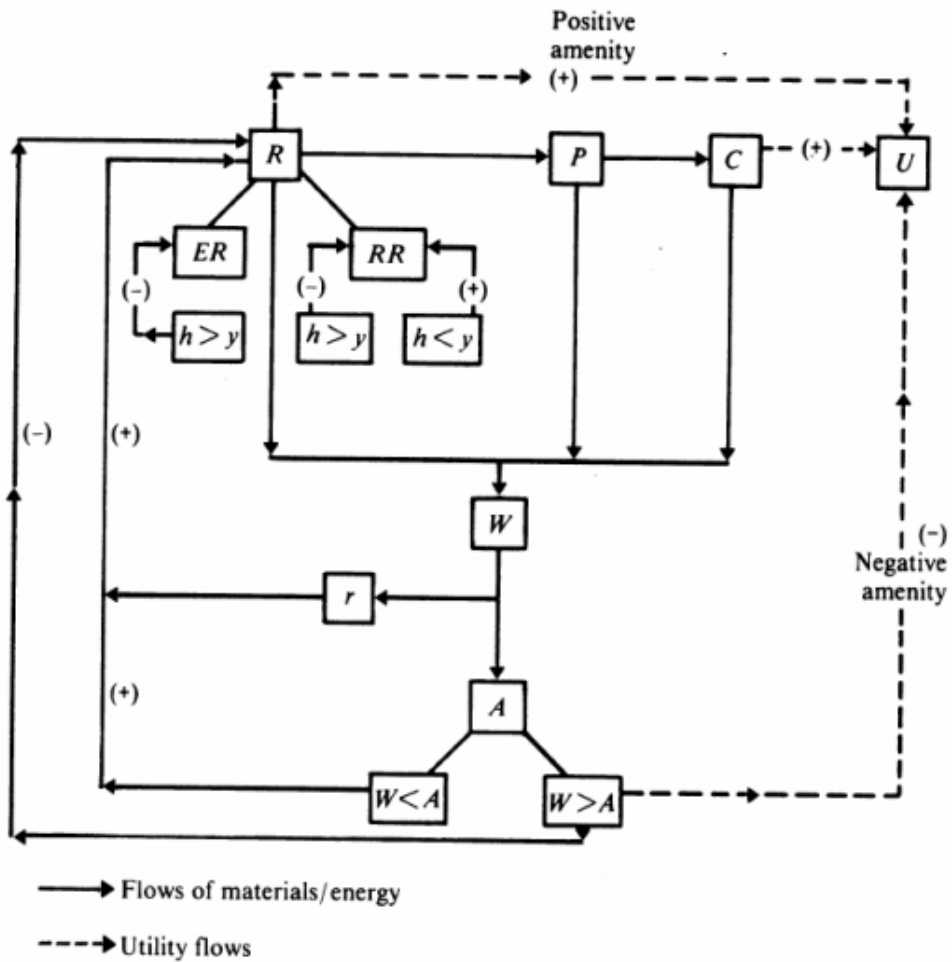


Figure 2.4 The circular economy.

Figur 2 - The circular economy (Pearce and Turner, 1989)

Figur 1 beskriver den lineære modellen som lenge har vært anvendt i den moderne økonomien. Det genereres avfall (W) i alle trinn av et produkts livssyklus, fra ressursutvinning (R), produksjon (P) og konsumering (C). Avfallet fra de ulike trinnene har siden den industrielle revolusjon i liten grad blitt resirkulert eller på annen måte fått forlenget levetid. Derfor har det over tid akkumulert seg store mengder avfall som i dag belaster våre økosystemer. Økosystemer har evnen til å oppta avfall og omforme det til ufarlig eller økologisk anvendbare produkter. Denne evnen baserer seg på assimilasjon, plantenes evne til å oppta uorganiske stoffer og omdanne disse til organiske stoffer. Men denne evnen har sine begrensninger, det må være en balanse mellom mengden avfall som går inn i et økosystem og økosystemets assimileringsevne. Avfallsbalansen som er nødvendig knyttes av Pearce og Turner til Termodynamikkens 1. hovedsetning - *Energi og materie kan ikke forsvinne eller ødelegges, bare gå over fra en form til en annen*. For å gjenoppnå en balanse introduseres en utvidet og sirkulær modell, figur 2, med resirkulering (r) og nytteverdi (U) som nye komponenter. I tillegg deler den utvidede modellen opp i fornybare (RR) og ikke fornybare ressurser (ER), som igjen er knyttet opp til forholdet mellom produsert mengde (y) og utvunnet mengde ressurser (h). Et annet forhold som introduseres i denne modellen er forholdet mellom assimilasjonsevnen (A) og avfall som av ulike grunner ikke resirkuleres. Den helhetlige modellen viser et sirkulært kretsløp som avhenger av balanse mellom naturens kapasitet på den ene siden, og menneskers forbruk på den andre. Figur 2 beskriver godt tankene rundt sirkulære kretsløp, men den beskriver ikke samtidens komplekse sirkulærøkonomi.

2.2 Samtidsforståelse av sirkulærøkonomi

The Ellen MacArthur Foundation, som ble etablert i 2010, er en organisasjon som har til formål å inspirere og fremme tankesett som kan redesigne og bidra til å bygge en positiv fremtid (Ellen MacArthur Foundation, 2013). I rapporten «Towards the circular economy» fra 2013 etableres det som kan defineres som den mest veletablerte definisjonen på sirkulærøkonomi.

“An industrial economy that is restorative or regenerative by intention and design”

- Ellen MacArthur Foundation, 2013

Hva dette innebærer er ikke nødvendigvis like intuitivt. For å belyse omfanget og skape et helhetlig bilde av samtidens sirkulærøkonomi og dens praktiske implementasjon introduseres det i de neste avsnittene syv teorier som The Ellen MacArthur Foundation trekker frem som kjernen i dagens sirkulærøkonomi.

2.2.1 Cradle-to-cradle

I 2002 ga kjemikeren Michael Braungart og arkitekten Bill McDonough ut boken “Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things”. I boken introduseres konseptet Cradle to Cradle, hvor materialer ses på som næringsstoffer i en sirkulær produksjonssyklus (Ellen MacArthur Foundation, 2020). Som inspirasjon til modellen brukes naturens metabolisme, hvor alt inngår i kontinuerlig sykluser. Slutten på organismers liv bidrar til fremvekst av nye. Dette konseptet ønsker Braungart og McDonough å overføre til moderne produksjon. De deler inn i tekniske og biologiske komponenter, som begge ved endt levetid samles inn og fungerer som næringsstoffer i nye produkter. Tanken bak er å eliminere konseptet avfall ved å designe materialer og produkter som har en betydelig restverdi ved endt levetid. Denne restverdien skal sørge for at produsenten ikke bare har en miljømessig, men også en økonomisk interesse av å samle inn sine produkter når forbrukeren er ferdig med dem. Modellen fokuserer også på bruk av fornybar energi og forsvarlig bruk av vannressurser.

I dag opereres det med merkingen Cradle-to-Cradle Certified™, som er en globalt anerkjent sertifisering av produkter laget i tråd med tankesettet til Braungart og McDonough (C2C Products Innovation Institute, 2020). For å oppnå sertifisering vurderes produkter på fem kriterier: Material helse, Material gjenbruk, Fornybar energi, Vannforvaltning og Sosial rettferdighet. Produkter som sertifiseres graderes i hver av de fem kategoriene, og det deles

inn i totalt fem nivåer fra «Basic» til «Platinum». Produktets laveste oppnåelse utgjør det totale sertifiseringsnivået.



Figur 3 - Cradle-to-Cradle (Freerange, 2020)

2.2.2 Performance economy

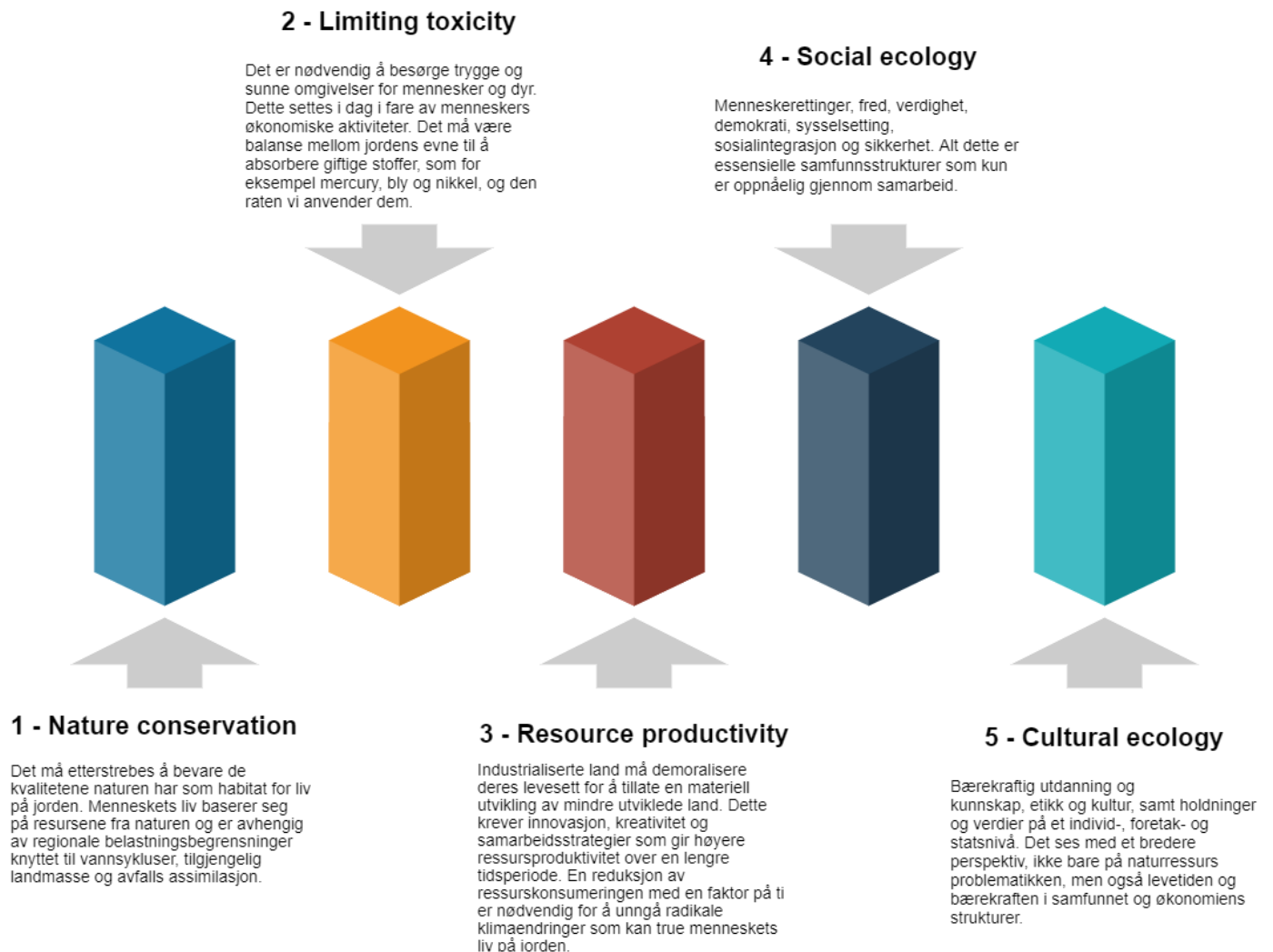
Performance economy er en økonomisk modell utarbeidet av den sveitsiske arkitekten Walter Stahel. Modellen ble introdusert i boken med samme navn «The Performance Economy» i 2006 (Stahel, 2006). Teorien i boken bygger videre på hans tidligere arbeid med service baserte økonomimodeller (Stahel, 1997). I boken adresserer Stahel innledningsvis problematikk han mener er fremtredende hos mange industrialiserte land. Problematikk knyttet til høy ressurskonsumering med tilhørende høy avfallsproduksjon, økt offentlig gjeld, kontinuerlig høy arbeidsledighet og langsom økonomisk vekst. Som en løsning på dette introduserer Stahel «Performance Economy», en servicebasert økonomimodell som skal stimulere til økt velstand og flere arbeidsplasser, samtidig som ressursforbruket reduseres. Modellen ønsker å initiere et skift fra en produksjonsbasert modell til en kunnskapsbasert modell, og med dette bryte med det veletablerte forholdet mellom velstand og ressursgjennomstrømning.

«The shift to the Performance Economy also changes the role of resources: the goods of today are the resources of tomorrow at yesterday's prices»

- Walter Stahel, 2006

Et av de viktigste tiltakene som foreslås i modellen er endringer i skatte- og avgiftspolitikken (Stahel, 2006). Hovedideen er å benytte skatter og avgifter som verktøy for å fremme ønsket adferd. Som tiltak foreslås det et skift i skattelegging fra beskatning av arbeid til beskatning av bruk av ikke-fornybare ressurser. Ved riktig utførelse gir dette tiltaket klare incentiver til

bærekraftig utvikling med redusert forbruk av kritiske ressurser, samtidig som det stimulerer til lavere arbeidsledighet. Drivkraften bak overgangen til den nye modellen er bærekraft, og som en viktig del av systemet introduserer Stahel «The five pillars of sustainability». Disse «pillarene» tar for seg systemer som moderne bærekraft må basere seg på.



Figur 4 - Five Pillars of Sustainability. Egen illustrasjon. (Stahel, 2006)

2.2.3 Regenerativ design

Som begrep knyttes regenerativ design til økologiske tankesett, tanker som startet å blomstre frem allerede på slutten av 1800-tallet med den britiske byplanlegger og arkitekten Ebenezer Howards bok «To-Morrow: A Peaceful Path to Social Reform», senere re-publisert under navnet «Garden Cities of To-Morrow» (Mang and Reed, 2012). I boken introduserer Howard et tankesett og en utopi hvor mennesket og natur lever i harmoni. En annen tidlig

påvirkning kom fra Patric Geddes, en skotsk biolog, som i sine studier fra 1915 benyttet begrepene «Paleotechnic» og «Neotechnic» til å skille mellom den destruktive veksten av menneskelig bosetninger skapt av den industrielle æraen og den etterfølgende æraen han mente kom til å ende denne trenden. Det var med de samme begrepene John T. Lyle, 80 år etter Geddes, differensierte den industrielle æra og regenerative teknologier. I 1984 publiserte Lyle boken «Design of Human Ecosystems» hvor han definerer økosystemer som *«places in which human beings and nature might be brought together again»*. I boken introduseres også mange av konseptene som la grunnlaget for hans videre arbeid med regenerativ design. I 1996 publiserte han boken «Regenerative Design for Sustainable Development». Boken er skrevet som en guide, hvor både teori og bruk av regenerativ design forklares. De viktigste konseptene i designmetodikken er å reversere miljøskadene skapt av industriell bruk av områder. Som kjerne til miljøproblematikken peker Lyle på menneskers forenkling av naturens komplekse adaptasjoner til lokale forhold. I det han omtaler som «paleo» design og teknologi finner man enkle former og mønstre som lett kan kopieres og gjenbrukes hvor som helst. Det denne modellen ikke har integrert er naturens kontinuerlig sykluser med gjenvinning av materialer og energi, en av kjerneprosessene i jordens operativsystem. Vårt lineære system vil med tiden ødelegge området det avhenger av, eller som Lyle skriver i sin bok:

“The clock is always running and the flows always approaching the time when they can flow no more.»

- John T. Lyle, 1996

Moderne regenerativ design skaper et rammeverk for å skape, bruke, adaptere og integrere en kombinasjon av moderne og eldre teknologier til design, drift og evolusjon av bærekraftig bygde omgivelser (Mang and Reed, 2012). Som resultat ønskes det å forbedre menneskers helse gjennom produksjon og gjenoppfinnelse av overskudds ressurser og energi som kan øke kapasiteten til det underliggende støttesystemet et område trenger for å være motstandsdyktig og ha en positiv evolusjon.

2.2.4 Biomimicry

Biomimicry eller biomimic er et begrep som beskriver design inspirert av naturen. Begrepet ble først tatt i bruk av den amerikanske forskeren Otto Schmitt i 1969, men ble popularisert gjennom boken «Biomimicry – Innovation Inspired by Nature» skrevet av biologen Janine Benyus i 1997 (Pedersen Zari, 2018). Benyus trekker frem tre nøkkelprinsipper som biomimic baseres på.

1. Naturen som modell - Bruke naturens modell til inspirasjon for design for å løse menneskelige problemer.

2. Naturen som mål - Bruke økologiske standarder til å vurdere graden av bærekraft i våre innovasjoner.

3. Naturen som mentor - Bruke biomimic til å redefinere hvordan mennesker forholder seg til naturen. Med fokus på hva vi kan lære av den, ikke hva vi kan utvinne fra den.

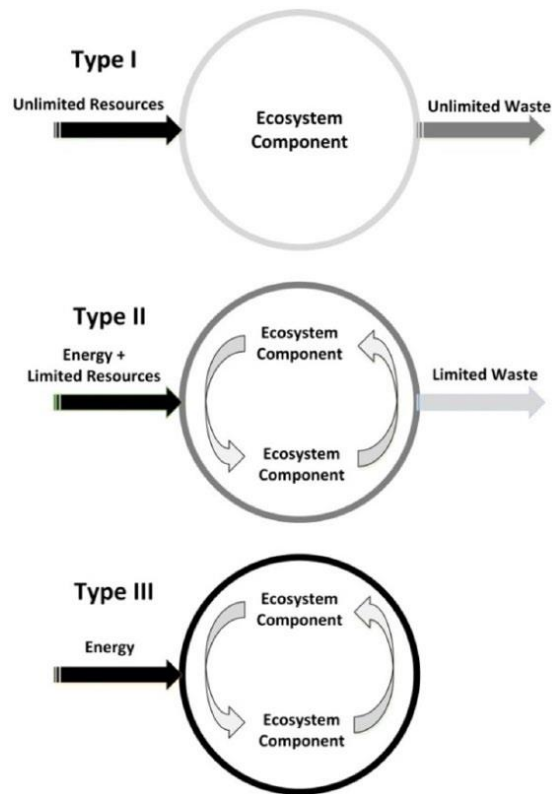
«We practiced a human-centered approach to management, assuming that nature's way of managing had nothing of value to teach us.»

- Janine Benyus, 1997

Formålet med tilnærmingen er å skape produkter, prosesser og retningslinjer som løser våre utfordringer bærekraftig og i solidaritet med alt liv på jorden (The Biomimicry Institute, 2020). Teorien vektlegger det faktum at artene som lever rundt oss har løst mange av utfordringene mennesker arbeider med i dag. Det som er vår oppgave er ikke å finne opp strategier og løsninger, den er å lære oss å implementere løsningene som allerede finnes i naturen.

2.2.5 Industrial Ecology

Industriell økologi tar for seg studien av material- og energistrøm gjennom industrielle systemer (Ellen MacArthur Foundation, 2020). Formålet er å skape prosesser som opererer i lukkede kretsløp, slik at avfall fungerer som input og på denne måten eliminerer uønskede biprodukter. Økologien i dette kan deles inn i to, hvor den første delen handler om hvordan man ser til naturlige systemer som modell for industriell aktivitet (Lifset and Graedel, 2002). Biologiske systemer er effektive på resirkulering av ressurser og er gode inspirasjonskilder for material- og energisyklus i industri. Den andre delen omhandler hvordan industrien plasseres inn i og forholder seg til økosystemet den inngår i. Det som er ønskelig er en symbiose, hvor industrien hensyntar økosystemenes bæreevne og med dette ikke undergraver økosystemene som tilbyr kritiske tjenester til menneskeheten.



Figur 5 -Resource flow model (Graedel and Allenby, 1995)

I boken «Industrial Ecology and the Automobile», utgitt i 1995, presenterer Graedel og Allenby en modell, figur 5, som beskriver tre nivåer av økosystemer. De forskjellige nivåene avhenger av forskjellig grad av input og generer ulik grad av output. Det første nivået er et lineært system, med ubegrenset ressursbruk og avfallsgenerering. Det tredje nivået beskriver idealet i den industrielle økologien, et lukket sirkulært system som kun avhenger av energi som input.

2.2.6 Natural Capitalism

Natural capitalism som begrep ble formulert av Paul Hawken, det videre arbeidet og utgivelsen av boken med samme navn var et samarbeid mellom Paul Hawken, Amory Lovins og Hunter Lovins. Boken som ble utgitt i 1999 samler trådene og bygger videre på Hawkens bok «The Ecology of Commerce» fra 1993 og «Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use», en bok utgitt av Amory og Hunter Lovins i 1995. I boken foreslås en ny tilnærming til kapitalisme, en tilnærming som har til formål å redusere ressursforbruk samtidig som levestandarden øker. Modellen tar ikke bare hensyn til ressursene vi utvinner fra naturen, men også de levende systemene naturen består av. Prinsippene i Natural Capitalism har mye til felles med andre teorier presentert. Det ses til naturen for inspirasjon

og det ønskes et skift fra produktbasert til tjenestebasert business modell. Løsningen på det økende menneskelige behovet ligger i økt investering i naturlig kapital gjennom gjenoppretting av naturlig ressurser. Det ønskes videre produksjonssykluser hvor rester fra produksjon enten går tilbake til naturen som ufarlig næringsstoffer eller anvendes i produksjon av andre produkter (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

2.2.7 Blue Economy

I 2004 etablerte den belgiske businessmannen Gunter Pauli "ZERI in Action", og gjennom denne organisasjonen introduserte han begrepet "Blue Economy" (The Blue Economy, 2019). Blue Economy er en open-source bevegelse som samler inn forbildeprosjekter med søkelys på lokale løsninger som skaper vekst ved å redusere forbruk. Målet med bevegelsen er å løse miljøproblematikk på nye måter og med dette skape nye jobber. Som viktig inspirasjon for arbeidet har det blitt introdusert 21 prinsipper. De fleste prinsippene baserer seg på hvordan våre prosesser kan forenkles og effektiviseres ved å se på hvordan ting løses i naturen. Det påpekes i flere av prinsippene hvordan det moderne samfunnet skiller seg fra naturen blant annet med vårt lineære system, vår standardiserte industri og vårt manglende fokus på bruk av ressurser som er lokalt tilgjengelig. Store mengder ressurser benyttes i dag til å anskaffe, prosessere og eksportere råvarer vi har lite av, fremfor å forsøke å dekke behovet med ressurser vi har overflod av.

I boken "The Blue Economy: 10 year - 100 innovations - 100 million jobs" forsøker Pauli å beskrive fordelene med å koble miljø- og klimaproblematikk til open-source forskning. Det foreslås også et skift fra en industri med høyt forbruk av sjeldne- og energikrevende ressurser til en industri som benytter enklere og renere teknologier basert på lokal tilgjengelighet. For å løse denne overgangen forsøker boken å inspirere entreprenører til å ta til seg prinsippene og skape økonomisk vekst gjennom å skape arbeidsplasser og redusere energi- og ressursforbruk.

2.2.8 Den røde tråden – Et sirkulært tankesett

Hver av teoriene over presenterer sitt eget tankesett og sin egen tilnærming til hvordan man skal løse morgendagens problemer. Det er ulike aspekter som vektlegges i de forskjellige teoriene og omfanget varierer. Det er først når man kombinerer teoriene og setter de i system vi får et helhetlig bilde av løsningene som må implementeres for å sikre et levesett som tar hensyn til planetens bæreevne. Det kan ses en rød tråd i tankesettene, det er denne

røde tråden som er kjernen i samtidens sirkulærøkonomi. Overordnet kan det sies at formålet er å redusere ressursforbruket til et bærekraftig nivå, uten å redusere fortjenesten. Vår natur har sine begrensninger, den har en rate den kan bryte ned avfallsstoffer med og en rate den kan bygge opp igjen de fornybare ressursene med. For å få til et bærekraftig forhold mellom menneske og natur må begge disse faktorene være i balanse. For å oppnå denne balansen trekkes det i mange av teoriene linjer til naturens løsninger. Naturens biologiske systemer er naturlig fri for avfall og er med dette gode forbilder. For å skape avfallsfrie systemer må det opprettes helhetlige og lukkede systemer som tar hensyn til hele livssyklusen til produktene som produseres. Det må etableres strategier som legger til rette for god håndtering og oppfølging gjennom hele kretsløpet med utvinning, transport, produksjon, konsum, avfallshåndtering og implementasjon i nye produksjonssykluser. Som del av denne prosessen må mengden biprodukter fra produksjon minimeres. Dette foreslås løst gjennom sammenkobling med andre produksjonssykluser hvor biproduktene kan inngå som ressurser. Et annet viktig verktøy for å redusere overforbruk er en overgang fra dagens produktbaserte modell til en tjenestebasert modell. Under 25% av arbeidskraften som skal til for å produsere et produkt brukes til å produsere grunnmaterialer, det vil altså si at mer enn 75% av arbeidskraften brukes i produksjonsfasen (Stahel, 1997). Samtidig benyttes det tre ganger så mye energi for å utvinne jomfruelige materialer som det brukes for å produsere produkter fra dem. Ved å redusere behovet for jomfruelige materialer vil det oppstå et behov for å flytte arbeidskraft vekk fra materialutvinning til produksjon og tjenestebaserte arbeidsplasser. I den nye modellen vil reparasjon og vedlikehold få en mer sentral rolle for å sikre at produkter beholder høyest mulig verdi så lenge som mulig. Gjennom skift i modell kan det altså skapes arbeidsplasser, samtidig som material- og energiforbruket reduseres. I en tjenestebasert økonomi vil produsenter selge tjenester eller tilgang til produkter, fremfor selve produktet. Et innovativt eksempel er Philips arbeid med å selge lys som en tjeneste fremfor produkter som lyspærer og lamper (Philips, 2017). Deres tjeneste kan innebærer lysdesign, installasjon og full drift av belysning. Som kunde betaler man for lyset som leveres i en «betal per leverte lux» modell fremfor tradisjonelt kjøp av lyspærer. Dette skiftet i modell sørger for at økt levetid for produkter går fra å være noe som gir reduksjon i salg til å være noe som sikrer stabil inntekt. Samtidig sikrer modellen at produsent får produktene tilbake i sitt kretsløp ved utskifting eller oppsigelse av tjenesten. Et mer tradisjonelt eksempel på tjenestemodell er salg av mobilitet i form av kollektivtransport, bysykler og leasing. Samarbeid er et av nøkkelordenene som karakteriserer sirkulærøkonomi. Forskjellige former og grader for samarbeid presenteres i de ulike modellene. Eksempelvis samarbeid for effektiv utnyttelse av biprodukter som trekkes frem i både Industrial Ecology og Natural Capitalism. I Blue Economy argumenteres det for gevinstene som kan skapes ved utstrakt brukt av open-source forskning og i Stahels Performance Economy trekkes samarbeid inn

gjennom pilaren Social Ecology, hvor det påpekes at samarbeid er nødvendig for å oppnå de ønskede samfunnsstrukturene.

Samtidens sirkulærøkonomi krever at vi sammen arbeider for å skape lukkede og regenerative systemer som bygger opp, fremfor å bryte ned støttesystemene våre bygde omgivelser avhenger av. Helt essensielt for å oppnå dette er et brudd i koblingen mellom ressursgjennomstrømning og økonomisk vekst. I sirkulærøkonomien er det ikke lenger tilgangen til råvarene som er nøkkelen til økonomisk vekst, men tilgang til kunnskap. Samtidens sirkulærøkonomi innebærer inkorporeringen av et alt omfattende livsløptankesett underbygget av kunnskapsbasert utvikling og multisektoriell samhandling.

2.3 Sirkulærøkonomi i Europa

Som en grunnmur i utviklingen av sirkulærøkonomien ligger et ønske og et behov for en bærekraftig utvikling som tar hensyn til jordkloden og alt som lever på den. For å styre oss i riktig retning har FN utviklet 17 bærekraftsmål og 169 delmål (FN, 2015). I arbeidet med utformingen av morgendagens økonomi kan bærekraftsmålene fungere som gode styringsparametere.

I desember 2015 la Europakommisjonen frem handlingsplanen «Closing the loop – An EU action plan for the circular economy» (European Commission, 2015b). Handlingsplanens formål er å støtte overgangen til en sirkulær økonomi i EU, og med dette bidra til at FN når sine bærekraftige utviklingsmål (SDGs) innen 2030. Implementasjon av sirkulærøkonomi kan bidra til oppnåelsen av flere av bærekraftsmålene, men retter seg særlig inn mot oppnåelse av bærekraftsmål 12 – Ansvarlig forbruk. I handlingsplanen introduserer Europakommisjonen 54 konkrete tiltak fordelt over syv kategorier: Produksjon, Konsumering, Avfallshåndtering, Avfall til ressurs, Prioritetsområder, Innovasjon og investering, samt Måling av fremdrift mot sirkulærøkonomi. Som en oppfølging av dette arbeidet ble det i mars 2019 publisert en rapport som punktvis beskrev utførte tiltak knyttet til hver av de 54 punktene i handlingsplanen fra 2015 (European Commission, 2019b). Rapporten viser at samtlige planlagte tiltak er utført, men at arbeidet knyttet til flere av punktene er pågående arbeid.

I parallell med dette arbeides det med et mer overordnet og langsiktig mål om klimanøytralitet i Europa innen 2050. Som del av dette arbeidet ble «Green Deal» introdusert i siste kvartal i 2019. Green Deal er et veikart for utviklingen av den europeiske økonomien i

retning av en bærekraftig fremtid (European Commission, 2019a). En av kjernestrategiene i Green Deal er en mobilisering av industrien i retning av en ren og sirkulær økonomi. For å lede Europas nasjoner, industri og befolkning i riktig retning ble det 11. mars 2020 publisert en oppdatert versjon av handlingsplanen for sirkulærøkonomi. Planen er i likhet med tidligere utgave delt opp i kategorier med målrettede tiltak for å sikre økt sirkulærhet. Den første kategorien tar for seg produksjonsprosessen. Her er et av de foreslåtte tiltakene å sikre avfallsreduksjon ved å implementere reguleringer som sikrer økt holdbarhet, ombrukbarhet og oppgradering- og reparasjonsmuligheter, samtidig som energi- og ressurseffektiviteten økes. Økt bruk av sekundærråvarer, digitalisering og innovative løsninger som «produkt som tjeneste» er også blant det som trekkes frem i kapitlet om produksjonsfasen. I kapittel tre trekkes det frem syv sentrale verdikjeder. Elektronikk, Batteri og kjøretøy, Emballasje, Plast, Tekstil, Byggenæringen og Mat, vann og næringsstoffer. Grunnet denne oppgavens innhold og omfang vil kun byggenæringen trekkes frem her. I planen begrunnes det målrettede fokuset på byggenæringen med stort ressursforbruk, stor andel av total avfallsproduksjon og høye drivhusgassutslipp. Som tiltak legger kommisjonen frem økt holdbarhet, digitalisering, krav til bruk av sekundære råvarer og økt fleksibilitet i byggene som oppføres. Som del av dette arbeidet ønskes en revisjon av dagens byggevareforordning med fokus på CE-merking. Det vurderes også en revisjon av kravene satt til materialgjenvinning i avfallsdirektivet. Det vil gjøres tiltak for å øke bruken av det europeiske rammeverket Level(s) for å sikre integrasjon av livssyklusanalyse i offentlig anskaffelser og finansiering av bærekraftige byggverk. Kommisjonen trekker også frem det pågående renovasjonstiltaket som har til formål å gi et betydelig løft i energieffektiviteten til bygningsmassen i Europa. Renovasjonstiltaket er også i tråd med sirkulære tankesett da det vil sørge for økt levetid for eksisterende bygg. Handlingsplanens neste kapitler tar for seg mer overordnede tiltak knyttet til avfallshåndtering (4), sirkulærøkonomi for befolkning, regioner og byer (5), samspill med andre fagdisipliner og fokusområder (6), global innsats (7) og monitorering av fremdrift (8).

Mange av EUs medlemsland, blant dem noen av de nordiske landene, har utviklet både regionale og nasjonale strategier for implementasjon av sirkulærøkonomi (European Economic and Social Committee, 2019). Allerede høsten 2016 publiserte både Nederland og Finland sine veikart for sirkulærøkonomi, henholdsvis «A Circular Economy in the Netherlands by 2050» og «Finish road map to a circular economy 2016-2025». Etter dette har mange av de andre EU-landene publisert sine strategier, blant dem Danmark i september 2018. Omfanget av strategiene varierer, men felles for de fleste er klare insentiver og ressursbidrag fra regjeringen, samt målrettede strategier og tiltak som kan bidra i transisjon fra lineær- til sirkulær økonomi.

For å måle global progresjon mot sirkulærhet har Circle Economy siden 2018 utarbeidet «Circular Gap Report». Rapporten har til formål å måle graden av sirkulærhet på globalt nivå. Det kan ses likheter mellom denne målingen og et tankesett introdusert i Kenneth E. Bouldings essay fra 1967 introdusert tidligere i kapittelet. Hans forslag var å splitte målingen av bruttonasjonalprodukt i to. En andel som viser delen av bruttonasjonalprodukt som stammer fra fornybare ressurser og en som tar for seg andelen som stammer fra ikke-fornybare ressurser. Den nyeste utgaven av Circular Gap Report ble utgitt under World Economic Forum i Davos i januar 2020. Rapporten viser at vi på globalt nivå er 8.6% sirkulære (Circle Economy, 2020). Dette vil si at kun 8.6% av ressursene som utvinnes finner veien tilbake til det sirkulære kretsløpet. Tross økt innsats ses en nedgang på 0.4% fra fjorårets rapport. En av grunnene til dette er trolig oppgang i globalt materialforbruk. I 2019 ble en ny grense nådd, 100 milliarder tonn materialer entret verdensøkonomien. Over halvparten av dette, 52.6%, er materialer som har kort levetid, typisk mindre enn ett år.

2.4 Sirkulærøkonomi i Norge

“Norge skal være et foregangsland i utviklingen av en grønn, sirkulær økonomi som utnytter ressursene bedre, og utarbeide en nasjonal strategi om sirkulærøkonomi.”

- Regjeringen, 2019

Dette er en av konklusjonene i Granavolden-plattformen utarbeidet av den da sittende regjeringen i januar 2019 (Regjeringen, 2019a). Norge har klare ambisjoner om å bli mer sirkulære, det arbeides både på offentlig og privat nivå med strategier og dirkede tiltak for å øke sirkulærheten i det norske samfunn. Hvor sirkulære Norge er i dag finnes det fortsatt ingen tall på, men Circular Norway, en frittstående medlemsorganisasjon som arbeider med å fremme sirkulær vekst i Norge, er i gang med arbeidet. De startet i 2019 med utarbeidelsen av en norsk utgave av Circular Gap Report (Circular Norway, 2019a). I tillegg til å måle graden av sirkulærhet vil rapporten peke på muligheter, utfordringer og komme med forslag til tiltak som kan øke sirkulærheten i den norske økonomien.

Fremveksten av sirkulærøkonomien i Norge avhenger i stor grad av arbeidet som utføres av Europakommisjonen. Nylig forpliktet Norge seg til en ny klimaavtale som går frem mot 2030 (Regjeringen, 2019b). Denne avtalen innebærer blant annet en forpliktelse til å kutte utslipp fra transport, bygg, avfall og jordbruk med 40% innen 2030. Videre forplikter avtalen til årlig rapportering av utslippsregnskap til kontrollorganet ESA for vurdering av progresjon. I tillegg til denne avtalen vil målene og strategiene lagt frem i Green Deal trolig være førende for

Norges sirkulære politikk og utviklingen i det norske markedet i årene som kommer.

2.4.1 Regjeringen og Stortinget

I juni 2017 publiserte Klima- og miljødepartementet Meld. St. 45 (2016-2017) – «*Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi*». I meldingen til stortinget legges implementasjon av sirkulærøkonomi frem som et tiltak for å øke ressurseffektiviteten og med dette styrke næringslivets grønne konkurransekraft (Klima- og miljødepartementet, 2017). Meldingen tar utgangspunkt i Europakommisjonens handlingsplan fra 2015, men omfanget er begrenset til avfallspolitikk. I skrivende stund arbeides det også med utarbeidelse av en nasjonal strategi for sirkulærøkonomi. I november 2019 utlyste Klima- og miljødepartementet en offentlig anskaffelse for utarbeidelsen av en rapport som gir et helhetlig kunnskapsgrunnlag for sirkulær økonomi. Formålet med rapporten er å skape et godt grunnlag for videre utarbeidelse av den nasjonale strategien for sirkulær økonomi i Norge (Klima- og Miljødepartementet, 2019).

2.4.2 Offentlig forvaltning og privat sektor

Både bedrifter i offentlig forvaltning og det private markedet har fått øynene opp for sirkulære løsninger, men det kreves stor innsats, tid og risikovilje for å mobilisere et samlet næringsliv til å implementere et radikalt nytt tankesett. Det er valgt å avgrense videre forskning til byggenæringen, og i forlengelse av dette avfall- og gjenvinningsbransjen. Økt sirkulærhet i byggenæringen er helt avhengig av gode løsninger i avfall- og gjenvinningsbransjen. En sirkulær avfall- og gjenvinningsbransje er samtidig avhengig av økt etterspørsel etter sekundærråvarer og god sortering fra bygg- og anleggsbransjen.

«Vi trenger samarbeid på tvers av sektorer. En enkelt sektor, heller ikke vi i bygg, kan lykkes med den sirkulære omstillingen alene.»

- Anne Solgaard, Grønn Byggallianse, 2020

For å overkomme utfordringene bransjene står overfor kreves det forskning og innovasjon. Forskning og innovasjon innebærer at noen må påta seg et ansvar og en risiko for å bære næringen fremover. I 2018 gikk 26 aktører sammen med innovasjonsstudioet Æra for å danne Byggflokken (Byggflokken, 2019). Formålet med Byggflokken er å fremme bærekraft og sirkulærøkonomi i bygg-, anlegg og eiendomsbransjen. I tillegg til private aktører fra byggebransjen er aktører fra offentlig forvaltning, miljø- og bransjeorganisasjoner, samt avfallsbransjen representert. Flokke er et samarbeids- og innovasjonsverktøy som har til

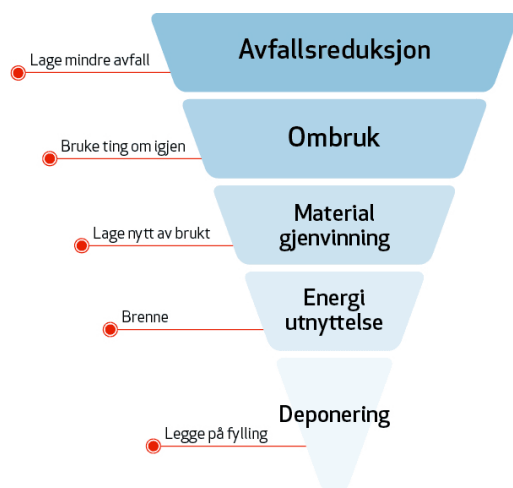
formål å sette sammen aktører på tvers av sektorer og verdikjeder for å løse samfunnsutfordringer (Æra, 2020). Gjennom Byggflokken har de 26 aktørene arbeidet sammen for å identifisere nye muligheter for sirkulær og bærekraftig vekst i næringen. Arbeidet har til nå resultert i publiseringen av Byggeklusser og Reformater. I Byggeklusser presenteres 19 nøkkelinnsikter, dette er resultat av det innledende arbeidet til Byggflokken. Nøkkelinnsiktene, eller byggeklussene, har til formål å fungere som verktøy i konseptutviklingen av bærekraftige løsninger for byggenæringen. Reformater er resultatet av konseptutviklingen, ni konkrete konsepter fordelt over tre overordnede kategorier: Bærekraftig drift, Bedre bestilling og Utforming for ombruk. Konseptene er bærekraftige og innovative løsninger som utfordrer etablerte sannheter og åpner for nye grønne forretningsmuligheter.

2.4.3 Avfalls- og gjenvinningsbransjen

«Vi er ferdig med å være den aktøren som bare henter søpla di. Dette er i ferd med å bli høyteknologisk prosessindustri hvor man er en global råvareprodusent»

- Thomas Mørch, Norsk Gjenvinning, 2020

Avfalls- og gjenvinningsbransjen er en bransje som har gjort beviste valg og lagt målrettede strategier for å oppnå økt sirkulæritet. Motivasjonen bak dette kan ligge i EU sitt avfallsrammedirektiv fra 2008. Ett av kravene i direktivet er 70% resirkulering av avfall fra bygg- og anleggsbransjen i 2020 (European Parliament and Council, 2008). Som del av avfallsdirektivet ble det også introdusert et hierarki for håndtering av avfall, hierarkiet vises i figur 6, Ressurspyramiden. Pyramiden viser et bilde på prioriterte tiltak i avfalls- og gjenvinningspolitikken i Norge og Europa.



Figur 6 – Ressurspyramiden. (Avfall Norge)

Tidligere har bransjens fokus vært på de tre nederste trinnene i pyramiden. I årene fremover vil det være nødvendig for bransjen å søke oppover i pyramiden, særlig gjennom økt grad av materialgjenvinning. Videre vil det være viktig at bransjen bidrar til avfallsreduksjon gjennom kunnskap og løsninger som fremmer ressurseffektivisering.

I Green Deal veikartet, introdusert tidligere i kapittelet, legges det frem tiltak som har til formål å besørge en god avfallspolitikk i Europa og med dette tilrettelegge for betydelig reduksjon av avfall (European Commission, 2019a). Veikartet påpeker at det for avfallet som ikke kan unngås, må gjøres tiltak som på en bærekraftig måte sikrer den økonomiske verdien til avfallet. Som tiltak for å styre markedet foreslås ny lovgivning med konkrete mål og handlinger. En viktig del av strategien er å fremme markedet for sekundærråvarer og biprodukter, også her vurderes det å innføre rettslige krav. Kravene som vurderes vil pålegge produsenter innen forpakning, kjøretøy, bygningsmaterialer og batterier å bruke en minimumsandel resirkulerte materialer i sine produkter. Kommisjonen mener videre at avfallseksport ut av EU bør opphøre, og foreslår en revisjon av de tilhørende reglene.

For å være i stand til å møte endringene bransjen står overfor ble det i 2016 satt sammen en arbeidsgruppe bestående av Avfall Norge, Norsk Gjenvinning og VESAR. Sammen med Avfall Norges sirkulære utvalg utarbeidet de «*Avfalls- og gjenvinningsbransjens veikart for sirkulærøkonomi*» (Strand and m.fl, 2016). Veikartet har til formål å formidle mulighetene som ligger i sirkulærøkonomi og beskrive avfalls- og gjenvinningsbransjens rolle i transisjonen fra den lineær- til den sirkulære økonomien. Som en viktig del av overgangen vektlegges et markant skift i bransjens rolle. Skiftet innebærer en overgang fra å være en aktør som samler inn og håndterer avfall til å være produsent og distributør av råvarer.

Som del av arbeidet med veikartet har The Club of Rome, på forespørsel fra Avfall Norge, utarbeidet en studie som tar for seg mulighetene i overgangen til sirkulærøkonomi i Norge. Club of Rome er et globalt nettverk av forskere, økonomer, businessmenn- og kvinner, høyt rangerte embetsmenn og tidligere statsoverhoder (The Club of Rome, 2020). Rapporten anslår at det kan skapes rundt 50.000 nye arbeidsplasser, CO₂-utslipp kan reduseres med cirka 7% og det vil kunne skapes en midlertidig økning i BNP på rundt 2% (Wijkman and Skånberg, 2016). Grunnen til at økning i BNP anses som midlertidig er at konkurransefortrinnet skapt av tidlig overgang til en sirkulær modell vil gå ned etter hvert som flere land beveger seg mot sirkulære løsninger.

Veikartet kommer med anbefalinger til både bransjeaktører og myndigheter. Samarbeid trekkes frem som en av de viktige faktorene for å øke ressurseffektiviteten og fremme bruk av resirkulerte råvarer. Det foreslås også etablering av standarder og kvalitetskrav da dette kan stimulere til økt etterspørsel etter resirkulerte råvarer. Myndighetene anbefales å ta på seg et større ansvar når det kommer til sin rolle som kravstiller, pådriver og tilrettelegger. Som kravstiller fordres myndighetene til å utvikle en nasjonal strategi for ressurseffektivitet og innføring av produsentansvar. Som pådriver foreslås det at myndighetene stiller krav til

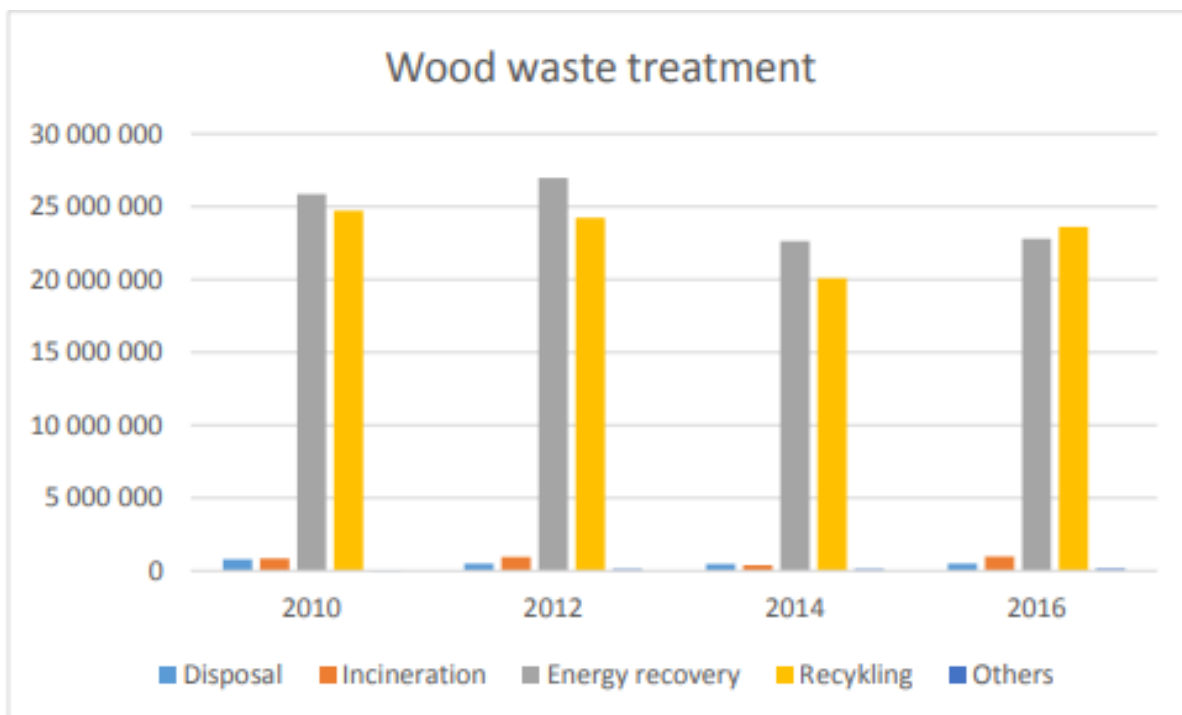
bruk av resirkulerte råvarer og ressurseffektive løsninger, samt vektet dette ved vurdering av anbudskriterier for offentlige anskaffelser. Det anbefales også å allokere forskningsmidler til forskning som kan fremme kunnskap om realisering av den sirkulære økonomien. Som tilrettelegger anbefales det at myndighetene bidrar til en strykning av miljømerkeordninger i retning sirkulære løsninger, tilrettelegger for import og eksport av resirkulerte råvarer, samt sørger for at gjeldende regelverk følges opp og at gjeldende strafferammer og sanksjoner har preventiv effekt.

Byggebransjen står for en betydelig del av den totale avfallsproduksjonen, i 2018 genererte byggebransjen rundt 25% av den totale avfallsmengden i Norge (SSB, 2020). For sortering på byggeplass gjelder i dag byggteknisk forskrifts krav om kildesortering av 60 vektprosent av det totale avfallet (DiBK, 2017a). I bransjen opereres det av flere ledende aktører med langt høyere sorteringsgrad, i et prosjekt gjennomført i samarbeid mellom AF gruppen og Norsk Gjenvinning ble det nylig oppnådd en sorteringsgrad på 100% (Bygg.no, 2019).

«I Norge er vi ganske gode på sortering av byggavfall, men vi er foreløpig ikke så gode til å sikre at gamle byggematerialer gjenvinnes.»

- Anne Solgaard, Grønn Byggallianse, 2020

Selv om det ses en svært høy sorteringsgrad i mange prosjekter blir fortsatt mye av avfallet gjenvunnet langt ned i ressurspyramiden. En av grunnene til dette er manglende avgift på forbrenning av enkelte typer avfall. Dette gjør at det i dag er mer lønnsomt å forbrenne fremfor å materialgjenvinne. Trevirke faller innenfor denne kategorien da det er utelatt fra avfallsforskriftens kapittel 10 som tar for seg forbrenning avfall (Lovdata, 2004). Slik lovverket er utformet i dag skaper det svært lave insentiver for iverksetting av produksjon av avfallsbasert trevirkeprodukter i Norge. Sett i sammenheng med Europa er dette en av avfallsstrømmene Norge presterer svært dårlig på.



Figur 7 - Avfallsbehandling av trevirke i Europa (Borzecka, 2018)

Avfallsmengder i Norge etter behandling og materiale. 1 000 tonn.

	2018	
	I alt, uten lett forurensede masser	Treavfall
Avfallsbehandling i alt	11822	769
Levert til materialgjenvinning	3898	54
Biogassproduksjon	249	1
Levert til kompostering	319	4
Brukt som fyll- og/eller dekkma:	448	0
Levert til forbrenning	3713	704
Levert til deponering	2388	0
Annen behandling	788	6
Levert til ukjent behandling	18	0
Kilde: Statistisk sentralbyrå		

Figur 8 - Avfallsbehandling av trevirke i Norge (SSB, 2020)

For at byggenæringen skal nå de ambisiøse målene om 70% materialgjenvinning må det gjøres betydelig grep. I tillegg til trevare er betong og tegl store avfallsstrømmer som i dag går til deponi (SSB, 2020). Skal målene nås må en samlet byggenæring sammen med avfallsbransjen arbeide med løsninger som i første omgang kan redusere, men også finne høyverdig materialgjenvinningsalternativer for disse avfallsstrømmene.

2.4.4 Byggenæringen

“The Commission will take a series of actions to ensure recovery of valuable resources and adequate waste management in the construction and demolition sector, and to facilitate assessment of the environmental performance of buildings.”

- Europakommisjonen, 2015 (European Commission, 2015b)

Som nevnt tidligere i kapittelet trekkes byggenæringen frem som et prioriteringsområde i Europakommisjonens handlingsplaner fra 2015 og 2020. På bakgrunn av dette har Tematic Group 3, på vegne av Europakommisjonen, utarbeidet en egen veileder for sirkulære prinsipper i bygningsdesign (European Commission, 2020b). I veilederen har de delt tiltakene som skal til for å sikre en sirkulær byggenæring i tre overordnede kategorier. Kategoriene som er satt opp er Holdbarhet (Durability), Tilpasningsevne (Adaptability), samt Avfallsreduksjon og fasilitering for høykvalitets avfallshåndtering (Reduce waste and facilitate high-quality waste management).



Figur 9 - Europakommisjonens kriterier. Egen illustrasjon. (European Commission, 2020b)

Transisjonen til sirkulærøkonomien i byggenæringen har allerede startet, innovative og fremoverlente aktører har begynt å arbeide med høyere sorteringsgrader, stille strengere krav og tar i bruk ombrukskomponenter. De første norske forbildeprosjektene for sirkulære bygg har begynt å dukke opp, et eksempel er det pågående prosjektet Kristian August gate 13 (KA13) i Tullinkvartalet i Oslo. Prosjektet innebærer renovasjon av et bygg som opprinnelig ble oppført på slutten av 50-tallet, samt utvidelse med et tilbygg. Eierne Entra og arkitektkontoret MAD har lagt til grunn ambisiøse sirkulære prinsipper hvor så mye som mulig er forsøkt løst med bruk av ombruksmaterialer i både eksisterende bygg og i det nye tilbygget.



Figur 10 - KA13. Illustrasjon hentet fra FutureBuiltts side for prosjektet. (FutureBuilt, 2020)

En svært krevende del av prosjektet er arbeidet med ombruk av stål- og betongelementer i bærekonstruksjonen til det nye tilbygget. For å løse utfordringene knyttet til ombruk har prosjektet fått støtte fra Futurebuilt (Nordby and Shine, 2020). Gjennom en møteserie med flere ressurspersoner fra ulike bransjeaktører har det blitt satt fokus på utfordringer knyttet til ombruk av bygningselementer, særlig i forbindelse med bærekonstruksjon. Formålet med arbeidsmøtene er å etablere en metode for kvalitetssikring og dokumentasjon i henhold til dagens regelverk. I et av de gjennomførte intervjuene, presentert senere i oppgaven, trekkes transformasjonen av Mindemyren i Bergen frem som et annet prosjekt hvor det arbeides med sirkulære løsninger. Området som i dag er preget av lager- og industribygninger skal bli et moderne og urbant næringsområde. I prosjektets planer inngår tilrettelegging for bolig, økning fra 4000 til 23000 arbeidsplasser og en tredobling av det totale bygningsvolumet (Svanes, 2019). Spesielt for prosjektet er de ambisiøse planene om å kartlegge og tilgjengeliggjøre eksisterende bygningsmasse for ombruk. Ved bruk av laserscanning skal ÅF Advansia i samarbeid med Høgskolen på Vestlandet kartlegge og etablere en digital database med ombruksmaterialer (Hågåy, 2019). Prosjektet baserer seg på metodikk fra

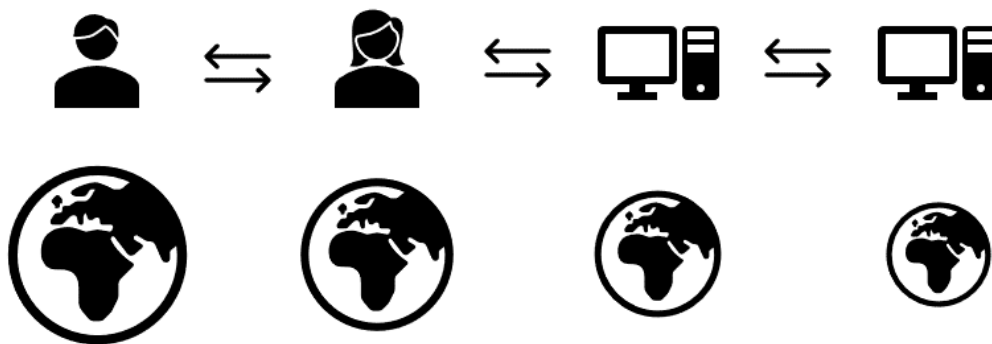
EU-prosjektet Buildings as Material Banks (BAMB). BAMB har til formål å redusere avfallsmengden fra byggenæringen samtidig som det bidrar til en reduksjon i bruken av jomfruelige materialer (European Commission, 2015a). For å oppnå dette ønsker de å opprette materialpass for komponentene bygg består av. Ved å samle de genererte materialpassene i søkbare databaser vil bygg kunne fungere som materialbanker. Materialene vil frigjøres for ombruk når bygget når endt levetid eller av andre årsaker skal demonteres. For å videre fremme veksten av sirkulærøkonomi i byggenæringen har Circular Norway og buildingSMART som et resultat av Byggflokken etablert et eget sirkulært nettverk (Circular Norway, 2019b). Eiendoms- og byggnettverket er en læringsarena med innovasjon og nyteknisk i sentrum. Formålet er å etablere en felles plattform hvor bransjen kan møtes og arbeide sammen om utvikling av sirkulære ideer og prosjekter.

Lover og forskrifter er med på å legge føringen for utviklingen av en sirkulær byggenæring. Som del av Kommunal- og moderniseringsdepartementet er Direktoratet for byggkvalitet, DiBK, sentral myndighet på flere områder innenfor bygningsdelen av plan- og bygningsloven (DiBK, 2016). DiBK har to hovedformål, det første er å sørge for at bygg som oppføres i henhold til norsk lov er sikre, miljøvennlig og tilgjengelig. Mål to er å besørge forutsigbare regler som sikrer effektiv ressursbruk i byggeprosessen. De er ansvarlig for byggteknisk forskrift (TEK17), byggesaksforskriften (SAK10) og forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK). Byggteknisk forskrift har til formål å beskrive minimumskravene som må oppfylles for oppføring av bygg i Norge. Byggesaksforskriften tar for seg byggesaksbehandling, kvalitet og kontroll, tilsyn, godkjenning av foretak for ansvarsrett og konsekvensene ved regelbrudd. Forskrift om dokumentasjon av byggevarer bygger på Europaparlamentets- og rådsforordning (EF) nr. 305/2011 om fastsettelse av harmoniserte vilkår for markedsføring av byggevarer (Lovdata, 2011). Disse forskriftene setter rammene for hva som er minstekravet til materialene vi tar i bruk og byggene vi setter opp med dem. Det forskriftene ikke sier noe om er hvor bra vi kan bygge og hvordan vi bør gjøre det. Mer førende for dette er de frivillige miljøsertifiseringene som benyttes i bransjen. Grønn Byggallianse, som er ansvarlig for miljøsertifiseringen BREEAM-NOR, annonserte i januar 2020 at det i løpet av sommeren 2021 skal publiseres en oppdatering av BREEAM-NOR-manualen. I den oppdaterte utgaven vil sirkulære bygg få en sentral rolle (Bygg.no, 2020). Med sertifiseringens solide posisjon i markedet er dette et tydelig tegn på at sirkulære løsninger vil få en større posisjon i byggenæringen i årene som kommer. Oppdateringen vil trolig ta utgangspunkt i et rammeverk for utvikling av sirkulære bygg utarbeidet i Nederland i 2018. Rammeverket ble utviklet som et samarbeidsprosjekt mellom flere aktører, blant dem Circle Economy og Dutch Green Building Council. Formålet med rammeverket er å sette opp sirkulære kriterier for implementasjon i den internasjonale BREEAM sertifiseringen.

Kriteriene som presenteres i rapporten er gode indikatorer for hvilke kriterier som kan bli en del av den nye norske utgaven.

2.4.5 Digitalisering

Digitaliseringen av samfunnet ses som den fjerde industrielle revolusjonen (Lendager Group, 2018). Som del av denne revolusjonen ses en rask økning i antall koblinger mellom mennesker, mennesker og maskiner og mellom maskiner. De digitale koblingene tillater en global sammenkobling av mennesker og systemer på tvers av landegrenser. Som et resultat av dette ser man at de fysiske barrierene skapt av geografiske avstander gradvis viskes ut.



Figur 11 – Barrierer skapt av geografiske avstander viskes ut. Egen illustrasjon.

Ifølge den nyeste utgaven av Circular Economy Action Plan er digitalisering et av de viktigste verktøyene for fremveksten av sirkulærøkonomien i Europa (European Commission, 2020a). Særlig trekkes det frem som et viktig verktøy for etablering av sporing, følging og kartlegging av ressurser, et av kjerneområdene for å etablere varige sirkulære løsninger. Blockchain, kunstig intelligens (AI), Internet of Thing (IoT), 3D printing og big data er eksempler på teknologien vi nå har tilgjengelig og som kan muliggjøre en oppskalering av sirkulære businessmodeller til et større publikum med en langt høyere hastighet enn tidligere (Lendager Group, 2018). Selv om aktørene i byggenæringen får tilgang til stadig kraftigere teknologi er ikke dette nødvendigvis på dagsorden hos bedriftene i næringen. For byggenæringen viser funn i rapporten «*Digitalt Veikart – For en heldigitalisert, konkurransedyktig og bærekraftig BAE-næring*», utarbeidet av Byggenæringens Landsforening, at den digitale modenheten i BAE-næringen er begrenset (Byggenæringens Landsforening, 2017). Det opereres i dag med det som omtales som en klatt-digitalisering basert på enkeltløsninger som ikke understøtter hverandre. En av utfordringene som rapporten peker på er en generelt lav digital kompetanse i næringen. Den manglende kompetansen ses også blant ledere, noe som fører til at digitalisering får lite rom på

agendaen i ledergrupper. Selv om Byggenæringens Landsforenings veikart viser til et overordnet lavt fokus og en begrenset kunnskap om bruk av digitale verktøy i næringen ses det en økning i bruk hos fremoverlente aktører. Et eksempel på dette er at flere prosjekter gjennomføres ved bruk av VDC (Virtual Design and Construction), en metodikk som setter kjente verktøy som BIM og LEAN Construction sammen til et effektivt system. Statsbygg har tatt en sentral rolle i utviklingen av morgendagens heldigitaliserte byggenæring. Gjennom sitt prosjekt Digibbygg arbeider de mot heldigitalisering av byggenæringen innen 2025, hovedmålet presentert i Byggenæringens veikart (Statsbygg, 2020).

3



METODE

I dette kapitlet beskrives tilnærmingen for innhenting av informasjon og hvordan innsamlet data har blitt analysert. Det beskrives innledningsvis en begrunnelse for valg av forskningsdesign og forskningsmetode. Etterfølgende presenteres de enkelte metodene mer detaljert.

3.1 Valg av forskningsdesign og forskningsmetode

For å kunne gi en god besvarelse på problemstilling og forskningsspørsmål må det anvendes et forskningsdesign og en forskningsmetode. For å skape et godt utgangspunkt for besvarelse er det viktig at design og metode velges på bakgrunn av den foreliggende problemstillingen, forskerens forutsetninger og parametere som tid og ressurser. Det bør derfor etterstrebtes å kartlegge forutsetninger, forventet omfang og mulige utfordringer for gjennomføringen av studiet før det foretas valg.

Med forskningsdesign menes den overordnede tilnærmingen til studien. Forskningsdesignet har til formål å gi best mulig forutsetning for besvarelse av problemstilling og forskningsspørsmål gjennom en definert prosess (Sacred Heart University Library, 2019). Hva man ønsker besvart og hvilke datagrunnlag man trenger for å gi en god besvarelse på spørsmålet er viktig styringsparametere for valg av design. Det finnes mange ulike forskningsdesign som alle har sine kvaliteter og bruksområder, i oppgaven vil kun det anvendte designet utdypes.

På bakgrunn av forutsetninger, tid og problemstilling er det valgt å benytte et eksplorerende forskningsdesign. Eksplorerende forskningsdesign tillater at veivalg gjøres underveis i prosessen (De nasjonale forskningsetiske Komiteene, 2010). Designet benyttes ofte til å skaffe bakgrunnsinformasjon om lite berørte emner (Sacred Heart University Library, 2019). Innsikt og informasjon som opparbeidedes underveis benyttes til å danne nye ideer og hypoteser som legges til grunne for videre arbeid. Videre gir forskningsdesignets fleksibilitet forskeren stort spillerom, men dette på bekostning av struktur og standardisering. Et problem med den valgte tilnærmingen er at man ofte tar utgangspunkt i et lite utvalg og generalisering av funn er dermed ikke mulig.

Valg av design begrunnes i at det finnes lite dokumentasjon om praktisk implementering av sirkulærøkonomi i norsk bygg- og anleggsnæring. Det ses derfor nødvendig å opparbeide et datagrunnlag på bakgrunn av informasjon fra ledende bransjeaktører. Datagrunnlaget vil kunne gi en bedre indikasjon på problemene bransjen opplever i overgangen til sirkulærøkonomi.

Valg av forskningsdesign må ses sammen med valg av forskningsmetode. Overordnet deles det inn i to forskningsmetoder, kvantitativ og kvalitativ (Befring, 2015). Kvalitativ forskningsmetode tar utgangspunkt i formaliserte prinsipper og forskningsprosessens fremgangsmåte har klare rammer fra problemformulering er fastsatt til det blir utarbeidet en

endelig konklusjon. Innsamling av data følger standardiserte metoder og data kan uttrykkes ved bruk av numeriske verdier. Spørreskjema, observasjon og eksperimenter er eksempler på metoder som kan resultere i kvantitative datagrunnlag. Fremstilling av data gjøres ofte ved bruk av tabeller, figurer eller statistiske mål. I kvalitativ metode vektet dataens dybde fremfor bredde (De nasjonale forskningsetiske Komiteene, 2010). Til forskjell fra kvantitativ metode som fremstilles ved bruk av tall, vil man normalt fremstille kvalitativ data ved bruk av tekst. Teoretisk bygger kvalitative studier på hermeneutikk og fenomenologi, henholdsvis læren om fortolkning av tekst og menneskelig erfaring. Eksempler på datainnsamling som kan frembringe denne type datagrunnlag er observasjoner, kvalitative intervjuer og dokumentanalyse.

“Dersom forskernes innsikt i feltet derimot er begrenset, vil spørreskjemaer som kun reflekterer en snever forskerbasert innsikt, være et dårlig redskap for å utvide kunnskapen på området. I slike tilfeller er kvalitative forskningsmetoder godt egnet som en tilnærming til det ukjente.”

- De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2010.

For å skaffe det nødvendige grunnlaget for videre arbeid velges det derfor å anvende en kvalitativ tilnærming til informasjonsinnsamling. Innledningsvis gjennomføres en litteraturstudie, som har til formål å gi oversikt over de berørte temaene og skaffe innblikk i dagens situasjon. Dette arbeidet skal være et grunnlag for utvelgelse av informanter og utarbeidelse av gode intervjuguider. Videre benyttes dybdeintervjuer for å belyse problemer bransjen opplever i dag og mulighetene de ser fremover. I de neste avsnittene vil de to metodene utdypes.

3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudie innebærer studier av empirien, altså det som er skrevet om virkeligheten. Gjennom det innledende litteraturstudiet forsøkes det å skaffe dypere innsikt i begrepet sirkulærøkonomi. Begrepet sirkulærøkonomi er sett i historisk sammenheng og utvikling over tid er forsøkt kartlagt gjennom forskningsartikler, rapporter og annen litteratur. Søk har blitt gjennomført i forskningsdatabasene Mendeley, Researchgate og Springer. Søkene ble i stor grad gjennomført på engelsk da søk på norsk gir et svært begrenset datagrunnlag. Videre er det utført utvidede søk etter spesifikke bøker og forskningsartikler som det henvises til i forskningsartikler funnet i de ulike databasene. Relevante artikler og bøker ble samlet inn i egen database og brukt systematisk og kritisk ved bearbeidelse av teorikapittelet. Det er i

tillegg til begrepets bruk og betydning i litteraturen sett på sirkulærøkonomiens posisjon i dagens samfunn, både i Norge og på verdensbasis.

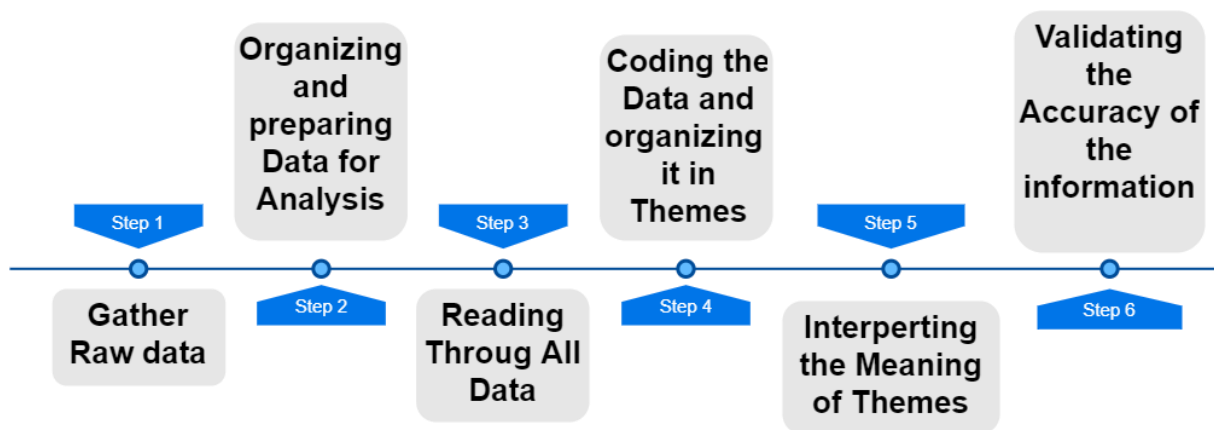
3.3 Intervju

I de gjennomførte intervjuene er det forsøkt å skaffe et overblikk over hvordan det i dag arbeides med sirkulærøkonomi i norsk byggenæringen, samt hvilke muligheter og utfordringer som ses i årene fremover. Intervjuene forsøker også å belyse de ulike aktørenes syn på eget og andre aktørers ansvar i overgangen til en sirkulær økonomi. For valg av informanter ble det besluttet at utvalget skulle bestå av personer fra ulike posisjoner i byggenæringen. Dette ble gjort for å skaffe et bredere perspektiv og for å finne ut om aktørene i bransjen sto ovenfor de samme eller ulike problemstillinger. På bakgrunn av funn i litteraturstudien og innspill fra biveileder ble det utvalgt fem aktuelle informanter. Samtlige informanter har arbeidet direkte med sirkulære løsninger i norsk marked.

Informanter						
Nr.	Navn	Firma	Rolle	Dato for intervju	Varighet	Format
1	Catriona Shine	MAD Arkitekter	Arkitekt	30.01.2020	40 min	Telefon
2	Lasse Kilvær	Resirqel	Partner og ombruksekspert	05.02.2020	55 min	Møte
3	Michael Curtis	Zero Emission Developments	Daglig leder	10.02.2020	35 min	Møte
4	Thomas Mørch	Norsk Gjenvinning	Direktør Innovasjon og Bærekraft	14.02.2020	35 min	Telefon
5	Anne Solgaard	Grønn Byggallianse	Leder for kompetanseheving	18.02.2020	1t 15 min	Møte

Tabell 1, Informanter

Intervjuene ble gjennomført som semistrukturerte intervjuer hvor utarbeidet intervjuguide ble oversendt til informanter i forkant av intervjuet. Grunnet stor variasjon i informantenes arbeid ble det besluttet å benytte ulike intervjuguider ved samtlige intervjuer. Intervjuene er bygget opp, gjennomført og analysert med metodikk presentert i boken «Research Design - Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches» av John W. Creswell (Creswell, 2014).



Figur 12 . Metode presentert av Creswell. Egen illustrasjon

Fire av fem intervjuer ble tatt opp og som del av etterarbeidet har de fire intervjuene blitt transkribert. For det siste intervjuet ønsket ikke informant lydopptak, derfor ble det kun ført notater underveis i dette intervjuet. For å bearbeide de ferdige transkripsjonene ble de først gjennomlest, og viktige punkter ble understreket. I neste fase ble de utvalgte sitatene håndkodet i ulike kategorier for å oppnå god oversikt, dette gjorde det enklere å vurdere og sammenligne svarene fra de forskjellige informantene.

3.4 Prototype

Som del av oppgaven ble det gjennomført en utviklingsprosess hvor formålet var å utarbeide en funksjonell prototype av et teknisk system som kan understøtte transisjonen til sirkulærøkonomi. Prosessen for dette beskrives mer utdypende i kapittel 5.1.

3.5 Validitet, reliabilitet og evaluering

Som en viktig del av prosessen må forskningsmetodens validitet og reliabilitet vurderes. Denne prosessen innebærer at det ses med kritisk blick på forskningsresultatene og eventuelle faktorer som kan redusere både validiteten og reliabiliteten til resultatene trekkes frem.

En forsker bør i sitt arbeid etterstrebe objektivitet. (Kvale og Brinkmann, 2015) Videre vil et engasjement for temaet som berøres være en klar motivasjon som kan bidra til at forskeren

gjør et dypdykk inn i tematikken og med dette øker sin forståelse for helheten av det berørte feltet. Ved engasjement for tema er det viktig at forskeren er bevist sin posisjon og sine synspunkter for å etterstrebe objektivitet. Dette er viktig for å unngå bias, skjevheter, i forskningsresultatet (De nasjonale forskningsetiske Komiteene, 2015). Med et høyt miljøengasjement og stor tro på mulighetene som ligger i implementasjonen av sirkulærøkonomi er det klart dette vil påvirke tilnærmingen. For å unngå at dette i for stor grad påvirker forskningsresultatet har det vært viktig å etablere et helhetsbilde av dagens situasjon og basere de utarbeidede intervjuguidene på dette arbeidet.

Validiteten til forskningen kan styrkes gjennom et grundig forarbeid som sikrer et representativt utvalg for datainnsamling. Ved valg av informanter var det av høy betydning at de representerte forskjellige sider av næringen og hadde ulik bakgrunn. I arbeidet med litteratur er det valgt å supplere teoriene utarbeidet av enkelt forfattere med forskningsartikler med et helhetsperspektiv hvor ulike forfattere er representert. Denne tilnærmingen er valgt for å få et innblikk i andres tolkning av det teoretiske rammeverket.

Å arbeide med intervju og transkripsjoner har vært en utfordrende prosess. Ved bruk av semistrukturert intervju er ikke svarene like klare som de er ved strukturerte intervjuer. Ved uttrekk av sitater må man være bevist på at deler av meningen kan forsvinne mellom linjene da man ikke har de samme knaggene å henge utsagnene på. Videre gjorde bruk av ulike intervjuguider sammenstillingen av resultatene mer utfordrende.

4



RESULTAT

I dette kapitlet blir resultatet fra intervjuene sett i sammenheng med det teoretiske grunnlaget presentert i kapittel to. Gjennom kapitlet fokuseres det på de ulike aktørene og deres ansvar og utfordringer i overgangen fra lineær- til sirkulær økonomi. Denne strukturen er valgt for å gi en besvarelse på oppgavens første forskningsspørsmål og med dette tilrettelegge for diskusjon som tar høyde for både teori og praksis.

Forskingsspørsmål 1:

«Hvilke ansvar og utfordringer har de ulike aktørene i byggenæringen i transisjonen til en sirkulær økonomi?»

4.1 Stortinget og departementene

Stortinget og departementene har et stort ansvar i forbindelse med transisjonen til en sirkulær økonomi. Med Stortingets rolle som lovgivende makt må de sørge for at gjeldene lov til enhver tid stimulerer til bærekraftig handling. Departementene må på sin side besørge at forskriftene de er ansvarlig for gjør det samme. I overgangen til en sirkulær økonomi er en modernisering og tilpasning av flere sentrale lover og forskrifter essensielt. Under trekkes det frem eksempler på lovgivning og forskrifter som er av særlig betydning for å sikre fremveksten av sirkulærøkonomien i det norske samfunn.

Først presenteres utfordringer som ses i Norges skatte- og avgiftspolitik. Stortingets oppgave er her å sikres et moderne og robust lovverk som sørger for at det er lønnsomt å operere bærekraftig og i tråd ønsket handlingsmønster. Dagens avgiftspolitik bør i større grad stimulere til aktiviteter i øvre sjikt av avfallspyramiden presentert i delkapittel 2.4.3. Som eksempel vises det her til dagens avgiftspolitik som stimulerer til forbrenning fremfor materialgjenvinning av trevirke, presentert i delkapittel 2.5.3. Det er samtidig viktig å se at store omveltninger i avgiftspolitikken i Norge alene kan føre til uønsket eksport, Norge må derfor se til EUs lovgivning og deres anbefalinger. Robuste og varige løsninger for sirkulærøkonomi krever samarbeid på tvers av landegrenser.

Videre er det viktig at norsk lov tilrettelegger for god innkjøpspraksis i de offentlige organene. For å sikre dette er en viktig brikke å etablere en bærekraftig anskaffelsespolitikk gjennom utarbeidelse og håndheving av skrevet lov. Til grunn for offentlig innkjøp ligger lov om offentlig anskaffelser, som i juni 2016 ble revidert og ny lov trådte i kraft 01. januar 2017. Den reviderte loven innebærer et vesentlig økt fokus på bærekraftig anskaffelser med utvidet mulighet til å fastsette krav knyttet til miljø og innovasjon. Selv om endringen betydelig styrket bærekrafts posisjon i offentlige anskaffelser bør det vurderes en omskrivning som fremmer sirkulære anskaffelser ytterligere.

En smidig transisjon til sirkulærøkonomi i byggenæringen avhenger av forskrifter som underbygger sirkulære tankesett, ikke skaper barrierer. Som en viktig brikke i sirkulærøkonomien står ombruk. Ønskes det mer ombruk må nye regler utformes og gamle omskrives. Det er direktoratene og departementenes rolle å sikre forskrifter som underbygger dette. For byggenæring er det Direktoratet for byggkvalitet og over dem Kommunal- og moderniseringsdepartementet som står ansvarlig for de førende forskriftene. Det er deres ansvar at Byggteknisk forskrift (TEK17), Byggsaksforskriften (SAK10) og Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) tilrettelegger for fremveksten av ombruk i

byggenæringen. I denne sammenheng er det verdt å merke seg at byggevareforordningen avhenger av regelverk utarbeidet på EU-nivå og kan i liten grad påvirkes av nasjonale myndigheter. På dette området er derfor myndighetenes ansvar å bistå og forenkle arbeidet med ombrukskomponenter i henhold til dagens EU-regelverk.

«We cannot predict the future, but we can invent it»

- Nobel Prize winner Dennis Gabor, 1963

Skiftet til en sirkulær økonomi er avhengig av innovasjon og økt digitalisering. I Norge er forskning og utviklingsarbeid i stor grad avhengig av finansiering fra statlige midler. Gjennom offentlige ordninger som SkatteFunn, Innovasjon Norge, Norges Forskningsråd og Enova bidrar det offentlige med essensielle midler for å sikre en bærekraftig fremtid. Over en femårsperiode, fra 2012 til 2017, doblet den offentlig støtte til FoU og innovasjonsprosjekter seg fra 5,4 milliarder i 2012 til 10,8 milliarder i 2017 (SSB, 2019). De store omveltningene som samfunnet står ovenfor i skiftet til en sirkulær økonomi vil kreve at støtten fortsetter å øke. Samtidig er det viktig at de som forvalter midlene sørger for at finansieringene går med til å fremme løsninger som kan sikre langsiktige og bærekraftige løsninger i det norske samfunn.

4.2 Arkitekt

«Design stands at the beginning of products' lifecycle and is essential for ensuring circularity»

- Europakommisjonen, 2015 (European Commission, 2015b)

Arkitektens rolle er av avgjørende betydning for å sikre en sirkulær bygg- og anleggsektor. Opp mot 80% av et produkts miljøpåvirkning avgjøres i designfasen (European Commission, 2020a). Med implementasjonen av sirkulærøkonomi kommer et skift i hva som anses som bærekraftig design. I intervju med Lasse Kilvær fra Resirqel, trekker han frem ombruk, tilrettelegging for ombruk i neste fase og fleksibilitet som avgjørende faktorer for å sikre bærekraftig bygg med lang brukstid. Dette innebærer at det må planlegges for fremtidig demontering og komponenter med lang holdbarhet bør være standardiserte nok til å ha bruksverdi i andre bygg. Kilvær trekker også frem at det bør gjøres en vurdering på om det kan være hensiktsmessig å skape incentiver for å forlenge levetiden på byggene som settes opp utover dagens standard på 50 år. Kilvær er kritisk til det høye forbruket av plasstøpt betong. Han påpeker at det i dag er en utfordring at små bruksendringer fører til at

plasstøpte betongbygg knuses for å bli byttet ut med nye lite fleksible plasstøpte betongbygg med nesten samme utstrekning. Det finnes i dag ingen gode løsninger for materialgjenvinning av knust betong. Derfor må denne trenden opphøre om målet om 70% materialgjenvinning skal være plausibelt. I intervju med arkitekten Catriona Shine fra MAD arkitekter, trekker hun frem at ombruksmaterialer bringer en helt ny materialpalett på bordet. Den nye materialpaletten vil innebære store endringer i hvordan vi utformer byggene vi bor, jobber og tilbringer fritiden vår i. Shine påpeker at det er arkitektens oppgave å vise frem og å utnytte de særegne kvalitetene som gjenbruksmaterialene byr på. Hun trekker også frem at arkitektene må arbeide proaktivt for å få til sirkulære løsninger. Det er nødvendig å gå i dialog med oppdragsgiver for å få frem viktigheten av å tenke sirkulært og samtidig få vist frem hvilke muligheter denne tilnærmingen byr på.

Shine er en av arkitektene som arbeider med Kristian August gate 13, som det ble skrevet om i kapittel 2.5.4. Hun trekker frem tilgjengelighet av ombrukskomponenter som en stor utfordring. I prosjektet var både arkitekt, bygningseier, prosjektorganisasjon og entreprenør med i prosessen for å anskaffe de nødvendige komponentene. Som del av arbeidet ble også ombruksekspertise fra ombrukskonsulenter i Resirqel anvendt. Oppsporing av ombrukskomponenter innebar omfattende befaringer med rådgivere for å sikre at det som ble tatt med til byggeplass var av god nok kvalitet. Slike prosesser kan ende opp med å være svært kostbare da de er både tidkrevende og involverer mange aktører. En annen utfordring de opplevde i prosjektet var regelverket rundt kjøp og salg av brukte varer. Lover og forskrifter baserer seg i dag på at alt er produsert, testet og sertifisert på fabrikk. Når man skal ta i bruk ombrukskomponenter må man i tillegg til å lokalisere dem også finne tilbake gammel dokumentasjon eller utarbeide helt ny. Denne prosessen kan være svært tidkrevende, noe som fører til utfordringer med tidsfrister på byggeplass. Komponenter som ikke er oppdrevet eller dokumentert før tidsfrister må normalt skiftes ut med nye komponenter for å sikre fremdrift. Shine trekker også frem at det har vært utfordrende å jobbe med tegninger og beskrivelser da det er uklart hvilke komponenter de kommer til å ende opp med, når de må lete etter materialer i et udefinert og umodent marked.

«Arkitektur er skreddersøm, det handler om å jobbe med det partikulære og stedspesifikke. (Denne fremgangsmåten) kan utvide seg til de materialene som finnes tilgjengelig. Det vil si at man ikke bare kjøper varer fra en katalog, men at man tar utgangspunkt i det som eksisterer, og gjør det fint.»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

4.3 Byggherre

Byggherren har et stort ansvar som strekker seg over hele livsløpet til bygningene de eier, kjøper eller får oppført. For å øke holdbarhet på komponenter og sikre lang levetid er det viktig med gode drift- og vedlikeholdsrutiner understøttet av robuste systemer. For å lette drift er det viktig med komplett og lett tilgjengelig FDV-dokumentasjon (Forvaltning, drift og vedlikehold) for samtlige komponenter hvor dette er relevant. En god løsning som gir godt grunnlag for effektiv drift og tilrettelegger for fremtidig ombruk er opprettelsen av digitale tvillinger. En digital tvilling er en detaljert digital kopi av et eksisterende bygg. I første omgang er dette noe som bør etterspørres for samtlige nybygg, men på sikt bør det også gjøres et betydelig grep for å få kartlagt eksisterende bygninger. Gjennom dette kan man sikre seg et godt grunnlag for opprettelsen av materialbanker. Byggherre bør i større grad ansvarliggjøres i forbindelse med riving av sine bygninger. Det bør strammes inn rundt praksisen med å kjøpe opp bygg kun for å rive og oppføre nye. Byggherre bør selv, eller ved hjelp av ekstern ekspertise, kartlegge muligheter for videre bruk av eksisterende bygningsmasse. Hvis bygningsmassen må fjernes bør det ligge i byggherres prosedyrer at det gjennomføres ombrukskartlegging for å redusere tapet av verdifulle materialer. For nye bygg er det viktig at byggherre vektlegger fleksibilitet for å tilrettelegge for fremtidig bruksendringer. Det bør også sikres oppføring som besørger verdibevaring ved endt levetid. Eksempler på tiltak er koblinger som tillater demontering og etterspørsel etter materialer som har høy ombruksverdi. Det ses som positivt at byggherrer etterspør stadig økt sorteringsgrad. Det er dessverre slik at det sjeldent stilles spørsmål ved eller krav til hva som skjer med materialene som leveres til gjenvinning. For å sikre helhetlig og sirkulære løsninger må byggherre i økende grad etterspørre ombruk og materialer basert på sekundærråvarer. Arbeid med ombrukskomponenter kan være krevende da det er behov for økt fleksibilitet og godt samarbeid for å få til robuste løsninger. Valg av kontraktsform bør tilpasses dette behovet.

4.4 Entreprenør

I entreprisereformer hvor entreprenør har ansvar for prosjekteringen, slik som i totalentreprise, er det viktig at entreprenøren gjør bærekraftige materialvalg. Gjennom å velge materialer basert på sekundærråvarer og materialer som egner seg for materialgjenvinning eller fremtidig ombruk kan entreprenør bistå i fremveksten av sirkulærøkonomien. Ved oppføring av bygg med bruk av ombrukskomponenter kreves en annen tilnærming og fleksibilitet enn

det som tilbys av standard entreprisemodeller som totalentreprise. For disse prosjektene vil det være nødvendig at entreprenør åpner opp for nye modeller som tilrettelegger for økt samarbeid og spillerom. Entreprenør er også ansvarlig for håndtering av avfall på byggeplass. Byggherre kommer med krav, men det er opp til entreprenøren å levere. Kravet fra byggherre kommer ofte i form av sorteringskrav, men hvor avfallet leveres er som oftest opp til entreprenøren. Det bør derfor gjøres tiltak for å sikre at avfall leveres til mottak som gir høyest mulig grad av materialgjenvinning.

4.5 Byggevare

«Det hjelper ikke om vi ønsker å få til en eller annen sirkulær løsning om vi ikke får med oss andre nøkkelaktører på det. Det kan for eksempel være produsenter av byggevarer.»

- Thomas Mørch, Norsk Gjenvinning, 2020

Byggevare kan deles opp i produsent og leverandør, begge må gjøre betydelige grep for å sikre god materialutnyttelse av både ombruksvarer og nye komponenter. Det er produsentens ansvar å levere den nødvendige dokumentasjonen for sine produkter. For å tilrettelegge for godt FDV-arbeid hos kunden bør dokumentasjonen være digital og lett tilgjengelig. Det er også viktig å tilrettelegge for utnyttelse av eventuelle biprodukter, både i egen produksjon og ved å tilby biprodukter til andre produsenter. For å redusere bruken av jomfruelige råvarer må produsenter i større grad etterspørre og ta i bruk sekundærråvarer i sin produksjon.

«For å få til materialgjenvinning av trevirke må du ha med deg noen produsenter som ønsker å erstatte den jomfruelige skogen som input med avfallsbasert. Og det har vært ekstremt vanskelig å få til i Norge og Norden»

- Thomas Mørch, Norsk Gjenvinning, 2020

Lasse Kilvær trekker i intervjuet frem at produsenter av nye byggevarer bør ha ordninger som sørger for at de henter tilbake sine produkter og bruker dem om igjen. Dette kan knyttes til Cradle-to-cradle tankesettet presentert i kapittel 2.2.1. Som del av denne løsningen bør det også i utstrakt grad tilrettelegges for tilbakelevering av varer som ikke blir brukt på byggeplass. En slik ordning vil kunne bidra til at fullgode byggevarer ikke ender opp som byggavfall. Ordningen vil samtidig kunne bidra til bedre oppbevaring av materialer på byggeplass, da restprodukter må være i god stand for å kunne leveres tilbake til leverandør. For å få med seg byggevareindustrien må det opprettes gode verdikjeder og nye krav som

sikrer at man tjener mer penger på sirkulære løsninger.

I intervju med Kilvær sier han følgende:

«Det kommer aldri til å monne hvis ikke man tjener penger på å være miljøvennlig. At man tjener penger på å ta inn materialene sine, penger på å lage ekte løsninger, og ikke tjener på å ikke gjøre det. Det eneste som former industrien er økonomien og de kravene som ligger rundt.»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

I dag er både sertifiseringen av og logistikken rundt distribusjon av ombrukskomponenter svært kostbare prosesser. Det må etableres rutiner som sikrer effektivisering av prosessene. Som del av denne prosessen ligger arbeidet med å tilgjengeliggjøre ombrukskomponenter. Dette kan både gjøres via digitale markedsplasser og fysiske utsalgssteder hvor kunder har mulighet til å se og ta på materialene før de kjøper dem.

«Det som ofte undervurderes er kostnaden ved logistikk, kostnaden ved å lagre og håndtere varer. Både fordi det er kostbart i seg selv, men også fordi man konkurrerer med veldig effektive og etablerte verdikjeder»

- Thomas Mørch, Norsk Gjenvinning, 2020

4.6 Rådgivere

Med fremveksten av sirkulærøkonomien vil det dukke opp økt etterspørsel etter ombrukskartlegging og -rådgivning. Dette er fagdisipliner som vil være essensielle for å sikre fremveksten av et solid ombruksmarked i årene fremover. Resirqel er en av aktørene som i dag tilbyr disse tjeneste, i 2019 bisto de med kartleggingen av 20 bygg som til sammen utgjorde nærmere 200.000 kvadratmeter bygningsmasse (Resirqel, 2020). Et eksempel er deres arbeid med ombrukskartleggingen av regjeringskvartalet. Fra denne kartleggingen har det blant annet blitt tilgjengeliggjort betonghulldekker som skal benyttes i ombyggingen av både Kristian August gate 13, som ble introdusert i kapittel 2.5.4, og storbylegevakta i Oslo.

«Veldig mye av det vi gjør handler om å vise at det går an, bare få det i gang, slik at man etter hvert begynner å ta ansvar. Ansvar for å designe bygg som under oppføring og avhending ikke skaper enorme mengder avfall, når avfallet egentlig er verdifullt og potensielt sett kunne hatt mye lenger levetid.»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

Samtidig som det vil være behov for fremvekst av nye rådgivningsdisipliner vil det være et behov for at de tradisjonelle rådgivningsfagene tilpasser seg den nye modellen. De må se mulighetene fremfor utfordringer i bruken av ombrukskomponenter, også i de tekniske systemene. For å løse dagens tekniske krav med eldre produkter kreves det innovative løsninger fra rådgivere. I intervju med Michael Curtis, daglig leder i Zero Emission Development, trekker han frem en innovativ løsning det danske arkitektkontoret Lendager Group har implementert i prosjektet Upcycle Studios. I prosjektet har det blitt benyttet to lag med eldre vinduer for å tilfredsstille moderne isolasjonskrav. Dette er et godt eksempel på hvordan tenke nytt for å få til gode løsninger med det man allerede har.

4.7 Bransjeorganisasjoner

Bransjeorganisasjoner er en viktig brikke i transisjonen til en sirkulær byggenæring. I intervju med Anne Solgaard, fra Grønn Byggallianse, peker hun på tre sentrale oppgaver. Den første oppgaven går på deling av god informasjon om utviklingen som skjer. En viktig del av dette arbeidet går på å vise hvor det skjer ting og hvem som gjør hva. En annen viktig oppgave bransjeorganisasjonene har er å bringe folk sammen og vise både verdien og behovet for å jobbe på tvers av organisasjoner og sektorer for å få til gode og robuste løsninger.

Bransjeorganisasjoner bør ta en sentral rolle som bindeledd mellom de ulike sektorene for å stimulere til fremvekst av tverrsektorielt samarbeid. Den tredje oppgaven hun trekker frem er arbeid med kompetansehevende tiltak som kurs, veiledere og tipshefter. For å stimulere til fremvekst er det viktig at bransjens aktører har tilgang til lettfattete og pålitelige fakta om sirkulærøkonomi. Det er også viktig med kurs og andre kunnskapshevende tiltak som sikrer at de som planlegger, prosjekterer og utfører henger med i den hurtige utviklingen som skjer.

4.8 Avfallsbransjen

«Vår rolle, er den å hente søpla di? Tja, den var jo det før og den er jo fortsatt det. Men den viktigste delen av verdikjeden vår, det er den industrielle verdikjeden. Den som handler om hva som skjer med avfallet når det kommer inn på en av våre 40 fabrikker. Hvilken kvalitet klarer vi å produsere og hvilken kvalitet skal vi produsere. Det er ikke noe mål i seg selv å produsere en så høy kvalitet som mulig, det handler om å kjenne behovene til nedstrømskunden og produsere rett kvalitet til riktig pris.»

- Thomas Mørch, Norsk Gjenvinning, 2020

Det kommer tydelig frem i intervju med Thomas Mørch fra Norsk Gjenvinning, at avfallsbransjen er i endring. Nøkkelvirkosomheten deres er i ferd med å flytte seg fra å være avfallsinnsamling til å være produksjon av fullverdig råvarer basert på det innsamlede avfallet. Den viktigste oppgaven til avfallsbransjens i årene fremover vil være å flytte avfallshåndteringen oppover i ressurspyramiden for å sikre både avfallsreduksjon og høyverdig materialgjenvinning. I samarbeid med produsenter kan avfallsbransjen sikre sirkulæritet for viktige materialstrømmer og bidra til å nå de satte målene for materialgjenvinning. Som eksempler på sirkulære verdikjeder hos Norsk Gjenvinning trekker Thomas Mørch frem verdikjedene for gips og glass. Vinduer, bilruter og lignende som leveres til Norsk Gjenvinning går til et knuseverk for å produsere glass til glassull. Norsk gjenvinning har også Norges eneste fabrikk for gjenvinning av gipsavfall. Gipspulveret de produserer går direkte til Norgips og Gyproc for produksjon av nye gipsplater. Gipspulveret kan kilo for kilo erstatte import av gipspulver fra Spania og Tyskland. Mørch trekker også frem at det kan være en fordel om avfallsbransjen i større grad går over til en kompetansebasert forretningsmodell. Bransjen sitter på mye spesialkompetanse på resirkulering, materialer og verdikjedeflyt som kan bidra til å øke effektiviteten også utenfor deres egne prosesser. Som eksempel trekker Mørch frem den komplekse avfallssituasjonen på en byggeplass hvor det er høyt tempo, farlig avfall og mange materialstrømmer. Han ser for seg at det kan ha en positiv totaleffekt om avfallsbransjen i større grad klarer å ta en større rolle i slike prosesser. Mørch påpeker også at digitalisering spiller en sentral rolle i arbeidet med å øke ressursutnyttelsen. Men for å oppnå det store potensialet som ligger i digitalisering mener Mørch at både egnen og andre bransjer har behov for et stort løft.

4.9 Forskning og innovasjon

Transisjonen til en sirkulær byggenæring avhenger av at ressurspersoner med høy kompetanse går sammen for å skape nye løsninger. Det vil være nødvendig med nye prosesser, nye kontraktsformer og nye systemer som understøtter sirkulærøkonomien. Det må legges ned stor innsats og et betydelig antall timer for å oppnå robuste og varige løsninger. Mye av utviklingen som skjer i dag kan knyttes til en liten gruppe innovative aktører, som påtar seg risiko for å trekke hele næringen videre. I intervju med Anne Solgaard påpeker hun utfordringen som oppstår ved at det i byggenæringen opereres med lave fortjenestemarginer. Resultatet er svært lav risikovilje som videre fører til lite innovasjon. Et av problemene Michael Curtis trekker frem i intervjuet er manglende ledelsesforankring. Ledelsen må gi beslutningstakere mandat til å handle bærekraftig og i den forlengelse sirkulært. Videre trekker Curtis frem at økonomien må løses for å få med ledelsen, det må

sikres løsninger som gjør det lønnsomt å handle bærekraftig. Det er økonomien som er det styrende parametere for utviklingen som skjer, derfor er det viktig at forskere og innovatører fokuserer på løsninger som kan gjøre sirkulærøkonomi økonomisk bærekraftig. For å øke hastigheten på utviklingen bør det i større grad rettes et fokus mot løsninger som kan bidra til å sikre volum, ikke spesialtilpassede løsninger som gir høy miljøgevinst for ett prosjekt.

«Vi føler vi har ansvar for å lykkes, lykkes med å nå klimamålene. Teknologien som utvikles må ikke utvikles med hovedfokus på å gi fortjeneste til virksomheten som utvikler den. Det skal tjene samfunnet.»

- Michael Curtis, Zero Emission Developments, 2020

Et av kriteriene for å oppnå et sirkulært samfunn er at sirkulærøkonomiens posisjon i forskning og utdanning styrkes betraktelig. Forsknings- og kunnskapsnettverket SFI Circular bestående av Sintef, NTNU og Nord Universitet består av både utdanningsinstitusjoner og uavhengige forskningsorganisasjoner, og er et godt tiltak som styrker både forskning og utdannings posisjon i arbeidet med sirkulærøkonomi i Norge (Sintef, 2018). NTNU har videre styrket sitt arbeid med sirkulærøkonomi med å være del av det internasjonale masterprogrammet CIRCLE støttet av Europa Kommisjonen gjennom programmet Erasmus+. NTNU har med dette gått foran som et godt eksempel. Det er nå viktig at også andre utdanningsinstitusjoner påtar seg et ansvar for å fremme sirkulærøkonomiens posisjon i utdanning i både grunnskolen og høyere utdanning.

Som svar på spørsmålet om hvilken rolle teknologien spiller i skiftet til sirkulærøkonomi svarer Curtis at teknologiens rolle er helt sentral i overgangsfasen. Hvilken rolle teknologien vil få etter hvert er han mer usikker på. Han påpeker videre at utvikling av brukervennlige systemer er helt essensiell, og understreker dette med å si følgende:

«Du skal ikke trenge å være ekspert på sirkulærøkonomi for å praktisere sirkulær økonomi i hverdagen»

- Michael Curtis, Zero Emission Developments, 2020

5



DISKUSJON

Det vil innledningsvis i dette kapitlet ses nærmere på oppgavens andre forskningsspørsmål: «*Hvordan kan digitalisering bidra i overgangen til en sirkulær byggenæring?*». Som del av dette arbeidet utvikles det en konkret løsning som viser hvilke muligheter som finnes i verktøyene bransjen har tilgjengelig i dag. Etter dette vil resultatene fra intervju, litteraturstudie og besvarelsen av de to forskningsspørsmålene diskuteres og settes opp mot problemstillingen: «*Er dagens byggenæring rustet for transisjonen fra lineær-til sirkulær økonomi?*». Gjennom diskusjon av resultatene forsøkes det å etablere et bilde av dagens situasjon og veien videre mot en sirkulær byggenæring.

5.1 Digitalisering som verktøy i transisjonen til sirkulærøkonomi

Oppgavens andre forskningsspørsmål: «Hvordan kan digitalisering bidra i overgangen til en sirkulær byggenæring?», har vært førende for mye av arbeidet som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven. Digitalisering ses som en av suksessfaktorene for å etablere en velfungerende sirkulærøkonomi. I underkapittel 2.5.5 ble det gitt et innblikk i utviklingen som pågår og samtidig forsøkt å etablere et bilde av digitaliseringens posisjon i den norske byggenæringen. Dette bilde viser en næring som ikke er moden for endringene digitaliseringen fører med seg. Med dette utgangspunktet anses det som viktig å etablere et tydeligere bilde på hvordan digitaliseringen kan bistå i overgangen til en sirkulær byggenæring.

Byggenæringen er avhengig av gode systemer for å sikre god informasjonsflyt på tvers av foretak. Med nye informasjonsbehov og informasjonsstrømmer ser mange til utvikling av nye verktøy for å løse morgendagens problemer. Noen av disse utfordringene kan kun løses med nye systemer, men det ligger også store muligheter i de verktøyene byggenæringen allerede kjenner og har tilgang til i dag. Det er få aktører som arbeider med sirkulære løsninger i byggenæringen. Enda færre er det som arbeider med systemer som kan bistå i transisjonen. På grunn av dette er det store sjanser for at de lavhengende fruktene fortsatt ikke er høstet. Her kan en variant av tankesettet presentert i delkapittel 2.2.4 om biomimicry adapteres. I avsnittet pekes det til at menneskets oppgave ikke alltid er å finne opp nye strategier og løsninger, men heller å lære seg å implementere løsninger som allerede finnes i naturen. Det samme tankesettet kan adapteres her, det finnes allerede enorme mengder informasjon, programmer og teknologier på markedet. Som del av denne oppgaven ønskes det å vise det sirkulære potensialet som ligger i riktig bruk og sammensetting av systemer bransjen allerede har i dag. I de neste avsnittene gjennomgås prosessen som er blitt anvendt i utviklingene av et eget verktøy. Verktøyet som er utviklet har til formål å forenkle arbeidet med digitalisering av ombrukskomponenter. Dette gjøres ved å etablere en kobling mellom en database og en detaljert digital modell. I databasen er det registrert ombrukskomponenter som dører og vinduer, og for hver av komponentene er det tilknyttet informasjon som for eksempel produksjonsår, isolasjonsevne og produsent. Koblingen muliggjør at den som arbeider med den digitale modellen hurtig kan skifte mellom de tilgjengelige ombrukskomponentene i databasen og automatisk få overskrevet informasjonen til elementer i den digitale modellen.

5.1.1 Fokusområde

Som første steg i utviklingen av det nye verktøyet er det gjennomført en overordnet avgrensning for hvilke problemer det utviklede systemet skal fokusere på. Avgrensningens formål er å skape retningslinjer for videre utvikling av teknisk system basert på funn i litteraturstudie, intervju og en enkel markedsundersøkelse. Retningslinjene etablert i denne prosessen er videre førende for den etterfølgende konseptutviklingen.

Funn fra litteraturstudiet er presentert i oppgavens teorikapittel, her introduseres blant annet ressurspyramiden. Pyramiden som tar for seg gjenvinningshierarkiet gir et godt utgangspunkt for prioriteringer og er brukt som rettesnor i arbeidet med konseptutvikling. Byggflokens Byggeklusser ble introdusert i delkapittel 2.5.2, byggeklossene presenterer en rekke nøkkelinnsikter som skal bidra til sirkulær konseptutvikling. På bakgrunn av dette er det besluttet å bruke byggeklossene som verktøy i videre arbeid. Gjennom intervjuene ble det gitt et innblikk i hvordan bransjen arbeider med sirkulærøkonomi og hvilke utfordringer som oppleves i dag. Ved bearbeiding av intervjumaterialet kom det tydelig frem noen problemområder som ble benyttet som grunnlag for videre utvikling av konsepter. Under presenteres det utdrag fra noen av de gjennomførte intervjuene som peker på konkrete utfordringer som oppleves i dag.

«Totalvolumet av bygg som rives er ganske stort, men vi har allikevel problemer med å finne alt vi trenger. Det er noe som er feil der. Materialene mangler jo ikke. Det er tilgjengeligheten som er manglende.»

- Catriona Shine, MAD Arkitekter, 2020

«Man har aldri nok tid. Hvis man skal få til ombruk av bæreelementer, fasade og ting som krever litt planlegging, slik som FoU-prosjekter, da er selv når rivesøknaden blir sendt litt kort tid. Det bør være en pause, et ombruksvindu, mellom når rivesøknaden blir mottatt og når man faktisk får lov til å begynne å rive.»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

I intervju med Michael Curtis påpeker han at det for gjenbruk av byggevarer er logistikken som er den største utfordringen. Han trekker frem at knapphet på tid er et problem og at dette skaper utfordring med tanke på planlegging. Han mener at å løse logistikkutfordringene er nøkkelen for å gjøre ombruk økonomisk bærekraftig.

«Det er utfordrende å lage nøyaktig beskrivelser og tegninger, når vi må være åpne til et bredt spekter av materialer fra ombruksmarked.»

- Catriona Shine, MAD Arkitekter, 2020

«...loven rundt å bruke materialer på nytt er komplisert, og ikke laget med tanke på ombruk. Vi har et lovverk som er ganske strengt, som er basert på at alt er nytt, produsert i fabrikk hvor det er testet og sertifisert. Når en skal finne ombrukte materialer til et bygg, da må en også finne tilbake til dokumentasjon på det materialet, og vise at det er fortsatt gjeldende, med nødvendig testing, og så videre.»

- Catriona Shine, MAD Arkitekter, 2020

«Hvis det var et krav til gjennomføring av ombruksanalyse av bygg før man kunne sende inn en rivesøknad, så ville man hatt et veldig godt grunnlag og mye bedre tid til å omsette ombrukskomponenter»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

«For å få økonomi i det må du ha volum. Det er mange måter å sikre volum, en måte å gjøre det på er reguleringer. Rive- og miljøavgifter kunne vært et fornuftig grep. Bare det å ha et krav til kartlegging for gjenbruk, ikke bare kartlegging for riving. Da tar man seg i hvert fall tid til å vurdere potensialet»

- Thomas Mørch, Norsk Gjenvinning, 2020

Det kommer tydelig frem av intervjuene at logistikken rundt ombruk fortsatt ikke er løst. Det er stor differanse mellom andelen bygg som rives og andel ombruksmaterialer som blir synliggjort på markedet. Informantene trekker frem tiden som en av de største utfordringene. Det mangler tid til å oppdage, vurdere og ikke minst omsette ombrukselementene fra byggene som rives. Det ses også utfordringer med dokumentasjon, både juridiske og mer praktiske utfordringer. For å løse disse utfordringene vil det trolig være nødvendig med konkrete tiltak som forlenger tidsvinduet hvor ombrukskartlegging og omsetning kan finne sted. Både ombruksvinduet Lasse Kilvær foreslår og krav til ombrukskartlegging som Thomas Mørch er inne på er gode tiltak for å sikre dette. Fra et systemutviklingsperspektiv er det lite man får gjort med tiden, men for å begrense tidsrommet og med det kostnadene som ombruksvinduet kan medføre er det viktig at systemene for kartlegging, dokumentasjon og omsetning er så effektive som mulig. På bakgrunn av dette ble det besluttet at valgt løsnings skulde fokusere på tiltak knyttet til riveprosessen. Det er i denne prosessen verdifulle ombrukskomponenter kan hentes ut og en optimalisering av denne prosessen kan potensielt sørge for betydelig avfallsreduksjon. I forlengelse av dette ble det sett nærmere på dagens

rivepraksis og hvilke krav som stilles til dokumentasjon. Riving av bygg er i Norge søknadspliktig jevnført PBL §20-1 bokstav e (Lovdata, 2008). Beskrivelse av hva søknaden skal inneholde kan ses i byggesaksforskriftens §5-4 og §5-5 (Lovdata, 2010). Hvilke opplysninger som er nødvendig må vurderes på bakgrunn av relevans for tiltaket og behovet i forbindelse med kommunens behandling. Eksempel på dokumentasjon som skal inngå er plan- og fasadetegninger, situasjonsplan, avfallsplan, søknader om ansvarsrett og bevis for nabovarsling med eventuelle nabomerknader. For denne oppgaven er det mest relevante dokumentet i rivesøknaden avfallsplanen. Avfallsplanen skal inneholde informasjon om avfallsmengder, hvordan de håndteres og hvor de leveres. I TEK17 §9-6 står det at planens formål er å redusere mengden byggavfall samt øke graden av ombruk og materialgjenvinning (DiBK, 2017b). Avfallsplan skal utarbeides og være tilgjengelig for innsyn hos ansvarlig søker før oppstart, men inngår ikke i dokumentasjon som skal sendes inn for behandling (Oslo Kommune, 2020). Ferdig utfylt avfallsplan, med forventet og faktisk mengde, inngår som del av sluttrapporten som skal sendes inn sammen med søknad om ferdigattest. På direktoratet for byggkvalitet sine hjemmesider finner man standardiserte skjemaer for søknad om tiltak og egen sluttrapport med avfallsplan. I avfallsplanen skal det innledningsvis oppgis beregnede mengder avfall for ulike materialer. I delene som skal fylles ut som del av sluttrapporten finnes egen kolonne for avfall levert til direkte ombruk og gjenvinning.

«Det finnes veldig mange krav i byggebransjen, de er tekniske og bestemt av bransjen i stor grad. De fleste byggevarer er regulert av en harmonisert standard på Europeisk nivå. For mange produsenter produseres dokumentasjonen som et biprodukt av vanlig produksjon. Ved bruk av standardiserte metoder får de samme produkter eller materiale, med samme type egenskaper. Det finne ingen slik prosedyre for redokumentasjon av byggevarer når de allerede er produsert.»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

Både nye og brukte byggevarer som skal omsettes eller inngå i et bygg skal dokumenteres i henhold til norsk lov. De overordnede kravene til dokumentasjon finnes i *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)* og *Byggeteknisk forskrift (TEK17)*. Disse forskriftene er i hovedsak også gjeldene for ombrukskomponenter. I en artikkel utarbeidet av DiBK presenteres kravene som må oppfylles for å ta i bruk ombrukskomponenter. I artikkelen påpekes det at det er først når bygningselementer benyttes i andre bygg enn opprinnelsesbygget det kreves oppfyllelse av krav i DOK og TEK17 (DiBK, 2018). For ikke lokalt ombruk gjelder samme regelverk som for nybygg. I rapporten *Forsvarlig ombruk av byggevarer*, utarbeidet av Resirqel på oppdrag fra DiBK, trekkes det frem to

hovedutfordringer som ses ved ombruk av byggevarer (Resirjel, 2019).

«1. Kan den brukte byggevaren redokumenteres for å tilfredsstille krav til omsetning?»

«2. Kan den brukte byggevaren redokumenteres i forhold til de egenskaper som kreves for bruk i bygget den er tiltenkt omsatt til?»

Begge disse må innfris før byggevaren kan tas i bruk i prosjekt. For første punkt må det ses til dokumentasjonskrav gitt i DOK og i den forlengelse også byggevareforordningen. Forskriften gir veiledning i praksis rundt omsetning og dokumentasjon som er nødvendig for produkter til byggverk. Sentralt i forskriften er regelverket for CE-merking, Communauté Européenne. CE-merking er et bevis på at merket produkt oppfyller samtlige krav som stilles til produktet i de relevante direktivene, og med dette har fri markedsadgang i EØS-området (Standard, 2019). For byggevarer er CE-merking gjeldene der hvor det finnes en harmonisert standard eller produsent har fått utarbeidet en europeisk teknisk bedømmelse av produktet (DiBK, 2013). For produkter hvor dette ikke foreligger gjelder kravene beskrevet i forskriftens tredje kapittel. I forskriftens §10 inngår en opplisting av egenskapene som kan være nødvendig å dokumentere ved vurdering av byggevarens egnethet til bruk. For alle byggevarer dokumentert i henhold til kapittel 3 stilles det som krav at minst en av de opplistede egenskapene dokumenteres. Eksempler på egenskaper som inngår i listen er mekanisk motstandsevne, brannsikkerhet og energiøkonomisering, samt varmeisolering. Overordnet sier forskriftene at det for samtlige produkter som inngår i et ferdig bygg, både brukte og nye, må foreligge dokumentasjon i henhold til byggevareforordningens kapittel 3 og TEK17 kapittel 4 Dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold (DiBK, 2018).

«Noen av barrierene knyttet til dokumentasjon burde ikke være nødvendige, man må se litt på hvilken funksjon et produkt skal ha. Det er selvfølgelig viktig å vite om materialinnhold og egenskapene til produktet for å unngå at miljøfarlig komponenter videreføres. Og vi bør også ha med i vurdereringen hvilken funksjon produktet som ombrukes skal ha. Snakker vi om en fasadeløsning kan det stilles andre krav til dokumentasjon og kvalitetssikring enn om vi snakker om et bærende element»

- Anne Solgaard, Grønn Byggallianse, 2020

Som del av arbeidet med å etablere et fokusområde er det gjennomført en enkel markedsundersøkelse. I markedsundersøkelsen er det sett på andres arbeid og hvilke løsninger som allerede finnes på markedet. Denne markedsundersøkelsen har to formål, sikre at det som forsøkes løst ikke allerede er løst på en bedre måte av andre og samtidig

innhente inspirasjon. Det har her blitt sett på aktører som Resirqel, Zero Emission Development, Lendager og Madaster, som alle arbeider med sirkulære løsninger til byggenæringen. Deres tjenester løser allerede noen av logistikutfordringene som ses i ombruksmarkedet i dag, noe som har vært med på å sette rammene for hvilke problemer utarbeidet løsning kan ta for seg. To utsagn som festet seg under denne prosessen og ble en viktig føring for videre arbeid kom fra arkitekten og en av hjernene bak Madaster, Thomas Rau. I Madaster sin produktvideo sier Rau følgende:

«Waste is material without an identity»
«Material with an identity always keeps its value».
(Madaster, 2017)

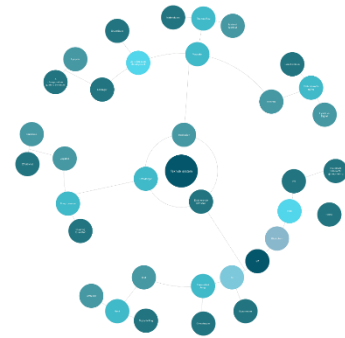
Gjennom bearbeiding av litteraturstudie, intervjuer og den enkle markedsundersøkelsen har det blitt etablert et fokusområde for konseptutviklingen. Som et utgangspunkt ønskes det å arbeide med løsninger som kan bidra til avfallsreduksjon da dette har høyest prioritet i ressurspyramiden. Videre har funn fra intervju rettet arbeidet inn mot dokumentasjonsprosessen i forbindelse med riving av bygg. Markedsundersøkelsen har bidratt med å lokalisere hull i det eksisterende tilbudet, samtidig som den har vært en viktig katalysator for etterfølgende idéprosesser. Idéprosessen har også blitt understøttet av Byggflokens byggeklosser.

5.1.2 Konsepter

Konseptutviklingen tar utgangspunkt i det innledende arbeidet med etablering av fokusområde. På bakgrunn av dette har avfallsreduksjon, logistikk og materialidentitet blitt etablert som nøkkelbegreper for konseptarbeidet. Videre har Byggflokens byggeklosser blitt brukt som et inspirasjonsverktøy for valg av problemområder.

Konseptene som presenteres i dette kapittelet har blitt utviklet ved å bruke deler av metodikken beskrevet i «A changemakers guide to the future» skrevet av Anders Lendager og Ditte Lysgaard Vind i Lendager Group (Lendager Group, 2018). I boken presenteres en stegvis guide under navnet «How to future-proof your business and planet – A step-by-step guide». I det første trinnet i guiden ses det på motivasjonen bak det man ønsker å gjennomføre og hva man forsøker å oppnå med det man tilbyr markedet. Som en viktig del av denne fasen ligger formuleringen av en visjon. Først er det viktig å etablere et klart bilde av hvorfor man ønsker å gjøre det man gjør. Som svar på dette pekes det på de utfordringene vi har foran oss i dag, og hvordan den lineære økonomimodellen det opereres med har vist

seg å forverre, fremfor å forbedre situasjonen. Det lineære tankesettet har ført til overforbruk av både fornybare og ikke-fornybare ressurser. Med en voksende befolkning og en økende velstand er det behov for drastiske endringer for å styre forbruket tilbake mot et bærekraftig nivå. På bakgrunn av dette er det utformet en overordnet visjon som er «Skape et system som kan bidra i transisjonen fra lineær- til sirkulær økonomi». Med de foreliggende utfordringene, den satte visjonen og den teoretiske avgrensningen ble det gjennomført en brainstorming og utarbeidet et tankekart, hele tankekartet kan ses i vedlegg 1.



Figur 13 - Tankekart. Egen illustrasjon.

Tankekartet ble videre brukt sammen med byggeklossene når de overordnede konseptene ble utarbeidet. Resultatet av dette arbeidet er de fire konseptene som presenteres under.

K1 – Webbasert registrering til database for materialer og komponenter.

Inspirasjon: Byggekloss 17 – Hei, jeg jobber som ombruksrådgiver

I byggekloss 17 presenteres behovet for ombruksrådgivere som kan registrere og sette verdi på ombruk (Byggflokken, 2018). For å gjøre registreringsjobben til ombruksrådgiveren lettere og samtidig bistå i tilgjengeliggjøringen av komponenter bør det etableres et registreringssystem med mulighet for publisering på web. For å løse dette foreslås det et system hvor materialer og komponenter som inngår i bygg som skal rives registreres i en webbasert tjeneste og overføres til en database. Databasen er tenkt tilgjengelig for andre aktører, og gjennom effektiv filtrering og søkeverktøy forenkles oppgaven med å oppdrive aktuelle ombrukskomponenter.

K2 – Generere BIM komponenter fra registrerte ombrukskomponenter

Inspirasjon: Byggekloss 18 – Hvor finner jeg ombruk?

Byggekloss 19 – Fra kontainer til byggevarehus

Byggekloss 20 – Jeg må kunne stole på det

Logistikken er en av de største utfordringen for etableringen av et fullverdig ombruksmarked. I byggekloss 18, 19 og 20 trekkes det frem noen konkrete utfordringer som fortsatt ikke er løst. For å løse disse utfordringene er det viktig å etablere effektive systemer som tar de udokumenterte ombrukskomponentene fra identitetsløst avfall til verdifulle identifiserbare

komponenter. For å sikre riktig dokumentasjon og sporbarhet for ombrukskomponenter ønskes det i denne løsningen å utvikle et verktøy som automatiserer prosessen med å digitalisere ombrukskomponenter. Løsningen innebærer en systematisering av ombrukskomponenter i databaser og opprettelse av en kobling mellom databasen og et BIM verktøy. Løsningen vil potensielt kunne forenkle overgangen fra kartlegging til dokumentasjon.

K3 – Kobling av bygg som skal rives og nybygg

Inspirasjon: Byggeklloss 13 – Selg bygget før riving

Bygg som skal rives er verdifulle materialbanker som sjeldent blir utnyttet.

Byggeklloss 13 peker på etablering av materialbanker som tiltak for å fasilitere for ombruk samtidig som bygningseier øker sin profitt. For at konseptet bygninger som materialbank skal fungere kreves det at kartleggingen gjøres i god tid før rivningen av bygget starter. Det er ikke rett frem å etablere en kobling mellom bygningseier og eventuelle interessenter. En mulig løsning på dette problemet ses i koblingen mellom riveprosjekter og nybyggprosjekter. Koblingen kan baseres på ulike parametere som for eksempel plassering, materialbehov og tidshorisont. Denne løsningen kunne hatt en betydelig innvirkning på logistikkutfordringene som ses i markedet i dag. Mellomlagring er både kostbart og gir økt miljøpåkjenning på grunn av uhensiktsmessig transport. En godt utviklet løsning vil kunne bidra til at komponenter kan hentes rett fra riveklart bygg til byggeplass.

K4 – Generering av bygg basert på tilgjengelig ombruksmaterialer

Inspirasjon: Byggeklloss 19 – Fra kontainer til byggevarehus

Byggeklloss 20 – Jeg må kunne stole på det

I byggekloss 19 og 20 skisseres et bilde av en ny verdikjede for kartlegging, vurdering og omsetning av sikre og sertifiserte ombrukskomponenter. Realiseres dette tankesettet vil det fremtidige byggevaremarkedet for ombrukskomponenter ikke være så forskjellig fra dagens marked for nye byggevarer. Med dette som utgangspunkt ønskes det å se på hvilke muligheter dette åpner for. Det ses i dette konseptet på muligheten for å prosjektere på bakgrunn av hva man har tilgjengelig i ombruksbiblioteker, fremfor hva man trenger for å oppføre et bestemt bygg. Det vil ses på muligheten til å benytte parametrisk design for å generere mockups som tar utgangspunkt i de tilgjengelige ombrukskomponentene, samtidig som styrende parametere sørger for at det genererte forslaget tilfredsstillende etablerte krav til

bygget.

5.1.3 Konseptutvelgelse

I konseptfasen ble det etablert fire forskjellige konsepter som i denne fasen skal vurderes opp mot hverandre for å beslutte hvilke av dem som skal bli videre bearbeidet. Det er valgt å vurdere de forskjellige konseptene på kriteriene aktualitet, innovasjon og omfang. For kategorien aktualitet ses det til hvor aktuell løsningen er i dagens marked og om den kan løse noen av problemene bransjen står overfor i dag. Innovasjon tar for seg konseptets grad av nyteknisk og endringspotensiale. Det ses til slutt nærmere på konseptenes omfang for å kunne vurdere om det er realistisk å videreutvikle løsningene som del av masteroppgaven eller om det vil kreve mer tid og ressurser enn det som er tilgjengelig. For hver av konseptene er det gitt en kort oppsummering for hvert av kriteriene samt en helhetlig konklusjon.

K1 – Webbasert registrering til database for materialer og komponenter.

Det første konseptet anses å være svært aktuelt da det tar for seg utviklingen av et verktøy som vil kunne inngå som del av grunnstrukturen for god informasjonsflyt for ombrukskomponenter. Videre anses ikke løsningen som særlig innovativ da det allerede arbeides med en rekke ulike løsninger for å dekke dette behovet. Løsningen ses fortsatt som et godt eksempel på en av flere mulige løsninger for å forenkle kartlegging- og registreringsbehovet for ombrukskomponenter. Registreringstjenester som denne vil ikke ha særlig effekt før den får et visst volum, en prototype av produktet anses likevel å være innenfor oppgavens omfang. Helhetsvurderingen er derfor at konseptet er en av mange mulig løsning på et problem som må løses for å øke markedet for ombrukskomponenter.

K2 – Generere BIM komponenter fra registrerte ombrukskomponenter

Konseptet bygger på mange måter videre på grunnlaget som skapes av løsningen i K1. Dokumentasjon er en av de større utfordringene bransjen opplever i dag og et verktøy som kan forenkle denne prosessen ses som svært aktuelt for dagens marked. Prosessen med å koble registrert ombruksdata til BIM verktøy er ikke observert i tidligere arbeid og ses derfor som innovativ. BIM får en stadig viktigere rolle i markedet og løsninger som dette ses som nødvendig for å forenkle bruk av og øke attraktiviteten til ombrukskomponenter. Etablering av denne koblingen avhenger mer av systemforståelse enn nedlagte arbeidstimer. Det anses

derfor som mulig å etablere en prototype innenfor denne oppgavens omfang. Helhetlig vurderes derfor løsningen som en viktig brikke i arbeidet med å sikre at ombrukskomponenter også skal kunne inngå som del av komplette BIM modeller. En digitalisering av bygg gjennom opprettelsen av digitale tvillinger ses som en nødvendighet for å sikre sirkulær bruk av bygningskomponenter. Gjennom løsninger som dette kan man øke tilgjengeligheten av nødvendig dokumentasjon for de produktene som ikke nødvendigvis kommer rett fra produsent. Konseptet ses derfor som et spennende utgangspunkt for videre arbeid.

K3 – Kobling av bygg som skal rives og nybygg

Det er mange logistikkproblemer som må løses for å skape god flyt i ombruksmarkedet. Dette konseptet er svar på en av utfordringene, men er trolig for spesifikk og med dette ikke særlig aktuell i dagens underutviklede marked. Selv om det ikke er observert noen løsninger som tar for seg dette i dagens marked er ikke innovasjonsgraden vurdert som særlig høy. Dette er en mer opplagt kobling som kan utnyttes i større grad når et bedre rammeverk er på plass. Løsningen avhenger videre av gode rutiner for registrering av både bygg som skal rives og oppføres. Krysskoblingen mellom disse avhenger av å sett opp ulike styringsparametere som anses som en omfattende oppgave. Løsningen ses derfor som for utfordrende til å bli tatt tak i som del av denne oppgaven. Dette gjelder både med tanke på den nødvendige kodens kompleksitet og ressursene som må legges ned for å få etablert en fungerende prototype. Helhetlig anses konseptet som interessant og har et klart potensiale til å løse noen av logistikkutfordringene knyttet til mellomlagring. Det anses allikevel som uaktuell for videre arbeid på grunn av behovet for et mer modent marked og gjennomføringens kompleksitet.

K4 – Generering av bygg basert på tilgjengelig ombruksmaterialer

Konseptet avhenger av solide registre med ombruksmaterialer som fortsatt ikke er på plass i dagens marked. Aktualiteten vurderes derfor som lav, men konseptet har en verdi som fremtidsideal. Konseptet snur fokus i prosjekteringsprosessen fra «hva trenger vi for å få til dette?» til «hva kan vi få til med det vi har tilgjengelig?». Dette perspektivet er lite utforsket og løsningen vurderes som svært innovativ. Utviklingen av et system som dette vil kreve en omfattende utviklingsprosess som ikke er mulig innenfor omfanget av denne oppgaven med de tilgjengelige ressursene. Helhetlig vurderes konseptet til å ha et svært høyt potensiale, men dette i et fremtidig marked. Konseptet skulle gjerne blitt bearbeidet videre som del av denne oppgaven, men anses som for komplekst og omfattende til at noen funksjonell

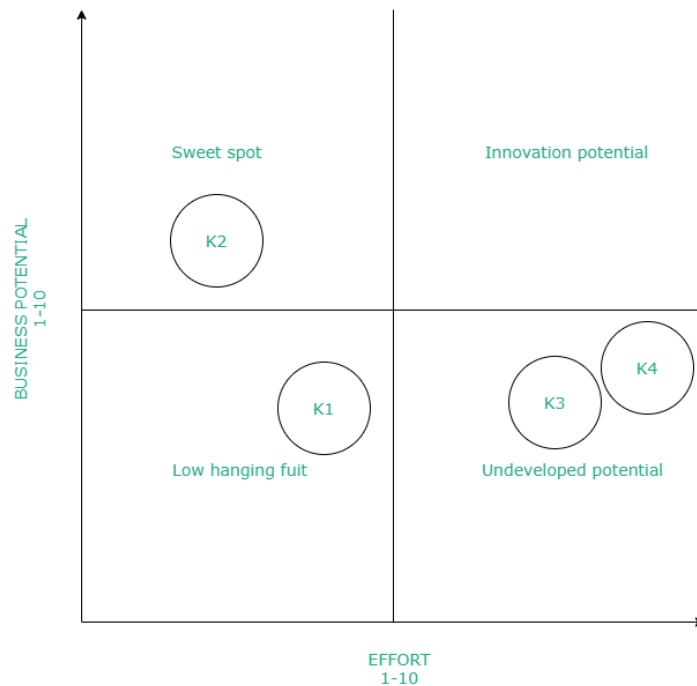
prototype kan etableres innenfor oppgavens omfang.

På bakgrunn av vurderingene over er de fire konseptene plassert inn i Lendagers «Circular Opportunity Tool». Lendager legger frem modellen som et verktøy for å vurdere ulike konsepters opp mot hverandre. I modellen ses businesspotensialet opp mot den nødvendige innsatsen for å finne løsningen som gir størst gevinst for lavest innsats. K1 havner i kategorien «Low hanging fruit». I denne kategorien

finder man konsepter som har et businesspotensiale uten at det kreves særlig innsats.

Løsningen havner her da en prototype forholdsvis enkelt kan utvikles, men

businesspotensialet vurderes til å være begrenset siden løsningen vil måtte konkurrere med andre lignende systemer. K2 ender opp i kategorien «Sweet Spot». Kategorien tar for seg konsepter som krever lav arbeidsinnsats, men fortsatt har svært høyt businesspotensiale. Utviklingen av K2 ses som forholdsvis enkel, samtidig som potensialet og markedet for løsningen anses som svært høyt. Både K3 og K4 ender opp i kategorien «Undeveloped Potential» da de begge avhenger av et mer utviklet ombruksmarked for å ha et reelt businesspotensial, samtidig som de krever langt mer utviklingsarbeid. Resultatet av vurderingen blir derfor at K2 skal bearbeides videre på bakgrunn av høyt potensiale og en arbeidsmengde som er innenfor denne oppgavens omfang.



Figur 14 - Circular Opportunity Tool. Egen illustrasjon. (Lendaaer Group, 2018)

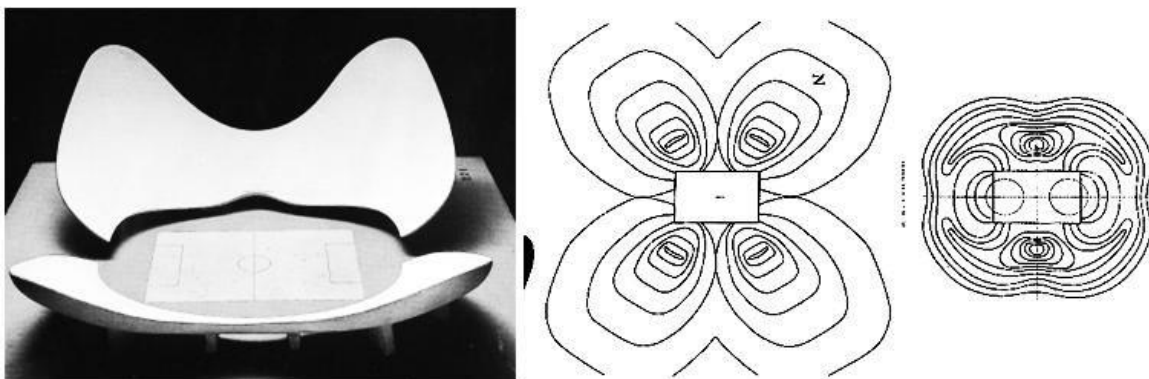
5.1.4 Utvikling

Konseptet K2, «*Genere BIM komponenter fra registrerte ombrukskomponenter*», skal i denne delen av oppgaven bearbeides videre. Som del av dette vil utviklingsprosessen for prototypen beskrives nærmere.

Første steg i utviklingen var å se på hvilke verktøy som kunne dekke de ulike funksjonene systemet ville trenge. En av de større utfordringene som ble avdekket i denne prosessen var behovet for håndtering av store datasett generert ved ombrukskartlegging. For å sikre effektiv håndtering av store datasett kreves programvare som er i stand til å hurtig bearbeide

store mengder data. Her ble det sett på ulike programvare og konkludert med at programvare som i dag benyttes til parametrisk design er svært egnet til denne oppgaven. Eksempler på dette kan være programmene Grasshopper eller Dynamo Visual. På bakgrunn av dette ble det besluttet å se nærmere på parametrisk design og mulighetene i denne typen programvare.

Selv om begrepet parametrisk design ofte knyttes til moderne arkitektur og energioptimalisering har det en lang historie. Begrepet parametrisk arkitektur ble tatt i bruk av den italienske arkitekten Luigi Moretti allerede på 40-tallet (Peteinarelis and Yiannoudes, 2016). Moretti beskrev parametrisk arkitektur som å definere sammenhengen mellom dimensjonene gjennom bruk av forskjellige parametere. I denne formuleringen av begrepet og i arkitekturens avhengighet til utallige skiftende parametere kan det argumenteres for at arkitektur er parametrisk av natur.



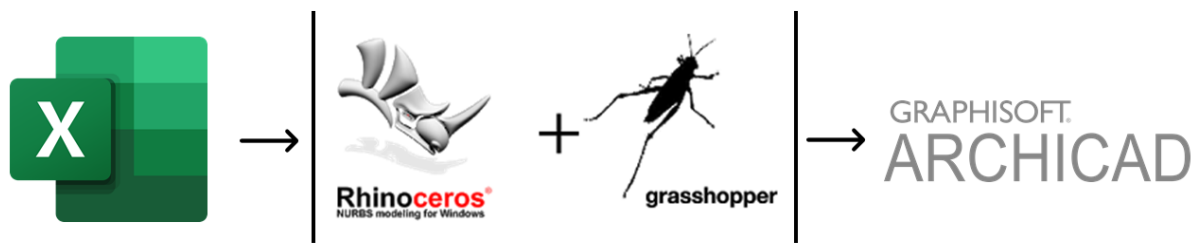
Figur 15 - Luigi Moretti, Stadium N, Del av utstillingen Parametric Architecture utstilt under den 12. Milano triennalen, 1960. (Luigi Moretti, 1960)

I tillegg til konseptuelt arbeid som stadion avbildet i figur 15, var Moretti arkitekten bak Watergate Complex som ble oppført mellom 1963 og 1971. Prosjektet anses å være det første storskala prosjektet hvor datamaskiner ble brukt i betydelig grad (Davis, 2013). Ser man på parametrisk bearbeidelse av modellens geometri er det viktig å se på den matematiske beskrivelsen av parametere. I matematikken er et parameter et symbol for noe som kan tillegges ulike verdier. I en matematisk formel vil parameteren som velges oppfattes som konstante og med dette gi en geometrisk gjengivelse på bakgrunn av de valgte parameterne. Dette ses enklest ved å se på de matematiske uttrykket for linje og sirkel presentert under.

$$\text{Linje: } ax + b$$

$$\text{Sirkel: } x^2 + y^2 = r^2$$

I formelen for linje over er a og b parametere og enhver endring på en av disse vil føre til endring i linjen formelen beskriver. For de geometriske figurer som er beskrevet over arbeides det med et håndterlig antall parametere, men i takt med økt kompleksitet kreves det et økende antall parametere for å beskrive geometrien. Dette gjør at parametrisert design i dag avhenger av omfattende dataprosessering i spesialiserte programmer. Programvare for parametrisert design brukes ofte som verktøy i arbeid med energioptimalisering. Eksempelvis kan eksterne parametere som vind, sol og støy tas med i regnestykke for å optimalisere form og plassering av bygningskroppen samt plassering av volumperforeringer som passasjer, dører og vinduer. Dette fører til at det i parametrisert design arbeides med et svært høyt antall parametere for å definere den optimale geometrien. BIM (Building Information Modeling) har ført med seg et helt nytt sett av parametere til arkitekturen. Disse nye parameterne påvirker ikke lenger bare geometrien, de tar også for seg kritisk komponentinformasjon som klassifiseringer, produsent, produksjonsår og andre viktige detaljer. Verktøyene som er laget for å arbeide med parametrisert design av geometri er laget for effektiv håndtering av store datasett og hurtig endring av modell. Disse egenskapen gjør at man effektivt kan ta i bruk verktøyene til å håndtere store komponentlister og knytte de direkte opp mot fullverdige BIM modeller. Koblingen mellom de to kan muliggjøre effektive skifter av komponenter i modellen, uten tap av verdifull informasjon. Som utgangspunkt for arbeidet med parametrisert design ble det sett på programmet Grasshopper. Grasshopper er et visuelt programmeringsspråk og inngår som del av programmet Rhinoceros. Den visuelle programmeringen er basert på predefinerte komponenter som trekkes ut og kobles sammen for å skape generative algoritmer. Rhinoceros er en modelleringsprogramvare hvor modelleringen baserer seg på Non-Uniform rational B-Spline, NURBS. NURBS er en form for matematisk modellering spesielt egnet til å generere kurver og overflater (Robert McNeel & Associates, 2020). Rhinoceros er et 3D-modelleringsprogram som blir mye brukt i tidligfase, men er ikke et BIM program. Det er derfor nødvendig å koble programmet sammen med et fullverdig BIM program for å oppnå detaljeringsnivået som ønskes å tillegge komponentene i det utviklede systemet. Det er allerede etablert ulike løsninger for dette, både gjennom «live connection» til BIM programmet Archicad og testprosjektet «Rhino Inside» hvor Rhinoceros i sin helhet, med programtillegg, kan kjøre som del av BIM programmet Revit. På bakgrunn av tidligere erfaring med Archicad, ble det besluttet å bruke dette. Grasshopper egner seg til bearbeiding av store datasett, men trenger i tillegg input fra en ekstern database. For valg av databaseverktøy var tilgjengelighet og enkel bruk avgjørende. På bakgrunn av dette ble Excel benyttet til håndtering av databasen fremfor mer spesialiserte databaseprogramvarer. Excel er svært tilgjengelig da det inngår i standard programpakker for de fleste bedrifter. Enkel bruk sikres både gjennom å være markedsstandard og ved at det allerede er etablert en løsning som tillot enkel kobling med Grasshopper.



Figur 16 – Programvare.

De fire programmene beskrevet over, Grasshopper, Rhinoceros, Archicad og Excel har alle ulike roller i det sammensatte systemet. I dette avsnittet beskrives programmenes rolle i den rekkefølgen dataen beveger seg i systemet. I først steg etableres komponentlister i Excel, disse listene fungerer som systemets database. Det som er utarbeidet i Excel er en arbeidsbok bestående av flere sider, hver dedikert til en bestemt type bygningskomponent. På sidene finnes enkle tabeller for registrering av relevant informasjon for de ulike bygningskomponentene.

ID	Brannklassifisering	Overflate	Beskrivelse	Produsent	Produksjonsår	Anskaffelsesdato	Bredde	Høyde
1	EI30	Tre	Hvit ytterdør	Swedoor	1990	20.03.2020	925	2040
2	EI30	Metall	Grønn ytterdør	Ukjent	1973	20.03.2020	1200	2040
3	EI30	Metall	Grå ytterdør	Ukjent	1995	30.04.2020	700	2100
4	EI30	Tre	Hvit innerdør	Ukjent	2019	30.04.2020	700	2040
5	N/A	Tre	Hvit ytterdør	Swedoor	2008	28.04.2020	900	2100
6	N/A	Tre	Hvit innerdør	Scanflex	2012	30.04.2020	900	2040
7	EI30	Tre	Hvit innerdør	Swedoor	2018	30.04.2020	800	2100
8	N/A	Glass	Balkongdør m. hvit karm	NorDan	2019	30.04.2020	900	2080
9	N/A	Glass	Balkongdør m. hvit karm	NorDan	2010	30.04.2020	900	2100

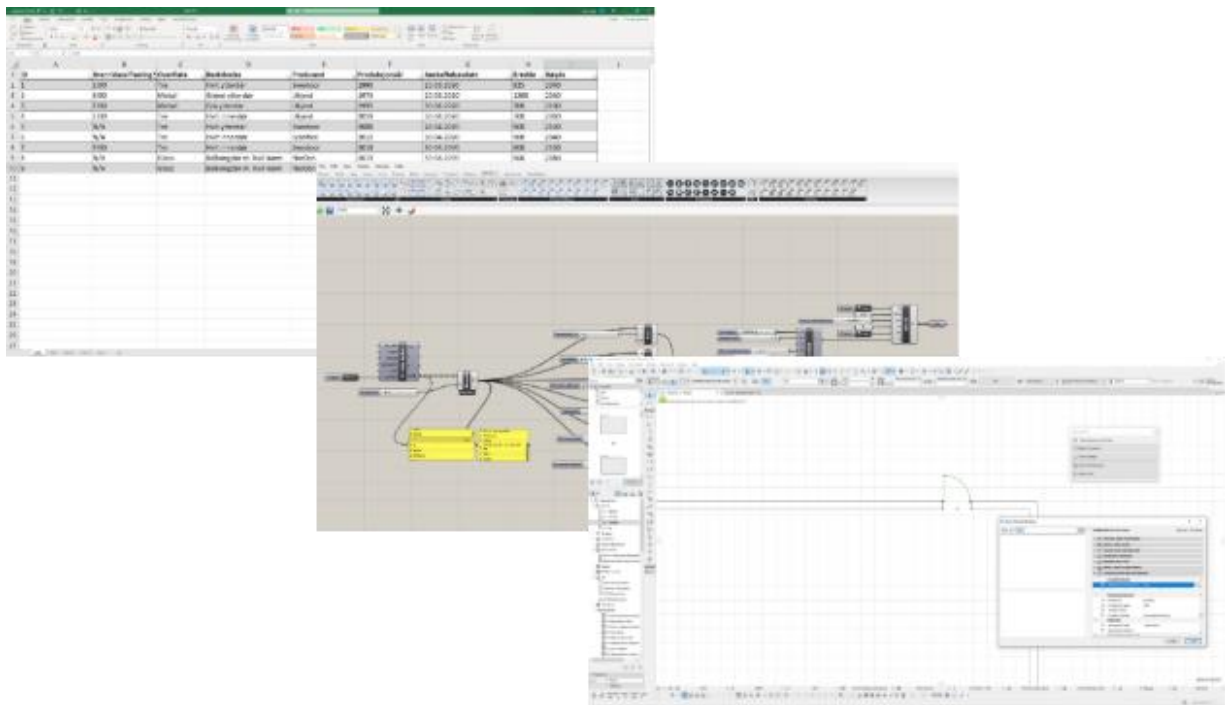
Figur 17 - Enkel komponentdatabase i Excel. Egen illustrasjon

I neste trinn blir dataen fra Excel hentet inn i Grasshopper. Grasshopper er et programtillegg til Rhinoceros derfor må også Rhinoceros kjøre. I det utviklede systemet er dette det eneste Rhinoceros benyttes til. Dataen som hentes inn i Grasshopper blir ved bruk av ulike Grasshopper komponenter strukturert på en måte som gjør det mulig å skrive egenskapene over til komponenter i BIM-modellen. Grasshopper komponenter består normalt av enkle kodescripts som utfører en bestemt oppgave på dataen som sendes gjennom. Komponentene visualiseres som bokser med inputs og outputs som kan kobles sammen med tråder (wires). Informasjonsoverskrivningen gjøres enklere ved bruk av dedikerte Archicad komponenter i Grasshopper. Sluttkomponenten i Grasshopper systemet knyttes opp til en bestemt bygningskomponent i Archicad og egenskapene skrives inn i

stor grad er laget for bruk av standardkomponenter. Omfattende søk på nett og mye prøving og feiling viste at det ved bruk av standardkomponenter i Grasshopper kun var mulig å generere ikke strukturelle objekter som stoler og bord til objektbiblioteket. På bakgrunn av dette funnet ble det gjort en vurdering på hvilket behov som skulle dekkes. I denne vurderingen ble det fastslått at det var informasjonsoverskrivningen som var den essensielle delen og at en løsning som sørget for dette ville være tilstrekkelig. En annen utfordring som oppsto i prosessen var å finne riktig sammensetning av standardkomponenter i Grasshopper. Det finnes et svært høyt antall komponenter i Grasshopper som alle utfører en bestemt oppgave på datasettet som sendes gjennom. Det å finne riktig sammensetninger av komponenter for å skape en effektiv og strukturert informasjonsstrøm i systemet var utfordrende. Dette ble løst ved å se på andres arbeid og deres bruk av komponenter. Jønnen denne prosessen ble gode muligheter identifisert og satt sammen for å etablere det ferdige systemet.

5.1.5 Resultat

Overordnet er problemet som forsøkes løst knyttet til tilgjengelighet av ombrukskomponenter og utfordringer med dokumentasjon av disse. En god løsning på disse to problemene vil kunne bidra til både kortsiktig og langsiktig avfallsreduksjon. Det utarbeidede systemet er et system, basert på eksisterende programvare, som forenkler overgangen fra kartlegging til dokumentasjon. Løsningen muliggjør enkel håndtering og digitalisering av registrert data for ombrukskomponenter. Gjennom sammenkobling av eksisterende programvare har det blitt etablert en kobling mellom database i Excel og BIM modell i Archicad. Programmet gjør det mulig å enkelt skifte mellom de ulike komponentene i databasen og skriver automatisk informasjonen til det aktuelle BIM objektet i modellen.



Figur 20 - System. Egen illustrasjon.

5.2 Diskusjon og refleksjon

«Er dagens byggenæring rustet for transisjonen fra lineær- til sirkulær økonomi?»

I dette delkapittelet forsøkes det å samle resultatene fra det gjennomførte forskningsarbeidet for å skape et bedre bilde av rammeverket som er nødvendig for å understøtte transisjonen til en sirkulær byggenæring. For å oppnå Regjeringens uttalte målsetting om å være et foregangsland i utviklingen av sirkulærøkonomi vil det være helt essensielt med et rammeverk som tilrettelegger for sirkulære løsninger i byggenæringen. Med rammeverk menes essensielle strukturer i form av nettverk, standarder og regler som er førende for næringen. Rammeverkets konturer er i ferd med å etableres, men overordnet mangler fortsatt mye av det helhetlig rammeverket som skal understøtte overgangen fra lineær- til sirkulær økonomi.



Figur 21 - Sirkulær byggenæring. Egen illustrasjon

Både nasjonale og internasjonale lover og forskrifter utgjør en viktig brikke i rammeverket. I arbeidet med denne masteroppgaven er det observert flere områder hvor dagens lovgivning skaper utfordringer for aktørene som ønsker å operere sirkulært. Eksempler på dette er lover og forskrifter knyttet til riveprosess og ombruk av byggevarer i henhold til byggevarerforskriften. Under utvikling av det tekniske systemet ble det sett nærmere på rivepraksisen, særlig avfallsplanen som inngår i søkeprosessen. Slik det er i dag er ikke standardisert avfallsplanen et effektivt verktøy for å øke bruk av ombruksmaterialer, slik et av formålene med planen er. Planen er ikke lett tilgjengelig for mulige interessenter og den overordnede strukturen er for generell. For at planen skal kunne bidra til mer ombruk vil det være nødvendig med sortering som tar for seg komponenter, ikke bare materialfraksjoner. Økt detaljnivå gir interessenter bedre oversikt over hva bygget består av uten å dra på tidkrevende befaringer. For å sikre tilgjengelighet bør det etterstrebes å tidlig tilgjengeliggjøre planen via en digital plattform, slik at andre aktører kan melde sin interesse for avfallet før det blir sendt til gjenvinning. Det ses som et paradoks at det i forbindelse med rivning av bygg opereres med et unyansert regelverk med få krav som sikrer bærekraftig komponent- og ressursgjenvinning, mens det på den andre siden opereres med et svært omfattende regelverk rundt dokumentasjon av ombrukskomponentene som blir hentet ut fra riveklare bygg. Dette resulterer i en situasjon hvor lavt volum ombrukskomponenter gjør det umulig å etablere gode rutiner for dokumentasjon i henhold til dagens strenge regelverk. Lavt volum gjør det videre umulig å etablere en økonomisk bærekraftig verdikjede for ombrukskomponenter. For å løse denne utfordringen vil det være nødvendig med omskrivning av dagens lov for å sikre et lovverk som understøtter transisjonen til en sirkulær byggenæring. Krav til ombrukskartlegging ble i flere av intervjuene foreslått som mulig løsning. En lovpålagt ombrukskartlegging før riving av bygg vil sørge for bedre dokumentasjon og kan gi økt omsetning av ombrukskomponentene.



Figur 22 - Lov som understøtter sirkulærøkonomi. Egen illustrasjon.

Sirkulærøkonomi og gjennomføring av sirkulære prosjekter er fortsatt veldig nytt i byggenæringen. Det er gjennomført få prosjekter, og som følge av dette mangler det gode forbildeprosjekter. For å øke volumet vil det være nødvendig å etablere gode standarder med prosedyrer som sikrer enklere gjennomføring. Standardene må ta for seg både sirkulære bygg oppført med nye materialer og bygg oppført med ombrukskomponenter.

«Vi må begynne å endre regelverket opp imot at vi ønsker mer ombruk. Både i forhold til at vi lager prosedyrer så vi kan effektivisere testing og redokumentasjon, at vi tar vare på

dokumentasjonen i byggene vi setter opp og at vi designer dem på en måte som gjør at de kan brukes på nytt.»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

Tilbakemeldinger fra informantene peker på at gjennomføring av ombruksprosjekter innebærer stor usikkerhet og dette bør gjenspeiles i kontraktsformene som benyttes. Det må legges ned et arbeid for å sikre at kontrakt- og entreprisereformer er tilpasset de nye utfordringene ombruk av byggevarer byr på.

«En av tingene som mangler i dag er en god beskrivelse av en ombruksentreprise.»

- Lasse Kilvær, Resirqel, 2020

I intervjuene trekkes det av flere informanter opp at tradisjonell totalentreprise ikke er særlig egnet for ombruksprosjekter. Pris, tilgjengeligheten, kvaliteten og volumet av byggevarer går fra å være forholdsvis statisk til å bli mer dynamisk. Dette og flere andre usikkerheteselementer gjør prising av ombruksprosjekter langt mer utfordrende. Utvidet samarbeid på tvers av organisasjoner trekkes i alle intervjuene frem som en viktig brikke for å løse utfordringene vi står overfor. I intervju med Michael Curtis peker han til gjennomføringsmodeller som Samspill og Integrated Project Delivery (IPD) som gode utgangspunkt for ombruksentreprise. Flexibiliteten og utvidelsen av handlingsrommet som skapes av disse gjennomføringsmodellene trekkes frem som gode egenskaper for ombruksprosjekter. Redusert eller ingen bruk av dagmulkt kan også være med på å redusere risiko for entreprenøren, og med dette stimulere til økt konkurranse.

Samspill og IPD

Gjennomføringsmodellene er bygget opp rundt felles ambisjoner og -verdier og et tett samarbeid mellom byggherreorganisasjon, rådgiver og entreprenør (Arntzen de Besche Advokatfirma, 2016). Det er tidlig involvering av nøkkelpersonell for å oppnå god flyt i overgang fra prosjektering til utførelse. BIM, Lean Construction og Virtual Design & Construction (VDC) er sentrale metodikker for å sørge for smidig gjennomføring og god kommunikasjon på tvers av fagfelt og organisasjoner. Det er åpen økonomi mellom deltakerne og det er svært liten mulighet for å rette økonomiske krav mot hverandre.

Spesielt for IPD-kontrakter er at det overordnet opereres med target cost som er et estimat av de faktiske kostnadene (Sands, 2017). Entreprenørens fortjeneste avtales og settes til et bestemt beløp uavhengig av target cost. Overskridelser av target cost skal først trekkes fra entreprenørens fortjeneste, overskridelser utover dette er byggherres risiko. Kontrakten skiller seg også ut ved at det ikke benyttes dagmulkt. Eventuelle påløpte kostnader som skyldes forsinkelse regnes inn som del av total kostnad.

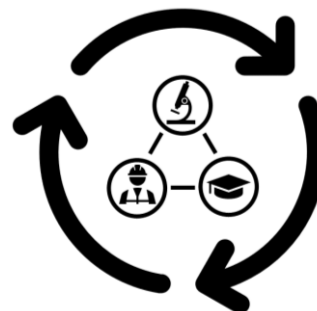
Robuste bransjeorganisasjoner og nettverk er en viktig del av det nødvendige rammeverket. Deres arbeid innebærer blant annet å skape en større bevissthet rundt sirkulærøkonomi i byggenæringen gjennom informasjonsdeling og arrangementer. I byggenæringen er arbeidet med dette godt i gang, et eksempel er arbeidet utført av Byggflokken og det sirkulære Eiendom- og byggnettverket som etterfølgende



Figur 23 - Sirkulære nettverk. Egen illustrasjon.

ble etablert av Circular Norway og BuildingSmart. FutureBuilt, Enova og Grønn Byggallianse har også vært sentrale aktører når det kommer til arrangementer som fremmer sirkulærøkonomi i byggenæringen.

Gjennom kunnskapsheving kan vi sikre at fremtidens sirkulærøkonomi er både regenerativ for planeten, og økonomisk bærekraftig for samfunnet. Det er derfor viktig at utdanning- og forskningsinstitusjoner får en sentral rolle i utviklingen av fremtidens sirkulærøkonomi. Store deler av midlene som går til forskning og innovasjon er subsidiert av staten. I intervju med Anne Solgaard trekker hun frem at staten gjennom sine støtteordninger har et ansvar for å tilrettelegge for bedre rammevilkår for innovasjon i



Figur 24 - Sirkulær forskning og utdanning. Egen illustrasjon.

byggenæringen. Dette understøttes videre i kapittel 6.3 i Europakommisjonens handlingsplan hvor det legges frem at støtteordninger som The European Regional Development Fund og Horizon Europe vil benyttes til å støtte fremvekst av sirkulære løsninger til markedet. Med dette understøtter planen innovasjon, men viktigheten av å gi sirkulærøkonomien en sentral rolle i utdanningen av morgendagens økonomer, teknologer, ingeniører, arkitekter, innovatører og andre arbeidstakere kommer i svært liten grad frem av Europakommisjonens handlingsplan. I den nye handlingsplanen henvises det for utdanning til European Social Fund Pluss fremfor å omfatte egne strategier for dette feltet. Dette ses som en stor svakhet i planen som har til formål å legge føringen for sirkulær vekst i Europa. Med dette som utgangspunkt ses det som svært positivt at utdanning har fått en mer fremtredende rolle i de nasjonale handlingsplanene for sirkulærøkonomi. Eksempelvis blir det i Danmark, Finland og Nederlands planer for sirkulærøkonomi fremmet strategier for implementasjon av sirkulærøkonomi i både grunnskole og høyere utdanning. De nasjonale handlingsplanene kommer med gode og konkrete tiltak for å fremme sirkulærøkonomiens posisjon i utdanningen. Økt implementasjon av sirkulærøkonomi i utdanning kan skape både sirkulær innovasjon og sikre en god forankring av sirkulære prinsipper i samfunnet. Det ses som uheldig at det i dag ikke er noen utdanningsinstitusjoner blant medlemmene til det sirkulære Eiendoms- og byggnettverket. Utdanningsinstitusjoner er en sentral aktør som står for både forskningsarbeid og opplæring av morgendagens arbeidstakere. For å sikre sirkulærøkonomiens posisjon i utdanningen bør byggebransjen være proaktiv og gå i dialog med utdanningsinstitusjonene. I et hurtig skiftende marked blir koblingen mellom næringsliv og utdanning stadig mer aktuelt. God dialog med næringslivet og økt fleksibilitet i undervisningspensum er viktig for å sikre samfunnsaktuell utdanning som gir studentene kunnskapen som er nødvendig i morgendagens arbeidsmarked. Dette kan og bør understøttes av Norges

nasjonale strategi om sirkulærøkonomi. Ved å komme med konkrete strategier og målsettinger for sirkulærøkonomiens posisjon i forskning og utdanning er det mulig å øke produksjonen av fremtidsrettet sirkulær forskning, samtidig som sirkulærøkonomiens posisjon i utdanningen styrkes.

Digitalisering er en av nøklene til en vellykket transisjon til sirkulærøkonomi. Det vil derfor være to parallelle revolusjoner som må til for å sikre at byggenæringen ikke blir hengede etter i et skiftende marked. Digitaliseringen har en sterk posisjon i Europakommisjonens handlingsplan og trekkes frem som fokusområdene i arbeidet med «Strategy for a Sustainable Built Environment» som vil rette seg direkte til byggenæringen. De tekniske systemene er en viktig brikke i det sirkulære rammeverket som må bygges opp for å akselerere overgangen til sirkulærøkonomi. Utvikling av brukervennlig systemer i alle ledd fra produksjon til håndtering av avfall og ombrukskomponenter kan bidra til å sikre effektiv materialbruk og med dette bidra til avfallsreduksjon. I tillegg til å fokusere på utviklingen av nye brukervennlige systemer er det viktig at bransjen får øynene opp for de mulighetene som ligger i bruken av systemene de allerede har tilgang til i dag. Dette er forsøkt bevist gjennom utviklingen av et eget verktøy presenter i kapittel 5.1. Løsninger som binder sammen allerede utviklede verktøy kan implementeres hurtigere samtidig som det potensielt er lavere kostnader enn ved utvikling av helt nye systemer. For å få til dette er det viktig at digitalisering får god forankring hos ledelsen slik at arbeidet med å hente inn etterslep på teknisk kompetanse kan akselereres betydelig. Forankring hos ledelsen kan bidra til fremvekst av nye sterke kulturer som fremmer digital bruk i bransjen. Ledere har stor innflytelse og lederens verdier, reaksjoner og utforming av roller er kraftig mekanismer for å innarbeide og vedlikeholde kultur (Kolltveit, Lereim and Reve, 2009). Anne Solgaard trekker i intervjuet frem staten som en viktig bidragsyter i arbeidet med å intensivere digitaliseringen av byggenæringen. Europakommisjonen er her et godt forbilde i sitt arbeid med å støtte utviklingene av teknologi som muliggjør bedre kartlegging og sporing av ressurser. Tiltaket kommer frem av handlingsplanene og beskrives ytterligere i kommisjonens egen strategi for data (European Commission, 2020c). I strategien legges det frem en konkret plan om å etablere en felles Europeisk dataplattform som inkluderer produktpass, ressurskartlegging og sporingssystemer for avfallstransport.

«Med sirkulærøkonomi må vi jobbe litt annerledes, vi må venne oss til å samhandle. Det er vanskelig å få til å optimalisere ressursbruken og en sirkulær økonomi om vi fortsetter å jobbe i silo og som eksperter på hver vår tue. Vi kan være kjempesmarte alene, men de virkelig banebrytende løsningene får vi bare til når vi er smarte sammen.»

- Anne Solgaard, Grønn Byggallianse, 2020

Felles for funn i litteraturstudie og samtlige intervjuer er behovet for en oppskalering av samarbeid på tvers av landegrensener, regioner og organisasjoner. I Europakommisjonens handlingsplan er det satt ekstra fokus på hvordan det internasjonale samarbeidet mellom landene i EU kan sørge for et transparent og harmonisert ressursmarked. Norges arbeid med sirkulærøkonomi må videre underbygge dette med konkrete tiltak som tilrettelegger for fremvekst av sektorielt og tverrsektorielt samarbeid. Verdikjedene som må opprettes for å understøtte sirkulærøkonomien er avhengig av samspill mellom flere næringer over lang tid. De lukkede kretsløpene som skal etableres avhenger av løpende avtaler som sikrer kontinuitet i materialstrømmen av oppstrøms og nedstrøms råvarer. I intervju med Thomas Mørch påpeker han viktigheten og utfordringene med å få med seg hele verdikjeden. For at Norsk Gjenvinning og andre avfallshåndteringsfirmaer skal kunne tilby høykvalitets sekundærråvarer til sine nedstrømskunder, må oppstrømskundene være bevisste på hva som skjer med sitt avfall. På den andre siden styrer forbrukeren markedet og for å øke volumet av produkter basert på sekundærråvarer må dette etterspørres. En bevisstgjøring rundt kausaliteten som ses i oppstrøms og nedstrøms avfallshåndtering er av høy betydning for utviklingen av sirkulærøkonomi i byggenæringen.

6



KONKLUSJON

Formålet med denne studien har vært å undersøke om den norske byggenæringen er rustet for transisjonen til sirkulærøkonomi. I studien er det sett på det teoretiske rammeverket, gjennomført intervjuer med fremoverlente bransjeaktører og utført en utviklingsprosess av et teknisk system som kan understøtte overgangen.

Regjeringen har et uttalt mål om å være et foregangsland i implementasjon og utviklingen av en ressurseffektiv sirkulær økonomi. Det er derfor uheldig at Norge blir hengende etter andre Europeiske land i utviklingen av egen nasjonal strategi. En robust nasjonal strategi som gir konkrete retningslinjer og klare insentiver er en forutsetning for effektiv utvikling.

Det er flere fremoverlente aktører fra både privat og offentlig sektor som er i gang med arbeid som kan fremme sirkulære tankesett i næringen. Antall aktører som tar del i de sirkulære nettverkene ser ut til å øke og den generelle bevisstheten rundt tema er på vei oppover. Det er fortsatt behov for en intensivering av dette arbeidet for å samle byggenæringen for å gjennomføre et felles løft hvor aktørene påtar seg et større og bredere ansvar for utviklingen enn de gjør i dag. Tverrsektorielt samarbeid er en viktig brikke for å oppnå effektive verdikjeder som ivaretar materialene vi allerede har. For å oppnå gode resultater må tankesettet flytte seg fra egen virksomhet til helhetlig sykluser. Som et eksempel på dette er det ikke lenger godt nok at byggherre og entreprenør har høy sorteringsgrad på byggeplass når materialene ikke går inn i gode materialgjenvinningsystemer. Gode materialgjenvinningsystemer må etableres i samspill mellom de som kjøper produkter og generer avfall, gjenvinningsaktører og produsenter som kan produsere fullgode produkter basert på sekundærråvarer. Sirkulærøkonomien vil også kreve at det opprettes gode systemer for demontering og gjenbruk av materialene som er i byggene vi allerede har i dag. Implementasjon av materialpass og materialbanker foreslås som verktøy for å gi oversikt over verdiene som er i materialene som inngår i byggene som allerede er oppført.

Det største hinderet og det kraftigste verktøyet for å få til sirkulære løsninger er økonomien. Det er i dag langt mer kostbart å bygge med brukte materialer enn det er å bygge med nye. For å få til økonomisk bærekraftige løsninger for ombruk og materialgjenvinning er volum nøkkelen. Ved økning i volum kan det etableres effektive verdikjeder som i større grad er konkurransedyktig mot dagens veletablerte praksis. Verdikjedene for ombruk og materialgjenvinning bør understøttes av teknologi gjennom utvikling av verktøy som bidrar til effektivitet og god informasjonsflyt på tvers av aktører. Digitaliseringen bør få en fremtredende posisjon i byggenæringens strategi for å oppnå sirkulærhet. Utvikling og opplæring i nye systemer er både tidkrevende og kan innebære store kostnader. Det er

derfor viktig at det ikke bare produseres nytt, men også tenkes nytt med det bransjen allerede har av teknologiskinfrastruktur. Systemet som ble utviklet som del av denne oppgaven understøtter dette tankesettet. Ved å tenke utenfor boksen ved bruk av eksisterende systemer kan man etablere fullgode systemer som understøtter sirkulære tankesett, uten de store kostnadene knyttet til utvikling av nye systemer. Økonomien kan også brukes som et verktøy gjennom opprettelsen av krav og retningslinjer som gjør det dyrere å operere utenfor ønsket handlingsmønster. Et eksempel på dette er krav til ombrukskartlegging. Et slikt krav vil både tilgjengeliggjøre mer materialer for ombruk, samtidig som det øker kostnaden for riving av bygg. Resultatet av kostnadsøkningen er et intensiv for å bevare eksisterende bygninger.

Funn i dette studiet peker i retning av at dagens byggenæring ikke er rustet for de omfattende omveltningene sirkulærøkonomien bringer med seg. Intervjuer og litteraturstudie viser at det mangler mye på både det materielle og det mentale. Samtidig ser man både små og store aktører som arbeider både hver for seg og sammen for å trekke næringen i riktig retning. For å videre fremme utviklingen av sirkulærøkonomi i byggenæringen bør aktørene i større grad arbeide i samspill og gjøre betydelig grep for å høste mulighetene som ligger i digitalisering. Det er ikke enkeltaktørene, men en samlet byggenæring som kan sikre at det oppnås sirkulæritet.

7 Videre arbeid

I denne oppgaven er det valgt å ha et overordnet blikk hvor det ses på bransjen som en helhet. Underveis i arbeidet har det vært mange andre tanker og vinklinger som ikke har kunnet blitt videre bearbeidet grunnet tidsomfang og kapasitet. Det finnes enormt med muligheter for akademiske og praktiske oppgaver rundt sirkulærøkonomi i kobling med bygg. Under beskrives noen av tankene som har dukket opp underveis i arbeidet.

For videre arbeid ville det vært spennende å sett enda nærmere på enkeltaktørene for å etablere klarere rammer rundt deres arbeid og utfordringer.

I denne masteroppgaven ble det utarbeidet fire forskjellige konsepter til teknisk system. Av disse konseptene ble kun et bearbeidet videre til en fungerende prototype. En naturlig forlengelse av arbeidet med denne oppgaven ville vært å sett nærmere på de andre konseptene og utviklet prototyper for disse også. En forutsetning for aktualiteten til de andre konseptene er økt tilgang til ombrukskomponenter. I den forlengelse ville det vært interessant å sett nærmere på den mulige effekten av krav til ombrukskartlegging. En av effektene vil trolig være en økning i tilgjengelig ombrukskomponenter og en reduksjon i antall bygg som rives.

En annen interessant vinkling kom frem under arbeidet med parametrisk design. «*Kan parametrisk design ta oss fra en $Y=ax+b$ økonomi (linje) til en $x^2+y^2=r^2$ økonomi (Sirkel)*». Gjennom denne vinklingen ville det vært naturlig å se enda nærmere på koblingen mellom parametrisk design og sirkulærøkonomi. Det ville for eksempel vært spennende å se på hvilke muligheter som ligger i bruk av parametrisk design ved oppføring av nye bygg basert på sirkulære konsepter.

Det i tillegg observert en naturlig kobling mellom digital tvilling og sirkulærøkonomi. Det kunne vært spennende å undersøke dette enda nærmere for å se på mulige sirkulære gevinster ved utstrakt bruk av digitale tvillinger for både nybygg og generering for eldre bebyggelse.

8 Litteraturliste

- Æra (2020) *Floke*. Available at: <https://www.floke.era.as/no/om-oss/> (Accessed: 24 April 2020).
- Befring, E. (2015) *Kvantitativ metode*. Available at: <https://www.etikkom.no/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnarminger/Kvantitativ-metode/> (Accessed: 19 February 2020).
- Borzecka, M. (2018) “Absorbing the Potential of Wood Waste in EU Regions and Industrial Bio-based Ecosystems — BioReg”, (727958), pp. 1–48.
- Bygg.no (2019) *Sorterer alt avfall på byggeplass*. Available at: <http://www.bygg.no/article/1397831>.
- Bygg.no (2020) *Sirkulær BREEAM-NOR 2021*. Available at: <http://www.bygg.no/article/1420705> (Accessed: 3 March 2020).
- Byggenæringens Landsforening (2017) *Digitalt Veikart*. Available at: <https://www.bygg21.no/contentassets/0f0364f3e2cf49d088f905293ac8e6e1/digitalt-veikart-bae-naeringen.pdf> (Accessed: 27 April 2020).
- Byggflokken (2018) ‘Byggeklusser’.
- Byggflokken (2019) *Byggflokken - Reformater*. Available at: <https://reformater.no/> (Accessed: 24 April 2020).
- Circle Economy (2020) ‘Circularity Gap Report 2020’, p. 69. Available at: <https://www.circularity-gap.world/>.
- Circular Norway (2019a) *Circular Gap Report Norway*. Available at: <https://www.circularnorway.no/gap-report> (Accessed: 3 March 2020).
- Circular Norway (2019b) *Eiendoms- og byggnettverket*. Available at: <https://www.circularnorway.no/eiendoms-og-byggnettverk> (Accessed: 8 May 2020).
- Creswell, J. W. (2014) *Research Design - Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. 4th edn. SAGE Publications.
- Davis, D. (2013) *A History of Parametric*. Available at: <https://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>.
- DiBK (2013) *DOK*. Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok> (Accessed: 1 April 2020).
- DiBK (2016) *Hvem er DiBK*. Available at: <https://dibk.no/om-oss/hvem-er-direktoratet-for-byggkvalitet/> (Accessed: 16 March 2020).
- DiBK (2017a) *Avfallssortering*. Available at: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-8/> (Accessed: 21 April 2020).
- DiBK (2017b) *TEK17 - Avfallsplan*. Available at: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-6/>.
- DiBK (2018) *Ombruk av byggevarer*. Available at: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/>.
- Earth Overshoot Day (2020) *Past Earth Overshoot Days*. Available at: <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/> (Accessed: 4 May 2020).
- Ellen MacArthur Foundation (2020) *Schools of thought*. Available at:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-thought> (Accessed: 11 February 2020).

European Commission (2015a) *Building as Material Banks (BAMB)*. Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/642384> (Accessed: 8 May 2020).

European Commission (2015b) *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*.

European Commission (2019a) 'Green New Deal'. doi: 10.2307/j.ctvd1c6zh.7.

European Commission (2019b) *Implementation of the Circular Economy Action Plan, Archives of The Roentgen Ray*. doi: 10.1259/arr.1905.0091.

European Commission (2020a) 'Circular Economy Action Plan 2020'. Available at: <https://www.switchtogreen.eu/wordpress/wp-content/uploads/wp-post-to-pdf-enhanced-cache/1/circular-economy-strategy.pdf>.

European Commission (2020b) *Circular Economy Principles for Buildings Design*.

European Commission (2020c) 'Communication COM(2020) 66 final on "A European strategy for data"'. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

European Economic and Social Committee (2019) *Circular economy strategies and roadmaps in Europe: Identifying synergies and the potential for cooperation and alliance building – Study*. doi: doi:10.2864/554946.

European Parliament and Council (2008) 'Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives (Waste framework', *LexUriServ. do*, pp. 3–30. doi: 2008/98/EC.; 32008L0098.

FN (2015) *FNs Bærekraftsmål*. Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (Accessed: 17 April 2020).

FutureBuilt (2020) *Illustrasjon KA13*. Available at: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#!/Forbildeprosjekter/Kristian-August-gate-13> (Accessed: 25 May 2020).

Hågøy, T. (2019) *Mindemyren*. Available at: <https://www.eiendom2.com/post/vil-gjøre-mindemyren-til-en-stor-materialbank> (Accessed: 8 May 2020).

Klima- og miljødepartementet (2017) 'Meld. St. 45 (2016 – 2017)', 45.

Klima- og Miljødepartementet (2019) *Kunnskapsgrunnlag til nasjonal strategi for sirkulær økonomi*. Available at: <https://doffin.no/Notice/Details/2019-365670>.

Kolltveit, B. J., Lereim, J. and Reve, T. (2009) *Prosjekt*. 3. utgave. Oslo: Universitetsforlaget.

Kvale, S. and Brinkmann, S. (2015) *Det kvalitative forskningsintervju*. 3. Utgave. Gyldendal.

Lendager Group (2018) *A changemaker's guide to the future*. København.

Lifset, R. and Graedel, T. E. (2002) *A Handbook of Industrial Ecology*.

Lovdata (2004) *Avfallsforskriften*. Available at: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930> (Accessed: 21 April 2020).

Lovdata (2008) *Plan- og bygningsloven Fjerde del: Byggesaksdel*. Available at: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_4-1#KAPITTEL_4-1.

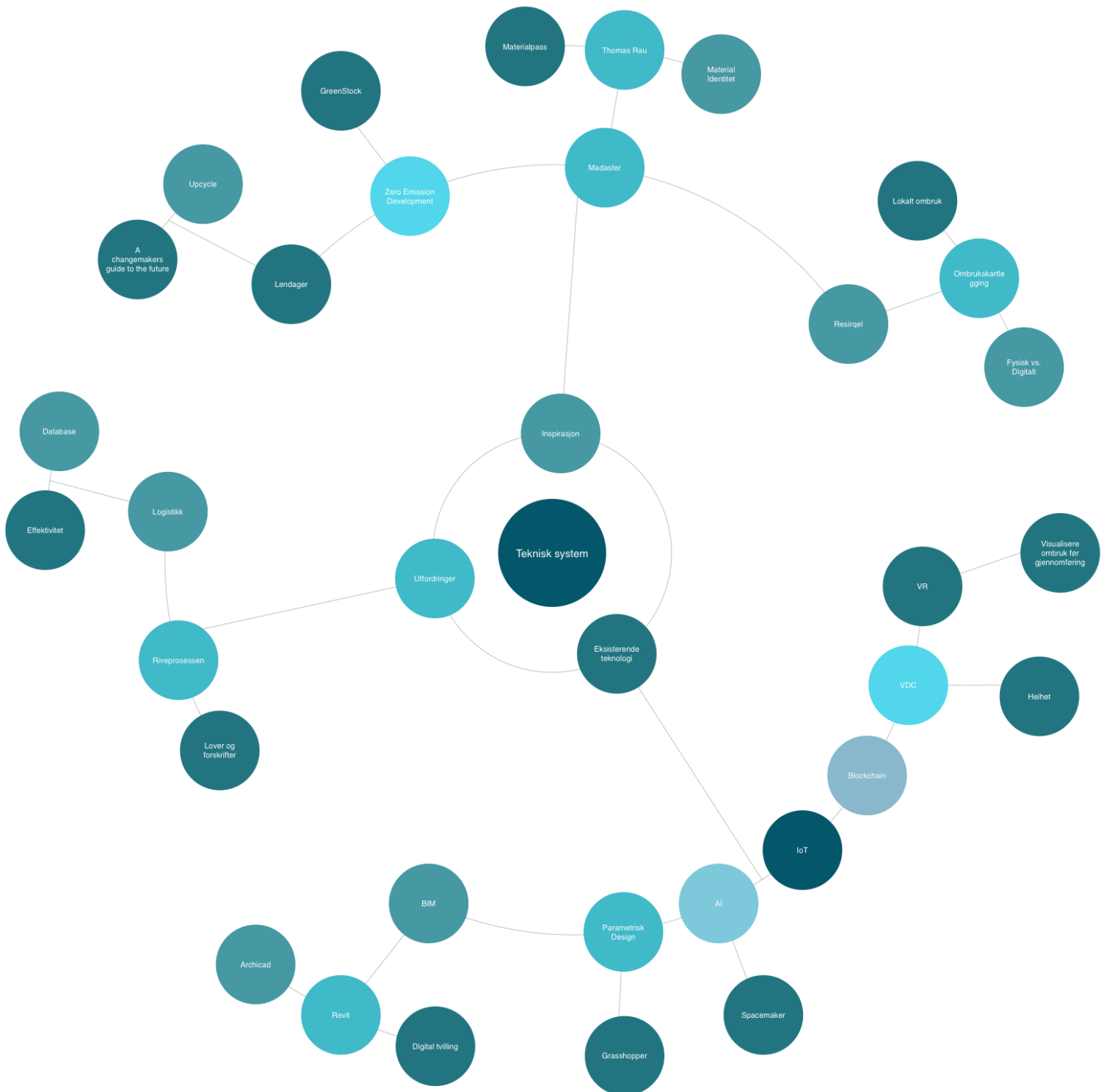
Lovdata (2010) *Byggesaksforskriften*. Available at: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488#§5-4>.

- Lovdata (2011) 305/2011. Available at: <https://lovdata.no/static/LTI/ltavd1/filer/grafikk/32011r0305u.pdf> (Accessed: 16 March 2020).
- Madaster (2017) *Madaster: Cadastre for materials*. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=VN92AndNoZ0&list=UU4IXMe_lxrbslu2f-5yAxBgQ&index=10.
- Mang, P. and Reed, B. (2012) *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology, Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. doi: 10.1007/978-1-4419-0851-3.
- De nasjonale forskningsetiske Komiteene (2010) *Kvalitative og kvantitative forskningsmetoder – likheter og forskjeller*. Available at: <https://www.etikkom.no/forskningsetiske-retningslinjer/Medisin-og-helse/Kvalitativ-forskning/1-Kvalitative-og-kvantitative-forskningsmetoder--likheter-og-forskjeller/> (Accessed: 19 February 2020).
- De nasjonale forskningsetiske Komiteene (2015) *Bias*. Available at: <https://www.etikkom.no/FBIB/Temaer/Spesielle-problemomrader/Bias/>.
- Nordby, A. S. and Shine, C. B. (2020) 'Foreløpig erfaringsrapport fra KA13 arbeidsmøter', pp. 1–17.
- Oslo Kommune (2020) *Håndtering av bygg- og anleggsavfall*. Available at: <https://www.oslo.kommune.no/plan-bygg-og-eiendom/skal-du-bygge-rive-eller-endre/handtering-av-bygg-og-anleggsavfall/>.
- Pedersen Zari, M. (2018) *Regenerative Urban Design and Ecosystem Biomimicry*. New York: Routledge.
- Peteinarelis, A. and Yiannoudes, S. (2016) 'ALGORITHMIC THINKING IN DESIGN AND CONSTRUCTION : Working with parametric models', *Researchgate-online*, (November), pp. 0–9. Available at: https://www.researchgate.net/publication/310100900_ALGORITHMIC_THINKING_IN_DESIGN_AND_CONSTRUCTION_Working_with_parametric_models.
- Philips (2017) *Circular Lighting*. Available at: https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/UnitedKingdom/ODLI20171031_001-PDF-en_GB-7036_Circular_Lighting_Digi_WTO_01.pdf (Accessed: 6 April 2020).
- Regjeringen (2019a) *Granavolden Plattformen*. Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2585544/#k13>.
- Regjeringen (2019b) *Klimasamarbeid*. Available at: <https://www.regjeringen.no/no/tema/europapolitikk/aktuelt/aktuelt/nyheter/2019/klima/id2675437/> (Accessed: 5 March 2020).
- Resirqel (2019) 'Forsvarlig ombruk av byggevarer'.
- Resirqel (2020) *Resirqel - Nyheter*. Available at: <http://www.resirqel.no/nyheter> (Accessed: 12 May 2020).
- Robert McNeel & Associates (2020) *Nurbs*. Available at: <https://www.rhino3d.com/nurbs> (Accessed: 4 May 2020).
- Sacred Heart University Library (2019) *Types of Research Designs*. Available at: <https://library.sacredheart.edu/c.php?g=29803&p=185902#s-lg-box-wrapper-626732> (Accessed: 20 February 2020).
- Sintef (2018) *SFI Circular*. Available at: <https://www.sintef.no/en/projects/sfi-circular-value-creation-in-a-green-economy/> (Accessed: 6 May 2020).

- SSB (2019) *Dobling i FoU og innovasjon*. Available at: <https://www.ssb.no/teknologi-og-innovasjon/artikler-og-publikasjoner/dobling-av-offentlig-stotte-til-fou-og-innovasjon-pa-fem-ar>.
- SSB (2020) *Avfallsregnskapet*. Available at: <https://www.ssb.no/avfregno> (Accessed: 21 April 2020).
- Stahel, W. R. (1997) 'The service economy: "Wealth without resource consumption"?' , *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 355(1728), pp. 1309–1319. doi: 10.1098/rsta.1997.0058.
- Stahel, W. R. (2006) *The Performance Economy*.
- Standard (2019) *CE-Merking*. Available at: <https://www.standard.no/standardisering/ce-merking/> (Accessed: 16 March 2020).
- Statsbygg (2020) *Digibyg*. Available at: <https://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/Digibyg/> (Accessed: 21 May 2020).
- Strand, N. and m.fl (2016) 'Avfalls- og gjenvinningsbransjens veikart for sirkulærøkonomi', p. 58. Available at: <https://www.gronkonkurranseskraft.no/files/2016/10/Avfalls-og-gjenvinningsbransjen-Veikart-for-sirkulær-økonomi.pdf>.
- Svanes, M. (2019) 'Mindemyren - Et byområde i endring'.
- The Biomimicry Institute (2020) *What is biomimicry*. Available at: <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/> (Accessed: 12 February 2020).
- The Blue Economy (2019) *The Blue Economy*. Available at: <https://www.theblueeconomy.org/> (Accessed: 20 February 2020).
- The Club of Rome (2020) *About us*. Available at: <https://www.clubofrome.org/about-us/> (Accessed: 4 March 2020).
- UN (2019) *World Urbanization Prospects, Demographic Research*. doi: 10.4054/demres.2005.12.9.
- Wang, L. et al. (2018) *Kortreist kvalitet*.
- Wijkman, A. and Skånberg, K. (2016) 'The Circular Economy and Benefits for Society', *The Club of Rome*, pp. 1–59. Available at: <https://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>.

9 Vedlegg

Vedlegg 1 – Tankekart.





Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway