

Brit Nappen

Implementering av sirkulær økonomi i byggeprosessen

Utvikling av en sjekklister for sirkulære strategier og mangelanalyse av BREEAM-NOR

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk

Veileder: Ole Jonny Klakegg

Juni 2019

Brit Nappen

Implementering av sirkulær økonomi i byggeprosessen

Utvikling av en sjekkliste for sirkulære strategier og mangelanalyse av BREEAM-NOR

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk
Veileder: Ole Jonny Klakegg
Juni 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet våren 2019 som en del av det 5-årige studieprogrammet *Bygg- og miljøteknikk* ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Oppgaven vektlegges 30 studiepoeng og er utført ved Instituttet for Bygg- og Miljøteknikk (IBM). Valgt fordypning er *Prosjektledelse*.

Oppgaven er utført i samarbeid med entreprenørbedriften Vedal AS. De etterspurte en konkretisering av begrepet sirkulær økonomi i form av en sjekkliste. Dette er for å lettere kunne implementere sirkulær økonomi inn i deres byggeprosjekter på en mer oversiktlig måte for alle involverte. I tillegg var Vedal interessert i å undersøke i hvilken grad det de eksisterende miljøsertifiseringssystemet de allerede bruker, BREEAM-NOR, tar hensyn til sirkulærøkonomiske prinsipper. I forbindelse med dette har det blitt utført et litteraturstudie, observasjonsstudie og samskappingsstudie for å oppnå en dypere forståelse av sirkulær økonomi sin innflytelse på byggebransjen.

Jeg vil rette en takk til Marie Winsvold i Vedal AS. Hun har vært min kontaktperson, og ansvarlig for å inkludere meg i deres workshoper. Jeg vil også rette en takk til Lisa Marie Erlandsen i Vedal AS. Hun og Marie var begge deltakende på samskaping-workshopene i forbindelsen med utviklingen av resultatene i denne oppgaven. Det har vært en lærerik og givende prosess med gode samtaler og innspill. Til slutt vil jeg takke min hovedveileder ved NTNU, Ole Jonny Klakegg, professor ved IBM, for god veiledning og inspirasjon.

Trondheim, 6. juni 2019



Brit Nappen

Sammendrag

Verden har 11 år på seg til å minimere utslipp av klimagasser for å unngå at den globale gjennomsnittstemperaturen stiger med mer enn 1,5 °C. Verdens naturressurser er knappe. Byggenæringen står for 40% av global material- og energibruk, som gir et enormt potensiale for å benytte en sirkulærøkonomisk modell. En slik modell innebærer at materialer, komponenter og produkter ved endt livsløp blir bearbeidet inn i ett lukket livsløp, og dermed ender opp som ressurser i stedet for avfall. Det er ulike oppfatninger i byggebransjen på hvordan en overgang fra dagens «bruk og kast»-økonomi til en sirkulær økonomi skal foregå. Vedal etterspør et felles rammeverk for å kunne planlegge og prosjektere for å bygge «sirkulære bygninger». I tillegg ønsker Vedal også å undersøke hvorvidt det allerede eksisterende miljøsertifiserings-systemet BREEAM-NOR tar hensyn til sirkulær økonomi. Denne masteroppgaven søker derfor etter å utvikle et konseptuelt rammeverk for implementasjon av sirkulærøkonomiske prinsipper i byggeprosessen. For å kunne utvikle et slikt rammeverk er masteroppgavens hovedmål delt inn i tre undermål:

- Lage en sjekklister for sirkulærøkonomiske strategier
- Plassere de ulike sirkulærøkonomiske strategiene innenfor stegene i byggeprosessen
- Måle sjekklisten for sirkulærøkonomiske strategier opp mot det allerede eksisterende miljøsertifiseringssystemet BREEAM-NOR

Denne masteroppgaven har som forutsetning at forretningsmodeller og teknologi som kreves for å benytte rammeverket fullt ut, er tilstede. Oppgaven er begrenset til å fokusere på utnyttelse av materialer og komponenter. Ved sammenligningen av BREEAM-NOR analyseres kun 2 av de totalt 10 kategoriene i manualen; *materialer* og *avfall*.

For å kunne oppnå de ulike målene i denne oppgaven har et omfattende litteraturstudie blitt utført. Litteraturstudiet danner det teoretiske grunnlaget for oppgaven, men undersøkte også aktuell teori på sirkulær økonomi, prosjektering for demontering og materialbibliotek. Gjennom studien ble flere prinsipper for å bygge sirkulære bygninger identifisert og samlet i et system. Dette systemet ble benyttet videre for å skape et utkast til et rammeverk for sirkulære strategier. Den ferdige sjekklisten for sirkulære strategier ble forbedret ved samskaping med Vedal gjennom tre workshoper. Samskaping ble også benyttet som metode for å implementere sjekklisten til de ulike stegene i byggeprosessen. Et observasjonsstudie ble gjennomført der forskeren var med som deltakende observatør. Formålet med observasjonsstudiet var å se hvordan Vedal og NGI arbeidet sammen for å planlegge for implementasjon av sirkulær økonomi i NGI sitt planlagte nye hovedbygg. Observasjonsstudiet ga informasjon og inntrykk av hvordan bransjen arbeider med overgangen, og hvilke utfordringer som oppstår.

Resultatene fra observasjonsstudiet bekrefter mangelen på en entydig definisjon på «sirkulær økonomi» og «sirkulære bygninger» funnet i litteraturen. Begrepene ble konkretisert i utformingen av sjekklisten for sirkulære strategier. Slik vil alle aktører involvert i et prosjekt med fokus på sirkulær økonomi ha en klar forståelse av hva begrepet innebærer, og hvilke områder som må vektlegges. Sjekklisten er inndelt i 5 kategorier, *Materialer*, *levetid*, *standardisering*, *dekonstruksjon/avhending* og *materialbibliotek*. Kategoriene består av de mest fremtredende

strategiene hentet fra litteraturen. Under hver strategi er det sjekkpunkter som forklarer hva som må oppfylles for å kunne bruke strategien. Strategiene fra sjekklisten ble delt inn i de ulike stegene i byggeprosessen ved å benytte Bygg21s modell «Neste steg» som rammeverk. Denne fremstillingen vil fungere som et hjelpeverktøy for hvordan sjekklisten for sirkulære strategier skal brukes. Steginndelingen antyder kun ansvarsfordeling gjennom hvilken fase i byggeprosessen strategiene er plassert innenfor, men presiserer den ikke. En langsiktig målsetting ved steginndelingen vil være å tydeliggjøre ansvarsfordelingen for de ulike aktørene involvert i byggeprosessen. Mangelstudien i BREEAM-NOR 2016 viser at manualen har et stort forbedringspotensiale for å inkludere strategier for å kunne bygge i henhold til sirkulærøkonomien. Ut av totalt 21 sirkulære strategier fra sjekklisten var kun 12 ansett dekket av manualen i varierende grad. Av disse 12 er kun 2 vurdert godt dekket.

Summary

The world has 11 years to minimize greenhouse gas emissions to prevent the Earth's temperature from rising 1,5 °C above pre-industrial levels. The world's natural resources are scarce, while at the same time the construction industry accounts for 40 % of global material and energy consumption. Therefore there is tremendous potential in implementing a circular economic model in the industry. A circular economical model refers to the idea that materials, components and products are processed into a closed life cycle, and thus end up as resources instead of waste at the end of their usual life time. There are various perceptions in the construction industry on how a transition from the current «take-make-dispose» economy to a circular economy should be implemented. Vedal is seeking a joint framework for planning and designing «circular buildings». Furthermore, Vedal wants to investigate to what degree the pre-existing sustainability assessment method BREEAM-NOR accounts for circular economy. Therefore, the author of this thesis was tasked with developing a conceptual framework for implementing principles of circle economy into the construction process. To accomplish this task, the main goal of this master thesis is divided into three sub-objectives:

- Develop a checklist for circular economic strategies
- Place the circular economic strategies within the steps of the construction process
- Compare the checklist for circular economic strategies against the pre-existing sustainability assessment method BREEAM-NOR

This master thesis does not consider, nor account for new business models and technology that needs to be developed and implemented in order for the conceptual framework to be fully utilized. The report is limited to focusing on optimizing the use of materials and components. In the analysis comparing the checklist for circular economy strategies to the BREEAM-NOR 2016 manual, only 2 of the total 10 categories in the manual are examined. These are *materials* and *waste*.

In order to achieve the various goals of this master thesis, a comprehensive literature review has been conducted. The literature study forms the theoretical basis for the thesis, as well as examines current theory on circular economics, designing for disassembly and material libraries. Throughout the study, several principles of constructing circular buildings were identified and assembled into a system. Moreover the system was utilized to develop a draft of the checklist for circular economy strategies. The draft was later edited and turned into a finished list in cooperation with Vedal. Co-creation was also used as a method for implementing the strategies of the checklist into the various steps of the construction process. An observation study was conducted, in which the researcher participated as a participating observer. The purpose of the observation study was to observe how Vedal and NGI worked together in planning for implementation of circular economy in NGI's planned new headquarters. The observation study provided information and impressions on the industry's take on the transition and its challenges.

The results of the observation study confirm the lack of a clear definition of «circular economy» and «circular building» found in the literature. To concretize the concepts, a checklist of circular

strategies has been developed. All parts involved in a project involving circular economy will have a common understanding of the meaning behind the concept, and which areas that are emphasized within the project. The checklist was divided into five categories, *Materials*, *Service life*, *Standards*, *Connections*, *Deconstruction* and *Material library*. The categories consist of the most prominent strategies obtained from the literature. Checkpoints explain the requirements that must be met within each strategy. The strategies from the checklist were divided into the steps of the construction process by using Bygg21's model «Neste steg». This presentation will serve as a tool for how to use the circular strategy checklist. The step division only indicates the division of responsibility through which phase of the construction process the strategies are located. However, it does not specify responsibility. A long-term goal for the presentation will be to clarify the division of responsibility for the various parts involved in the construction process. The study shows that BREEAM-NOR 2016 has room for improvement with regards to including strategies for building in accordance with the circular economic principles. Out of the 21 circular strategies from the checklist, 12 of them were not covered by the manual at all. Furthermore, of the 12 strategies that were covered by the manual, only two were considered sufficiently covered.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
Summary	v
Begreper	1
1 Introduksjon	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Formål	4
1.3 Omfang og avgrensninger	4
1.4 Rapportens oppbygning	5
2 Metode	7
2.1 Valg av forskningsmetode	7
2.1.1 Reliabilitet og validitet	9
2.2 Litteraturstudie	10
2.2.1 Søkestrategi	10
2.2.2 Evaluering av litteraturen	12
2.2.3 Eksisterende litteratur om sirkulær økonomi og BREEAM	12
2.2.4 Reliabilitet og validitet	13
2.3 Workshoper	14
2.3.1 Observasjoner	14
2.3.2 Samskaping	15
2.4 Tekstanalyse	16
2.4.1 Analyse av litteratur	16
2.4.2 Analyse av BREEAM-NOR 2016 manualen	16
3 Teoretisk bakgrunn	19
3.1 Klimakrisen	19
3.1.1 Tiltak for en bærekraftig utvikling	19
3.1.2 Byggenæringens klimapåvirkning	21
3.2 Sirkulær økonomi	24
3.2.1 Lineær økonomi vs. sirkulær økonomi	24
3.2.2 Definisjoner	26
3.2.3 Hvorfor sirkulær økonomi i byggebransjen?	29
3.2.4 Tiltak for implementasjon av sirkulær økonomi i byggenæringen i Norge	30
3.3 Sirkulære bygninger	33
3.3.1 Historiske eksempler fra Norge	33
3.3.2 Definisjoner	34
3.3.3 Prosjektere for demontering	36
3.3.4 Materialbibliotek og materialpass	42

3.3.5	Forretningsmodeller	43
3.4	BREEAM	45
3.4.1	Miljøsertifiseringsverktøy	45
3.4.2	BREEAM-NOR	45
3.4.3	BREEAM-NOR 2016 manualen	46
3.5	Sirkulære bygninger og BREEAM - erfaringer fra Nederland	47
3.5.1	Ytelseskarakteristikker for sirkulær økonomi	47
3.5.2	Generelle strategier for sirkulær økonomi	48
3.5.3	Ytelseskarakteristikker for sirkulære bygninger	48
3.5.4	Spesifikke strategier for sirkulære bygninger	48
3.5.5	Strategisk rammeverk for sirkulære bygninger	50
3.5.6	Sirkulærøkonomiske mangler i BREEAM NC & RFO	51
4	Presentasjon av sjekklisten for sirkulære strategier	53
4.1	Sjekklisten for sirkulære strategier	53
4.1.1	Materialer	55
4.1.2	Levetid	57
4.1.3	Standardisering	58
4.1.4	Festemetoder	59
4.1.5	Dekonstruksjon/avhending	60
4.1.6	Materialbibliotek	61
4.2	Sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med byggeprosessen	63
4.2.1	Materialer	65
4.2.2	Levetid	65
4.2.3	Standardisering	65
4.2.4	Festemetoder	65
4.2.5	Dekonstruksjon/avhending	66
4.2.6	Materialbibliotek	66
4.3	Sjekklisten for sirkulære strategier og BREEAM-NOR	67
4.3.1	Materialer	69
4.3.2	Levetid	72
4.3.3	Standardisering	72
4.3.4	Festemetoder	72
4.3.5	Dekonstruksjon/Avhending	73
4.3.6	Materialbibliotek	73
5	Diskusjon	75
5.1	Begreper	75
5.1.1	Sirkulær økonomi	75
5.1.2	Sirkulære bygninger	76
5.1.3	Materialbibliotek og materialpass	77
5.2	Sjekklisten for sirkulære strategier	78
5.2.1	Nødvendighet og hensikt	78
5.2.2	Prosessen bak	78
5.2.3	Resultatet	79
5.2.4	Anvendelsesområde og begrensninger	80
5.2.5	Videre arbeid	80
5.3	Sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med byggeprosessen	81
5.3.1	Nødvendighet og hensikt	81

5.3.2	Proessen bak	81
5.3.3	Resultatet	82
5.3.4	Anvendelsesområde og begrensninger	82
5.3.5	Videre arbeid	82
5.4	Sjekklisten for sirkulære strategier og BREEAM-NOR	83
5.4.1	Nødvendighet og hensikt	83
5.4.2	Proessen bak	83
5.4.3	Resultatet	84
5.4.4	Anvendelsesområde og begrensninger	85
5.4.5	Videre arbeid	85
6	Sluttord	87
6.1	Sluttord	87
6.2	Evaluering av metoden	88
6.3	Anbefalinger for veien videre	88
	Referanser	89
	Bilag	1
	A Samling av sirkulære prinsipper	3
	Vedlegg	1
	B Søkertreffstatistikk	3
B.1	Søkertreffstatistikk fra litteraturstudiet	3
B.2	Google-søkestatistikk på søkeordet sirkulær økonomi	4
	C BREEAM-NOR 2016 manualen	5
C.1	Kategorier og emner i BREEAM-NOR 2016	5
C.2	Minstekrav i BREEAM-NOR 2016 etter klassifiseringsnivå	6
C.3	Oppsummering av Materialkategorien i BREEAM-NOR 2016	7
C.4	Oppsummering av Avfallskategorien i BREEAM-NOR 2016	8
	D Circle Economy sitt strategiske rammeverk for sirkulære bygninger	9
D.1	Fremstilling av rammeverket	9
D.2	Beskrivelser av strategier og substrategier	10
D.3	Sirkulære mangler i BREEAM NC & RFO	13
D.4	Foreslåtte indikatorer for de 6 prioriterte underkategoriene	14

Tabeller

2.1	Kriteriene i T-O-N-E-prinsippet	12
3.1	Resultat av overgang fra lineær økonomi til en sirkulær økonomi i Europa	25
3.2	Forventet levetid for ulike elementer i en bygning	39
3.3	Strategier for hvilke festemetoder som bør benyttes ved bygging for demontering	40
3.4	Fem forretningsmodeller basert på sirkulære prinsipper	44
3.5	12 sirkulære underkategorier fordelt på de 4 sirkulære bygningsstrategiene innenfor ytelseskaraktistikk-kategorien Materialer	51
3.6	Prioriterte underkategorier for å oppnå en sirkulær bygning, og deres relaterte strategi	51
4.1	Sjekkliste for sirkulære strategier	54
4.2	Kategorien <i>Materialer</i> med sine underordnede strategier og sjekkpunkter	55
4.3	Kategorien <i>Levetid</i> med sine underordnede strategier og sjekkpunkter	57
4.4	Kategorien <i>Standardisering</i> med sine underordnede strategier og sjekkpunkter	58
4.5	Kategorien <i>Festemetoder</i> med sine underordnede strategier og sjekkpunkter	59
4.6	Kategorien <i>Dekonstruksjon/Avhending</i> med sine underordnede strategier og sjekkpunkter	60
4.7	Kategorien <i>Materialbibliotek</i> med sine underordnede strategier og sjekkpunkter	61
4.8	Formålet til de 8 stegene i «Neste steg»	63
4.9	Sjekklisten for sirkulære strategier sammenlignet med BREEAM-NOR 2016 manualen	68

Figurer

2.1	Metodetriangulering for masteroppgaven	7
2.2	Fremstilling av metodevalg for målene i oppgaven	8
2.3	Oversikt over antall publikasjoner de siste ti årene som faller under søkeordet «circular economy» hentet fra Web of Sciences	11
3.1	FNs 17 bærekraftsmål	20
3.2	Observert global temperaturendring og modellert respons til alternative fremtidige menneskeskapt klimagassutslipp og strålingspådriv	21
3.3	Andel av globale utslipp av CO ₂ og endelig energiforbruk fordelt på sektor i 2015	22
3.4	Antall år til kjente ressurser vil være utryddet	23
3.5	Nåværende resirkuleringsrater av kjente ressurser	23
3.6	En lineær økonomi sammenlignet med en sirkulær økonomi	24
3.7	Forventet vekst innenfor den globale utvinningen av ressurser	25
3.8	Fremstilling av en sirkulær økonomi, definert av EMF	26
3.9	Fremstilling av en sirkulær økonomi for et bærekraftig samfunn, definert av Korhonen, Honkasalo & Seppälä	27
3.10	Former for sløsing innen byggenæringen i Europa innenfor fire faser av et byggsitt totale livsløp	29
3.11	En sirkulærøkonomisk byggenæring	30
3.12	Avfallshierarkiet	31
3.13	Behandling av avfall fra nybygg, rehabilitering og riving i 2016	32
3.14	Genererte mengder avfall fra nybygg, rehabilitering og riving i 2016	32
3.15	15 prinsipper for implementasjon av gjenbruk og sirkulær økonomi i byggebransjen	35
3.16	Materialflyt gjennom de ulike fasene av en bygningslivsløp	37
3.17	Ulike lag av elementer i en bygning	39
3.18	Hendelsesforløpet i en klassisk avhendingsplan sammenlignet med en demonteringsplan	41
3.19	Materialpass og materialbibliotek	42
3.20	Fremstilling av hvordan BREEAM-NOR 2016 vektlegger kategoriene sine ved beregning av poeng	46
3.21	Metabolics syv pillarer for sirkulær økonomi	47
3.22	Circle Economy sine syv strategier for sirkulær økonomi	48
3.23	Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Reduce»	49
3.24	Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Synergise»	49
3.25	Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Supply»	50
3.26	Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Manage»	50
4.1	Bygg 21 sitt felles rammeverk for byggeprosesser, «Neste steg»	63
4.2	Sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med stegene i byggeprosessen	64

4.3	Wst 01 Avfallshandtering på byggeplass, krav til økning av ombruk og gjenvinningsgraden	69
4.4	Kriterer for Wst 02 Resirkulerte tilslag	70
4.5	Definisjon av begrepet <i>Materialoptimalisering</i> , gitt under Mat 05 Robust Konstruksjon	70
4.6	Minstekravet til BREEAM-NOR 2016 emnet Mat 01 Bærekraftige materialvalg	71
4.7	Krav for robust konstruksjon i BREEAM-NOR 2016 emnet Mat 05 Robust Konstruksjon	72

Begreper

Begrepe benyttet i denne masteroppgaven innenfor gjenbruk er listet opp under. Definisjonene av begrepe er henter fra Nordby (2009).

Gjenbruk: Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved både ombruk eller materialgjenvinning.

Materialgjenvinning : Utnyttelse av avfall slik at materialet beholdes helt eller delvis. Ved direkte materialgjenvinning brukes materialet som råstoff for tilsvarende produkter. Ved indirekte materialgjenvinning omdannes avfallet til andre type produkter

Nedgradering (eng: Downcycling): Gjenvinning der resultatet har lavere kvalitet enn originalproduktet

Oppsirkulering (eng: Upcycling): Gjenvinning der resultatet har høyere kvalitet enn originalproduktet

Ombruk: Ny utnyttelse av et produkt i sin opprinnelige form.

Resirkulering: Se definisjon for gjenbruk

Reprosessering: Avfall til brukbar tilstand

Refabrikasjon: Prosess ved å lage et system som møter kravene til et nytt ved å demontere et brukt, fikse og montere på nytt

1 | Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Høsten 2018 publiserte FNs klimapanel (IPCC) en rapport som konkluderte med at de globale klimagassutslippene må reduseres med 40-50% i løpet av de neste 11 årene for å unngå fatale og irreversible konsekvenser av den menneskeskapte globale oppvarmingen (IPCC 2018). Byggebransjen er globalt den største forbrukeren av råmaterialer og står for 40% av verdens CO₂-utslipp (UNEP & IEA 2017).

Ulike fremgangsmåter for å lage bærekraftige bygg har blitt utviklet opp gjennom årene. «Grønne bygninger» var lenge sett på som løsningen, men det ble senere konkludert med at konseptet fokuserte for mye på operasjonsfasen av byggeprosessen. Senere ble livsløpsanalyser innført og hele byggeprosessen ble tatt hensyn til (Pomponi & Moncaster, 2017). Ulike miljøsertifiserings-systemer for bygninger ble introdusert, og i Norge er det mest brukte BREEAM-NOR (GBA, 2018). Til tross for dette er det dagligdagse hovedfokuset innenfor byggebransjen begrenset til å fokusere på kun energibruk og klimagassutslipp (Pomponi & Moncaster, 2017).

Dagens lineære økonomiske modell er et vugge-til-grav-system, der materialer, komponenter, bi-produkter og produkter ved endt livsløp blir omgjort til avfall. Som oftest ender dette avfallet opp i deponier eller forbrennes. En sirkulærøkonomisk modell er derimot et vugge-til-vugge system. Dette innebærer at materialer, komponenter og produkter ved endt livsløp blir bearbeidet inn i en lukket kretsløp, og ender opp som fremtidige ressurser (Ghisellini et al., 2018). Europakommisjonen publiserte i 2015 en handlingsplan for å sette i gang en overgang fra Europas nåværende lineære økonomi til en sirkulær økonomi (Klima- og miljødepartementet, 2015). Her i Norge har regjeringen uttrykt at Norge skal være et foregangsland innen utviklingen av en grønn sirkulær økonomi (Statsministerens kontor, 2018).

Ideene bak en sirkulær økonomi oppstod på 1970-tallet, men fikk ikke skikkelig grobunn før på 1990-tallet. Eksempler på disse er prestasjonsøkonomien av Stahel, «cradle to cradle»® (vugge til vugge) av McDonough & Braungart, biomimicry av Benyus, den industrielle økologien fremsatt av Lifset & Graedel, naturlig kapitalisme av Hawken et al., og den blå økonomien, en systematisk tilnærming, beskrevet av Pauli. Av disse er de største påvirkningskreftene «cradle to cradle»®-konseptet til McDonough & Braungart og det industrielle økologi-konseptet til Lifset & Graedel. Senere har the Ellen MacArthur Foundation (EMF) forent disse konseptene til et nytt økonomisk prinsipp, sirkulær økonomi (EMF 2015a).

Konseptet sirkulær økonomi er de siste årene blitt et «trendtema». Mer enn 100 artikler ble publisert om tema i 2016, sammenlignet med 30 i 2015 (Kirchherr et al., 2017). Til tross for at EMF har den mest velkjente definisjonen på sirkulær økonomi definerer litteraturen begrepet ulikt. Felles for alle definisjonene er at de omhandler å bedre utnytte ressurser. Derfor er det også byggebransjen et stort potensiale for en sirkulærøkonomisk modell, nettopp fordi byggebransjen har så stor påvirkning på klima i form av ressursutnyttelse, energibruk, utslipp av klimagasser og produksjon av avfall (Pomponi & Moncaster, 2017).

Utgangspunktet for denne oppgaven er at det har oppstått et behov om å konkretisere begrepet

sirkulær økonomi i et form av et rammeverk for å bygge «sirkulære bygninger». Dette begrepet er brukt for å beskrive en bygning som er designet, planlagt, bygd, brukt, vedlikeholdt og dekonstruert på en metode som er i samsvar med sirkulærøkonomiske prinsipper (Pomponi & Moncaster, 2017). Vedal etterspør et tydelig rammeverk som gjør det enkelt for alle aktører involvert å forstå hva et sirkulært bygg innebærer. Funn fra prosjektoppgaven utført i forkant av masteroppgaven viste en internasjonal interesse for å implementere sirkulærøkonomiske prinsipper i det allerede eksisterende miljøsertifiseringsverktøyet, BREEAM.

1.2 Formål

Det har oppstått en sterk etterspørsel i byggebransjen etter å bygge mer miljøvennlige bygg. Vedal ønsker å implementere et verktøy som enkelt kan måle i hvilken grad et bygg er sirkulærøkonomisk. Enten gjennom å innføre et helt nytt verktøy, eller ved å implementere sirkulærøkonomiske prinsipper inn i et allerede mye brukt og anerkjent miljøsertifiseringsverktøy.

Hovedformålet med denne oppgaven er å *utvikle et konseptuelt rammeverk for implementasjon av sirkulærøkonomiske prinsipper i byggeprosessen*. Ettersom denne oppgaven søker etter å skape noe er problemstillingen formulert som et handlingsorientert mål. Hovedmålet er delt inn i tre delmål:

- *HVA: Lage en sjekkliste for sirkulærøkonomiske strategier*
- *HVORDAN: Plassere de ulike sirkulærøkonomiske strategiene innenfor stegene i byggeprosessen*
- *HVA/HVORDAN: Måle sjekklisten for sirkulærøkonomiske strategier opp mot det allerede eksisterende miljøsertifiseringssystemet BREEAM-NOR.*

Det første målet går inn under «HVA», nemlig å lage en konkret sjekkliste for sirkulærøkonomiske strategier, basert på publisert litteratur og workshoper med Vedal. Formålet med dette delmålet er å utarbeide en sjekkliste som Vedal kan benytte i sine prosjekter.

Det andre delmålet går inn under «HVORDAN». Formålet er å konkretisere sjekklisten ved å plassere de ulike strategiene innenfor stegene i byggeprosessen, og dermed forklare hvordan den kan brukes. Dette vil kunne forenkle bruken av sjekklisten, og gjøre den mer oversiktlig. Utviklingen vil bli utført i samspill med Vedal.

Det siste delmålet går inn under både «HVA» og «HVORDAN». «HVORDAN»-delen innebærer at et eksisterende og velbrukt miljøsertifiseringssystem i Norge ønskes å utnyttes for å måle sjekklisten for sirkulærøkonomiske strategier opp mot. «HVA»-delen utgjør hvilket miljøsertifiseringssystem, nemlig BREEAM-NOR som er det mest benyttede i Norge. Formålet med dette delmålet er å kartlegge i hvilken grad det mest brukte miljøsertifiseringssystemet i Norge allerede tar høyde for sirkulærøkonomiske prinsipper i sin sertifiseringsprosess.

1.3 Omfang og avgrensninger

Utviklingen av masteroppgaven har en begrenset varighet på 21 uker. Dette fører til en nødvendighet for å avgrense oppgaven. I forkant av masteroppgaven ble en prosjektoppgave utført. Prosjektoppgaven undersøkte hvordan eksisterende litteratur bidrar til å implementere sirkulær

økonomi i BREEAM-NOR manualen. Funn fra Nederland viste at deres versjon av BREEAM, BREEAM-NL, tok dårligst hensyn til optimalisering av materialbruk. Ellers viste funn fra at området innenfor byggeindustrien med størst potensiale for å benytte en sirkulærøkonomisk modell er innenfor materialutnyttelse. Dette ble samlet brukt som en avgrensning av masteroppgaven, som som derfor fokuserer på materialer og komponenter i utviklingen av sjekklisten for sirkulærøkonomiske strategier.

Masteroppgaven er basert på datainnsamling fra litteratur, samt et observasjonsstudie og samskaping i regi av Vedal AS. Dette utgjør en begrensende faktor med tanke på at det kun er hentet innspill fra én aktør. Problemstillingen til oppgaven har som forutsetning at nødvendige forretningsmodeller og teknologi er på plass for å kunne få fullt utbytte av de sirkulærøkonomiske strategiene. Ved mangelstudiet i BREEAM-NOR 2016 manualen begrenser oppgaven seg derfor til å kun se på kategoriene *materialer* og *avfall*.

1.4 Rapportens oppbygning

Masteroppgaven følger en vitenskaplig og systematisk struktur. Det er i alt 6 hovedkapitler.

Innledning	Innledningen innleder oppgaven med begrunnelse av valg av tema og avgrensninger
Metode	Metodekapitlet beskriver metoden benyttet for oppnå hovedformålet til oppgaven, og dermed besvare problemstillingen
Teori	Teoridelen innledes med en introduksjon av klimakrisen. Videre presenteres litteratur om sirkulær økonomi og sirkulære bygninger. Deretter presenteres miljøsertifiseringssystemet BREEAM, og BREEAM-NOR. Teoridelen avsluttes med erfaringer fra Nederland angående utarbeidelsen av et rammeverk for sirkulære bygninger og sammenligning med BREEAM NC & RFO og BREEAM-NL
Resultater	Resultatdelen er tredelt, etter de tre delmålene til oppgaven. Først presenteres sjekklisten for sirkulære strategier, og strategiene beskrives i henhold til litteraturen. Deretter presenteres inndelingen av strategiene i de ulike stegene i byggeprosessen, og til slutt presenteres en sammenligning av sjekklisten og BREEAM-NOR 2016
Diskusjon	Diskusjonsdelen introduseres med diskusjon av de ulike begrepene benyttet i teoridelen og resultatene. For alle de tre delmålene diskuteres nødvendighet og hensikt, prosessen bak, selve resultatet, anvendelsesområder og begrensninger samt videre arbeid
Sluttord	Opgaven avsluttes med ett sluttord bestående av en samling av resultater, vurdering av metoden og anbefalinger for videre arbeid
Bilag	Bilaget er arbeid skapt av forfatteren
Vedlegg	Vedleggene inneholder fremstilling av informasjon for å forenkle leseropplevelsen

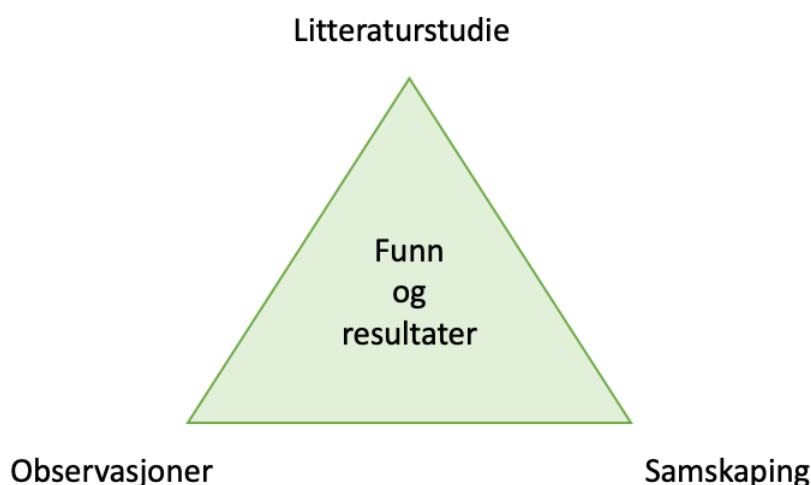
2 | Metode

2.1 Valg av forskningsmetode

Denne masteroppgaven baserer seg hovedsakelig på kvalitativ metode. Kvalitativ metode er basert på skriftlig eller muntlig informasjon, og er som oftest brukt for å oppnå en helhetsforståelse av virkeligheten. Typiske former for kvalitativ metode er litteraturstudium, intervjuer og observasjoner. Alternativt kunne kvantitativ metode blitt benyttet, men dette hadde ikke vært relevant for problemstillingen da denne metoden tar utgangspunkt i tall og det som er målbart (Olsson, 2011).

Kvalitativ metode gjenkjennes ofte ved at det som analyseres er tekst. Derfor vil fortolkning av teksten være relevant for resultatet av analysen. Forståelsen forskeren utvikler i løpet av forskningsprosessen er derfor sterkt påvirket av den vitenskapelige fortolkningsrammen. Kvalitativ forskning innebærer analyser av store mengder data som må analyseres systematisk. Her vil forskerens evner, kvalifikasjoner og erfaringsbakgrunn ha stor innvirkning på sluttresultatet av analysen. Ellers er den kvalitative forskningsprosessen svært fleksibel. Dette innebærer at forskeren arbeider med utarbeidelse av problemstilling, dataanalyse og analyse parallelt. Derfor vil datainnsamlingen kunne tilpasses etter hva som blir funnet i analysen (Thagaard, 1998).

Hovedmålet til denne oppgaven er å utarbeide en sjekklister for sirkulærøkonomiske strategier som kan benyttes av Vedal i forbindelse med deres prosjekter. For å besvare hovedmålet i denne oppgaven er det valgt tre forskjellige metoder for innsamling av data. Denne tilnærmingen er kjent som triangulering og benyttes der det er ønskelig å studere noe ut ifra forskjellige perspektiv og tilnærminger. Forskningsdesignet vil bidra til å styrke funnene som blir gjort, og dermed kunne skape større troverdighet og nøyaktighet i resultatene (Yin, 2014). Figur 2.1 viser en fremstilling av trianguleringen benyttet i masteroppgaven.

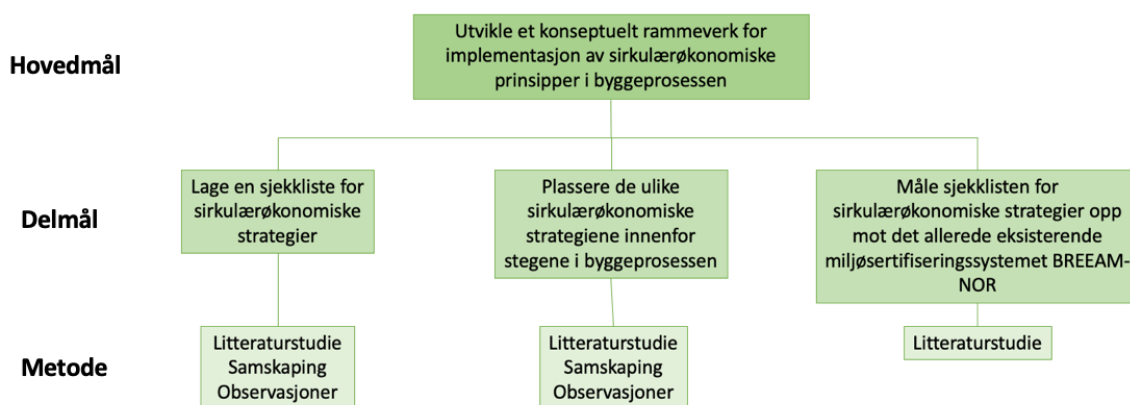


Figur 2.1: Metodetriangulering for masteroppgaven

For å best kunne utarbeide det konseptuelle rammeverket ble et omfattende litteraturstudium utført for å kartlegge utviklingen av sirkulærøkonomiske prinsipper i litteraturen. Da forfatteren av denne oppgaven ikke har særlig praktisk erfaring fra byggebransjen var det viktig at Vedal fikk mulighet til å komme med input og erfaringer. Dette ble løst ved deltakelse på flere ulike workshops. Ved halvparten av disse workshopene var undertegnede med som deltaker, og disse hadde som formål å utvikle og adaptere rammeverket til byggeprosessen gjennom samskaping. I tillegg fikk undertegnede være med som observatør ved workshops med det formål å diskutere et av Vedals prosjekter som skal utvikles med hensyn til sirkulær økonomi.

Figur 2.2 viser en fremstilling av hvilke metoder som er benyttet for å svare på de ulike delmålene i denne oppgaven. Det første delmålet er også det mest omfattende av de tre. Her fungerte litteraturstudiet både som et forarbeid for å tilegne seg kunnskap, men bidro også til konkrete resultater via en strukturert analyse av litteraturen. Observasjonsstudiet bekreftet funnene i litteraturen angående dagens situasjon i byggebransjen. Samskapingsdelen støttet opp funnene i litteraturen og observasjonsstudiet ved at konkrete erfaringer fra Vedal ble medregnet. Det neste delmålet skal forenkle bruken av sjekklisten utviklet i det første delmålet. For å utføre delmålet ble hovedsakelig litteraturstudiet og observasjoner benyttet for å tilegne seg kunnskap, informasjon og et teoretisk grunnlag. Samskaping var hovedmetoden for utvikling av resultatet, da delmålet krever erfaringer for å støtte opp funnene i litteraturen. For det siste delmålet er metoden helt teoretisk. Formålet til delmålet er undersøke i hvilken grad BREEAM-NOR 2016 tar hensyn til sirkulærøkonomiske prinsipper, men søker ikke etter å utbedre eventuelle mangler. En teoretisk metode er derfor vurdert tilstrekkelig for å kunne kaste lys på eventuelle sirkulærøkonomiske mangler i BREEAM-NOR 2016 manualen.

Masteroppgaven er skrevet på norsk. Dette er fordi det konseptuelle rammeverket som ble utviklet i oppgaven hovedsakelig er rettet mot den norske byggebransjen. Etter samtaler med veileder i Vedal ble det bestemt at det er mest hensiktsfullt å skrive oppgaven på norsk, da rammeverket blir lettere benytte hvis det er utviklet på språket til de som skal bruke det. Til tross for at de fleste i byggebransjen kan lese engelsk helt fint, kan språk i noen tilfeller virke demotiverende, og oppleves som en hindring.



Figur 2.2: Fremstilling av metodevalg for målene i oppgaven

2.1.1 Reliabilitet og validitet

Ulempen ved å ha en ren kvalitativ studie er at reliabiliteten er mye vanskeligere å fastslå enn ved en kvantitativ studie. Reliabilitet vil si den graden det er mulig å etterprøve studien. Dersom det er mulig å gjenta studien med det samme resultatet gir dette en god reliabilitet. Validitet sier om de rette tingene er målt. Dette er relatert til studiens gyldighet, og uttrykker dermed hvor relevant datamaterialet er for studiens problemstilling og forsknings spørsmål (Olsson, 2011). Ved bruk av kvalitativ metode vil forskerens engasjement påvirke analysen. Det er derfor viktig at forskeren gjør rede for hvordan egen posisjon og bakgrunnskunnskap kan påvirke forskningsarbeidet, da dette kan oppfattes både som støy og som en ressurs (Tjora, 2017).

2.2 Litteraturstudie

I forkant av masteroppgaven er det blitt utført et omfattende litteraturstudie. Et litteraturstudie skal ikke bare gi grunnlaget for å kunne svare på forskningsspørsmålene, det skal også være et verktøy for å kunne utdype disse videre (Yin, 2014). Litteraturstudiet har vært en viktig del av metoden til denne oppgaven da den legger grunnlaget for utviklingen av resultatene. Studiet har blitt benyttet til å oppnå målene for oppgaven, men også for å kunne oppnå en bedre innsikt i teorien bak problemstillingen.

For å kunne svare på hovedmålet til denne oppgaven er det blitt søkt grundig gjennom eksisterende litteratur om sirkulær økonomi, men også konsepter som ligger til grunn for utviklingen av sirkulærøkonomien. Litteraturen avdekket en mangel på en enhetlig forståelse av begrepet, og en startende trend for å adaptere konseptet til byggebransjen. I forbindelse med det siste delmålet introdusert i innledningen til denne oppgaven, ble det undersøkt om det fantes en korrelasjon i litteraturen mellom BREEAM og sirkulær økonomi og i hvilken grad dette hadde blitt forsket på tidligere. Resultatet av dette var at det kom frem et tydelig kunnskapshull i litteraturen innenfor dette emnet. Det fantes lite litteratur der spesifikke kategorier og emner i BREEAM har blitt undersøkt opp mot sirkulærøkonomisk tankegang.

2.2.1 Søkestrategi

Samtaler med veileder

Samtaler med veileder ved NTNTU, Ole Jonny Klakegg, har foregått jevnlig gjennom semesteret. Veileder har bidratt med kunnskap, litteratur og forslag når undertegnede stod fast. Klakegg opplyste om flere eksisterende masteroppgaver som kunne være relevante for denne oppgavens problemstilling. Ellers har veileder Marie Winsvold i Vedal bidratt med informasjon fra bransjen om både sirkulær økonomi og BREEAM. Winsvold opplyste om eksisterende litteratur fra Nederland, og henviste til rapporten *A Framework for Circular Buildings* (2018) og boken *Building a circular future* (2016) som begge har fungert som viktige kilder og verktøy for utarbeidelsen av denne oppgaven.

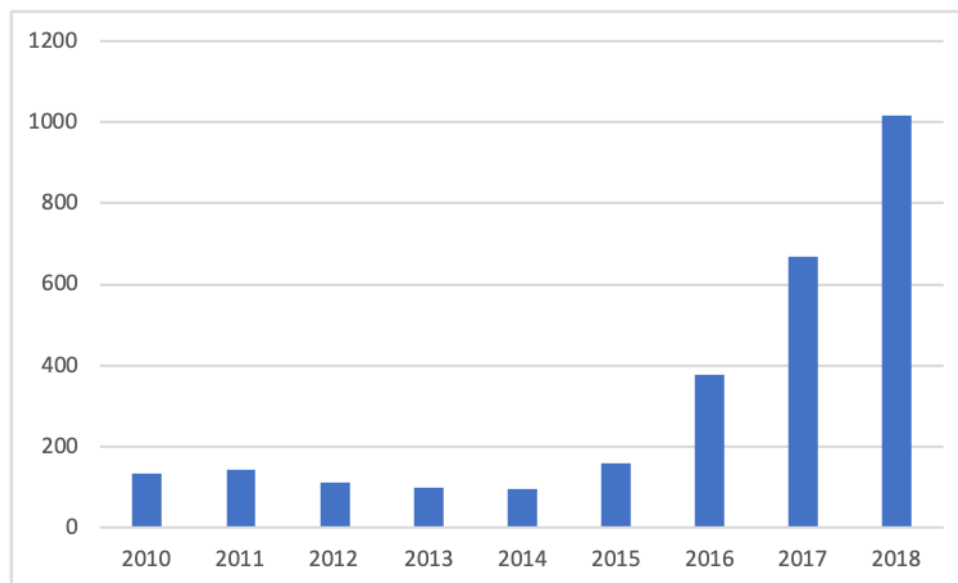
Systematisk søk

Vedlegg B.1 viser søkestatistikken som ligger til grunn for litteratursøket. Her vises søkeordene som er benyttet ved det systematiske søket. Søkeordene er formulert både på norsk og engelsk for å innhente et bredt spekter av kilder. I tillegg viser vedlegg B.1 hvilke søkemotorer som er benyttet og antall treff. For å kunne redusere antall treff ned til relevante treff ble søkene først gått gjennom på en bibliometrisk og kvalitativ metode. I utgangspunktet ble alle treff fra før år 2000 samt alle treff med mindre enn 100 situasjoner vurdert vekk. De gjenværende treffene ble deretter vurdert mot hverandre, for å avgjøre hvilke som var mest relevante for denne oppgaven.

Begrensninger for bruk av denne metoden er at sirkulær økonomi er et konsept som har blitt mer populært de siste årene, som vist i vedlegg B.2. Som vist i figur 2.3 har majoriteten av publikasjonene innenfor emnet sirkulær økonomi blitt publisert de siste tre årene. Dette førte til

at metoden ved å vurdere vekk kilder med mindre enn 100 situasjoner ikke var veldig hensiktsmessig. Flere av kildene relevante for denne oppgaven har færre enn 100 situasjoner, nettopp fordi de er publisert i 2017 eller 2018. Derfor ble publikasjonskanal og tilknytning til organisasjon vektlagt i større grad. Ettersom sirkulær økonomi er et trend-tema, har det blitt kontinuerlig søkt etter ny litteratur, da det stadig kommer nye publikasjoner. Av den grunn er et fåtall kilder benyttet i denne oppgaven publisert i 2019, samme år som masteroppgaven blir skrevet.

For å kunne tilegne seg spesifikk informasjon om norsk klimapolitikk og statistikk fra Norge, Europa og verden, ble det foretatt søk innenfor andre søkemotorer enn de vist i vedlegg B.1. I disse tilfellene ble det søkt innenfor FN, den Norske regjering og Statistisk Sentralbyrå (SSB) sine hjemmesider. Disse kildene ble evaluert på lik linje med resten av litteraturen, som nærmere forklart i 2.2.2.



Figur 2.3: Oversikt over antall publikasjoner de siste ti årene som faller under søkeordet «circular economy» hentet fra Web of Sciences

Kjedesøk

Der gode kilder ble funnet ble det foretatt et kjedesøk. «Bakover kjedesøk» ble foretatt ved at kildens bibliografi ble gjennomgått. «Fremover kjedesøk» ble foretatt ved å studere hvilke kilder som siterte den aktuelle kilden. Ved utførelse av bakover kjedesøk, ble det tydelig at mye av litteraturer henviste til offentlige rapporter av store organisasjoner som de Forente Nasjoner (FN), den Europeiske Union (EU) og the Ellen McArthur Foundation (EMF). Disse rapportene ligger derfor til grunn for mye av teorien i denne oppgaven.

Søk i bibliotek

Ved søk i NTNU sitt bibliotek sin database, Oria, kom det frem at Arkitekturbiblioteket hadde mye relevant litteratur. Derfor ble det, i tillegg til bruk av den digitale databasen Oria, utført et fysisk søk etter litteratur ved Arkitekturbiblioteket på NTNU. Biblioteket ble spesifikt benyttet til å finne mye av faglitteraturen bak konseptet sirkulær økonomi.

2.2.2 Evaluering av litteraturen

Litteraturen er vurdert etter kriteriene i T-O-N-E prinsippet vist i tabell 2.1. Dette vil si at litteraturen er evaluert etter sin troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet (Breivik, 2017). De ulike journalene har blitt rangert ved hjelp av Norsk Senter for forskningsdata (NSD) sine hjemmesider. Journalene er rangert i to grupper: ordinære vitenskapelige artikler (nivå 1) og kanaler på høyst internasjonal prestisje (nivå 2) (NSD, 2018).

Litteratursøket er ikke begrenset til å kun søke i norsk litteratur. Som vist i vedlegg B.1 er flere av søkeordene på engelsk. Vedlegg B.2 viser at Europa er ledene innenfor googlesøk på sirkulær økonomi. Det er også fra europeiske land mye av forskningen kommer fra. Det ene delmålet til oppgaven omhandler den norske versjonen av BREEAM, BREEAM-NOR. Det har likevel også blitt søkt på internasjonal litteratur angående BREEAM. På denne måten har det vært mulig å hente informasjon om hvordan andre land har forsøkt å implementere sirkulær økonomi i sin versjon av manualen.

Tabell 2.1: Kriteriene i T-O-N-E-prinsippet (Breivik, 2017)

Troverdighet	<ul style="list-style-type: none"> - Hvem har skrevet publikasjonen/er ansvarlig - Hva er forfatters utdannelse og institusjonstilknytning - Hvilket tidsskrift er den publisert i
Objektivitet	<ul style="list-style-type: none"> - Hvordan er dataene presentert - Samsvarer funnet med tidligere forskning - Hensikt; informere eller overtale - Er flere sider av saken belyst
Nøyaktighet	<ul style="list-style-type: none"> - Forskningsmetodikken - Godt forklart - Er dataene nye og oppdaterte - Kan info bekreftes i andre kilder
Egnethet	<ul style="list-style-type: none"> - I hvilken grad passer publikasjonen problemstillingen - Kaster publikasjonen et nytt lys over problemstillingen - Hvem er publikasjonen skrevet for

2.2.3 Eksisterende litteratur om sirkulær økonomi og BREEAM

Som vist i grafene over søketrender på sirkulær økonomi i vedlegg B.2, er konseptet sirkulær økonomi økt drastisk i popularitet de siste fem årene. Som vist i vedlegg B.1 var det derimot svært få treff der konseptene «sirkulær økonomi» og «BREEAM» ble kombinert, og det finnes på generell basis svært lite litteratur som omhandler begge konseptene frem til oktober 2018. Circle Economy et al. (2018) publiserte da en rapport som evaluerte BREEAM NC & RFO, ut ifra et sirkulær økonomisk perspektiv. Denne rapporten utførte den samme undersøkelsen som et av undermålene til denne oppgaven ønsket å oppnå. Derfor ble nevnte rapport benyttet som referanse for det tredje undermålet. Fordelen med dette er at denne oppgaven får en referanserapport hvor innholdet kan diskuteres i henhold til BREEAM-NOR og norske forhold. Svakheten med dette er at resultatene presentert i 4.3, Sjekklisten for sirkulære strategier og

BREEAM-NOR, kun hviler på én skriftlig kilde, i tillegg til analyse av BREEAM-NOR 2016 manualen.

2.2.4 Reliabilitet og validitet

Validiteten til litteraturstudiet ble undersøkt ved at all litteratur ble målt opp mot T-O-N-E prinsippet. På denne måten ble forfatter og deres metode kritisk vurdert, og målt opp mot eksisterende litteratur innenfor emnet. Relevansen av litteraturen for problemstillingen ble også vurdert underveis i studiet. Det meste av litteraturen kan ansees som å ha høy validitet da de er utarbeidet av store, anerkjente organisasjoner som FNs klimapanel og EU-kommisjonen. I tillegg har artiklers publiseringskanal veiet tungt for vurdering av litteratur. Etersom problemstillingen tar opp ett tema hvor innholdet stadig er i endring, ble nyere litteratur vurdert, og mye litteratur fra før år 2000 ble vurdert som utdatert. Reliabiliteten til selve litteraturstudiet ansees som god, da mesteparten av litteraturen er tilgjengelig for alle og dermed også lett etterprøvbart til tross for at dette er en kvalitativ metode.

2.3 Workshoper

I forbindelse med masteroppgaven har forskeren deltatt på flere ulike workshoper. Disse kan deles inn i to kategorier; observasjoner og samskaping. I den første kategorien av workshoper var forfatteren av denne oppgaven kun med som observatør, og hadde selv ingen kontroll over innholdet i workshopene. I det andre tilfellet var det forfatteren av denne oppgaven som styrte workshopene, og tiden ble benyttet til samskaping.

2.3.1 Observasjoner

I følge Tjora (2017) er observasjonsstudier en metode hvor forskeren deltar, åpent eller skjult, i situasjoner for en viss tidsperiode. Forskeren ser hva som skjer, hører etter på hva som blir sagt, og samler data som er tilgjengelig for å danne et helhetsperspektiv på temaene som er fokus for forskningen. Det finnes ulike roller observatøren kan ta i et observasjonsstudie. Disse er fullstendig deltaker, observerende deltaker, deltakende observatør og fullstendig observatør (Tjora, 2017). I dette tilfellet ble rollen som deltakende observatør benyttet som metode for å studere arbeidspraksisen til arbeidsgruppen som arbeidet for å ta hensyn til sirkulærøkonomiske prinsipper i utviklingen av ett byggeprosjekt. Som deltakende observatør er de som blir observert klar over det, men observatøren deltar ikke utover å være tilstede (Tjora, 2017). Observasjonsstudiet bestod av tre workshoper der de deltakende var representanter fra byggherre (NGI) og de prosjekterende (Vedal og Asplan Viak). Formålet med workshopene var å diskutere NGI huset, Norges Geotekniske Institutt sitt nye bærekraftige bygg ved Ullevål stadion. NGI ønsker å benytte sirkulærøkonomiske prinsipper i bygget sitt, og workshopene var dermed ment for at arbeidsgruppen sammen kunne komme frem til hvordan dette best skal løses. I tillegg til sirkulær økonomi ble energi diskutert.

Formålet med observasjonsstudiet var å få innsikt i hvordan arbeidsgruppen arbeidet sammen mot å implementere sirkulær økonomi i prosjektet, og hvilke utfordringer som oppstod. Et annet fokusområde var hvem som var tilstede for å løse problemet, og hvilken kjennskap de hadde til begrepet. En begrensning til observasjonsstudiet er at det på workshopene ble diskutert mer enn kun sirkulær økonomi. Derfor var det kun deler av studiet som kunne benyttes i forbindelse med denne oppgaven. Det er ikke blitt foretatt en strukturert analyse av funnene. Observasjonsstudiet var kun for å samle inntrykk og forståelse av hvordan bransjen arbeider med å implementere sirkulær økonomi, og hvilke utfordringer som oppstår.

Reliabilitet og Validitet

I følge Tjora (2017) bidrar observasjonsstudier til en forskningseffekt, der både observasjonsobjektene og observatør blir påvirket av selve observasjonen. De som observeres vil oppføre seg annerledes enn dersom de ikke ble observert. I dette tilfellet tviles det på at forskereffekten var veldig stor, da arbeidsgruppen bestod av ulike mennesker som i utgangspunktet ikke kjente hverandre veldig godt. Dermed er det liten sannsynlighet at de hadde oppført seg veldig annerledes uten å bli observert. Validiteten til observasjonsstudiet påvirkes ellers av subjektiviteten og kunnskapen til den som observerer (Tjora, 2017). I dette tilfellet mangler forfatteren av denne oppgaven praktisk erfaring fra byggebransjen, og dermed også erfaring med hvordan en slik arbeidsgruppe vanligvis arbeider. Observasjonsstudiets validitet er god da innsikten observatøren fikk i løpet av studiet dannet ett godt grunnlag for å forstå kunnskapshullet ute i bransjen.

Generaliseringen av resultatene vil bli en svakhet. Det vil ikke være mulig å teste resultatene da det ikke vil være mulig å gjenskape workshopene slik de var, med de samme deltakerne. Reliabilitet er derfor lavere enn validiteten til studien.

2.3.2 Samskaping

For å kunne svare på målene til denne oppgaven ble det satt opp flere workshops sammen med veileder Marie Winsvold i Vedal. I tillegg til Winsvold, som er ansvarlig for Miljø og Energi i Vedal, deltok også miljøleder Lise Marie Erlandsen fra Vedal på workshopene. I løpet av tre workshoper ble et utkast av sjekklisten for sirkulære strategier diskutert. Utkastet var utarbeidet av undertegnede på grunnlag av litteraturen. På workshopene var strategier, underpunkter og formuleringer i fokus. Slik ble sjekklisten for sirkulærøkonomiske strategier forbedret. Fremstillingen av forholdet mellom listen og byggeprosessen ble skapt som et resultat av samskaping. I følge Røiseland & Lo (2019) er samskaping en form for samarbeidsrelasjon, der aktørene arbeider sammen gjennom å dele kunnskap og ressurser med hverandre. Begge aktørene er aktive i verdiskapningsprosessen.

Samskaping ble valgt som en av metodene for å svare på delmålene i denne oppgaven fordi resultatene er avhengige av innspill fra aktørene som faktisk skulle benytte det. Litteraturstudiet dannet basisen for sjekklisten for sirkulære prinsipper, før den ble ferdigstilt ved hjelp fra representantene for Vedal. Fremstillingen av relasjonen mellom listen og byggeprosessen ble til helhetlig som et resultat av samskaping. Slik ble fremstillingen av steginndelingen av sjekklisten skapt som et resultat av en kombinasjon av praktiske erfaringer fra Vedal og det teoretiske grunnlaget fra litteraturstudiet.

Det at det var såpass få deltakere på workshopene kan sees på som en begrensning i og med at det kun var en avdeling i Vedal som fikk kommet med sine synspunkter i utviklingen. Det hadde vært en fordel å ha deltakere fra flere steg i byggeprosessen for å få variert input. På en annen side førte det begrensede antallet deltakere til mer effektive workshoper da diskusjonen ble begrenset til tre personer.

Resultatene fra samskapings-workshopene ble ikke analysert systematisk. Årsaken til dette er at forskeren la frem et utkast som ble direkte bearbeidet av deltakerne på workshopen. Alle innspill ble derfor direkte implementert inn i resultatene. Forskeren tok notater under workshopene, som er brukt for å presentere hovedresultatet av samskapingen, steginndelingen av sjekklisten for sirkulære strategier i byggeprosessen, vist i delkapittel 4.2.

Reliabilitet og validitet

Det vil være vanskelig å etterprøve metoden med samskaping da man er avhengig av å utføre forsøk med de samme deltakerne. Reliabiliteten vil derfor være lav. Studien vil også være sterkt påvirket av arbeidsforholdet mellom deltakerne. Det at forfatteren av denne oppgaven selv skal starte i Vedal til høsten kan påvirke samarbeidsforholdet. Validiteten er god, da denne formen for metode er relevant for utviklingen av rammeverket denne oppgaven ønsker å skape. Samskaping er en metode som forenkler muligheten for å kombinere kunnskap og ressurser. Metoden tillater at Vedal får kommet til med egne meninger for å utvikle sjekklisten de etterspør. En svakhet ved dette er at forskningen kan bli styrt i en mindre akademisk retning, og mer rettet mot bransjen.

2.4 Tekstanalyse

De kvalitative dataene generert i denne oppgaven er hovedsakelig hentet fra litteraturen. Som tidligere forklart ble ikke observasjonsstudiet og samskapingsstudiet systematisk analysert. Analysen gjort i forbindelse med denne oppgaven blir derfor hovedsakelig en tekstanalyse.

2.4.1 Analyse av litteratur

Litteraturen ble systematisk gjennomgått med søkeordene vist i vedlegg B.1. Funn av prinsipper for å bygge i henhold til en sirkulærøkonomisk tankegang ble samlet i et felles system, vist i bilag A. I tillegg til å inkludere litteratur som omtaler sirkulærøkonomiske prinsipper direkte, inneholder bilag A prinsipper fra konsepter relatert til sirkulær økonomi, som å prosjektere for demontering. Alle prinsippene i bilag A er kartlagt med forklaring og kildehenvisning. Slik ble det avdekket hvilke prinsipper som gikk igjen mest i litteraturen, og hvilke som er vektlagt i ulike tidsrom. Kartleggingen ble deretter benyttet som en basis for å kunne utvikle et utkast til et rammeverk for sirkulærøkonomiske strategier. Strategier som lignet hverandre ble slått sammen. De strategiene som var mest omtalt i litteraturen ble benyttet til rammeverket. Ettersom sirkulær økonomi er et relativt nytt konsept i litteraturen var det flere av de sirkulærøkonomiske prinsippene som ikke gikk igjen i like mange kilder som prinsipper fra tilsvarende konsepter. I slike tilfeller ble disse prinsippene likevel vektlagt dersom de ble vurdert som et fremtredende prinsipp innenfor sirkulær økonomi i henhold til nyere litteratur.

Reliabilitet og validitet

Reliabiliteten til studiet vil være høy. Ettersom all litteratur benyttet i analysen ligger tilgjengelig for offentligheten skal det ikke være umulig å utføre samme analyse og få det samme utfallet. Validiteten vil også være god da all litteratur er evaluert i forbindelse med litteraturstudiet. Igjen vil analysen være begrenset av forskerens kunnskaper og forståelse av litteraturen.

2.4.2 Analyse av BREEAM-NOR 2016 manualen

I forbindelse med å svare på det siste delmålet i denne oppgaven krevdes det en analyse av BREEAM-NOR 2016 manualen. Oppgaven er begrenset til å kun ta hensyn til to av kategoriene i manualen, *materialer* og *avfall*. Det ble utført sammenlignende studier av det ferdige strategi-rammeverket og den eksisterende manualen. De sammenlignende studiene ble utført ved å ta for seg de ulike emnene i de to kategoriene i BREEAM-NOR 2016 manualen systematisk. Deretter ble emnene målt opp mot strategiene i sjekklisten for sirkulære strategier, presentert i delkapittel 4.1. Formålet med sammenligningen var å undersøke i hvilken grad emnene og de sirkulære strategiene kan relateres til hverandre. Slik kunne forskeren danne seg et inntrykk av i hvilken grad BREEAM-NOR 2016 inkluderer sirkulær økonomi. Kravene som stilles i BREEAM er stort sett målbare, i motsetning til de sirkulære strategiene fra sjekklisten. En direkte sammenligning ble derfor vanskelig, da sammenligningsobjektene var såpass ulikt utformet. Erfaringer fra Nederland ble benyttet som referansegrunnlag for analysen, gjennom rapporten til Circle Economy et al. (2018). Oppsettet benyttet i sammenligningsstudien ble basert på samme rapport.

Reliabilitet og validitet

Det er så vidt forfatteren av denne oppgaven er klar over ikke gjort en tilsvarende undersøkelse av BREEAM-NOR og sirkulær økonomi. Derfor ble resultatene fra Nederland benyttet for å sammenligne med resultatene av denne oppgavens analyse for å øke validiteten til studien. Det ble tatt hensyn til at regelverket vil være annerledes i Nederland, og derfor ville ikke de to analysene kunne samsvare fullstendig. I tillegg analyserer rapporten til Circle Economy et al. (2018) to andre versjoner av BREEAM enn denne masteroppgaven, BREEAM-NL og BREEAM NC & RFO. Rapporten sammenlignet også et rammeverk for sirkulære bygninger som ble utarbeidet i samme rapport. Derfor ble rapporten kun benyttet som referansegrunnlag og ikke som en optimal fasit.

Begrensningene gjort i forkant av masteroppgaven innebærer at det kun ble utført analyse av kategoriene *materialer* og *avfall*. Denne begrensningen kan ha resultert i at sirkulære strategier som er dekket av en annen kategori enn de sett på i denne oppgaven har blitt vurdert som ikke dekket. Reliabiliteten til analysen vil bli begrenset av forfatters egen begrensede kunnskap og erfaringer med BREEAM-NOR. En tilsvarende undersøkelse utført av forskere med gode kunnskaper og erfaringer med BREEAM-NOR kan muligens komme fram til et annet resultat. Formuleringene av strategiene i sjekklisten samsvarte heller ikke med formuleringene av BREEAM-ene, som kan ha resultert i at innholdet kan ha blitt tolket annerledes av forskeren grunnet manglende erfaring med bruk av BREEAM. Reliabiliteten til denne analysen kan derfor anses som lav.

3 | Teoretisk bakgrunn

3.1 Klimakrisen

Global oppvarming er en av de største utfordringene menneskeheten står ovenfor i dag. Siden før-industriell tid fram til 2017 har menneskelig aktivitet ført til en global oppvarming på 1 °C. Med den takten utslippene har i dag, vil dette øke med 0,2 °C hvert tiår. Dette vil resultere i en temperaturøkning på 1,5 °C sammenlignet med før-industriell tid mellom år 2030 og 2032 (IPCC 2018). Med denne takten vil altså den globale oppvarmingen stige med opptil 3 °C innen dette århundret er over. Konsekvensene av en slik økning vil være fatale, for både natur og mennesker. Den eksisterende økningen på 1 °C har ifølge FNs klimapanel (IPCC) (2018) allerede ført til hyppigere og mer intenst ekstremvær, smeltet snø og is, hevet det globale havnivået og varmet opp atmosfæren og havet. Dersom den globale oppvarmingen klarer å bli begrenset til kun 1,5 °C sammenlignet med 2 °C, vil 50 % færre mennesker være utsatt for vannmangel, ti millioner færre mennesker vil miste hjemmene sine grunnet global havstigning, 50 % færre arter vil miste sine halvparten av sine habitater og 2 millioner kvadratkilometer mer permafrost vil forbli frosset i stedet for å smelte (IPCC 2018).

3.1.1 Tiltak for en bærekraftig utvikling

Bærekraftig utvikling ble for første gang definert av FNs verdenskommisjon for miljø og utvikling, også kjent som Brundtland-kommisjonen, sin rapport *Vår felles framtid* (1987). Brundtland (1987) definerer bærekraftig utvikling som *utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov* (s.42). Bærekraftig utvikling består av tre dimensjoner; økonomi, miljø og sosiale forhold. Sammenhengen mellom de tre grunnpilarene avgjør om noe kan erklæres for bærekraftig.

Internasjonal miljøpolitikk har ledet frem til utarbeidelsen av FNs klimakonvensjon, som har som formål å begrense alle lands utslipp av farlige klimagasser, samt å stå for nettopp bærekraftig utvikling. Klimakonvensjonen ble stiftet i 1992, og setter selv ingen begrensninger for hvert enkelt land sine utslipp eller forbruk, men skal fungere som en plattform for videre forhandlinger via tilleggsprotokoller (FN-sambandet, 2018b). I 1997 ble Kyotoprotokollen vedtatt. Kyotoprotokollen setter krav til klimagassutslipp for industriland. Den inneholder tidsfrister og spesifikke krav som medlemslandene forplikter seg å holde seg innenfor. Utviklingsland er ikke forpliktet til å oppfylle noen av kravene. Kyotoprotokollen har høstet mye kritikk, nettopp fordi mange av landene med størst utslipp, som Kina, USA, India, og Brasil, ikke er omfattet av protokollen (FN-sambandet, 2018c).

FNs klimakonvensjon konkretiserer formålet sitt ved vedtakelsen av Parisavtalen i 2015. Dette er den første folkerettslig bindende avtalen hvor alle land som slutter seg til avtalen forplikter seg til å iverksette klimatiltak. Alle land skal utarbeide en nasjonal plan over hvordan de skal kutte klimagassutslipp. Denne planen skal igjen fornyes hvert femte år fra og med 2020 med nye og mer ambisiøse mål. Dette er for å unngå at nåtidens utslipp fører til at den globale

temperaturen stiger med 2 °C i løpet av århundret. I stedet skal Paris-avtalen forårsake at den globale temperaturen ikke stiger mer enn 1,5 °C i forhold til før-industrielle temperaturer (FN-sambandet, 2018d).

På grunnlag av konseptet bærekraftig utvikling og Parisavtalen, har FN utviklet 17 bærekraftsmål som sammen utgjør en agenda for bærekraftig utvikling frem mot 2030. Disse målene vil balansere de tre dimensjonene av bærekraftig utvikling og jobbe mot fattigdom, global oppvarmning og for fred (FN-sambandet, 2018a). FNs 17 bærekraftsmål er vist i figur 3.1. Byggebransjen blir påvirket av flere av målene indirekte, men de målene som har direkte innvirkning på byggebransjen er målene om rent vann og gode sanitærforhold, ren energi for alle, bærekraftige byer og samfunn samt ansvarlig forbruk og produksjon.



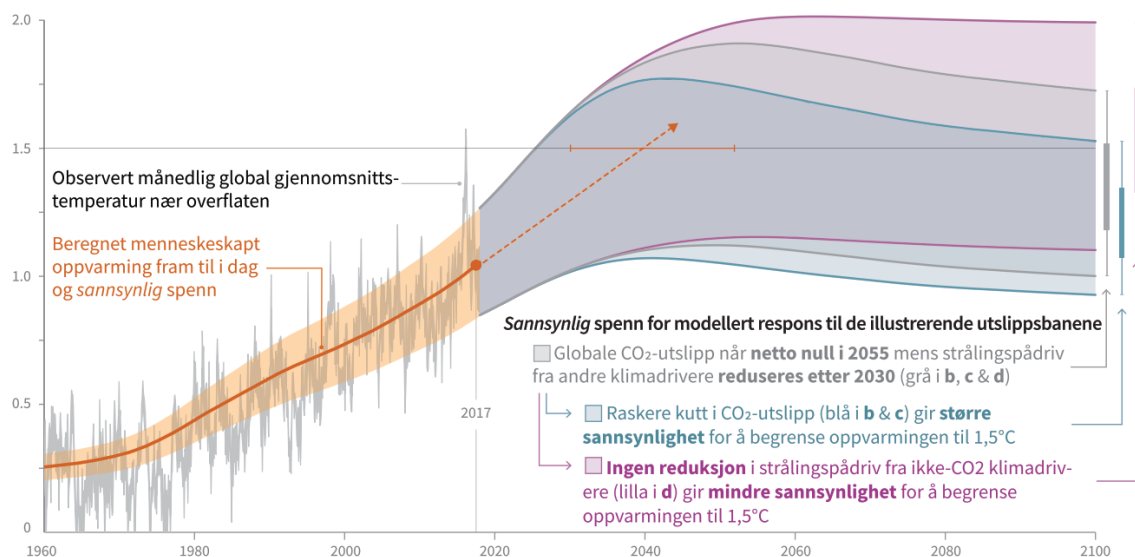
Figur 3.1: FNs 17 bærekraftsmål (FN-sambandet, 2018a)

Norges klimapolitikk er basert på forlik inngått i Stortinget i 2008 og 2012. Avtalene innebærer en forståelse av at Norge skal ha en aktiv nasjonal politikk mot å redusere sine klimagassutslipp og dermed bli et lavutslippssamfunn innen 2050 (Klima- og miljødepartementet, 2014). På bakgrunn av Parisavtalen forplikter Norge seg til å redusere Norges klimagassutslipp med 40% innen 2030 sammenlignet med 1990-nivå. Dette skal Norge gjøre i samarbeid med EU, men det innebærer likevel at Norge må iverksette egne tiltak for å nå dette målet (CICERO, 2015).

Da Parisavtalen ble vedtatt av 195 land i 2015 inviterte Konvensjonen FNs klimapanel til å utarbeide en spesialrapport om konsekvensene av en global oppvarmning på henholdsvis 1,5 °C og 2 °C. I tillegg skulle FNs klimapanel forske på hva som skulle til for å begrense oppvarmingen til 1,5 °C. Den 8.oktober 2018 ble spesialrapporten publisert, og det er ikke munter lesning. Dersom alle krav gitt ved Parisavtalen 2015 opprettholdes, vil den globale oppvarmingen likevel øke til mer enn 1,5 °C. Rapporten anslår at dersom de foreløbige nasjonale bidragene blir gjennomført, vil den globale temperaturen ha økt med hele 3 °C ved enden av dette århundret. For å kunne oppnå bærekraftig utvikling og for at FNs bærekraftsmål skal kunne oppnås, kan ikke den globale oppvarmingen overskride mer enn 1,5 °C (IPCC 2018).

For å unngå en oppvarming på mer enn 1,5 °C må klimagassutslippene reduseres med hele 40-50 % innen 2030 sammenlignet med 2010, som illustrert i figur 3.2. Figur 3.2 viser den

globale oppvarmingen sammenlignet med 1850-1900, og viser hvor mye CO₂-utslippene må reduseres for å oppnå de ulike temperaturkravene (Miljødirektoratet, 2018b). I 2050 må det globale CO₂-utslippet være netto null. Med andre ord må det fjernes like mye CO₂ som det slippes ut. Utslippene fra industrien må være 70-90 % lavere i 2050 sammenlignet med 2010, fornybar energi må stå for 70-85 % av all elektrisitet i 2050 og bruk av kull til elektrisitet må reduseres til omtrent null i 2050. Det må med andre ord foregå en rask og grundig systemendring i de fleste sektorer i nærmeste framtid (IPCC 2018).

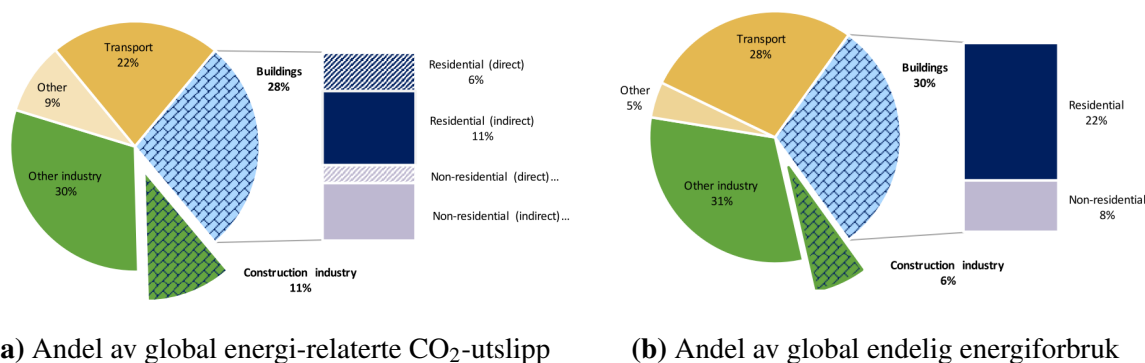


Figur 3.2: Observert global temperaturendring og modellert respons til alternative fremtidige menneskelige klimagassutslipp og strålingspådriv, først publisert av IPCC (2018), oversatt til norsk av Miljødirektoratet (2018b)

3.1.2 Byggenæringens klimapåvirkning

Det er ingen tvil om at byggebransjen er på frammarsj mot en mer bærekraftig industri. Dessverre klarer ikke forbedringene å holde følge med den stadige voksende byggenæringen og økende etterspørselen etter energi. For å kunne møte kravene til Parisavtalen må energi-intensiteten per kvadratmeter av den globale byggesektoren forbedre seg 30% sammenlignet med 2015 innen 2030 (UNEP & IEA 2017). Som det kom frem av FNs klimapanel sin nyeste rapport av 2018 vil dette likevel ikke være tilstrekkelig for å forhindre en global oppvarming på 2 °C (IPCC 2018).

I 2017 publiserte FNs miljøprogram (UNEP) og det internasjonale energibyrået (IEA) en global statusrapport angående den globale byggesektoren. Rapporten inneholder oppdaterte tall på hva som skal til for at byggebransjen skal kunne bidra til å nå målene fastsatt i Parisavtalen. Globalt sett står byggebransjen for omtrent 50% av total forbruk av råmaterialer (Circle Economy et al., 2018), 40% av total energi-relatert CO₂-utslipp (figur 3.3a) og over 35% av totalt energiforbruk (figur 3.3b) (UNEP & IEA 2017). Figur 3.3 viser bygninger og produksjon av bygninger som to separate deler. Produksjon av bygninger inneholder også produksjon av materialer som stål, sement og glass. En tredjedel av de 28% av global-relaterte CO₂-utslippene (figur 3.3a) kommer som resultat av direkte utslipp i bygninger fra forbrenning av fossilt brensel. Fra et globalt perspektiv klarer ikke byggebransjen å utnytte sitt fulle potensiale, og CO₂-utslipp fra bygninger



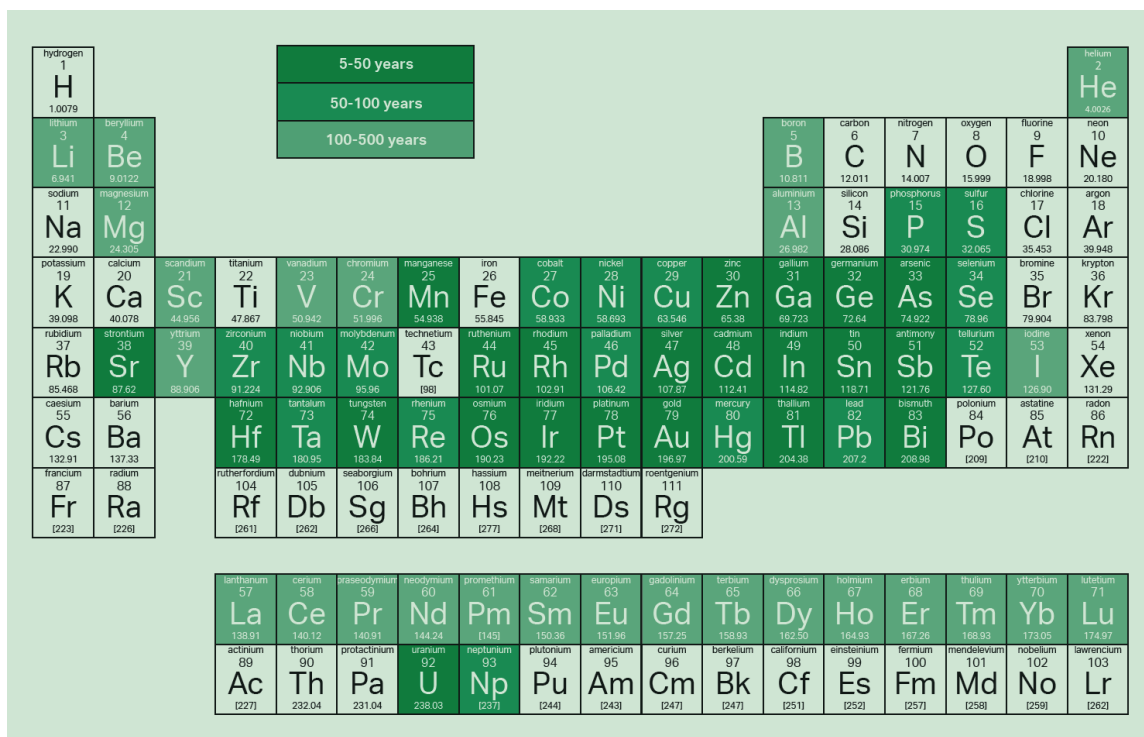
Figur 3.3: Andel av globale utslipp av CO₂ og endelig energiforbruk fordelt på sektor i 2015 (UN Environment and International Energy Agency, 2017)

og konstruksjon økte med nesten 1% hvert år mellom 2010 og 2016. Byggebransjens energibruk per m² forbedrer seg gradvis med 1,5%. Til tross for fremgang klarer ikke byggebransjens utvikling å holde følge med en stigende etterspørsel i energi grunnet økende befolkning, globalt gulvareal og byggeaktivitet. Det globale gulvarealet fortsetter å stige med 2,3% hvert år. Dette fører til at forbedringene som blir gjort innenfor energibruk i byggebransjen blir nulltet ut av det stadige stigende arealbruket (UNEP & IEA 2017).

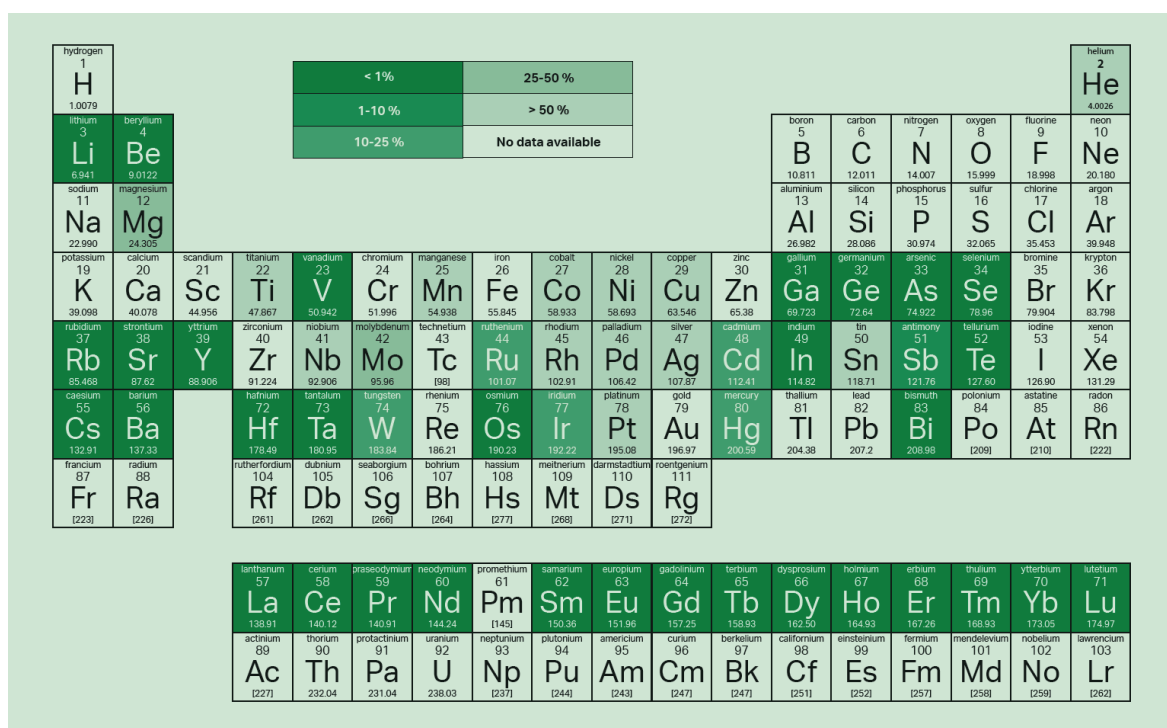
For å kunne forhindre global oppvarming å overstige 2 °C, helst 1,5 °C, trengs det en global transformasjon til energi-effektive bygninger med et lavt karbonutslipp. Innen 2060 vil byggenæringens gulvareal doble seg. Dette vil si at 230 milliarder m² vil bli konstruert i løpet av de neste 40 årene, som tilsvarer en utbygging av Japans gulvareal (per 2017) hvert år frem til 2060 (UNEP & IEA 2017). Verdens ressurser er allerede under sterkt press. Gjennomsnittlig benyttes det i dag mer enn 1,5 ganger mer ressurser enn hva verden kan tåle. Figur 3.4 viser periodesystemet sortert i tre farger, etter hvilke elementer som vil bli vanskelig å få tak i innen 50, 100 og 500 år. Fra denne figuren kan det sees at flere av metallene som det snart vil bli vanskelig å få tak i er metaller som benyttes i byggenæringen. Figur 3.5 viser i hvilken grad elementene blir resirkulert idag. Ut ifra disse figurene er det en tydelig sammenheng mellom hvilke elementer som har en lav resirkuleringsrate og hvilke elementer som innen få år vil være utryddet (3XN Architects, 2016).

I klimameldingen fra 2012 innførte regjeringen forbud mot all fossil oppvarming i alle nye bygninger i Norge. Energikravene i byggt teknisk forskrift ble skjerpet til passivhusnivå i 2015, og til nesten nullenerginivå i 2020. Kravene som ble innført i 2015 resulterte i at nye bygg i Norge er 20-25% mer energieffektive enn ved de tidligere kravene. I klimameldingen fra 2017 utvidet regjeringen forbudet til å inkludere oljefyr, noe som ble formelt fastsatt juni 2018 (Miljødirektoratet, 2018c). For å kunne forhindre global oppvarming fra å overstige 2 °C, helst 1,5 °C, er verdensindustrien nødt til å tenke annerledes, og bygningsbransjen er ikke et unntak. Et forslag til et nytt tankesett er beskrevet videre i delkapittel 3.2 og 3.3.

Kapittel 3. Teoretisk bakgrunn



Figur 3.4: Antall år til kjente ressurser vil være uttryddet. Dette diagrammet er originalt laget av EMF, men omgjort av 3XN Architects (2016)



Figur 3.5: Nåværende resirkuleringsrater av kjente ressurser. Dette diagrammet er originalt laget av EMF, men omgjort av 3XN Architects (2016)

3.2 Sirkulær økonomi

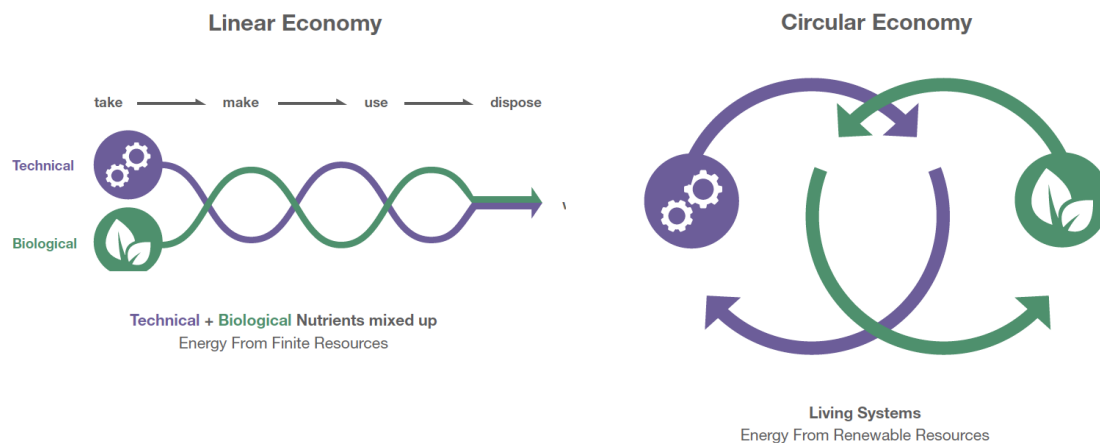
Sirkulær økonomi vil i følge the Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2015a) bidra til å legge grunnlaget for bedre avgjørelser angående ressursbruk, avfallsordninger, gi bedre verdi innenfor forretninger og generelt bidra til å skape et mer bærekraftig samfunn innenfor alle begrepets dimensjoner. Europakommisjonen publiserte i 2015 en handlingsplan med 54 tiltak for en overgang fra Europas nåværende lineære økonomi til en sirkulær økonomi (Europakommisjonen 2015).

I januar 2018 la regjeringen fram en politisk plattform for de neste fire årene der de, på bakgrunn av FNs bærekraftsmål, ønsker å legge om Norges økonomi for å skape bærekraftig velferdssamfunn. Regjeringen sier i plattformen at Norge skal være et foregangsland innen utviklingen av en grønn sirkulær økonomi som bedre utnytter ressurser (Statsministerens kontor, 2018).

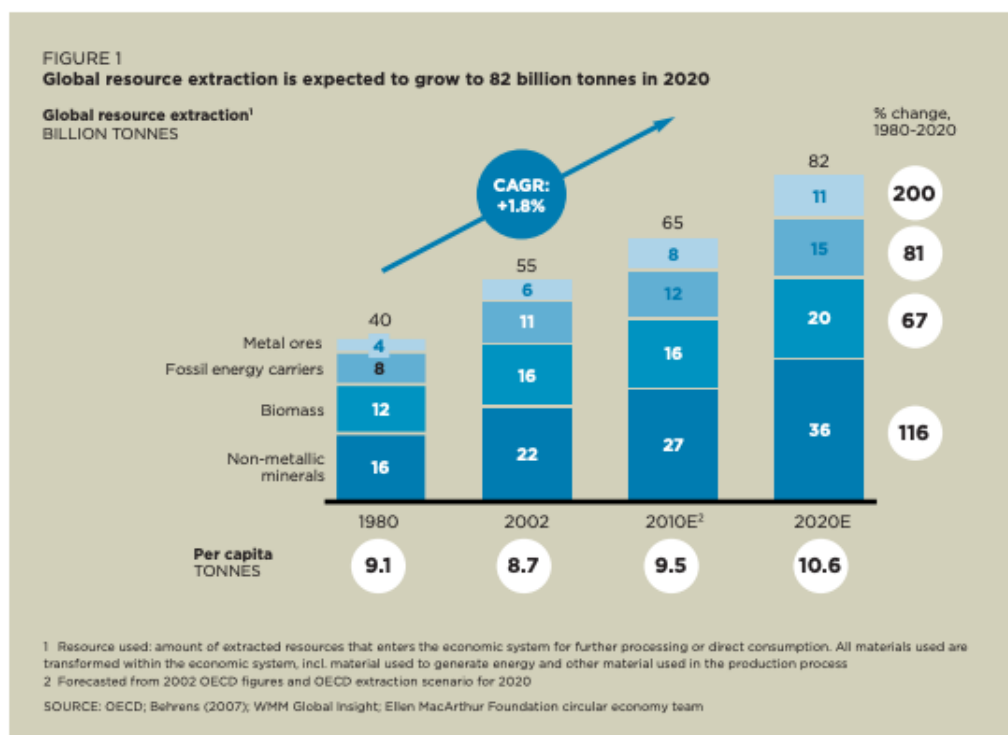
3.2.1 Lineær økonomi vs. sirkulær økonomi

Siden industrialiseringen har Europa mer eller mindre benyttet en lineær modell for utnyttelse av ressurser. Et såkalt «take-make-dispose» system, hvor bedrifter utvinner materialer, benytter energi og arbeidskraft for å utvikle et produkt, og selger det videre. Når kunden ikke lenger har bruk for produktet, blir det kastet (EMF 2012). Denne modellen har uten tvil bidratt til en voldsom vekst i den europeiske økonomien. Til tross for dette har nylige hendelser som prisvolatilitet, økt risiko i forsyningskjedene og ressursbruk ført til at det har oppstått en nødvendighet for å tenke nytt, for å ta et skritt vekk fra den velkjente lineære modellen og vurdere en sirkulær-økonomisk modell (EMF 2015b). Figur 3.6 illustrerer de to ulike økonomiske modellene.

Til tross for at det er satt i gang mange tiltak for å forbedre dagens ressursutnyttning, er det vanskelig å oppnå en effektiv ressursutnyttelse med et system som er basert på forbruk i stedet for gjenbruk. Videre har den raske akselerasjonen av forbruk siden midten av det 20. århundret resultert i en enorm utvinning av ikke-fornybare ressurser (EMF 2012). Som vist i figur 3.7 ble 65 milliarder tonn råmaterialer utvunnet globalt i 2010, og det er forventet at dette tallet vokser til 82 milliarder tonn i 2020. I Europa ble 2,7 milliarder tonn avfall generert i 2010, men kun 40% ble ombrukt eller resirkulert (EMF 2015b).



Figur 3.6: En lineær økonomi sammenlignet med en sirkulær økonomi (EMF 2015a)



Figur 3.7: Forventet vekst innenfor den globale utvinningen av ressurser (EMF 2015b)

EMF (2015a) utførte i sin rapport *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe* en studie på hva som vil skje dersom Europa velger å transformere sin økonomi fra lineær til sirkulær. Her kommer organisasjonen frem til at en overgang til sirkulær økonomi vil forårsake at Europas ressursproduktivitet vil vokse opp til 3% hvert år. Dette vil generere en primær ressursfordel på hele 600 milliarder euro hvert år innen 2030 til Europas økonomier. I tillegg vil overgangen generere 1200 milliarder euro i ikke-ressursrelaterte fordeler, som igjen vil resultere i en årlig fordel på 1,8 trillioner euro innen 2030. Dette er en doubling av dagens forventede fordel. EMF (2015a) fokuserer studiene sine på tre sektorer; matindustrien, transportindustrien og byggenæringen. På tvers av de tre sektorene kom EMF frem til at en overgang til sirkulær økonomi ville resultere i betydelige reduksjoner av CO₂-utslipp og materialbruk i Europa, vist i tabell 3.1. Til sammenligning vil CO₂-utslippene kun reduseres med henholdsvis 31% og 61% innen 2030 og 2050 dersom dagens lineære modell blir fulgt. Materialer og komponenter utgjør i dag 40-60% av det totale kostnadsgrunnlaget for ulike produksjonsfirma i Europa.

Tabell 3.1: Resultatet av EMF sin studie fra 2015 der det blir sett på en overgang fra en lineær økonomi til en sirkulær økonomi i Europa. Tallene for CO₂-utslipp er i henhold til nivåer fra 2012. Begrepet materialbruk innebærer her forbruk av bildeler, bygningsmaterialer, syntetisk gjødsel, plantevernemiddel, landbruksvann og arealbruk, drivstoff og ikke fornybar elektrisitet og land brukt til eiendomsutvikling. Tallene er hentet fra tre sektorer; matindustrien, transportindustrien og byggenæringen (EMF 2015a).

Reduksjon av	Reduksjon innen 2030	Reduksjon innen 2050
CO ₂ -utslipp	48%	83%
Materialbruk	32%	53%

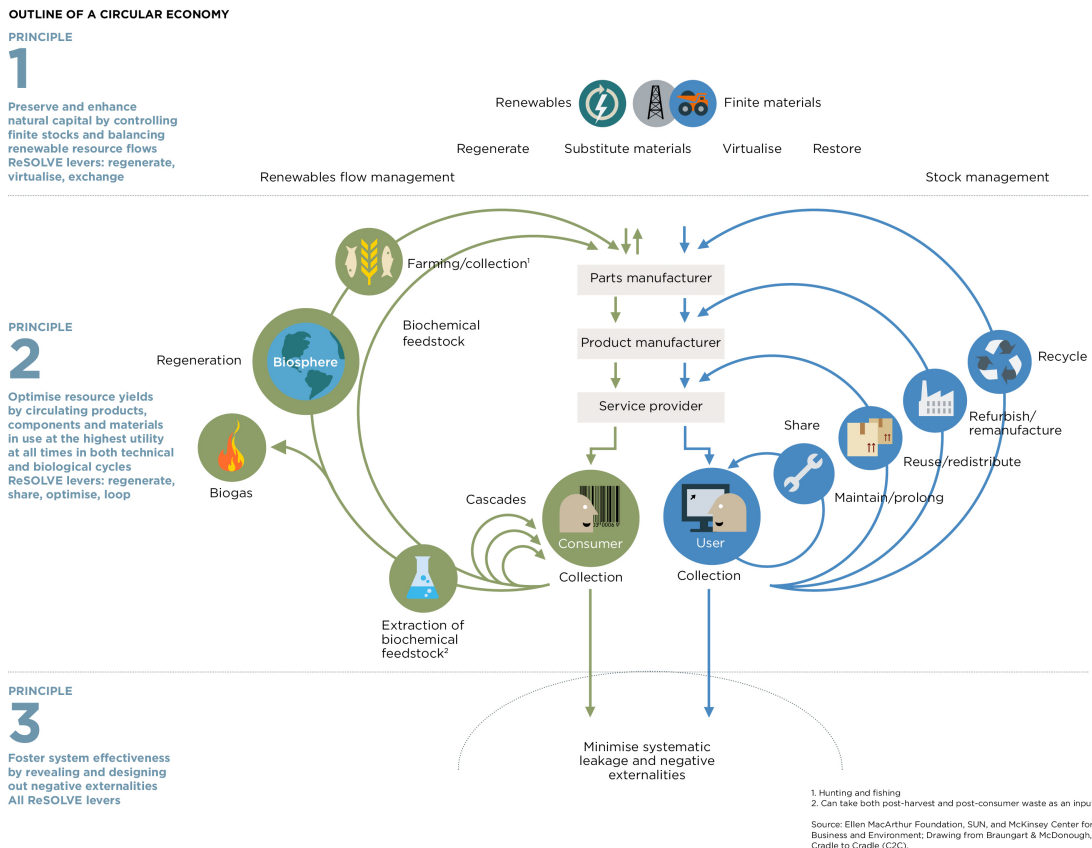
3.2.2 Definisjoner

Det finnes ingen entydig definisjon av begrepet sirkulær økonomi. I utgangspunktet er det et prinsipp for økonomisk virksomhet som heller blir karakterisert enn definert. Mye av den eksisterende litteraturen om konseptet omhandler utvikling av en ny og forbedret definisjon av begrepet (Korhonen, Honkasalo & Seppälä, 2018) (Kirchherr et al., 2017) (Korhonen, Nuur, Feldmann & Birkie, 2018). Kritikere av konseptet argumenterer for at uttrykket har ulik betydning for ulike personer (Kirchherr et al., 2017). Dette delkapittelet vil presentere den mest benyttete definisjonen, men også legge frem variasjoner av definisjoner av begrepet.

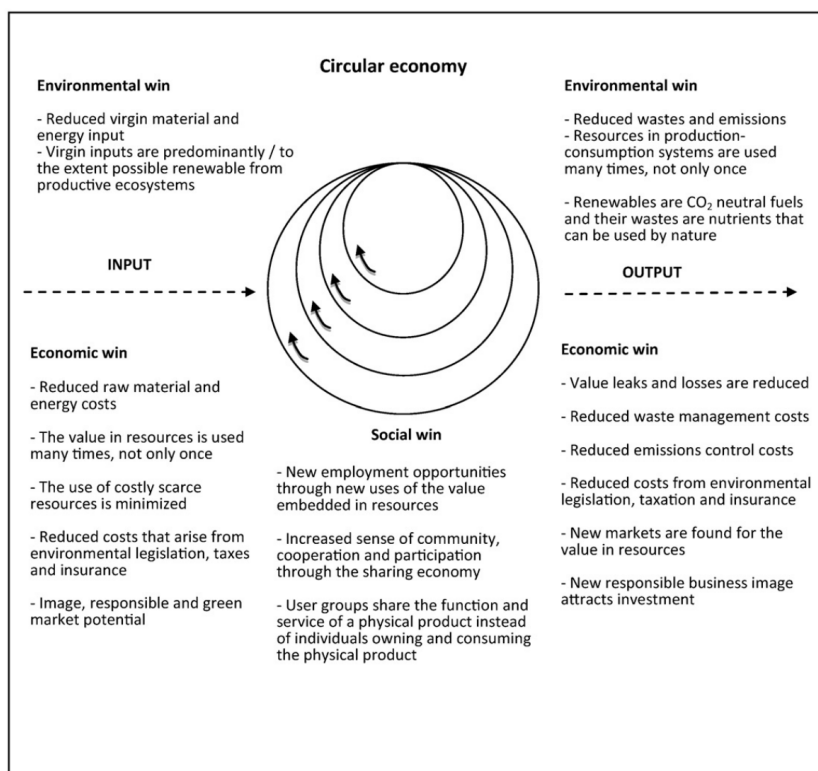
Formuleringene til EMF er uten tvil de mest benyttede. EMF er en global leder innefor sirkulær økonomi, og det er også deres definisjon av konseptet som ligger til grunn for EUs handlingsplan fra 2015. EMF (2015a, s.23) definerer sirkulær økonomi som

The circular economy is defined as an economy that provides multiple value creation mechanisms which are decoupled from the consumption of finite resources. This definition rests on three principles:

- *Preserve and enhance natural capital*
- *Optimise resource yields*
- *Foster system effectiveness*



Figur 3.8: Fremstilling av en sirkulær økonomi, definert av EMF (2015a)



Figur 3.9: Fremstilling av en sirkulær økonomi for et bærekraftig samfunn, definert av Korhonen, Honkasalo & Seppälä (2018)

Figur 3.8 viser en fremstilling av sirkulær økonomi basert på definisjonen til EMF (2015a) og dens tre prinsipper. Det første prinsippet omhandler regenerering av naturlige systemer. Teknologi og prosesser vil bli valgt ut ifra i hvilken grad de benytter fornybare eller bedre ytende ressurser. Naturkapitalen vil bli styrket ved at det vil bli skapt betingelser for regenerering av naturlige systemer, som for eksempel jord. Det andre prinsippet illustrert i figur 3.8 innebærer å beholde produkter og materialer i bruk i både tekniske og biologiske sykluser (EMF 2015b). De minste, innerste sirklene i figur 3.8 refererer til å maksimere materialbruken sammenlignet med et ordinært lineært system. Desto mindre sirkel, desto bedre er utnyttelsen materialene og energien brukt til å produsere dem. Sirklene blir større ettersom materialene er utsatt for vedlikehold, ombruk, refabrikasjon, eller gjenvinning (3XN Architects, 2016). Disse systemene vil også maksimere antall sykluser og/eller tiden benyttet i hver syklus ved å utvide levetiden til produktet og optimalisere for gjenbruk. Det siste prinsippet omhandler å designe ut avfall og forurensning (EMF 2015b).

En sirkulær økonomi skiller mellom tekniske og biologiske sykluser. I den tekniske syklusen blir ikke-fornybare ressurser behandlet. Tekniske materialer blir gjenvunnet og vedlikeholdt innad i den tekniske syklusen. Formålet er å erstatte den høye graden av forbruk med bruk. Den biologiske syklusen omfatter en strøm av fornybare ressurser. Forbruk skal kun forekomme i den biologiske syklusen, hvor fornybare (biologiske) næringsstoffer blir regenerert (EMF 2015b). Eksempel på et material innenfor den biologiske syklusen er tre, mens stål og betong er typiske materialer innenfor den tekniske syklusen (3XN Architects, 2016).

Korhonen, Honkasalo & Seppälä (2018) argumenterer for at definisjonen til EMF (2015a) hovedsakelig er utarbeidet av beslutningstakere, bedrifter, forretningskonsulenter og bedriftsforbninger. Med dette mener de at det ikke finnes et godt nok vitenskapelig forskningsgrunnlag

bak denne definisjonen, at den er overfladisk og mangler kritisk analyse. I sin artikkel utvikler (Korhonen, Honkasalo & Seppälä, 2018, s. 39) et forslag til en ny definisjon basert på Brundtlandkommisjonens perspektiv på bærekraftig utvikling og de tre dimensjonene økonomi, miljø og sosiale forhold:

Circular economy is an economy constructed from societal production-consumption systems that maximizes the service produced from the linear nature-society-nature material and energy throughput flow. This is done by using cyclical materials flows, renewable energy sources and cascading-type energy flows. Successful circular economy contributes to all the three dimensions of sustainable development. Circular economy limits the throughput flow to a level that nature tolerates and utilises ecosystem cycles in economic cycles by respecting their natural reproduction rates.

Figur 3.9 på forrige side viser en fremstilling av definisjonen til Korhonen, Honkasalo & Seppälä (2018). Gjennom denne definisjonen mener forfatterene at de tre dimensjonene innenfor bærekraftig utvikling er tilfredsstilt. Miljøaspektet innebærer reduisering av produksjon-forbruk systemet, input av jomfruelige materialer og energi, og produksjon av avfall og forurensning ved benyttelse av materialsykluser og ikke fornybar energi. Den økonomiske delen av bærekraftbegrepet er ivaretatt ved at den sirkulære økonomien vil redusere den økonomiske produksjon-forbruk systemets kostnader for råmaterialer og energi og kostnader for kontroll av avfall og forurensning. Risiko grunnet miljøskatter og tap av ansikt vil også bli redusert. Det sosiale aspektet er ivaretatt ved innføring av en delingsøkonomi, ved at tjenester blir solgt i stedet for produkter (Korhonen, Honkasalo & Seppälä, 2018).

Den tredje definisjonen presentert i denne oppgaven er en kortere versjon av definisjonen til Korhonen, Honkasalo & Seppälä. Eva Gladek grunnla konsulentfirma Metabolic i 2012. Metabolic arbeider konsekvent for å forbedre og fremskynde overgangen fra dagens økonomi mot en stabil bærekraftig økonomi (Gladek, 2018). Gladek (2018) definerer sirkulær økonomi som

The circular economy is a new economic model for addressing human needs and fairly distributing resources without undermining the functioning of the biosphere or crossing any planetary boundaries

Korhonen, Honkasalo & Seppälä (2018) argumenterer for at sirkulær økonomi ikke bidrar med mye nytt innenfor vitenskapelig forskning på bærekraftig utvikling. Det eneste nye sirkulær økonomi bidrar med er viktigheten av høy verdi og god kvalitet på materialsykluser og delingsøkonomi i tillegg til bærekraftig produksjon (Korhonen, Honkasalo & Seppälä, 2018). Bransjen mener det er bekymringsverdig at det ikke eksisterer en klar definisjon av begrepet som alle kan stille seg bak (Adams et al., 2017, Kirchherr et al., 2017, Korhonen, Honkasalo & Seppälä, 2018). Flere og flere organisasjoner tar i bruk begrepet for å drive det fremover, som resulterer i utvanning av definisjoner, og stadig flytting av begrensninger (Adams et al., 2017). Til tross for at definisjonen til EMF (2015a) er utviklet av en organisasjon, og ikke på bakgrunn av vitenskapelig forskning slik som definisjonen til Korhonen, Honkasalo & Seppälä (2018), er det denne definisjonen som benyttes mest på tvers av sektorer. Forskjellene mellom de to kan sies å være overfladisk, da definisjonen til EMF (2015a) tar hensyn til de tre dimensjonene av bærekraftig utvikling til tross for at dette ikke nevnes eksplisitt. EMF (2015a) sin definisjon er den som benyttes videre i denne oppgaven, da det er denne definisjonen som ligger grunn for flere av konseptene som forklares i videre delkapitler.

Kort oppsummerert kan det sies at sirkulær økonomi innebærer:

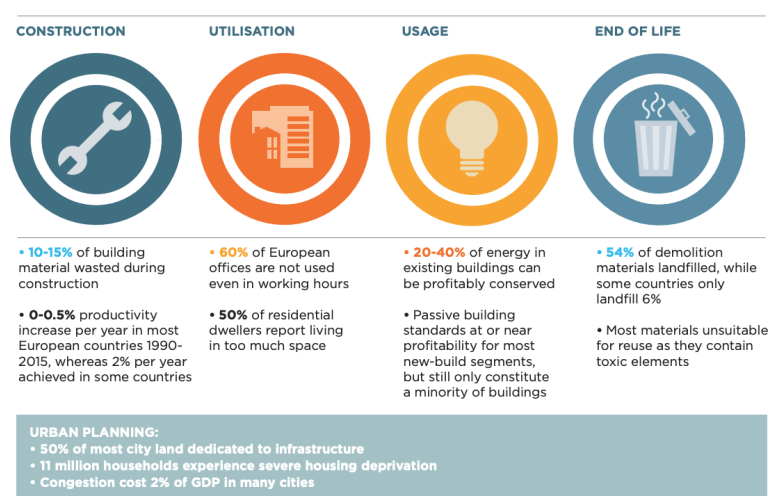
- En overgang fra en lineær økonomi til en sirkulær økonomi

- En bedre utnyttelse av begrensede ressurser
- Å optimalisere gjenvinning innenfor både tekniske og biologiske sykluser, holde produkter og materialer i syklusen
- Optimalisere materialbruk gjennom vedlikehold, ombruk, gjenbruk, gjenvinning og resirkulering
- Å designe waste (alt som ikke genererer direkte verdi) ut av systemet
- En modell som bygger på de tre dimensjonene til bærekraftig utvikling, økonomi, miljø og sosiale forhold
- Regenerering av naturlige systemer

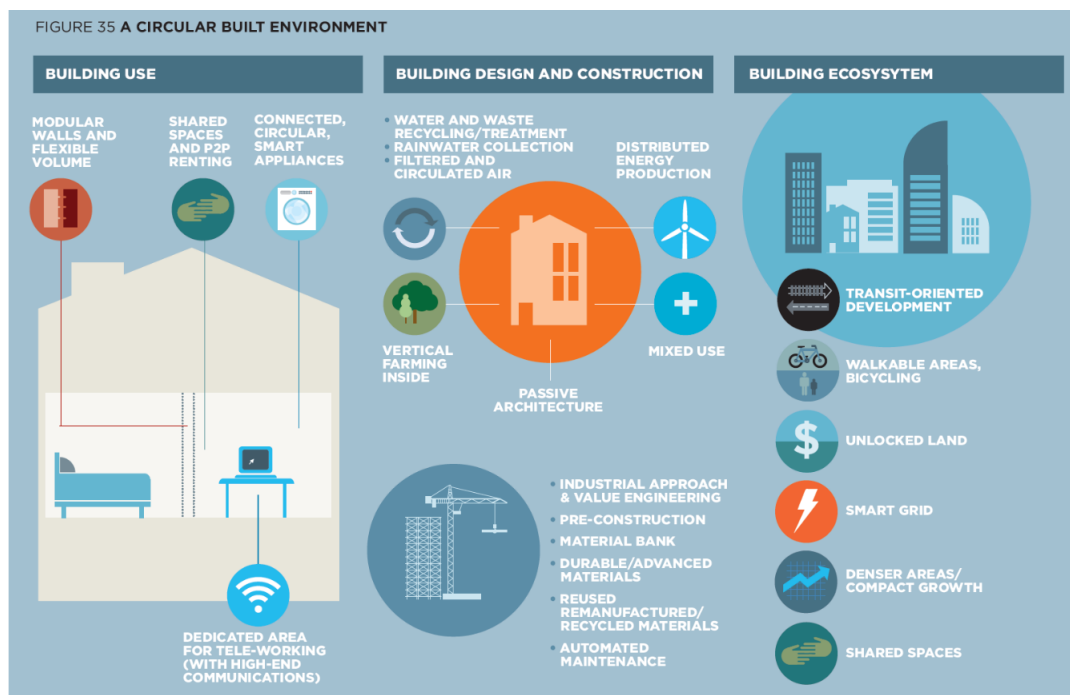
3.2.3 Hvorfor sirkulær økonomi i byggebransjen?

I 2015 publiserte EMF en rapport i samarbeid med McKinsey Center for Business and Environment, og the Danish Environmental Protection Authority kalt *Delivering the circular economy: a toolkit for policymakers*. Rapporten tar for seg Danmark som pilotprosjekt, og basert på deres kalkulasjoner konkluderer de med at byggebransjen er en av industriene som vil ha størst fordel av å implementere en sirkulærøkonomisk strategi (EMF et al. 2015).

EMF (2015a) har kategorisert årsakene til byggenæringens høye produksjon av avfall innenfor fire kategorier, vist i figur 3.10. Disse er lav produktivitet i produksjonsfasen, over- eller under-utnyttelse, energiforbruk og avfall og giftig materiale ved avhending. Dette er områder hvor byggebransjen vil kunne få en direkte fordel av å implementere en sirkulær økonomisk tankegang (EMF 2015a). Adams et al. (2017) mener at de største utfordringene i byggebransjen er mangelen på insentiv for å prosjektere for avhendingsfasen, manglende støtteende markeds mekanismer, og usikkerhet i hvert enkelt prosjekts økonomiske situasjon. I tillegg er det lite bevissthet på sirkulær økonomisk tankegang på et industrinivå i byggebransjen (Adams et al., 2017). Dette er blant annet fordi det finnes lite kunnskap om hva sirkulær økonomi vil si for byggenæringen. Figur 3.11 viser hvordan EMF (2015a) ser for seg at en sirkulærøkonomisk byggenæring vil se ut.



Figur 3.10: Former for sløsing innen byggenæringen i Europa innenfor fire faser av et bygg sitt totale livsløp (EMF 2015a)

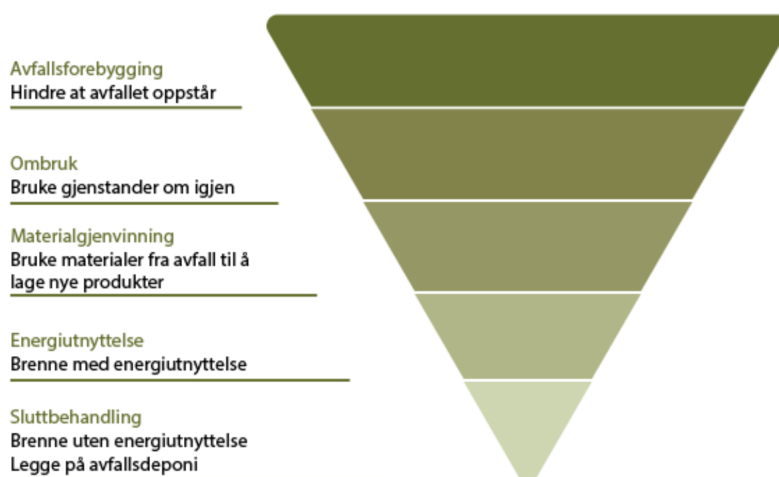


Figur 3.11: En sirkulærøkonomisk byggenæring (EMF 2015a)

3.2.4 Tiltak for implementasjon av sirkulær økonomi i byggenæringen i Norge

Tiltakene for implementasjon av sirkulær økonomi igangsatt i Norge er hovedsakelig relatert til en bedre utnyttelse av avfall og ressurser. I forbindelse med Meld. St. 45 (2016-2017) Avfall som ressurs - avfallspolitikk og sirkulær økonomi, ba Stortinget regjeringen i februar 2018 om å utvikle en nasjonal strategi for sirkulær økonomi. Arbeidet med strategien er ifølge Klima- og miljødepartementet utsatt til våren 2019 (Circle Norway, 2018). I 2014 rapporterte Norge 61% materialgjenvinning av bygge- og anleggsavfall. Norge er tilsluttet til EUs avfallsdirektiv gjennom EØS-avtalen, som har en målsetting om at 70% av bygge- og anleggssavfall skal materialgjenvinnes innen 2020. For å nå dette målet vil regjeringen vurdere tiltak for å øke materialgjenvinning for bygg- og anleggsavfall (Klima- og miljødepartementet, 2017).

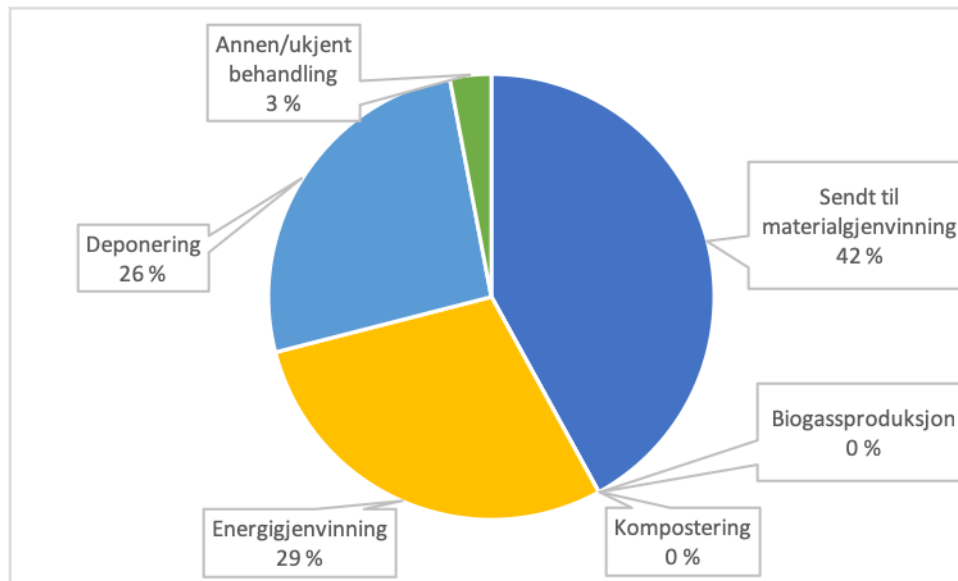
Prioriteringene i norsk avfallspolitikk og EUs rammedirektiv for avfall er illustrert i avfallshierarkiet vist i figur 3.12. Avfallshierarkiet viser en prioritert rekkefølge for avfallshåndtering, der avfallsforebygging har høyeste prioritet, deretter ombruk, materialgjenvinning, energiutnyttelse og til slutt sluttbehandling (Miljødirektoratet, 2018a). Avfallsforebygging er tiltak som iverksettes før et produkt, element eller material blir avfall. Ombruksnivået innebærer å bruke materialer på nytt i stedet for at de omgjøres til avfall. På denne måten forlenges materialenes levetid, og ressursene holdes i omløp. Ved materialgjenvinning gjenvinnes de ulike materialene, og kan benyttes på nytt som råvarer i produksjon av nye elementer og produkter. På det neste nivået blir avfallet energigjenvunnet, som vil si at energien i avfallet utnyttes ved forbrenning, og kan erstatte oppvarmingskilder som elektrisitet, olje og gass. Det aller siste nivået i avfallshierarkiet er deponering, og skal helst unngås. Deponering vil si forsvarlig sluttbehandling av avfallet, ofte ved bruk av deponier (Miljøskolen Loop, 2016).



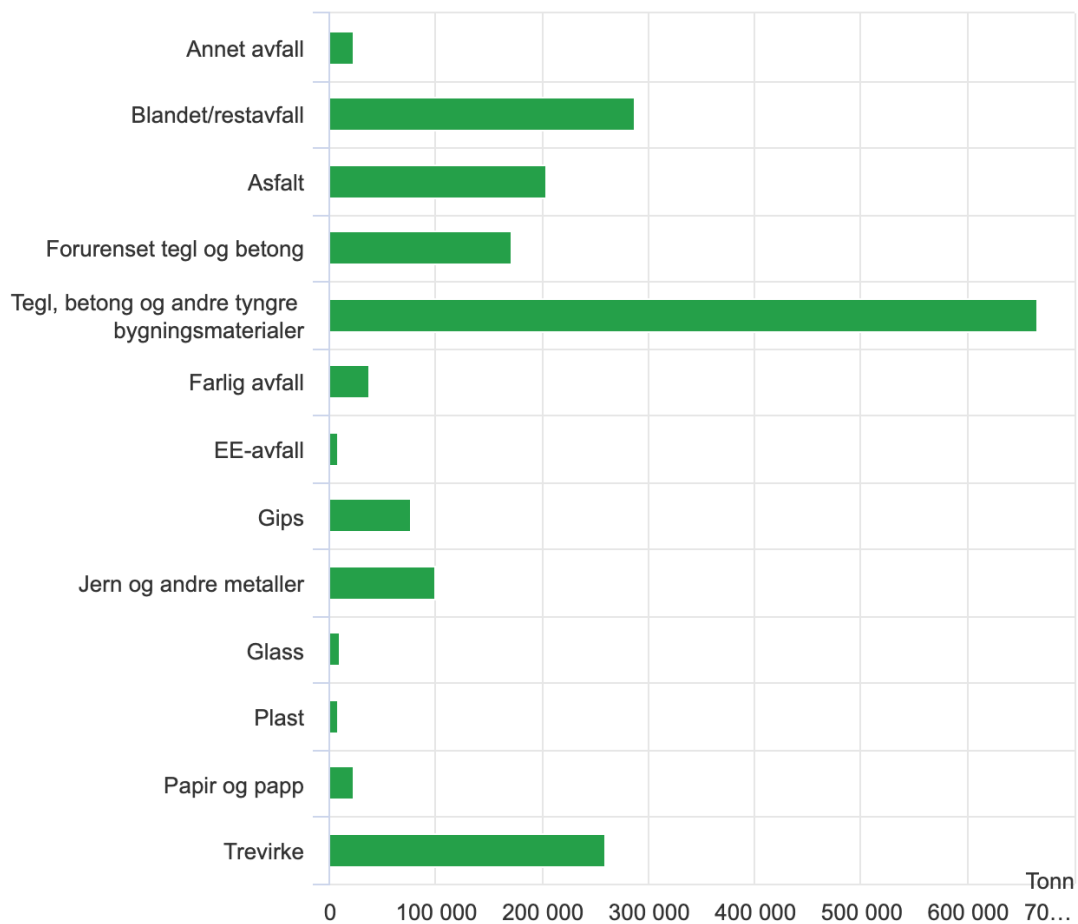
Figur 3.12: Avfallshierarkiet illustrerer en prioritert rekkefølge for avfallshåndtering (Miljødirektoratet, 2018a)

I følge Statistisk sentralbyrå (SSB) (2018) førte bygging, rehabilitering og riving til 1,87 millioner tonn avfall i Norge i 2016. Dette er en økning på 5% fra 2015. 66% av totalt byggeavfall er grunnet riving og rehabilitering. Videre består mesteparten av byggeavfall av materialer som er lite forurenset, og i utgangspunktet kan deponeres eller brukes om igjen uten å foreta spesielle miljøhensyn. Figur 3.13 på neste side viser behandling av avfall fra nybygg, rehabilitering og riving i 2016. I 2016 ble kun 42% av byggeavfall levert til materialgjenvinning. Dette er 7 prosent mindre enn i 2015. I tillegg er den en økning på 7% fra 2015 til 2016 i byggavfall som blir deponert. Denne økningen skyldes store mengder med lett forurenset tegl- og betongavfall, som er blitt omdefinert fra «ikke forurenset» til «lett forurenset» og dermed på deponeres i stedet for materialgjenvinnes (SSB 2018).

Som vist i figur 3.14 på neste side er den største delen av bygg- og anleggsavfall nettopp tegl- og betongavfall. Ofte inneholder denne typen avfall miljøgifter. For at det skal være mulig å bruke dette avfallet på nytt må det tydeliggjøres når det kan ombrukes uten tillatelse fra miljømyndigheter, og når det vil være nødvendig med en tillatelse. Som et resultat av dette ønsker miljømyndighetene å videreutvikle regelverket slik at bruken av avfall og lett forurensete masser kan brukes på en nyttig og miljøforsvarlig måte. I tillegg må miljømyndighetene videreutvikle teknologi for sentralsortering, sorteringsprosesser for materialgjenvinning og prosessene bak materialgjenvinning. Som vist i figur 3.14 er 14% av byggavfall bestående av trevirke. Hele 99% energiutnyttes, men kun 1% materialgjenvinnes (Miljødirektoratet, 2018a). Miljødirektoratet skriver i Meld St. 45 (2016-2017) at det ikke er realistisk å forvente en tilvarende høy materialgjenvinningsgrad for tre som for annet bygg- og anleggsavfall på kort sikt. Utfordringen med materialgjenvinning for trevirke er blant annet at forbrenning av treavfall resulterer i en energi som kan erstatte fossile energikilder. I tillegg er det svært vanskelig å få i gang en økonomisk materialgjenvinning av trevirke da det finnes mye jomfruelig materiale i Norge.



Figur 3.13: Behandling av avfall fra nybygg, rehabilitering og riving i 2016 (SSB 2018)



Figur 3.14: Genererte mengder avfall fra nybygg, rehabilitering og riving i 2016 (SSB 2018)

3.3 Sirkulære bygninger

Eksisterende litteratur diskuterer mangelen på indikatorer som beskriver en sirkulær økonomisk tankegang direkte i byggebransjen (Núñez-Cacho et al., 2018) (Adams et al., 2017). Dette skyldes at dagens forskning fokuserer på produkter med ett kort livsløp, og derfor ofte forsømmer bygninger grunnet sin kompleksitet (Pomponi & Moncaster, 2017). Mye av eksisterende forskning på sirkulære bygninger fokuserer på avhendingsfasen, noe som har ført til økt fokus på resirkulering av avfall fra riving. Dessverre blir mye av dette avfallet nedgradert, noe som innebærer at kvaliteten, verdien og funksjonaliteten til produktet blir dårligere enn det opprinnelige (Adams et al., 2017). I dette delkapitlet blir teorien bak begrepet «sirkulære bygninger» nærmere presentert.

3.3.1 Historiske eksempler fra Norge

Bygninger har ikke alltid blitt konstruert slik vi gjør i dag. Historisk sett har trehus dominert bygninger i Europa. Metoden tillot enkel demontering grunnet treplugger som koblet sammen de ulike delene av konstruksjonen. De ulike komponentene kunne bli prefabrikkert som førte til et fleksibelt, modulært system. På denne måten var det lett å bygge ut husene eller å endre på selve konstruksjonen uten å endre mye på byggets arkitektoniske karakter. Systemet tillot også at bygningene kunne bli demontert for deretter å bli flyttet og gjenreist et annet sted. Da det var en mangel på brukbar konstruksjonsvirke under middelalderen i Europa, ble eldre trebygninger tatt fra hverandre slik at bjelkene og søylene kunne benyttes på nytt i nye bygninger (3XN Architects, 2016). I 1841 og 1842 brant 757 trebygninger ned i Trondheim. På denne tiden tilsvarte dette mer enn halvparten av bygningsmassen i Trondheim. Likevel tok det mindre enn to år å gjenoppbygge byen. Ubebodde trebygninger i områdene rundt Trondheim ble demontert og gjenreist inne i selve byen. Deler av eldre bygninger ble brukt for å bygge nye. Tømrere og bygningsarbeidere benyttet alle samme monteringsmetoder og verktøy, og alt av materiale ble produsert lokalt. Til tross for brukt materiale og rask montering har disse bygningene bevist å ha en høy kvalitet, og mange av bygningene står fremdeles i Trondheim sentrum i dag (Nordby, 2009).

Dagens bygninger er prosjektert med den hensikt at de skal fungere som permanente konstruksjoner. Når konstruksjonen ikke lenger oppfyller kravene til eieren eller har fullført sin levetid blir den revet. Dette metoden er ytterst uøkonomisk, sløseste og uansvarlig. De fleste bygninger er designet for å kun vare noen tiår, uten en klar plan for hva det vil bli av dem etter endt levetid (Crowther, 2002, Nordby, 2009). I tillegg blir flere bygg revet før deres levetid er over (Crowther, 1998). I 2008 ble to kontorbygninger i Søndregate revet for å bygge et nytt hovedkontor for Sparebank 1 SMN. Bygningene som ble revet var kun 32 år gamle, men det var vanskelig å implementere nye energikrav og bygningene var lite fleksible. Bygningene bestod også av komponenter som var sammensatt av mange ulike materialer, som gjorde det vanskelig å gjenbruke og materialgjenvinne komponentene (Nordby, 2009). I 2018 solgte Sparebank 1 SMN hovedkontoret som stod ferdig i 2010, men beholdt eierskap til det gamle bankbygget fra 1882 (Hegnar, 2017).

3.3.2 Definisjoner

I 2016 satte den nederlandske regjeringen i gang et sirkulærøkonomisk program, som innebærer en overgang fra lineær til en sirkulær økonomi i Nederland. I forbindelse med dette programmet publiserte den nederlandske regjeringen en spesifikk agenda for fem sektorer, der byggebransjen er inkludert som en av disse (Circle Economy et al., 2018). I dette programmet utarbeider regjeringen en definisjon for en *circular building* (sirkulær bygning), en bygning som er bygd etter sirkulærøkonomiske prinsipper. Definisjonen til I&W & EZK (2016) er gjengitt av Circle Economy et al. (2018, s.11), og er gitt ved

(...) the development, use and reuse of buildings, area's and infrastructure, without avoidable depletion of natural resources, pollution of the environment or negatively impacting ecosystems. Construction which is economically responsible and contributes to wellbeing of humans and animals, now and in the future.

Denne definisjonen er bred, og omfatter både bygninger og infrastruktur. Circle Economy et al. (2018, s.11-12) har i sin rapport modifisert denne definisjonen til å kun handle om bygninger, og definerer en sirkulær bygning som

A building that is developed, used and reused without unnecessary resource depletion, environmental pollution and ecosystem degradation. It is constructed in an economically responsible way and contributes to the wellbeing of people and the biosphere. Here and there, now and later. Technical elements are demountable and reusable, and biological elements can also be brought back into the biological cycle. During the use-phase impacts are primarily net-positive, and the building contributes to circular flows (of water, energy and consumer goods) at the level of the building and its surroundings.

Denne definisjonen bygger på de gitte definisjonene på sirkulær økonomi av Gladek (2018) og EMF (2015a) i delkapittel 3.2.2. Dette gjøres ved at Circle Economy et al. (2018) sin definisjon på sirkulære bygninger fokuserer på at verdien til bygninger og deres komponenter blir ivarettatt gjennom optimalisering av både bruk og gjenbruk. I tillegg vektlegger definisjonen viktigheten av både den tekniske og den biologiske syklusen. Circle Economy et al. henter også fra Gladeks (2018) bredere definisjon ved at den adresserer menneskelige behov og en sunn biosfære (Circle Economy et al., 2018).

Begrepet «sirkulær bygning» omhandler altså mer en kun bygningen. For å oppnå en sirkulær bygning må omgivelser tas med i betraktning. Sirkulære bygninger skal også ideelt sett bidra til ett bærekraftig bygd miljø innenfor alle sine livsløpsfaser, inkludert avhendingsfasen (Circle Economy et al., 2018).

I Januar 2019 utarbeidet FutureBuilt i samarbeid med Asplan Viak og SINTEF Byggforsk en definisjon på sirkulære bygninger, og kriterier for å konkretisere innholdet i definisjonen. FutureBuilt ønsker med dette å teste ut definisjonen i den norske byggenæringen og dermed gjennomføre tre pilotprosjekt med støtte fra Miljødirektoratet (FutureBuilt, 2019b). FutureBuilt (2019a, s.3) definerer en sirkulær bygning som:

Et sirkulær bygg legger til rette for ressursutnyttelse på høyest mulig nivå, og består av minst 50 prosent ombrukte og ombrukbare materialer og komponenter

Denne definisjonen skiller seg tydelig fra Circle Economy et al. (2018) sin ved at den hovedsakelig fokuserer på materialer og komponenter. Som en generell definisjon på sirkulære byg-

ninger er Circle Economy et al. (2018) sin definisjon langt mer omfattende, i og med at den utdyper ressursutnyttelse til å omfatte mer enn kun komponenter og materialer.

3XN Architects (2016) utførte en business case hvor de undersøkte forskjellen på å benytte en lineær modell, med riving og nedgradering av materialene, og en sirkulær modell med prosjektering for demontering og ombruk av materialer uten nedgradering. Gjennom dette prosjektet dokumenterte 3XN Architects (2016) at det ville være økonomisk bærekraftig å implementere en sirkulærøkonomisk modell i byggeindustrien. I stedet for å rive til en pris av 16 millioner dkk ville den sirkulærøkonomiske modellen gi en gevinst på 35 millioner dkk. Sett i sammenheng med den totale byggekostnaden på 860 millioner dkk tilsvarer de 35 millionene dkk ca. 4% av bygningens pris, eller ca. 8% av råbygget. Med forventede prisstigninger på ressurser over 50 år kan gevinsten komme på opp til 16% av bygningens totale kostnad.

I forbindelse med byggeprosjektet utviklet 3XN Architects (2016) 15 prinsipper for sirkulære bygninger, vist i figur 3.15. Disse prinsippene vektlegger spesielt «cradle to cradle»®-konseptet til McDonough & Braungart og det industrielle økologi-konseptet til Lifset & Graedel. Ut ifra disse konseptene er prinsippene om design for disassembly (prosjektering for demontering) og materialpass blitt utviklet. Litteraturen om implementering av sirkulær økonomi i byggebransjen vektlegger viktigheten av at disse prinsippene er inkludert for å kunne oppnå en sirkulær bygning (Minunno et al., 2018, Ghisellini et al., 2018, Nußholz et al., 2019). Prosjektering for demontering og materialpass i forbindelse med sirkulære bygninger er videre beskrevet i delkapittel 3.3.3 og 3.3.4.



Figur 3.15: 15 prinsipper for implementasjon av gjenbruk og sirkulær økonomi i byggebransjen (3XN Architects, 2016)

3.3.3 Prosjektere for demontering

«Design for disassembly» (Prosjektere for demontering) er en måte å prosjektere på hvor hovedintensjonen bak designet er at det lett skal kunne tas fra hverandre igjen. Denne fremgangsmåten bygger på sirkulærøkonomiske prinsipper på den måten at den tillater de ulike bygningskomponentene å passe inn i en lukket materialsyklus, slik beskrevet i definisjonene i delkapittel 3.2.2. På denne måten vil komponentene kunne bli ombrukt, demontert, og resirkulert til nye produkter av tilsvarende eller forbedret kvalitet (3XN Architects, 2016).

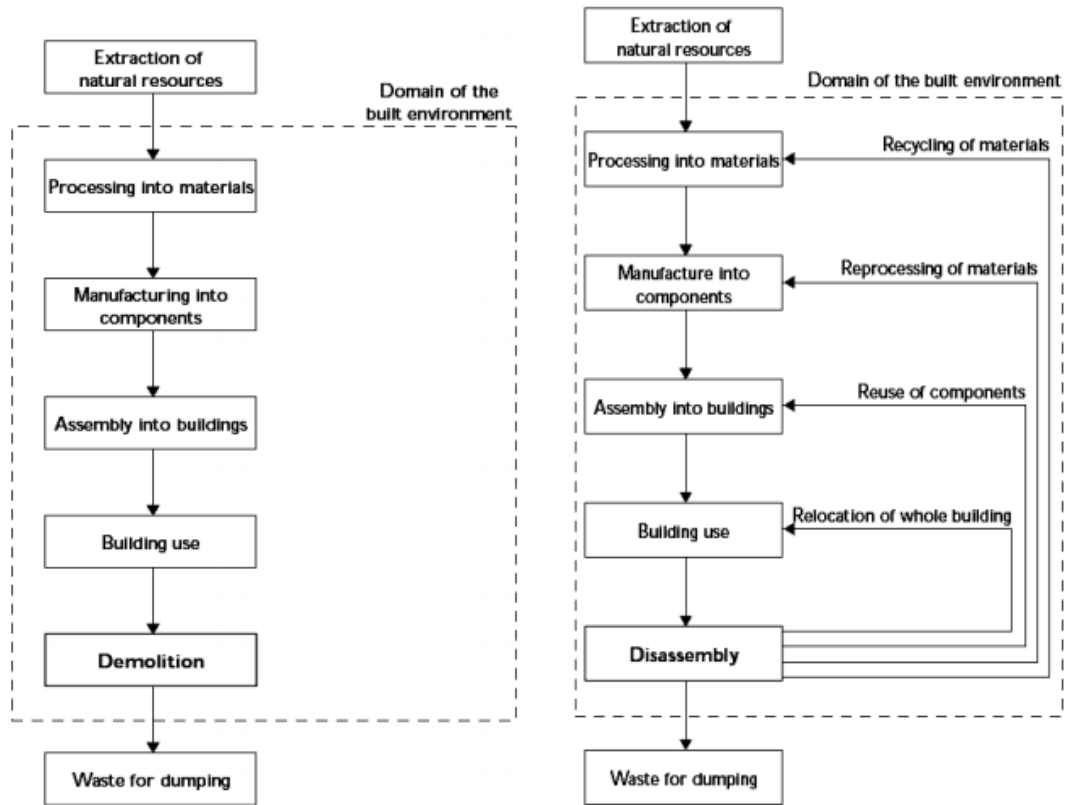
De fleste positive resultatene av prosjektering for demontering vil først fremkomme i sin helhet lenger inn i fremtiden etter prosjekteringsprosessen. Klimaavtrykket til komponentene vil være betydeligere mindre enn ved tradisjonelle komponenter. Dette er fordi de er lettere å demontere, vedlikeholde og oppgradere, og det vil derfor bli produsert mindre avfall. Ved mulig ombruk av elementene vil etterspørselen etter nye materialer synke, som vil gi en positiv effekt på den allerede sterkt pressede ressurskapasiteten til jorda (3XN Architects, 2016). Dersom det vil være mulig å demontere komponentene mange år inn i fremtiden og ombruke dem uten en betydelig reduksjon i kvalitet, kan bygninger sees på som materialbanker hvor ressurser er midlertidig lagret for fremtiden (3XN Architects, 2016, Guy & Shell, 2002). Hovedtanket bak prosjektering for demontering er at disse materialbankene en dag vil fungere som hovedkilden for uthenting av materialer, og at det derfor høstes av eksisterende byggemateriale i stedet for det naturlige miljøet (Guy & Shell, 2002)

3XN Architects (2016, s. 42) oppsummerer de mulige positive virkningene av prosjektering for demontering slik

- *Quicker and simpler construction process*
- *Optimized operation and maintenance*
- *Less waste*
- *Optimized upcycling and recycling, and reuse*
- *Released pressure on resource scarcity*
- *Buildings as material banks*

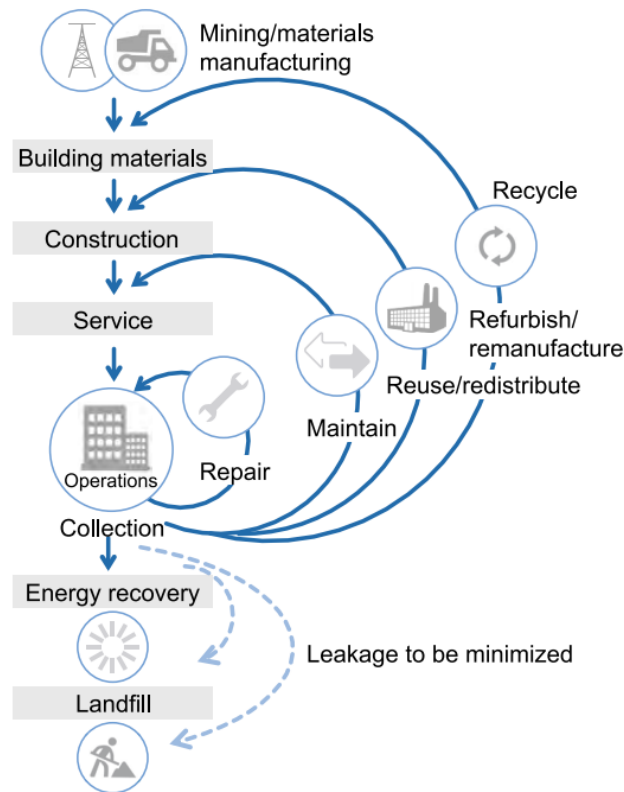
Gjenbrukshierarkiet

Livsløpet til en bygning er typisk lineært, som vist i figur 3.16a. Etter konseptet prosjektering for demontering, vil livsløpet til en bygning kunne fremstilles som i figur 3.16b. Slik vil materialene, komponentene og hele bygningen få muligheten til å leve flere liv før de blir omgjort til avfall (Crowther, 1999). Dette gjenbrukshierarkiet er basert på avfallshierarkiet beskrevet i delkapittel 3.2.4, og viser materialflyten gjennom de ulike fasene av en bygnings livsløp. Ressurser inn i systemet og avfall ut av systemet reduseres ved gjenbruk. Slik som avfallshierarkiet i figur 3.12 er kretsløpetene i gjenbrukshierarkiet ordnet hierarkisk. Det kreves mer råmaterialer og energi desto mer bearbeiding som blir utført, og den opprinnelige ressursen blir redusert. Derfor er ombruk av komponenter i opprinnelig form og med minimal bearbeidelse mer fordelaktig miljømessig enn materialgjenvinning (Nordby, 2009).



(a) Lineær materialflyt

(b) Gjenbrukshierarkiet



(c) Materialflyt i en sirkulær bygning

Figur 3.16: Materialflyt gjennom de ulike fasene av en bygningslivsløp gitt av (Crowther, 1999) og videreutviklet av (EMF 2015a)

Ombruk

Ombruk sees på som det beste alternativet i gjenbrukshierarkiet da dette alternativet benytter minimalt med energi og materialer. Ombruk er basert på å forlenge livet til selve bygningen eller de ulike bygningskomponentene ved å demontere komponentene ved slutten av komponentens funksjonelle liv og bruke den på nytt i nye kombinasjoner (Durmisevic & Brouwer, 2002).

Refabrikasjon

Komponenter og materialer blir demontert for så å bli fikset slik at det er i tilsvarende standard som da det var nytt. Deretter blir det brukt på nytt. For å forbedre komponentens standard kan deler erstattes, eller vedlikeholdes slik at komponenten igjen møter forventede toleranser (Durmisevic & Brouwer, 2002).

Materialgjenvinning

Materialgjenvinning er sett på som det dårligste alternativet i gjenbrukshierarkiet da gjenvinning ofte resulterer i at materialet blir nedgradert i kvalitet, også kalt downcycling. Det er derfor viktig komponenter er prosjektert med tanke på gjenvinning, slik at det resirkulerte materialer kan bli satt sammen til et nytt produkt og dermed oppsirkulert i stedet for nedgradert (Durmisevic & Brouwer, 2002).

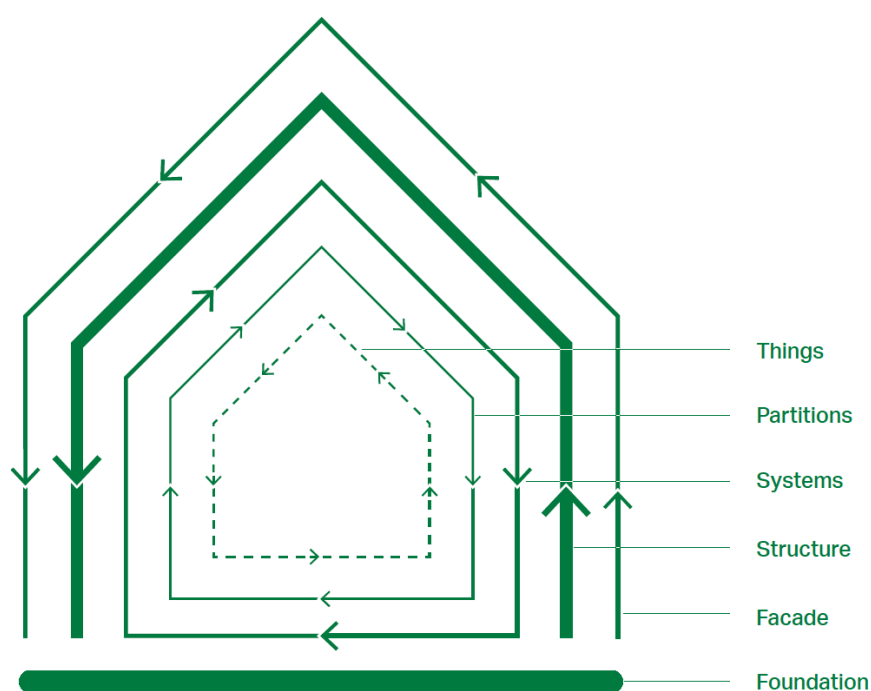
EMF (2015a) har videreutviklet gjenbrukshierarkiet vist i figur 3.16b til å ta hensyn til deres definisjon på sirkulær økonomi, beskrevet i delkapittel 3.2.2. Som vist i figur 3.16c, har EMF (2015a) inkludert to nivå før gjenbrukshierarkies første nivå, gjenbruksnivået. Disse to er reparasjon og vedlikehold. EMF (2015a) ønsker med denne fremstillingen å holde materialene i de innerste sirklene så lenge som mulig, altså ved å utføre reparasjon og vedlikehold så langt det lar seg gjøres, før eventuell ombruk, refabrikasjon og til slutt materialgjenvinning.

Levetid for ulike bygningsdeler

Ved prosjektering for demontering er det viktig å avgjøre hvilke deler av bygningen hvor det er mest relevant å fokusere på nye løsninger. Selv om ett bygg er dimensjonert for å ha en levetid på 60 år finnes det flere tilfeller hvor bygget blir pusset opp, bygget om eller revet før sin tid. Dette krever mye energi, og fører også til mer avfall og at brukbare materialer blir kastet før sin tid. Slik ombygging skyldes ofte nye eiere som ønsker en annen bruk av bygget (3XN Architects, 2016). Til tross for at en bygning er dimensjonert for å ha en viss levetid, vil ikke alle bygningselementene ha en tilsvarende levetid. Derfor bør bygninger prosjekteres for å ha en hierarkisk lagdeling, der de bygningselementene med kortest forventet levetid er mest tilgjengelig. Slik kan disse delene enkelt vedlikeholdes, og skiftes ut uten at de øvrige bygningsdelene blir påvirket mer enn nødvendig (Guy & Shell, 2002, Crowther, 2014, Akanbi et al., 2018).

Figur 3.17 viser de ulike lagene av elementer i en bygning. Tabell 3.2 viser en oversikt over forventet levetid for de ulike elementene. Det å bygge i lag er et konsept først foreslått av arkitekten Frank Duffy på 1970-tallet, deretter videreutviklet av Stuart Brand på 1990-tallet. Brand deler en bygning inn i 6 lag, grunnmur, bærekonstruksjon, fasade, skillevegger og systemer og objekter. Det å bygge i lag innebærer at hvert lag, hvert element, kan lett bli separert fra de andre og enten brukes om, refabrikeres eller materialgjenvinnes (Arup, 2016). Grunnmuren er det elementet som det er vanskeligst å komme til, men pleier ikke være ett element som skiftes hyppig ut. Grunnmuren er også det elementet som har lengst forventet levetid, som vist i tabell 3.2. Bæresystemet pleier i likhet med grunnmuren ikke å bli skiftet ut like ofte, og de ulike festepunktene trenger derfor heller ikke å være så tilgjengelige. Levetiden til denne bygningsdelen

kan i flere tilfeller strekke seg lenger enn levetiden til selve bygget, og det er derfor viktig at bæresystemet skal kunne bli videre benyttet i et annet bygg etter det nåværende byggets levetid. Fasaden er sterkt utsatt for vær, og det er forventet at fasaden enten byttes ut fullstendig eller blir vedlikeholdt gjennom byggets levetid. Det er derfor viktig at disse operasjonene enkelt skal kunne gjennomføres. Når det gjelder skillevegger og systemer er det viktig at disse er fleksible slik at inventaret lett kan endres etter hvem som eier lokalet/bygget. Dersom skillevegger og systemer lett kan flyttes på, vil unødig kasting og riving bli unngått. Den siste bygningsdelen som nevnes i 3.2 er objekter. Denne kategorien innebærer alt som plasseres inni bygningen, som møbler og dekorasjoner. Dette er gjenstander som har en veldig kort levetid sammenlignet med de andre bygningsdelene. Derfor er det viktig at disse objektene blir valgt med hensyn til den generelle bruken til bygningen, slik at de ikke er til hinder for mulig fleksibilitet eller ombruk av de andre bygningsdelene (3XN Architects, 2016).



Figur 3.17: Ulike lag av elementer i en bygning. Originalt fremstilt av Steward Brand, omgjort av 3XN Architects (2016)


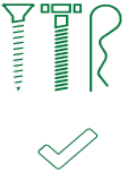




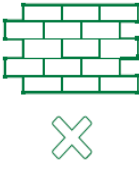
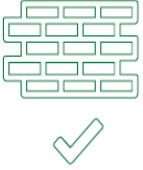
Tabell 3.2: Forventet levetid for ulike elementer i en bygning (3XN Architects, 2016)

Bygningsdel	Forventet levetid
Grunnmur	100+ år
Bærekonstruksjon	50+ år
Fasade	30+ år
Skillevegger og systemer	10+ år
Objekter	1+ år

Festemetoder

Ett viktig prinsipp som går igjen i litteraturen om prosjektering for demontering og sirkulær økonomi er viktigheten av å benytte reversible festemetoder (Crowther, 1998, Guy & Shell, 2002, Rios et al., 2015, 3XN Architects, 2016). Mekaniske festemetoder tillater at elementene kan monteres og demonteres flere ganger uten at verken materiale eller festemetode blir påført ekstra skade. Der det ikke er mulig med mekaniske festemetoder skal kjemiske festemetoder unngås så langt det lar seg gjøre. Lettoppløselig bindingsmiddel er også å foretrekke da det er mindre skadelig for bygningsmaterialene Rios et al. (2015), Akanbi et al. (2018). Tabell 3.3 viser hvilke typer festemetoder 3XN Architects (2016) anser for å være de viktigste å ta hensyn til ved prosjektering for demontering. Som det kommer frem av tabell 3.3 ender mange av de tradisjonelle koblingene som benyttes ved bygging opp ved å skade materialene ytterligere når de blir demontert. Eksempler på slike koblinger er spikre, portlandsement, lim og tetningsmidler (3XN Architects, 2016).

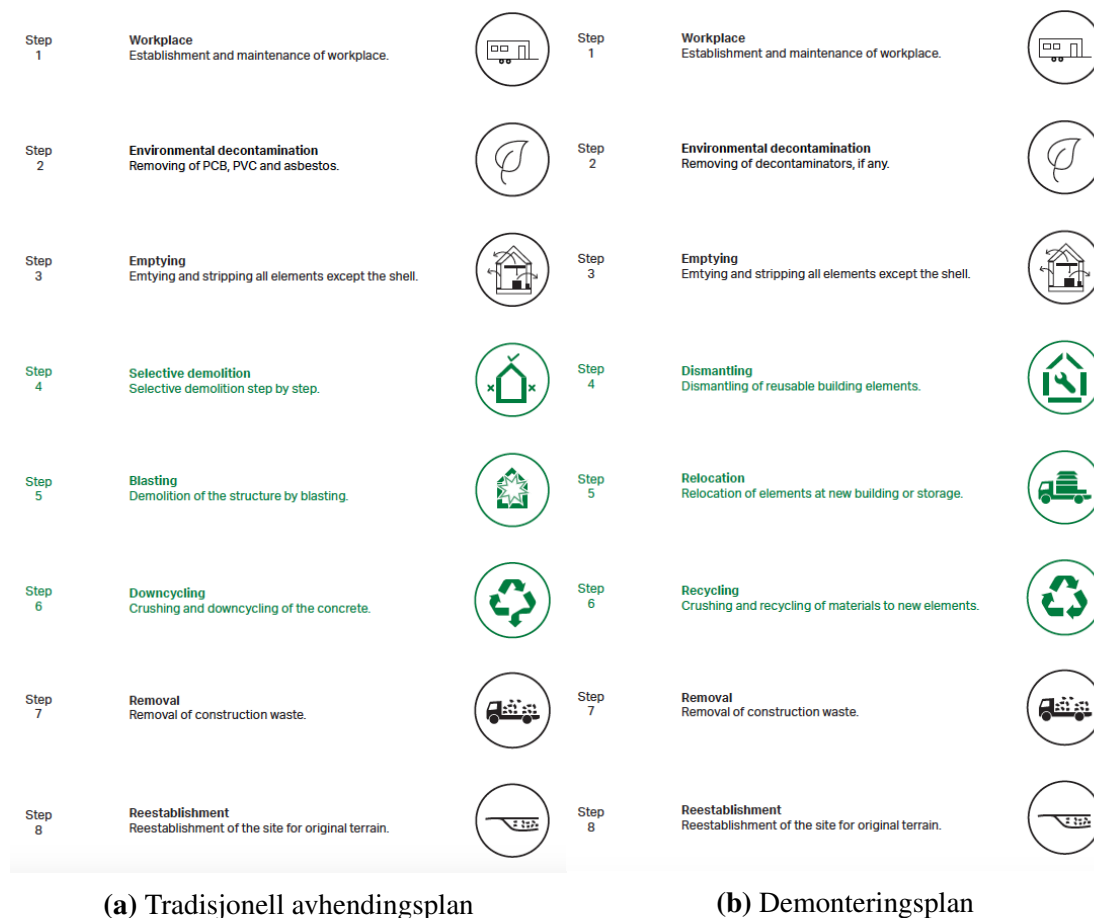
Tabell 3.3: Strategier for hvilke festemetoder som bør benyttes ved bygging for demontering (3XN Architects, 2016)

Bygningsdel	Bør unngås	Bør gjøres	Kommentar
Spikre og skruer	 <p>Nails damage the material.</p>	 <p>Use screws, pins, nut and bolts.</p>	Spikre ødelegger materialet som derfor ikke kan ettermonteres annerledes. Skruer, muttere og bolter er bedre å benytte for å muliggjøre demontering av materialene og dermed bruke de om igjen.
Fester	 <p>Fasteners can be found in all shapes and size.</p>	 <p>Use common and similar fasteners.</p>	Festere kommer i alle former og størrelser. Dette blir et problem når man skal vurdere om materialet kan benyttes igjen. Ved å minimere ulike typer festere vil det være lettere å finne verktøy for å kunne demontere materialene.
Lim	 <p>Avoid glue and sealants.</p>	 <p>Use easy dissolvable binders.</p>	Ved demontering er lett oppløselig bindingsmiddel å foretrekke fremfor lim og tetningsmidler som begge etterlater seg rester og noen ganger forårsaker at materialet blir ødelagt ved demontering.
Sement i mur	 <p>Portland cement is impossible disassemble.</p>	 <p>Use lime mortar instead.</p>	Portlandsement er umulig å demontere. Mursteinen vil bli knust ved demontering. Kalkmørtel er mye mer fleksibelt og kan bli fjernet ved hydroblasting og slått vekk ved bruk av hammer.

Demonteringsprosessen

Ved prosjektering for demontering er det viktig å ha en plan for avhendingsfasen. En gjengående kritikk i litteraturen mot demontering er at den vil kreve mer ressurser enn tradisjonell riving (Crowther, 2014, Rios et al., 2015).

Dagens avhendingsprosess består vanligvis av rivning av de bærende elementene. Deretter vil eventuell betong bli knust, for å så enten bli brukt som en erstatning for råmaterialer i nye bygningsmaterialer (oppsirkulering) eller som tilslag til veier eller parkeringsplasser (nedgrade-ring). Denne avhendingsprosessen vil endre seg dersom bygget er prosjektert for demontering. 3XN Architects (2016) har utført en case studie på et nytt prosjekt, kalt «De Fire Styrelser». I forbindelsen med det nye bygget har de også utarbeidet en demonteringsplan. Endringen i den klassiske avhendingsfasen med og uten demontering er vist i figur 3.18. Demonteringsprosessen vil i stor grad ha tilsvarende fremgangsmåte som produksjonsfasen, bare i omvendt rekkefølge. For eksempel vil komponentene kunne bli håndtert ved hjelp av kran. Ved demontering vil først de bærende elementene bli separert og brukt om igjen til å skape en lignende bygning. Deretter blir komponentene pakket og transportert til en ny lokasjon for ombruk. Til slutt blir komponentene pakket og transportert til en ny lokasjon for ombruk. I 3XN Architects (2016) sitt prosjekt med «De Fire Styrelser» er det forventet å kunne direkte resirkulere 70% av betongen som nye strukturelle elementer i bygninger. Den resterende betongen vil bli oppsirkulert til å bli tilslag i nye veier.



Figur 3.18: Hendelsesforløpet i en klassisk avhendingsplan sammenlignet med en demonteringsplan, fremstilt av 3XN Architects (2016). Den største forskjellen mellom de to er steg 4-6.

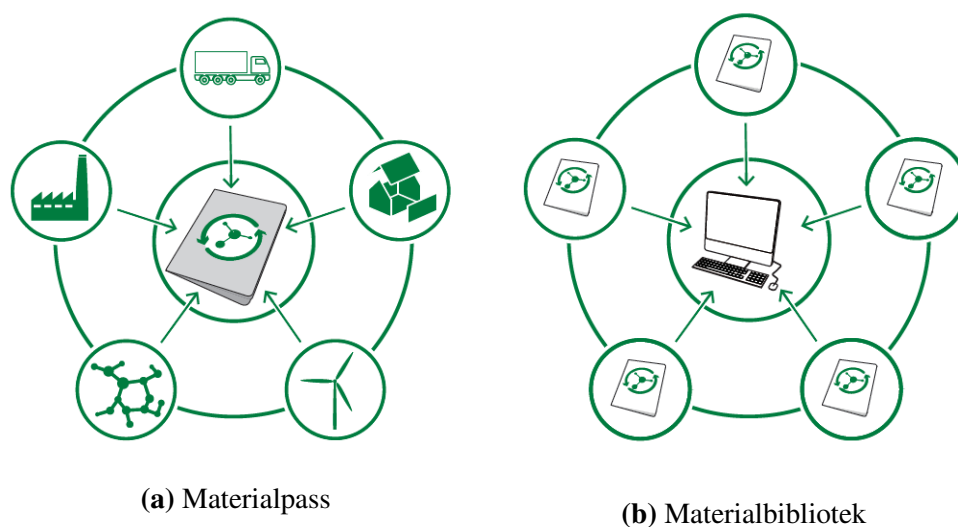
I forbindelse med demontering er det viktig at det blir utarbeidet en plan for avhendingsfasen. Denne planen må være mer detaljert enn figur 3.18, som bare viser det overordnede hendelsesforeløpet. Planen må blant annet inneholde instruksjoner om hvordan de ulike elementene skal demonteres. Feilaktig demontering kan forårsake kollaps i bygningsstrukturen, som vil umuliggjøre ombruk. Det er derfor viktig at det tas hensyn til demonteringsprosessen når det prosjekteres i tidligfase av prosjektet (3XN Architects, 2016).

I tilfellet med «De Fire Styrelser» har 3XN Architects (2016) beregnet at demonteringsprosessen ikke vil ta lenger tid enn en standard avhendingsprosess med riving. Beregningene baserer seg på at det vanligvis går med mye tid til å knuse betongen, og denne tiden vil nå bli minimert.

3.3.4 Materialbibliotek og materialpass

For at konseptet med sirkulære bygninger skal kunne ha en innvirkning på samfunnet er det kritisk at mengden tilgjengelige brukte materialer er stor nok. Det må finnes et lager med slike brukte materialer slik at entreprenører alltid har nok av materialer å benytte og ikke fortsetter å benytte leverandørene og produsentene de alltid har benyttet (3XN Architects, 2016). For at dette skal fungere må nye forretningsmodeller utvikles. Dette er nærmere forklart i delkapittel 3.3.5.

For å kunne garantere at de ulike bygningselementene, komponentene og materialene er sikre til å kunne benyttes på nytt i et nytt bygg etter demontering, kreves det tilstrekkelig informasjon om elementet (Crowther, 2002, Brewer & Mooney, 2008, Rios et al., 2015). I forbindelse med utviklingen fra en lineær til sirkulær økonomi, har ideen om *materialbibliotek* dukket opp. Et materialbibliotek er en online plattform som fungerer som et bibliotek for materialer i byggenæringen. Madaster er nederlandsk firma som tilbyr denne tjenesten. Materialbiblioteket består av en samling av de individuelle materialene sitt *materialpass*. Materialpassene inneholder informasjon om kvaliteten til materialene, deres lokasjon og deres egenskaper. På denne måten blir bygninger *materialbanker* hvor entreprenører kan høste ressurser ved slutten av byggets levetid (Madaster, 2019). Figur 3.19 viser 3XN Architects (2016) sin fremstilling av materialpass og materialbibliotek.



Figur 3.19: Materialpass og materialbibliotek, fremstilt av 3XN Architects (2016)

Materialpass

Et materialpass inneholder all informasjon som beskriver egenskapene og kvaliteten til en komponent eller et material i et produkt. Materialpasset vil fungere som dokumentasjonen av historien til komponenten, og vil derfor være viktig for å sikre kvaliteten før ombruk etter avhendingfasen (Luscure, 2016, 3XN Architects, 2016).

I følge 3XN Architects (2016) bør informasjonen i et materialpass sorteres i to kategorier. De opprinnelige egenskapene til komponentene fra produsent og/eller leverandør, og oppdaterte egenskaper og tilstand til komponenten etter bruk. Typisk informasjon i et materialpass kan være:

- ID-kode for å kunne indentifisere lokasjon i konstruksjonen
- Beskrivelse av kvalitetsikkerhet og relevante sertifikasjoner
- Kjemiske og tekniske spesifikasjoner
- Værutsettelse under produksjon og levetid
- Instruksjoner for montering, demontering, vedlikehold og ombruk

Å få all informasjon fra produsent/leverandør er relativt lett å få til. Det er derimot langt mer komplisert å få tak i all informasjon om komponentene underveis i levetiden til bygget. Det er derfor viktig at materialpassene blir oppdatert kontinuerlig fra produksjon, montering, og gjennom komponentenes levetid og til demontering. Dette vil kreve visuelle inspeksjoner og fysiske tester av komponentene underveis i byggets levetid. Det finnes ulike teknologier som kan benyttes for å lettere oppdatere materialpassene som bruk av digital tvilling og RFID (Radio Frequency Identification). Men mye av den eksisterende teknologien må videreutvikles for at materialpassene skal kunne fungere optimalt med et minimalt antall fysiske tester (3XN Architects, 2016).

Tilgjengelig relevant informasjon i de digitale materialpassene vil resultere i en enklere sortering ved avhending. Det vil være lettere å kunne dokumentere en komponent sin kvalitet før eventuell ombruk. Materialpasset er ikke nødvendigvis en samlet database integrert i VDC (Virtual Design Construction) eller BIM-modellen (Building Information Model), men informasjonen må være en del av en lett tilgjengelig database. Det er derfor ideelt å implementere et slikt materialpass i nettopp VDC eller BIM-modellen (3XN Architects, 2016).

3.3.5 Forretningsmodeller

For at denne massive transformasjonen fra en lineær økonomi til en sirkulær økonomi skal være suksessfull må en kollektiv endringer finne sted. Industrier, forretninger, politikere og innbyggere må alle endre sin tankegang (Lendager Group, 2018).

3XN Architects (2018) har i forbindelse med planleggingen av det første sirkulære bygget i Danmark fremhevet 5 forretningsmodeller basert på sirkulære prinsipper. Disse forretningsmodellene er beskrevet i tabell 3.4 på neste side.

Adams et al. (2017) identifiserer flere utfordringer ved implementasjonen av de nye forretningsmodellene. En av disse er at produsenter er nødt til å være ansvarlig for sine egne produkter etter produktets levetid er over. Videre argumenterer Adams et al. (2017) for at selv om en

slik praksis er vanlig i industrien for produkter med en medium levetid, er dette veldig sjeldent i byggebransjen. Andre utfordringer inkluderer mangelen på en helhetlig tilnærming i hele forsyningskjeden, generell kortsiktig tenkning og den lave verdien av mange byggevarer ved slutten av deres levetid (Adams et al., 2017).

Lendager Group (2018) mener at det er mulig å gjøre ting annerledes, det er mulig å gjøre forretning hvor økonomisk vekst og bærekraftighet er hverandres forutsetninger, og hvor forbruk ikke kommer på bekostning av klima. Som vist av de fem forretningsmodellene presentert etter 3XN Architects (2018) i tabell 3.4 handler sirkulær økonomi om å se ressurser der alle andre ser avfall. Lendager Group (2018) argumenterer for at til tross for at det ikke finnes en perfekt oppskrift på hvordan transformasjonen fra en lineær til sirkulær økonomi skal foregå, må ulike industrier gå sammen for å skape nye modeller på grunnlag av innovative ideer. På denne måten kan profitt og klimavennlige løsninger være forutsetninger for hverandre, ikke motsetninger.

Tabell 3.4: Fem forretningsmodeller basert på sirkulære prinsipper, etter 3XN Architects (2018)

Forretningsmodell	Fremstilling	Forklaring
Sirkulær forsyningskjede		Alle komponenter vil være mulig å bruke om i en forretningsmodell basert på en sirkulær forsyningskjede. De individuelle delene av produktene er demonterbare, sporbare og ombrukbare. Etter produktet har blitt brukt én gang vil det entre en ny syklus. Enten innad i produksjonen i selskapet, eller via re salg og resirkulering hos andre selskaper. Denne forretningsmodellen sikrer at materialer som ellers hadde blitt sett på som avfall får en verdi. Enten som varer som kan omsettes, eller som kostnadsfrie materialer innad i produksjonen i selskapet.
Ombruk og resirkulering		I en forretningsmodell basert på ombruk eller resirkulering vil selskaper utnytte eget eller andre selskaper sine produkter eller ressurser, og selge de på nytt. Eksempelvis renser det danske firma Gamle Murstein brukt murstien, slik at de kan bli solgt og ombrukt. Gamle Murstein er det første selskapet i Danmark som har fått CE-sertifisert brukte bygningsmaterialer
Utvidelse av et produkts levetid		En forretningsmodell som baserer seg på å utvide levetiden til et produkt vil fokusere på å bevare produktets originale økonomiske verdi så lenge som mulig. Dette kan gjøres ved å fikse brukte produkter for re salg, oppgradere allerede produserte produkter, reparere produkter eller hente tilbake produkter for å selge på nytt. En slik forretningsmodell vil typisk fungere for dyre produkter, der service og reparasjoner er en del av hva kunden betaler for
Delt plattform		Denne forretningsmodellen baserer seg på å dele produkter og aktiviteter. Modellen er basert på å leie eller bytte varer og aktiviteter. På denne måten vil ikke varene og aktivitetene kun være for én kunde, men kan benyttes av flere. Slik vil de også bli brukt mer. En delt plattform forbinder produkteier med selskaper eller private individer som ønsker å benytte produktene. Eksempler utenfor bygningsindustrien er Uber og Airbnb.
Produkt som en tjeneste		Denne forretningsmodellen baserer seg på at et selskap selger tjenester, i stedet for et produkt. Et eksempel er Philips Lightning som selger lys i stedet for lamper. Kundene betaler for lystid og kvalitet, mens Philips eier lampene og utstyret. Denne modellen vil oppfordre Philips til å lage lamper som varer lenger og er mer effektive for å spare penger i stedet for å lage lamper med kort levetid for å få kundene til å kjøpe flere lamper. Eksempler på bruk av en slik forretningsmodell kan være: - Betal-per-bruk, hvor kunden kun betaler for hvor mye de benytter produktet - Leasing, hvor kunden signerer for rettighetene for å bruke produktet for et definert tidsperspektiv - Leie, hvor kunden har rett til produktet for en kort tidsperiode - Performance scheme, hvor kunden kjøper et spesifikt level av egenskapen til produktet

3.4 BREEAM

3.4.1 Miljøsertifiseringsverktøy

Miljøsertifiseringssystemer har blitt utarbeidet over hele verden for å kunne klassifisere ulike bygningers bidrag til mer miljøvennlig bygging. Verktøyene verifiserer hvor bærekraftig bygget er, og identifiserer bærekraftige praktiser og prinsipper som er blitt benyttet under bygging og vedlikeholdsfasen. De vil også fungere som et miljømerke som vil gi bygget en høyere markedsverdi og gjøre det lett tilgjengelig for kundene å kunne forstå miljøomfanget av bygningen (Kubba, 2012).

Det aller første miljøsertifiseringsverktøyet som ble utviklet er Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM) og ble utviklet i Storbritannia i 1990. I 1992 utviklet United States Green Building Council (USGBC) sitt eget system, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), basert på BREEAM. Green Globes Rating System ble utviklet basert på Canada sin versjon av BREEAM, og kom på markedet i 2005. I etterkant av BREEAM og LEED har et stort antall miljøsertifiseringsverktøy blitt tatt i bruk rundt omkring i verden. De distanserer seg fra hverandre ved at de ulike systemene er designet for et spesifikt geografisk sted, marked eller en spesifikk type bygning (Kubba, 2012). BREEAM er det mest brukte miljøsertifiseringsverktøyet i Europa (GBA, 2018), og det mest brukte miljøsertifiseringsverktøyet for bygninger. Per 2017 var det over 530 000 utdelte BREEAM sertifiseringer i verden, fordelt på 78 land, og over 2,2 millioner registrerte bygninger. I Norge har BREEAM blitt adaptert til en norsk versjon, BREEAM-NOR (GBA, 2017).

3.4.2 BREEAM-NOR

Norwegian Green Building Council (NGBC) har sammen med den norske byggenæringen utarbeidet en norsk versjon av BREEAM, BREEAM-NOR. I 2018 slo NGBC seg sammen med Grønn byggallianse (GBA), og går nå under navnet GBA (Byggeindustrien, 2017). Den norske versjonen av BREEAM er tilpasset det norske klima, norsk politikk og det norske markedet. Eksempler på hva BREEAM-NOR omfatter er energimerket, svanemerket, ECOprodukt miljømerking, substusjonsplikten, miljødeklarasjon (EPD) og Miljødirektoratets prioritetsliste. BREEAM-NOR kan brukes i hele byggets livsløp, inkludert rehabilitering (GBA, 2017). Målsettingene til BREEAM-NOR (GBA 2016, s. 2) er som følger

- *Å redusere miljøpåvirkningen fra bygg gjennom livsløpet*
- *Å gjøre det mulig å anerkjenne bygg basert på deres miljøfordeler*
- *Å tilby en troverdig miljømerking for bygg*
- *Å stimulere etterspørselen etter og skape verdi for bærekraftige bygg, bygningsprodukter og i hele leverandørkjeden*

BREEAM-NOR har hittil kommet ut i to manualer, BREEAM-NOR 2012, som gjelder for alle prosjekter registrert før 31.08.2016, og BREEAM-NOR 2016, som gjelder for alle prosjekter registrert etter denne datoen. Den siste versjonen er blant annet oppdatert for BREEAM-sertifisering av boliger. Den neste versjonen av manualen er planlagt at skal komme i 2021 (GBA, 2018). Denne masteroppgaven vil ta for seg BREEAM-NOR 2016 manualen.

3.4.3 BREEAM-NOR 2016 manualen

BREEAM-NOR 2016 manualen kan benyttes for både nybygg og rehabiliteringsprosjekt. Manualen er oppdelt i 10 bærekraftskategorier, vist i figur 3.20a. De ulike kategoriene inneholder igjen ulike emner som definerer kriterier som må oppfylles for at det gjeldende bygget skal kunne oppnå tilgjengelige poeng for nivået. Vedlegg C.1 viser de ulike kategoriene og deres emner (GBA, 2016). De ulike kategoriene er vektet ulikt for å reflektere betydningen (figur 3.20a). Samlede poeng innenfor de ulike kategoriene gir en total score som igjen gir en ferdig klassifisering på enten pass, good, very good, excellent eller outstanding, som vist i figur 3.20b. Det er ikke mulig å oppnå den laveste klassifiseringen i BREEAM-NOR uten å ha oppfylt de norske myndighetenes minimumskrav gitt av TEK 17 (GBA, 2017). Figur 3.20 viser hvordan BREEAM-NOR 2016 manualen vektlegger poengene sine og hva som kreves for å oppnå de ulike klassifiseringene.

BREEAM-NOR har fastsatt minstekrav innenfor emnene i sin manual som må oppnås for å kunne oppnå sertifisering. Dette er fordi de fleste poeng i BREEAM-NOR kan byttes ut for å oppnå ønsket klassifisering. Manglende samsvar på ett område kan altså veies opp ved å oppfylle krav innenfor ett annet område. Derfor har BREEAM-NOR fastsatt minstekrav til ytelse innenfor emner som energi, vann og avfall for å sørge for at helt sentrale kriterier ikke blir prioritert bort. Minstekravene er vist i vedlegg C.2 (GBA, 2016).

KATEGORI	Vekting (%)	BREEAM-klassifisering	Poengsum i %
LEDELSE	12	OUTSTANDING	≥ 85
HELSE OG INNEMILJØ	15	EXCELLENT	≥ 70
ENERGI	19	VERY GOOD	≥ 55
TRANSPORT	10	GOOD	≥ 45
VANN	5	PASS	≥ 30
MATERIALER	13,5	UKLASSISERT	< 30
AVFALL	7,5		
AREALBRUK OG ØKOLOGI	10		
FORURENSNING	8		
INNOVASJON	10		

(a) Vekting av de 10 miljøkategoriene i BREEAM- (b) Fremstilling av poeng som kreves for å oppnå ulike klassifikasjoner innenfor BREEAM-NOR

Figur 3.20: Fremstilling av hvordan BREEAM-NOR 2016 vektlegger kategoriene sine ved beregning av poeng (GBA, 2016)

3.5 Sirkulære bygninger og BREEAM - erfaringer fra Nederland

Circle Economy er en organisasjon som arbeider for å påvirke en global overgang til sirkulær økonomi. Høsten 2018 presenterte Circle Economy et al. en rapport som utarbeidet en definisjon for sirkulære bygninger, og som så på ytelseskaraktistikker og strategier innenfor dette emnet. Deres rapport er basert på allerede eksisterende definisjoner på sirkulær økonomi av EMF og Gladek, presentert i 3.2.2. Ut ifra dette skapte de et strategisk rammeverk for design og konstruksjon av sirkulære bygninger. Deretter utfører Circle Economy et al. en mangelanalyse i BREEAM International New Construction and Refurbishment and Fit-Out (NC & RFO) og BREEAM-NL, basert på deres rammeverk for sirkulær økonomi. Dette delkapitlet presenterer arbeidet til Circle Economy et al., og det er denne rapporten som er brukt som referanse ved mangelanalysen av BREEAM, presentert i 4.3.

3.5.1 Ytelseskaraktistikker for sirkulær økonomi

Basert på definisjonen på sirkulær økonomi til Gladek (2018) i delkapittel 3.2.2 utarbeidet Metabolic syv ytelseskaraktistikker for sirkulær økonomi, kalt de syv pillarene for sirkulær økonomi (Gladek, 2018). Dette er blitt gjort for å konkretisere definisjonen, og er en mer praktisk anlagt metode for å forsikre at både miljømessige og sosiale forhold skal bli ivaretatt i sirkulære strategier (Circle Economy et al., 2018). I følge Gladek (2018) omhandler begrepet sirkulær økonomi hovedsakelig disse syv områdene. De syv ytelseskaraktistikkene er vist i figur 3.21, og inkluderer forbehold om en optimal utnyttelse av vann, materialer og energi, men den tar også hensyn til det eksisterende biologiske mangfoldet, samfunn og kultur, helse og velvære og ulike variasjoner av verdi utenom ren økonomisk verdi (Gladek, 2018). De syv er Materials, Energy, Water, Health and Wellbeing, Human Society and Culture, Biodiversity og Several forms of value.



Figur 3.21: Metabolics syv pillarer for sirkulær økonomi (Gladek, 2018)

3.5.2 Generelle strategier for sirkulær økonomi

Circle Economy har utarbeidet et strategi-rammeverk bestående av syv generelle sirkulære strategier som skal kunne benyttes innenfor enhver sektor. Strategiene er laget for å enkelt kunne forstå hvilke sirkulære økonomiske aktiviteter som må gjennomføres for å kunne oppnå en bærekraftig fremtid (Circle Economy, 2017). De 7 generelle strategiene er vist i figur 3.22. Tre av strategiene (Prioritise regenerative resources, Preserve what's already made og Use waste as a resource) fokuserer på å optimalisere materialbruk og resirkulering. De resterende fire (Rethink the business model, Design for the future, Incorporate digital technologies and Collaborate to create joint value) er strategier som ivaretar den resterende betydningen av begrepet sirkulær økonomi. Disse muliggjør sirkulære økonomiske prinsipper (Circle Economy, 2017).



Figur 3.22: Circle Economy sine syv strategier for sirkulær økonomi (Circle Economy, 2017)

3.5.3 Ytelseskaraktistikker for sirkulære bygninger

Circle Economy et al. mener i sin rapport at Metabolic sine syv ytelseskaraktistikker for sirkulær økonomi (delkapittel 3.5.1) er like relevant for en sirkulær bygning basert på deres definisjon presentert i 3.3.2. En sirkulær bygning vil ha en positiv effekt innenfor de syv ytelseskaraktistikene, eller effektområdene. Materials, Energy og Water er alle relatert til bruk av ressurser. Resirkulering av disse vil bidra til en reduksjon av unødig bruk av ressurser samt minske utslippet av klimagasser. En sirkulær bygning vil bidra til å både bevare og til å skape vekst innenfor naturlig og sosial kapital samt annen form for verdiskapning. Dette påvirker henholdsvis Biodiversity, Health and wellbeing, Human society and culture og Several forms of value (Circle Economy et al., 2018).

3.5.4 Spesifikke strategier for sirkulære bygninger

Circle Economy et al. (2018) har utarbeidet fire praktiske strategier for sirkulære bygninger ut i fra de syv generelle strategiene for sirkulær økonomi presentert i delkapittel 3.5.2. Disse fungerer som et hierarki, som vil si at den første strategien må tas hensyn til før man kan gå videre til neste. Det kan likevel være tilfeller hvor det kan være naturlig å hoppe over et skritt i prosessen. Dette vil si at for å oppnå en sirkulær bygning skal en først redusere ressursbehovet og dets relaterte virkninger. Deretter skal lokale synergier som tilfredsstillende kravene nødvendig for å

kunne redusere ressursbehovet identifiseres. Deretter skal gjenværende ressurs- og funksjonskrav leveres ved bruk av miljøvennlige ressurser. Til slutt skal informasjon om prosessen gjøres tilgjengelig for bransjen og brukere (Circle Economy et al., 2018). Videre er de fire strategiene til Circle Economy et al. (2018) presentert sammen med sine representative tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier fra delkapittel 3.5.2.

Reduce

- Maksimal reduisering av ressursbehov og deres relaterte virkninger
- Beste måten å redusere noe på er å unngå å produsere i første omgang.
- I stedet for å finne ut av hvordan man skal levere en enorm etterspørsel av energi på en bærekraftig måte, er det beste tiltaket å designe et system som har svært lave energikrav til å begynne med
- Må ikke redusere ressursbehovet utover det nivået der kan påvirke komfort.



Figur 3.23: Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Reduce» (Circle Economy et al., 2018)

Synergise

- Identifisere lokale synergier som kan tilfredsstillere krav for å kunne oppnå Reduce
- Designalternativer som tilfredsstillere flere ressursbehov bør prioriteres over alternativer som kun tilfredsstillere én enkel løsning
- Lokale avfallstrømmer bør brukes (energi, materialer)
- Kontekstuelle tilgjengelige ressurser bør tappes i størst mulig grad (regnvann eller varme fra lokale kilder)



Figur 3.24: Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Synergise» (Circle Economy et al., 2018)

Supply

- Gjenværende ressurs og funksjonskrav leveres ved bruk av fornybare, resirkulerte eller andre former for miljøvennlige ressurser
- Kortreiste ressurser foretrekkes



Figur 3.25: Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Supply» (Circle Economy et al., 2018)

Manage

- Skape tydelig og tilgjengelig informasjon på hvordan og når ressurser blir brukt
- Tilgjengelig informasjon vil gi økt mulighet for adferdsmessig og teknologisk tilpasning over tid, både for bransjen og brukerne



Figur 3.26: Tilhørende generelle sirkulærøkonomiske strategier for «Manage» (Circle Economy et al., 2018)

3.5.5 Strategisk rammeverk for sirkulære bygninger

Basert på prinsippene i foregående delkapitler og definisjonene på sirkulær økonomi og sirkulære bygninger presentert i henholdsvis 3.2.2 og 3.3.2, utarbeidet Circle Economy et al. (2018) et strategisk rammeverk for prosjektering og bygging av sirkulære bygninger. Dette rammeverket er vist i D.1. De fire praktiske strategiene for sirkulære bygninger fra 3.5.4 (Reduce, Synergise, Supply, Manage) er anvendt på hver av de syv ytelseskaraktistikkene gitt i 3.5.1 og 3.5.3. For hver av ytelseskaraktistikkene har det altså blitt utarbeidet en spesifikk sirkulær bygningstrategi relatert til de fire strategiene nevnt i 3.5.4. Et eksempel på dette er vist i tabell 3.5.

Tabell 3.5 viser de fire spesifikke sirkulære bygningsstrategiene for ytelseskaraktistikken Materialer. M1 er relatert til Reduce, M2 til Synergise, M3 til Supply og M4 til Manage. For ytelseskaraktistikken Materialer har Circle Economy et al. (2018) etablert 12 sirkulære underkategorier fordelt på de 4 sirkulære bygningsstrategiene. For hver av underkategoriene kan det utvikles indikatorer som måler i hvilken grad underkategorien er implementert. Foreløpig er det ikke blitt utviklet indikatorer for alle underkategoriene (Circle Economy et al., 2018). Vedlegg D.2 viser en oversikt over strategier og understrategier fordelt på alle de syv ytelseskaraktistikkene.

I noen tilfeller vil en sirkulær bygningsstrategi ikke være relevant for ytelseskaraktistikkene. Et eksempel på dette er at Synergise ikke vil være relevant for Health and Wellbeing (Helse og Velvære). I disse tilfellene er strategien utelatt fra rammeverket. Dette er illustrert i både det strategiske rammeverket vist i vedlegg D.1, men også i oversikten over strategiene og understrategiene fordelt på de syv effektområdene vist i vedlegg D.2.

Tabell 3.5: 12 sirkulære underkategorier fordelt på de fire sirkulære bygningsstrategiene innenfor ytelseskarakteristikk-kategorien Materialer (Circle Economy et al., 2018)

M1 - Optimal material use	M2 - Reutilisation of products	M3 - Circular materials	M4 - Knowledge development and sharing
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduce amount of materials used 2. Design for flexibility 3. Design for resilience 4. Design for reassembly 5. Checks and balances on environmental impact (prerequisite) 	<ol style="list-style-type: none"> 6. Maximise amount of reused materials 7. Maximise amount of reused components 8. Maximise amount of reused elements 9. Future use 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Maximise use of renewable materials 11. Minimise use of scarce/critical materials 12. Optimise environmental and social impact of materials 	<ol style="list-style-type: none"> 13. Availability/accessibility of material information

3.5.6 Sirkulærøkonomiske mangler i BREEAM NC & RFO

Ut i fra det strategiske rammeverket for sirkulære bygninger beskrevet i forrige delkapittel, har Circle Economy et al. (2018) utført en mangelanalyse av BREEAM International New Construction and Refurbishment and Fit-Out (NC & RFO). Vedlegg D.3 viser i hvilken grad de ulike sirkulærebygningstrategiene er dekket av manualen. I tillegg viser vedlegget hvilke understrategier eksperter mener er de viktigste for å kunne oppnå en sirkulær bygning.

Ut i fra analysen kom Circle Economy et al. fram til at de ytelseskarakteristikkene som var for dårlig dekket av BREEAM NC & RFO var Materials (Materialer) og Multiple forms of value (Flere former for verdi). Noen underkategorier, som M1.4 Design for reassembly, manglet fullstendig, mens andre har enormt rom for forbedring, for eksempel M4.1 Availability of information (element, component, material). Underkategoriene ekspertene i rapporten mente var viktigst for å kunne oppnå en sirkulær bygning er vist i tabell 3.6. De er alle relatert til materialstrømmer. Etter de viktigste underkategoriene for å oppnå en sirkulær bygning var identifisert, ble indikatorer for hver av underkategoriene utviklet. Disse er vist i vedlegg D.4. I tillegg til å vise indikatorer for underkategoriene, viser vedlegg D.4 hvilke indikatorer som allerede er inkludert i BREEAM NC & RFO og må forbedres («Consider improvement»), og hvilke indikatorer som bør bli lagt til for at manualen skal bli mer sirkulærøkonomisk («Introduce new»).

Tabell 3.6: Prioriterte underkategorier for å oppnå en sirkulær bygning, og deres relaterte strategi (Circle Economy et al., 2018)

Essential sub-strategy	Building design strategy
M1.1 - Reduce amount of materials	M1 - Optimise material use
M1.4 - Design for reassembly	M1 - Optimise material use
M2.1 - Maximise amount of reused materials	M2 - Reutilisation
M3.1 - Maximise amount of renewable materials	M3 - Circular materials
M4.1 - Availability of information (element, component, material)	M4 - Knowledge development and sharing
HW1.1 - Building design embodies no or minimal toxicity	HW1 - Avoid toxic materials and pollution

4 | Presentasjon av sjekklisten for sirkulære strategier

4.1 Sjekklisten for sirkulære strategier

Dette delkapitlet presenterer *Sjekklisten for sirkulære strategier*. Det ligger et omfattende litteratursøk til grunn for utarbeidelsen av denne sjekklisten. En samling av prinsipper funnet fra litteraturen er vist i bilag A. Disse prinsippene ble brukt som grunnlag for å utvikle rammeverket. Sjekklisten er vist i sin helhet i tabell 4.1. Tabellen er kun med for å vise rammeverket i sin helhet, de ulike kategoriene vises hver for seg i en forstørret, mer lesbar versjon utover i dette delkapitlet. Sjekklisten er bygd opp av strategier som igjen er sortert etter prinsippene til 3XN Architects (2016) vist i figur 3.15 i delkapittel 3.3.2. Disse prinsippene fungerer som hovedkategorier i den ferdige sjekklisten, og er som følger;

- Materialer
- Levetid
- Standardisering
- Festemetoder
- Dekonstruksjon/Avhending
- Materialbibliotek

Hver kategori har et hovedprinsipp. Deretter følger strategiene organisert etter viktighet. Under strategiene ligger det punkter som fungerer som en sjekklister for den som bruker rammeverket. Punktene er laget for å sørge for at strategiernes helhet enkelt skal kunne implementeres. Dette delkapitlet beskriver de ulike strategiene ut ifra litteraturen.

Tabell 4.1: Sjekkliste for sirkulære strategier

Kategori	Hovedprinsipp	Strategi	Sjekkliste
Materialer	Benytt materialer med egenskaper som sikrer ombruk	Materialkonsept	<ul style="list-style-type: none"> Prosjektér for at komponenter, elementer og materialer enkelt skal kunne separeres Benytt materialer av høy kvalitet som tåler flere livssyklususer
		Planlegg for benyttelse av resirkulerte og ombrukte materialer	<ul style="list-style-type: none"> Benytt materialer og komponenter som er brukt tidligere Benytt materialer og komponenter som er et resultat av materialgjenvinning
		Minimer antall ulike komponenter og materialer	<ul style="list-style-type: none"> Minimer variasjoner av komponenter Minimer sammensatte materialer
		Unngå giftige og/eller farlige materialer	<ul style="list-style-type: none"> Ikke benytt giftige og/eller farlige materialer Ta hensyn til mulige fremtidige reguleringer av giftige og/eller farlige materialer
		Benytt homogene komponenter	<ul style="list-style-type: none"> Benytt komponenter som består av ett og samme materiale Enheter som ikke kan separeres skal lages av samme materiale og/eller med hensyn på ombruk
		Unngå sekundære behandlinger og/eller overflatebehandlinger når mulig	<ul style="list-style-type: none"> Benytt materialer som ikke trenger behandling der det er mulig Benytt materialer med separate mekanisk-festede overflater der det er mulig
		Minimer bruk av slitedeler	<ul style="list-style-type: none"> Minimer bruk av deler som lett blir slitt og må erstattes med nye deler og ikke kan gjenbrukes
Levetid	Design bygningen med utgangspunkt i hele byggets levetid	Planlegg for fleksible bygg	<ul style="list-style-type: none"> Planlegg med hensyn til at funksjonene kan endres i fremtiden etter behov uten store konstruksjonsmessige endringer ved å <ul style="list-style-type: none"> Benytt et åpent bæresystem som tillater fleksible løsninger Unngå å låse funksjoner til en spesifikk lokasjon i bygget så langt det er mulig
		Prosjektér for en lagdelt konstruksjon	<ul style="list-style-type: none"> Benytt et hierarki for demontering relatert til forventet levealder, der elementene med kortest forventet levetid er mer tilgjengelig og dermed lettere å demontere og erstatte Prosjektér de konstruktive lagene som uavhengige systemer
		Ha tilgjengelige reservedeler	<ul style="list-style-type: none"> Sørg for at reservedeler er tilgjengelig for alle deler som må skiftes ut i løpet av byggets levetid
Standardisering	Design bygninger av moduler som er kompatible med andre bygg	Tilrettelegg for modular bygging	<ul style="list-style-type: none"> Benytt moduler som er fleksible for endret bruk og ombygging For å kunne bytte ut enkeltlementer må de være kompatible med eksisterende standarder og andre systemer i henhold til dimensjoner og funksjonalitet
		Standardiser elementer og dimensjoner	<ul style="list-style-type: none"> Prosjektér enkle strukturer som kan tillate standardisering av <ul style="list-style-type: none"> Komponenter Dimensjoner Festemetoder Verktøy Monteringsmetode Standardiser elementer som kan ha flere funksjoner
		Benytt prefabrikerte systemer/elementer	<ul style="list-style-type: none"> Vurder om benyttelse av prefabrikerte systemer er gunstig Benytt lokale produsenter der det er mulig
Festemetoder	Benytt reversible festemetoder som kan tåle gjentatt montering og demontering	Benytt reversible mekaniske festemetoder i stedet for kjemiske	<ul style="list-style-type: none"> Unngå kjemiske bindinger der mulig Benytt: <ul style="list-style-type: none"> Skruer, muttere og bolter istedet for spikre Kalkmørtel i stedet for portlandsement Lettoppløselig bindingsmiddel i stedet for lim og tetningsmidler
		Minimer antall ulike festemetoder	<ul style="list-style-type: none"> Minimer antall ulike bindingstyper/festemetoder
Dekonstruksjon/Avhending	Design og planlegg for demontering	Prosjektér for enkel tilgang til festepunkter	<ul style="list-style-type: none"> Sørg for enkel tilgang til festepunkter mellom alle store komponenter i konstruksjonen Prioriter lett tilgang til festepunktene mellom komponenter med kortere levetid
		Lag en demonteringsplan for avhendingsfasen	<ul style="list-style-type: none"> Demonteringsplanen bør baseres etter monteringsplanene i produksjonsfasen Demonteringsplanen må ta hensyn til nærliggende bygninger, mennesker og natur
Materialbibliotek	Bygget fungerer som et materialbibliotek	Planlegg for robust demontering	<ul style="list-style-type: none"> Tilkoblingspunkter for løfteutstyr eller midlertidige støtteinnredninger Stabilitet ved dekonstruksjon Lette komponenter og materialer Komponenter og/eller materialer kan fjernes uten å skade andre komponenter eller materialer
		Opparbeidelse av BIM-modellen	<ul style="list-style-type: none"> BIM-modellen må være tilgjengelig for alle relevante aktører i alle byggets faser Eierskap, tilgjengelighet og ansvar må spesifiseres i modellen Dokumenter hele livsløpet til materialene og komponentene i BIM-modellen
		Materialpass	<ul style="list-style-type: none"> Identifiser alle materialer og komponenter i BIM-modellen med egen ID-kode Merk materialer som er vanskelig å identifisere ved demontering permanent Må inneholde informasjon om: <ul style="list-style-type: none"> Opprinnelig egenskaper og kvalitet fra produsent/leverandør Oppdaterte egenskaper og tilstand til komponenten etter bruk Instruksjoner for montering, demontering, vedlikehold og ombruk
		Materialpassene må konstant oppdateres	<ul style="list-style-type: none"> Dokumentasjonen må oppdateres underveis for å ta hensyn til vedlikehold og andre endringer i løpet av byggets levetid

4.1.1 Materialer

Tabell 4.2 viser kategorien *Materialer* i sjekklister for sirkulære strategier. Hovedprinsippet til denne kategorien er å *benytte materialer med egenskaper som sikrer ombruk*. Kategorien består av 7 strategier som videre er presentert i dette delkapitlet.

Tabell 4.2: Kategorien *Materialer* med sine underordnede strategier og sjekkpunkter

Kategori	Strategi	Sjekklister
Materialer <i>Benytt materialer med egenskaper som sikrer ombruk</i>	Materialkonsept	<ul style="list-style-type: none"> · Prosjektér for at komponenter, elementer og materialer enkelt skal kunne separeres · Benytt materialer av høy kvalitet som tåler flere livssykluser
	Planlegg for benyttelse av resirkulerte og ombrukte materialer	<ul style="list-style-type: none"> · Benytt materialer og komponenter som er brukt tidligere · Benytt materialer og komponenter som er et resultat av materialgjenvinning
	Minimer antall ulike komponenter og materialer	<ul style="list-style-type: none"> · Minimer variasjoner av komponenter · Minimer sammensatte materialer
	Unngå giftige og/eller farlige materialer	<ul style="list-style-type: none"> · Ikke benytt giftige/og eller farlige materialer · Ta hensyn til mulige fremtidige reguleringer av giftige/og eller farlige materialer
	Benytt homogene komponenter	<ul style="list-style-type: none"> · Benytt komponenter som består av ett og samme materiale · Enheter som ikke kan separeres skal lages av samme materiale og/eller med hensyn på ombruk
	Unngå sekundære behandlinger og/eller overflatebehandlinger når mulig	<ul style="list-style-type: none"> · Benytt materialer som ikke trenger behandling der det er mulig · Benytt materialer med separate mekanisk- festede overflater der det er mulig
	Minimer bruk av slitedeler	<ul style="list-style-type: none"> · Minimer bruk av deler som lett blir slitt og må erstattes med nye deler/og ikke kan gjenbrukes

Materialkonsept

Å ha et klart materialkonsept er viktig dersom en skal implementere sirkulærøkonomiske prinsipper i byggeprosessen. Materialkonseptet omfatter at det skal prosjekteres for at materialer, og dermed også komponenter og elementer skal kunne separeres (Brewer & Mooney, 2008, Rios et al., 2015, Minunno et al., 2018). Materialene som benyttes må også være av høy kvalitet, og dermed tåle repeterende bruk (Nordby, 2009) samt tåle demontering og remontering (Crowther, 2014).

Planlegg for benyttelse av resirkulerte og ombrukte materialer

Litteraturen understreker viktigheten av å oppfordre til å benytte komponenter som er et resultat av materialgjenvinning, og å bruke om fungerende elementer (Crowther, 1998, Nordby, 2009, Akanbi et al., 2018). Grunnen til at dette er viktig er for å støtte resirkuleringsindustrien, og å oppfordre til ombruk av materialer (Nordby, 2009). Crowther (1998) argumenterer for at en økt benyttelse av slike materialer og komponenter vil oppfordre myndighetene til å utvikle nye teknologier for både materialgjenvinning og ombruk, og dermed skape et større støttenettverk for slik praksis i fremtiden.

Minimer antall ulike komponenter og materialer

Minimering av ulike typer materialer og komponenter vil lede til en enklere sorteringsprosess på byggeplassen både under produksjon og ved avhending (Brewer & Mooney, 2008). Færre ulike typer materialer og komponenter vil ikke bare forenkle byggingen, men også føre til færre demonteringsoperasjoner ved avhending (Nordby, 2009). Det vil være enklere å materialgjenvinne elementene, og det vil bli mindre behov for transport da elementene ikke må transporteres til flere ulike deponier (Brewer & Mooney, 2008). Crowther (1998) mener at en større mengde av samme eller lignende elementer og materialer vil kunne øke potensialet for ombruk ved endt levetid. Aktører vil ha et større utvalg av samme elementer og materialer, og vil derfor ikke trenge å gå tilbake til tidligere brukte produsenter for deler som mangler.

Unngå giftige og/eller farlige materialer

Giftige og farlige materialer skal unngås for å skape et sunt miljø, både nå og i framtiden (3XN Architects, 2016). Alle materialer må undersøkes for å se om de potensielt kan inneholde stoffer som vil vanskeliggjøre fremtidig ombruk og/eller materialgjenvinning (Nordby, 2009, Akanbi et al., 2018). Til tross for at farlige materialer er strengt regulert, er det viktig å ta hensyn til at stoffer og materialer som er tillatt i dag kan bli regulert strengere i framtiden (Guy & Shell, 2002).

Benytt homogene komponenter

Komponenter som ikke kan separeres bør bestå av samme materiale. Dette er for å unngå at større mengder av et materiale ikke blir forurenset av en liten mengde av et annet materiale som det ikke kan separeres fra. Dette vil vanskeliggjøre fremtidig materialgjenvinning (Crowther, 1998).

Unngå sekundære behandlinger og/eller overflatebehandlinger når mulig

Dersom overflatebehandlinger benyttes reduseres sjansen for at materialene kan ombrukes og/eller materialgjenvinnes, da behandlingen kan forurense basematerialet (Akanbi et al., 2018, Crowther, 1998). I stedet bør materialer som ikke trenger overflatebehandling benyttes, eller bruke finisher som kan festes mekanisk på overflaten. Overflatebehandlinger må i noen tilfeller benyttes for å redusere slitasje eller nedbryting av materialene (Crowther, 1998).

Minimer bruk av slitedeler

Minimer benyttelsen av elementer som lett blir slitt. Dette vil redusere antall deler som må erstattes, både under brukstid men også i forbindelse med refabrikasjonsprosessen. Liten bruk av slitedeler vil sørge for at ombruk lettere lar seg gjennomføre (Crowther, 1998).

4.1.2 Levetid

Tabell 4.3 viser kategorien *Levetid* i sjekklisten for sirkulære strategier. Hovedprinsippet til denne kategorien er å *designer bygningen med utgangspunkt i hele byggets levetid*, som innebærer å ta hensyn til byggets livsløp fra vugge til vugge og at dets funksjoner kan endre seg underveis i livsløpet. Kategorien består av 3 strategier som alle er presentert i dette delkapitlet.

Tabell 4.3: Kategorien *Levetid* med sine underordnede strategier og sjekkpunkter

Kategori	Strategi	Sjekkliste
Levetid <i>Design bygningen med utgangspunkt i hele byggets levetid</i>	Planlegg for fleksible bygg	<ul style="list-style-type: none"> · Planlegg med hensyn til at funksjonene kan endres i fremtiden etter behov uten store konstruksjonsmessige endringer ved å <ul style="list-style-type: none"> · Benytt et åpent bæresystem som tillater fleksible løsninger · Unngå å låse funksjoner til en spesifikk lokasjon i bygget så langt det er mulig
	Prosjektér for en lagdelt konstruksjon	<ul style="list-style-type: none"> · Benytt et hierarki for demontering relatert til forventet levealder, der elementene med kortest forventet levetid er mer tilgjengelig og dermed lettere å demontere og erstatte · Prosjektér de konstruktive lagene som uavhengige systemer
	Ha tilgjengelige reservedeler	<ul style="list-style-type: none"> · Sørg for at reservedeler er tilgjengelig for alle deler som må skiftes ut i løpet av byggets levetid

Planlegg for fleksible bygg

3XN Architects (2016) understreker behovet for å bygge fleksible bygninger. Dette innebærer at det vil være mulig å endre innvendige funksjoner etter behov i brukstiden. Et metode for å øke fleksibiliteten i planløsningen er å benytte et åpent bæresystem. Lange spenn reduserer behovet for bærende elementer som kan fungere som en hindring ved eventuelle fremtidige endringer av innvendige funksjoner. Slik vil det fremdeles være strukturell stabilitet dersom delementer som innvendige vegger og søyler skulle fjernes (Crowther, 1998, Guy & Shell, 2002). Flyttbare og lette innvendige vegger med stålrammer kan benyttes for å øke fleksibiliteten i planløsningen til bygget. For å kunne sørge for god fremtidig fleksibilitet i planløsningen, er det også viktig å prosjektere for tilgjengelige sjakter for installasjoner. På denne måten vil ikke installasjoner være låst til spesifikke områder i bygget (Minunno et al., 2018).

Prosjektér for en lagdelt konstruksjon

Konstruksjonen bør prosjekteres lagdelt, i henhold til forventet levetid på de ulike bygningslagene. Elementene med lengst forventet levetid bør være mest fleksible, slik at de kan tilpasses mulige fremtidige endringer og ikke trenger å bli revet. Elementer med kort forventet levetid bør gjøres mer tilgjengelig, slik at de kan være enklere å vedlikeholde, demontere og eventuelt erstatte (Nordby, 2009, 3XN Architects, 2016, Akanbi et al., 2018). De konstruktive lagene av bygningen bør prosjekteres som uavhengige systemer (Akanbi et al., 2018). En slik separasjon av elementer etter levetid vil føre til en mindre kompleks konstruksjon, og vil føre til en enklere brukstid, vedlikeholdsprosess, demontering og avhending (Brewer & Mooney, 2008).

Ha tilgjengelige reservedeler

Det må sørges for at reservedeler er tilgjengelig for alle deler som kan måtte skiftes ut i løpet av byggets levetid. Dette gjelder spesielt for spesialdesignede komponenter, da det kan være begrenset med leverandører som leverer reservedeler (Crowther, 2002).

4.1.3 Standardisering

Tabell 4.4 viser kategorien *Standardisering* i sjekklister for sirkulære strategier. Hovedprinsippet til denne kategorien er *design bygninger av moduler som er kompatible med andre bygg*. Formålet med denne kategorien er å designe simple bygninger som øker potensialet for ombruk og forenkler både montering og demontering. Kategorien består av 3 strategier som er videre presentert i dette delkapitlet.

Tabell 4.4: Kategorien *Standardisering* med sine underordnede strategier og sjekkpunkter

Kategori	Strategi	Sjekklister
Standardisering <i>Design bygninger av moduler som er kompatible med andre bygg</i>	Tilrettelegg for modulær bygging	<ul style="list-style-type: none"> · Benytt moduler som er fleksible for endret bruk og ombygging · For å kunne bytte ut enkeltelementer må de være kompatible med eksisterende standarder og andre systemer i henhold til dimensjoner og funksjonalitet
	Standardiser elementer og dimensjoner	<ul style="list-style-type: none"> · Prosjektér enkle strukturer som kan tillate standardisering av <ul style="list-style-type: none"> · Komponenter · Dimensjoner · Festemetoder · Verktøy · Monteringsmetode · Standardiser elementer som kan ha flere funksjoner
	Benytt prefabrikkerte systemer/elementer	<ul style="list-style-type: none"> · Vurder om benyttelse av prefabrikkerte systemer er gunstig · Benytt lokale produsenter der det er mulig

Tilrettelegg for modulær bygging

Modulære systemer bør benyttes der mulig da disse vil være enkle å erstatte, vedlikeholde, demontere og å bruke om. For eksempel vil en fasade bestående av moduler være enklere å vedlikeholde, da en kan fokusere på enkeltelementet uten å bytte ut hele veggen. I tillegg vil det ved avhending være en stor mengde av fasademoduler, som muliggjør mer fleksibel ombruk i en annen konstruksjon (3XN Architects, 2016). Modulene må bestå av komponenter som er kompatible både med eksisterende standarder og andre systemer i henhold til dimensjoner og funksjonalitet (Crowther, 2002).

Standardiser elementer og dimensjoner

Det bør prosjekteres for å lage enkle, standardiserte konstruksjoner. Slik vil bygningen enkelt kunne demonteres, i tillegg til at en høy grad av standardisering vil muliggjøre en mer fleksibel ombruk og endring underveis i byggets levetid (Crowther, 1998, Rios et al., 2015). En standardisert konstruksjon innebærer standardisering av elementer, dimensjoner, festemetoder, verktøy og montering (Crowther, 2002, Guy & Shell, 2002, Nordby, 2009, Rios et al., 2015). Standardiserte elementer og festemetoder vil føre til en mer standard monteringsprosess. Avanserte monteringsmetoder kan føre til en mer kompleks demonteringsprosess, og kan kreve spesialarbeidere og spesialverktøy (Crowther, 2002).

Benytt prefabrikkerte systemer/elementer

Prefabrikasjon og masseproduksjonssystemer reduserer arbeid på byggeplassen, både ved montering og demontering. Montering- og demonteringsprosessen blir tryggere og raskere (3XN

Architects, 2016). I tillegg tillater det større kontroll over kvaliteten til komponentene (Crowther, 2002). Benyttelse av prefabrikasjon forenkler også sorteringsprosessen ved avhending, og tilrettelegger for materialgjenvinning og ombruk (Minunno et al., 2018). Nordby (2009) argumenterer mot at «benyttelse av prefab» bør være en strategi for å prosjektere for demontering. Nordby presiserer at i land som Norge blir ofte prefabrikkerte elementer produsert i andre land som resulterer i lange transportdistanser og store klimautslipp. Derfor fokuserer denne strategien på å benytte lokale prefabrikkerte systemer. Det må da gjøres en vurdering om prefabrikkerte systemer er gunstig. Dersom det ikke er mulig anbefales det å fokusere på de andre strategiene, ved å bygge enkle standardiserte konstruksjoner med lokale materialer.

4.1.4 Festemetoder

Tabell 4.5 viser kategorien *Festemetoder* i sjekklisten for sirkulære strategier. Hovedprinsippet til denne kategorien er å *benytte reversible festemetoder som kan tåle gjentatt montering og demontering*. Kategorien har 3 strategier som er videre presentert i dette delkapitlet.

Tabell 4.5: Kategorien *Festemetoder* med sine underordnede strategier og sjekkpunkter

Kategori	Strategi	Sjekkliste
Festemetoder Benytt reversible festemetoder som kan tåle gjentatt montering og demontering	Benytt reversible mekaniske festemetoder i stedet for kjemiske	· Unngå kjemiske bindinger der mulig · Benytt: · Skruer, muttere og bolter istedet for spikre · Kalkmørtel i stedet for portlandssement · Lettoppløselig bindingsmiddel i stedet for lim og tetningsmidler
	Minimer antall ulike festemetoder	· Minimer antall ulike bindingstyper/festemetoder
	Prosjektér for enkel tilgang til festepunkter	· Sørg for enkel tilgang til festepunkter mellom alle store komponenter i konstruksjonen · Prioriter lett tilgang til festepunktene mellom komponenter med kortere levetid

Benytt reversible mekaniske festemetoder i stedet for kjemiske

Ved tradisjonelle konstruksjonsteknikker dominerer bruk av kjemiske bindingsmidler for å binde sammen ulike komponenter i konstruksjonen. Problemet med kjemiske festemetoder er at det er så og si umulig å ta komponentene fra hverandre igjen uten å skade dem etter at festemiddelet har satt seg. Dette gjelder for eksempel portlandsement, lim og tetningsmidler (Akanbi et al., 2018, Minunno et al., 2018). Kjemiske festemetoder kan også ende opp med å forurense materialene, som vanskeliggjør potensialet for materialgjenvinning og ombruk (Brewer & Mooney, 2008). Der det ikke er til å unngå bør lett oppløselige bindingsmidler benyttes. De kjemiske bindingene må være svakere enn komponentene slik at det er bindingene om blir ødelagt ved demontering, ikke selve komponentene (3XN Architects, 2016, Rios et al., 2015). Det bør derfor prosjekteres for å benytte reversible mekaniske festemetoder i stedet for kjemiske. Reversible mekaniske festemetoder innebærer å benytte mekaniske festemetoder som ikke ødelegger materialet slik at elementene ikke kan tas fra hverandre og demonteres på nytt. Eksempler på dette er å ikke benytte spikre, men heller skruer, muttere og bolter (3XN Architects, 2016, Akanbi et al., 2018).

Minimer antall ulike festemetoder

Stor variasjon i ulike festemetoder resulterer i en stor variasjon av ulike verktøy. Dersom det benyttes en miks av ulike typer og størrelser av bolter og skruer vil det være langt flere ulike typer verktøy i omløp på byggeplassen. Desto færre ulike festemetoder ved montering, desto mindre behov for spesialverktøy. En minimering av antallet ulike festemetoder vil også sørge for færre ulike verktøy generelt, men også redusere behovet for at arbeiderne stadig må bytte verktøy (Guy & Shell, 2002). Ulike typer festemetoder kan for eksempel være ulike typer muttere, skruer og bolter (3XN Architects, 2016).

Prosjektér for enkel tilgang til festepunkter

Enkel tilgang til de ulike festepunktene mellom de ulike komponentene i bygget vil føre til enklere vedlikehold (Guy & Shell, 2002), samt raskere montering og demontering. Enkel tilgang til de ulike festepunktene vil også forenkle prosessen ved å endre eventuelle funksjoner i bygget. Tilgangen til festepunkter bør prioriteres ut ifra hvilke komponenter som har kortest levetid (3XN Architects, 2016).

4.1.5 Dekonstruksjon/avhending

Tabell 4.6 viser kategorien *Dekonstruksjon/Avhending* i sjekklisten for sirkulære strategier. Hovedprinsippet til denne kategorien er *design og planlegg for demontering*. Formålet til denne kategorien er å sørge for at det blir tatt hensyn til avhendingsprosessen i planleggingsfasen, og at det blir planlagt og prosjektert for en så simpel og effektiv avhending og dekonstruksjon som mulig. Kategorien består av 2 strategier som er videre forklart i dette delkapitlet.

Tabell 4.6: Kategorien *Dekonstruksjon/Avhending* med sine underordnede strategier og sjekkpunkter

Kategori	Strategi	Sjekkliste
Dekonstruksjon/Avhending <i>Design og planlegg for demontering</i>	Lag en demonteringsplan for avhendingsfasen	<ul style="list-style-type: none"> - Demonteringsplanen bør baseres etter monteringsplanene i produksjonsfasen - Demonteringsplanen må ta hensyn til nærliggende bygninger, mennesker og natur
	Planlegg for robust demontering	<ul style="list-style-type: none"> - Tilkoblingspunkter for løfteutstyr eller midlertidige støtteinnredninger - Stabilitet ved dekonstruksjon - Lette komponenter og materialer - Komponenter og/eller materialer kan fjernes uten å skade andre komponenter eller materialer

Lag demonteringsplan for avhendingsfasen

Optimalt bør avhendingfasen tilsvare produksjonsfasen, bare i motsatt rekkefølge. Det er viktig å utarbeide en demonteringsplan basert produksjonsfasen. Demonteringsplanen må være tydelig og enkel, og sørge for en rask og sikker demontering. Planen må ta hensyn til omgivelser, og må være miljøvennlig i forhold til nærliggende bygninger, mennesker og natur (3XN Architects, 2016).

Planlegg for en robust demontering

Det må planlegges for en sikker og robust demontering (Crowther, 2002, 3XN Architects, 2016). Komponenter må dimensjoneres for at de fremdeles skal være stabile under demonteringsprosessen, da denne kan kreve større toleranser enn ved produksjon og bygging. Elementer må også prosjekteres med tanke på at de skal kunne demonteres, og kan kreve tilkoblingspunkter for løfteutstyr eller midlertidige støtteinnredninger. Komponenter og/eller materialer må kunne fjernes uten å skade andre komponenter eller materialer (Crowther, 2002). Lette materialer og komponenter bør også benyttes, for å gjøre de lettere å håndtere og enklere å demontere (Minunno et al., 2018).

4.1.6 Materialbibliotek

Tabell 4.7 viser kategorien *Materialbibliotek* i sjekklisten for sirkulære strategier. Hovedprinsippet til denne kategorien er *bygget fungerer som et materialbibliotek*. Dette innebærer at materialer og komponenter kan høstes fra bygget etter endt levetid i stedet for å hente materialer fra råvarer. Kategorien består av 3 strategier som er videre presentert i dette delkapitlet.

Tabell 4.7: Kategorien *Materialbibliotek* med sine underordnede strategier og sjekkpunkter

Kategori	Strategi	Sjekkliste
Materialbibliotek <i>Bygget fungerer som et materialbibliotek</i>	Opparbeidelse av BIM-modellen	<ul style="list-style-type: none"> · BIM-modellen må være tilgjengelig for alle relevante aktører i alle byggets faser · Eierskap, tilgjengelighet og ansvar må spesifiseres i modellen · Dokumenter hele livsløpet til materialene og komponentene i BIM-modellen
	Materialpass	<ul style="list-style-type: none"> · Identifiser alle materialer og komponenter i BIM-modellen med egen ID-kode · Merk materialer som er vanskelig å identifisere ved demontering permanent · Må inneholde informasjon om: <ul style="list-style-type: none"> · Opprinnelig egenskaper og kvalitet fra produsent/leverandør · Oppdaterte egenskaper og tilstand til komponenten etter bruk · Instruksjoner for montering, demontering, vedlikehold og ombruk
	Materialpassene må konstant oppdateres	<ul style="list-style-type: none"> · Dokumentasjonen må oppdateres underveis for å ta hensyn til vedlikehold og andre endringer iløpet av byggets levetid

Opparbeidelse av BIM-modellen

En BIM-modell må opprettes for å samle all informasjon og dokumentasjon om hele byggeprosjektet på ett sted (3XN Architects, 2016). Alle relevante aktører må ha tilgang til modellen, slik at alle aktører kan både legge til informasjon og holde seg oppdaterte. Eierskap og ansvar må være tydelig og spesifisert i modellen (Minunno et al., 2018). BIM-modellen bør være platformen hvor de ulike materialpassene blir lagret (3XN Architects, 2016).

Materialpass

Det må opparbeides materialpass for hver av komponentene. Dette materialpasset skal inneholde all informasjon om produktet eller komponenten gjennom hele livsløpet (3XN Architects, 2016). Informasjonen bør sorteres i to kategorier:

- Opprinnelige egenskaper og kvaliteter (som sertifiseringer) fra produsent/leverandør
- Oppdaterte egenskaper og tilstanden til komponenten etter bruk

I tillegg må materialpasset inneholde informasjon om instruksjoner for montering, demontering, vedlikehold og ombruk (3XN Architects, 2016).

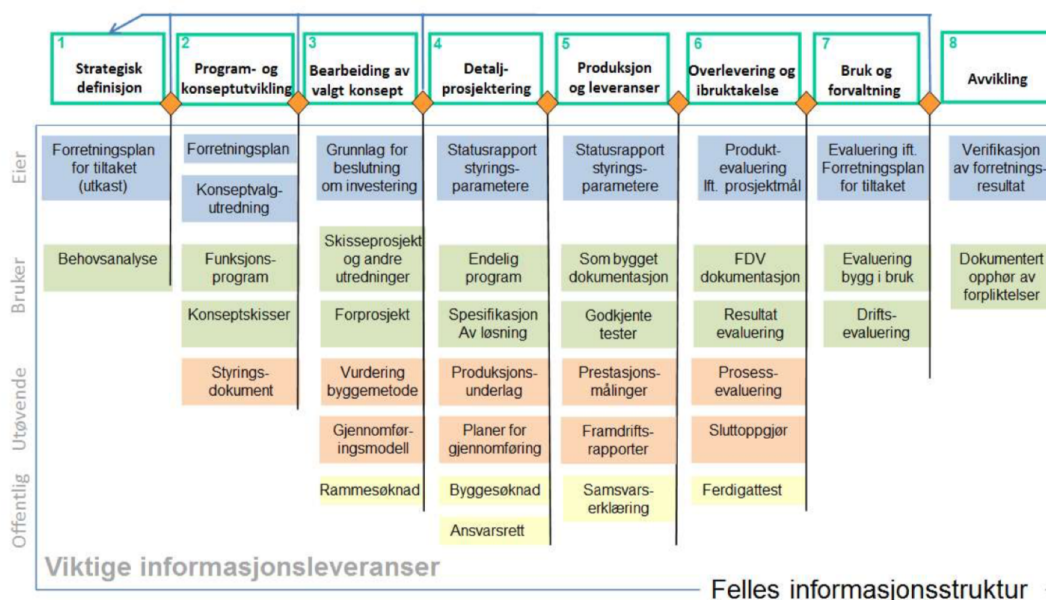
Materialpassene må konstant oppdateres

For at materialpassene alltid skal inneholde oppdatert informasjon må de kontinuerlig oppdateres, enten manuelt eller automatisk ved hjelp av teknologiske løsninger. Ved eventuell ombruk etter endt levetid vil dermed komponentens egenskaper og standard kunne dokumenteres, som vil forenkle muligheten for ombruk (3XN Architects, 2016).

4.2 Sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med byggeprosessen

Dette delkapitlet presenterer sjekklisten for sirkulær økonomi satt i sammenheng med Bygg21 (2016) sitt rammeverk for norske byggeprosesser, «Neste steg». «Neste steg» beskriver byggeprosessen over tid, i åtte steg fra start til avvikling. Det er et felles språk for dagens svært fragmenterte norske Bygg-, anlegg og eiendomsbransje (BAE) (Bygg21, 2016). Hovedtrekkene i «Neste steg» er vist i figur 4.1 med en kort forklaring av de ulike stegene i tabell 4.8.

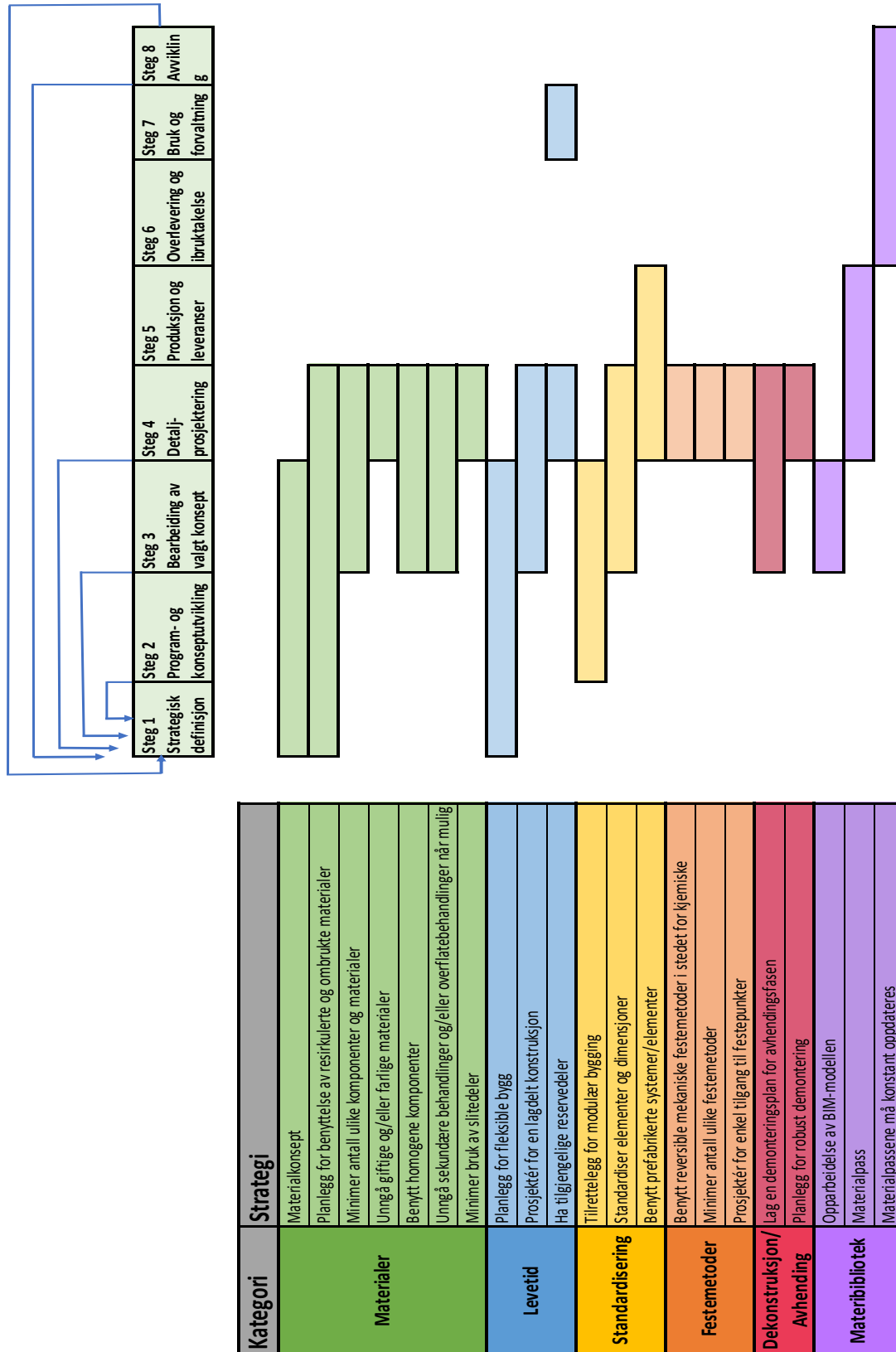
Faseinndelingen beskrevet i dette delkapitlet er resultat av et samarbeid med Vedal, gjennom flere workshoper. Den eneste endringen som er blitt gjort «Neste steg» er at det er tegnet opp en strek som illustrerer at byggeprosessen ikke er ferdig etter steg 8, men da starter på nytt igjen i steg 1. Dette er diskutert nærmere i diskusjonskapitlet 5.3. Sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med «Neste steg» er vist i sin helhet i figur 4.2 på neste side. Dette delkapitlet presenterer videre i detalj årsaken til hvorfor strategiene er plassert i de ulike stegene i byggeprosessen. Forklaringene er utarbeidet av forskeren etter samskapings-workshopene med Vedal og er derfor bygget på deres erfaringer og anbefalinger.



Figur 4.1: «Neste steg», Et felles rammeverk for norske byggeprosesser (Bygg21, 2016)

Tabell 4.8: Kort forklaring av formålet til de 8 stegene i «Neste Steg» som gitt av Bygg21 (2016)

Formål
Steg 1 Identifisere begrunnelse, overordnede mål og rammer for tiltaket.
Steg 2 Konstatere om tiltaket er gjennomførbart og avgjøre hvilken prinsipløsning som er mest hensiktsmessig.
Steg 3 Utvikle prinsippene for teknisk løsning og realistiske strategier og planer for tiltaket slik at endelig beslutning om iverksetting og finansiering kan tas på et riktig grunnlag.
Steg 4 Utvikle tilstrekkelig detaljert og kvalitetssikret arbeidsunderlag slik at sikker og rett utførelse er mulig.
Steg 5 Gjennomføre leveransen i henhold til planer og intensjoner, sikkert og med rett utførelse første gang.
Steg 6 Overlevere feilfritt prosjekt og sikre at alle systemer er riktig innstilt til den tilsiktede bruken.
Steg 7 Sikre teknisk god og økonomisk drift som tilfredsstillende behøverne til bruker av prosjektet og gir tilsiktet effekt.
Steg 8 Levedyktig og forsvarlig avslutning av eierskapet eller byggets brukperiode.



Figur 4.2: Sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med stegene i byggeprosessen

4.2.1 Materialer

Strategien *Materialkonsept* er plassert i de tre første stegene i byggeprosessen. Dette er fordi denne strategien er overordnet for materialkategorien, og det er avgjørende at materialkonseptet bestemmes så tidlig som mulig. *Planlegg for benyttelse av resirkulerte og ombrukte materialer* er også en strategi som det er viktig at blir implementert i den strategiske definisjonen i steg 1. Deretter strekker den seg fra steg 1 til steg 4. Denne strategien er tatt med i detaljprosjekteringen av den grunn at det må detaljprosjekteres for å forsikre at kvalitet på materialene er god nok til å brukes i prosjektet. De to øvrige strategiene har også mye å si for det arkitektoniske uttrykket til bygningen, og det er derfor svært viktig at slike avgjørelser tas på et tidlig tidspunkt i byggeprosessen. *Minimer antall ulike komponenter og materialer*, *Benytt homogene komponenter* og *Unngå sekundære behandlinger og/eller overflatebehandlinger når mulig* er alle strategier som er plassert i steg 3 og steg 4 av byggeprosessen. Det er fordi disse går både under detaljprosjektering, men er også viktige å ha med seg under bearbeiding av valgt konsept. *Unngå giftige/og eller farlige materialer* og *Minimer bruk av slidedeler* er derimot kun plassert i steg 4, detaljprosjektering, da disse strategiene ikke krever like stor planlegging og ofte er standardisert i prosessen.

4.2.2 Levetid

Strategien *Planlegg for fleksible bygg* er plassert fra steg 1 til steg 3. I likhet med de to første strategiene under kategorien *Materialer* er dette en strategi som det er viktig at er en del av den strategiske definisjonen. Det å bygge en fleksibel konstruksjon vil være en del av grunnkonseptet dersom det skal bygges i henhold til sirkulærøkonomiske prinsipper. *Prosjektér for en lagdelt konstruksjon* vil være mer relevant i steg 3 og 4. Dette er en veldig viktig strategi og bør fokuseres på under bearbeiding av det valgte konseptet, og den videre detaljprosjekteringen. Den siste strategien, *Ha tilgjengelige reservedeler*, er plassert både i steg 4 og i steg 7. Det er viktig å vurdere i detaljprosjekteringen at det faktisk finnes reservedeler for elementer som planlegges å brukes. De ulike komponentene må være utskiftbare. Strategien er plassert i steg 7 fordi den følgelig også må vurderes i bruks- og forvaltningsfasen av byggeprosessen.

4.2.3 Standardisering

Tilrettelegg for modulær bygging er en strategi som bør inkluderes tidlig i prosessen, og er derfor satt til steg 2 og 3. Videre er *Standardiser elementer og dimensjoner* satt til steg 3 og 4, da standardisering av elementer gjerne vil finne sted litt senere i prosessen, når det prosjekteres mer detaljert. *Benytt prefabrikkerte systemer/elementer* er plassert både i steg 4 og steg 5. Hovedsakelig vil bruk av prefab finne sted i steg 5, produksjon og leveranser, men det er vurdert nødvendig å ta hensyn til denne strategien i forbindelse med innkjøp. Derfor strekker denne strategien seg over både steg 4 og 5.

4.2.4 Festemetoder

Innkjøp inkluderer ikke bare innkjøp av varer, men også tjenester. Derfor er alle de tre strategiene under kategorien *festemetoder* plassert under steg 4, detaljprosjektering. De tre strategiene

Benytt reversible mekaniske festemetoder i stedet for kjemiske, Benytt standardiserte festemetoder og Prosjektér for enkel tilgang til festepunkter er alle knyttet opp mot tjenesteleverandører. I detaljprosjekteringen vil det derfor være strategisk å snakke med tjenesteleverandører som kan komme med gode forslag til løsninger på de overordnede strategiene.

4.2.5 Dekonstruksjon/avhending

Strategien *Lag en demonteringsplan for avhendingsfasen* er plassert i både steg 3 og 4, mens *Planlegg for robust demontering* kun er plassert i steg 4. Dette er for å pushe prosjekteringen til å holde planlegging for dekonstruksjon og avhending innenfor få faser. Ettersom strategien for å lage en demonteringsplan er en del av bearbeidingen av det valgte konseptet, faller det naturlig at planleggingen for en robust konstruksjon vil finne sted i detaljprosjekteringen.

4.2.6 Materialbibliotek

De tre strategiene i kategorien *Materialbibliotek* strekker seg sammen fra steg 3 til 8. Dette er fordi materialbiblioteket må være inkludert i mange faser av byggeprosessen, helt fra bearbeiding av konsept, prosjektering, gjennom produksjonsfasen, hele byggets levetid og til slutt avhendingsfasen. Den første strategien, *Opparbeidelse av BIM-modellen*, er plassert i steg 3. BIM-modellen må opparbeides på et tidlig tidspunkt i prosjektet da den vil være et viktig verktøy gjennom hele byggeprosessen. Den neste strategien, *Materialpass*, strekker seg over både steg 4 og steg 5. Materialpasset vil omfatte all informasjon om de ulike materialene i konstruksjonen og basen av denne informasjonen vil bli hentet inn i steg 4 og 5. Det er derfor materialpasset bør opprettes her. Den siste strategien, *Materialpassene må konstant oppdateres*, strekker seg fra steg 6 til steg 8. Det er i disse fasene at ny informasjon skal hentes inn til materialpassene, slik at de og BIM-modellen alltid er oppdatert.

4.3 Sjekklisten for sirkulære strategier og BREEAM-NOR

Dette delkapitlet sammenligner sjekklisten for sirkulære strategier presentert i delkapittel 4.1, vist i tabell 4.1, med miljøsertifiseringssystemet BREEAM-NOR. Her brukes funnene til Circle Economy et al. (2018) og det gjøres en sammenligning med BREEAM-NOR 2016 manualen. Denne oppgaven er begrenset til å kun se på BREEAM-NOR 2016 kategoriene *materialer* og *avfall*. Et sammendrag av disse to kategoriene er vist i vedlegg C.3 og C.4. Alle funnene presentert i dette delkapitlet er hentet fra eksisterende litteratur. Tabell 4.9 viser strategiene i sjekklisten for sirkulære strategier sammenlignet mot emnene i BREEAM-NOR 2016. De ulike strategiene er gitt en relasjonsgrad fra 1-3, der 1 viser dårlig representasjon av strategien i BREEAM-manualen, mens 3 viser god representasjon. Relasjonsgrad 1 er gitt fargekode rød, relasjonsgrad 2 oransje, mens relasjonsgrad 3 er farvet grønt. Der det ikke er funnet noen relasjon mellom strategiene og emnene i BREEAM-NOR 2016 er det ikke markert noe. Tabell 4.9 viser også hvilke spesifikke emner i BREEAM-NOR 2016 som varierende samsvarer med strategiene gitt i sjekklisten.

Tabell 4.9: Sjekklisten for sirkulære strategier sammenlignet med BREEAM-NOR 2016 manualen

Kategori	Strategi	Samsvarende emne i BREEAM-NOR 2016	Relasjonsgrad [1-3]
Materialer	Materialkonsept	Mat 03	2
	Planlegg for benyttelse av resirkulerte og ombrukte materialer	Mat 03 Wst 01 Wst 02	2
	Minimer antall ulike komponenter og materialer	Mat 05 Wst 01	1
	Unngå giftige og/eller farlige materialer	Mat 01	3
	Benytt homogene materialer	-	-
	Unngå sekundære behandlinger og/eller overflatebehandlinger når mulig	-	-
	Minimer bruk av slitedeler	Mat 03	3
	Planlegg for fleksible bygg	-	-
	Prosjektér for en lagdelt konstruksjon	-	-
	Ha tilgjengelige reservedeler	-	-
Standardisering	Tilrettelegg for modulær bygging	-	-
	Standardiser elementer og dimensjoner	-	-
	Benytt prefabrikerte systemer/elementer	-	-
Festemetoder	Benytt reversible mekaniske festemetoder i stedet for kjemiske	-	-
	Minimer antall ulike festemetoder	Mat 05 Wst 01	1
	Prosjektér for enkel tilgang til festemetoder	-	-
	Lag en demonteringsplan for avhendingsfasen	-	-
Dekonstruksjon/Avhending	Planlegg for robust demontering	Mat 05	1
	Opparbeidelse av BIM-modellen	Mat 01	1
Materialbibliotek	Materialpass	Mat 01	1
	Materialpassene må konstant oppdateres	-	-

4.3.1 Materialer

Materialkonsept

BREEAM-NOR 2016 emnet Mat 05 Robust konstruksjon innebærer å benytte robuste materialer som vil sørge for en minimering av utskifting av materialer, samt maksimere materialoptimalisering (GBA, 2016). Likevel fokuserer emnet kun på byggets ene levetid, og ser ikke på mulighetene for at elementene og materialene kan leve flere livssykluser ved demontering og re-montering. Derfor er strategien *Materialkonsept* vurdert til middels relasjonsgrad til BREEAM-NOR 2016 manualen.

Planlegg for benyttelse av resirkulerte og ombrukte materialer

Strategien er vurdert opp mot de tre BREEAM-NOR 2016 emnene Mat 03 Ansvarlig innkjøp av materialer, Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass og Wst 02 Resirkulerte tilslag. Mat 03 oppfordrer til å benytte resirkulerte og ombrukte materialer, men det er vurdert at emnet ikke dekker denne strategien godt nok. Wst 01 består av to deler der den ene omfatter økning av ombruk og gjenvinningsgraden, som vist i figur 4.3. Wst 02 har som formål å oppfordre til bruk av resirkulerte og sekundære tilslag, og dermed redusere behovet for nye materialer og optimalisere materialeffektiviteten på byggeplassen (GBA, 2016). Dette emnets kriterier er vist i figur 4.4.

Wst 01 fokuserer kun på ombruk og resirkulering i de tilfellene hvor det er snakk om en eventuell rivning eller bygge nytt-scenarior. Wst 02 ser kun på resirkulerte tilslag. Denne strategien er derfor vurdert til å være middels omfattende av BREEAM-NOR 2016. Det er helt klart rom for forbedringer, da manualen ikke klart nok oppfordrer til ombruk av eksisterende materialer i nybygg. Manualen oppfordrer kun ombruk i form av resirkulerte tilslag, ikke hele elementer.

7. Der det finnes eksisterende bygg på tomten, gjennomføres det før riving en mulighetsstudie av alle eksisterende bygg, konstruksjoner eller utvendig harde overflater for å avgjøre om rehabilitering/ombruk er mulig, eller dersom det ikke er tilfelle, for å maksimere ombruk og gjenvinning av materialer fra rivingen til senere bruk. Høygradige/-verdige formål prioriteres. Studien må omfatte
 - a. identifisering av de viktigste rehabiliterings-/rivingsmaterialene
 - b. potensielle bruksområder og tilknyttede problemer i forbindelse med ombruk og gjenvinning av de viktigste rehabiliterings- og rivingsmaterialene

SN2	Økning av ombruk og gjenvinningsgraden	Økning av ombruk og gjenvinningsgraden omfatter i prioritert rekkefølge følgende: <ol style="list-style-type: none"> 1. ombruk av materialet på tomten (til samme eller for nye bruksområder) 2. ombruk av materialet på andre tomter 3. demontering av materialer og bygningsdeler for mulig ombruk 4. retur av materialer til leverandøren via et «retursystem» 5. materialgjenvinning av avfallet fra byggeplassen gjennom en godkjent ekstern avfallstransportør eller -entreprenør 6. energigjenvinning Basert på direktiv 2008/98/EF om avfall og oppheving av visse direktiver EUs rammedirektiv for avfall (avfallsdirektivet). Lenke til den norske regjeringen: https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2006/apr/rammedirektivet-for-avfall/id2432014/
-----	--	---

Figur 4.3: Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass (alle bygg), krav til økning av ombruk og gjenvinningsgraden, hentet fra GBA (2016)

Kriterier

Følgende kreves for å vise samsvar:

Ett poeng

1. Minst 25 % av høyverdig tilslag (innenfor utbyggingen) består av sekundært og/eller resirkulert tilslag. Denne prosentandelen kan måles enten i vekt eller volum.
2. Tilslagene kan ENTEN
 - a. skaffes på tomten ELLER
 - b. skaffes fra avfallsbehandlingsanlegg innenfor en radius på 30 km fra tomten. Kilden må hovedsakelig være avfall fra bygging, riving og utgraving, herunder veiplanlegging, ELLER
 - c. være sekundære tilslag i form av biprodukter fra forbruk eller industri som ikke stammer fra bygging (se «Samsvarsnotater»).

Kriterier for mønstergyldig nivå

Nedenfor beskrives kriteriene for mønstergyldig nivå for å oppnå innovasjonspoeng for dette BREEAM-NOR-emnet.

3. Samlet spesifisert mengde resirkulert og/eller sekundært tilslagsmateriale er større enn 50 % (etter vekt eller volum) av samlet spesifisert mengde høygradig tilslagsmateriale for prosjektet.

Figur 4.4: Kriterer for Wst 02 Resirkulerte tilslag (alle bygg), hentet fra GBA (2016)

Minimer antall ulike komponenter og materialer

Strategien har en svak relasjon med BREEAM-NOR 2016 emnene Mat 05 Robust konstruksjon og Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass. Grunnen til at denne strategien er vurdert til å ha en lav relasjonsgrad med disse emnene er at emnene ikke direkte nevner at man skal minimere antall ulike komponenter og materialer i tilsvarende sammenheng som i sjekklisten for sirkulære strategier. Disse emnene tar for seg prosjektering av løsninger som resulterer i mindre avfall, men ser ikke på de andre positive konsekvensene av minimering av komponenter og materialer eller nevner dette direkte. Formålet til kategorien er blant annet å begrense behovet for utskifting av materialer, og maksimere materialoptimalisering (GBA, 2016). Det er i forbindelse med begrepet materialoptimalisering at denne strategien kommer fram. Figur 4.5 viser hvordan BREEAM-NOR 2016 definerer materialoptimalisering. Den sirkulære strategien er ikke nevnt øvrig utenom dette, og er derfor vurdert til å ha en lav relasjonsgrad til begge emnene.

Materialoptimalisering

Materialoptimalisering betyr ressurseffektiv prosjektering, dvs. at det brukes mindre materiale under prosjekteringsprosessen og/eller produseres mindre avfall under byggeprosessen uten ulempe for prosjekteringskonseptet. I dette emnet er fokus på å spesifisere egnede holdbarhetstiltak, men prosjekteringsteamet bør vurdere løsninger som optimaliserer bruken av materialer og dermed begrenser avfall i produksjonsfasen.

Figur 4.5: Definisjon av begrepet *Materialoptimalisering*, gitt under Mat 05 Robust Konstruksjon (alle bygg), hentet fra GBA (2016)

Unngå giftige/og eller farlige materialer

Denne strategien er relatert til BREEAM-NOR 2016 emnet Mat 01 Bærekraftige Materialvalg, og er vurdert til en høy relasjonsgrad. Det å unngå miljøgifter er et minstekrav for dette emnet, som vil si at det er umulig å oppnå et BREEAM-NOR-sertifikat uten at dette er oppfylt, som vist i figur 4.6.

Fravær av miljøgifter (minstekrav)

1. Fravær av miljøgiftene i sjekkliste A20 må dokumenteres. Oppfyllelse av dette kriteriet er minstekrav for alle bygningskategorier og alle klassifiseringer, dvs. et BREEAM-NOR-sertifikat kan ikke oppnås uten oppfyllelse av dette kriteriet.

Se eventuelle unntak under samsvarsnotat SN1.

Ref.	Vilkår	Beskrivelse
SN1	Miljøgifter	<p>Miljøgiftlisten, sjekkliste A20, er utarbeidet i samarbeid med norske myndigheter for å unngå bruk av bygningsmaterialer med miljøgifter (ref. produktkontrollloven § 3a og TEK10 § 9.2). Listen er ikke utarbeidet av BRE Global.</p> <p>I samsvar med § 3a i produktkontrollloven kan unntak fra dette kravet godtas dersom det kan dokumenteres at det ikke er mulig å benytte alternative produkter uten urimelig merkostnad eller ulempe. Eventuelle avvik må godkjennes av byggherre.</p> <p>Fravær av miljøgifter kan dokumenteres via sikkerhetsdatablader, EPD-er, Sintef Teknisk Godkjenning, miljømerket Svanen, EU Ecolabel, BASTA, Byggevarubedømmningen eller egenerklæringer. Dersom en SINTEF Teknisk Godkjenning, EPD eller annet er datert før en oppdatering av sjekklisten A20, må disse suppleres med en egenerklæring som bekrefter fravær av eventuelle nye stoffer på sjekklisten.</p>

Figur 4.6: Minstekravet til BREEAM-NOR 2016 emnet Mat 01 Bærekraftige materialvalg (alle bygg), hentet fra GBA (2016)

Benytt homogene materialer

Det er ikke funnet en korrelasjon mellom den sirkulære strategien *Benytt homogene materialer* og de to kategoriene *materialer* og *avfall* i BREEAM-NOR 2016 manualen.

Unngå sekundære behandlinger og/eller overflatebehandlinger når mulig

Det er ikke funnet en korrelasjon mellom den sirkulære strategien *Unngå sekundære behandlinger og/eller overflatebehandlinger når mulig* og de to kategoriene *materialer* og *avfall* i BREEAM-NOR 2016 manualen.

Minimer bruk av slidedeler

Denne strategien er regnet som godt dekket av BREEAM-NOR 2016 manualen. Emnet Mat 05 Robust konstruksjon innebærer å oppfordre til beskytte utsatte deler av bygg for å begrense behovet for utskifting av materialer. Potensielle slidedeler skal dokumenteres sammen med spesifiserte holdbarhetstiltak (GBA, 2016) Som vist i figur 4.7 er ett av kravene til emnet nettopp å sørge for å gjennomføre levetidssvurderinger for sårbare konstruksjonsdeler, og dermed unngå overdreven materialbruk.

1. Prosjekteringsteamet har identifisert de deler av bygget som er sårbare for fuktskader, og spesifisert egnede beskyttelsestiltak for å hindre skader forårsaket av fukt. Tiltakene må omfatte, men ikke nødvendigvis begrenses til:
 - a. beskyttelse av konstruksjonsdeler mot regn og andre fukttyper i driftsfasen
 - b. gjennomføring av levetidsvurderinger for sårbare konstruksjonsdeler, både utsatte og innebygde deler
 - c. bruk av materialer som motstår høyt fuktinnhold i de konstruksjonsdeler som vanskelig lar seg beskytte eller bytte

SN4	Forebygging av overdreven materialbruk	Spesifikasjon eller valgte prosjekteringstiltak må gjenspeile behovet for å balansere ytterligere spesifikasjon av materialer med behovet for å beskytte bygningsdeler og så vidt mulig slippe å bytte dem, slik at overdreven materialbruk og -optimalisering sikres.
-----	--	--

Figur 4.7: Krav for robust konstruksjon i BREEAM-NOR 2016 emnet Mat 05 Robust Konstruksjon (alle bygg), hentet fra GBA (2016)

4.3.2 Levetid

For den sirkulære kategorien *Levetid* har det ikke blitt funnet en relasjon til BREEAM-NOR 2016 manualen. De to strategiene *Planlegg for fleksible bygg* og *Prosjektér for en lagdelt konstruksjon* kan potensielt ha en relasjon til BREEAM-NOR 2016 kategorien *arealbruk og økologi*, men ettersom denne oppgaven er begrenset til å kun se på *materialer* og *avfall* er denne kategorien ikke vurdert.

4.3.3 Standardisering

For den sirkulære kategorien *Standardisering* har det ikke blitt funnet en relasjon til BREEAM-NOR 2016 manualen. Strategien *Standardiser elementer og dimensjoner* kan ha en svært svak relasjon til Mat 05 Robust konstruksjon og Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass da disse inneholder kriterer om å minimere avfall som vil være en konsekvens av den sirkulære strategien. Denne korrelasjonen er vurdert å være for svak til å gi lav relasjonsgrad.

4.3.4 Festemetoder

For de to sirkulære strategiene *Benytt reversible mekaniske festemetoder i stedet for kjemiske* og *Prosjektér for enkel tilgang til festemetoder* er det ikke blitt funnet en relasjon til BREEAM-NOR 2016 manualens to kategorier, *materialer* og *avfall*. Strategien *Minimer antall ulike festemetoder* har blitt vurdert til å ha en lav relasjon til Mat 05 Robust konstruksjon og Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass, av samme årsak som den sirkulære strategien *Minimer antall ulike komponenter og materialer*. Som vist i figur 4.5 nevner emnene materialpotimalisering, men nevner ikke festemetoder spesifikt.

4.3.5 Dekonstruksjon/Avhending

Lag en demonteringsplan for avhendingsfasen

Det er ikke funnet spesifikasjoner for å lage en demonteringsplan i de to BREEAM-NOR 2016 kategoriene *materialer* og *avfall*.

Planlegg for robust demontering

Det er funnet en svak relasjon mellom strategien *Planlegg for robust demontering* og Mat 05 Robust konstruksjon. Grunnen til at disse to kun har fått relasjonsgrad 1 er at til tross for at BREEAM-NOR 2016 emnet omfatter å planlegge for å bygge en robust konstruksjon er det ingen spesifikasjoner for at konstruksjonen skal være robust ved avhending, og dermed forenkle en eventuell demonteringsprosess. Mat 05 omfatter hovedsakelig å holde konstruksjonen såpass robust at en kan holde vedlikehold og utskiftning av bygningsdeler i byggets levetid til et minimum.

4.3.6 Materialbibliotek

Opparbeidelse av BIM-modellen

Denne strategien er vurdert opp mot emnet Mat 01 Bærekraftige materialvalg i BREEAM-NOR 2016 manualen. Emnet legger vekt på at det må dokumenteres at de ulike materialene og bygningselementene er bærekraftige. Ved bruk av miljøsertifiseringssystemet BREEAM vil denne informasjonen også være tilgjengelig for flere aktører. Det er ikke presisert at det må opparbeides en BIM-modell for å løse dette, og derfor er strategien vurdert til å ha en lav relasjonsgrad til emnet Mat 01.

Materialpass

Strategien *Materialpass* er vurdert opp mot emnet Mat 01 Bærekraftige materialvalg i BREEAM-NOR 2016 manualen i likhet med den øvrige strategien. Denne strategien er også vurdert å ha lav relasjonsgrad til emnet Mat 01 av den årsak at til tross for at emnet oppfordrer til samling av informasjon om de ulike materialene, oppfordrer den ikke til å samle informasjonen på et felles sted. Informasjonen skal kun dokumenteres i forbindelse med BREEAM-sertifiseringen, og det nevnes ikke å samle viktig informasjon som instruksjoner for montering, demontering, vedlikehold og ombruk.

Materialpassene må konstant oppdateres

Det er vurdert at det ikke finnes en relasjon mellom den sirkulære strategien *Materialpassene må konstant oppdateres* og de to kategoriene *materialer* og *avfall* i BREEAM-NOR 2016 manualen. Kategoriene nevner som tidligere nevnt at informasjon om produkter bør samles inn, men nevner ingenting om innsamling av informasjon ikke slutter etter at produktet er produsert.

Informasjonen bør etter den sirkulærøkonomiske strategien samles inn gjennom hele produktets levetid slik at det kan bli benyttet i avhendingsprosessen og i en eventuell demontering- og remonteringsprosess.

5 | Diskusjon

5.1 Begreper

Det er flere begreper som ligger til grunn for denne oppgaven. Flere av begrepene er allerede godt stadfestet i litteraturen, mens andre er relativt nye. Til felles har de at de ikke har en entydig definisjon.

5.1.1 Sirkulær økonomi

Begrepet «sirkulær økonomi» er et begrep som er vidt brukt på tvers av flere sektorer, som resulterer i at begrepet har forskjellige betydninger avhengig av hvem som benytter det. Denne oppgaven har valgt å gi flere definisjoner på begrepet for å vise det i alle sine former. Etter deltakelse som observatør på workshopene med Vedal og NGI, kom det tydelig frem at den største ulempen med begrepet er at det ikke finnes en entydig definisjon. Begrepet ble oppfattet ulikt avhengig av mottakers bakgrunn, utdanning og jobbsituasjon.

Som beskrevet i delkapittel 3.2.2 finnes det flere definisjoner på begrepet sirkulær økonomi. Det mange av de ulike definisjonene på sirkulær økonomi har til felles er at de er utarbeidet ut ifra Ellen MacArthur Foundation (2015a) sin definisjon. EMF er et selskap som blant annet driver forskning innenfor emnet sirkulær økonomi. Litteraturen argumenterer mot bruk av EMF sin definisjon nettopp fordi de er et selskap som jobber for en overgang fra en lineær til sirkulær økonomi, og at deres definisjon ikke har rot i en uavhengig forskning. Til tross for dette er det EMF sin definisjon på sirkulær økonomi som ligger som basis for denne oppgaven. Årsaken til dette er at EMF sitt arbeid er så bredt kjent, og ikke minst anerkjent, innenfor det sirkulærøkonomiske miljøet. Dersom man har kjennskap til konseptet sirkulær økonomi er det ofte nettopp EMF sin definisjon og beskrivelse man tenker på. Derfor har denne definisjonen blitt valgt som basis for denne oppgaven, da den virker samlende innenfor et felt hvor de fleste har ulike oppfatninger av det samme konseptet. Definisjonen til EMF (2015a, s.23) er gjengitt her:

The circular economy is defined as an economy that provides multiple value creation mechanisms which are decoupled from the consumption of finite resources. This definition rests on three principles:

- *Preserve and enhance natural capital*
- *Optimise resource yields*
- *Foster system effectiveness*

5.1.2 Sirkulære bygninger

Begrepet «sirkulære bygninger» er ikke viden kjent, og har heller ingen formell internasjonal definisjon. Organisasjoner som arbeider med sirkulær økonomi, som EMF, Circle Economy, Metabolic, FutureBuilt og Circle Norway, benytter gjerne begrepet «sirkulær» foran substantiv for å uttrykke at substantivet har sirkulærøkonomiske egenskaper. Eksempler på dette kan være «sirkulære materialer», «sirkulære bygninger» eller «sirkulær politikk». Bruken av dette begrepet er kritikkverdig, da det er vanskelig for utenforstående å forstå sammenhengen. Begrepet «sirkulær bygning» vil for personer som ikke har fått begrepet introdusert høres ut som en bygning som har en sirkulær form.

Fordelen med å benytte begrepet «sirkulær» er at det er fengende og lett å bruke. Å gjøre begrepet kommersielt vil være en fordel dersom det fører til at det blir benyttet mer på tvers av industrier. På denne måten kan det kategoriseres i samme kategori som begrepet «grønn» som gjerne beskriver et substantiv med miljøvennlige egenskaper. Dette begrepet er vidt brukt innenfor politikk og på tvers av alle industrier, og er et ord som gir kundene positive assosiasjoner. Dersom dette blir tilfellet med begrepet «sirkulær» kan dette bidra til å gi positive ringvirkninger og mer oppmerksomhet rundt konseptet. Ulempene ved begrepet er det samme som ved «grønn», det er vanskelig å presisere hva som faktisk inngår i begrepet. Ut ifra egen bakgrunn, perspektiv og arbeidsplass vil ulike aktører og kunder ha en forskjellig forståelse av begrepet «sirkulær». Det vil derfor være gunstig å kunne utvikle en mer entydig definisjon av begrepet.

Definisjonene benyttet i denne oppgaven er utarbeidet av Circle Economy et al. (2018) og FutureBuilt (2019a), vist i delkapittel 3.3.2. De skiller seg fra hverandre da Circle Economy et al. (2018) sin definisjon er langt mer omfattende. Denne definisjonen tar ikke kun hensyn til ressurs-aspektet til sirkulærøkonomien, men ser også på omgivelsene rundt bygningen. I tillegg omfatter definisjonen alle former for ressurser, både tekniske og biologiske elementer, som vann og energi. Definisjonen til Circle Economy et al. (2018, s.11-12) er gjengitt her:

A building that is developed, used and reused without unnecessary resource depletion, environmental pollution and ecosystem degradation. It is constructed in an economically responsible way and contributes to the wellbeing of people and the biosphere. Here and there, now and later. Technical elements are demountable and reusable, and biological elements can also be brought back into the biological cycle. During the use-phase impacts are primarily net-positive, and the building contributes to circular flows (of water, energy and consumer goods) at the level of the building and its surroundings.

Definisjonen til FutureBuilt (2019a) er kortere og mer tydelig, men fokuserer i høy grad på materialer og komponenter. FutureBuilt (2019a, s.3) sin definisjon er gjengitt her:

Et sirkulær bygg legger til rette for ressursutnyttelse på høyest mulig nivå, og består av minst 50 prosent ombrukte og ombrukbare materialer og komponenter

Det kan nok argumenteres for at denne definisjonen passer best til denne oppgaven, men det er kun på grunn av avgrensningene som er gjort som en forutsetning for problemstillingen. Denne oppgaven fokuserer hovedsakelig på materialer og komponenter i forbindelse med sirkulær økonomi. FutureBuilt (2019a) sin definisjon er ikke utviklet for denne oppgaven og dens begrensninger, men er ment for hele den sirkulære bygningen og er derfor mangelfull. Denne definisjonen gjenspeiler holdningene funnet i teorien og observasjonsstudiet. Som beskrevet i

teorien i delkapittel 3.2.4 fokuserer hovedsakelig norske politikere på avfall og ressursoptimalisering ved tiltak for å implementere sirkulær økonomi i Norge. Observasjonsstudiet viste at det er disse temaene folk flest uten videre kjennskap til sirkulær økonomi assosierer konseptet med. Observasjonsstudiet viste også at Vedal legger stor vekt på å bidra til å utvikle nye forretningsmodeller slik at sirkulære strategier kan bli muliggjort. Fagteorien på sirkulær økonomi var stort sett enige i at implementasjonen av nye forretningsmodeller er det største hinderet for implementasjon av sirkulære bygninger, men også den viktigste forutsetningen. Beslutningstakere verden over burde fokusere på denne forutsetningen, slik at sirkulære strategier enklere kan benyttes og dermed forenkle en overgang til en sirkulær økonomi. Teorien viser til at ressursoptimalisering er en av de områdene hvor byggebransjen kan dra størst nytte av å implementere sirkulær økonomi. Til tross for dette er sirkulære bygninger mer enn bare materialaspektet, noe som bør gjenspeiles i definisjonen. Derfor er det Circle Economy et al. (2018) sin definisjon på sirkulære bygninger som er benyttet som grunnlag for masteroppgaven, til tross for oppgavens avgrensninger.

5.1.3 Materialbibliotek og materialpass

Begrepene «materialbibliotek», «materialpass» og «materialbank» er alle nye begreper som har oppstått i forbindelse med konseptet sirkulære bygninger. I likhet med begrepet «sirkulære bygninger» har alle disse begrepene som formål å være en del av en ny forretningsmodell. Dette innebærer at begrepene har en mer kommersiell undertone enn vitenskapelig. Dette er helt nødvendig, nettopp fordi det krever en endring i forretningsmodeller og holdninger for å kunne klare å implementere de nye konseptene som har basis i forskning. At slike begreper er fengende, og intuitivt forståelig for alle som benytter dem er derfor helt vesentlig.

Det største problemet med disse begrepene ligger ikke i ordlyden, men i selve implementasjonen av dem. For å klare det må nye forretningsmodeller innføres, og holdninger på alle nivå i bransjen må endres. Ny teknologi må utvikles. Et problem med materialbibliotekene er at dersom BIM-modeller benyttes kan disse bli så store at det blir komplisert å bruke dem. I forbindelse med oppdatering av materialpassene vil det kreves mer ressurser i form av administrering og oppfølging av bygningskomponentene. Ny teknologi må utvikles for at oppfølgingen skal kunne bli så automatisk som mulig. For eksempel kan det benyttes digital tvilling, der det er en digital versjon av komponenten som oppdateres i takt til påkjenningene den fysiske komponenten blir utsatt for. Konseptene med materialbibliotek, materialpass og materialbanker er vanskelig å innføre av den grunn at avkastningen ikke vil komme før lenge i fremtiden. Bygninger har lang levetid og det vil derfor ta lang tid før markedet er oppe og går. For at entreprenører skal velge å ombruke elementer og materialer er det avhengig av at det er tilstrekkelig av samme type komponenter tilgjengelig. Dersom dette ikke er tilfellet vil entreprenører bli tvunget til å kjøpe nytt fra produsenter.

Det er altså mye som må tilrettelegges for at disse konseptene skal komme til rette. Det er ingen tvil om at nye forretningsmodeller, som beskrevet i delkapittel 3.3.5, er på vei opp og frem også i byggebransjen. Innføring av leasing av elementer, leie av tjenester i stedet for produkter og forretning basert på ombruk vil definitivt bidra til å dra sirkulære bygninger i en riktig retning. Det største problemet er å få endret holdningene i industrien slik at risiko en ikke er så stor, slik at profitt og klimavennlige løsninger kan være forutsetninger for hverandre, ikke motsetninger.

5.2 Sjekklisten for sirkulære strategier

I dette delkapitlet diskuteres sjekklisten for sirkulære strategier presentert i delkapittel 4.1, vist i tabell 4.1.

5.2.1 Nødvendighet og hensikt

Litteratursøket og observasjonsstudiet har avdekket en manglende forståelse på hva sirkulær økonomi egentlig innebærer. Ikke bare strides de lærde om definisjoner og begreper, men det er vanskelig for bransjen å forstå hvordan best adaptere sirkulærøkonomiske prinsipper til praksis. Litteraturstudiet avdekket et vidt spekter av ulike prinsipper og konsepter som oppfordres til å følges for å bygge så bærekraftig som mulig. Behovet for en samling av sirkulærøkonomiske prinsipper ble bekreftet gjennom observasjonsstudiet av arbeidsgruppen som arbeidet for å implementere sirkulær økonomi i prosjektet sitt. Deltakerne var var enten usikker eller hadde alle ulike oppfatninger av innholdet i konseptet, og det var vanskelig å oppnå en felles forståelse for hvordan de skulle løse oppgaven.

I denne oppgaven har et konseptuelt rammeverk for sirkulære strategier blitt utviklet. Rammeverket er formet som en enkel, lett-anvendelig og forståelig sjekkliste. Denne sjekklisten skal kunne brukes i forbindelse med prosjekter som etterspør et fokus på sirkulær økonomi. Ved hjelp av sjekklisten vil byggherre, entreprenør, prosjekterende og leverandører ha muligheten til å stadfeste i hvilken grad deres prosjekt oppfyller den sirkulærøkonomiske tankegangen. Sjekklisten vil konkretisere konseptet sirkulær økonomi, og det vil være tydelig for alle som tar del i arbeidet hva konseptet innebærer som vil resultere i en bedre diskusjon rundt løsninger.

5.2.2 Prosessen bak

Prosessen med å lage sjekklisten startet med et omfattende litteratursøk som beskrevet i metoden. Her ble det søkt etter litteratur som fokuserte på hvordan bygge sirkulærøkonomisk og etter konsepter som sirkulær økonomi bygger på. Strategiene funnet i litteraturen ble samlet et felles system, vist i bilag A. Deretter ble strategiene sortert etter prinsippene til 3XN Architects (2016), vist i figur 3.15. Prinsippene brukt fra 3XN Architects (2016) er prinsipper for å prosjektere for demontering; *Materialer, Levetid, Standardisering, Festemetoder og Dekonstruksjon/Avhending*. Disse prinsippene er kun 5 av 15 prinsipper 3XN Architects (2016) mener bør benyttes for å implementere ombruk og sirkulær økonomi i byggebransjen. Sjekklisten i denne oppgaven er i tillegg sortert etter ett siste prinsipp, *Materialbibliotek*, som bygger på 3XN Architects (2016) neste 5 prinsipper under material ID. 3XN Architects (2016) sine siste 5 prinsipper omhandler sirkulær økonomi. Dette er viktige prinsipper, men de er ikke brukt for å sortere denne listen. Årsaken til dette er at disse 5 prinsippene er langt mer rettet mot forretningsmodeller. Til tross for at det er viktig å få på plass nye tankeganger og forretningsmodeller i bransjen for å kunne maksimalt dra utnytte av prinsippene i denne sjekklisten, er problemstillingen til denne oppgaven begrenset til å ikke ta hensyn til dette. 3XN Architects (2016) sine 15 prinsipper for ombruk og sirkulær økonomi er sortert etter prosjektering for demontering, material ID og sirkulær økonomi, men dette betyr ikke at de tre kategoriene skal sees på separat. De tre kategoriene bidrar alle til en sirkulær økonomi, til tross for at kun én av dem faktisk heter «sirkulær økonomi».

Etter at førsteutkastet til listen var utarbeidet på bakgrunn av litteraturen, ble den ferdigstilt i løpet av 3 workshoper med Vedal. Vedal kom med forslag til sammenslåing av strategier, og bedre formuleringer. Hovedtanken bak skapingen av sjekklisten var at den skulle være så enkel å forstå som mulig. Strategiene ble sortert etter kategorier med overordnede hovedprinsipp. Strategiene har underordnede punkter som skal fungere som en sjekkliste. Dette vil forhåpentligvis gjøre rammeverket oversiktlig. Sjekklisten er fargekodet av samme årsak. Prinsippene som ble funnet i litteraturen er satt sammen og sortert til å bli så få strategier som overhode mulig. Jo færre strategier, desto lettere blir det å bruke. Den samme tankegangen ligger bak underpunktene til strategiene. Det er også benyttet korte setninger, alt for å forenkle forståelsen og bruken av sjekklisten.

5.2.3 Resultatet

Sjekklisten for sirkulær økonomi består av 6 kategorier som har hvert sitt hovedprinsipp. Videre under hver kategori er det et ulikt antall strategier, som skal sørge for at hovedprinsippet til hver kategori blir oppfylt. Under hver strategi er det et ulikt antall underpunkter som skal fungere som en sjekkliste for brukeren av listen.

Tittelen til listen var først tenkt «Sjekkliste for sirkulærøkonomiske strategier», som er tilsvarende beskrivelsen sjekklisten har i kapitlene før kapittel 4, resultatskapitlet. Tittelen ble endret til «Sjekkliste for sirkulære strategier» for at sjekklisten skulle få et lettere og mer fengende navn. Tittelen har samme begrensing som begrepet «sirkulære bygninger», at det kan være vanskelig for utenforstående å forstå hva begrepet innebærer. Til tross for at den første tittelen er lengre, er det lettere å forstå innholdet og omfanget av listen. Likevel ble tittelen endret til å bli mer kommersiell, for å følge trenden innenfor bransjen med sirkulær økonomi. Forhåpentligvis vil ikke tittelen bidra til mer forvirring for brukerne, men gi positive assosiasjoner.

Flere av strategiene i sjekklisten for sirkulær økonomi er formulert ulikt. Et eksempel på dette er to av strategiene innad i kategorien *Materialer: Materialkonsept og Unngå giftige/og eller farlige materialer*. Førstnevnte er formulert mer uklart enn den andre. Flere av strategiene har klare mål og krav mens andre, som *Materialkonsept* og *Materialpass*, er mer diffuse i sine mål. Det er mulig å formulere alle strategiene på en oppfordrende form, men dette har blitt unngått i disse to tilfellene. Årsaken til dette valget er først og fremst oppfordring fra Vedal. Det var ønskelig å ha en egen strategi som omfavnet valg av materialkonsept, og det var også et bestemt ønske om navnet til denne strategien. Sjekklisten hadde nok gitt et mer uniformt uttrykk dersom alle strategiene hadde den samme oppfordrende formen, men i de to nevnte tilfellene ble det vurdert unødvendig. Vurderingen i dette tilfellet innebærer at tittelen på de to strategiene er forklarende nok til at en oppfordrende formulering blir overflødig.

Som beskrevet i teorien om materialbibliotek i delkapittel 3.3.4, må ikke et materialbibliotek være en del av en BIM-modell. Likevel omhandler kategorien *Materialbibliotek* i sjekklisten BIM direkte. Dette er fordi BIM er mye benyttet på byggeplasser i Norge, og er en fornuftig platform for lagring av materialpass siden det allerede er et kjent verktøy. Strategien *Opparbeidelse av BIM-modellen* kunne vært mer diffust formulert for å ta hensyn til at andre metoder kan benyttes. Vedal ønsket at sjekklisten skulle være så konkret som mulig for å forenkle bruk, og mente derfor at strategien var nødvendig. Strategien må derfor omformuleres dersom en ny og bedre teknologi kommer på banen i fremtiden.

5.2.4 Anvendelsesområde og begrensninger

Sjekklisten er hovedsakelig utarbeidet for Vedal, og deres behov. Vedal ønsket en sjekkliste de kunne benytte i prosjekter som ønsket å fokusere på sirkulær økonomi. Dette er en liste de kan benytte som guide, men også legge frem for kunder og samarbeidspartnere for å vise hva de legger i å benytte sirkulærøkonomiske prinsipper på materialnivå. Til tross for at sjekklisten er utarbeidet med Vedal i tankene kan den benyttes av andre entreprenører, byggherrer, prosjekterende og leverandører som ønsker å implementere sirkulær økonomi inn i prosjektene sine. For å oppnå dette har det blitt lagt vekt på at formuleringene og strategiene skal være universelle uavhengig av hvilken bedrift som ønsker å benytte dem.

Litteratursøket bidro til å begrense omfanget av sjekklisten, i og med at funn fra litteraturen viste hvilke områder hvor byggebransjen mest sannsynlig ville dra nytte av å implementere en sirkulærøkonomisk tankemodell. Sjekklisten er dermed begrenset til å fokusere på materialnivå, og hvordan planleggingen, prosjekteringen, produksjonen og avhendingen bør best mulig utføres. Utarbeidelsen av sjekklisten hadde som forutsetning at holdninger og forretningsmodeller som må implementeres for at sjekklisten skal brukes optimalt allerede er innført. Det samme gjelder teknologien som må utvikles for å benytte materialpass på best mulig måte. Det kan argumenteres for at sjekklisten for sirkulære strategier bidrar til at begrepet «sirkulære bygninger» blir utvannet til å kun handle om ressursoptimalisering til tross for at forretningsmodeller, holdninger og teknologi er en forutsetning for sjekklisten. Dette er fordi aktører som ikke har kjennskap til konseptet fra før ikke med første øyekast forstår at sjekklisten ikke kan benyttes uten at nye forretningsmodeller benyttes. Konseptene prosjektering for demontering og materialpass vil være verdiløse dersom det ikke finnes et marked for dem.

En annen stor begrensning for sjekklisten er at den er utarbeidet av en student som ikke har mer erfaring fra byggebransjen enn sommerjobber. Litteratursøket har vært omfattende, men valg av hvilke strategier som skal fremheves og kombineres har blitt tatt av undertegnede, og valgene kan være tatt på feil eller misforstått grunnlag. Vedal har bidratt med erfaringer for å best kunne formulere strategiene og sjekkpunktene, men oppsett og utvalg av strategier er utført av forskeren alene. Dersom sjekklisten hadde vært skapt alene av Vedal eller andre med større erfaring kan det hende den hadde hatt andre fokusområder. Sjekklisten er også begrenset av at Vedal er den eneste aktøren som har bidratt med erfaringer, som kan gi et ensidig erfaringsgrunnlag.

5.2.5 Videre arbeid

Videre arbeid med sjekklisten ville være å videreutvikle den. Først og fremst bør listen testes ut i praksis, og flere ulike aktører bør få komme til med synspunkter og erfaringer. Deretter kan det hende at det blir funnet hensiktsmessig å sortere sjekklisten etter andre kategorier enn 3XN Architects (2016) sine, som er benyttet i denne utgaven. Ordlyder og formuleringer bør forbedres etter gjentatte testinger. På denne måten kan det sikres at formuleringene er vanntette, og at innholdet er tydelig for alle aktører. Uttestingen bør også gi svar på om tittelen er en begrensning. Dersom det er uklart for de ulike aktørene hva den innebærer, bør den endres. Et mer langsiktig mål kunne vært å videreutvikle listen slik at helheten av definisjonen til FutureBuilt (2019a) kommer frem. Slik kan listen omfatte flere områder enn kun materialer og komponenter.

5.3 Sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med byggeprosessen

I dette delkapitlet diskuteres sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med byggeprosessen. Denne er presentert i delkapittel 4.2, vist i figur 4.2.

5.3.1 Nødvendighet og hensikt

Hensikten med denne fremstillingen er først og fremst å forenkle bruken av sjekklisten for sirkulære strategier. Etter utviklingen av sjekklisten ønsket Vedal en oversiktlig metode å dele den inn i de ulike fasene av et byggeprosjekt. Steginndelingen vil fungere som et verktøy de kan bruke gjennom hele byggeprosessen. Den langsiktige hensikten med steginndelingen av strategiene er at det skal være tydelig for de ulike aktørene i byggeprosjektet hvem som har ansvaret for de forskjellige strategiene. Dette vil være en mer langsiktig målsetting, da den nåværende fremstillingen ikke oppnår en slik tydeliggjøring.

5.3.2 Prosessen bak

For å dele sjekklisten for sirkulærøkonomiske strategier inn i byggefaser var det viktig å benytte et rammeverk for byggeprosessen som er godt kjent i byggebransjen. Til tross for at det er en standardisert inndeling av prosjektfaser og roller i en byggeprosess i Norge, benytter svært mange aktører egne rammeverk og modeller. Av denne grunn ble det valgt å benytte Bygg21 sitt felles rammeverk for byggeprosesser i Norge, «Neste steg».

I forbindelse med denne oppgaven ønsket opprinnelig Vedal at deres egen modell skulle benyttes i stedet for Bygg21 sitt «Neste Steg». Årsaken til dette var først og fremst å få inn et eget steg som omhandlet innkjøp. I Bygg21 sitt rammeverk går innkjøp inn under steg 2 til 4, men Vedal ønsket at det skulle tydeliggjøres ytterligere hvilke strategier som er viktig for denne delen av byggeprosessen. En svakhet med bruken av Bygg21 sitt rammeverk er at det kan bli mer komplisert for den gjeldende aktøren å adaptere til eget system. Til tross for dette er Bygg21 sitt «Neste steg» valgt som rammeverk da det vil være enklere å formidle inndelingen videre til andre aktører, ikke bare skreddersy det til Vedal.

Det ble utført en liten endring på Bygg21 sitt «Neste steg». Som vist i figur 4.1 strekker det seg piler fra etter steg 1,2,3 og 7 tilbake til steg 1. I denne oppgavens fremstilling av steginndelingene til sjekklisten for sirkulærøkonomiske prinsipper er det i tillegg tegnet inn en pil fra siste steg, avvikling, tilbake til det aller første steget (figur 4.2). Formålet med denne endringen er å inkludere den sirkulærøkonomiske tankegangen med «fra vugge-til-vugge»-prinsippet, der man ser på hele byggeprosessen som en syklus. En annen mulig framstilling kunne ha vært å fremstille hele steginndelingen som en fysisk sirkel. En slik framstilling hadde fungert bra som illustrasjon, og hadde fått frem den sirkulærøkonomiske basen som ligger bak. Dessverre så hadde en slik fysisk sirkulær framstilling ikke fungert bra i arbeidssammenheng, da den hadde vært vanskelig å lese av.

Steginndelingen av strategiene i sjekklisten ble utviklet som et resultat av samskaping med Vedal. I denne prosessen ble det lagt stor vekt på Vedals erfaringer. Begrensningene av dette er videre diskutert i 5.3.4.

5.3.3 Resultatet

I fremstillingen av sjekklisten for sirkulære strategier satt i forbindelse med byggeprosessen er deler av den opprinnelige sjekklisten ikke blitt inkludert. Dette er for å gjøre fremstillingen så lett leselig som mulig. I fremstillingen er kun de 6 kategoriene og deres respektive strategier inkludert. Hensikten med fremstillingen er å plassere strategiene innenfor de ulike byggefasene, og derfor er all annen informasjon vurdert overflødig i dette tilfellet.

Faseinndelingen er fremstilt som en tidlinje som strekker seg langs med de 8 stegene i Bygg21 sitt rammeverk «Neste steg». De ulike kategoriene er fargekodet for å gi en mer forståelig fremstilling. For å gjøre fremstillingen så lett anvendelig som mulig var det nødvendig at de ulike strategiene ikke går over mange faser hver. Dersom strategiene går over flere steg vil det kunne oppstå et problem ved at ansvarsfordelingen blir utvannet. Dette var en utfordring i utforming av steginndelingen, da det var foretrukket å ha så få strategier som mulig i selve sjekklisten. Samtidig skal ikke strategiene inneholde for mye informasjon, og dermed strekke seg over for mange steg i byggeprosessen av gangen.

5.3.4 Anvendelsesområde og begrensninger

Fremstillingen av steginndelingen av strategiene i sjekklisten for sirkulære prinsipper er lagd for å tydeliggjøre hvilken strategi som bør fokuseres på i de ulike stegene i byggeprosessen. Gjennom dette antydes også ansvar for de ulike rollene. Bygg21 sitt rammeverk, «Neste steg», synliggjør 4 ulike perspektiver. Disse er eier-, bruker-, det utførende- og det offentlige perspektivet. Dette er ikke inkludert i denne oppgaven. Oppgaven ble begrenset til å ikke dypdykke i de ulike aktørenes ansvarsområder. Det ble besluttet at fremstillingen av hvilket steg som er relevant for hvilken strategi var nok til å antyde hvilke aktører som bør ha ansvar, da hvilke aktører som er med i hvilke steg og faser vanligvis er kontraktfestet i de ulike prosjektene. Dette er likevel en stor begrensning til fremstillingen, da det er rom for misforståelser og ansvarfraskrivelse siden fremstillingen kun antyder ansvar, ikke presiserer den. Dette vil spesielt være problematisk ved de strategiene som strekker seg utover flere steg og dermed inneholder flere aktører.

En annen stor begrensning er at steginndelingen i stor grad er utviklet på grunnlag av Vedal sine kommentarer, innvendinger og erfaringer. Undertegnede har selv svært liten praktisk erfaring fra byggebransjen, og har derfor vært avhengig av erfaringsdeling fra Vedal. Ettersom denne erfaringen kun kommer fra én aktør, vil den både være ensidig og muligvis mangelfull. Dersom sjekklisten for sirkulære strategier blir tatt i bruk i praksis kan det oppstå uforutsette problemer for de andre involverte aktørene som Vedal ikke har tatt hensyn til eller vært klar over.

5.3.5 Videre arbeid

Ettersom fremstillingen er samskapt med Vedal vil informasjonen være svært ensidig. For at denne sjekklisten skal kunne benyttes av et vidt spekter av aktører, er den avhengig av å bli testet ut i en praktisk sammenheng. Dette vil bidra til nye endringer og forbedringer. Det er mulig at strategiene må omformuleres for å kunne bedre presisere hvilke steg i Bygg21 sitt rammeverk de hører innenfor. I tillegg bør de ulike aktørne sitt ansvar tydeliggjøres. Fremstillingen kan videreutvikles ved å benytte Bygg21 sine fire perspektiver innad i «Neste steg». Dette vil skape en uniform fremstilling, med bakgrunn i et rammeverk som er felles for hele den norske byggebransjen.

5.4 Sjekklisten for sirkulære strategier og BREEAM-NOR

I dette delkapitlet diskuteres sjekklisten for sirkulære strategier satt i sammenheng med miljøsertifiseringssystemet BREEAM-NOR. Sammenligningen er presentert i delkapittel 4.3, vist i tabell 4.9.

5.4.1 Nødvendighet og hensikt

Gjennom litteraturstudiet er det blitt søkt etter eksisterende rammeverk for sirkulærøkonomiske prinsipper. Det har ikke bare blitt søkt etter egne, eksklusive rammeverk for sirkulær økonomi, men også implementasjon av sirkulærøkonomiske prinsipper i eksisterende rammeverk. Denne oppgaven fokuserer spesielt på miljøsertifiseringssystemet BREEAM, fordi dette er et anerkjent og velbrukt system i Europa. I tillegg avdekket prosjektoppgaven utført i forkant av masteroppgaven at GBA ønsker å implementere sirkulærøkonomiske prinsipper inn i sin neste manual, BREEAM-NOR 2021. Som beskrevet i delkapittel 3.5 har en mangelstudie allerede blitt utført av Circle Economy et al. (2018) i den nederlandske utgaven av BREEAM. Ut ifra denne studien kom det frem at materialkategorien i BREEAM-NL og BREEAM NC & RFO manglet inkludering av sirkulærøkonomiske prinsipper.

Et av problemene med bruken av BREEAM er at prosjekter ofte higer etter å oppnå så høy klassifisering som mulig. Dette kan bidra til perfektjonisme bare for å gi et godt uttrykk utad, og kan i verste fall motvirke sin hensikt. Jakten etter å oppnå poeng tar over, og helheten forsvinner. Et eksempel kan være riving av materialer og komponenter kun av den grunn at de ikke oppfyller poengkravene. Dette bidrar til unødvendig avfall. Tanken er at en implementasjon av sirkulærøkonomiske strategier i BREEAM kan motvirke slike uheldige utfall.

Hensikten med denne sammenligningen av sjekklisten for sirkulære strategier og BREEAM-NOR er først og fremst å avdekke mangler i manualen. Det kan være problematisk å ha mange ulike rammeverk og sjekklister i omløp i et byggeprosjekt, da dette fort kan bli forvirrende. Det optimale hadde vært å kunne implementere sirkulærøkonomiske prinsipper og strategier inn i et allerede benyttet og velkjent rammeverk som BREEAM-NOR er i den norske byggebransjen. Denne sammenligningen ønsker altså kun å rette oppmerksomheten på mulige mangler i BREEAM-NOR 2016 manualen, ikke forsøke å forbedre dem.

5.4.2 Prosessen bak

Sammenligningen mellom sjekklisten for sirkulære strategier og BREEAM-NOR ble utviklet ved at strategiene i sjekklisten ble direkte sammenlignet med de ulike emnene i to av BREEAM-NOR sine kategorier, *materialer* og *avfall*. Rapporten utarbeidet av Circle Economy et al. (2018) ble brukt som referansegrunnlag ved sammenligningen. Circle Economy et al. (2018) har utarbeidet sitt eget rammeverk for sirkulær økonomi, og benytter dette til å utføre en mangelstudie i BREEAM NC & RFO og BREEAM-NL. Til tross for at rapporten ser på andre utgaver av BREEAM-systemet, har denne fungert godt som referansegrunnlag for både utforming og for å bekrefte egne funn. Sammenligningen har blitt utført uten innspill fra Vedal, og er kun utført av forfatteren av denne oppgaven.

En stor utfordring ved sammenligningen av sjekklisten og BREEAM-NOR var formuleringen

av strategiene. Som tidligere nevnt er de fleste av strategiene formulert som oppfordringer. Emnene i BREEAM-NOR har strenge krav til hvordan de skal formuleres, og strategiene utarbeidet i denne oppgaven matcher ikke disse kravene. Dette resulterer i at det blir vanskelig å utføre en sammenligning. Ideelt burde strategiene omformuleres slik at de med rette kan måles opp mot BREEAM. Eksempler er strategiene *Materialkonsept* og *Opparbeidelse av BIM-modellen*. Innholdet i disse er ikke nødvendigvis helt tydelig uten øvrig informasjon, og en sammenligning mot emner i BREEAM-NOR 2016 blir derfor komplisert. For å løse dette ble det foretatt en analyse av BREEAM-NOR 2016 manualen med det formål å undersøke hvor godt manualen dekker de ulike underpunktene til de sirkulærøkonomiske strategiene.

5.4.3 Resultatet

Utformingen av tabellen for sammenligning av sjekklisten for sirkulære prinsipper og BREEAM-NOR 2016 er direkte inspirert av Circle Economy et al. (2018) sin måte å fremstille sin mangelstudie på. For hver strategi har det blitt lett etter ett eller flere samsvarende emner i BREEAM-NOR 2016 manualen. Deretter har det blitt gitt en relasjonsgrad fra 1-3, der 1 viser dårlig relasjon, mens 3 god. Dersom det ikke finnes et relaterende emne til strategien er feltet tomt. Av de totalt 21 sirkulærøkonomiske strategiene ble det kun funnet relaterende emner til 9 av dem. Av disse var 2 godt dekket, 2 middels dekket og 5 svakt dekket av BREEAM-NOR 2016 manualen. Hele 12 sirkulære strategier ble vurdert til å ikke være dekket av BREEAM-NOR 2016 manualen i det hele tatt. Årsaken til dette kan være begrensningen til den som har utført analysen. Undertegnede har svært lite erfaring fra byggebransjen, og ingen erfaring med å benytte BREEAM-NOR i praksis. Dette kan ha resultert i at punkter har blitt mistolket, og dermed ikke vurdert i denne sammenligningen. En annen årsak kan være at denne oppgaven er begrenset til å kun fokusere på 2 av de totalt 10 kategoriene i BREEAM-NOR 2016 manualen. Dette kan ha resultert i at sirkulære strategier som er vurdert til å ikke være dekket av manualen er tatt hensyn til i andre kategorier.

Circle Economy et al. (2018) avdekket i sin rapport at BREEAM NC & RFO og BREEAM-NL manglet flere viktige sirkulærøkonomiske strategier, da spesielt innenfor materialer relatert til prosjektering for demontering. Mangelanalysen av BREEAM-NOR ga det samme resultatene. De viktigste strategiene innenfor sirkulær økonomi på material- og komponentnivå er enten svakt dekket, eller ikke dekket av BREEAM-NOR 2016 manualen i det hele tatt. Eksempler på viktige sirkulære strategier som ikke er dekket er:

- Minimer antall ulike komponenter og materialer
- Planlegg for fleksible bygg
- Prosjektér for en lagdelt konstruksjon
- Tilrettelegg for modulær bygging
- Lag en demonteringsplan for avhendingsfasen

En stor forskjell på funnene til Circle Economy et al. (2018) og funnene i denne oppgaven er at den sirkulærøkonomiske strategien *Unngå giftige og/eller farlige materialer* er vurdert som godt dekket av BREEAM-NOR 2016 i denne oppgaven, men vurdert med lav relasjonsgrad i rapporten til Circle Economy et al. (2018). Dette kan være fordi BREEAM-NOR 2016 manualen dekker denne strategien bedre enn BREEAM NC & RFO og BREEAM-NL. Dette virker likevel lite trolig. De ulike landene utarbeider egne BREEAM-manualer basert på egne lover

og regler, men de er alle tett knyttet opp mot den internasjonale BREEAM-manualen. I tillegg er det vanskelig å tro at Nederland og Norge har såpass ulike lover for regulering av giftige og/eller farlige materialer. En mulighet kan være at den nederlandske rapporten vurderer at de sirkulærøkonomiske prinsippene tilsier at en sirkulær bygning skal være helt hundreprosent fri for giftige stoffer og at BREEAM NC & RFO og BREEAM-NL ikke tar bra nok hensyn til dette. Dette viser nok en gang hvor stor påvirkning bakgrunnen til forskeren har å si for utførelsen av analysen. Her kan misforståelse av konsepter og formuleringer være en av årsakene til at denne oppgaven og Circle Economy et al. (2018) vurderer relasjonsgraden til den sirkulære strategien annerledes.

5.4.4 Anvendelsesområde og begrensninger

Funnene fra prosjektoppgaven ble benyttet som avgrensning for masteroppgaven. Ettersom Circle Economy et al. (2018) konkluderte sin rapport med at det var materialkategorien i BREEAM NC & RFO og BREEAM-NL som var spesielt mangelfull innenfor sirkulær økonomi, ble masteroppgaven begrenset til å kun fokusere på de to kategoriene *materialer* og *avfall* i BREEAM-NOR 2016 manualen. Denne avgrensningen sammenhenger også med at selve sjekklisten for sirkulære strategier er avgrenset til å fokusere på materialer og komponenter, og det er derfor vurdert passelig å utføre en sammenligning med materialer- og avfallskategorien i BREEAM-NOR 2016.

Den aller største begrensningen til denne sammenligningen er at den er utført av en person uten relevant og viktig erfaring. Det kreves 3 års praktisk erfaring før det er mulig å utdanne seg som BREEAM-NOR revisorer. Det er BREEAM-NOR revisorene som utfører BREEAM-sertifiseringen. Det har ikke blitt hentet informasjon fra bransjen med unntak av rapporten til Circle Economy et al. (2018) som sammenligner sitt eget rammeverk med to andre BREEAM-manualer enn denne oppgaven.

Sammenligningen utført i denne oppgaven mellom sjekklisten for sirkulære strategier og BREEAM-NOR 2016 er kun ment for å kaste lys over mangelen på implementasjon av sirkulær økonomi i BREEAM-NOR. Det er interessant å måle opp mot et eksisterende rammeverk, og forhåpentligvis vil mangelstudien kunne føre til en mulig innføring av slike prinsipper i neste BREEAM-NOR manual. Grunnet sine mange begrensninger har nok sammenligningen liten verdi i det store bildet. Den har lav troverdighet og kan ikke direkte brukes uten å forbedres kraftig.

5.4.5 Videre arbeid

Litteratursøket utført i forbindelse med denne oppgaven har avdekket et ønske om å kunne implementere sirkulærøkonomiske prinsipper i allerede eksisterende og velkjente rammeverk. Å introdusere sirkulær økonomi i BREEAM-NOR vil potensielt kunne løse eksisterende utfordringer der poengjaget kommer foran hovedhensikten med miljøsertifiseringssystemet, det å skape bærekraftige bygg. Videre må det bli utført en mangelanalyse av GBA på egen manual for å avdekke hvilke sirkulærøkonomiske strategier som ikke er godt nok dekket av BREEAM-NOR 2016 manualen. For å gjøre dette kan en videreutvikling av sjekklisten utviklet i denne oppgaven benyttes, men dette er avhengig av at strategiene blir omformulert til å passe en BREEAM-NOR-kontekst bedre.

6 | Sluttord

6.1 Sluttord

De som vokser opp med å vite om trusselen ved klimaendringer kalles Klima-generasjonen (Lendager Group, 2018). Det er ingen tvil om at dagens generasjon av unge er opptatt av klimaendringer, og vil gjøre en forskjell. Problemet er at vi kun har 11 år på å utgjøre denne forskjellen. Til tross for engasjement er det lite dagens unge vil klare å utrette uten hjelp av dagens ledere. En omstilling til sirkulær økonomi vil kunne redusere omfanget av klimaendringer betydelig. Endringen kan ikke vente til dagens unge kommer i lederposisjoner, den må skje nå.

Hovedmålet til denne oppgaven er å utvikle et konseptuelt rammeverk for implementasjon av sirkulærøkonomiske prinsipper i byggeprosessen. For å oppnå dette ble det satt tre delmål. Disse undermålene skal sammen sørge for utviklingen av et rammeverk, en tydeliggjøring av hvordan og når rammeverket skal benyttes, og til slutt måle rammeverket opp mot eksisterende benyttede miljøsertifiseringssystem for å se i hvilken grad rammeverket er nødvendig. De tre delmålene har resultert i tre hovedresultater. Det første resultatet er en sjekkliste for sirkulære strategier. Det andre resultatet er en fremstilling av strategiene i sjekklisten målt opp mot byggeprosessen ved bruk av stegene i Bygg21s «Neste steg». Det siste resultatet er en sammenligning av sjekklisten og det eksisterende miljøsertifiseringssystemet BREEAM-NOR. For alle de tre hovedresultatene i denne oppgaven har nødvendighet, hensikt, prosessen bak, oppbygning, anvendelsesområde, begrensninger og videre arbeid blitt vurdert.

Sjekklisten for sirkulære strategier ble utviklet på bakgrunn av et litteraturstudie, og deretter ferdigstilt ved hjelp av Vedal. Listen er utviklet for å være et verktøy for implementasjon av sirkulærøkonomiske prinsipper i byggeprosjekter, og en guide for å bygge sirkulære bygninger. Slik kan alle aktører involvert i prosessen ha en felles forståelse av begrepet sirkulær økonomi og vite akkurat hva som kreves for å oppnå en sirkulær bygning. De mest fremtredende strategiene funnet i litteraturen er delt inn i fem kategorier. Den første kategorien, *Materialer*, sikrer at materialene som blir benyttet er bestandige, og har egenskaper som egner seg for ombruk. *Levetid* inneholder strategier som sørger for at bygningen er planlagt og prosjektert for hele byggets levetid og tar hensyn til mulige endringer i byggets funksjon. Kategorien *Standardisering* tar for seg strategier som sørger for en standardisert og enkel konstruksjon. *Festemetoder* sørger for at reversible festemetoder benyttes, slik at de ulike komponentene kan tåle gjentatt montering og demontering. *Dekonstruksjon/Avhending* sikrer fokus på å designe og planlegge for demontering ved slutten av byggets levetid. Den siste kategorien, *Mateirbibliotek*, inneholder strategier som sikrer god, kontinuerlig dokumentasjon av informasjon om de ulike komponentene. Dokumentasjonen inkluderer egenskaper, sertifikasjoner og instruksjoner for montering, demontering, vedlikehold og ombruk.

Fremstillingen av de sirkulære strategiene i sammenheng med byggeprosessen ble utviklet som et resultat av samskaping sammen med Vedal. Et litteraturstudie og observasjonsstudie ligger til grunn for analyse av nødvendigheten av en konkretisering av sjekklisten. Resultatet vil fungere som et hjelpeverktøy til anvendelse av sjekklisten for sirkulære strategier.

Mangelstudien av BREEAM-NOR 2016 ble utført med Circle Economy et al. (2018) sin rapport som referansegrunnlag. Dette resultatet er utviklet uten innspill fra Vedal. Oppgaven er begrenset til å kun se på to av kategoriene i BREEAM-NOR, *materialer* og *avfall*. Av de totalt 21 sirkulære strategiene fra sjekklisten ble det kun funnet 9 relaterende emner i BREEAM-NOR 2016 manualen. Av disse ble 2 vurdert dekket av manualen, 2 middels dekket og 5 svakt dekket. BREEAM-NOR 2016 manualen er i denne oppgaven vurdert til å dekke sirkulære strategier dårlig, og er dermed mangelfull innenfor dette området.

Sjekklisten for sirkulære strategier er blitt utviklet på bakgrunn av litteratur og forbedret over flere samskapings-workshoper. Likevel er sjekklisten kun et utgangspunkt for et ferdig rammeverk da denne oppgaven ikke tester sjekklisten i praksis. Sjekklisten tar ikke hensyn til hvordan forretningsmodeller og teknologi som må ligge til grunn for bruken av den, skal utvikles. Steginndelingen er også en ren teoretisk fremstilling, og er kun bygd på erfaringene til deltakerne på workshopen. Den har derfor ikke blitt testet i praksis eller vurdert av andre aktører i byggeprosessen. Steginndelingen presiserer ikke ansvarsfordeling av de ulike strategiene. Ansvar er kun antydning ut ifra hvilke strategier som er plassert i hvilke steg i byggeprosessen. Mangelstudien av BREEAM-NOR 2016 er kun utført som en direkte sammenligning mellom manualen og sjekklisten. Kunnskap fra yrkesaktive som arbeider med BREEAM-NOR har ikke blitt undersøkt, og er derfor ikke inkludert.

6.2 Evaluering av metoden

Metoden brukt i denne oppgaven er hovedsakelig et litteraturstudie, observasjonstudie og samskaping. For å utvikle et konseptuelt rammeverk har det vært nødvendig med et omfattende litteraturstudie med en systematisk gjennomgang av relevant litteratur. Observasjonstudiet var viktig for å danne en forståelse av situasjonen i byggebransjen, men stiller likevel som den svakeste delen av metoden. Dette er fordi observasjonsstudiet ikke er gjennomgått systematisk, men kun har gitt observatøren inntrykk. Observasjonsstudiet har bekreftet funn i teorien om holdninger og kunnskaper i byggebransjen. Samskapingen står frem som en viktig del av metoden da den har vært et virkemiddel for å få direkte tilbakemeldinger på arbeidet. Det har også muliggjort en kontinuerlig utvikling av resultatene i denne oppgaven. Svakheten med metoden som helhet er at den blir teoretisk og ensidig. Teoretisk fordi metoden ikke gir mulighet for praktisk testing. Ensidig fordi det kun er Vedal som får kommet med synspunkter og innspill. Resultatene blir dermed nesten skreddersydd mot Vedal som aktør. Ellers er en stor svakhet ved metoden at det med unntak av litteraturstudiet er vanskelig å etterprøve studien. Likevel har valg av metode fungert med tanke på hovedformålet til masteroppgaven i og med at det har vært den mest praktiske metoden for å kunne utvikle en slik sjekkliste for sirkulære strategier.

6.3 Anbefalinger for veien videre

Problemstillingen til denne oppgaven tar for seg en konseptuell utvikling av et teoretisk rammeverk for sirkulær økonomi som skal kunne implementeres i byggeprosessen. Derfor er mange av områdene som må undersøkes videre åpenbare, men arbeidet har også avdekket nye spørsmål innenfor problemstillingen til denne oppgaven.

For å videre kunne utvikle sjekklisten for sirkulære strategier må den testes i praksis. Testingen bør være gjennom pilotprosjekter slik at utfordringer ved bruk kan avdekkes. Andre aktører

kan få mulighet til å komme med innspill, og dermed sikre et bredere erfaringsgrunnlag. En av utfordringene som kan oppstå fordi listen aldri har blitt testet i praksis kan være formuleringer av strategiene. Dersom aktørene ikke er enige i oppfattelsen av innholdet i sjekklisten vil det oppstå komplikasjoner. Derfor vil videre arbeid inkludere forbedring av formuleringer og ordlyder. En videre analyse kan være et casestudie for å utvide sjekklisten til å ta hensyn til en mer helhetlig definisjon av begrepet sirkulær bygning. En videre studie kan omhandle utvikling av konseptene innenfor de sirkulære strategiene. Forslag til slike studier kan være hvordan en demonteringsplan best kan lages eller å teste teknologi for best implementering av materialbibliotek.

Steginndelingen kan også by på problemer der strategiene strekker seg over flere steg i byggeprosessen. Det kan oppstå konflikter mellom de ulike aktørene ettersom ansvar ikke er presisert, kun antydning, i fremstillingen. Videre arbeid vil være å utvikle en presis inndeling av aktører som samsvarer med steginndelingen utformet i denne oppgaven. En interessant mulighet kan være å arbeide videre med Bygg21s «Neste steg», og dermed implementere ansvar inn i rammeverkets rolleperspektiver. Slik kan ansvarsfordelingen fortsette innenfor det samme, standardiserte formatet som kan benyttes på tvers av byggebransjen i Norge.

Mangelanalysen i BREEAM-NOR avdekket at hele 12 av de sirkulære strategiene ikke var tatt hensyn til. Masteroppgaven siktet ikke på å oppnå annet enn å kaste et lys over at BREEAM-NOR 2016 manualen ikke dekker sirkulære prinsipper bra nok. Videre arbeid vil inkludere en vurdering av hvorvidt det vil være nødvendig å inkludere sirkulære prinsipper i BREEAM-NOR, eller om det vil være tilstrekkelig å kunne ha en separat sjekkliste som aksent til BREEAM-sertifiseringen. Denne vurderingen kan kun tas etter at sjekklisten for sirkulære strategier er testet ut i praksis, og dersom bruken av den fungerer. Det anbefales at vurderingen tas på grunnlag av et samarbeid mellom aktørene i bransjen og GBA. Dersom det blir vurdert nødvendig å implementere sirkulære strategier i BREEAM-NOR bør strategiene i sjekklisten omformuleres slik at de er bedre egnet for å sammenligne med emnene i BREEAM. Sammenligningen bør utføres av fagfolk med god kjennskap til BREEAM-NOR. I tillegg anbefales det at analysen ikke begrenses til å kun inkludere to av BREEAM-NOR 2016 kategoriene, men inkluderer hele manualen.

Teorien peker på at den største hindringen for å kunne omstille byggebransjen fra en lineær til sirkulær økonomi er holdninger i byggebransjen samt utviklingen av nye forretningsmodeller og teknologi. Observasjonsstudiet bekreftet disse funnene, da deltakerne i workshopene var skeptiske til hvorvidt sirkulærøkonomiske prinsipper kunne implementeres da de var bekymret det kun ville være en trend, og ikke gi avkastning i fremtiden. Videre generelt arbeid utover denne oppgaven vil være utvikling av nye forretningsmodeller og teknologi, samt et kontinuerlig arbeid med å endre holdninger i bransjen. Realistisk sett vil nok en omstilling fra en lineær til sirkulær økonomi i byggebransjen ta tid. Dessverre må omstillingen settes i gang med en gang dersom den skal kunne ha innvirkning på å redusere den globale temperaturøkningen innen 2030, og oppnå FNs bærekraftsmål.

Referanser

- 3XN Architects (2016), *Building A Circular Future*, Danish Environmental Protection Agency, Danmark.
- 3XN Architects (2018), *Circle House - Denmark's first circular housing project*, KLS Pure Print, Danmark.
- Adams, K. T., Osmani, M., Thorpe, T. & Thornback, J. (2017), 'Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers', *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management* **170**(1).
- Akanbi, L. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Ajayi, A. O., Delgado, M. D., Bilal, M. & Bello, S. A. (2018), 'Salvaging building materials in a circular economy: A bim-based whole-life performance estimator', *Resources, Conservation and Recycling* **129**, 175–186.
- Arup (2016), 'The Circular Economy in the Built Environment', pp. 1–93.
- Benyus, J. M. (2002), *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Harper Perennial.
- Breivik, J. K. (2017), 'Oria, artikler og kildekritikk på 1-2-3 : NTNU Universitetsbibliotekets fagside for realfag'. [Internett; hentet 4. oktober 2018].
URL: <https://www.ntnu.no/blogger/ub-realfag/2017/02/22/ta-i-bruk-oria/>
- Brewer, G. & Mooney, J. (2008), 'A best practice policy for recycling and reuse in building', *Engineering Sustainability* **161** pp. 173–180.
- Brundtland, G. H. (1987), *Vår felles framtid*, Tiden norsk forlag, Oslo.
- Bygg21 (2016), 'Veileder for fasenormen «Neste Steg». Et felles rammeverk for norske byggeprosesser.'
- Byggeindustrien (2017), 'Vil slå sammen Norwegian Green Building Council og Grønn Byggalliance'. [Internett; hentet 23. april 2019].
URL: <http://www.bygg.no/article/1331549>
- CICERO (2015), 'Senter for klimaforskning: Policy Note 2015:01. Norsk klimapolitikk: 2030-målene og tilknytningen til EU'.
- Circle Economy (2017), 'Making Sense of the Circular Economy: The 7 Key Elements'. [Internett; hentet 27. november 2018].
URL: <https://www.circle-economy.com/the-7-key-elements-of-the-circular-economy>
- Circle Economy, DGBC, Metabolic & SGS Search (2018), 'A framework for circular buildings; indicators for possible inclusion in BREEAM'.
- Circle Norway (2018), 'Statsbudsjett 2019 - 10 punkter for sirkulærøkonomi'. [Internett; hentet 29. mars 2019].
URL: <https://www.circularnorway.no/statsbudsjett-2019-10-punkter-for-sirkulaerokonomi/>

-
- Crowther, P. (1998), Design for Disassembly: An Architectural Strategy, in M. Ganis, ed., 'Design for Sustainability', pp. 27–33.
- Crowther, P. (1999), 'Design for disassembly', *BDP environment design guide* .
- Crowther, P. (2002), 'Design for buildability and the deconstruction consequences'.
- Crowther, P. (2014), Investigating Design for Disassembly through Creative Practice, in 'International Symposium'.
- Durmisevic, E. & Brouwer, J. (2002), 'Design aspects of decomposable building structures', *Delft University of Technology. Department of Building Technology. Proceedings of the CIB Task Group* .
- Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management & Dutch Ministry of Economic Affairs and Climate Policy (2016), 'A Circular Economy in the Netherlands by 2050. Government-wide Programme for a Circular Economy'.
- Ellen MacArthur Foundation (2012), 'Towards the Circular Economy vol.1: Economic and business rationale for an accelerated transition'.
- Ellen MacArthur Foundation (2015a), 'Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe'.
- Ellen MacArthur Foundation (2015b), 'Towards a Circular Economy: Business rationale for an accelerated transition'.
- Ellen MacArthur Foundation, McKinsey Center for Business and Environment & Danish Environment Protection Authority (2015), 'Delivering the Circular Economy: A toolkit for policymakers'.
- European Commission (2015), 'Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy'.
- FN-sambandet (2018a), 'Bærekraftig utvikling'. [Internett; hentet 13. november 2018].
URL: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling>
- FN-sambandet (2018b), 'FNs klimakonvensjon'. [Internett; hentet 13. november 2018].
URL: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/FNs-klimakonvensjon>
- FN-sambandet (2018c), 'Kyotoprotokollen'. [Internett; hentet 13. november 2018].
URL: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Kyotoprotokollen>
- FN-sambandet (2018d), 'Parisavtalen'. [Internett; hentet 13. november 2018].
URL: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen>
- FutureBuilt (2019a), 'Kriterier for sirkulære bygg'.
- FutureBuilt (2019b), 'Sirkulære bygg. Definert. Og snart realitet?'. [Internett; hentet 10. april 2019].
URL: <https://www.futurebuilt.no/Nyheter#!/Nyheter/Sirkulaere-bygg.-Definert.-Og-snart-realitet>
- Ghisellini, P., Ripa, M. & Ulgiati, S. (2018), 'Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review', *Journal of Cleaner Production* **178**, 618–643.

-
- Gladek, E. (2018), 'Metabolic The Seven Pillars of the Circular Economy — Metabolic'. [Internett; hentet 22. november 2018].
URL: <https://www.metabolic.nl/the-seven-pillars-of-the-circular-economy/>
- Grønn Byggallianse (2016), 'BREEAM-NOR 2016 Nybygg Teknisk manual v.1.1 (norsk)'.
- Grønn Byggallianse (2017), 'BREEAM-NOR Innføringskurs'. Upublisert dokument.
- Grønn Byggallianse (2018), 'BREEAM-NOR – Norwegian Green Building Council'. [Internett; hentet 21. november 2018].
URL: <http://ngbc.no/breem-nor/>
- Guy, B. & Shell, S. (2002), 'Design for Deconstruction and Materials Reuse'.
- Hawken, P., Lovins, A. B., Lovins, L. H., Lovins, A. B. & Lovins, L. H. (2013), *Natural Capitalism*, Routledge.
- Hegnar (2017), 'Sparebank 1 SMN selger hovedkontoret'. [Internett; hentet 02. april 2019].
URL: <https://www.hegnar.no/Nyheter/Eiendom/2017/11/Sparebank-1-SMN-selger-hovedkontoret?r=refresh>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), 'Special report 2018: Global warming of 1.5 °C'.
- Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. (2017), 'Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions', *Resources, Conservation and Recycling* **127**, 221–232.
- Klima- og miljødepartementet (2014), 'Klimaforliket'. [Internett; hentet 13. november 2018].
URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimaforliket/id2076645/>
- Klima- og miljødepartementet (2015), 'Sirkulær økonomi'. [Internett; hentet 13. november 2018].
URL: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2015/des/sirkular-okonomi/id2470468/>
- Klima- og miljødepartementet (2017), 'Meld. St. 45 (2016-2017) Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi'.
- Korhonen, J., Honkasalo, A. & Seppälä, J. (2018), 'Circular Economy: The Concept and its Limitations', *Ecological Economics* **143**, 37–46.
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A. & Birkie, S. E. (2018), 'Circular economy as an essentially contested concept', *Journal of Cleaner Production* **175**, 544–552.
- Kubba, S. (2012), *Handbook of Green Building Design and Construction Green Concepts and Vocabulary*, Butterworth-Heinemann.
- Lendager Group (2018), *A changemakers's guide to the future*, 2 edn, Narayana Press, Denmark.
- Lifset, R. & Graedel, T. E. (32001), 'Industrial ecology: goals and definitions'.
- Luscuere, L. (2016), 'Materials passports: Providing insights in the circularity of materials, products and systems', *Sustainable Innovation 2016* .
-

-
- Madaster (2019), '*Madaster: Vision, mission, aims*'. [Internett; hentet 15. mai 2018].
URL: <https://www.madaster.com/en/about-us/vision-mission-aims>
- McDonough, W. & Braungart, M. (2010), *Cradle to cradle : remaking the way we make things*, North Point Press.
- Miljødirektoratet (2018a), '*Avfallshåndtering*'. [Internett; hentet 01. april 2019].
URL: <https://www.miljostatus.no/tema/avfall/avfall-og-gjenvinning/>
- Miljødirektoratet (2018b), 'Faktaark: Hovedbudskap fra rapporten om 1,5°C'.
- Miljødirektoratet (2018c), '*Klimagassutslipp fra oppvarming av bygg | Miljøstatus*'. [Internett; hentet 13. november 2018].
URL: <http://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/klimagassutslipp-bygg/>
- Miljøskolen Loop (2016), '*Avfallspyramiden*'. [Internett; hentet 02. april 2019].
URL: <http://avfallspyramiden.no/ungdom/>
- Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G., Gruner, R. & Colling, M. (2018), 'Strategies for applying the circular economy to prefabricated buildings', *Buildings* **8**(9), 125.
- Nordby, A. S. (2009), *Salvageability of building materials*, PhD thesis, Norwegian University of Science and Technology.
- NSD (2018), '*Publiseringskanaler | NSD - Norsk senter for forskningsdata*'. [Internett; hentet 15. oktober 2018].
URL: <https://dbh.nsd.uib.no/publiseringskanaler/OmSok>
- Núñez-Cacho, P., Górecki, J., Molina, V. & Corpas-Iglesias, F. A. (2018), 'New Measures of Circular Economy Thinking In Construction Companies', *Journal of EU Research in Business* .
- Nußholz, J. L., Rasmussen, F. N. & Milios, L. (2019), 'Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy', *Resources, Conservation and Recycling* **141**, 308–316.
- Olsson, N. (2011), *Praktisk rapportskrivning*, Tapir Akademiske Forlag, Trondheim.
- Pauli, G. A. (2010), *The blue economy : 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*, Paradigm Publications.
- Pomponi, F. & Moncaster, A. (2017), 'Circular economy for the built environment: A research framework', *Journal of Cleaner Production* **143**, 710–718.
- Rios, F. C., Chong, W. K. & Grau, D. (2015), Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities, in 'Procedia Engineering'.
- Røiseland, A. & Lo, C. (2019), 'Samskaping - nyttig begrep for norske forskere og praktikere?', *Norsk statsvitenskapelig tidsskrift* **35**.
- Stahel, W. R. (2010), *The performance economy*, Palgrave Macmillan.
-

Statistisk sentralbyrå (2018), '*To tredjedeler av byggavfall fra riving og rehabilitering*'. [Internett; hentet 01. april 2019].

URL: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/to-tredjedeler-av-byggavfall-fra-riving-og-rehabilitering>

Statsministerens kontor (2018), '*Politisk plattform - Jeløya plattformen*'. [Internett; hentet 27. november 2018].

URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2585544/#k13>

Thagaard, E. (1998), *Systematikk og innlevelse. En innføring i kvalitativ metode*, Fagbokforlaget, Oslo.

Tjora, A. (2017), *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*, 3 edn, Gyldendal forlag, Oslo.

UN Environment and International Energy Agency (2017), '*Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report 2017*'.

Yin, R. K. (2014), *Case Study Research: Design and Methods*, 5 edn, SAGE Publications.

Bilag

A | Samling av sirkulære prinsipper

Prinsipp	Kommentar	Kilder
		(Crowther 1999) (Crowther 2002) (Brewer & Mooney 2008) (Crowther 2014) (Nordby 2009)
Minimere antall ulike komponenter	Vil forenkle prosessen med sortering på byggeplass Færre ulike typer demonteringsoperasjoner Kan øke potensiale for gjenbruk grunnet større antall av samme/lignende elementer	(L.A. Akanbi et al 2018)
Minimere antall ulike materialer	Vil forenkle prosessen med sortering på byggeplass Vil redusere transport til separate "reprocessing plants"	(Crowther 1999) (Brewer & Mooney 2008) (Nordby 2009) (L.A. Akanbi et al 2018)
Benytt et åpent bæresystem	Deler av bygningen er lettere utskiftbar Lange spenn fører til reduksjon av innvendige bæresystemer og sørger for mulighet for å fjerne innervegger/søyler uten å forstyrre stabilitet Deler av bygningen er mindre unike til å kun gjøre en ting Vil tillate endringer i bygningssopsettet ved at kan flytte på komponenter uten å gjøre store konstruksjonsmessige endringer Fleksibelt bygningsdesign tillater at funksjonene kan endres i fremtiden etter behov	(Crowther 1999) (Guy & Shell 2002) (Crowther 2002) (Crowther 2014) (3XN Architects 2016) (Minunno et al 2018)
Bygg i moduler	Benytt komponenter og forhondsmonterte deler som er kompatible med andre systemer både ved dimensjon og funksjonalitet Elementer kan lett bli erstattet Må være kompatible med eksisterende standarder	(Crowther 2002) (Guy & Shell 2002) (3XN Architects 2016) (Rios et al 2015) (Crowther 2014) (EMAF 2013) (Nordby 2009) (Minunno et al 2018)
Standard montering	Benytt lavteknologiske løsninger og standard verktøy og praksis Bruk monteringsmetoder som er kompatible med standard byggingspraksis Unike monteringsmetoder vill føre til en mer kompleks demontering, kan kreve spesifikk arbeidskraft og/eller utstyr	(Crowther 1999) (Crowther 2002) (Crowther 2014) (Nordby 2009)
Prosjektér for enkel tilgang til alle deler av bygningen og alle komponenter	Lett tilgjengelighet fører til lettere demontering Om mulig tillate at komponenter kan hentes ut av konstruksjonen uten spesialutstyr	(Crowther 1999) (Guy & Shell 2002) (Crowther 2002) (Nordby 2009)
Dimensjoner komponenter for å passe all håndtering	Tillat all mulige håndteringsalternativer i alle stadier av montering, demontering, transport og om-montering Dimensjoner komponenter for å passe den håndteringen som forventes	(Crowther 1999) (Crowther 2002)
Prosjektér for at komponenter skal kunne håndteres ved demontering	Håndtering ved demontering kan kreve tilkoblingspunkter for løfteutstyr eller midlertidige støtteinnredninger	(Crowther 1999) (Crowther 2002)
Prosjektér for bevegelse under demontering	Demontering kan kreve større toleranser enn ved produksjon og bygging	(Crowther 1999) (Crowther 2002)
Prosjektér for at ledd og festepunkter skal tåle gjentatt bruk	Minimerer skade og deformasjon av komponenter og materialer under gjentatte monterings- og demonteringsprosesser	(Crowther 2002) (Brewer & Mooney 2008) (Nordby 2009)
Prosjektér for parallell demontering i stedet for sekvensiell demontering	Komponenter og/eller materialer kan fjernes uten å forstyrre andre komponenter eller materialer Separer strukturen fra kledningen, innevegger og utstyr Dersom ikke er mulig, gjør de mest gjenbrukbare eller de mest verdifulle delene av bygningen mest tilgjengelig, slik at disse kan hentes ut enkelt, og dermed også uten påkjenning	(Crowther 1999) (Crowther 2002) (Crowther 2014) (Nordby 2009)
Benytt prefabrikerte komponenter og masseproduksjonssystemer	Reduserer arbeid på byggeplass Tillater bedre kontroll over kvalitet Sørger for raskere og mer sikker montering og demontering	(Crowther 2002) (3XN Architects 2016) (Nordby 2009) (L.A. Akanbi et al 2018) (Minunno et al 2018)
Tilgjengelige reservedeler	Spesielt for spesialdesignede deler For å kunne lett erstatte ødelagte eller skadede komponenter (underveis i byggets levetid) For å kunne gjøre mindre endringer i byggets design	(Crowther 2002)
Materialpass (CE merking)	Behold all informasjon om byggproduksjon og monteringsprosessen Informasjon om demonteringsprosessen, forventet levetid for material/komponent og vedlikeholds krav Viktig med god dokumentasjon	(Crowther 1999) (Brewer & Mooney 2008) (Crowther 2002) (Guy & Shell 2002) (Rios et al 2015) (Nordby 2009)
Prosjektér for at komponenter, elementer og materialer skal enkelt kunne separeres	Benytt standardiserte bindinger, skruer i stedet for spikre, unngå kjemiske bindinger, bruk prefab og mudlær struktur	(Brewer & Mooney 2008) (Rios et al 2015) (Minunno et al 2018)
Benytt resirkulerte/ombruk materialer	Økt bruk av resirkulerte materialer vil oppfordre industrien og myndigheter til å utvikle nye teknologier for resirkulering Vil kunne føre til et større støttenettverk for fremtidig resirkulering og ombruk	(Crowther 1999) (Nordby 2009) (L.A. Akanbi et al 2018) (Minunno et al 2018)

Kapittel A. Samling av sirkulære prinsipper

		(Crowther 1999) (Guy & Shell 2002) (Brewer & Mooney 2008) (Nordby 2009) (3XN Architects 2016) (L.A. Akanbi et al 2018)
Unngå farlige/og eller giftige materialer	Vil redusere potensielt forurensende materialer sortert feil ved avhending Vil redusere potensielle helsesikeroer ved demontering som kan føre til at resirkulering ikke lenger er en mulighet	
Underenheter som ikke kan separeres skal lages av samme materiale	Unngår på denne måten at større megder av et materiale ikke vil bli forurenset av små mengder av et annet materiale, uten at de kan skilles fra hverandre Altså: benytt materialer som er så "rene" som mulig, i den forstand at de i stor grad kun består av ett og samme materiale Vil være lettere å resirkulere	(Crowther 1999)
Unngå sekundære behandlingsmetoder og belegg(overflatebehandlinger) når mulig	Belegg kan forurense basismaterialet og gjøre resirkulering mindre mulig Benytt materialer som ikke trenger behandling der mulig Benytt materialer med separate mekanisk festede overflater der mulig	(Crowther 1999) (Brewer & Mooney 2008) (Nordby 2009) (3XN Architects 2016) (L.A. Akanbi et al 2018)
Permanent indentifikasjon av materialer	Flere materialer, som plastikk, er ikke lett å identifisere og bør ha en ikke-fjernbar og ikke-fremtidig sortering av materialer	(Crowther 1999) (Brewer & Mooney 2008) (Nordby 2009)
Benytte så få som mulig "slitedeler", deler som blir fort slitt	Vil redusere antall deler som må bli fjernet i refabrikasjonsprosessen, og dermed gjøre represseringen mer effektiv	(Crowther 1999)
Benytt mekaniske tilkoblinger istedet for kjemiske	Vil gjøre det enklere å separere komponenter og materialer uten makt Vil redusere forurensning av materialer og skade på komponenter ved demontering	(Crowther 1999) (Guy & Shell 2002) (Brewer & Mooney 2008) (Crowther 2014) (3XN Architects 2016) (Rios et al 2015) (L.A. Akanbi et al 2018) (Minunno et al 2018)
Gjør kjemiske bindinger svakere enn delene som blir koblet sammen	Kjemiske bindinger bør være svakere enn komponentene slik at bindingene, og ikke selve komponentene, vil bli ødelagt ved demontering	(Crowther 1999)
Benytt standardiserte bindinger	Så få forskjellige typer bindinger som mulig (minimer antall ulike bindingstyper/festemetoder) Vil føre til en raskere demontering som krever mindre utstyr Bedre å gjøre noen bindinger/festemetoder overdimensjonert for å kunne få en raskere demonteringsprosess	(Crowther 2002) (Guy & Shell 2002) (Crowther 2014)
Gjør komponenter med kortere forventet levealder lettere tilgjengelig	Benytt et hierarki for demontering relatert til forventet levealder Komponenter med kortere forventet levealder er mer tilgjengelig, og dermed lettere å demontere og erstatte Komponenter med lenger forventet levealder kan være mer utilgjengelig	(Crowther 2002) (Guy & Shell 2002) (Nordby 2009) (3XN Architects 2016) (Crowther 2014) (L.A. Akanbi et al 2018)
Permanent indentifikasjon av komponenter	Kan benytte elektronisk indentifikasjon, som strekkoder eller internasjonale standarder Kan dermed finne demonteringsinformasjon for komponenten	(Crowther 2002) (Crowther 2014) (Brewer & Mooney 2008) (Nordby 2009)
Standardiser elementer som kan ha flere funksjoner	Flere funksjoner tillater større fleksibilitet Kan gjøre endringer uten å måtte foreta større konstruksjonsmessige endringer	(Crowther 2002) (Guy & Shell 2002)
Benytt et standard bæresystem	Størrelsen på bæresystemet bør være relatert til materialene som brukes slik at spennene er designet til å utnytte materialene mest effektivt Bygg lite komplekse bygg	(Crowther 2002) (Nordby 2009)
Benytt lette komponenter og materialer	Gjør håndtering enklere, raskere og mindre kostbart	(Crowther 2002) (Guy & Shell 2002) (Crowther 2014) (Nordby 2009) (Minunno et al 2018)
Permanent indentifikasjon av demonteringspunkt	Demonteringspunkt må være tydelig definert, og dermed ikke blandes med andre funksjoner	(Crowther 2002)
Forstå standard resirkuleringsprosedyrer og benytte materialer deretter		(Brewer & Mooney 2008)
Identifiser materialer slik at kan lese av gjeldende standard	Form for indentifikasjon, gjerne elektronisk, som oppdateres om materialets eller komponentens fysiske tilsand Informasjon som det er viktig at er lett tilgjengelig ved demontering Vil kunne garantere/oppfordre til gjenbruk	(Brewer & Mooney 2008)
Benytt BIM for å dokumentere informasjon relatert til elementer, produkter og materialer	Dokumentasjon av tilstand ved bygging Informasjon relatert til resirkulering og/eller gjenbruk	(Guy & Shell 2002) (Brewer & Mooney 2008) (Rios et al 2015) (Minunno et al 2018)
Lag en demonteringsplan for avhendingsprosessen basert på produksjonsfasen	Enkel plan for demontering Sørger for en rask og enkel demonteringsprosess Planen må være miljøvennlig i forhold til nærliggende bygninger, mennesker og natur	(Guy & Shell 2002) (3XN Architects 2016)
Lette tilgjengelige bindinger	Lette tilgjengelighet fører til lettere vedlikehold Vil være med på å avgjøre bygningens estetikk Vil føre til kortere monterings- og demonteringstid	(Guy & Shell 2002) (Nordby 2009) (3XN Architects 2016) (Rios et al 2015)

Kapittel A. Samling av sirkulære prinsipper

Benytt materialer av høy kvalitet som kan tåle å bli brukt flere ganger		(Nordby 2009) (3XN Architects 2016) (Minunno et al 2018)
Tenk på bygningen som en midlertidig konstruksjon	Bygningen er en midlertidig sammensetting av materialer Prosjektér med tanke på bevarelse av materialverdi	(3XN Architects 2016)
Lag komponenter der kompliserte elementer	Lag komponenter der sammensettingen av elementer blir for komplisert til å håndtere	(3XN Architects 2016)
Unngå bindingsmiddel	Benytt lettoppløselig bindingsmiddel der nødvendig	(3XN Architects 2016) (Rios et al 2015) (L.A. Akanbi et al 2018)
Prosjektér for stabilitet under demontering	Sørg for at konstruksjon er stabil ved demontering	(3XN Architects 2016)
Separer ikke-resirkulerbare, ikke-gjenbrukbare og farlig avfall fra hverandre	Eks: separer mekaniske, elektriske og VAV-systemer fra hverandre (HVAC)	(Rios et al 2015)
Standardiser elementer og dimensjoner	Prosjektér enkle strukturer som kan tillate standardisering av komponenter og dimensjoner	(Rios et al 2015) (Nordby 2009) (Minunno et al 2018)
Separer bæresystem fra kledning	Gjør det lettere å endre "the building envelope"	(Crowther 2014)
Unngå deformering av komponenter grunnet repeterende montering		(Crowther 2014)
Tillat demontering på alle nivå	Tillat demontering av alt fra materialer til hele bygninger	(Crowther 2014)
Bygg i lag		(3XN Architects 2016) (Nordby 2009) (L.A. Akanbi et al 2018)
Prosjektér for at komponenter skal kunne tåle repeterende bruk	Komponenter skal vare flere bygningssykluser	(Nordby 2009)
Benytt reversible tilkoblinger		(Nordby 2009)

Vedlegg

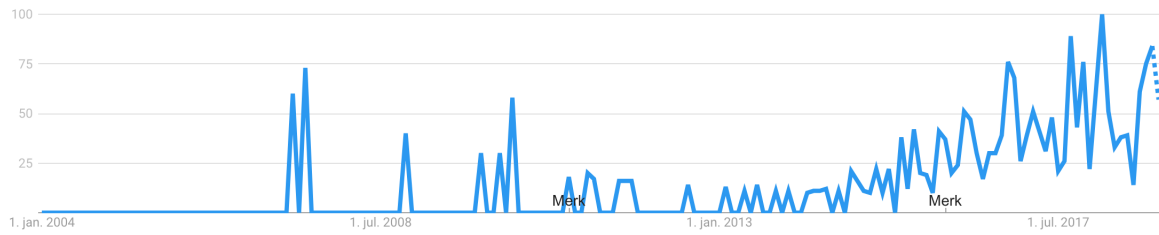
B | Søketreffstatistikk

B.1 Søketreffstatistikk fra litteraturstudiet

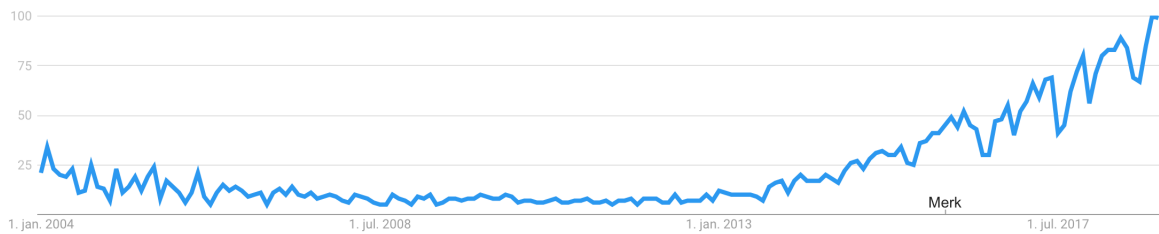
Tabell B.1: Søketreffstatistikk fra litteraturstudiet utført i forkant av masteroppgaven

Søketreffstatistikk					
Søkefrase	Oria	Web of Science	ASCE	Elsevier	Google Scholar
BREEAM	6932	208	129	8	18 100
<i>AND circular economy</i>	116	0	15	0	1 090
<i>AND constraints</i>	692	3	1	308	4 150
Circular economy	118 118	2 702	6 055	2233	1 150 000
<i>AND built environment</i>	28 003	105	3 389	2	248 000
<i>AND design for disassembly</i>	1015	31	0	60 126	20 500
<i>AND construction sector</i>	21 199	36	849	11	176 000
Sustainability	1 807 772	116 813	10 100	1 375 984	3 960 000
<i>AND built environment</i>	119 695	3 888	715	136 681	2 110 000
<i>AND construction sector</i>	136 949	163	314	2	1 400 000
Design for disassembly	46 096	1965	2	52 512	164 000
Sirkulær økonomi	32	0	0	0	3 720
<i>OG byggenæringen</i>	0	0	0	0	63
Bærekraftighet	168	0	0	0	935
<i>OG Byggenæringen</i>	0	0	0	0	79

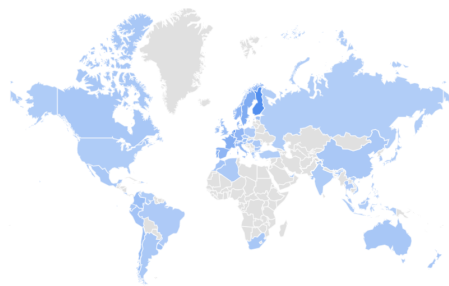
B.2 Google-søkestatistikk på søkeordet sirkulær økonomi



Figur B.1: Antall Google søk på sirkulær økonomi i Norge siden 2004



Figur B.2: Antall Google søk sirkulær økonomi verden siden 2004



1	Luxemburg	100	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: #0070C0;"></div>
2	Nederland	63	<div style="width: 63%; height: 10px; background-color: #0070C0;"></div>
3	Belgia	57	<div style="width: 57%; height: 10px; background-color: #0070C0;"></div>
4	Finland	56	<div style="width: 56%; height: 10px; background-color: #0070C0;"></div>
5	St. Helena	37	<div style="width: 37%; height: 10px; background-color: #0070C0;"></div>

Figur B.3: Fordeling av Google søk på sirkulær økonomi i verden

C | BREEAM-NOR 2016 manualen

C.1 Kategorier og emner i BREEAM-NOR 2016

Kategorier og emner i BREEAM-NOR 2016	
Ledelse	Vann
Man 01 Konseptutvikling og prosjektoptimalisering Man 02 Livsløpskostnader og levetidsplanlegging Man 03 Ansvarlig byggepraksis Man 04 Idriftsetting og overlevering Man 05 Prøvedrift og oppfølging	Wat 01 Vannforbruk Wat 02 Vannmåling Wat 03 Detektering og forebygging av vannlekkasjer Wat 04 Vannbesparende utstyr
Helse og innemiljø	Materialer
Hea 01 Visuell komfort Hea 02 Inneluftkvalitet Hea 03 Termisk miljø Hea 04 Forebygging av legionellasmitte Hea 05 Lydforhold Hea 06 Sikker atkomst Hea 07 Naturfarer Hea 08 Privat område Hea 09 Fuktsikkerhet	Mat 01 Bærekraftige materialvalg Mat 03 Ansvarlig innkjøp av materialer Mat 05 Robust konstruksjon
Energi	Avfall
Ene 01 Energieffektivitet Ene 02 Energimåling Ene 03 Utebelysning Ene 04 Energiforsyning med lavt klimagassutslipp Ene 05 Energieffektive kjølelagre Ene 06 Energieffektive transportsystemer Ene 07 Energieffektive laboratoriesystemer Ene 08 Energieffektivt utstyr Ene 09 Tørkeområde Ene 23 Bygningskonstruksjonens energiytelse	Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass Wst 02 Resirkulerte tilslag Wst 03 Avfall i driftsfase Wst 04 Valg av gulvbelegg og himling
Transport	Arealbruk og økologi
Tra 01 Kollektivtransporttilbud Tra 02 Avstand til servicetilbud Tra 03 Alternative transportformer Tra 04 Bilparkeringskapasitet Tra 05 Mobilitetsplan Tra 06 Hjemmekontor	LE 01 Valg av tomt LE 02 Tomtens økologiske verdi LE 04 Forbedring av tomtens økologi LE 05 Langsiktig påvirkning på arts mangfold LE 06 Byggets fotavtrykk
Innovasjon	Forurensning
Ny teknologi, prosess og praksis	Pol 01 Påvirkning fra kuldemedier Pol 02 NO _x -utslipp Pol 03 Overvannshåndtering Pol 04 Reduksjon av lysforurensning Pol 05 Støydemping

Figur C.1: Kategorier og emner i BREEAM-NOR 2016 (GBA)

C.2 Minstekrav i BREEAM-NOR 2016 etter klassifiseringsnivå

Emne	Kommentar	Pass	Good	Very Good	Excellent	Outstanding
Man 03 Ansvarlig byggepraksis	*Krav 7/8				1 poeng*	2 poeng*
Man 04 Idriftsetting og overlevering	*Krav 1–4 **Krav 1–4 + 7	1 poeng*	1 poeng*	2 poeng**	2 poeng**	3 poeng**
Man 05 Prøvedrift og oppfølging	*Krav 3				1 poeng*	1 poeng*
Hea 01 Visuell komfort		Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1
Hea 02 Inneluftkvalitet	*Krav 1 + 7 **Krav 1 + 9			2 poeng*	2 poeng**	2 poeng**
Hea 08 Privat område	Bare boligbygg					1 poeng
Hea 09 Fuktsikkerhet				1 poeng	1 poeng	1 poeng
Ene 01 Energieffektivitet					6 poeng	8 poeng
Ene 02a Energimåling	Bare næringsbygg			1 poeng	1 poeng	1 poeng
Ene 04 Energiforsyning med lavt klimagassutslipp					1 poeng	1 poeng
Ene 23 Bygningskonstruksjonens energiytelse						2 poeng
Wat 01 Vannforbruk					1 poeng	2 poeng
Mat 01 Bærekraftige materialvalg		Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1
Mat 03 Ansvarlig innkjøp		Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1
Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass						1 poeng
Wst 03a/b Avfall i driftsfase					1 poeng	1 poeng

Figur C.2: Minstekrav i BREEAM-NOR 2016 etter klassifiseringsnivå (GBA)

C.3 Oppsummering av Materialkategorien i BREEAM-NOR 2016

Materialer

Sammendrag

Denne kategorien oppfordrer til å gjennomføre tiltak for å redusere påvirkningen fra byggematerialer gjennom prosjektering, bygging, vedlikehold og reparasjon. Målet med emnene i denne kategorien er å sikre ansvarlig innkjøp av materialer med lav miljøpåvirkning gjennom livsløpet, inkludert utvinning, bearbeiding, produksjon og resirkulering.

Sammendragstabell for kategorien

Emne	Poeng	Poengsammendrag
Mat 01 Bærekraftige materialvalg	Opp til 7	Redusere byggets miljøpåvirkning over livsløpet gjennom bruk av bærekraftige materialer.
Mat 03 Ansvarlig innkjøp av byggeprodukter	3	Anerkjenne lovlig avvirket trevirke og ansvarlig innkjøpte materialer for å redusere konsekvensene for miljø og samfunn/økonomi.
Mat 05 Robust konstruksjon	1	Implementere hensiktsmessige prosjekterings- og spesifikasjonstiltak i relevante bygningsdeler for å begrense materialforringelse på grunn av miljøfaktorer. Implementere tiltak i bygget for å redusere påvirkning fra skader og slitasje.

Figur C.3: Oppsummering av Materialkategorien i BREEAM-NOR 2016 (GBA)

C.4 Oppsummering av Avfallskategorien i BREEAM-NOR 2016

Avfall

Sammendrag

Denne kategorien oppfordrer til bærekraftig håndtering (og gjenbruk dersom det er mulig) av avfall på byggeplass og i driftsfase gjennom fremtidig vedlikehold og reparasjon av bygningskonstruksjonen. Målet med emnene i denne kategorien er ved å oppfordre til god prosjekterings- og byggepraksis å redusere avfall på byggeplass og i driftsfase og hindre det i å havne på deponi. Det inkluderer å identifisere tiltak for å redusere fremtidig avfall som følge av behov for å endre bygget i lys av fremtidige klimaendringer.

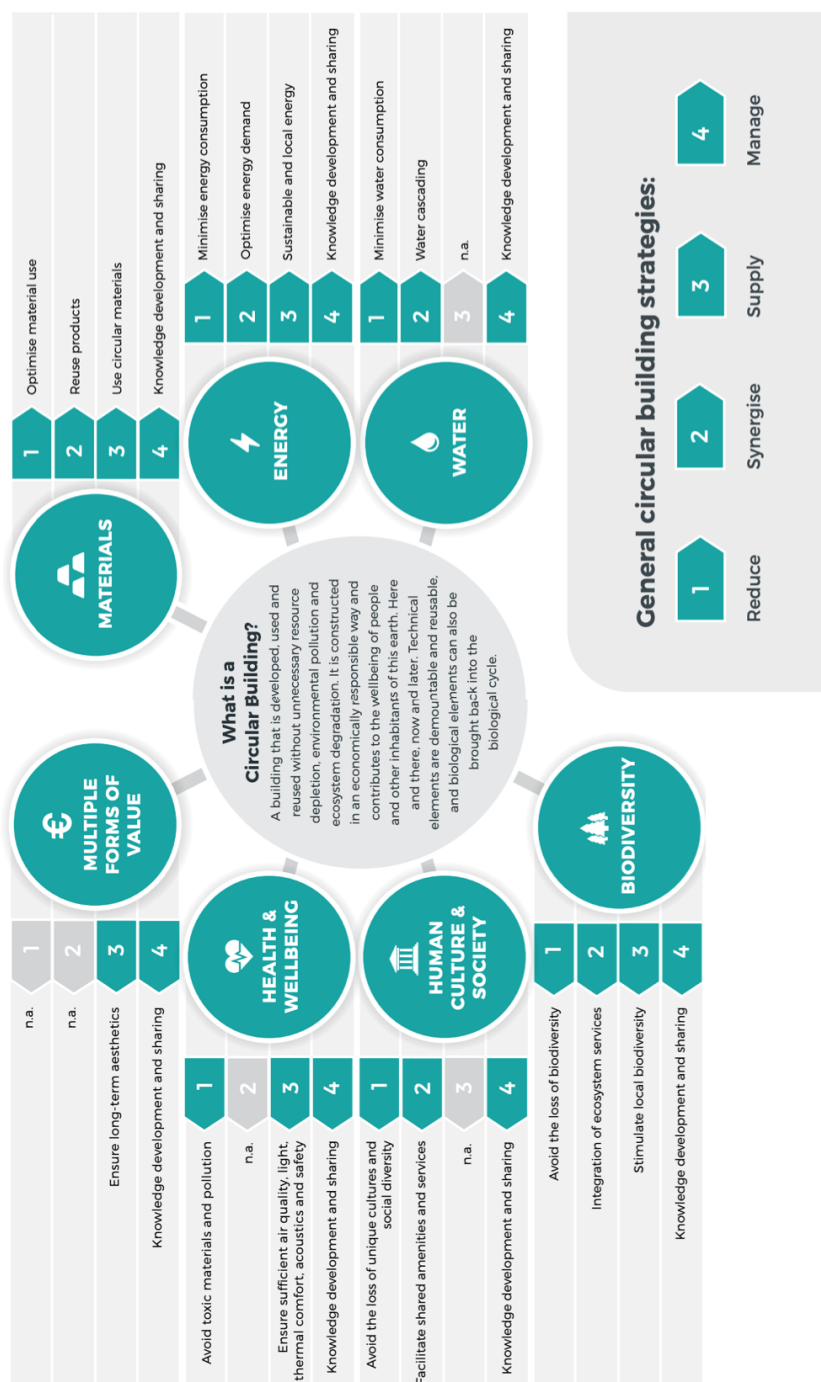
Sammendragstabell for kategorien

Emne	Poeng	Poengsammendrag
Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass	3	Utarbeide en plan for ressurs håndtering på byggeplassen. Begrense avfallsmengder og utnytte mulighet til sortere, gjenbruke og resirkulere avfall på byggeplass.
Wst 02 Resirkulerte tilslag	1	Spesifisere prosentandel resirkulert eller gjenvunnet tilslag mot fastsatte mål.
Wst 03a Avfall i driftsfase Wst 03b Avfall i driftsfase	1 2	Stille til rådighet plass og mulighet til å sortere og oppbevare resirkulerbart avfall i driftsfasen fra bygg/enhet, brukere og virksomhet.
Wst 04 Valg av gulvbelegg og himling	1	Spesifisere og vise frem gulvbelegg og himling etter avtale med bruker eller for utleide områder der fremtidig leietager ikke er kjent i et begrenset utstillingsområde for å redusere unødig avfall.

Figur C.4: Oppsummering av Avfallskategorien i BREEAM-NOR 2016 (GBA)

D | Circle Economy sitt strategiske rammeverk for sirkulære bygninger

D.1 Fremstilling av rammeverket



Figur D.1: Strategisk rammeverk for sirkulære bygninger (Circle Economy et al., 2018)

D.2 Beskrivelser av strategier og substrategier

Materials

M1 - Optimal material use	M2 - Reutilisation of products	M3 - Circular materials	M4 - Knowledge development and sharing
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduce amount of materials used 2. Design for flexibility 3. Design for resilience 4. Design for reassembly 5. Checks and balances on environmental impact (prerequisite) 	<ol style="list-style-type: none"> 6. Maximise amount of reused materials 7. Maximise amount of reused components 8. Maximise amount of reused elements 9. Future use 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Maximise use of renewable materials 11. Minimise use of scarce/critical materials 12. Optimise environmental and social impact of materials 	<ol style="list-style-type: none"> 13. Availability/accessibility of material information

Figur D.2: Under effektområdet Materials har 12 sirkulære underkategorier blitt utviklet. Disse er igjen fordelt over de 4 sirkulære bygningsstrategiene (Circle Economy et al., 2018)

Energy

E1 - Minimise energy consumption <ol style="list-style-type: none"> 1. Building design contains and uses minimal amount of energy 	E2 - Optimise energy demand <ol style="list-style-type: none"> 2. Energy matching (space and time)
E3 - Sustainable and local energy <ol style="list-style-type: none"> 3. Minimise environmental impact of energy source 	E4 - Knowledge development and sharing <ol style="list-style-type: none"> 4. Availability of information (energy) for building stakeholders 5. Possibility of optimisation during use phase

Figur D.3: Under effektområdet Energy har 5 sirkulære underkategorier blitt utviklet. Disse er igjen fordelt over de 4 sirkulære bygningsstrategiene (Circle Economy et al., 2018)

Water

W1 - Minimise water consumption <ol style="list-style-type: none"> 1. Building design contains and uses minimal amount of water 	W2 - Water cascading <ol style="list-style-type: none"> 2. Grey water system 3. Rainwater collection system 4. Resource/nutrient recovery
W3 - Knowledge development and sharing <ol style="list-style-type: none"> 5. Availability/accessibility of water information 	

Figur D.4: Under effektområdet Water har 5 sirkulære underkategorier blitt utviklet. Disse er igjen fordelt over de 3 sirkulære bygningsstrategiene (Circle Economy et al., 2018)

Biodiversity and Ecosystems

BE1 - Avoid the loss of biodiversity	BE2 - Integration of ecosystem services
1. Building design causes minimal loss of biodiversity through embodied and use-phase ecosystem impacts	2. Ecosystem elements provide biodiversity and building functions
BE3 - Stimulate local biodiversity	BE4 - Knowledge development and sharing
3. Building design strengthens local biodiversity, especially for rare species	4. Long-term preservation of biodiversity and ecology 5. Availability/accessibility of biodiversity information

Figur D.5: Under effektområdet Biodiversity and Ecosystems har 5 sirkulære underkategorier blitt utviklet. Disse er igjen fordelt over de 4 sirkulære bygningsstrategiene (Circle Economy et al., 2018)

Human culture and society

HS1 - Avoid the loss of unique cultures and social diversity	HS 2 - Facilitate shared amenities and services
1. Building design causes minimal social shortfall and loss of cultures through embodied and use-phase impacts	2. Functional shared spaces and amenities provide cohesion and impact reduction
HS 3 - Knowledge development and sharing	
3. Availability/accessibility of social information	

Figur D.6: Under effektområdet Human culture and society har 3 sirkulære underkategorier blitt utviklet. Disse er igjen fordelt over de 3 sirkulære bygningsstrategiene (Circle Economy et al., 2018)

Health and Wellbeing

HW 1 - Avoid toxic materials and pollution	HW2 - Ensure sufficient quality of life by providing an optimal indoor environment
<ol style="list-style-type: none"> 1. Building design embodies no or minimal toxicity 2. Prevent pollution during construction, use phase and deconstruction 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Ensure air quality and thermal comfort 4. Ensure visual comfort 5. Ensure acoustics
HW 3 - Knowledge development and sharing	
<ol style="list-style-type: none"> 6. Availability/accessibility of toxicity information and indoor environment parameters 	

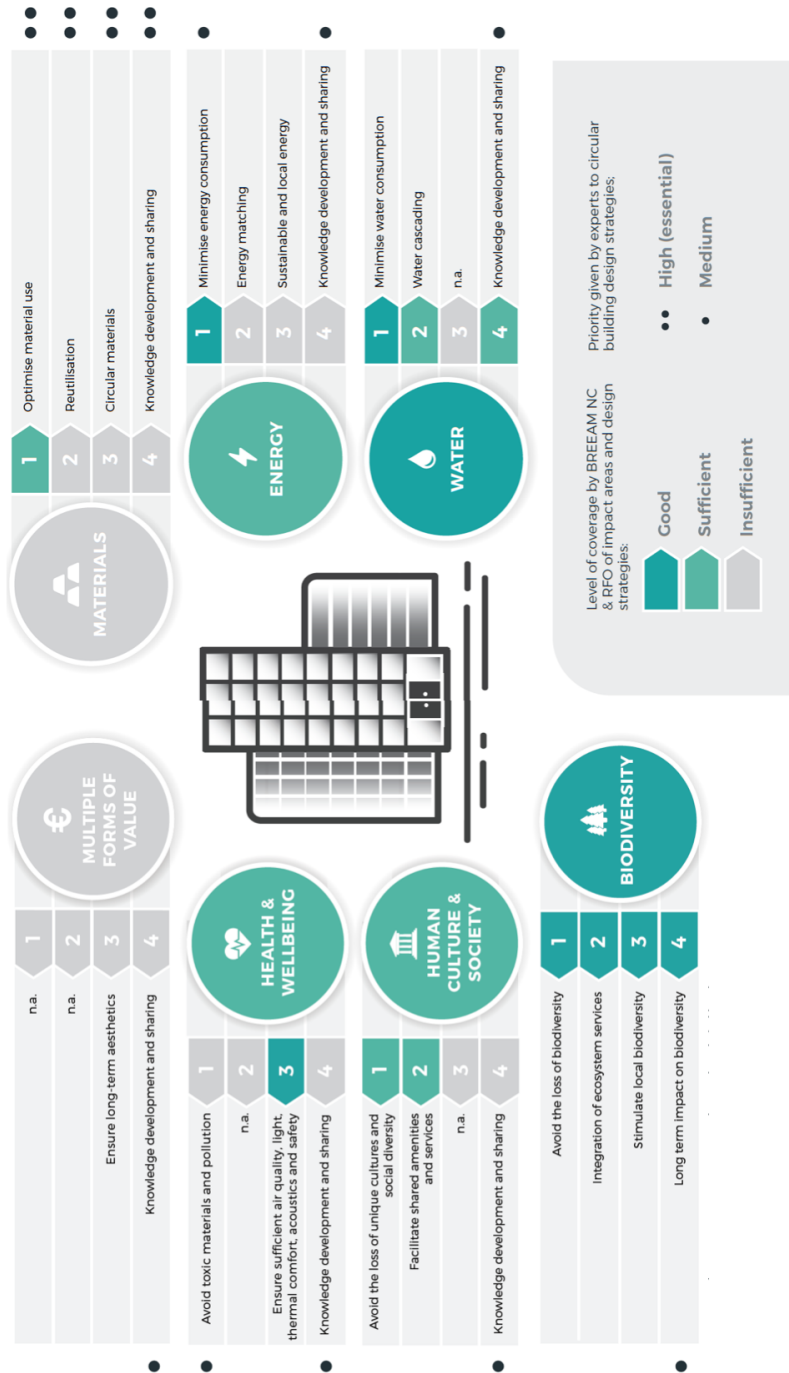
Figur D.7: Under effektområdet Health and Wellbeing har 6 sirkulære underkategorier blitt utviklet. Disse er igjen fordelt over de 3 sirkulære bygningsstrategiene (Circle Economy et al., 2018)

Multiple forms of value

V1 - Ensure long-term aesthetics	V2 - Knowledge development and sharing
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aesthetic value of the building doesn't limit its functional lifetime 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Availability/accessibility of value information

Figur D.8: Under effektområdet Multiple forms of value har 2 sirkulære underkategorier blitt utviklet. Disse er igjen fordelt over de 2 sirkulære bygningsstrategiene (Circle Economy et al., 2018)

D.3 Sirkulære mangler i BREEAM NC & RFO



Figur D.9: Sirkulære mangler i BREEAM NC & RFO (Circle Economy et al., 2018)

D.4 Foreslåtte indikatorer for de 6 prioriterte underkategoriene

M.1.1 - Reduce amount of materials

M.1.1.1 - A feasibility study is performed on the possibilities of building refurbishment, possibly excluding the option of new development. INTRODUCE NEW

M.1.1.2 - A feasibility study is performed on the possibilities of minimising the square meters of development (both new construction and renovation), within the specified requirements. CONSIDER IMPROVEMENT

M.1.1.3 - A feasibility study is performed on the possibilities of minimising the total material mass used within the specified requirements and square meter surface of development. CONSIDER IMPROVEMENT

M.1.4 - Design for reassembly

M.1.4.1 - De-/remountable connections are used when placing/installing the product in its direct surroundings, of which the preservation of similar quality can be guaranteed. INTRODUCE NEW

M.1.4.2 - The product is assembled through de-/remountable connections, of which the preservation of similar quality can be guaranteed. INTRODUCE NEW

M.1.4.3 - The connections used for placing/installing the product in its (direct) environment are accessible. INTRODUCE NEW

M.2.1 - Maximise amount of reused materials

M.2.1.1 - The score calculated by the tool MCI (Material Circularity Indicator) is equal or higher than X. CONSIDER IMPROVEMENT

M.2.1.2 - When determining the materialisation, search for local supply of reusable/second hand materials CONSIDER IMPROVEMENT

M.3.1 - Maximise amount of renewable materials

M.3.1.1 - Recyclable materials are used in the technical cycle CONSIDER IMPROVEMENT

M.3.1.2 - Biobased materials are used in the biological cycle CONSIDER IMPROVEMENT

M.4.1 - Knowledge development and sharing

M.4.1.1 - A building material passport is composed and maintained during the use cycle of the building regarding material cycles. CONSIDER IMPROVEMENT

M.4.1.2 - The building material passport is available for every building stakeholder. INTRODUCE NEW

M.4.1.3 - Upon completion, the building is delivered with demolition specification or disassembly guidelines. INTRODUCE NEW

HW.1.1- Building design embodies no or minimal toxicity

HW.1.1.1- No materials from the C2C Banned List of Chemical Materials are used CONSIDER IMPROVEMENT

HW.1.1.2- Building products have no or minimal VOC emissions CONSIDER IMPROVEMENT

Figur D.10: Foreslåtte indikatorer for de 6 prioriterte under kategoriene gitt av det strategiske rammeverket for sirkulære bygninger (Circle Economy et al., 2018)

