

Thomas Berge Foyen

Digital informasjonsforvaltning av byggningsressurser for å øke graden av ombruk

Et studie fra utbyggers perspektiv i livsløpet til
byggeprosjekter

Masteroppgave i Bygg og Miljøteknikk

Veileder: Rolf André Bohne

Februar 2022

Thomas Berge Foyen

Digital informasjonsforvaltning av byggningsressurser for å øke graden av ombruk

Et studie fra utbyggers perspektiv i livsløpet til
byggeprosjekter

Masteroppgave i Bygg og Miljøteknikk
Veileder: Rolf André Bohne
Februar 2022

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



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i forbindelse med avslutning av det 5-årige sivilingeniørstudiet Bygg og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. Oppgaven har strukket seg over 20 uker fra september 2021 til februar 2022. Masteroppgaven er skrevet under studieretningen “Bygg og anlegg“ med hovedprofil prosjektledelse. Emnekoden er TBA4910 Prosjektledelse, og vektlegges 30 studiepoeng.

Motivasjonen bak valg av tema ligger i et ønske om å opparbeide seg kunnskap om de klima og miljøhandlingene som virkelig monner i byggebransjen. Av egne erfaringer, fra to sommerjobber hos byggherre og entreprenør underveis i studiet, er det mye en leder kan gjøre for å styre prosjekter i en mer bærekraftig retning. Jeg håper derfor denne oppgaven kommer til nytte senere. Både for meg selv og andre som ønsker å øke graden av ombruk i sine prosjekter.

Jeg ønsker å takke min veileder ved NTNU, Rolf André Bohne, og doktorgradstipendiat Oskar Fahlstedt, for gode diskusjoner og veiledning underveis. Takk til Hege Wik og andre i Trondheim Eiendom som villig har deltatt i samtaler og bidratt med informasjon. Tilsatt, takk til alle informanter som har stilt opp på intervju med et brennende engasjement for tema.

Thomas Berge Foyen. NTNU, Gløshaugen, 14. Februar 2022.

Sammendrag

I nyere tid er det viet mer oppmerksomhet til ressursforbruket i byggenæringen. Prognosene fra FN tilsier at det skal bygges et areal tilsvarende Paris hver uke frem til 2060. Det er allerede estimert at bransjen står for rundt 50 % av det jomfruelige ressursuttaket globalt. I Norge generer bransjen 2 millioner tonn avfall i året, der 40 % kommer fra riveaktivitet. Ønsket om å redusere det jomfruelige ressursuttaket etter sirkulærøkonomiske prinsipper er sterkt. Denne masteroppgaven undersøker derfor hvordan digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser kan føre til høyere grad av ombruk. Det er i den sammenheng stilt tre forskningsspørsmål: 1) Hva er de sentrale utfordringene for å oppnå høyere grad av ombruk med digital kontroll på ressursbruken i bygg? 2) Hvilke løsninger er sentrale for at eiendomsbesitter skal oppnå digital informasjonforvaltning av sine bygningsressurser? 3) Kan den digitale informasjonsforvaltningen av bygningsressurser i prosjekters levetid øke graden av ombruk i fremtiden?

Masteroppgaven ser på problemstillingen fra eiendomsbesitters perspektiv med hovedfokus på prosessene hos utbygger. I et ombruksperspektiv fokuserer oppgaven på de tyngre bygningsressursene som anvendes i bærekonstruksjonen som betong og stål. Hele livsløpet til bygningsressursene undersøkes fra prosjektoppstart til avvikling i bygget. Innledningsvis er det studert litteratur innenfor de to fagfeltene 1) sirkulærøkonomi med fokus på ombruk, og 2) digitalisering med fokus på informasjonsforvaltning. Det er gjennomført 18 semistrukturert dybdeintervjuer i den norske byggebransjen hos aktører som belyser problemstillingen fra forskjellige perspektiver. Inklusivt et Case-studie med den offentlige eiendomsbesitteren Trondheim Eiendom.

Det er identifisert utfordringer i seks hovedområder. Lønnsomhet, mangel på “ekte digitalisering” og resertifisering av brukte byggevarer er de mest sentrale utfordringene for at eiendomsbesitter skal oppnå digital kontroll på sine bygningsressurser. Basert på funnene i oppgaven er det foreslått løsninger for hvordan bygningsselementer kan ombrukes fra vugge til vugge i fremtidige prosjekter. I tillegg er det foreslått et rammeverk for hvordan den digitale informasjonsforvaltningen av byggeressurser kan se ut i prosjekters levetid. Oppgaven konkluderer med at implementering av løsningene fører til høyere grad av ombruk. Det begrunnes med: 1) Prosessene med ombruksplanlegging hos utbygger blir vesentlig enklere og 2) Digital kontroll på bygningsressurser støtter fremvesten av lønnsomme markeder for utbygger og eksterne aktører.

Med bakgrunn i to fagfelt som er mye diskutert separat i byggenæringen, danner denne masteroppgaven et helhetlig oversiktsbilde over informasjonsforvaltningsprosessene som skal til for å øke ombruk av de CO_2 intensive byggematerialene i nye prosjekter. Forhåpentligvis bidrar denne oppgaven til at man løfter blikket og ser hvor i verdikjeden det kreves konkrete handlinger. I så måte kan masteroppgaven være et nyttig verktøy for ledere som ønsker å implementere mer ombruk i sine prosjekter.

Summary

In recent times, more attention has been paid to resource consumption in the AEC industry. The forecasts from the UN indicates that an area equal to Paris will be built every week until 2060. It is already estimated that the industry accounts for around 50 % of the virgin resource extraction globally. In Norway, the industry generates 2 million tonnes of waste a year, of which 40 % comes from demolition activity. The desire to reduce the virgin resource extraction according to circular economic principles is strong. This master's thesis therefore examines how digital information management of building resources can lead to a higher degree of reuse. In this context, three research questions have been asked: 1) What are the key challenges in achieving a higher degree of reuse with digital control over the use of resources in buildings? 2) What solutions are central for property owners to achieve digital information management of their building resources? 3) Can the digital information management of building resources in the life of projects increase the degree of reuse in the future?

The master's thesis looks at the problem from the property owner's perspective with the main focus on the developer's processes. From a reuse perspective, the thesis focuses on the heavier building resources used in the supporting structure such as concrete and steel. The entire life cycle of the building resources is examined from project start-up to decommissioning in the building. Initially, literature has been studied within the two disciplines 1) circular economy with a focus on reuse, and 2) digitization with a focus on information management. 18 semi-structured in-depth interviews have been conducted in the Norwegian construction industry with actors who shed light on the issue from different perspectives. Including a Case study with the municipality Trondheim Eiendom.

Challenges have been identified in six main areas. Profitability, lack of “ real digitization “ and recertification of used building materials are the most central challenges for property owners to achieve digital control of their building resources. Based on the findings in the thesis, solutions have been proposed for how building elements can be reused from cradle to cradle in future projects. In addition, a framework has been proposed for how the digital information management of construction resources can look like during the life of projects. The thesis concludes that the implementation of the solutions leads to a higher degree of reuse. This is justified by: 1) The processes of rebuilding planning at the developer will be significantly simpler and 2) Digital control of building resources supports the emergence of profitable markets for developers and external players.

Based on two disciplines that are widely discussed separately in the construction industry, this master's thesis forms a comprehensive overview of the information management processes needed to increase the reuse of the CO_2 intensive building materials in new projects. Hopefully, this task helps to get an overview and see where in the value chain concrete actions are required. In this way, the master's thesis can be a useful tool for managers who want to implement more reuse in their projects.

Ordforklaringer og forkortelser

Begrep	Beskrivelse
Ombruk	Ny utnyttelse av et produkt i dets opprinnelige form
Grad av ombruk	I oppgaven definert som en empirisk observasjon av endringen i omfanget av ombruk sammenliknet med nåsituasjonen
Gjenbruk	Ny utnyttelse av materialer i en prosess der produktstrukturen endres
Gjenvinning	Defineres som et overordnet begrep på nyttiggjøring av avfall i form av ombruk, gjenbruk, og energiutnyttelse
Downcycling	Også nedsirkulering, er gjenbruk av et produkt/materiale som fører til at det nye produktet har mindre verdi enn tidligere
Upcycling	Også oppsirkulering, er ombruk av et produkt/materiale som fører til at det nye produktet er ansett som mer verdifullt enn det tidligere
CDE	Common Data Environment, Åpent datamiljø
OIR	Organisational Information Requirements, organisasjonens informasjonskrav
AIR	Asset Information Requirements, byggverkets informasjonskrav
PIR	Project Information Requirements, prosjektets informasjonskrav
EIR	Exchange Information Requirements, krav til informasjonsutveksling
AIM	Asset Information Modell, informasjonsmodell for byggverk
PIM	Project Information Modell, prosjektets informasjonsmodell
BIM	Bygnings Informasjons Modellerings, en del av PIM
IFC	Industry Foundation Classes, filformat for utveksling av informasjon i bygnings informasjons modellering
API	<i>Application Programming Interface</i> , et programmeringsgrensesnitt som sørger for å utveksle informasjon mellom forskjellige applikasjoner

Innhold

Begreper og forkortelser	iv
Figurer	viii
Tabeller	ix
1 Innledning	1
2 Teori	4
2.1 Bærekraftig utvikling og klima og miljøavtrykket til byggenæringen	4
2.1.1 FNs bærekraftsmål	4
2.1.2 Klimagassutslipp	5
2.1.3 Arealbruk	6
2.1.4 Ressursforbruk	6
2.1.5 Norges ressursforbruk	8
2.2 Sirkulærøkonomi	9
2.2.1 Definisjon og prinsipper	9
2.2.2 Sirkulærøkonomi og ombruk i den Norske byggebransjen	11
2.2.3 Bygningsmaterialers egnethet til ombruk	13
2.2.4 Regelverk og merkeordninger	14
2.2.5 Ombruk og lønnsomhet	16
2.3 Digitalisering og informasjonsforvaltning	17
2.3.1 Heldigitalisering	17
2.3.2 ISO 19650, en internasjonal standard for informasjonsforvaltning	18
2.3.3 Fasenormen “neste steg“	21
2.3.4 Åpen BIM/CDE, standardisering og filformater	22
2.3.5 BIM manualer og veiledere	23
2.3.6 Digital tvilling	24
2.4 Sirkulærøkonomi og digitalisering	25
2.4.1 Ombruk og digital informasjonsforvaltning	25
2.4.2 Tilgjengeligheten på informasjon om eksisterende bygningsmasse	26
3 Metode	28
3.1 Litteraturstudie	28
3.1.1 Steg A: Overordnet kartlegging	29
3.1.2 Steg B: Systematisk litteratursøk	30
3.1.3 Steg C: Videre litteraturstudium	31
3.1.4 Steg D: Utvelgelse av litteratur	32

3.2	Kvalitative intervjuer	34
3.2.1	Informantene	34
3.2.2	Gjennomføringen av semistrukturerte dybdeintervjuer	36
3.2.3	Arbeid med intervjumaterialet	37
3.3	Case studie	38
4	Case studie med Trondheim Eiendom	40
4.1	Gjennomføring av klima og miljøprosjekter	40
4.2	Overordnet prosjektgjennomføring	41
4.3	Resultater fra intervjuer relatert til Trondheim Eiendom	43
4.3.1	Vurderinger rundt riving av bygg	43
4.3.2	Prosjektgjennomføringsprosesser	44
4.3.3	Ombruk i Trondheim Eiendom i dag	45
4.3.4	Main Manager og Loopfront	46
4.3.5	Informasjonskrav, BIM og digitalisering	48
4.4	Sykkelhotell på Leütenhaven	48
5	Resultater fra intervjuer	50
5.1	Utfordringer kartlagt hos informantene	50
5.1.1	Forretningsmodell og lønnsomhet	51
5.1.2	Det menneskelige aspektet	53
5.1.3	Praktiske utfordringer	55
5.1.4	Informasjonskrav og dokumentasjon	57
5.1.5	Juridiske og prosessrelaterte utfordringer	59
5.1.6	Digitale utfordringer	60
5.2	Muligheter i bransjen	62
5.2.1	Lønnsomhet	62
5.2.2	Digitale muligheter	63
5.2.3	Matche ulike behov	64
5.2.4	Statlige initiativ	65
5.2.5	Kartlegging og behandling av dagens bygningsmasse	65
5.2.6	Prosjektering for demontering	67
5.3	Eksempler på informasjonsflyt for ombruk i dag	69
5.4	Oppsummering av case-studie og resultater	73
6	Diskusjon	77
6.1	Flytskjema for et bygningselement i ombruk i levetiden til et prosjekt	77
6.1.1	Prosesser hos eiendomsbesitter	79
6.1.2	Prosesser hos prosjekterende og utførende	88
6.1.3	Prosesser hos forvaltning drift og vedlikehold	91
6.2	Forslag til digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser for å øke graden av ombruk	93
6.3	Vurdering av forskningsmetoden	95

7	Konklusjon	96
	Referanser	101
	Vedlegg	108
A	Utvalgte sentrale litteraturfunn fra litteraturstudiet	108
B	Intervjuer	109
B.1	Intervjuguide Trondheim Eiendom	110
B.2	Intervjuguide Rådgivende	112
B.3	Illustrasjon for hvordan intervjumateriale er behandlet i Excel	114

Figurer

1.1	Seks lag med bygningsressurser i en bygning	2
2.1	Sentrale bærekraftsmål som denne oppgaven berører.	5
2.2	Byggebransjens energibruk og CO ₂ utslipp	5
2.3	Årlig endring i driverne for bygningers utslipp og energibruk	6
2.4	Sirkulærøkonomi og avfallshierarkiet	9
2.5	En illustrasjon av verdikjeden i et bygg	12
2.6	ISO19650, prosess for informasjonsforvaltning	19
2.7	Informasjonskrav	20
2.8	Fasenormen “Neste Steg“	22
2.9	Flytdiagram for automatisk validering av BIM modell	23
3.1	Oversikt over antall litteraturfunn relatert til utgivelsesår.	33
3.2	Flytskjema for arbeid med intervjumaterialet	37
3.3	Organisasjonskart og informanter fra Trondheim Kommune	38
4.1	Illustrasjon av hvordan et prosjekt blir til	41
4.2	Tidslinje over nidarvollprosjektet	42
4.3	Illustrasjon av produktdata i Loopfront	47
5.1	Fordeling av observasjoner i hovedområder	51
5.2	Illustrasjon av montering og demontering av bjelke, v. informant	68
5.3	Illustrasjon av søyleelementet som ombrukes i Archicad	70
5.4	Ombruk av bærekonstruksjon i rehabiliteringsprosjekt	71
5.5	Flytskjema for bygningsressurser i omløp i dag	74
6.1	Flytskjema til et bygningselement i ombruk etter ønsket situasjon	78
6.2	Digital informasjonsforvaltning for ombruk av bygningselementer	94

Tabeller

2.1	Beskrivelse av de ulike ISO19650 standardene	19
2.2	Tilgjengeligheten på informasjon for formålsbygg og eiendom	26
3.1	Beskrivelser av de fire stegene i litteraturstudiemetoden.	29
3.2	Antall treff i databaser etter utvalgte søkefraser.	30
3.3	Oversikt over antall kilder valgt ut fra de forskjellige stegene.	32
3.4	Informantene som er intervjuet	35
3.5	Informanter Trondheim Eiendom	39
4.1	Resultater fra intervjuer relatert til Trondheim Eiendom	43
5.1	Kartlagte utfordringer hos informantene	50
5.2	Kartlagte muligheter hos informantene	62

1 Innledning

Verden er ventet å bikke 8.5 milliarder mennesker innen år 2030. Befolkningsveksten skjer samtidig som flere oppnår økt levestandard med høyere konsum av varer og tjenester. I takt med befolkningsveksten øker utfordringene med overforbruk av naturressurser, miljøpåvirkninger og høye klimagassutslipp (FN-Sambandet 2019). På verdensbasis ble jordas ressurser i år brukt opp den 29. juli 2021. Norge forbruker ressurser i et tempo som ligger langt over verdensgjennomsnittet, og det ble estimert at Norge i 2021 passerte sin ressursbruksgrense den 12. april (Global Footprint Network 2021).

Byggenæringen er estimert å stå for rundt 40% av de totale globale klimagassutslippene, og 50% av det årlige uttaket av jomfruelige ressurser (UN, Environment 2020). Det bygges som aldri før, og frem til 2060 viser prognoser at det skal bygges et areal på størrelse med Paris hver eneste uke (UN, Environment 2017). I tillegg er det estimert at det blir frigjort 250 milliarder tonn bygningsmasse fra avviklingsprosesser i byggenæringen mellom 2010 og 2030 globalt (Krausmann mfl. 2018). I Norge rives det 20 000 bygg årlig, og bygg og anleggsvirksomhet står for et høyt forbruk av ressurser med høye indirekte klimagassutslipp (SSB 2021b). Problemstillingene knyttet til ressursforbruk har ført til at flere har mål om å oppnå sirkulære byggeprosjekter der man beholder ressursene i kretsløpet. Det er blant annet etablert internasjonale og nasjonale strategier rundt omstillingen til sirkulærøkonomi, som “Circular economy action plan“ og “Nasjonal strategi for en grøn, sirkulær økonomi“ (Erupean Comission 2020; Klima-og Miljødepartementet 2021).

Parallelt med omstillingen til en mer bærekraftig byggebransje foregår det en teknologisk og digital revolusjon i byggenæringen (Lavikka mfl. 2018). Det er spådd at nye digitale verktøy og arbeidsmetoder legger grunnlaget for å hente ut gevinster i form av økt produktivitet, mindre sløsing og bærekraftige byggeprosjekter. Siden det første digitale veikartet kom i 2017, har Byggenæringens landsforening (2017) anbefalt prosjekteiere og byggherrer å ta eierskap til sine egne bygg ved å få på plass digitale tvillinger. De digitale verktøyene og metodene som er utviklet muliggjør kontroll på informasjonen om bygningsressurser på en helt annen måte enn det har blitt gjort tidligere (Volk mfl. 2014).

I nyere tid er det i ferd med å vokse frem et marked knyttet til digitalisering og ombruk med eksempelvis Loopfront, Madaster, Sirken og Resirqel. Markedet ser imidlertid ut til å ha fokus på ombruk av synlige bygningskomponenter eller inventar, og være involvert i byggeprosjekter over kortere tidsrom. Sammenhengen mellom sirkulærøkonomi og digital informasjonsforvaltning av de tyngre bygningsressursene fra eiendomsbesitters perspektiv er lite utforsket (Çetin mfl. 2021). Omstillingen til sirkulærøkonomi er utfordrende ettersom eiendomsbesittere ikke har et overblikk på sine eiendeler og data. Det gjør det vanskelig å forvalte bygningsressursene på en god måte i levetiden til prosjekter Klein mfl. (2020). I dag fremstår veien for å oppnå digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser i prosjekters levetid som kompleks, med flere utfordringer som må løses.

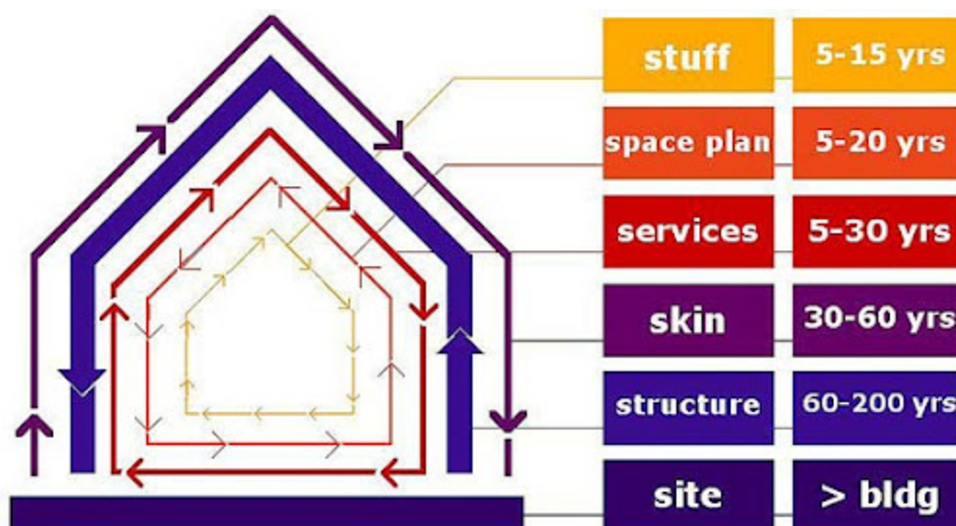
Problemstilling og forskningsspørsmål

Med bakgrunn i adresserte utfordringer er det sett nærmere på problemstillingen: *Hva er sammenhengen mellom digitalisering og sirkulærøkonomi, og hvordan kan digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser øke ombruk i byggets levetid?* Til problemstillingen er det utarbeidet følgende forskningsspørsmål:

1. Hva er de sentrale utfordringene for å oppnå høyere grad av ombruk med digital kontroll på ressursbruken i bygg?
2. Hvilke løsninger er sentrale for at eiendomsbesitter skal oppnå digital informasjonsforvaltning av sine bygningsressurser?
3. Kan den digitale informasjonsforvaltningen av bygningsressurser i prosjekters levetid øke graden av ombruk i fremtiden?

Avgrensninger til oppgaven

Den generelle vinklingen i oppgaven er å få en oversikt over de prosessrelaterte forholdene knyttet til digitalisering og ombruk fra offentlig eiendomsbesitters perspektiv. Oppgaven tar for seg hele levetiden til et prosjekt. Fra prosjektet starter opp til bygget ender sin levetid ved avvikling. Det er i all hovedsak den norske byggebransjen som undersøkes. I et klima og miljøperspektiv er denne oppgaven avgrenset til å se på ressursbruken i boligbygg og formålsbygg. Mer spesifikt undersøker oppgaven spesielt de strukturelle materialene som brukes i bærekonstruksjonen. Det Brand (1995) beskriver som “structure“ i Figur 1.1, og består hovedsakelig av konstruksjonsmaterialer med levetid fra 60 til 200 år.



Figur 1.1: Brand (1995) seks lag med bygningsressurser med forskjellig levetid, (Xing mfl. 2020).

Fra et digitaliseringsperspektiv ser denne oppgaven på hvordan informasjonen om bygningsmassen forvaltes igjennom hele prosjektets levetid. Digitaliseringsprosesser og informasjonsledelse er derfor sentrale tema, men oppgaven er også innom detaljer om hvordan ulike digitale verktøy og formater egner seg for informasjonsforvaltning av bygningsressurser. Det faller ikke innenfor denne oppgaven å regne på klimagassreduksjon ellers tallfestet økonomisk gevinst ved ombruk av bygningsressurser. Når det snakkes om “høyere grad av ombruk“ i oppgaven er det i form av en empirisk observasjon sammenliknet med nåsituasjonen for ombruk. Oppgaven ser derfor kun på prosessrelaterte tilnærminger for å øke graden av ombruk i nye prosjekter basert på kvalitativ datainnsamling.

Hvordan lese masteroppgaven

Teorikapittelet introduseres med å belyse hvilke implikasjoner ressursforbruket i byggenæringen har på jordkloden i et bærekraftig perspektiv. Videre presenteres sentrale sirkulærøkonomiske prinsipper for ombruk, og nøkkel-litteratur innenfor digital informasjonsforvaltning. Teorikapittelet avsluttes med å sammenstille de to fagområdene for å se hva som er gjort av forskning på tematikken fra før.

I metodekapittelet beskrives forskningsmetoden som er anvendt i denne oppgaven. Første del beskriver litteraturstudiet som er gjennomført innenfor de to fagfeltene: 1) sirkulærøkonomi med fokus på ombruk, og 2) digitalisering med fokus på informasjonsforvaltning. Videre er det beskrevet hvordan den kvalitative datainnsamlingen er gjennomført med de semistrukturerte dybdeintervjuene. Til slutt følger beskrivelse av hvordan case-studien med Trondheim Eiendom er gjennomført med intervjuer og et dokumentstudie.

Første del av resultatene i denne oppgaven er presentert i kapittelet om case-studiet med Trondheim Eiendom. Her gjengis relevante funn fra intervjuer og dokumentstudier. Andre del av resultatene i denne oppgaven er presentert i resultatkapittelet. I resultatkapittelet gjengis de sentrale funnene fra totalt 18 intervjuer, med kartlagte utfordringer, muligheter og relevante eksempler til oppgaven. Til slutt oppsummeres funnene fra case-studiet og intervjuene ved å illustrere et flytskjema for “nåsituasjonen“ for bygningsressursene hos en offentlig eiendomsbesitter.

Diskusjonskapittelet i oppgaven innledes med å illustrere et forslag til flytskjema for hvordan “ønsket situasjon“ til et bygningselement i ombruk bør være hos eiendomsbesitter. Videre følger diskusjoner til flytskjema som trekker inn relevant teori og funnene fra case-studie og intervjuene. Diskusjonen følger tre prosesser i levetiden til bygningselementet i bygget. Med bakgrunn i diskusjonen forslås det hvordan informasjonsforvaltningen bør være mellom aktørene i prosjektets levetid. Til slutt er det gjort en kort vurdering rundt hva som har vært bra og hva som kunne vært gjort annerledes med arbeidet i denne masteroppgaven.

I konklusjonskapittelet samles trådene med en oppsummering av hvordan de tre forskningsspørsmålene er besvart i masteroppgaven. Avslutningsvis er det foreslått videre forskning.

2 Teori

Teoridelen i denne oppgaven omfatter fem kapitler som presenterer grunnlaget for å forstå sammenhengen mellom det to fagfeltene 1) sirkulærøkonomi med fokus på ombruk og 2) digitalisering med fokus på informasjonsforvaltning. Teorikapittelet baserer seg på funnene som er gjort i forbindesle med litteraturstudie. Første kapittel gir en introduksjon til bærekraftig utvikling og et faktabasert innblikk i klima og miljøavtrykket i byggenæringen. I andre kapittel forklares sentrale begreper og prinsipper i sirkulærøkonomi med fokus på ombruk. I tredje kapittel gjennomgås sentrale digitale prosesser og metoder i byggebransjen, med fokus på informasjonsforvaltning. I siste kapittel samles trådene for de to fagfeltene, og det blir presentert hva litteraturen sier om sammenhengen mellom sirkulærøkonomi og det digitale skiftet i byggenæring.

2.1 Bærekraftig utvikling og klima og miljøavtrykket til byggenæringen

2.1.1 FNs bærekraftsmål

FN-Sambandet (2021) opererer med følgende definisjon av bærekraftig utvikling:

Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov.

Definisjonen ble først brukt i FNs verdenskommissjon for miljø og utviklings rapport “*Vår felles framtid*” som kom i 1987. I Norge ofte omtalt som Brundtland-kommisjonen. Overordnet beskriver FN tre dimensjoner av bærekraftig utvikling: 1) Sosiale forhold, 2) Økonomiske forhold og 3) Klima og miljø. Videre utarbeidet FN i 2016, 17 bærekraftsmål med 169 delmål (FN-Sambandet 2021). Bygg og anleggsnæringen berører naturligvis flere av bærekraftsmålene på forskjellige måter, og man kan enkelt argumentere for at den berører alle 17 bærekraftsmålene. Det er likevel vurdert at masteroppgaven berører seks bærekraftsmål i større grad enn andre. Bærekraftsmålene er illustrert i Figur 2.1. Ettersom næringen livnærer seg på å bygge og bruke ressurser fra biosfæren, berører den naturlig nok bærekraftsmål 13, 14 og 15. Globalt sysselsetter bygg og anleggsnæringen 7 % av verdens arbeidende befolkning og står for 13 % av globalt årlig BNP (McKinsey 2017). Næringen har med det omfattende global innvirkning på økonomien. De som arbeider i økonomien er spesielt ansvarlige for bærekraftig forbruk og produksjon. Oppgaven berører derfor bærekraftsmål 8 og 12. Den økende befolkningsveksten og urbaniseringen gjør at bygg og anleggsnæringen er pekt ut som en sentral sektor for å gjøre byer og lokalsamfunn robuste. Oppgaven berører derfor bærekraftsmål 11.

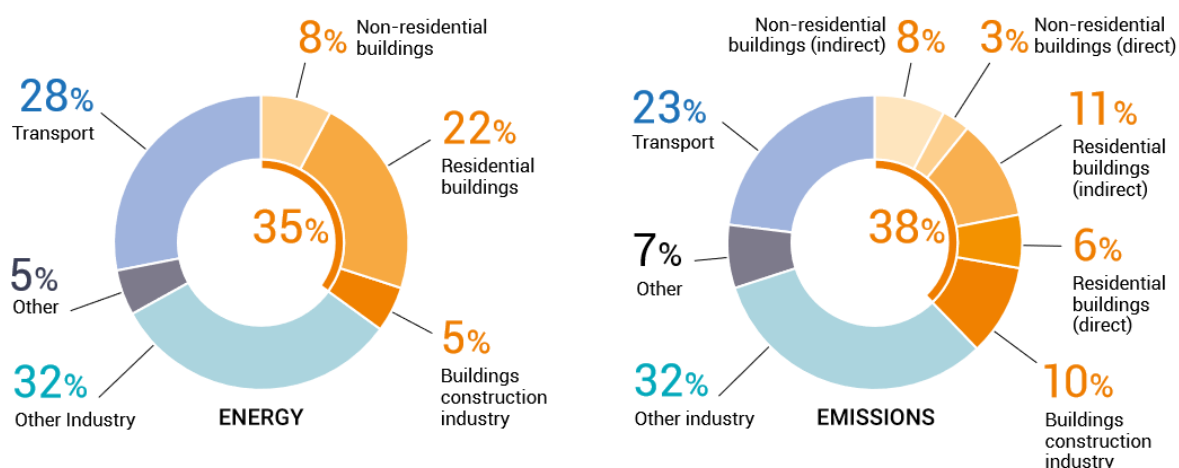


Figur 2.1: Sentrale bærekraftsmål som denne oppgaven berører.

Som det ble antydnet innledningsvis har byggenæringens ressursforbruk omfattende innvirkning på biosfæren. Både i form av klimapåvirkninger som CO₂ utslipp, og miljøpåvirkninger ved arealbeslag, ressursuttømming og forurensning. Kommende delkapitler gir en kort innføring i nevnte områder med et faktabasert innblikk i klima og miljøavtrykket til byggenæringen med fokus på ressursforbruk.

2.1.2 Klimagassutslipp

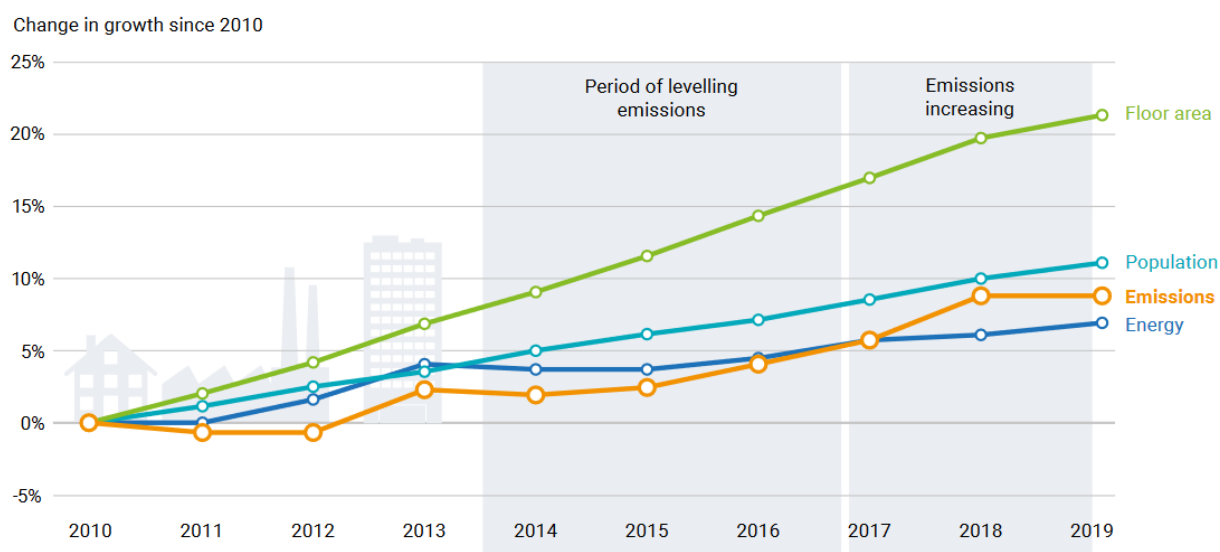
UN, Environment (2020) estimerer at byggenæringen årlig står for 38 % av verdens totale CO₂ utslipp (Figur 2.2 til høyre). Det tilsvarer 13,5 Gt CO₂, eller årlige utslipp fra rundt 3 milliarder bilsbiler (US EPA 2016). Utslippsbidragene utgjør henholdsvis 28 % fra driftsfasen av eiendommer (residential) og 10 % fra bygningsmaterialer og produksjon av eiendommene (construction industry). Figur 2.2 viser til venstre hvor mye energi byggenæringen bruker i global sammenheng, der byggenæringen står for totalt 35 % av energibruken i verden. Det største bidraget til både energibruk og utslipp kommer fra energibehovet byggene har igjennom sin levetid. Totalt bruker nå byggenæringen 55 % av all elektrisitet som produseres i verden. Notis til Figuren: Produksjon (construction) inkluderer utslipp fra produksjon av materialer som betong, stål og glass (UN, Environment 2020).



Figur 2.2: Byggebransjens energibruk og CO₂ utslipp i global sammenheng (2019).

2.1.3 Arealbruk

Frem til 2060 er det forventet at verden bygger 230 milliarder kvadratmeter med gulvareal, tilsvarende å bygge et areal på størrelse med Paris hver uke i 40 år (UN, Environment 2017). Figur 2.3 viser endringen de siste 10 årene for arealbruk, befolkningsvekst, klimagassutslipp og energibruk. Figuren viser at veksten i arealbruk og befolkning over tid er høyere en veksten i energibruk. Veksten i arealbruk, sammen med befolkningsvekst, er den største grunnen til at energibehovet i byggenæringen øker (UN, Environment 2020).



Figur 2.3: Årlig endring i driverne for bygningers utslipp og energibruk sammenliknet med 2010, (UN, Environment 2020).

2.1.4 Ressursforbruk

I tillegg til omfattende klimagassutslipp og arealbeslag står byggenæringen for rundt 50 % av verdens årlige uttak av jomfruelige naturressurser (UN, Environment 2020). Den globale materialbruken er forventet å doble seg frem til 2060, der byggenæringen er estimert å stå for en tredjedel av økningen. Nedenfor er det gjort en punktvis oppsummering over hva faglitteraturen sier om ressursbruken til byggenæringen i global sammenheng.

- Totalt er det årlige forbruket av ressurser i bygg og anleggsnæringen på rundt 43 gt (gigatonn) (UN, Environment 2020).
- Byggenæringen står for det største lageret av ressurser globalt, der rundt halvparten av alle materialer som tas ut årlig akkumuleres i bygningsmasse og infrastruktur. Grunnet den lange levetiden til bygg og infrastruktur lagrer næringen materialer som har innvirkning på fremtidens etterspørsel etter ressurser (Krausmann mfl. 2018).

- 250 Gt med bygningsmasse blir tilgjengelige mellom 2010 og 2030 grunnet rivearbeider eller liknende. Det er like mye bygningsmasse som ble tilgjengelig på hele 1900 tallet (Krausmann mfl. [2018](#)).
- **Betong:** Menneskeskapte utslipp kommer fra tre hovedkilder: 1) Forbrenning av fossile energikilder, 2) avskoging og annen landendring, og 3) nedbrytning av karbonater. Produksjonen av sement, hovedingrediensen i betong, står for de største utslippene knyttet til 3) nedbrytning av karbonater. Hvert år produseres det et halvt tonn sement per person i hele verden, og det har økt med en faktor på 30 siden 1950. Sementproduksjon står alene for 8 % av verdens totale CO₂ utslipp. I 2060 er betong alene forventet å utgjøre 12 % av de globale CO₂ utslippene (Andrew [2018](#)).
- **Stål:** Etterspørselen etter stål var i 2021 rundt 1,9 milliarder tonn, noe som tilsvarer rundt 240 kg produsert stål per person (Kinch [2021](#)). Stålproduksjon bidrar alene til 9 % av verdens globale CO₂ utslipp, og stål til bygg og infrastruktur står for omkring halvparten av stålforbruket (Cullen mfl. [2012](#)).
- **Tre:** Byggenæringen bruker årlig rundt 0,9 milliarder kubikkmeter med treprodukter. Produksjon av tømmer er en av flere grunner til avskoging, særlig der det er mangel på bærekraftig skogsdrift (UN, Environment [2020](#)), (Heimpel [2021](#)).
- Det er estimert at man årlig trenger å ta ut 30 Gt sand, tilslag i betong, pukk eller andre jomfruelige steinressurser. Det utgjør rundt 4 tonn fordelt på hver person i verden hvert år. I et globalt perspektiv tas ressursene hovedsakelig ut fra elver og kystlinjer, noe som forverrer allerede sårbare biologiske mangfold (UN, Environment [2020](#)).
- Tilsvarende som de tyngre bygningsressursene er det et høyt forbruk av materialer som plastikk, isolasjon, glass, maling, rørprodukter, komposittmaterialer, limprodukter og materialer til elektrisitet (UN, Environment [2020](#)).
- Materialetapene i bygging og riving er økende, og i EU genererer byggenæringen rundt 25 - 30 % av det totale avfallet per år. Selv om EU har satt et gjenbruksmål på rundt 70 %, og de fleste rapporterer om dette, så er det meste av gjenbruket i form av “downcycling“ (Iyer-Raniga mfl. [2021](#)).
- (Oberle mfl. [2019](#)) estimerer at total global ressursutvinning utgjør ca halvparten av dagens klimagassutslipp og er årsaken til mer enn 90 % av miljøpåvirkningene på land og i hav. Byggenæringen er den største bidragsyteren. Miljøpåvirkningene er i form av tap av biologisk mangfold og implikasjoner knyttet til vannsystemet på jorda.
- Verdiskapning og miljøpåvirkninger er heller ikke likt fordelt over kloden. Høyt forbruk og verdiskapning i høyinntektsland gir miljøpåvirkninger i lavinntektsland, der miljøpåvirkningen er tre til seks ganger større i høyinntektsland enn i lavinntektsland (Oberle mfl. [2019](#)).

2.1.5 Norges ressursforbruk

Norge er regnet for å være et høyinntektsland og Global Footprint Network (2021) estimerer at hvis alle land i verden hadde tilsvarende forbruk som Norge, ville jorda passert sin ressursbruksgrense den 12. april (Global Footprint Network 2021). Ressursbruksgrensen markerer det punktet der verden har brukt opp sine årlige ressurser med tanke på at jorda skal klare å regenerere ressursene uten å gå tomme for de i fremtiden. Videre gis et faktabasert innblikk i Norges ressursforbruk med bakgrunn i tall fra Miljødirektoratet (2017), Direktoratet for mineralforvaltning (2020) og SSB (2021a).

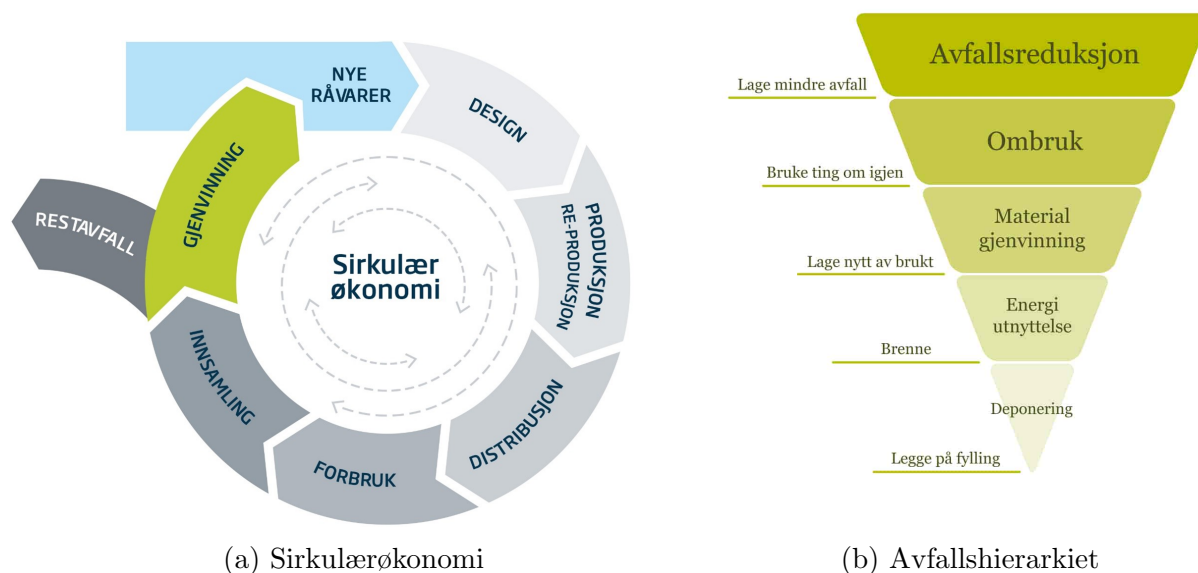
- Det årlige avfallet fra byggeaktivitet i Norge på ca. 2 millioner tonn i 2019. Fra det kom rundt 40 % fra riving, 25 % fra rehabilitering og 35 % fra nybygging
- Av avfallet fra byggeaktivitet ble 46 % materialgjenvunnet, 24 % energigjenvunnet og 26% ble deponert.
- Det er estimert at Norge produserte og solgte totalt 111 millioner tonn minerlask råstoff i 2019 med en omsetning på 11,6 milliarder kroner. Byggeråstoff utgjorde 62 % av den totale omsetningen.
- Av totalt omsatt byggeråstoff går 29 % til eksport og restens til innenlandsmarkedet. 99 % av byggeråstoffene som eksporteres er knust fjell.
- Av de totalt 111 millioner tonn solgt byggeråstoff utgjorde 16.3 millioner tonn råstoff til betongproduksjon (17% av total omsetning).
- Per innbygger i Norge ble det totalt omsatt 13 tonn byggeråstoff til innenlandsmarkedet.
- Det ble totalt solgt 11,5 millioner kubikkmeter tømmer til industriformål i 2021
- Avskogingen i Norge fra 1990 til 2015 var på rundt 1400 km^2 .
- Hovedgrunnen til avskoging i Norge er utbygging (68 % av avskogingsarealet) der vei og bebyggelse utgjør det største bidraget.

2.2 Sirkulærøkonomi

Foregående kapittel illustrerer hvorfor det er viktig å drive en grønn omstilling som tar vare på ressursene i kretsløpet. I dette kapitlet gis en innføring i sentrale begreper og prinsipper for sirkulærøkonomisk tankegang i byggebransjen med fokus på ombruk.

2.2.1 Definisjon og prinsipper

Sirkulærøkonomi er i seg selv ikke et nytt fenomen, og har blitt praktisert i flere sammenhenger igjennom menneskets historie. Kenneth E. Boulding, en pioner innen miljøøkonomi, regnes som den første i moderne tid til å definere sirkulærøkonomiske prinsipper i en større skala. I det Boulding kalte “Spaceman economy“ ser han på jordkloden som et romskip som bærer millioner av liv gjennom verdensrommet i et lukket system. Avfall kan ikke forlate romskipet og ressurser kan ikke tilføres. Romskipet har de ressursene det har og det er vår plikt å forvalte det riktig for å sikre at skipet”vårt i fremtiden fungerer som det skal (Boulding 1966). Det er bred enighet om at dagens lineære økonomi ikke er bærekraftig, der man tar ut råstoffer, produserer, konsumerer og kaster (Korhonen mfl. 2018). Klima-og Miljødepartementet (2021) har blant annet lansert en grønn strategi for sirkulærøkonomi. I en sirkulærøkonomi tar man sikte på å ha en syklisk materialstrøm av ressurser. I stedet for å ha en vugge til grav tilnærning av en ressurs, er målet å oppnå vugge til vugge. En sirkulærøkonomiskmodell er basert på fire grunnleggende prinsipper: 1) livsforlengelse, 2) gjendistribusjon og gjenbruk, 3) vedlikehold, og 4) resirkulering (Urbinati mfl. 2017). I Figur 2.4 er det gitt en generisk illustrasjon av to sentrale prinsipper med sirkulærøkonomi.



Figur 2.4: Illustrasjon av prinsippet med sirkulærøkonomi og avfallshierarkiet, (NORD Universitet 2021) (SNL 2021).

Til venstre i Figur 2.4 viser en generisk illustrasjon av hvordan råvarene fortsetter sin levetid fra vugge til vugge. Målet er å minimere restavfall og holde ressursene i kretsløpet. En sentral modell i sirkulærøkonomien er avfallshierarkiet som er illustrert til høyre i Figur 2.4 (SNL 2021). Avfallshierarkiet gir en rangering av hva som er best å gjøre for å minimere uttaket av ressurser:

1. Per definisjon er det viktigste man kan gjøre å lage mindre avfall. I et byggsammenheng innebærer det å øke levetiden til eksisterende bygg eller ikke bygge nytt i det hele tatt.
2. Det nest viktigste er å bruke ressursene om igjen, altså ombruk. Ombruk defineres som ny utnyttelse av et produkt i dets opprinnelige form. I byggsammenheng er hulldekker et eksempel på ombruk (Sirken 2021).
3. I midten av hierarkiet finner man materialgjenvinning. Her endrer man strukturen på materialet for å lage et nytt produkt. I byggsammenheng er omsmelting av skrapjern til ny bruk som armeringsjern et eksempel på gjenvinning.
4. Energiutnyttelse er siste mulighet for en ressurs å bli utnyttet på. Materialet defineres som restavfall og det brennes slik at man kan utnytte energien som er igjen til varme og elektrisitet.
5. Materialer som ikke kan brennes deponeres på forsvarlig vis. Det er den minst ønskelige utveien for en ressurs.

To sentrale prinsipper innen sirkulærøkonomi, som også knyttes til avfallshierarkiet er “up-cycling” og “down-cycling”. “Up-cycling”, eller oppsirkulering er ombruk av et produkt/materiale som fører til at det nye produktet er ansett som mer verdifullt enn det tidligere. “Down-cycling”, eller nedsirkulering er gjenbruk av et produkt/materiale som fører til at det nye produktet har mindre verdi enn tidligere. Sistnevnte er mest vanlig. Et eksempel fra byggebransjen er knusing av betong som brukes som fyllmasse et nytt sted. Det kreves ofte kreativitet og innovative løsninger for å få til “Up-cycling”.

Når det snakkes om sirkulærøkonomi i byggebransjen rettes det generelt fokus mot gjenbruk og materialgjenvinning. Særlig sorteringsgrad er et mål bransjen bruker for å vurdere realiseringen av en mer bærekraftig byggeprosess. Gjølme (2020) konkluderer med at sorteringsgrad er et godt prinsipp, men ikke vil bidra tilstrekkelig for å oppnå ønsket grad av ressursutnyttelse. Med et mål på sorteringsgrad starter den sirkulære tankegangen først på byggeplassen, men da er det i realiteten for sent å redusere uttaket av primære råstoffer.

Jaegtnes (2020) og Circular Norway (2020) understreker at det er ombruk som i realiteten vil føre til en reduksjon i uttak av jomfruelige ressurser. Ved at man bruker et produkt om igjen, eller forlenger levetiden til produktet i livsløpet, sendes det et markedssignal om at en produsent ikke trenger å produsere like mye av det produktet.

2.2.2 Sirkulærøkonomi og ombruk i den Norske byggebransjen

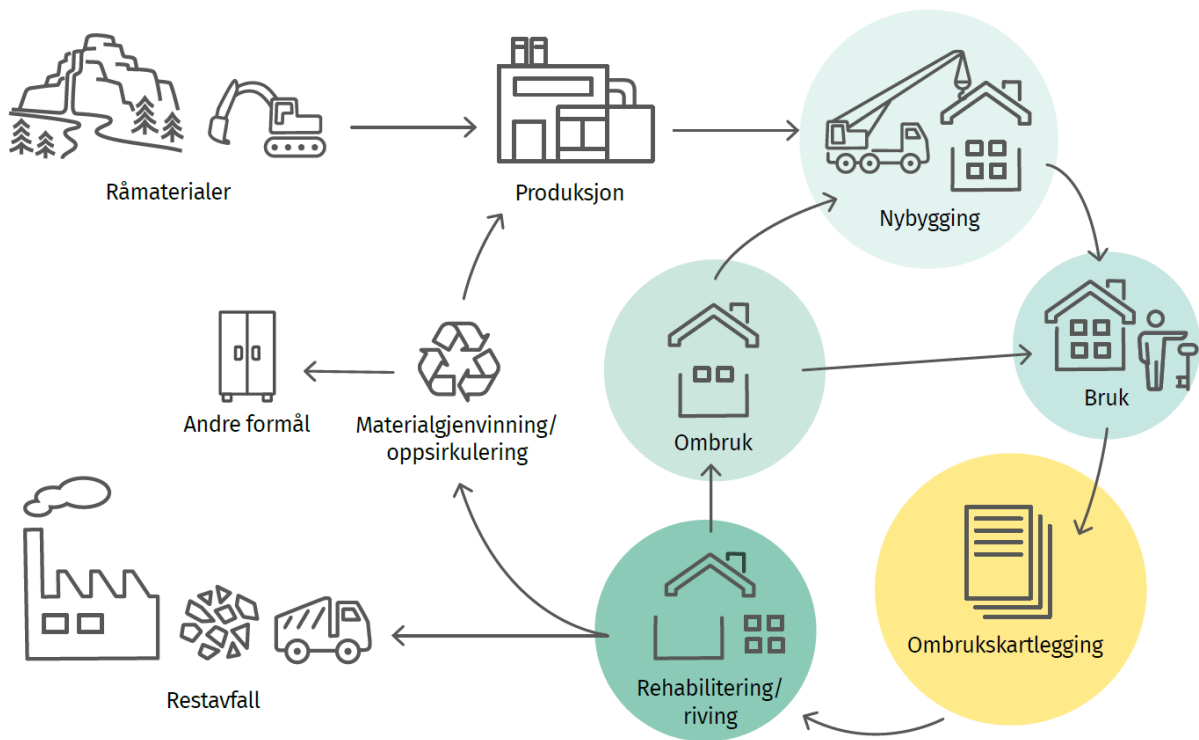
Norsk Eiendom og Grønn byggallianse lanserte i 2016 et veikart ment som en anbefaling til norske eiere og forvaltere av bygg om hvilke valg de bør gjøre på kort og lang sikt for at eiendomssektoren skal bidra til et bærekraftig samfunn i 2050. Byggeiere har særskilt stor påvirkning ovenfor det grønne skiftet ettersom de er kunde til industri, transport, energiforsyning og byggevareprodusenter Norsk Eiendom (2016). Fra veikartet legges det frem at hovedutfordringen til bransjen er bedre utnyttelse av materialressurser, der de skriver:

De største gapene mellom dagens praksis og 2050-visjonen er vårt spredte bebyggelsesmønster, ineffektiv arealutnyttelse og vår holdning til bruk av materialressurser. EUs tiltak for sirkulærøkonomi, dvs en økonomi basert på gjenbruk, reparasjon, oppussing/forbedring og materialgjenvinning, er trolig det viktigste for byggsektoren å ta tak i framover. Heri ligger også de største forretningsmulighetene for arkitekter, produsenter og utviklere som ønsker å dra økonomisk gevinst av det grønne skiftet.

Videre skriver de at det forventes at endringene i regelverk, etterspørsel og markedspriser vil endre seg slik at en forretningsstrategi må være mer eller mindre identisk med en bærekraftsstrategi hvis et selskap skal kunne overleve.

Ombruk er for tiden ett av de mest aktuelle temaene i byggenæringen etter økt bevissthet rundt ressursforbruket til bransjen, økte råvarepriser under koronapandemien og potensielle kutt i klimagassutslipp (Grønn Byggallianse 2021). Flere selskaper er i ferd med å etablere nye markeder som omfatter ombruk av byggevarer, som Loopfront, Madaster, Sirken og Resirqel. EU arbeider med å endre regelverk og lage strategi for en bærekraftig byggenæring (Erupean Comission 2020). Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har kommet med en veiviser for kravene til brukte byggevarer og regelverket for omsetning av brukte byggevarer er på høring (byggkvalitet 2021). Det er i tillegg gjennomført pilotprosjekter for ombruk, som ved Kristian Augusts Gate 13 (KA13) i Oslo , (Entra ASA 2021)).

I forbindelse med Arendalsuka i 2021 lanserte Grønn Byggallianse og Statsbygg (2020) en veileder for kartlegging av ombruk. Det nevnes flere fordeler ved mer ombruk i byggebransjen: 1) reduksjon i klimagassutslipp, 2) redusere behov for å ta ut nye råvarer, 3) bedre ivareta identitet og kulturhistorisk verdi og 4) det kan gi lokale jobber fordi verdiskapningen og verdikjeden hentes hjem. Veilederen er laget ettersom kartleggingen av verdien i bygningsmassen er det første steget for å realisere ombruk i praksis. Veilederen henvender seg til byggherrer og eiendomsbesittere. Ombrukskartlegging handler om å identifisere ombrukbare bygningskomponenter i et eksisterende bygg. Enten for bruk et annet prosjekt eller i eksisterende bygg. I Figur 2.5 er det illustrert hvor i verdikjeden ombrukskartleggingen foregår.



Figur 2.5: En illustrasjon av den sirkulære verdikjeden til et bygg, og hvor ombrukskartlegging kommer inn, (Grønn Byggallianse og Statsbygg 2020).

Veilederen tar for seg blant annet hvilke bygningselementer som egner seg for ombruk, hvilke forskrifter og krav som gjør seg gjeldende, når ombrukskartleggingen skal gjennomføres og hvordan bestille ombrukskartlegging. Som et minimum anbefales det at ombrukskartleggingen bør være ferdigstilt 3 måneder før oppstart av rehabilitering eller riving. Det er også en fordel at det er gjort tilstandsanalyse og miljøanalyse før ombrukskartleggingen. Veilederen nevner at det er forskjellige måter å registrere informasjon om bygningskomponentene på, men anbefaler at følgende ombruksinformasjon registreres for hver komponent:

- Bygningskategori og bygningsdel
- Beskrivelse av bygningskomponent
- Mengdeanslag/antall
- Dimensjon/mål (bredde, høyde, lengde, tykkelse og diameter)
- Produksjonsår og produsent
- Plassering i bygget (rom og etasje)
- Tilstand/restlevetid

- Demonterbarhet
- Tilgjengelig dokumentasjon/produktinformasjon
- Vurdering av potensiale for ombruk

Veilederen forklarer at en sentral utfordring er mellomlagring av materialer, og at det derfor ikke er noe som heter “for tidlig“ når man snakker om tidspunkt for ombrukskartlegging. Tilgang til informasjon tidlig optimaliserer planlegging og kan føre til mindre mellomlagring. Det optimale er å utarbeide en konkret fremdriftsplan for demontering og ny bruk slik at ombrukskomponentene kan gå rett fra donorbygget der det skal brukes, men det skjer i sjeldne tilfeller. Mellomlagring forklares som kostnadsdrivende for prosjektene og det kan også føre til skader på komponentene. Veilederen beskriver også en utfordring med å sertifisere bygningskomponenter der det ikke foreligger relevant produktinformasjon. Fysiske tester kan være aktuelt, enten i bygget eller transport til annet sted. Destruktiv testing er et eksempel på en slik måling som ble gjennomført på betonghulldekkene fra regjeringskvartalet.

2.2.3 Bygningsmaterialers egnethet til ombruk

Innledningsvis ble det beskrevet at denne oppgaven er avgrenset til å se på den tyngre bygningsmassen i bygg som ble omtalt som strukturelle konstruksjonsmaterialer med levetid mellom 60 til 200 år. Som det også kommer frem av ombruksveilederen er det i all hovedsak bygningskomponenter og bygningselementer som kan demonteres som egner seg for ombruk. Fjeldheim mfl. (2019) skriver i sin rapport om de praktiske problemstillingene og mulighetene for å få til forsvarlig bruk av byggevarer i dagens bygg. Det trekkes frem eksempler på seks byggevarer som egner seg til ombruk fordi de, 1) utgjør et vist volum, 2) reduserer ressursuttak og klimagassutslipp ved å forhindre nyproduksjon og 3) er demonterbare uten betydelige destruktive inngrep i selve produktet.

- **Lastbærende stålkomponenter:** Gode muligheter for ombruk der det er fullt mulig å resertifisere og i stor grad demontere. Til gjennomføringen anbefales det å lage en demonteringsplan i regi av et montasjefirma. Sertifisert stålverk har mulighet til å utføre bearbeiding.
- **Huldekker betong:** Gode muligheter for ombruk og det er finnes mye erfaring i bransjen knytte til metoder for demontering, mellomlagring og bearbeiding, testing og remontering i bygg. Noe mer plasskrevende og utfordrende å dokumentere egenskaper enn stålkomponenter.
- **Murstein i tegl:** Mulig å ombruke, men må ta hensyn til forskjellige typer tegl etter byggetidspunkt med tanke på demonteringsmuligheter og miljøskadelige stoffer.

- **Vinduer/glass:** Krevende å ombruke eldre isolerglass-vinduer til samme funksjon pga helse og miljøvarlig innhold. Ombruk skjer i så fall ved endring av bruksformål eller downcycling/upcycling.
- **Trevirke:** Gode muligheter for ombruk og er ønskelig å bruke ettersom det binder karbon og utgjør et betydelig volum av avfallet til et bygg. Ofte kjente reversible innfestningspunkter og det er gode muligheter for skånsom demontering. Noe utfordrende med destruktiv testing til resertifisering av trevirke som limtre og bærende konstruksjonsvirke.
- **Landskapsprodukter.** Byggevarer med potensiale for ombruk uten dokumentasjon som gatesteing og kantstein.

Fjeldheim mfl. (2019) skriver videre i sin rapport at de største utfordringene knyttet til gjennomføring omfatter hovedsakelig to problemstillinger knyttet til regelverket med resertifisering og dokumentasjon av ombrukte byggevarer: 1) Kan byggevaren redokumenteres for å tilfredstille gjeldende krav for omsetning? og 2) Kan byggevaren resertifiseres i forhold til de egenskapene som kreves for bruk i aktuelt prosjekt? Det forklares at usikkerheten rundt regelverket, standarder og prosedyrer utgjør et problem for ombruk i industriell skala. Krav om dokumentasjon kan også utgjøre et problem for dagens gråsonemarked. I tillegg forklares det at arbeid knyttet til resertifisering potensielt er kostnadsdrivende, men at det kan vokse frem spesialmarkeder for utvalgte ombruksprodukter og praktiske prosesser for resertifisering. De klare anbefalingene videre fra rapporten er at det offentlige tar grep om gjeldende regelverk, forskrifter og krav for å øke graden av ombruk i bransjen.

2.2.4 Regelverk og merkeordninger

Kommunal- og moderniseringsdepartementet, sammen med Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har tatt grep og gjennomgått gjennomgått regelverk for CE-merkingdet nasjonale kompetansesenteret på bygningsområde, og har tilsynsmyndighet for byggevaremarkedet. DiBK er ansvarlige for forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17) og byggesaksforskriften (SAK10). Høsten 2021 har DiBK sendt forslag til endringer i forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) på høring, der formålet er enklere regler for produktokumentasjon ved omsetning av brukte byggevarer (byggkvalitet 2021). I dag er det slik at det er omsetningsleddet sin oppgave å utarbeide dokumentasjonen om byggevaren, mens tiltakshaver er ansvarlig for å etterspørre dokumentasjonen. Tiltakshaver har tradisjonelt sett hatt få insentiver til å vite noe om byggevaren men når det kommer til ombruk av byggevarer er ofte situasjonen endret. Tiltakshaver har nå større egeninteresse av å vite mest mulig om byggevaren og dets egenskaper for å få til ombruk i sitt prosjekt.

DiBK skriver videre at det i de fleste tilfeller er arkitekter eller byggherren som ønsker å ombruke byggevarene i sitt prosjekt. Den de kjøper eller får produkter av har sjeldent mye å tjene økonomisk på å selge eller gi bort produkter hvis de møter krav til å utarbeide dokumentasjon. Det kan f.eks gjelde den aktøren som omsetter ombruksmaterialer fra rehabiliterings- eller riveprosjekter. Endringen i regelverket impliserer en forflytning av ansvarsbyrden for dokumentasjon fra omsettningsleddet av byggevaren til den aktøren med størst motivasjon for å vite noe om produktet. Målet er at endringen skal gi byggenæringen bedre forutsigbarhet, enklere regler og bedre insentiver for å ombruke byggevarer. Kravet til dokumentasjon av produktet i byggesaken er regulert av TEK §3.1.

Bestemmelsene i forskriften gjelder kun for byggevarer som “framstilles, omsettes, markedsføres og distribuere“ for bruk i byggverk og omfatter også produkter som gis bort. De brukte materialene, komponentene eller elementene kan komme fra:

1. Riveprosjekter som omsettes for ombruk
2. Rehabiliteringsprosjekter hvor materialer tas ut og brukes på nytt i samme prosjekt (lokalt ombruk)
3. Rivning- og rehabiliteringsprosjekter hvor samme byggherre tar ut materialer fra ett prosjekt og bruker de på nytt i et annet prosjekt (internt ombruk)

DiBK spesifiserer at der de ombrukte materialene ikke skifter eier, er det heller ikke å regne som omsetning. I rehabiliteringsprosjekter, der man har fjernet det meste av vegger og inventar, men beholdt grunn og fundamenter, dekker, bæresystemer og eventuelt bærende yttervegger, regnes heller ikke som omsetning. DiBK understreker at rehabiliteringsprosjekter av den typen er viktig for å redusere klimagassutslipp ettersom det står for det største bidraget til klimagassutslipp fra bygg.

(Kvellheim mfl. 2021) skriver om andre merkeordninger og sertifiseringer som kan være med å skape insentiver i byggenæringen for sirkulærøkonomi. Kravene til svanemerkede nybygg blir revidert, forslag skal på høring i starten av 2022. Forfatterne understreker at høringsforslaget går mer ut på å fremme insentiver for gjenvinning enn ombruk. For miljøsertifiseringsordningen BREEAM kommer det en oppdatering i første kvartal 2022 med to nye kapittler: 1) Materialeffektivitet og ombruk, og 2) Endringsdyktighet og ombrukbarhet. Det vil blant annet legges opp til at man kan score poeng ved å prosjektere fleksible løsninger egnet for demontering. I tillegg trekkes det frem at EUs taksonomi for bærekraftig finans kan bidra til å belønne bærekraftige virksomheter i større grad.

2.2.5 Ombruk og lønnsomhet

Bygg.no (2020) skriver om hvorfor ombruk i byggeprosjekter er lite lønnsomt, og trekker frem økt tidsbruk, lite tilpasset regelverk og strenge dokumentasjonskrav som grunner til at ombruk er lite lønnsomt for utbyggere. En rapport av Direktoratet for byggkvalitet mfl. (2020) undersøker den samfunnsøkonomiske kostnaden og nytten av å redusere avfallsmengden i byggenæringen ved tre tiltak: 1) Minimere generert avfall, 2) Øke ombruken av byggavfall og 3) øke materialgjenvinningen. Når det er snakk om forhold tilknyttet ombruk er et viktig kostnads aspekt at timebruken øker betydelig ettersom planlegging og prosjektering tar mer tid fordi det må settes av tid til “tilpasningsprosjektering“. Ved slik prosjektering bruker man tid på å søke etter passende ombruksmaterialer og komponenter samt justering av tegninger for å tilpasse bygget slik at ombruksmaterialene kan benyttes. Riving og demontering må også gjøres i mer forsiktige former og under andre forutsetninger og prosedyrer enn i dag. I tillegg må komponenter som brukes om igjen testes og kvalitetsikres før ombruk. Et annet kostnadsaspekt som trekkes frem er at det ikke eksisterer et velfungerende effektivt marked for ombruksvarer i dag. Det skaper merkostnader i salg, anskaffelse og prosjektering. Mellomlagring av ombruksvarer trekkes også frem som kostnadsdrivende.

Høydahl mfl. (2020) har gjennomført flere intervjuer i norsk byggebransjen når det kommer til ombruksvarer. De finner at en generelle utfordringene med ombruksprosjekter i dag er å få de til å være økonomisk gunstige. Flere savner en felles materialbank for bransjen med tilgjengeliggjøring av informasjon om bygg som skal rives i god tid. En materialbank ville gjort det enklere å kombinere tilbud og etterspørsel for ombruksmaterialer som skal ut i nye prosjekter. Problemstillingen rundt mellomlagring av materialer som foregår i dag fremheves også som kostbart og plasskrevende.

Lønnsomhet og profitt styrer de fleste bransjer og sektorer i dag, og byggebransjen er ikke et unntak (BDO 2020). Enkelte aktører i verdikjeden ofte har svært knappe marginer og byggebransjen i Norge er den næringen med flest årlige konkurser. Byggebransjen er i alle år trimmet på å levere prosjekter etter tradisjonell lineærøkonomi, og når marginene allerede er knappe er omstilling krevende. De siste 20 årene har det kommet inn et nytt fagområde som er i ferd med å endre de lange tradisjonene bransjen har. Det er spådd at nye digitale verktøy og arbeidsmetoder legger grunnlaget for å hente ut gevinster i form av økt produktivitet, mindre sløsing og sirkulære byggeprosjekter (Remes mfl. 2018).

2.3 Digitalisering og informasjonsforvaltning

Så langt i oppgaven har det vært snakk om en av to store trendene i byggenæringen, nemlig omstillingen til en sirkulær bygg og anleggsbransje. I dette kapitlet presenteres den andre store trenden i byggebransjen, digital omstilling. I dette kapitlet gis en innføring i sentrale digitale prosesser og metoder med fokus på informasjonsforvaltning.

2.3.1 Heldigitalisering

Digitalisering i byggebransjen er et komplekst tema, og omfatter mange metoder, prosesser, verktøy, interessenter og tidsperspektiver. En sentral del av digitalisering i byggebransjen er Bygnings Informasjons Modelling (BIM), og noen vil kanskje si at det er selve definisjonen på digitalisering i byggebransjen. Med ny teknologi og arbeidsmetoder har BIM vært med å forme hvordan byggebransjen prosjekterer, bygger og forvalter på (Azhar 2011). BIM er et vidt begrep som kan inneholde mange aspekter og forstås og tolkes på forskjellige måter avhengig av hvem du spør. Succar (2009) er en av de som definerer BIM som mer enn bare en 3D modell:

Bygnings Informasjons Modelling (BIM) er et sett med interaktive prosesser, teknologier og prinsipper som genererer en metodisk arbeidsprosess for å lede og håndtere prosjektering, modellering og behandling av informasjon igjennom hele prosjektets livssyklus.

Succar (2009) forklarer at en slik definisjon av BIM kan forstås som definisjonen på heldigitalisering, der alle interessenter er med på å optimalisere prosjektets resultat, øke verdi for kunden, redusere sløsing og maksimere produktiviteten igjennom hele prosjektets og organisasjonens levetid.

I en heldigital kontekst som beskrevet ovenfor, er et sentralt tema i byggebransjen å få samlet alle aktører og interessenter i en omforent strategi for digitalisering. Det har kommet to digitale veikart i Norge de siste årene. Ett i 2017 og ett i 2020. Hensikten med de digitale veikartene er i vise den mest effektive måten bygg og anleggsnæringen i Norge kan digitaliseres på. De digitale veikartene er utarbeidet i samarbeid med interessenter i norsk byggebransje med mål om å skape en forenelig strategi for digitalisering blant alle involverte aktører (Byggenæringens landsforening 2017). Den overordnede strategien er presentert i “Digitalt Veikart 2017” og handler hovedsakelig om hvordan oppnå informasjonsflyt i byggeprosjektets livssyklus. “Digitalt Veikart 2020” retter spesielt fokus mot forståelsen og kompetansen til ledere i byggenæringen. De aktørene i bransjen som har størst påvirkningsmuligheter, eksempelvis byggherrer, offentlige myndigheter og interesseorganisasjoner. Visjonen til veikartene er å ha en heldigitalisert, konkurransedyktig og bærekraftig BAE næring innen 2025:

“Gjennom heldigital planlegging, utførelse og drift med digitalt støttede arbeidsprosesser skal man ta ut effekter i form av billigere og bedre byggverk, reduserte klimagassutslipp, mer effektiv ressursbruk og økt eksport av produkter og tjenester“.

For å lykkes beskrives det at byggherren må legge til rette for en omforent prosjektgjennomføring og informasjonsforvaltningsmodell ved å få på plass to “produkter“: **1)** Funksjonelle digitale byggeplasser med virtuell bygging som effektiviserer og øker produktiviteten i planlegging, prosjektering, utførelse og leveranse av bygg- og anleggsprosjekter, og **2)** Funksjonelle digitale tvillinger som effektiviserer og øker produktiviteten i bruk, drift og avhending av bygg- og anleggsprosjekter. Videre beskrives det en rekke muliggjørere som på kort sikt kan legge til rette for etableringen av de to produkttegenskapene:

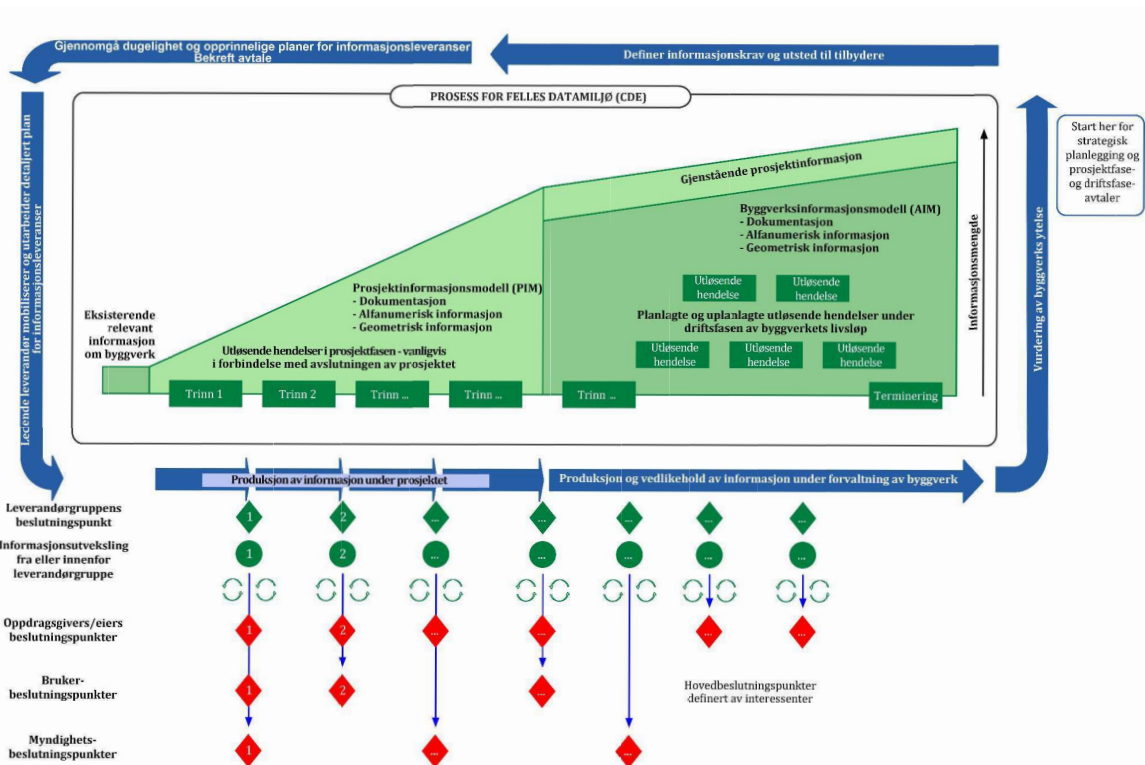
- Skape en digital plattform for BAE næringen som muliggjør sømløs informasjonsflyt og informasjonsdeling.
- Etablere gevinstrealiseringsarenaer.
- Øke kapasitet og kvalitet på digital kompetanseutvikling både i næringen, og forskning og utdanning.
- Økt standardisering av informasjonsforvaltning i gjennomføringen av prosjekt og forvaltning.

2.3.2 ISO 19650, en internasjonal standard for informasjonsforvaltning

Det er ikke bare BNL som har tenkt tanken om en omforent digital plattform for å samle byggenæringen. Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen (ISO) har fra 2018 laget et omfattende rammeverk for BIM leveranser (Standard Norge 2018), nemlig ISO 19650 *“Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM)“*. ISO19560 er ment å støtte fremtidens nye gjennomførings- og forretningsmodeller i den digitale byggebransjen, og omfatter en serie med standarder som danner et rammeverk for styring og produksjon av informasjon i hele livsløpet til BIM prosjekter (Reisvang mfl. 2020). Overordnet handler ISO 19560 serien om informasjonsledelse og informasjonsforvaltning i BIM prosjekter. Tabell 2.1 viser en oversikt over de standardene som har kommet i ISO 19650 serien, der det i denne oppgaven er fokusert mest mot del 1 og del 2. Figur 2.6 viser en oversikt over prosessen med informasjonsforvaltning i hele byggverkets levetid. Videre følger forklaring til informasjonsforvaltningsprosessen.

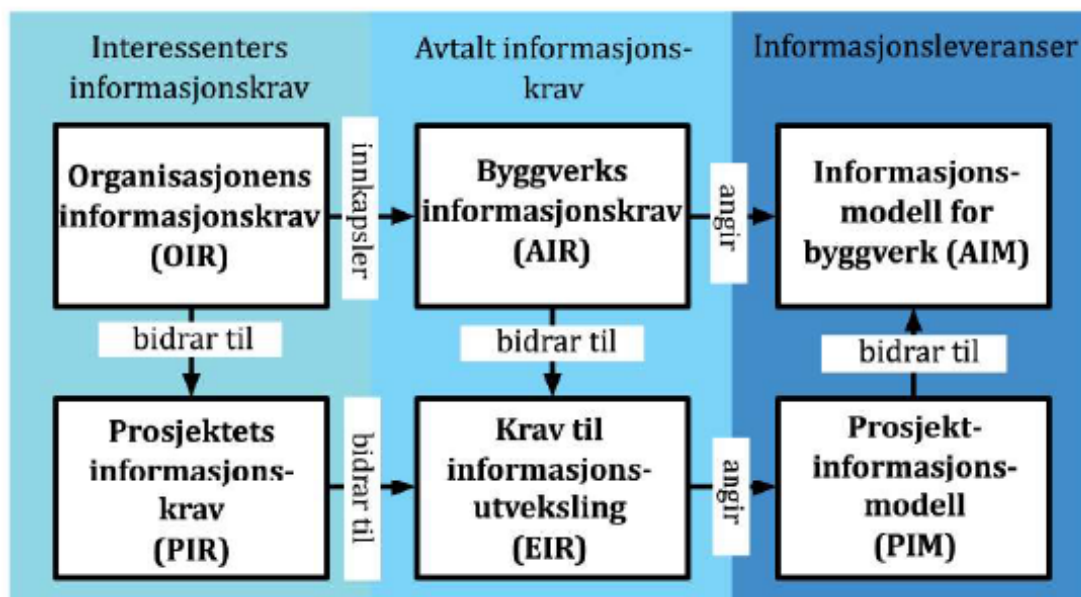
Tabell 2.1: Beskrivelse av de ulike ISO19650 standardene (Standard Norge 2018).

Standard	Beskrivelse
NS-EN ISO 19650-1:2018	<i>Begreper og prinsipper.</i> Standarden er rettet mot alle involverte aktører i byggverkets livsløp og legger grunnlaget for hele ISO19650 serien. Standarden tar for seg det overordnede rammeverket for informasjonsforvaltning og går igjennom sentrale begreper og prinsipper.
NS-EN ISO 19650-2:2018	<i>Prosjektfasen.</i> Denne standarden forklarer hva utbygger må gjøre for bærekraftig informasjonsforvaltning i prosjektfasen. Det etableres spesifikke krav til informasjonsleveranser.
NS-EN ISO 19650-3:2020	<i>Driftsfasen.</i> Denne standarden forklarer hvordan eiendomsbesitter på forvaltningssiden skal etablere informasjonskrav i forbindelse med driftsfasen av et byggeprosjekt.
ISO 19650 Del 4	<i>Overlevering fra bygging til drift.</i> Denne standarden forklarer hvordan eiendomsbesitter med utbygger skal overlevere informasjon til forvaltning og drift.



Figur 2.6: En oversikt over prosessen for informasjonsforvaltning Standard Norge (2018)

En sentral forutsetning for informasjonsforvaltningsprosessen i ISO19650 er at de involverte aktørene må forholde seg til forskjellige informasjonskrav og metoder å overlevere informasjon på. I Figur 2.7 er det vist sammenhengen mellom informasjonskravene og hvilke informasjonsleveranser de fører til. Videre følger en overordnet beskrivelse av informasjonskravene og informasjonsleveransene i informasjonsforvaltningsprosessen som er illustrert i Figur 2.6 og 2.7.



Figur 2.7: Informasjonskravene og deres sammenheng, Standard Norge (2018).

1. CDE (Common Data Environment): Et prosjekt starter med å opprette det som kalles et CDE miljø (øverst til høyre i Figur 2.6). Et slikt miljø kan bli sett på som et prosjekthotell, der all informasjon relevant for prosjektets leveranser er tilgjengelig for hele prosjektteamet i prosjektets levetid. Standarden definerer et sett med krav som må på plass for at det skal være et fungerende CDE miljø.

2. OIR, EIR, PIR, AIR: IR står for “Information Requirements“. Ved oppstarten av et prosjekt er det nødvendig at eiendomsbesitteren og ubygger fastslår hvilken informasjon organisasjonen trenger til sine behov og for å nå prosjektmålene. Overordnet spesifiseres det følgende informasjonskrav: 1) OIR, organisasjonens informasjonskrav til den overordnede informasjonen som skal forvaltes i organisasjonen mellom avdelinger, kunder, brukere og ansatte. 2) AIR, informasjonskrav fra forvaltning, drift og vedlikehold om hvilken informasjon som trengs for å forvalte bygget igjennom sin levetid. 3) PIR, informasjonskrav som prosjektet trenger til sentrale beslutningspunkter. 4) (EIR), detaljerte informasjonskrav til hvilke og hvordan informasjon skal utveksles fra ulike team. En illustrasjon av informasjonskravene og sammenhengen mellom de er illustrert i Figur 2.7.

3. BEP (BIM Execution Plan): Når informasjonskravene er satt kan man starte anskaffelsesprosessen og byggherren utarbeider et forslag til BIM gjennomføringsplan (BEP). BIM-gjennomføringsplanen sier noe om alle praktikalitetene rundt BIM modeller og prosesser. Hvilken programvare som skal benyttes til å produsere/designe/prosjekttere, når og hvem gjennomfører kontroller, hvilke filformater skal brukes, hvilke CDE/prosjekthotell benyttes osv. Et slikt dokument for prosjektet beskrives som helt sentralt for å få til en god informasjonsflyt i hele prosjektets levetid (Costin mfl. 2018).

4. MIDP/TIDP (Master/Task Information Delivery Plan): MIDP beskriver protokoller og prosedyrer for hvordan informasjon skal produseres og utgis. MIDP er masterplanen som hovedleverandøren ofte er ansvarlig for. TIPD er delleveranseplanen som leverandører lenger ned i forsyningskjeden er ansvarlige for. Planene skal lages med grunn i informasjonskravene og må være i orden før man begynner å prosjektere. MIDP og TIPD er entreprenørens svar på byggherrens forslag til BEP, og det er entreprenøren som skal utarbeide disse.

5. Revidert BEP: Etter at entreprenøren har svart ut forslaget til byggherrens BEP plan for informasjonsleveransene (MIDP og TIPD), foretas det en revidering av BEP som blir den endelige BIM gjennomføringsplanen.

6. PIM og AIM (Asset/Project Information Modell): Når endelig BEP er klar med tilhørende MIDP og TIPD, kan produksjonen av informasjon underveis i prosjektet begynne på en strukturert måte. PIM referer til prosjektmodellen og informasjonen som produseres før overlevering. Informasjonen i BIM-modellen er en del av den informasjon. AIM referer til prosjektmodellen som inneholder all nødvendig informasjon som skal til for å drifte bygget. Underveis i prosjektets levetid og byggverkets levetid foregår det informasjonsutveksling mellom leverandøren (entreprenøren eller den som drifter), og oppdragsgiver eller eiere (Byggherre, myndigheter eller brukere). Denne informasjonsutvekslingen er illustrert med grønne og røde sirkler/firkanter i Figur 2.6.

2.3.3 Fasenormen “neste steg“

Bygg21 (2015) har også utarbeidet et generelt rammeverk for alle typer informasjonsleveranser i et byggeprosjekt. Fasenormen “Neste Steg“ er et rammeverk som beskriver gjennomføringen av et bygg og anleggsprosjekt i åtte steg med sentrale involverte. Hensikten med rammeverket er at det kan nyttiggjøres for å beskrive informasjonsleveransene mellom aktørene i verdikjeden. Mer konkret skriver Bygg 21 at rammeverket skal lede til: 1) Bedre informasjonsflyt mellom aktørene, 2) Øke produktivitet og verdiskapning , 3) Øke forståelsen for ulike perspektiver og helheten og 4) Felles begrepsbruk for bygg og anleggsprosjekter. Figur 2.8 viser et eksempel på informasjonsleveranser i et byggeprosjekt illustrert i rammeverket.

	Behov 1	Konsept- utvikling 2	Konsept- bearbeidning 3	Detalj- prosjektering 4	Produksjon 5	Overlevering 6	Bruk 7	Avvikling 8
EIER	Foreningsplan og utkast	Forretningsplan Konseptutvalg	Grunnlag om investering	Status styringsparam.	Status styringsparam.	Prod. eval prosjektmål	Eval. forretningsplan tilt.	Verifikasjon forretningsres.
BRUKER	Behovsanalyse	Funksjonsprogram Skisseprosjekt	Romprogram Forprosjekt	Endelig program Spesifikasjon løsning	Som bygget dokumenta.	FDV dokumentasjon Resultatevaluering	Evaluering bygg i bruk Driftsevaluering	Dok opphør av forplikt.
UTØVENDE		Styringsdokument	Vurdering byggemetode Gjennomføringsmodell	Produksjonsunderlag Planer for gjennomføring	Prestasjonsmålinger	Prosessevaluering Sluttoppgjør		
OFFENTLIG			Rammesøknad	Byggesøknad Ansvarsrett	Samsvarserklæring	Ferdiggattest		

Figur 2.8: Fasenormen “Neste Steg“ med eksempel på typiske informasjonsleveranser i et byggeprosjekt, (Bygg21 2015).

2.3.4 Åpen BIM/CDE, standardisering og filformater

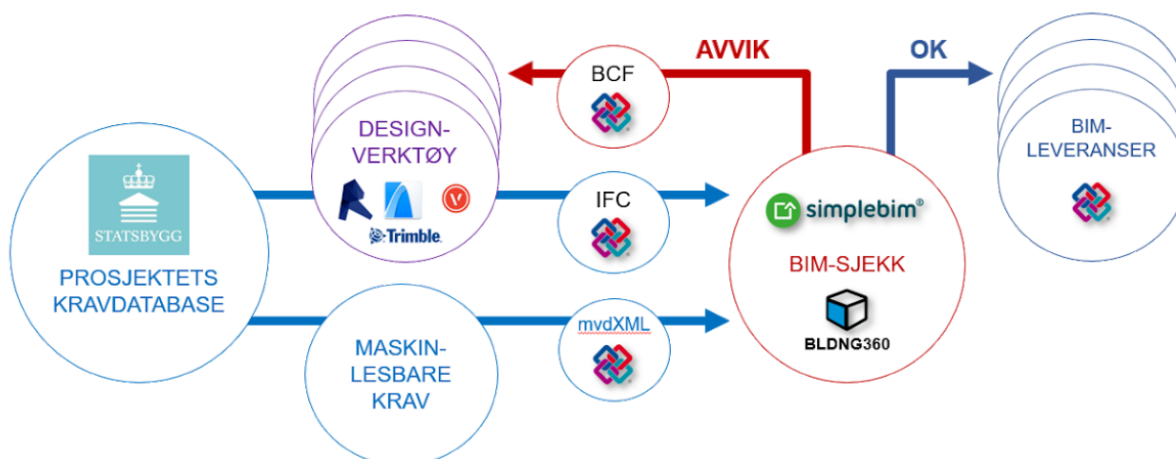
Utvæksling av informasjon mellom forskjellige prosjektfaser, fagdisipliner og programmer, har ført til et behov for et sømløst rammeverk for datautveksling (Bucher mfl. 2020). Datautvekslingen har vært mulig å få til ved at man har utviklet en åpen standard for deling av informasjon. Det mest kjente formatet for standardisert informasjonsutveksling av bygningselementer er IFC (Industry Foundation Classes). IFC formatet er et åpent filformat som gjør det enklere for involverte deltakere å dele informasjon uavhengig av hvilken programvare man bruker (buildingSMART 2020). Den åpne informasjonsdelingen er ofte kjent som “Åpen BIM“. Det motsatte av åpen BIM er “Lukket BIM“, der informasjon i låst for datautveksling med andre programmer eller entiteter.

En faktor som påvirker implementeringen av BIM i offentlig sektor er at det er utfordrende med informasjonsdeling i proprietær programvare eller filformat (Porwal mfl. 2013). Proprietær programvare er programvare lagd av et selskap, en organisasjon eller enkeltperson som er egenutviklet for å være konkurransedyktig i et marked. Programvaren er utviklet slik at den beskytter produsentens eierskap. I praksis beskyttes programvaren ved å begrense bruksretten til den. Offentlige prosjekter må rette seg etter lov om offentlige anskaffelser, og er dermed avhengig av ikke-proprietære løsninger, slik som åpen BIM og bruk av IFC standarden (*Lov Om Offentlige Anskaffelser [Anskaffelsesloven] 2017*; Porwal mfl. 2013).

I forskningslitteraturen kommer det frem at Åpen BIM primært er implementert i prosjektering og produksjonsfasen til et prosjekt (Heaton, Ajith Kumar Parlikad mfl. 2019). Uavhengig om man bruker åpen eller lukket BIM, så blir informasjonen lagret på lukkede servere som kun angår prosjektet. Det har vært begrenset adaptasjon av BIM i forbindelse med forvaltning og drift fasen. Opprettelsen av et CDE miljø i prosjektet pekes på en sentral løsning for å håndtere modellbasert produksjon og utarbeide digitale tvillinger som opererer med en organisasjons “assets“ (aktiva). Et heldigitalt CDE miljø kan utvikles ved bruk av API'er (Application Programming Interface), som er et programmeringsgrensesnitt som sørger for å utveksle informasjon mellom forskjellige applikasjoner. Gode APIer muliggjør at informasjonen som flyter mellom ulike prosjekteringsverktøy ved f.eks bruk av BIM, ligger med til rette for datautnyttelse i forvaltning og drift.

2.3.5 BIM manualer og veiledere

Det er flere byggherreorganisasjoner som har utviklet egne BIM manualer, BIM krav eller veiledere for hvordan informasjonen skal leveres i BIM prosjekter. Statsbygg ansees for å være en av de offentlige eiendomsbesitterene som har stilt tydeligst krav til BIM leveranser i sine prosjekter (buildingSMART 2015). I Statsbyggs nyeste BIM manual, SIMBA, har man blant annet gjort BIM-kravene maskinvaliderbare. Målet er at man automatisk kan sjekke kvaliteten på BIM-modellen opp mot det de definerte BIM kravene. Automatisk validering av kravsettene gir bedre kvalitet på modellene, samtidig som det frigjør mer tid til menneskelig kvalitetssikring (Statsbygg 2020). Figur 2.9 viser et flytdiagram for hvordan den automatiske valideringen foregår. Statsbyggs kravsett holdes i en kravdatabase. Kravsettene kan prosjekttilpasses og eksporteres ut til buildingSMART formatet mvdXML. Her kan ICF modellen valideres mot kravsettene, og de blir sendt i retur via formatet BFC ved avvik.



Figur 2.9: Flytdiagram for automatisk validering av BIM modell, Statsbygg (2020).

I det samme høringsforslaget som er sendt ut av byggkvalitet (2021) for brukte byggevarer, er det tatt initiativ til å etablere et samordningsråd som skal legge til rette for maskinlesbar produktdata. DiBK og (Fremtidens Byggenæring 2020) skriver at digital produktdata blant annet skal legge til rette for mer ombruk og digitale tvillinger for en bærekraftig fremtid.

2.3.6 Digital tvilling

En digital tvilling er en digital representasjon av et fysisk produkt basert på eksisterende informasjon om det produktet (Grieves mfl. 2017). Digital tvilling er ansett for å være en av de mest lovende konseptene innen informasjonsteknologi og har potensielt et bredt anvendelsesområde. Digital tvilling representerer en innsamling av informasjon knyttet til produktet i hele dets levetid, fra prosjektering, ferdigstilling, levetid og avhending. Målet er at involverte interessenter kan tilføre og hente ut informasjonen de trenger til sine prosesser. Informasjonsledelse fremheves som sentralt for utviklingen av digitale tvillinger, der man sørger for at relevant informasjon er tilgjengelig til den riktige aktøren til riktig tid.

Det har lenge vært snakk om digitale tvillinger i byggebransjen, men det gjenstår fortsatt å se fullgode modeller fra prosjektoverlevering bli tatt i bruk ved drift. Det finnes enkeltprosjekter, som T2-prosjektet med Avinor, der det ble bestemt at BIM modellen fra prosjekt skal ligge til grunn for drift og vedlikehold på flyplassen (SINTEF, NTNU mfl. 2018). I prosjektet gjenstår det å se hva gevinstene blir ved å ta i bruk BIM modellen i drift og vedlikehold. Heaton og Ajith K. Parlikad (2020) skriver at en sentral utfordring med å konvertere en BIM modellen til en AIM modell er kvaliteten og integreringen av informasjon i BIM modellen Heaton og Ajith K. Parlikad (2020). Det er delvis fordi det er lite fokus på den faktiske informasjonen i BIM modellen, utenom 3D geometrien.

2.4 Sirkulærøkonomi og digitalisering

Så langt i teorikapitlet er det adressert hvilket fotavtrykk bygg og anleggsbransjen har på jordkloden, og sentrale prinsipper for sirkulærøkonomi med ombruk. I tillegg er det forklart hva hovedtrekkene i den digitale omstillingen med fokus på heldigital informasjonsforvaltning. I dette kapitlet forklares det i korte trekk hva byggenæringen, forskningslitteraturen og de ulike fagmiljøene sier om sammenhengen mellom sirkulærøkonomi og digitalisering.

2.4.1 Ombruk og digital informasjonsforvaltning

Mennesker omgis daglig av enorme mengder bygningsmasse og materialer som ingen eller svært få har informasjon om. Tradisjonelt sett har ikke vært et problem, ettersom sirkulærøkonomi ikke har vært i tankene. Når man nå ønsker å benytte bygningsressursene støter på en rekke problemer med manglende informasjon som tilgjengeligheten av materialer, mengde, dimensjoner, byggteknisk tilstand og bæreevne (Hossain mfl. 2020). En treffende introduksjon som beskriver sammenhengen mellom “sirkulærøkonomi med ombruk” og “digitalisering med fokus på informasjonsforvaltning” er sitatet til Thomas Rau under lanseringen av Madaster (Madaster 2017):

*Waste is material without identity
Material with an identity always keeps its value*

Madaster er et nederlandsselskap som har vokst frem parallelt med at Nederland ønsker å praktisere sirkulærøkonomi for fullt i 2050. Madaster og tilsvarende plattformer som Loopfrint har som mål identifiserer og fasilitere ombruk av bygningskomponenter fra eksisterende bygninger ved å gi materialene ny identitet. Xing mfl. (2020) forklarer at man ønsker at bygningsmaterialer og komponenter skal ha et “materielt pass” hvor bygninger blir materialbanker. Det fremheves at plattformer som Madaster og Loopfront per i dag ikke muliggjør sanntidsidentifikasjon av ombrukbare bygningskomponenter med dets lokasjon, tilstand, anvendbarhet og tilgjengelighet i bygget. Selvom slike plattformer er tilgjengelige for driftsoperatører mangler de muligheten til å digitalt styre og forvalte bygningselementer opp mot en database. Identifikasjon av bygningskomponenter ved bruk av BIM er imidlertid vesentlig mer brukt i byggeprosessen av de prosjekterende og entreprenørene, men det er lite kunnskap om hvordan modellen kan brukes i forvaltningsprosessen til blant annet sirkulærøkonomiske formål.

2.4.2 Tilgjengeligheten på informasjon om eksisterende bygningsmasse

Volk mfl. (2014) skriver at det kan være utfordrende å få tak i anvendbar informasjon om eksisterende bygg, og tilgjengeligheten på informasjon varierer etter flere parametre: 1) Når bygget ble bygget, 2) Type bygg, 3) Hvilke krav til byggt teknisk kvalitet og dokumentasjon som har ligget til grunn i byggeprosessen, 4) Hvem som har bygget, og hvordan de har praktisert informasjonsforvaltning, 5) Hvordan bygget ble prosjektert og bygget (med eller uten BIM verktøy) og 6) Hvordan informasjon om bygget i driften har blitt forvaltet igjennom levetiden.

I en rapport utført i samarbeid med SINTEF og Again X, er det kartlagt ulike nivåer på tilgjengeligheten av informasjon i eksisterende formålsbygg (“non residential“) (SINTEF og Again X 2020). Again X er et nyoppstartet selskap som ser på muligheten for å bruke maskinlæring til å kartlegge innholdet i bygninger for å generere relevante KPIer til eiendomsbesittere. Tabell 2.2 viser hvilken informasjon som eksisterer med forventet tilgjengelighet, kvalitet og hvem som eier informasjonskilden.

Tabell 2.2: Forventet tilgjengeligheten på informasjon om formålsbygg og eiendom “non residential“ (SINTEF og Again X 2020).

Type data	Data kilde/eier	Forventet tilgjengelighet (lav, middels, høy)	Forventet kvalitet (lav, middels, høy)
Eiendomsregister (Matrikkel). Metadata som størrelse, adresse, eier etc.	Kommune, kartverket.no, ambita.com	High	Medium
3D modeller (f.eks BIM)	Prosjekteier, entreprenør, byggherre	Lav	Lav
2D tegninger	Prosjekteier, entreprenør, byggherre	Høy	Lav
FM rapporter	Prosjekteier, FM selskaper, driftoperatør	Medium	Lav
Historiske endringer / byggsøknad	Kommuner (Byggesaks-kontor)	Medium	Medium
Historiske endringer / rehabiliteringsoppgaver	Prosjekteier, entreprenør, treddeparter som f.eks boligmappa.no	Lav	Lav

I rapporten til SINTEF og Again X (2020) er forventet tilgjengelighet på informasjon vurdert utifra: 1) Om den er åpen for alle, eller begrenset til utvalgte interessenter, 2) Om den er gratis eller ikke, og 3) Om den er lett å finne eller ikke. Vurderingen av forventet kvaliteten på informasjonen er gjort ut i fra: 1) Om den er strukturert eller ikke (i en database eller om det er tekstformat), 2) Om den er kvalitetssikret, 3) om den er organisert og bestemt utvalgt og 4) om den er komplett.

Oppsummering før videre analyser

På generell basis forklarer (Antikainen mfl. 2018) at digitalisering er en muliggjører for implementeringen av sirkulærøkonomi ved å bruke forskjellige teknologier som effektiviserer materialbruk, gjør verdikjeder transparente og øker sporbarheten, grundige analyser, lukker ressurskretsløp og forbedre avfallssystemer. Teknologier som AI og “blockchain“ kan også forbedre transparensen og sporbarheten til bygningsressursene i verdikjeden. IoT med innsamling av data fra sensorer i kombinasjon med Big Data behandling muliggjør kontroll og optimalisering av produkter igjennom hele levetiden.

Klima- og Miljødepartementet (2021) skriver i sin nasjonale strategi for en grønn sirkulærøkonomi at byggenæringen genererer store indirekte utslipp igjennom bruk av byggevarer. Det viktigste grepet for å øke sirkularitet i bransjen er å ta vare på de byggene man har og legge til rette for at flere byggevarer bevares i kretsløpet. Regjeringen har derfor tatt initiativ til et samarbeid med bransjen om digitalisering og bedre flyt av produktdata. Deriblant byggevarer med stort potensial for ombruk. Bedre og mer tilgjengelige data om hvert enkelt produkt vil gjøre det lettere å spore byggevarer som kan ombrukes.

Statsbygg er en av eiendomsforvalterne i Norge som har høye ambisjoner med digitalisering og har sagt de vil jobbe for å innfri det digitale veikartet. Det skal de gjøre ved å få på plass de to produktene som det digitale veikartet foreslår. De forklarer videre at svært få i bygg og eiendomsbransjen har et livsløpsperspektiv på byggene sine. De bygger for å selge, har lite informasjon om byggene og er ikke tilstrekkelig opptatt av hva som skjer med bygget etter riving (Andreassen 2020; Statsbygg 2021).

Preut mfl. (2021) forklarer at digital informasjonsforvaltning av bygg vil spille en viktig rolle i fremtiden, og kan bidra til en suksessfull implementering av sirkulærøkonomiske strategier for bygningsressurser. Eiendomsbesittere bør jobbe mot å få opp kvalitet på dataene i hele livsløpet til bygget ved å konvertere en fullkommen digital modell fra et nytt prosjekt over til forvaltning, drift og vedlikehold. Det igjen er spådd å føre til gevinster som kan kvantifiseres ned til kroner og øre, sparte klimagassutslipp og reduksjon i ressursbruk. I dag fremstår likevel veien for å oppnå digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser i prosjekters levetid som kompleks og uoversiktlig med en mengde utfordringer. Det skaper grunnlaget for videre analyser i denne masteroppgaven.

3 Metode

Beskrivelser av metoden som er brukt for innsamling av forskningsdata i denne masteroppgaven er gitt i tre kapitler. I det første kapitlet forklares det hvordan det innledende litteraturstudie er gjennomført i fire steg. I det andre kapitlet beskrives det hvordan de semistrukturerte dypdeintervjuene er gjennomført, og hvordan intervju materialet er arbeidet med. I det tredje kapitlet følger beskrivelse av hvordan case-studie med Trondheim Eiendom er gjennomført.

Den generelle forskningsmetode i masteroppgaven har en induktiv tilnærming med eksplorerende design. Forskningsmetoden har en induktiv tilnærming fordi man går fra empiri til teori og søker kunnskap om et tema som det finnes lite forhåndskunnskap om. Med eksplorerende design ønsker man å utforske et ukjent fenomen med et åpent sinn og trekke ustrukturerte observasjoner sammen til teori. Teorien som utarbeides ved å studere fenomenet kan typisk sjekkes ved en deduktiv fremgangsmåte ved en senere anledning. Datainnsamlingen i denne masteroppgaven er derfor kvalitativ (erfaringsbasert) (Jacobsen 2005).

3.1 Litteraturstudie

Selv med en induktiv tilnærming på forskningsmetoden er det viktig finne den teorien som ser ut til å eksistere innenfor de to sentrale fagområdene i oppgaven: 1) sirkulærøkonomi med fokus på ombruk, og 2) digitalisering med fokus på informasjonsforvaltning. Det er gjennomført et innledende litteraturstudie for de to fagområdene med relevant avgrensninger som er beskrevet i Kapittel 1. Dette delkapitlet inkluderer beskrivelser for hvordan det innledende litteraturstudiet er gjennomført, og hvilke kriterier som er brukt for utvelgelse av litteratur.

Metoden i litteraturstudiet er beskrevet i fire steg: A, B, C og D. I Tabell 3.1 er det gjengitt en beskrivelse for hvert av stegene, hvilken metode som er benyttet, og hvilke kilder som er anvendt for å finne litteraturen. For behandlingen av litteraturen er referanseverktøyet “Zotero” og officeprogrammet “Excel” benyttet.

Tabell 3.1: Beskrivelser av de fire stegene i litteraturstudiemetoden.

STEG	Beskrivelse	Metode
A	Danne et oversiktsbilde over definert fagfelt for å utarbeide søkefraser og søkeord.	<ul style="list-style-type: none"> • Kartlegging av gitt startlitteratur • Identifisere relevante organisasjoner, interessenter og aktører • Funn samles i litteraturliste A
B	Gjennomføre systematisk litteratursøk for å kartlegge publisert forskningslitteratur	<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomføres som et systematisk litteratursøk i bestemte databaser • Funnene samles i litteraturliste B
C	Gjennomgå litteratur fra steg A og B for å finne mer relevant litteratur	<ul style="list-style-type: none"> • Backward og forward snowballing • Kjedesøk • Funnene samles i litteraturliste C
D	Funnene fra litteraturliste A,B og C kartlegges og velges ut etter bestemte kriterier	<ul style="list-style-type: none"> • Det defineres et sett med kriterier for utvelgelse av litteratur • Kritisk evaluering av kildene etter T-O-N-E prinsippet

3.1.1 Steg A: Overordnet kartlegging

Startlitteraturen for litteraturstudiet er rapporten *“Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future“* ((Hertwich mfl. 2019)), gitt av veileder ved NTNU. Med utgangspunkt i startlitteraturen ble det funnet frem til følgende relevante organisasjoner og bransjeaktører innenfor de to fagfeltene *“sirkulærøkonomi“* og *“digitalisering“*: 1) UN Environment programme, 2) European Commission/European Green deal, 3) *“BuildingSMART“* og 4) Statsbygg. Det ble lest nyhetsartikler og publikasjoner hos organisasjonene og bransjeaktørene der aktuelle funn ble lagret for videre vurdering. Organisasjonene og bransjeaktørene ble valgt ut med bakgrunn i deres tilknytning til forskningsmiljøer og relevans til grønn omstilling og digitalisering i byggebransjen.

For steg A ble det totalt funnet 22 kilder som ble lagt i litteraturliste A for videre vurdering. Det ble totalt valgt ut 8 kilder fra litteraturliste A, med bakgrunn i kriteriene beskrevet i Kapittel 3.1.4.

3.1.2 Steg B: Systematisk litteratursøk

Med bakgrunn i Steg A ble det utarbeidet et sett med søkeord og søkefraser, hvor det videre ble gjennomført et systematisk litteratursøk i databasene “*Google scholar*“, “*Scopus*“ og “*Oria*“. Søket ble gjennomført på engelsk for å øke sannsynligheten for treff innenfor tematikken. Tabell 3.2 viser en oversikt over antall treff fra relevante søkefraser som ble brukt i de forskjellige databasene.

Tabell 3.2: Antall treff i databaser etter utvalgte søkefraser.

Søkefraser	Antall treff		
	Google Scholar	Scopus	Oria
“Circular economy“ AND “Digitalization“	7010	151	1630
...AND AEC	155	1	13
...AND Real estate	56	0	5
“Digital twin“ AND “Circular economy“	1310	22	294
...AND Real estate	143	0	24
“Information management“ AND “Building components“	3740	277	821
...AND AEC	1420	105	217
...AND/OR Real Estate	878	48	32

Bakgrunn for valg av databaser: “*Google scholar*“ ble valgt ut ettersom det er en database som treffer publiserte artikler over et stort globalt spekter. I tillegg, ved å være logget på NTNU sitt intranett, har det vært mulig å se hvilke publikasjoner i søket som har tilhørighet til databaser som NTNU benytter seg av. Dette har styrket troverdigheten til de artiklene som er funnet i “*Google scholar*“. “*Scopus*“ er valgt ut fordi det er en database som inneholder publikasjoner fra et stort antall anerkjente journaler. I tillegg samler “*Scopus*“ metadata som ble brukt til å vurdere troverdigheten til en kilde basert på antall siteringer (Elsevier 2020). Troverdigheten til Scopus er sterk ettersom liknende litteraturstudier bruker samme database Volk mfl. (2014). Universitetsbiblioteket “*Oria*“ ble brukt ettersom det tilhører NTNU og har fokus på nordisk faglig litteratur. Troverdigheten til søkene i Oria er sterk ettersom søkene også treffer i andre anerkjente databaser som ASCE (American Society of Civil Engineers) og Web og Science.

Kriterier for førstegangsutvelgelse til litteraturliste B

Litteratursøket med søkefraser beskrevet i Tabell 3.2 ble gjennomført i de valgte databasene etter standard innstillinger i hver database. “*Google scholar*“ søker i hele dokumenter og sorterer treffene etter relevans. “*Scopus*“ søker i artikkel tittel, “abstract“ og nøkkelord, og sorterer etter relevans. “*Oria*“ søker i hele dokumenter og sorterer etter relevans. Etter gjennomført søk ble det valgt ut litteratur til litteraturliste B etter følgende metode, rekkefølge og kriterier:

1. Tittelen til artikkelen ble lest for de første 20 treffene. Unntaket var for treff i “*Google scholar*” der de 50 første titlene ble lest.
2. For søk i “*Google scholar*” ble det hovedsakelig lagt vekt på å lese tittelen til artiklene som hadde tilknytning til samme database som NTNU.
3. Abstractet til artikkelen ble lest hvis tittelen inneholdt 2 eller flere ord som kunne relateres til alle søkeordene.
4. Artikkelen ble valgt hvis “abstractet” inneholdt mer enn 5 ord som kunne relateres til søkeordene eller oppgavens tematikk.
5. Artikkelen ble valgt hvis den var publisert etter 2010.

For steg B ble det totalt valgt ut 19 artikler som ble lagt i litteraturliste B for videre vurdering. Artiklene bestod hovedsakelig av publiserte tidsskriftsartikler. Det ble totalt valgt ut 9 kilder fra litteraturliste B, med bakgrunn i kriteriene som blir beskrevet i Kapittel [3.1.4](#).

3.1.3 Steg C: Videre litteraturstudium

Med bakgrunn i steg B, ble det gjennomført et videre litteraturstudium ved bruk av teknikene “*backward og forward snowballing*”. “*Backward snowballing*” ble brukt til å identifisere flere publikasjoner innenfor samme tema ved å lese referanselisten til aktuell artikkel. Motsatt ble “*forward snowballing*” brukt til å sjekke hvem som har sitert aktuell artikkel, og på den måten ble det identifisert nyere publikasjoner innen aktuelt tema (Wohlin [2014](#)).

Et annen sentral aktivitet for steg C var å søke med enkle søkefraser i google for tematikken til oppgaven. En typisk søkefrase kunne være: “digitalisering og ombruk i bygg” eller “digital kontroll på bygningsmasse”. Søkene ble gjort på norsk og engelsk. Det ble gjennomført for å få et blikk over hva som rører seg på internett ved et vanlige googlesøk, og for å finne relevant litteratur fra Norge. Tittel og “forfatter” ble lest for de første 100 treffene, hvor det var stor variasjon i funn. Funnene bestod i hovedsak av artikler og nyhetssaker fra organisasjoner og bransjeaktører som “bygg.no”, “Byggenæringens landsforening”, “grønn byggallianse”, “norskbyggebransje.no”, “bygg21.no”, “tu.no” og “digi.no”.

For steg C ble det totalt valgt ut 13 kilder til vurdering. Totalt ble det valgt ut 2 kilder etter kriterier beskrevet i Kapittel [3.1.4](#).

3.1.4 Steg D: Utvelgelse av litteratur

I dette kapittelet beskrives metoden for hvordan endelig utvelgelse av litteratur, fra steg A, B og C, ble gjennomført. Tabell 3.3 viser en oversikt over antall funn som ble førstegangsutvalgt fra steg A, B og C, sett opp mot antall funn som ble endelig utvalgt.

Tabell 3.3: Oversikt over antall kilder valgt ut fra de forskjellige stegene.

	Førstegangs-utvelgelse	Endelig-utvelgelse
Steg A	22	8
Steg B	19	9
Steg C	13	2
Totalt	54	19

For å komme fra 54 utvalgte kilder til 19 litteraturfunn ble T-O-N-E prinsippet anvendt.

T-O-N-E prinsippet

T-O-N-E prinsippet beskriver et sett med elementer (Troverdighet - Objektivitet - Nøyaktighet - Egnethet) som brukes ved kritisk vurdering og seleksjon av litteratur (Breivik 2017). Ved evalueringen av utvalgt litteratur ble hvert kildefunn vektlagt etter definerte kriterier i T-O-N-E prinsippet:

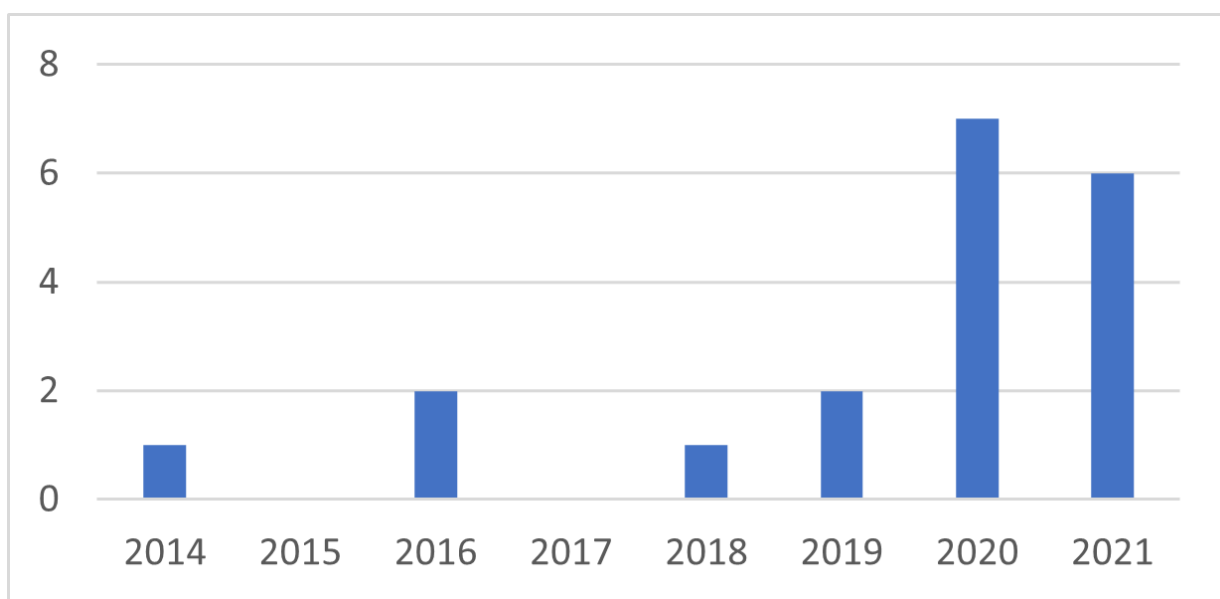
Troverdighet: Ved vurdering av troverdigheten til litteraturen ble det tatt stilling til følgende: 1) Hvem som er ansvarlig for publikasjonen, 2) forfatterens utdanning og institusjonelle tilknytning, 3) hvor artikkelen ble funnet/publisert og 4) om litteraturen var fagfellevurdert. Det ble sjekket om kilden har tilknytning til en faglig sterk utdanningsinstitusjon og Oria ble brukt for å sjekke om artikkelen var fagfellevurdert. Hvis artikkelen ikke ble funnet i databasen ble det gjort grundigere undersøkelse i publisert journal eller konferanse for å sjekke om den var fagfellevurdert. Scopus ble brukt for å finne antall siteringer til en publikasjon, der flere enn 20 siteringer ble vurdert til være en god score.

Objektivitet: Ved vurdering av objektiviteten til litteraturen ble det tatt stilling til følgende: 1) Samsvar med liknende funn/forskning, 2) om litteraturen var ment for å informere eller overtale og 3) Belyse flere sider av saken. Det ble mest vektlagt om kilden belyste nye sider ved tema på en objektiv måte.

Nøyaktighet: Ved vurdering av nøyaktigheten til litteraturen ble det tatt stilling til følgende: 1) Hvor ny og oppdatert litteraturen var, 2) informasjonen kunne bekreftes i andre kilder. Det ble vektet for å være en god kilde hvis den var publisert etter 2019 og hadde mer enn 20 siteringer. Figur 3.1, viser en oversikt over antall litteraturfunn publisert etter utgivelsesår. Det illustrerer i hvilken grad kriteriene for nøyaktighet er fulgt eller ikke.

Egnethet: Egnetheten til artikkelen var det elementet i T-O-N-E prinsippet som ble vektlagt mest. Ved vurdering av egnetheten til litteraturen var det tatt stilling til følgende: 1) Hvor godt egnet litteraturen var til tema, problemstilling og forskningsspørsmål 2) om litteraturen kunne kaste nytt lys over problemstilling og forskningsspørsmål, og 3) hvem artikkelen var skrevet for.

Det ble totalt valgt ut 19 litteraturfunn av 54 vurderte kilder fra litteraturliste A, B og C. I Vedlegg [A](#) er det gitt et utklipp fra Zotero med de 19 utvalgte kildene.



Figur 3.1: Oversikt over antall litteraturfunn relatert til utgivelsesår.

I masteroppgaven er det også brukt enkelte litteraturfunn fra prosjektoppgaven (innledende oppgave til masteroppgave). Litteraturstudiet fra prosjektoppgaven ble utført med tilsvarende fremgangsmåte måte som for denne oppgaven. Tema den gangen var “digitalisering i infrastrukturprosjekter“. Litteraturfunnene fra prosjektoppgaven som er brukt i denne oppgaven stammer først og fremst fra digitaliseringsperspektivet og er lagt ved i Vedlegg [A](#).

3.2 Kvalitative intervjuer

Det er totalt gjennomført 18 semistrukturerte intervjuer med formål om å besvare forskningsspørsmål 2 og 3 i denne oppgaven. Inklusivt materiale fra ett intervju som ble gjennomført i forbindelse med prosjektoppgaven. Det er valgt å benytte seg av kvalitative intervjuer som forskningsmetode for å kartlegge digitalisering og ombruk i norsk byggebransje generelt og fra utbyggersiden spesielt. Det er samlet inn empirisk materiale i form av meninger, vurderinger, argumenter og utviklingstrekk belyst av intervjuobjektene, heretter kalt informantene. Dette kapitlet inneholder beskrivelser av hvordan informantene er valgt ut, hvordan intervjuene er gjennomført og hvordan materialet fra intervjuene er arbeidet med.

3.2.1 Informantene

Det er gjennomført 7 intervjuer i Trondheim Kommune og 11 intervjuer i den norske byggebransjen. I Tabell 3.4 er det oppsummert hvilken relevans de 11 informantene fra bransjen har til oppgaven. De 7 informantene fra Trondheim Kommune er beskrevet i Kapittel 4 (Case Studie) gjengitt i Tabell 3.3.

Informantene ble valgt ut etter tips fra veiledere på NTNU, Trondheim Eiendom og navn som dukket opp i forbindelse med litteraturstudiet. Etter de første intervjuene kom det ytterligere anbefalinger for videre intervjukandidater. Totalt kom det inn tips om 45 kandidater fra forskjellige kilder. Totalt 24 kandidater ble kontaktet, hvor av 6 ikke svarte. De 24 kandidatene som ble kontaktet første gang er valgt ut med bakgrunn i deres relevans til oppgaven. Alle de 18 informantene som svarte på forespørselen om intervju ble intervjuet. Relevansen til kandidaten ble vektet utifra erfaring og engasjement innenfor enten digitalisering eller sirkulærøkonomi. Det ble også vektet hvem som kom med tips om kandidat. Tips fra NTNU og Trondheim Eiendom ble vektet høyt. Det har også vært fokus på å velge intervjukandidater som belyser forskjellige sider av bransjen slik at man får et bredt spekter av perspektiver.

Tabell 3.4: Oversikt over informantene som er intervjuet og deres relevans til oppgaven.

Perspektiv/rolle	Relevans
Bransje-organisasjon	Ca. 20 års erfaring med klima og miljørelaterte saker i byggebransjen. Kompetanse med ombruk og ombrukskartlegging, LCA og omstilling til sirkulærøkonomi i norsk byggebransje.
Rådgivende - arkitekt	Flere prosjekter med Trondheim Eiendom. Erfaring i spesialprosjekt med høy grad av ombruk.
Rådgivende - miljørådgiver	Kompetanse med reduksjon i klimagassutslipp ved effektiv materialbruk. Erfaring med rehabiliteringsprosjekter.
Rådgivende - RIB	Doktor ingeniør, strukturell prosjektering. Ca. 15 års erfaring med BIM. Erfaring med rehabilitering og ombruk av bærekonstruksjoner.
Rådgivende - Utviklingssjef	Over 10 års erfaring med kunnskapsledelse, bærekraftig bygging, innovasjons- og teknologiledelse.
Rådgivende - prosjektadministrasjon	Digitaliseringssjef. VDC leder og kompetanse med ISO19650.
Offentlig utbygger - Prosjektstyring	Over 15 års erfaring i Statsbygg. Prosjektstyring under utvikling og digitalisering i eiendomsdrift.
Offentlig utbygger - BIM leder	Over 10 års erfaring med leveranse av BIM prosjekter, VDC sertifisert og kompetanse med ISO19650.
Entreprenør - Bygg - Prosjekt-ingeniør	Erfaring med prosjektleveranser av høyteknologiske bygg. 3 års erfaring med Dalux i byggeprosessen.
Entreprenør - Riving og infrastruktur - Daglig leder	Over 10 år erfaring med prosjektledelse i infrastrukturprosjekter. Spesialerfaring med riveprosjekt for ombruk.
Utdanning - Universitetslektor	Kompetanse med tre som ressursbase. Kompetanse med digital data fra omgivelsene, 3D scanning og offentlige datastrukturer.

3.2.2 Gjennomføringen av semistrukturerte dybdeintervjuer

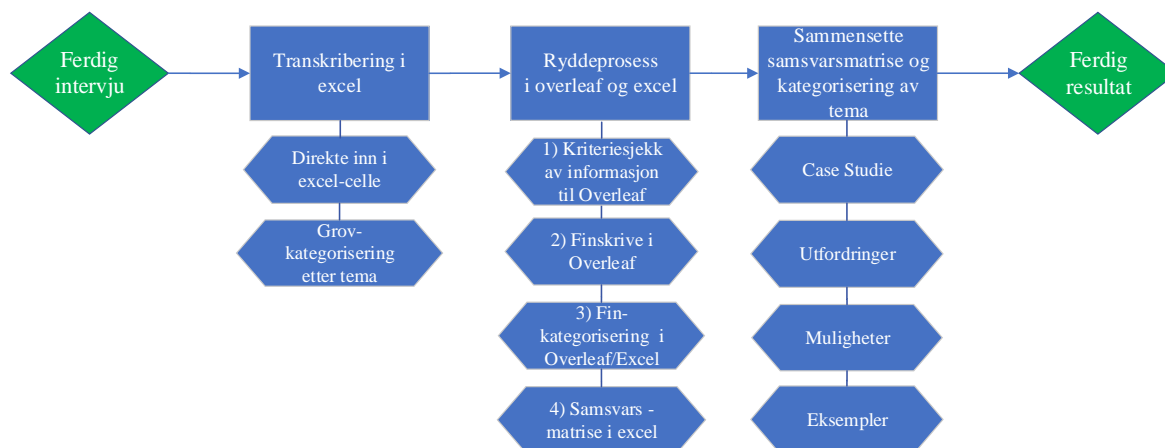
Det er valgt å basere seg på en intervjuteknikk kalt semistrukturerte intervjuer (Engebø 2020). Semistrukturerte dybdeintervjuer utføres med bakgrunn i et overordnet oppsett med spørsmål, men det er fokus på flyt i intervjuet, og det kan bli stilt oppfølgingsspørsmål som avviker med spørsmålsoppsettet. Den som utfører intervjuet hindrer ikke informanten i å ta avsporinger som er interessante eller belyse nye saker ved tematikken. Semistrukturerte intervjuer ble valgt fordi det var ønskelig at informantene skulle snakke fritt om deres tanker rundt tematikken. Underveis i intervjuet var det høyt fokus på at spørsmålene som ble stilt ikke var ledende eller bekreftelsesøkende fra intervjuer sin side. Intervjuene er kategorisert som et dybdeintervju, ettersom det har lang varighet og går i dybden på et bestemt tema.

Informantene tilsendt ble en intervjuguide 3 til 1 dag i forveien av intervjuet. Informantene fikk dermed tid til å forberede seg hvis de ønsket det, men det var ikke et krav. 5 av 18 informanter fortalte at de hadde sett igjennom intervjuguiden på forhånd. Intervjuguiden måtte noen ganger utbedres og tilpasses enkelte informanter, ettersom de representerte forskjellige perspektiver. Totalt ble det laget seks versjoner av intervjuguiden. I Vedlegg B.1 er det vist en typisk intervjuguide som er sendt til informanter i Trondheim Eiendom, i B.2 er det vist en typisk intervjuguide som ble sendt til rådgivende. Intervjuguiden er utarbeidet etter veiledning fra NTNU om hvordan intervjuer i forbindelse med forskning skal gjennomføres (NTNU Udatert).

Intervjuguiden inneholdt informasjon om bekskrivelse av oppgaven, problemstilling og forskningsspørsmål, hvordan intervjuet skulle gjennomføres, samt spørsmålsoppsettet. Spørsmålene ble formulert med bakgrunn i forskningsspørsmål to og tre, der de ble inndelt i to tema. Det ene handlet om informantenes erfaring med sirkulærøkonomi og digitalisering i egen organisasjon/avdeling og de andre om tematikken generelt i bransjen. 13 intervjuer ble gjennomført i Microsoft Teams og varte mellom 50 minutter til 1 time. 3 av intervjuene i fysisk møte og 2 over telefon og mail. For alle intervjuene på Teams og de fysiske møtene ble det gjort lydopptak av intervjuene. Informantene ble spurt om å godkjenne opptak før oppstart. For de to telefonintervjuene ble det tatt notater og mailkorrespondanse i ettertid.

3.2.3 Arbeid med intervjumaterialet

Alt intervjumaterialet er behandlet i et excelregneark for å gjøre det enklere å kvantifisere det empiriske materialet. I Figur 3.2 er det vist et flytskjema for hvordan intervjumaterialet er behandlet etter at intervjuene er gjennomført. I Vedlegg B.3 er det vist et skjermutklipp med rådataen til alt transkribert materiale fra alle informantene fordelt på ulike tema.



Figur 3.2: Flytskjema for arbeid med intervjumaterialet.

Transkriberingen av intervjuene forgikk fra lydopptak rett inn i excelarket. Underveis i transkriberingen ble informasjonen grovkategorisert etter tema der det ble opprettet en egen kolonne for en bestemt tematikk. Når det ble gjennomført flere transkriberinger ble det lagt inn mer informasjon under samme tematikk hvis informantene beskrev det samme. En excel-celle kunne inneholde vesentlig mer informasjon enn det som vises i enkeltcellen.

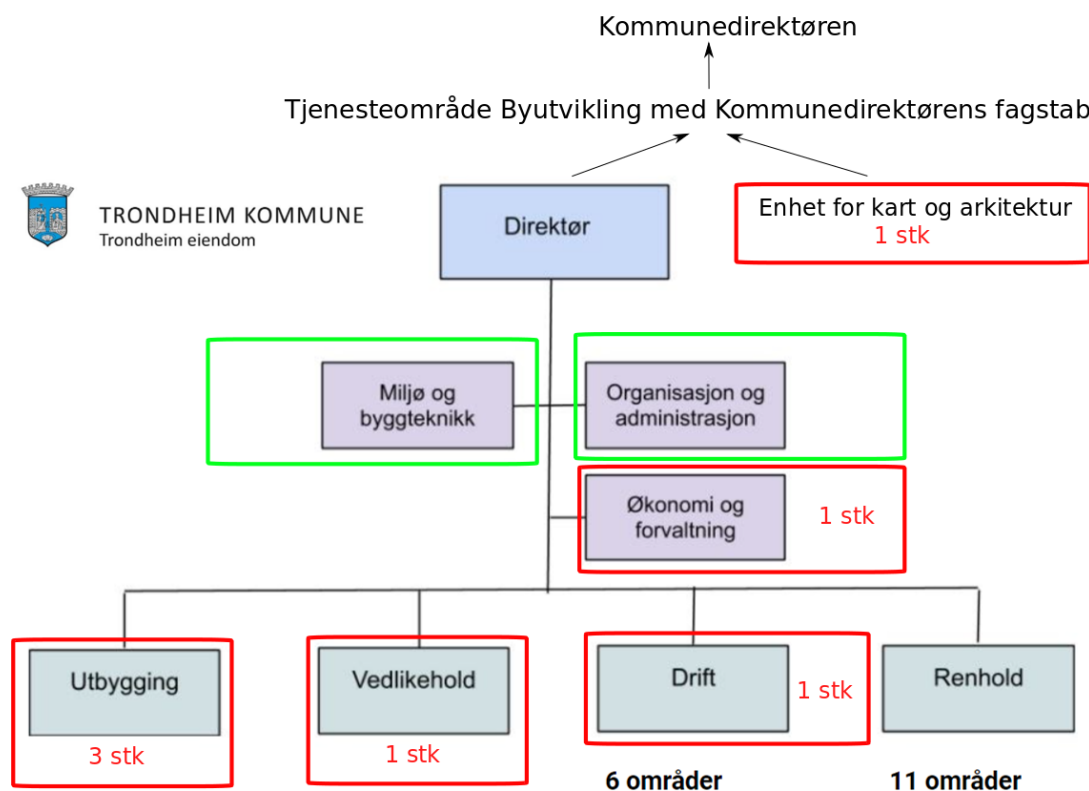
Etter at rådataen var samlet inn og fordelt på tema ble det gjennomført en ryddeprosess av informasjonen i hver excel-celle. Ryddeprosessen bestod i å: 1) Kriteriesjekk for informasjon, 2) finskrive informasjonen fra hver informant inn i overleaf, 3) finkategorisering av hvert tema i overleaf og 4) Krysse av i en samsvarsmatrise for hvilket tema som gjaldt respektiv infomant. Informasjonen i excel-cellene ble markert grønn når informasjonen var ryddet. Kriteriesjekken ble gjort med bakgrunn i om informasjonen belyste forhold som omhandlet: 1) Grønn omstilling og sirkulærøkonomi generelt og ombruk og gjenbruk spesielt, 2) Digitalisering i byggebransjen generelt.

Når all informasjonen var skrevet under ulike undertema i overleaf, ble det enklere å filtrere ut den informasjonen som var relevant for oppgaven. Som vist i Figur 3.2 ble det satt to kriterier for hvilken informasjonen som skulle velges ut: 1) Informasjonen relatert til grønn omstilling generelt i byggebransjen og sirkulærøkonomi og ombruk spesielt og 2) Informasjon som omhandlet digitalisering i byggebransjen.

3.3 Case studie

I denne oppgaven er Trondheim Eiendom studert nærmere for å få et innblikk i perspektivet på tematikken i oppgaven fra en stor offentlig utbygger. Trondheim Eiendom forvalter omkring 1.2 millioner kvadratmeter bygg og har rundt 600 ansatte. Bygningsmassene de forvalter består av skoler, barnehager, helsehus og kultur- og idrettsbygg, administrasjonsbygg, samt 4000 kommunale utleieboliger. De vedlikeholder for omkring 1 mrd kr i året og driver med rehabiliteringer og ombygging og nybygging for 1 mrd kr i året.

Datainnsamlingen fra Trondheim Eiendom har hovedsakelig vært i form av intervjuer men også enkelte dokumentstudier. Det er totalt gjennomført 7 intervjuer i Trondheim Eiendom. Trondheim Eiendom hører under tjenesteområdet "byutvikling" underlagt kommunedirektøren som er øverste administrative leder i Trondheim Kommune slik det kommer frem av Figur 3.3. Kommunedirektørens fagstab har forskjellige faggrupper og en egen fagstab for tjenesteområdet byutvikling. I Figuren er det røde ringer i de avdelingene det er gjennomført intervju, og grønne ringer fra de avdelingene som har kommet med veiledning rundt intervjukandidater, dokumenter og masteroppgaven generelt.



Figur 3.3: Organisasjonskart og informanter fra Trondheim Kommune.

I Tabell 3.5 er det oppsummert hvilke informanter som er intervjuet og hvilken relevans de har til oppgaven. Intervjuene er gjennomført på samme måte som beskrevet tidligere i Kapittel 3.2. Dokumentstudiene i oppgaven består i hovedsak av å få en oversikt over hvordan Trondheim Eiendom gjennomfører sine prosjekter i dag. Det er studert dokumenter som beskriver strategien i organisasjonen og ulike krav. Det er undersøkt relevante rapporter og litteratur som berører Trondheim Eiendom direkte. Videre er det også studert enkelte dokumenter som beskriver prosjektgjennomføringen med sentrale involverte parter. Det er gjort for å bedre forstå konteksten av funnene fra intervjuene som er gjennomført i Trondheim Eiendom. Avslutningsvis er det undersøkt hvilken informasjon som er tilgjengelig for eksisterende bygg. Det ble derfor gitt tilgang internt i Trondheim Eiendom for å undersøke et typisk formålsbygg med hva slags type informasjon som ligger lagret i vedlikeholdsdatabasen til Trondheim Eiendom.

Tabell 3.5: Oversikt over informanter i Trondheim Kommune.

Rolle	Avdeling/enhet	Relevans
Prosjektutvikler	Avdeling Utbygging	Bakgrunn som prosjekterende hos rådgivende, prosjekteringsleder og jobbet med prosjektutvikling i Trondheim Eiendom fra 2007. Har hatt sykehusprosjekt, barnehage, sykehjem og omsorgsboliger.
Prosjektutvikler	Avdeling Utbygging	Vært i Trondheim Eiendom siden 2013. Prosjektleder/utvikler på Nidarvol. Tidligere avdelingsleder for prosjektlederavdelingen i større rådgivende selskap.
Prosjektleder FM	Avdeling Økonomi og forvaltning	Fagansvarlig, ledelse og planlegging. Prosjektleder implementering av Main Manager i TE. Bakgrunn med implementering av digitalisering i forsvaret.
FM Koordinator	Avdeling Drift	Erfaring med digitalisering og BIM i byggebransjen siden 2012. Main Manager i TE og laserscanning av eksisterende bygg.
Gjenbrukskoordinator	Avdeling utbygging	Spesialkompetanse på ombruk og gjenbruk i TE. Teknisk fagbakgrunn, tidligere tømrer og erfaring fra forsikringsbransjen.
Prosjektleder Vedlikehold	Avdeling Vedlikehold	Over 5 års erfaring fra vedlikeholdsavdelingen. Erfaring som prosjekterende. Sivilingeniør VVS.
Kart og geodata	Enhet kart og arkitektur under virksomhetsområdet Byutvikling	10 års erfaring kartdata og andre digitale format i byggebransjen. Digital 3D modell.

4 Case studie med Trondheim Eiendom

I dette kapittelet presenteres resultater relatert til Trondheim Eiendom. Størsteparten av funnene er fra intervjuer, men også noe dokumentstudier.

4.1 Gjennomføring av klima og miljøprosjekter

Trondheim Kommune har i sin miljøstrategi fra 2018-2022 sagt at de skal være en foregangskommune når det kommer til klima og miljø løsninger. De er blant annet med i “CityxChange“ i gjennom EUs forsknings og innovasjonsprogram for å utveksle erfaringer om fremtidsrettede bærekraftige løsninger. I sin miljøstrategi (gjeldende fra 2018-2022) har de to punkter som går på materialer, avfall og forbruk (av totalt 11). Det skrives at de aktivt skal stilles krav til bruk av fornybare materialer med lavt klimafotavtrykk i anskaffelsen. Det skrives at det er viktig med gjenbruk og ombruk for å få ned fremtidige utslipp. Det er et minimumskrav på 85% sorteringsgrad for bygningsavfall og maksimum 40 kg avfall pr. kvm for nybygg. Som en del av kommunes klima og miljøambisjoner har de inngått et samarbeid med bla. Loop Front, et selskap som skal gjøre det mulig for Trondheim Eiendom å ha kontroll på materialer som er aktuelle for gjenbruk i en ressursbank (database). Materialene som kommer til ressursbanken er f.eks fra rivearbeider der man på forhånd har gjort en ombrukskartlegging av bygget.

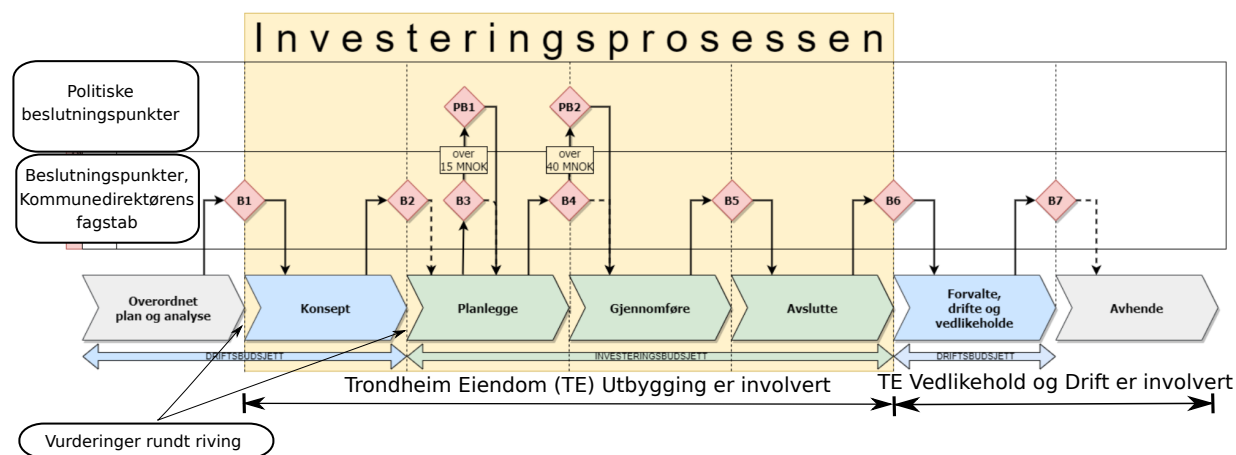
Trondheim Kommune kom i 2019 med en rapport som undersøkte hvilke miljøkrav kommunen stiller ved anskaffelser (Trondheim Kommune 2019). Fra rapporten kommer det frem at kommunens anskaffelsespraksis ikke har vært innrettet slik at kommunen har klart å fremme klimavennlige løsninger på en tilstrekkelig måte. Det ble begrunnet med: 1) Det er i liten grad er stilt klimakrav i kravspesifikasjonene i mange av anskaffelsene, 2) I flere av anskaffelsene hvor det er stilt miljøkrav er tiltakene ofte lite spesifikke og lite målbare med hensyn til klimaeffekter, 3) Det foreligger sjelden dokumentasjon for produkters livssyklus-kostnad og/eller miljøprestasjoner (EPD'er), 4) Kommunen har få fossilfrie anleggsplasser eller anlegg med lave utslipp, 5) Miljø og klima blir i begrenset grad brukt som tildelingskriterium, og når dette brukes er det ofte under 30 prosent, 6) I mange av anskaffelsene inngår ikke krav om miljø og klima som kontraktvilkår, og 7) Flere av innkjøperne mener de har for lite kompetanse til å stille de rette miljøkravene i anskaffelsesprosessene.

Tidligere mastergradstudent Maria Medeiros (2021) har i sin oppgave sett nærmere på Nidarvollprosjektene og redegjort for hvilke klima og miljøhensyn som ble tatt i tidlig-fase. Det ble studert konseptvalg, gjennomføringsstrategi, anbuds konkurransen, tildelingskriterier, valg av entreprenør, og hvilke miljøkrav som ble gjort gjeldene. Av oppgaven kommer det fram at miljøkriterier ikke var en del av tildelingskriteriene ved anskaffelse. I prosjektet ble det fastsatt enkelte miljøkrav, som oppnåelse av BREEAM “*very good*“, miljøoppfølgingsplan, aktivt bruk av klimagassregnskap og krav om fossilfri byggeplass.

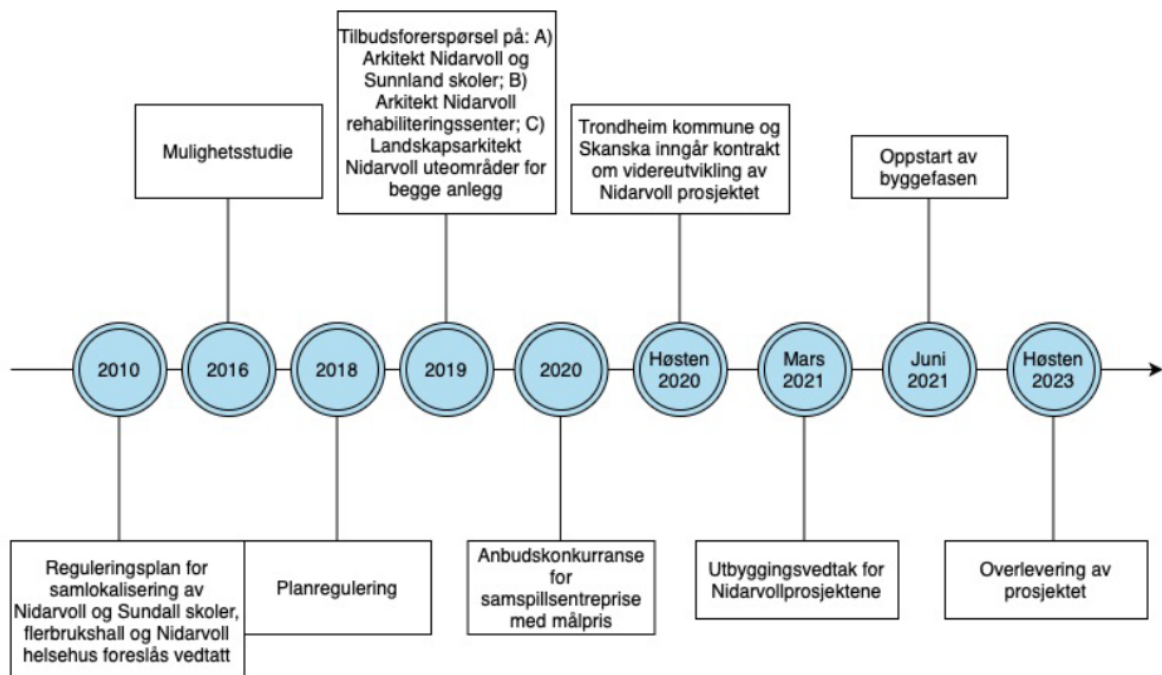
Maria Medeiros (2021) skriver videre at selv om klima og miljøhensyn ikke ble forankret i tidligfase ble det satt spesielle krav til materialer og ressursbruk i Nidarvollprosjektene etter anskaffelse. Det ble sagt at materialene som brukes i prosjektet skal bidra til å holde klimagassutslippene så lave som mulig. Det ble stilt krav om lavkarbonbetong, resirkulert armeringsstål og minst 20% resirkulert armeringsstål. Nybyggene skal generere maksimalt 25 kg avfall per kvadratmeter og det skal være minst 90 % sorteringsgrad. Det ble også planlagt å bruke brukte byggematerialer i prosjektet. Nidarvollprosjektet skulle også bygges slik at det var endringsdyktig og med materialer som var ombrukbare.

4.2 Overordnet prosjektgjennomføring

Figur 4.1 viser de overordnede fasene i prosjektgjennomføringen til Trondheim Eiendom og viktige beslutningspunkter i livsløpet til et prosjekt. Trondheim kommune gjennomfører sine prosjekter på "tradisjonell bestillingsmåte" internt som de fleste offentlige utbyggere. Et byggeprosjekt flytter seg bestemt mellom de interne avdelingene hos eiendomsbesitteren avhengig av hvor i livsløpet byggeprosjektet står. Et prosjekt blir til i Trondheim Eiendom ved at det kommer på bestilling fra Kommunedirektørens Fagstab som er delegert bestiller. Prosjektet tas så i mot hos utbyggingsavdelingen som styrer prosjektet fra A til Å (det gulmarkerte området kalt "Investeringsprosessen"). Når bygget står ferdig og garantitiden er over går det videre til drift og vedlikeholdsavdelingen. Figur 4.2 illustrerer tidslinjen for Nidarvollprosjektet før det skal bli overlevert. Prosessene hos Eiendomsbesitter varer her i overkant av 10 år. Videre følger beskrivelse av sentrale involverte parter i prosjektets levetid, inklusive forvaltningsperioden.



Figur 4.1: Illustrasjon av hvordan et prosjekt blir til i Trondheim Eiendom, skjermdump fra informant i Trondheim Eiendom med egne illustrasjoner.



Figur 4.2: Tidslinje for Nidarvollprosjektet, fra Maria Medeiros (2021).

Kommunedirektørens Fagstab. Kommunedirektørens fagstabben har som mål å følge opp og legge til rette for realisering av politiske mål og vedtak. De gjør vurderinger og beslutninger rundt opprettelsen av et nytt prosjekt til et bestemt formål, f.eks byggingen av en ny skole. I Figur 4.1 foregår slike vurderinger i fasen “*overordnet plan og analyse*“. Slik Figur 4.1 viser er Kommunedirektørens fagstab med på ulike beslutninger underveis i prosjektets livsløp (B1 til B7). Er prosjektet stort nok skal det også skje beslutninger på politisk nivå (PB1 og PB2).

Utbygging. Når prosjektet er vedtatt kommer det som en bestilling fra prosjektansvarlig i fagstabben, de som omtales delegert bestiller. Utbyggingsavdelingen og prosjektutvikler/leder er da ansvarlig for å styre prosjektet fra A til Å med alt fra bla. anskaffelse av entreprenør, prosjekteringsgruppe, byggeledelse, overlevering og utarbeidelse av FDV dokumentasjon. Utbyggingsavdelingen eller andre avdelinger i Trondheim Eiendom kan være med å rådgi i “*overordnet plan og analyse*“ eller “*konseptfasen*“, men det er fagstaben som har beslutningsansvar for f.eks brukermedvirkningen, arealprogram og funksjonsprogram.

Drift og vedlikehold. Når prosjektet er ferdig og det er overlevert FDV dokumentasjon tas det over av drifts og vedlikeholdsavdelingen. Alle bygg i Trondheim Eiendoms portefølje har vedlikeholdssykluser. Hovedvedlikehold er hvert 4 år og hvert 6 år for kommunale boliger. I tillegg gjør man strakstiltak hvis det dukker opp.

4.3 Resultater fra intervjuer relatert til Trondheim Eiendom

Fra bearbeiding av intervjumaterialet er det kartlagt seks hovedområder av observasjoner som angår Trondheim Eiendom spesielt. I Tabell 4.1 er det oppsummert hvilke observasjoner som er funnet hos de respektive informantene.

Tabell 4.1: Resultater fra intervjuer relatert til Trondheim Eiendom.

Mulighet → Informant ↓	Vurderinger rundt riving	Prosjektgjennomføringsprosesser	Ombruk i Trondheim Eiendom	Main Manager	Loopfront	Informasjonskrav, BIM og digitalisering
Offentlig utbygger - Utbygging	X		X			X
Offentlig utbygger - Utbygging		X	X			X
Offentlig utbygger - Økonomi/forvaltning	X	X		X		
Offentlig utbygger - Drift og vedlikehold			X	X		X
Offentlig utbygger - Utbygging	X	X	X	X	X	
Offentlig utbygger - Drift og vedlikehold	X		X	X		
Offentlig utbygger - Kart og arkitektur		X				
Rådgivende - Arkitekt					X	
Antall informanter	4	4	5	4	2	3

4.3.1 Vurderinger rundt riving av bygg

En prosjektutvikler forteller at vurderingene om et bygg skal rives eller ikke tas endelig hos Kommunedirektørens fagstab. Vurderingene rundt riving skjer på tidspunktet som er illustrert i Figur 4.1. Der gjøres det beregninger tidlig før prosjektene skal legges inn i handlings og økonomiplanen. Noen ganger er det gjort en overordnet vurdering relativt tidlig om et bygg skal rives eller ikke. Andre ganger blir Trondheim Eiendom involvert for å gjøre faglige vurderinger med f.eks tilstandsvurderinger, for å vurdere om det skal rives eller ikke. Informanten forklarer at det noen ganger er ganske opplagt om bygget kan brukes til formålet. Det trekkes frem sykehjem som trenger spesielle funksjoner, og i tillegg eksisterer det endel tomter med bygninger på en til to etasjer. Kommunen har ikke råd til å utnytte en tomt med kun en etasje som ligger sentralt, og er avhengig av å bygge i høyden for maksimal utnyttelse av areal til formålet. Derfor blir det tatt beslutning om å rive bygget og bygge nytt. Informanten trekker også frem begrensninger som himlingshøyde i gamle bygg.

En prosjektleder ved vedlikehold forteller at vurderingene rundt riving er vektet mellom beskaffenhet i forhold til byggeteknisk standard og funksjonalitet. Informanten forteller at det ofte er funksjonalitet som får det siste ordet. Det forklares at man gjerne spiller inn forslag til Kommunedirektørens Fagstab, der vurderingene tas. Hensikten i deres avdeling er å bevare byggene så lenge som mulig i godt stilstand. Prosjektlederne ved vedlikehold har ansvaret for hver sine bygg. En FM leder forteller at levetiden til materialer har mye å si. Hvordan type materialer det har og levetidtyktheten. Ofte ser man at det blir for dyrt å rehabilitere bygg med levetid på 50/60 år, da er det billigere å rive og bygge nytt.

En gjenbrukskoordinator forteller at det varierer hvor lang tid det tar før det skal rives fra det kommer en bestilling til Utbyggingsavdelingen. Hvis det er et bygg som skal rives og arealet skal benyttes til et annet formål er det relativt kort prosess med et lite forprosjekt. Hvis man skal rive et bygg for å etablere et nytt på samme tomt, så er det nok litt mer med det. Det handler også om hva slags type kontrakt man har inngått. Om det er totalentreprise eller samspillskontrakt der entreprenøren får tidlig påvirkning i prosjektet. Den generelle utfordringen er at når det skal tas beslutninger og avgjørelser er det veldig mange hensyn som skal tas og mange som skal mene noe. Det diskuteres for og i mot helt til datoen er satt for f.eks riving. Og når datoen er satt er det bare å hive seg rundt hvis man skal få til ombrukskartlegging.

4.3.2 Prosjektgjennomføringsprosesser

Fra et prosjektuiklingsperspektiv forklarer en informant om en viktig utfordring som gjelder nedprioriteringer av klima og miljømessige handlinger i prosjekter. Informantens oppfatning er at det oppstår en barriere i Trondheim Kommune fordi man opererer med en handlings og økonomiplan som setter forventinger om prosjektkostnad veldig tidlig. Gjerne opp til 4-6 år før bygget skal produseres. Informantens oppfatning er at man ikke greier å ta inn over seg at ulike behov og ønsker representerer en merkostnad. Når prosjektet nærmer seg at man skal begynne å ivareta alle politiske vedtak, ønsker og føringer, som f.eks gjelder klima og miljø, så kommer man i en skvis der prosjektkostnadskalkylen overskrider den rammen som er fastsatt i handlings og økonomiplanen. Man begynner øyeblikkelig å etterspørre muligheter for å komme ned i kostnad, og da ligger typisk krav relatert til klima og miljø klart for hugg. Informanten mener Trondheim Kommune trenger en ny prosess som eliminerer beskrevet problemstilling. Informanten forklarer videre at utbyggingsavdelingen ikke har innsyn i hvordan prosjektkostnaden etableres tidlig. Med eksempel i et skoleprosjekt frykter informanten at prosjektkostnaden har blitt beregnet i følgende steg: 1) Tar utgangspunkt i en standard skole, 2) Ser hvor mange elever skolen har, 3) Hvilket år den ble bygget, 4) justerer for elevtall, 5) justerer for prisstigning og 6) beregner prosjektkostnad. Informanten mener man må fastsette rammene i økonomiplanen mye grundigere enn det man gjør i dag, og involvere de i Trondheim Eiendom som vet mest om byggekostnader i denne prosessen.

En annen informant opplever at de rent funksjonelle hensynene står veldig sterkt hos Kommunedirektørens Fagstab. Det vil si at f.eks en skole skal fylle funksjonen skole på alle mulige måter, både pedagogisk og sikre oppveksten for barn og unge. Kommer de funksjonelle hensynene på kant med klima og miljøhensyn opplever informanten at de funksjonelle hensynene oftest når frem. En tredje informant i utbyggingsavdelingen gir et konkret eksempel på utfordringer med ombrukskartlegging i prosjekter hvor det er mange involverte. I et pågående prosjekt skal det rives kommunale utleieboliger, og man ønsker å komme inn så fort som mulig å gjøre ombrukskartlegging. Men de om skal gjøre kartlegging får ikke tilgang til bygget fordi boligadministrasjonen i Trondheim Eiendom mener det mangler nøkler til boligene, selvom alle leietakere har flyttet ut av boligene. Etterhvert begynner prosjekteringsgruppa å etterspørre ombrukskartlegging som er nødvendig for prosjekteringsgrunnlaget, selvom man ikke har fått tilgang til bygget. En fjerde informant trekker frem at en kommune er en politisk styrt oragnisasjon, noe som kan være utfordrende og lite forutsigbart. Det forklares at skifte av politikere kan ha litt å si, med tanke på hva man får av midler og hva de ønsker å prioritere.

4.3.3 Ombruk i Trondheim Eiendom i dag

Fem av syv informanter nevner de pågående Nidarvollprosjektene og hvordan prosjektet ansees å sette en ny standard for leveranser av klima og miljøvennlige løsninger i organisasjonen. To informanter forteller at store deler av klima og miljøinitiativene i Nidarvollprosjektet kommer i større grad fra enkeltpersoner enn fra en forankret strategi hos ledelsen i organisasjonen. Begge beskriver at det er en drivende vilje og et engasjement for å prøve nye ting i prosjektet. En trede informant forteller at Trondheim Eiendom har vært en “fair“ utbygger i Nidarvollprosjektet med tanke på at de har hatt et godt samarbeid med aktørene og kravene som ble stilt til håndtering av materialer.

Trondheim Eiendom ansatte i 2021 en gjenbrukskoordinator som i all hovedsak jobber for å få implementert gjenbruk og ombruk i kommunen. Gjenbrukskoordinatoren kan fortelle at stillingen er etablert under utbyggingsavdelingen, men vil i praksis jobbe mellom flere avdelinger. Det forklares at de aller helst ønsker å få gjort ombrukskartleggingen rett etter miljøkartleggingen, fordi da har man kartlagt hva man ikke kan bruke med tanke på miljøskadelige stoffer. Ved en ombrukskartlegging er det delt opp i to kategorier: 1) Lavterskel materialer som gjenbrukskoordinatoren og gjenbruksoperatøren kan demonere selv, som blandebatterier og toaletter. Gjenbruksoperatøren er også en nyetablert stilling. 2) Kartlegging av materialer ved pågående rivarbeider i samarbeid med entreprenør, som vinduer, dører eller takstein. I tillegg kan det gjennomføres ombrukskartlegging i forbindelse med vedlikehold.

På spørsmål om bærekonstruksjonen kartlegges for ombruk, svarer gjenbrukskoordinatoren at det i all hovedsak kartlegges gjenstader som er synlige i bygget. Det er mest aktuelt i investeringsprosjekter å se på bærekonstruksjonen ettersom de er mer synlige da. Det hender også at vedlikehold går inn på bærekonstruksjonen, men det er ved mindre ombygninger. Det forklares at ettersom ombruk er helt i startgropen for Trondheim Eiendom er strategien først å ta de lavhengende fruktene, som er det synlige i bygget. Det vises likevel til Nidarvollprosjektet der man har klart å bruke igjen teglstein som er relativt Co2 intensivt. En prosjektleder på vedlikehold forteller at det beste man kan gjøre i dag er å bevare bygget så lenge som mulig. Noe det er det mer fokus på i Kommunen. Man må bli flinkere til å bruke og lete etter ting man trenger. Ombrukskartlegging kan man bli flinkere til å bruke i nåværende prosjekter. Foreløpig er det først og fremst til intern bruk.

4.3.4 Main Manager og Loopfront

Informant fra avdelingen økonomi og forvaltning forteller om anskaffelsen av “Facility Management“ (FM) programmet “Main Manager“. Grunnen til at det ble anskaffet var fordi man hadde manglende kontroll på dokumentasjon. Det lå på forskjellige bygg, i forskjellige mapper eller disker. Ønsket på sikt er at programmet skal være med å styre prosjektet fra vugge til grav, og at alle avdelinger skal inn å jobbe i programmet. I stedet for å ha de gamle vaktmesterbøkene og telefon skal man få registrert alt i ett system. Systemet er lagt opp til å følge lovpålagte forskrifter som internkontrollforskriften. Så vidt informanten vet støtter Main Manager åpne filformater, men nå er kravene til dokumentasjonen at det skal være på PDFer. Det forklares at man er relativt strenge på å strukturere informasjonen korrekt etter bygningsdelstabellen i Main Manager. Informanten forklarer at gevinstene med Main Manager er at alle sparer tid på å lete frem informasjon og at man generelt har bedre kontroll på byggene.

En FM koordinator forklarer at de er i gang med å legge inn 256 heiser på komponentnivå i Main Manager. Der er det bla. mulighet for å legge inn installasjonsår, produksjonsår og forventet levetid på komponenten. Det forklares videre at listen på komponenter kan bli lang, og man må ta en avgjørelse på hvor man skal registrere. Man har allerede måttet utvide bygningsdelstabellen med flere underartikler for å dekke behovet til informasjonslagring. Det presiseres at det ligger økonomi og tid i å kartlegge på et slikt komponentnivå. På spørsmål om digital tvilling svarer informanten at det ikke er noen strategi for å etablere det, men at det mer eller mindre er det man jobber for. Gjenbrukskoordinatoren ønsker etterhvert at man tar i bruk Main Manager for å jobbe proaktiv for ombruk. Tanken er da å gå inn på tilstandsanalysen og se når det skal det være hovedvedlikehold og hvilke arealer som blir berørt av det. Med bakgrunn i det kan man oppsøke bygget og utføre en ombruksrapport som lastes opp i Main Manager. Deretter kan prosjektutvikleren på vedlikehold ta utgangspunkt i tilstandsanalysen og ombruksrapporten når prosjektet skal ut på anbud. En prosjektleder ved vedlikehold forteller at målet er at alt skal inn i “Main Manager“, alt av behov og opplysninger om bygget. Det forklares at det man har nå er ufullstendig, stykkevis og delt. Det finnes knapt tegninger på enkelte bygg.

En gjenbrukskoordinator forteller om programmet Loopfront som kommunen nylig har anskaffet. Loopfront fungerer som en intern digital markedsplass og utgjør en database for tilgjengelige byggematerialer fra porteføljen til Trondheim Eiendom. I tillegg til programmet er det opprettet et materiallager på Dora i Trondheim. Foreløpig er det ikke så mange som har tilgang til programvaren, men det kommer ny versjon i 2022. I den nye versjonen planlegges det å integrere verktøy for automatisk CO_2 registrering opp mot “one klikk LCA“. Det det jobbes også med å få til bildegjenkjenning. I dag brukes Loopfront foreløpig til å registrere inn materiell som kommer fra enten demontering i forbindelse med riving eller kartlegging ute på lokasjoner. Det forklares at i en perfekt verden hadde man sluppet mellomlagring der man kunne brukt byggematerialer direkte i nye prosjekter eller internt i prosjektet. Loopfront hjelper nå Trondheim Eiendom med å etablere en forutsigbarhet der man kan reservere en stund i forveien og ta det i bruk i både vedlikeholdsprosjekter og større investeringsprosjekter. Det understrekes at en nøkkelfaktor for å få til dette er å være ute tidlig med ombrukskartlegging slik at det gir prosjekterende på andre prosjekter en forutsigbarhet. En informant fra rådgiversiden forteller at Loopfront først og fremst er et digitalt lager for inventar og ikke skjelettet til bygget. Med bakgrunn i Figur 4.3 forklarer informanten hvilken informasjon som er tilgjengelig. Det er gitt informasjon på dimensjon, vekt, vurdering av ombrukbarhet og pris.

Figur 4.3: Illustrasjon av produktdata i Loopfront, (fra informant).

4.3.5 Informasjonskrav, BIM og digitalisering

På spørsmål om det er satt informasjonskrav til hvordan en BIMen er satt opp, svarer en FM koordinator at de ikke har en fullgod kravspekk enda, men har mål om det på sikt. Det forklares videre at ved oppdatering av BIM så må man inn på BIM-tegningen og legge inn endring, noe som ikke er lett for en driftsoperatør å gjøre. Det forklares at man har rådgivere som går 3 år på kurs for å lære seg å jobbe med BIM modell. En IFC fil er relativt avansert og man kan potensielt gjøre mye galt i modellen. Informanten forklarer videre at de fleste BIM modeller har vært bra, og at man har klart å hente ut nødvendig informasjon som har vært trengt til vedlikehold.

Fra intervjuene i denne oppgaven forteller en prosjektutvikler at de har BIM-krav og BIM manual, men ser at man burde jobbet mer med BIM manualen. Informanten tror ikke BIM-manualen legger et godt nok grunnlag for å kunne levere digital FDV dokumentasjon. Informanten mener det er andres ansvar å etablere en kravspekk på hva rådgiverne skal levere. Det må være en kravspekk etter hva man ønsker å drifte etter og hva man har bruk for i vedlikeholdsfasen. Hvis noen kan beskrive de informasjonskravene, kan man levere etter det i byggefasen.

En informant hos kart og oppmåling i Trondheim Eiendom forklarer at de har produsert data til en slags digital tvilling av bygg ved bruk av laserscanning og kartdata. Det er kartdata som er byggesteinen og utifra det legger man på matrikkelen med type bygninger, næring og arealbruk. Slik kan man potensielt se en del sammenhenger som man ellers ikke ser, og produsere en del spennende informasjon. Informanten forklarer at de har fått noen få forespørsler på å levere slik informasjon, og at potensialet er stort. Det forklares at det først og fremst er "Byggesak" som har profitert på den type digitalisering i Trondheim Eiendom.

4.4 Sykkelhotell på Leüthenhaven

Et prosjekt som ble nevnt av flere informanter i Trondheim Eiendom er det pågående sykkelhotellprosjektet på Leüthenhaven. Det er fortsatt usikkert hvor mye ombruk man får til i prosjektet, men det trekkes frem som et prosjekt med potensielt svært høy grad av ombruk. En informant fra prosjektet kunne fortelle mer om sentrale problemstillinger og suksessfaktorer i prosjektet.

Mellomlagring av materialer: Arkitekten kommer med et eksempel fra et sykkelhotellprosjekt med høy grad av ombruk. Ulike materialer var anskaffet og klare til bruk ved igangsettelse sommeren 2021, men rehabilitering av parkeringskjelleren hindret oppstarten på deler av prosjektet som ble rammet. Derfor kom med en gang utfordringen med å lagre materialene midlertidig.

Utbygger med mange pågående prosjekter: Arkitekten forteller at ettersom Trondheim Eiendom har mange pågående prosjekter der flere bygg rives samtidig, var det lett å få tak i materialer til sykkelhotellprosjektet. Dermed kunne de gjøre oppmålinger av dimensjoner ved byggeplassbesøk. Arkitekten ser for seg at det hadde vært vanskeligere hvis det var en privat utbygger. Arkitekten trekker frem fordelene en stor utbygger som Trondheim Eiendom har med mange pågående prosjekter samtidig. Arkitekten forteller at det rives bygg hele tiden, og at det er lett å få tak i materialer ettersom man kan få tilgang til andre prosjekter.

Prosjektilpassing underveis: Sykkelhotellet ble tilpasset de materialene de fant underveis, noe som var en merkostnad for både arkitekt og RIB. Det ble flere runder med å kartlegge materialer før et donorprosjekt ble revet. Underveis i riveprosessen kan man typisk finne ut at det er mer eller mindre materialer enn det man først har kartlagt. Arkitekten trekker derfor fram at det å klare å kartlegge mest mulig nøyaktig og kjappest mulig er viktig for å kunne prosjektere raskt og smidig.

Vilje hos de involverte: Etter å ha vunnet konseptet med treoverdekning på sykkelhotellet med Trondheim Eiendom begynte man å se på hvordan sykkelhotellet skulle bygges. Arkitekten forteller at det var vilje hos Trondheim Eiendom til å teste ut om det gikk an å finne andre materialer som var i bygg fra før og bruke det i sykkelhotellet. Første problem oppstod da daværende RIB mente det var umulig å ombruke konstruksjonsmaterialer til prosjektet. RIB'en forlot prosjektet og det ble leid inn en annen RIB. Denne RIB'en så problemet på en annen måte der man raskt fant ut at det var mulig å ombruke konstruksjonsmaterialene. Derfra begynte ballen å rulle i prosjektet.

RIBens rolle: Arkitekten forteller at RIBen utgjorde en nøkkelrolle i sykkelhotellprosjektet for å få til ombruk av konstruktivt materiale. RIBen var med ut og så på materialene som skulle ombrukes for å vurdere kvalitet og dimensjoner. Rent praktisk har de gått til donorbrygget og sett at det finnes 30 stk konstruksjonsvirke med dimensjoner 225x75 mm. Hvis det ble inspisert med øyemål at en bjelke hadde 25 mm hakk, regnet RIBen det som 200 mm. I tillegg gjorde RIBen vurderinger rundt det konstruktive materialets levetid. Deretter tegnes dette inn i modell og RIBen regner på om det går rent kapasitetsmessig. Arkitekten forteller at det mest sannsynlig trengs en erfaren RIB for å gjøre slike vurderinger og med bakgrunn i vurderingene tørre å gå for det.

Resertifisering: Arkitekten trekker frem en konkret problemstilling når det kommer til resertifisering. Ettersom alle prosjekter de kjører har strenge krav til brannklasse, var det vanskelig å finne en dør som var sertifisert til brannklasse EI60. Selvom det f.eks var en ståldør som lå tilgjengelig i Loopfront ville det ikke vært mulig å bruke den fordi det ikke finnes dokumentasjon på det.

5 Resultater fra intervjuer

I dette kapittelet presenteres resultatene fra de 18 intervjuene. Funnene legges frem i fire delkapitler.

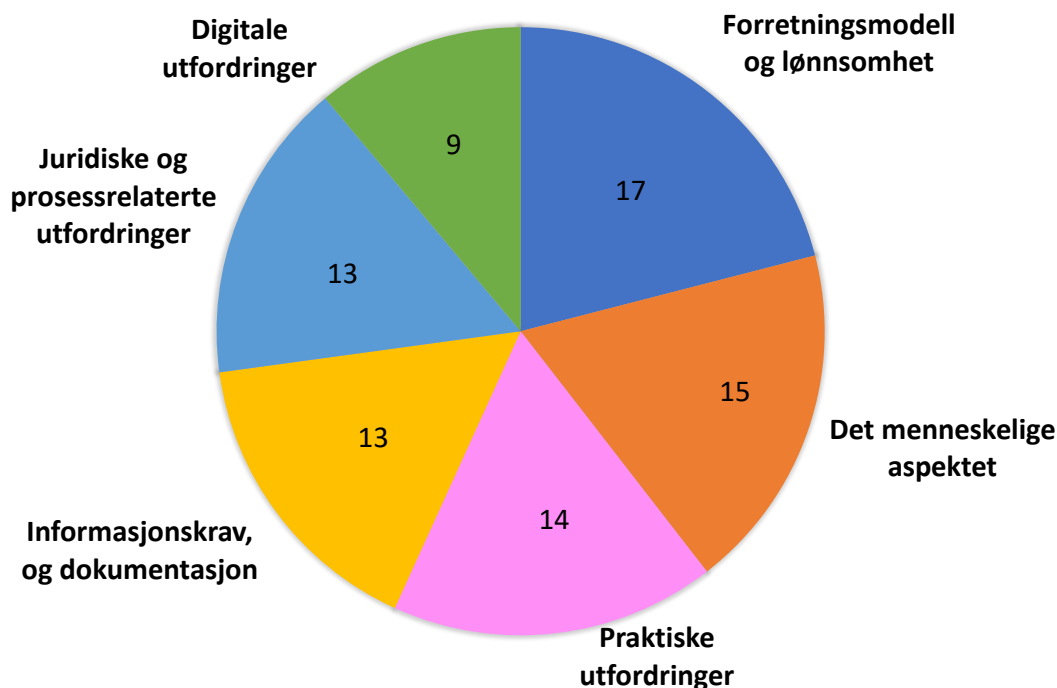
5.1 utfordringer kartlagt hos informantene

Fra bearbeiding av intervjumaterialer er det totalt kartlagt og kategorisert 14 utfordringer. De 14 utfordringene er fordelt på 6 hovedområder. I Tabell 5.1 er det oppsummert hvilke utfordringer som er kartlagt hos informantene og hvilket perspektiv de representerer. I tabellen er det illustrert med kryss hvilke informanter som har nevnt hvilke utfordringer i intervjuene. Antallet informanter er gjengitt i nederste kolonne.

Tabell 5.1: Kartlagte utfordringer hos informantene med inndeling i hovedområde.

Hovedområde →	Forretningsmodell og lønnsomhet		Det menneskelige aspektet		Praktiske utfordringer			Informasjonskrav, og dokumentasjon		Juridiske og prosessrelaterte utfordringer			Digitale utfordringer	
	Lønn-somhet	Forretningsmodellen i bransjen	Vilje til klima/miljø handling	Innarbeide nye rutiner å jobbe på	Mellomlagring av bygningselementer	Eldre bygg	Nye installasjoner i bygg	Informasjonskrav og miljøkrav fra byggherre	FDV Dokumentasjon	Risikoen til entreprenører	Byråkratiske prosesser	Resertifisering	Felles plattform og systemer	Åpne formater og standarder
Offentlig utbygger - Utbygging	X			X	X	X		X		X		X		
Offentlig utbygger - Utbygging	X		X	X		X		X			X	X		
Offentlig utbygger - Økonomi og forvaltning			X				X		X		X		X	
Offentlig utbygger - Drift og vedlikehold	X					X		X						
Offentlig utbygger - Utbygging	X		X		X						X		X	
Offentlig utbygger - Drift og vedlikehold	X					X			X			X		
Offentlig utbygger - Kart og arkitektur				X		X							X	
Bransjeorganisasjon	X	X	X	X				X					X	
Rådgivende - Arkitekt	X		X	X	X							X		
Rådgivende - Miljørådgiver	X		X			X		X					X	
Rådgivende - RIB	X	X	X											
Rådgivende - Utviklingsjef	X	X									X	X		
Rådgivende - Prosjektadministrasjon	X	X												
Offentlig utbygger - Utvikling og digitalisering								X	X				X	
Offentlig utbygger - BIM leder								X						X
Entreprenør - Bygg - Prosjektingeniør	X		X		X		X	X	X	X				
Entreprenør - Riving - ledelse	X		X		X		X		X	X		X	X	
Utdanning - universitetslektor				X	X									X
Antall informanter	13	4	9	6	6	6	2	9	4	3	4	6	7	2

I Figur 5.1 er hovedområdene presentert i et kakediagram med fordelingen av antall “observasjoner” totalt for hvert område. Samlet ble det kategorisert 81 “observasjoner av utfordringer” fra intervjuene innenfor de to fagfeltene “sirkulærøkonomi med fokus på ombruk” og “digitalisering med fokus på informasjonsforvaltning”.



Figur 5.1: Fordeling av kartlagte “observasjoner” hos informantene i hovedområdene.

5.1.1 Forretningsmodell og lønnsomhet

Tilsammen er det 17 informanter som har ment noe om “forretningsmodell og lønnsomhet”, noe som er det utfordringsområdet flest informanter har nevnt. Temaene er kategorisert i to deler: 1) Forretningsmodellen i byggebransjen og 2) Lønnsomheten til saker knyttet til ombruk og digitalisering.

Forretningsmodellen i byggebransjen

Fire informanter forteller spesifikt om forretningsmodellen i byggebransjen. En informant fra rådgiversiden forklarer at forretningsmodellen er selve kjerneproblemet med den grønne omstillingen når det kommer til ressurser. Ombruk og gjenbruk er ikke en del av business-caset til en utbygger, og det er ikke det de tjener penger på. En eier eller utbygger er opptatt av å selge verdi til sine kunder og det forklares at ingen ser kundeverdi i å ha kontroll på all betong og stål i bygget over 100 år. Da er det mindre risiko å bygge bygget på tradisjonelt vis og sikre bedre inntjening på kortere sikt.

Flere informanter forklarer at når det kommer til ombruk i dag, så har man fokus på bygningskomponenter som er visuelle og en del av businesscaset. Man har fokus på det som selger til kunden og det må byttes ut hvert 5 eller 15 år. Eksempelvis toalettarmaturer, vinduer, stoler og bord, dører og diverse tekniske installasjoner. Vedrørende digitalisering og BIM forklarer informanten fra rådgiversiden at BIM modellene også i stor grad er bygd opp med kunden i fokus. BIM er i dag hovedsakelig kun brukt som et verktøy til visualisering av konsept, prosjektering og produksjon. Det er ingen tanke om å ha kontroll på sine ressurser:

“Spør hvilken som helst eiendomsbesitter i dag om hvor mye betong de har i byggene sine. Det er ingen som vet svaret på det.”

En informant fra prosjektledersiden forklarer at forretningsmodellen er skrudd sammen for et helt annet forløp enn å levere sirkulære prosjekter. Det forklares at en utfordring med det er at det er mye lobbyvirksomhet som motvirker den sirkulære utviklingen. Man er opptatt av å holde folk i arbeid, skape et virke og økonomi. Det trekkes frem to eksempler. 1) Det ene er vedrørende omstillingen til utslippsfrie anleggsmaskiner. De som tjener på en slik omstilling er de som produserer og leverer utslippsfrie anleggsmaskiner. Det er noe man følgelig bruker ressurser på å produsere, selvom det er langt i fra der bransjen gjør de største Co2 kuttene. 2) Det andre er et eksempel på ombruk av et vindu. Informanten forklarer at hvis man ombruker et vindu i et prosjekt, er det en vindusprodusent som produserer og selger ett mindre vindu enn de vanligvis gjør. I stor skala betyr det at vindusprodusenten står med tap og folk uten arbeid. Derfor vil lobbyister og markedskrefter gjøre det de kan for at det ikke skjer.

På et spørsmål om hvordan man skal få eiendomsbesittere til å prioritere å bruke tid og penger på å dokumentere eller kartlegge sine ressurser for fremtidig ombruk, svarer en informant fra Grønn Byggallianse. Det forklares at den del av løsningen blir at man må dokumentere mer digitalt og ha “orden i eget hus” for å bli miljøsertifisert. Det blir et minimumskrav at de har et klimagassregnskap, noe man forventer kommer i TEK. I den nye BREAAAM manualen som kommer i 2022 er det lagt inn poeng innenfor delen “Materialeffektivitet og Ombruk” og “Endringsdyktighet og ombrukbarhet”. Informanten forklarer at det er en del av løsningen, men at det er mye opp til eiendomsbesitterne selv om de ønsker å gjennomføre det eller ikke. Informanten forklarer at det generelt skjer mange initiativer internasjonalt og nasjonalt for at bransjen skal jobbe i samme retning. En informant fra rådgiversiden forklarer eksempelvis at EUs taksonomi kommer til å spille inn på hvordan man investerer i nye prosjekter, og hvordan man beregner investeringskostnad. Det forklares videre at politikerne er helt sentrale i å skape forutsigbare rammer for bransjen. De må kunne legge til rette for bærekraftige forretningsmodeller med like vilkår for alle. To informanter forklarer at alle aktører i alle ledd i verdikjeden må ta inn over betydningen av det grønne skiftet, og må selv forstå hvordan de skal endre sin forretningsmodell. En informant presiserer at hvis man ikke klarer å omstille seg kan det bety slutten for virksomheten.

Lønnsomhet

Nært knyttet til forretningsmodellen finner man lønnsomhet. Lønnsomhet er den utfordringen flest informanter nevner i intervjuene, med 13 stk totalt. Flere informanter mener det per i dag ikke lønner seg å bruke ressurser på saker relatert til ombruk og digitalisering. Sammenliknet med å gjennomføre ting på tradisjonelt vis. En entreprenør kommer med et konkret eksempel på en situasjon der penger og lønnsomhet trumfer ombruk:

“Rørene var fullt mulig å bruke om igjen, men problemet var at håndteringen, transporten og lagringen av materialene var dyrere enn å bestille nye rør rett til prosjekt. Derfor ble de håndtert som restavfall ettersom det krevde mindre tid og penger.”

Entreprenøren forteller videre om tilsvarende utfordring med digitalisering. De hadde på et prosjekt muligheten til å levere FDV dokumentasjon digitalt fra BIM'en i et software program. Noe som potensielt gjør at den kommunale utbyggeren (i dette tilfellet) får bedre kontroll over ressursene sine. Lisensen for den funksjonen koster imidlertid rundt en halv million fordelt på syv år. Informanten forklarer at det er lite, men at det likevel passer dårlig å få en slik projektkostnad på slutten av prosjektet hvor det bla. skal deles ut bonuser. Informanten forklarer at en slik forespørsel først og fremst må komme fra utbygger, og at de ikke prioriterer å levere mer enn det utbygger ber om.

Synliggjort av flere informanter så er en del av utfordringen at det er etablert en sannhet om at det ikke lønner seg med bærekraftige prosjekter. Det forklares at man klarer å få det lønnsomt, men utfordringen er å få det like lønnsomt som en tradisjonell måte å gjennomføre prosjekter på. To informanter forklarer at alt kan gjenbrukes eller ombrukes, det handler bare om å ha pengene til det. Flere informanter forteller at man må klare å skape insentiver eller krav slik at man er nødt til å ta det bærekraftige valget. To informanter forklarer at man kan håpe at prisene på råmaterialer øker i markedet fremover, slik at man på den måten blir tvunget til å tenke ombruk for å gjøre det lønnsomt.

5.1.2 Det menneskelige aspektet

Totalt 15 informanter har ment noe om utfordringer ved tematikken som involverer det “menneskelige aspektet“. Utfordringene informantene har beskrevet omhandler hovedsakelig to tema: 1) Vilje, initiativ og kunnskap til å gjennomføre klima og miljøhandlinger og 2) Endringsvillighet og innarbeide nye måter å jobbe på.

Vilje til klima og miljøhandling

“Vilje til klima og miljøhandling“ var det nest flest informanter nevnte som enkeltutfordring i intervjuene med totalt 9 stk. Mange informanter nevner spesifikt at mye av den grønne omstillingen handler om en holdningsendring. En gjenbrukskoordinator forklarer at det ligger en forventning om at produktene som kommer inn i et prosjekt er nye og pakket inn i plastikk. Videre forklares det at det handler om å prøve å omstille seg, øke kvaliteten på gjenbruk og legge seg på en linje der man leverer fra seg ombruksprodukter med god kvalitet. En FM koordinator forteller at mye handler om holdninger og tankesett. Det forklares at miljørådgiverne har gjort en god jobb med at man skal få mer kunnskap om bærekraft. Informanten trekker frem at driftsoperatørene på sin side har hatt tankegodset om ombruk lenge. Det er ikke fremmed for dem å komme inn å “kannibalisere“ et bygg før riving. En annen informant forteller at man må klare å endre holdning slik at det ikke er lønnsomhet som skal brukes som argument for å ombruke:

“Det er en moralsk plikt ovenfor kommende generasjoner å ta vare på ressursene lengst mulig, fordi det er ressurser som fremtidige generasjoner ikke har.“

En informant fra entreprenørsiden forklarer fra Nidarvollprosjektet at hvis ikke det var vilje internt hos entreprenøren hadde man ikke klart å få til noen ting. Informanten kommer med et eksempel der de demonterte teglfasaden i større biter og brukte om igjen som støyskjerming. Informanten forklarer videre at det var usikkert om det gikk, og det var mye prøving og feiling før man fikk det til. En annen informant opplever stor vilje hos arkitekter og tror at arkitekter er sentrale i å få til ombruk ved å bygge opp prosjektet rundt de ombruksmaterialene man har tilgjengelige. En tredje informant forklarer at sirkulærøkonomiske strategier ofte assosieres med smale og konkrete strategier. Store deler av bransjen har lange tradisjoner og mennesker som har jobbet der lenge. En fjerde informant tror en utfordring er å få folk til å ta ombruk og gjenbruk på alvor og dermed utføre det ordentlig. Informanten tror først og fremst en driver for omstillingen er reduksjon i klimagassavtrykket og i avfallet. Det forklares at økning i råvarepriser også kan tvinge frem endringer. En femte informant fra rådgiversiden forklarer at en del av utfordringen er manglende vilje til å omstille seg. Det fortelles fra et prosjekt der informanten tok initiativ til å bevare bærekonstruksjonen slik den var (senere i delkapittel 5.3):

“ Et hinder for å komme å mål er det å tørre å prøve nye ting. Jeg ante ikke om vi kunne ombruke konstruksjonen, så jeg satte opp en modell av bygget slik det er i dag og regnet på lasten i eksisterende vegger. Det er ingen som sier at jeg skal gjøre det sånn, du må nesten ha en kriminell vilje for å få det til. Det er ikke en del av bestillingen. Du må være litt mer enn en friluftsentusiast, du må ha behov for endorfiner, smerter i lungene og gnagsår på føttene.“

Innarbeide nye måter å jobbe på

En informant fra forvaltningssiden forklarer at hvis man hadde hatt en digital tvilling som man bruker i drift med et digitalt verktøy, har man en utfordring med den digitale kompetansen hos driftsoperatørene. Det er et stort spenn i kompetansen til driftsoperatørene, der noen fungerer som den gamle vaktmesteren, andre har skrive og lesevaner og noen sliter med å bruke det digitale. Fra et entreprenørperspektiv forteller en informant at hvis man klarer å forklare til håndtverkere at de nye arbeidsmetodene er med på å vinne jobber, så vil det ikke være noe problem å rette seg etter nye måter å jobbe på. En annen informant fra rådgiversiden forklarer at det er utfordrende for de prosjekterende å prosjektere fleksible løsninger: *“Det er en ny måte å arbeide på og det kan ta tid å få det under huden”*. Vedrørende ombruksveilederen som Grønn Byggallianse har kommet med, forklarer en informant at man har måtte ta hensyn til at svært få jobber digitalt i bransjen. Man har lagt opp til en excelark-øvelse for kartleggingen av materialer. Det er ikke fordi man ikke har villet anbefale noe mer avansert, men fordi det er det enkleste stedet å starte for mange. Fra et utbyggerperspektiv forklarer en informant at BIM må man bare lære å ta i bruk i alle ledd. Selvom det krever personoppfølging med at man legger inn i systemet opplever informanten at det ikke nødvendigvis er et problem. Dagens arbeidsoppgaver krever uansett personoppfølging. En tredje informant fra rådgiversiden forteller at de ofte er bragt inn på banen for sent, og at de ikke får gjort stort før bygget skal rives. Når ombrukskartlegging blir integrert i den nye TEKen frykter informanten for at det kun blir en boks man klikker av på om det er gjort eller ikke.

5.1.3 Praktiske utfordringer

14 informanter har ment noe om de “praktiske utfordringene” for å få til ombruk. Menningene er kategorisert i tre tema: 1) Mellomlagring av ombruksmaterialer, 2) Utfordringer knyttet til eldre bygg og 3) Tekniske og digitale installasjoner i nye bygg.

Mellomlagring

Seks informanter trekker frem mellomlagring av bygningskomponenter som en utfordring med ombruk når materialene skal flyte fra et prosjekt til et annet. En informant i Trondheim Eiendom forklarer at det tar tid fra du har revet et bygg til et annet er på plass, så en mellomlagring på 1 til 2 år kan være helt nødvendig, ettersom det også tar tid å resertifisere og prosjektere inn de nye bygningskomponentene. Prosjektutvikleren ser per nå ikke hvordan man skal få til denne logistikken. To andre informanter forteller at det rett og slett oppstår utfordringer med lagerkapasitet og hvor man kan ha fysisk lagringsplass.

Eldre bygg

Informantene trekker frem en rekke utfordringer med eldre bygg. Fra en prosjektutviklers perspektiv forklarer en informant at enkelte bygg rett og slett ikke er mulig å gjenbruke ettersom de er falleferdige. Noen bygg er også bygget i en tid med miljøskadelige stoffer og materialer som asbest eller PCB. En informant fra Trondheim Eiendom tror det er vanskelig å ombruke eldre bærekonstruksjoner til det samme formålet, men har mer troen på å bruke bærende elementer om igjen til andre formål. Informanten trekker frem et eksempel der en limtrebjelke ble skjært opp og brukt til parkett, og en teglfasade ble skjært ned og brukt som støyskjærming.

To informanter fra Trondheim Eiendom forklarer at ved å beholde f.eks bærekonstruksjonen i betong for et gammelt bygg, er man fastlåst mtp de arealene som er tilgjengelige. Det trekkes frem at det er vanskelig å gjøre noe med takhøyden ettersom man skal inn med tekniske installasjoner. Det legges til at slike spørsmål ofte kommer inn for sent, ettersom kommunen har bestemt ting lang tid i forveien. Å komme tidsnok på banen med ombruksprosjekt er derfor viktig. En informant fra rådgiversiden forteller at det er en del missoppfatninger om at det er krevende å nyttiggjøre eldre bygg med tanke på arealer og takhøyde. Det finnes f.eks TEK godkjente løsninger for ventilasjon som ikke krever standard takhøyde.

Nye installasjoner i bygg

En informant fra entreprenørsiden forteller at flere nye bygg i dag er proppfulle med teknologi som sensorer og automatiske systemer. Teknologien blir fort utdatert og må skiftes allerede etter 10 års bruk. Informanten forklarer at man må prosjektere slik at man enkelt har tilgang til de teknologiske installasjonene for demontering. I dag oppleves det som svært krevende å gå inn å bytte slik teknologi. Entreprenøren forteller videre at det i et ressursperspektiv er viktig å spørre seg om det er nødvendig å ha de mest moderne systemene i byggene. Et moderne ventilasjonssystem er helt sikkert energibesparende, men ressursene og økonomien det legges i det gjenspeiler ikke besparelsene man kunne gjort på andre områder. Informanten forklarer videre at TEK kan oppleves som mer opptatt av lavt energibruk enn besparelse av ressurser. En informant fra driftsiden forteller at nye bygg ofte har mye teknologi, og at det ikke bestandig er vellykket. Informanten foreller at drift kan stå og skifte komponenter allerede etter 3 år til flere hundre tusen.

5.1.4 Informasjonskrav og dokumentasjon

Totalt 13 informanter forteller om utfordringer under forskjellige tema kalt “Informasjonskrav og dokumentasjon”.

Informasjonskrav og miljøkrav fra byggherre:

Utfordringer relatert til “informasjonskrav og miljøkrav fra byggherre” var det nest flest “observasjoner av i intervjuene med totalt 9 stk. Flere informanter er klare på at det er prosjekteier, eiendomsbesitter, utbygger eller byggherre som stiller krav til informasjon og dokumentasjon nedover i verdikjeden. En informant fra entreprenørsiden forklarer at det er viktig at byggherren stiller krav allerede i konkurransen til gjenbruk og ombruk. Det er fordi det i dag er dyrere å plukke ting fra hverandre, enn å rive, og det må inn i prisingen. Informanten forteller videre at man var flinke til det i Nidarvollprosjektene, men at man også lot endel ting stå åpent. En informant fra rådgiversiden forteller at en utfordring med informasjonskravene som kommer fra byggherresiden, er at de ikke vet hva de vil ha av informasjon. Informanten forklarer at det derfor kan være vanskelig for dem å komme med en konkret beskrivelse av den informasjonen de vil ha. En informant fra driftsiden forklarer at man på sikt ser for seg til å bli flinkere til å stille kravspekk til entreprenør med hvordan man ønsker og ha det. Deretter leverer entreprenøren på den informasjonen slik at man kan legge det rett inn i “Main Manager”. En annen informant presiserer at byggherren generelt må bli flinkere til å håndheve det som faktisk står av informasjonskrav.

BIM manual

En informant forklarer om utfordringene med BIM implementering etter erfaring fra Statsbygg. På et spørsmål om informanten opplever at BIM-manualer følges i praksis, forklares det at de følges i varierende grad. Informanten forteller at BIM-manualen i Statsbygg, SIM-BA, må prosjektilpasses og er på ingen måte en “rett ut av boka” manual. Om manualen skal bli fulgt er man avhengig av prosjektleder, prosjekteringsleder og BIM-rådgiver. Informanten forklarer at det har vært for få BIM-rådgivere i organisasjonen, og ingen har hatt tid til å følge opp de 100 pågående prosjektene til enhver tid. Flere prosjekter var derfor overlatt til seg selv hvor prosjektorganisasjonen, med prosjektleder i spissen, var helt avgjørende for at prosjektet skulle bli et vellykket digitalt prosjekt. Selv om BIM manualen ble lagt i prosjekthotellet og var kontraktfestet, var det i realiteten bare tilfeldigheter som avgjorde om den ble fulgt eller ikke. Informanten forteller at de prosjekterende ofte ber BIM-rådgiverne sjekke modellkvaliteten på BIM-modellen ved slutten av prosjektet, og de opplever store variasjoner i kvalitet. Informanten har følgende sitat om prosjekter der BIM-manualen ikke har blitt fulgt:

“Vi ser at BIM manualen ligger i prosjekthotellet, men det er neppe noen som har lest den og i hvert fall ikke noen som har fulgt den, for BIM-modellene er helt bananas.”

Kontroll på informasjon om produktene sine

En informant forklarer at eiendomsbesitterne i byggebransjen ikke har kontroll på hva de slipper ut og forbruker. Å få på plass krav om klimagassregnskap er noe som ville hjulpet med å få kontroll over både energibruk og ressurser. Informanten forteller at det mest sannsynlig kommer i ny TEK. I tillegg foreslås det at man får på plass rapportering av materialer og utvidet BIM. Med utvidet BIM mener infomanten at det f.eks kan dokumenteres hva slags type betong som er brukt er og hvor mye. En annen informant fra en offentlig utbygger forteller at all informasjonen relatert til klima og miljø er på PDF'er og ikke kompatibelt med et digitalt system. Realiteten er at det er ingen eiendomsbesitter som har kontroll på byggene sine og hvor mye utslipp de har. Å se hele fotavtrykket til bygget fra vugge til grav er komplekst, og man er ikke i nærheten enda. En tredje fremhever at på samme måte som eiendomsbesitter må ha kontroll på sine bygg sp må alle produsenter av materialer kunne sørge for at informasjonen om produktet sitt kan gå inn i en digital tvilling. Det må være i et åpent format der produktegenskapene enkelt kan leses av digitalt.

En miljørådgiver gir et eksempel på informasjon som kunne vært nyttig for å bruke mindre ressurser. Ved rehabilitering av bærekonstruksjoner er det veldig nyttig å ha informasjon om laster og dimensjoner. Man må på en eller annen måte verifisere de antakelsene man gjør. Hvis man ikke klarer det, så må man ta utgangspunkt i at bygget er bygget så dårlig som det lovlig var mulig å bygge det året. Det er da det sikreste, men det krever f.eks mer ressurser enn det man egentlig trenger. Informanten forteller videre at en utfordringer er at arkitekter og prosjekterende ikke har tid til ombruk, jo mindre utbygger har spurt spesielt om det. Ofte er det ikke tid til det.

FDV dokumentasjon

En informant fra rådgiversiden forteller at hele bransjen er basert på PDFer. Et ønske er at FDV dokumentasjonen skal inneholde dokumentasjon på det man har i bygget, og være kompatibel med digitale verktøy for automatisk behandling og avlesning. En annen informant fra entreprenørsiden forteller at de for første gang leverer veldig god FDV dokumentasjon på et prosjekt som overleveres tidlig 2022. FDV dokumentasjonen er i PDF format og legges i en mappestruktur for hvert bygningselement etter bygningsddelstabellen. Dokumentasjonen overleveres til en Kommune på en minnepenn. Entreprenøren forteller videre at man fint kunne tenkt seg at FDV dokumentasjonen var linket til BIMen, ettersom man har en BIM modell som er god. Rent teknologisk er det ingen problem å linke FDV informasjonen opp til et IFC format. Man må i så fall rydde i BIM-modellen og klargjøre den for et slik dokumentasjon. Det er eksempelvis en del IFC informasjon som ikke er nødvendig å ha med som FDV dokumentasjon. Informanten forteller at utfordringen er at den offentlige utbyggeren ikke har etterspurt denne informasjonen eller har en plan på hva de skal gjøre med den. To informanter på forvaltning og driftsiden forteller at man i dag har manglende FDV på eldre bygg, og at kan være en utfordring med tanke på å opparbeide gode digitale tvillinger.

5.1.5 Juridiske og prosessrelaterte utfordringer

13 informanter forteller om utfordringer som er valgt å kategoriseres under “juridisk og prosessrelaterte utfordringer”.

Resertifisering av materialer

Resertifisering av materialer er en utfordring mange informanter forteller om, og omtales av enkelte for å være den mest sentrale barrieren for å få til ombruk nå. Informantene forklarer at er vanskelig å få folk til å garantere for de materialene man ønsker å omsette når man ikke vet om de er skadet. En informant fra entreprenørsiden forteller at det er en merkostnad å bruke ekstra ressurser til sikker demontering av elementer som kan falle ned, hvis de er i dårligere stand enn først antatt. En informant i Trondheim Eiendom forklarer at det er en begrensning med omsetning av eldre byggematerialer, og at det er en av grunnene til at Trondheim Eiendom foreløpig har valgt å holde ombruket internt. I dag er det den som ønsker å omsette ombruksmaterialet som må vite egenskapene til produktet, og har ansvaret ved et eventuelt salg.

Risikoen til entreprenør

I forbindelse med resertifisering av materialer forklarer en informant på utbyggersiden at det kan være en utfordring å få entreprenøren til å ta på seg økt risiko ved ombruk av bygningsmaterialer. For entreprenøren sin del påfører det en større risiko enn det er verdt rent inntjeningsmessig. Informanten forklarer at entreprenører generelt allerede er gnaske presset på tid og kost. En annen informant fra entreprenørsiden forteller at det allerede ligger mye risiko på entreprenøren fra før, og at håndteringen av risikoen med ombruk og gjenbruk kommer oppå der igjen. Informanten presiserer at det derfor viktig å ha en rettferdig byggherre med ekstra midler hvis man skal få til større grad av ombruk.

Helhetlig endring av prosesser

En informant fra rådgiversiden forteller at det mest bærekraftige er å ikke bygge i det hele tatt. Etersom det vanskelig lar seg gjøre i dagens samfunn, forklarer informanten at det beste alternativet er å bygge med de ressursene man allerede har. Utfordringen som følger da er at dagens byggeprosesser og prosjektgjennomføring i alle år er innarbeidet i et lineært system. Informanten forklarer at systemet med deres prosesser ikke er tilpasset sirkulærøkonomi. En annen informant fra utdanningssektoren forklarer at det eneste alternativet man har er å tenke sirkulære byggeprosjekter. Selvom man i dag er enige om at tre som byggemateriale er mer klima og miljøvennlig forklarer informanten at det er utfordrende å holde treet i kretsløpet lenge nok til at skogen rekker å regenerere seg selv. Informanten forklarer at man derfor nødt til å holde ressursene lenger i kretsløpet og tenke på bygg i et lenger tidsperspektiv enn det man gjør i dag. En tredje informant forteller at det juridiske rammeverket generelt ligger langt etter i tilpasninger til sirkulære prosjekter. Der mange lover og forskrifter ble etablert før 2000 tallet.

5.1.6 Digitale utfordringer

Totalt er det 9 informanter som forteller om utfordringer og forhold som er kategorisert under “digitale utfordringer”.

Felles plattform og systemer

Utfordringer knyttet til “felles plattform og systemer” var det tredje flest informanter som trakk frem i intervjuene, med totalt 7 informanter. Informantene trekker frem forskjellige perspektiver på saken. To informanter forteller at man i dag jobber på forskjellige plattformer og systemer med varierende kvalitet og brukergrensesnitt. Det er vanskelig å forholde seg til 50 ulike systemer som ikke er koordinert. Data ligger spredt på forskjellige aktørers systemer som man ikke har tilgang til. Loopfront trekkes frem av en informant som en god plattform for Trondheim Kommune, men per nå gagnar den ikke resten av markedet etter som det kun er for internt bruk. En informant fra entreprenørsiden trekker frem et konkret eksempel på hvordan en felles digital plattform kan gi gevinster. Ved f.eks masseutkjøring ønsker en entreprenør å kvitte seg med 200 kubikkmeter betong, mens en byggherre eller entreprenør på et annet prosjekt trenger 200 kubikkmeter betong. Informanten forklarer at det i dag ikke er mulig å få til den matchingen. Hvis de er heldige kan de observere konkurrenten kjøre ut masser til bruk et annet sted og få de til å kjøre masser til deres prosjekt isteden for deponi.

En informant i Grønn Byggallianse forklarer at potensialet ikke utnyttes til det fulle med tanke på digitalisering. Det er utfordrende, fordi det er en “ad hoc” utvikling. Informanten har inntrykk av at det snakkes for mange forskjellige språk i bransjen, og at man trenger robuste plattformer som må kunne snakkes sammen på tvers av forskjellige programmer. I forbindelse med ombrukskartlegging forteller en informant fra rådgiversiden at det blir mange som skal gjøre ombrukskartlegging fremover og at det ville vært en stor fordel om de var på samme format, plattform og marked. To informanter forklarer at man generelt sett sitter sprett i sine egne avdelinger og ikke samhandler på tvers i organisasjonen. Informantene trekker frem at deres forvaltningsprogrammet har som mål å få samlet avdelingene mer i organisasjonen og dermed gjøre informasjon mer tilgjengelig for alle.

Fra et utbyggerperspektiv forteller en informant at det ikke er opparbeidet systematiske datakilder, og det som gjøres av digitalisering er sporadisk og personlig drevet. Og hvis man får noe ut av dataene trenges det noen som kan tolke dataene, gjerne fra spesialfag. Informanten forklarer at hovedproblemet i dag er at ting ikke er “ekte digitalisering”. En PDF er mulig å lese for en enkeltperson, men det er ikke mulig å hente ut samlet data fra den. Slik er det vanskelig å få oversikt over ting på porteføljenivå. Informanten trekker frem et eksempel med avfallsregistrering. I dag har man ikke etablert digital datafangst fra avfallsanlegget, noe man absolutt kunne tenkt seg var mulig. I utgangspunktet kunne man da fått oversikt over hele avfallstrømmen til alle byggene i porteføljen, men det har man ikke muligheten til. Informanten forteller videre at det hjelper lite å digitalisere for å digitalisere, man må komme dit hvor man fjerner arbeidsoppgaver.

Åpne formater og standardisering

En BIM leder forklarer at Åpen BIM basert på IFC er den riktige veien å gå hvis man ønsker en modell man kan benytte til forvaltning, drift og vedlikehold. Det forklares at det blir for komplisert å bruke en modell med proprietær programvare til drift over lenger tid, ettersom situasjonen forandrer seg dag til dag. Videre forteller informanten at det har vært en kamp å få de prosjekterende til å levere gode IFC modeller. Det forklares at de ikke har kompetansen som skal til for å levere på en god måte. En informant fra utdanningsektoren forteller at en utfordring med ombruk og standardisering i åpne formater er at ombrukte elementer som regel har en unik ID, noe som kan bli utfordrende med tanke på datamengdene. En informant fra rådgiversiden forteller at en generell utfordring er at det ikke er laget filformater som muliggjør modellering på tvers av programmer og fag, fordi IFC hovedsakelig er et rent eksport format. Det vises til et prosjekt der en arkitekt sluttet i jobben og etterlot seg en modell i Archicad. Den nye arkitekten brukte et annet modelleringsprogram, noe som gjorde at modellen måtte bygges opp fra start av. Informanten har følgende sitat:

Det er mulig å eksportere og importere ICF mellom modelleringsprogrammene, men det du står igjen med er en "død" geometri som du ikke får gjort noe med. En ønskeløsning kunne vært at arkitekten laster opp modellen i sitt nye modelleringsprogram, og kunne fortsatt å jobbe med den.

I samtaler om digital tvilling, kommer det frem at det er varierende forståelse blant informanter om hva digital tvilling begrepet omhandler. Noen informanter hører ordet for første gang, og andre har hørt det en eller to ganger før. De fleste klarer å resonere seg frem til hva digital tvilling innebærer, men det eksisterer ikke en uniform oppfatning av begrepet.

5.2 Muligheter i bransjen

I intervjuene er det informanter som har snakket spesielt om mulighetene i bransjen knyttet til sirkulærøkonomi, ombruk og digitalisering. Totalt ble det kategorisert 6 muligheter innenfor tematikken i oppgaven. I Tabell 5.2 er det oppsummert hvilke muligheter som er kartlagt hos informantene og hvilket perspektiv de representerer.

Tabell 5.2: Kartlagte muligheter hos informantene med inndeling i hovedområde.

Mulighet → Informant ↓	Lønnsomhet	Digitale muligheter	Matche behov	Statlig initiativ	Kartlegging av eksisterende bygningsmasse	Prosjektering for demontering
Offentlig utbygger - Utbygging					X	X
Offentlig utbygger - Økonomi og forvaltning		X				X
Offentlig utbygger - Drift og vedlikehold	X	X			X	X
Offentlig utbygger - Utbygging	X		X		X	
Offentlig utbygger - Drift og vedlikehold		X				
Offentlig utbygger - Kart og arkitektur		X	X		X	
Bransjeorganisasjon	X	X	X	X		
Rådgivende - Arkitekt	X					
Rådgivende - Miljørådgiver					X	X
Rådgivende - RIB		X		X	X	X
Rådgivende - Utviklingssjef	X	X	X			X
Rådgivende - Prosjektadministrasjon		X				
Offentlig utbygger - Utvikling og digitalisering		X		X		
Entreprenør - Riving - ledelse			X	X	X	
Antall informanter	5	9	5	4	7	6

5.2.1 Lønnsomhet

I liket med utfordringer er det flere informanter som nevner at lønnsomhet representerer en mulighet. En informant forklarer at det først og fremst handler om å utvide perspektivet. Ombruk handler om å utnytte ressursene i byggene globalt over en hundreårsperiode, eller lenger. Man skal ha et bygg som svarer seg økonomisk i 100 år. Regnestykket kan se helt annerledes ut enn det gjør i dag i et lenger tidsperspektiv. En annen informant fra forvaltnings og driftsiden forklarer at det i teorien ikke er så vanskelig å synliggjøre lønnsomheten ved ombruk. Man finner ca. priser på komponenter og nye byggematerialer, og kan i prinsippet trekke fra prisen på de nye materialene, og kanskje legge til litt for merarbeid med ombruk.

En tredje informant forteller om hvordan TEK, BREEAM og EU-taksonomien kommer til å endre måten bransjen tenker på når det kommer til bærekraftige prosjekter. Det forklares at det indirekte kommer til å skapes insentiver til å ta mer sirkulære valg. Det representerer en mulighet for de som ønsker å være innovative og skape nye businessstrategier i bransjen. En fjerde informant forklarer at man må se verdiskapning i omstilling fra produksjon til andre tjenester. Det trekkes frem at det kan skapes mye lokal verdi i å implementere rensning, reparasjon og vedlikehold. En femte informant er overbevist om at man med gode digitale markedsplasser vil se prosjekter bli mer lønnsomme med ombruk. Det trekkes frem at svingninger i markedet med prisstigning på materialer kan fremme ombruk. Informanten kommer med et eksempel i et prosjekt der de brukte om trevirke. Før koronapandemien var det ikke lønnsomt å ombruke treet, men etter prisstigningen i kjølevannet av korona ville det mest sannsynlig vært lønnsomt. Informanten trekker også frem at ettersom man klarer å bli mer effektive så blir det kanskje mer lønnsomt å bruke norsk arbeidskraft på gjenbruk og ombruk i stedet for å hente inn arbeidskraft og materialer fra utlandet.

5.2.2 Digitale muligheter

To informanter fra utbyggersiden forklarer at det trengs digitalisering for å for oversikt over ressursene slik at man kan holde de i kretsløpet lengst mulig. Man må vite hva man har for å kunne tilrettelegge for ressursene. Det er en av de hovedtingene man ikke har på plass. En informanten forklarer videre at for å kunne forvalte ressursene så lenge som mulig må man utvide systemgrensene og etablere en digital tvilling som fungerer som en materialbank. Eksempelvis er Loopfront og Madaster initiativer man trenger mer satsing på. En annen informant forklarer på tilsvarende måte at digitale tvillinger er sentrale for å få oversikt over materialene man har tilgjengelig på ulike tidspunkt. En tredje informant fra drift og vedlikeholdssiden forklarer at det er stort potensiale for tidsbesparelser på å lete frem informasjon hvis man klarer å knytte mye informasjon sammen i en digital driftsmodell. En fjerde informant forteller at med god struktur på data kan man få ut mye informasjon kjapt som på sikt kan fjerne menneskelige arbeidsoppgaver.

En informant fra rådgiverseiden forteller at det sjeldent er tid til ombruksplanlegging og at digitalisering kan hjelpe med å få bedre oversikt over følgende basisinformasjon: 1) Informasjon om bygningskomponenter i form av dimensjoner, kapasitet, forventet levetid, antall og når komponenten er tilgjengelig. 2) Laserscanning av bygget hvis modell ikke foreligger, det er til hjelp for arkitekter å se ting i modell 3) Tegninger i BIM med hvordan bygget faktisk er. En annen informant fra rådgiversiden forteller at gevinstene med å ha oversikt over ressursene i en digital tvilling er at man lettere kan se klassifisering på materialer og regne ut mengder. I tillegg kan man se oppbygning på bygget der man f.eks kan finne ut om det er bindingsverk eller betongvegger under gips. Informanten forteller at slik informasjon er nyttig for å gjøre det lettere å ombruke. En tredje informant fra rådgiversiden forteller at bransjen må tenke annerledes når det kommer til grønn omstilling. Med mer digital kontroll på informasjon om byggene våre muliggjør det at nye forretningsmodeller kan gro frem.

To informanter fra drift og forvaltningssiden forteller at det fra deres perspektiv først og fremst handler om å få samlet all data om de eksisterende byggene slik at det ligger på samme sted. I dag bruker man mye tid på “detektiv” arbeid. Det forklares at samlet data kan forenkle ombrukskartleggingen ettersom involverte har lettere tilgang på informasjon enn tidligere. Det skaper generelt mer forutsigbarhet for de som er involvert i prosjektet. Det forklares videre at det er store tidsbesparelser på å kunne hente ut informasjon om bygningselementer. Det trekkes frem et eksempel der man skulle svare ut en forespørsel på informasjon om leketøystativ, en av de komponentene som er digitalt kartlagt hos eiendomsbesitteren. Det tok i underkant av et minutt å hente ut informasjonen og besvare forespørselen. Tidligere ville tilsvarende operasjon tatt betraktelig lenger tid, eller ikke vært mulig å besvare i det hele tatt.

5.2.3 Matche ulike behov

Nært knyttet til digitalisering av markedsplasser forteller flere informanter at mye handler om å klare å matche ulike behov i forskjellige settinger. En informant fra rådgiversiden forklarer at mye handler om å matche kjøper og selger. Det er helt avgjørende for at entreprenøren enkelt skal kunne ombruke materialer. Plattformer som Madaster og Loopfront er veien å gå. En annen informant forteller om et eksempel der man har klart å sammenstille behov fra forskjellige organisasjoner. Man klarte å få sendt porselen og stoler til et sted i Afrika som de fikk brukt igjen der. En tredje informant fra Trondheim Eiendom forteller at det fort blir dyrt å reparere, rens og rehabilitere ulike typer bygningskomponenter. Derfor er Trondheim Kommune i gang med å etablere et samarbeid med Stavne Dagsverket, som holder på med arbeidsopplæring, bo og aktivitetstilbudet rundt om i Kommunen. Trondheim Eiendom kan dermed hente inn billig arbeidskraft for enkle arbeidsoppgaver, samtidig som det tilfører noe sosialt og et arbeidstilbud for de på behandlingssenteret. Det trekkes frem et eksempel med vasking av marktegl og belegningsstein. Det forklares at det er enklere å forsvare slikt arbeid økonomisk enn at en entreprenør skal vaske teglstein for 1000 kr timen. En fjerde informant fra Trondheim Eiendom forteller at det er muligheter for å få til masse spennende ved at man kalrer å matche kompetanse sitter rundt i store organisasjoner som Trondheim Eiendom. I dag ser man ikke helt potensialet for det man kan få til på tvers av avdelingene.

5.2.4 Statlige initiativ

En informant fra entreprenørsiden mener at staten burde ta mer grep for å få på plass en felles markeds plass som gagnar hele markedet. Det blir for mange små aktører som fungerer bra til sitt bruk, men ikke for alle. Det foreslås f.eks på fylkeskommunalt nivå. I tillegg må man innse at det trengs fysisk lagringsplass for mellomlagring av materialer, noe det offentlige burde legge til rette for. En annen informant forteller at man må ha større aksept for at byggeprosjekter blir dyrere for å få til en endring i starten. Det forklares at offentlige anskaffelser og offentlige byggherrer er ansvarlige for å etablere den aksepten. En tredje informant fra utbyggersiden forteller at man gjerne kunne sett flere initiativer for å tenke mer langsiktig rundt digitalisering. Man må legge ressurser på de innsatsområdene som driver med “ekte digitalisering“, og de må følges opp i hele livsløpet. Informanten forklarer videre at det er grunnleggende rammevilkår og forutsetninger som må på plass fra det offentlige slik at man klarer å få på plass en datastruktur som man kan dra nytte av.

En informant fra rådgiversiden forteller at staten burde ta mer ansvar for felleskapets ressurser enn det man gjør i dag. Informanten foreslår å etablere en såkalt materialkemner. I likhet med at man krever inn skatt fra enkeltpersoner, foretak og bedrifter, bør man kreve at ethvert nyoppført bygg skal dokumentere de materialene og ressursene som er brukt i bygget. Informanten forklarer at på samme måte som f.eks Skatteetaten vet alt om deg som skattebetaler, eksempelvis ved å kunne hente ut informasjon om hvor mye du tjente for fem år siden, så bør også en “materialkemner“ kunne hente ut informasjon om hvor mye betong som er over bakken i tørre bygg i Trondheim. Informanten forteller at hvis man får lov til å bygge et sted så bør man ikke bare være forpliktet til TEK, men også forpliktet å oppgi basisinformasjon om de hovedressursene man har brukt i bygget, og melde inn til “materialkemneren“ i f.eks Trondheim. Informanten legger til at man i dag er langt unna å kunne oppgi slik informasjon.

5.2.5 Kartlegging og behandling av dagens bygningsmasse

Flere informanter forteller om mulighetene for å kartlegge dagens bygningsmasse i eksisterende bygg. Fokus var på de CO₂ intensive materialene i bygningskonstruksjonen som betong og stål.

Flere informanter uttalte seg spesielt om betong og hvilke muligheter og begrensinger som ligger i denne typen bygningsmasse. En informant fra entreprenørsiden forteller at det er tungt å bruke igjen betong slik den er, og har på sikt mer troen på å knuse den og bruke det som tilslag i ny betong. Informanten forteller at man i dag ikke har kommet lenger i å finne ut hvordan man skal få god nok kvalitet på ny betong lagd av knust betong. To informanter, en riveentreprenør og rådgiver, forteller at det teoretisk sett er mulig å sage ned plastøpt betong og boltre opp som et element, men at det vil være svært vanskelig i praksis og altfor kostbart. Det forklares at prefabrikkerte betongelementer er en mer “farbar case“, der de allerede er prosjektert for montering.

Når det kommer til ombruk av bærekonstruksjoner i stål og betong svarer flere informanter at det er viktig å skille mellom plasstøpt og prefabrikkerte betongelementer. Flere informanter er enige om at ombruk generelt er desidert enklest hvis det er elementbasert. Ved ombruk av prefabrikkerte betongelementer forklarer en informant fra utbyggersiden at det er fører til store besparelser i co2 utslipp ettersom betong er veldig co2 intensivt. Flere informanter er enige om at ombruk av plasstøpt betong i så fall må skje ved å la den plasstøpte bærekonstruksjon stå. En informant fra rådgiversiden forteller videre at et minimumskrav burde vært å la fundamentet stå, men det er mye enklere å forsvare hvis man har tegninger eller modeller av bygget. Det forklares at det er bærekonstruksjonen som representerer de lavhengende fruktene for co2 besparelser ettersom det er der de Co2 intensive ressursene ligger. Informanten understreker at man ikke burde rive ned betong. En annen informant fra rådgiversiden forklarer at rehabiliteringsprosjekter er den viktigste veien å gå for plasstøpt betong, men at man da trenger informasjon om hva slags laster bygget er designet for. Det forklares at man i flere tilfeller ender opp med å gjøre heftige antakelser. De to rådgiverne forteller at man er nødt til etablere gode BIM modeller om hvordan de eksisterende byggene faktisk er bygd opp basert på gamle tegninger for å få til gode rehabiliteringsprosjekter.

Når det kommer til kartlegging av dagens bygningsmasse mener samtlige informanter fra intervjuene at det er teoretisk mulig å få til, men det er uenighet om hvilket nivå det er realistisk å gjøre det på. En informant fra rådgiversiden mener det absolutt er mulig å få til, og forteller at man i flere bygg har vært pliktet til å ta vare på prosjekteringstegninger i 5 til 20 år. Informanten forklarer imidlertid at det er helt opp til utbygger og prosjekt-eieren å samle inn denne informasjonen og vite hva de skal med den. To informanter fra utbyggersiden forteller at de smått har begynt å samle informasjon om sin eiendomsmasse, der de bla. har fått kontroll på rundt 1800 lekeapparater og er i gang med alle heisene i porteføljen på komponentnivå. Informasjonen er satt opp etter bygningsddelstabellen og integrert i forvaltningsprogrammet. Det forklares at Norsk Standard allerede er for liten og at man har måttet utvide med et nytt nivå. Informantene forklarer at informasjonen enn så lenge er i form av PDFer og at man først har startet med å få kontroll på dokumentasjonen. Noe som er estimert tå ta rundt 4 til 6 år. En informant utdyper at IFC formatet foreløpig brukes mest mot BIM. En informant fra utbyggersiden forklarer at det er gode muligheter for å øke graden av ombruk hvis man klarer å kartlegge hva som er tilgjengelig av materialer, særlig fra bygg som rives. Informanten forteller at det rives mye i byggebransjen. Med god kartlegging, tilgjengeliggjøring av informasjon og legge til rette for at det brukes i prosjektering, forklarer informantene at graden av ombruk kan øke på sikt.

5.2.6 Prosjektering for demontering

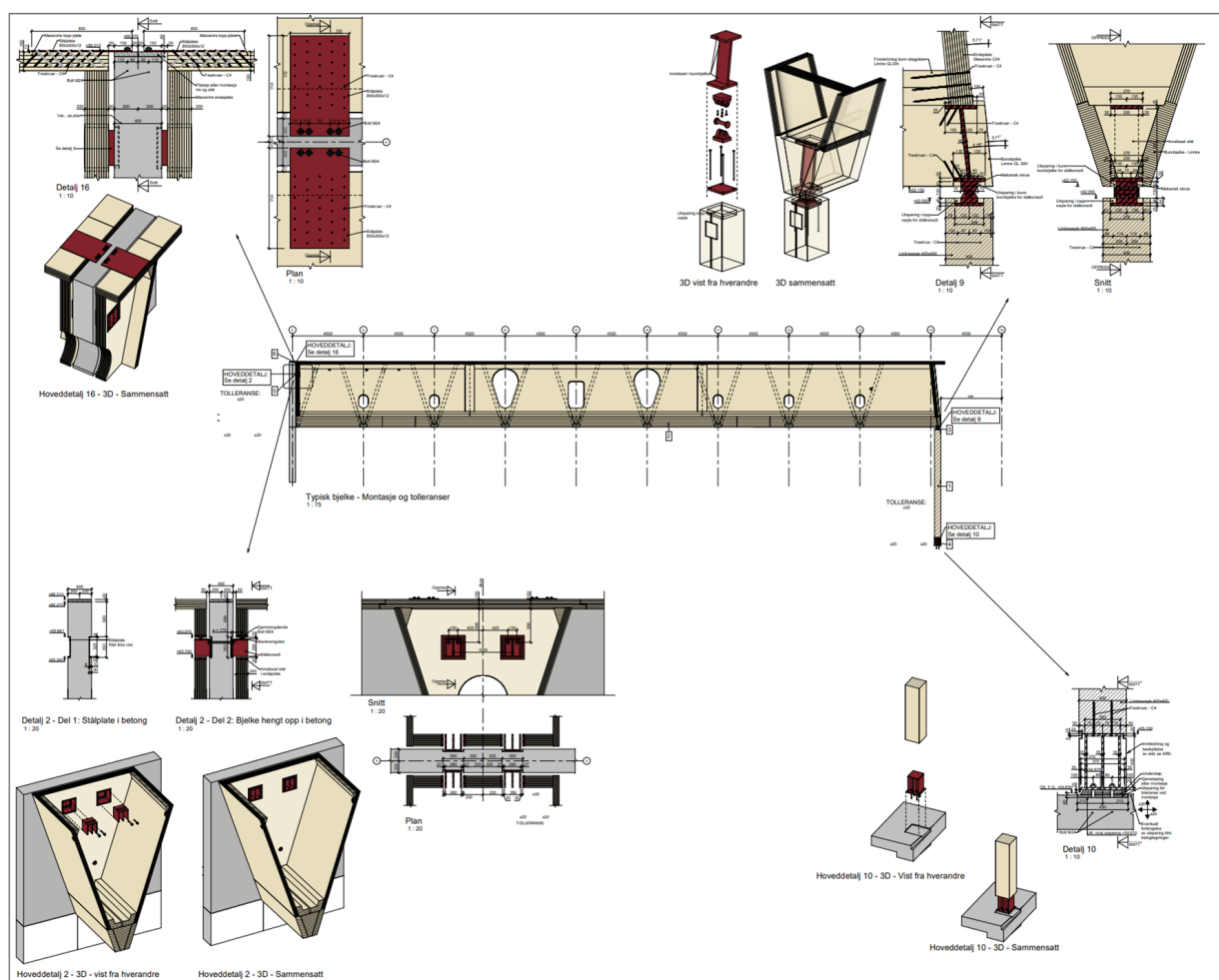
Et sentralt tema knyttet til kartlegging og behandling av dagens bygningsmasse er hvilke muligheter man har for å få kontroll på morgendagens bygningsmasse. Flere informanter ble derfor stilt et oppfølgingsspørsmål om hvilket forhold de hadde til bygging og prosjektering for demontering og ikke riving.

En informant fra utbyggersiden forklarer at prosjektering for demontering er noe de begynner å tenke på nå, men det er ikke noe de har tenkt på før. Det har alltid vært krav om at man skal bygge fleksibelt med tanke på ombygging, men det har vært utfordrende å bringe inn i prosjekteringsgruppen. Det at man bruker mer massivtre kan gjøre det enklere å plukke fra hverandre, men det er fortsatt krevende å tenke nytt på en gjennomførbar måte. Informanten tror det vil ta tid å få dette under huden for de prosjekterende, og understreker at det er viktig at offentlige byggherrer går foran som et eksempel. En annen informant fra utbyggersiden forteller at man opplever at det går et skille mellom hva man klarer å ombruke i prosjektet nå, og det som kan ombrukes 50 til 60 år frem i tid. Informanten forteller at de sanker poeng i BREEAM mtp. demontering når det skal rives. Tanken er da at man på sikt har digital informasjon om dette i BIM modellen som blir en del av FDV dokumentasjonen i etterkant. Det forklares at man i dag er skeptiske til slik prosjektering fordi det er så langsiktig, og man må bruke en del penger på prosjekteringen for å få det gjennomført. Det forklares at det er vanskelig å regne hjem mtp. lønnsomhet.

En informant på rådgiversiden forteller at det ligger langt frem at man kan hente ut nødvendig informasjon fra dagens BIM modeller til demontering, drift eller annen type datainnsamling. Fra et prosjekt informanten var involvert i sammensatte man et et forslag til montasje-prosedyre for tagdragere. I prosjektet ble flere aktører imponert, men det skapte også forundring og spørsmål om det kom i konflikt med hvordan entreprenøren ønsket å montere det. Informanten fortell videre at det ikke nødvendigvis er så vanskelig å vise hvordan bygningskomponenter skal monteres og demonteres, og det støttes absolutt av dagens teknologi. Informanten forklarer at selve utfordringen er at monterings og demonterings informasjon ikke er en del av businesscasen til utbygger/eiendomsbesitter. Det er aldri noen som har etterspurt informasjonen, og heller aldri noen som har lært å produsere den. Informanten forklarer videre at mange tror at det finnes enormt mye informasjon om et bygg, men i realiteten gjør det ikke det. De aller fleste standardbygg har mindre enn 20 hoveddetaljer, og BIM modellen er hovedsakelig laget for å vise et ferdig produkt for kunden.

I dag bruker vi utelukkende BIM til å vise en sammensatt TEK17 godkjent løsning i ferdig tilstand

En informant fra utbyggersiden forteller at demontering er viktig, ikke bare som planlegging i prosjekteringen men også i praksis ute på byggeplassen når det skjer. Det gjelder både elementer og rør der man må tenke seg om flere ganger før man skjønner hvilken måte det er best å demontere på. En annen informant forteller at man i prosjekteringsmøter sjeldent har klart å forklare oppbygningen av bygget ut i fra BIM modellen og er nødt til å ta frem et vertikalsnitt og en plantegning for å forklare presist. Informanten har gitt et eksempel i Figur 5.2 på hvordan montering og demonteringstegninger for en bjelke kan illustreres med BIM-verktøy.



Figur 5.2: Illustrasjon av montering og demontering av bjelke, v. informant

5.3 Eksempler på informasjonsflyt for ombruk i dag

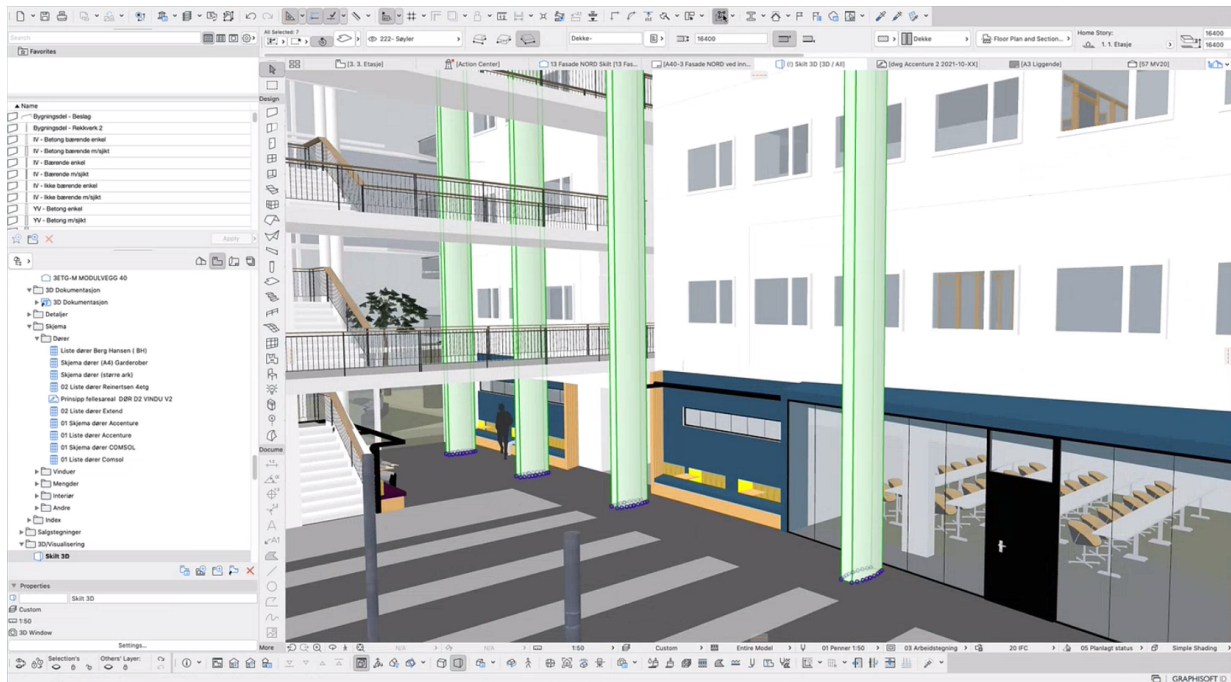
Enkelte informanter har kunnet forklare med konkrete eksempler hvordan informasjonsflyten for ombruk foregår i dag. Nedenfor følger eksemplene fra en arkitekt, RIB og en gjenbrukskoordinator.

Et eksempel fra arkitekt med ombruk av søyler

Med bakgrunn i Figur 5.3 gir arkitekten et fiktivt eksempel på fremgangsmåten for å ombruke 4 søyler (grønn markering i figuren). Selvom det er et fiktivt eksempel understreket arkitekten at tilsvarende fremgangsmåte er benyttet på sykkelhotellprosjektet nevnt tidligere.

1. De 4 søylene blir funnet fra donorprosjekt ved besøk, fra ombrukskartleggingen, eller fra materiallager i f.eks Loopfront
2. Søylenes dimensjoner blir kartlagt og arkitekt legger inn søylene som elementer inn i Archicad.
3. Deretter er det RIBen som må regne på om søylene kan ombrukes med den kapasiteten og kvaliteten de er vurdert til å ha. Arkitekten understreker igjen at man mest sannsynlig trenger en erfaren og rutinert RIB for å ta disse beslutningene.

Arkitekten forklarer at det i en slik prosess er mye samhandling med andre rådgivende. Det er gjerne arkitekten som først kommer med forslag før de andre rådgivende får si sine meninger. Kanskje kommer akustikkeren og sier at man må bruke betong her for å tilfredstille akustikkkrav. Deretter kommer RIBen og sier at trekonstruksjon blir det beste. Tilslutt er det ofte kostnad som får det siste ordet, der utbygger kanskje foreslår at stålsøyler er det man må gå for fordi det er 20% billigere.

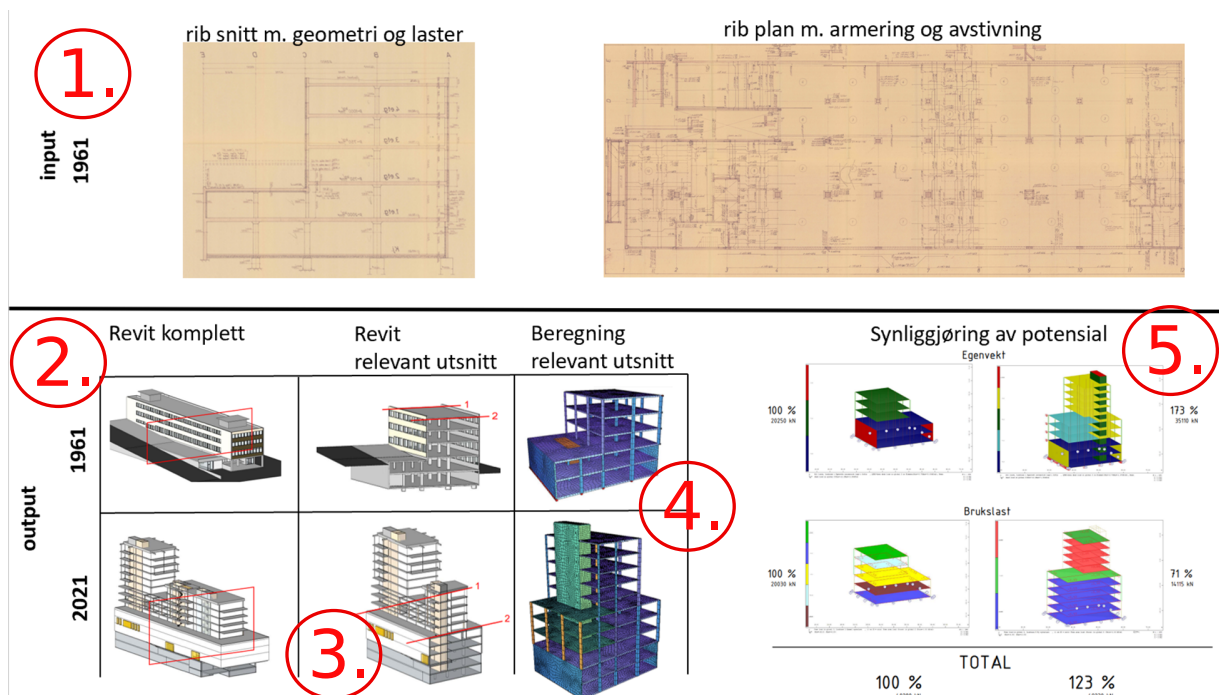


Figur 5.3: Illustrasjon av søyleelementet som ombrukes i Archicad

Et eksempel fra RIB med ombruk av plasstøpt bærekonstruksjon

Figur 5.4 viser et utklipp av informasjonsflyten i lastberegninger fra prosjektet, og illustrerer potensialet ved ombruk av en eldre bærekonstruksjon. Her følger forklaringen fra RIB etter rød markering i figuren:

1. Input 1961: Først er det hentet inn gamle RIB-tegninger av bygningen. Som figuren illustrerer er det snakk om relativt gamle tegninger.
2. Deretter lages det to komplettmodeller visuelt. En av den eksisterende bygningen slik den ser ut i dag og en modell med hvordan eiendomsutvikler ønsker det.
3. Ut fra de to modellene velges det et relevant snitt. Informanten beskriver dette steget som det mest krevende.
4. Ut i fra det valgte snittet fra de to modellene er det beregnet laster på det nye bygget i programmet Sofistik som er integrert med Revit. Ut i fra beregninger av gamle laster og ved at man klarte å dokumentere dette, fant man ut at det kun trengtes forsterkninger av søyler og enkelte fundament til det gamle bygget.
5. Til slutt ble det beregnet at man fikk 73 % flere kvadratmeter ved kun å øke lastbærende krefter med 23 % (forsterkningene i søyler og fundament).



Figur 5.4: Et eksempel på ombruk av bærekonstruksjon i rehabiliteringsprosjekt og hvordan informasjonsflyten har foregått ved lastberegninger, v. RIB

I eksempelet forklarer RIBen at man fant ut at lastene på det gamle bygget var større enn det som var tenkt for det nye bygget. Derfor fikk eiendomsutvikler ekstra mye gevinst i dette tilfellet, med nesten 100% ombruk av den gamle bærekonstruksjonen og mye nytt areal. RIBen forklarer videre at den økonomiske gevinsten for utbygger er at det er spart penger på materiell og tid ved å slippe å bygge deler av bygget. Materialene som er ombrukt er både dyre og Co2 intensive, og prosjektet har derfor også en stor klima og miljømessig gevinst. Beregningen RIBen viser til i Figur 5.4 ble gitt som et eksempel på hvordan tilgjengelig informasjon om en bygning kan brukes i ombrukssammenheng. Informanten understreker at det er et viktig eksempel på hvordan plastøpt betong kan ombrukes med forholdsvis enkle forsterkninger i bærekonstruksjonen.

Eksempel på strategiske tilnærminger til informasjon og ombruk

En informant forteller om noen erfaringer de har gjort fra bla. Nidarvollprosjektet. Uten at man har gjort noen studier på det ser man at det i praksis er tre strategiske tilnærminger som vokser parallelt.

1. Første tilnærming er fokusert på team og mennesker. En god dialog i et høyeffektivt tverrfaglig team (utførende, byggherre, prosjekterende) klarer å linke elementer fra et eksisterende bygg og drøfte seg frem til hvor elementene skal brukes i det nye bygget. Det krever en del av samarbeidet og den enkelte, bla. må man kunne svare raskt på spørsmål og ha høy fagkompetanse innen sitt fagfelt. Prosessen er dynamikk-preget med en god del autonomi.

2. Andre tilnærming er sentrert rundt en markeds plass, der rivning resulterer i at man reduserer bygget ned til små bestandeler (takstol, murstein, plank) som lagres og tilgjengeliggjøres til nye bygninger igjennom en markeds plass eller plattform. Utfordringen med slike prosesser er mellom lagring som er dyrt i nærheten av byggeaktiviteten (byer) eller genererer mye transport og klimagassutslipp hvis det plasseres billig (utenfor byen).

3. Den siste tilnærmingen er lagring av materialer i bygningene mens de står. Man ser flere startuper som nå leverer ulike datasystemer. Det meste handler om hvordan man samler god data om eksisterende bygninger (kilder, arbeidsmengde, kompetanse, vurdering, dokumentasjon) og hvordan dataene tilgjengeliggjøres til prosjektering av nye bygninger.

Informanten forklarer at man per i dag tror jeg man trenger både høyeffektive team, mellom lagring og gode verktøy med robuste databaser. Informanten forteller at linken mellom de tre tilnærmingene er sterkere enn det man først trodde.

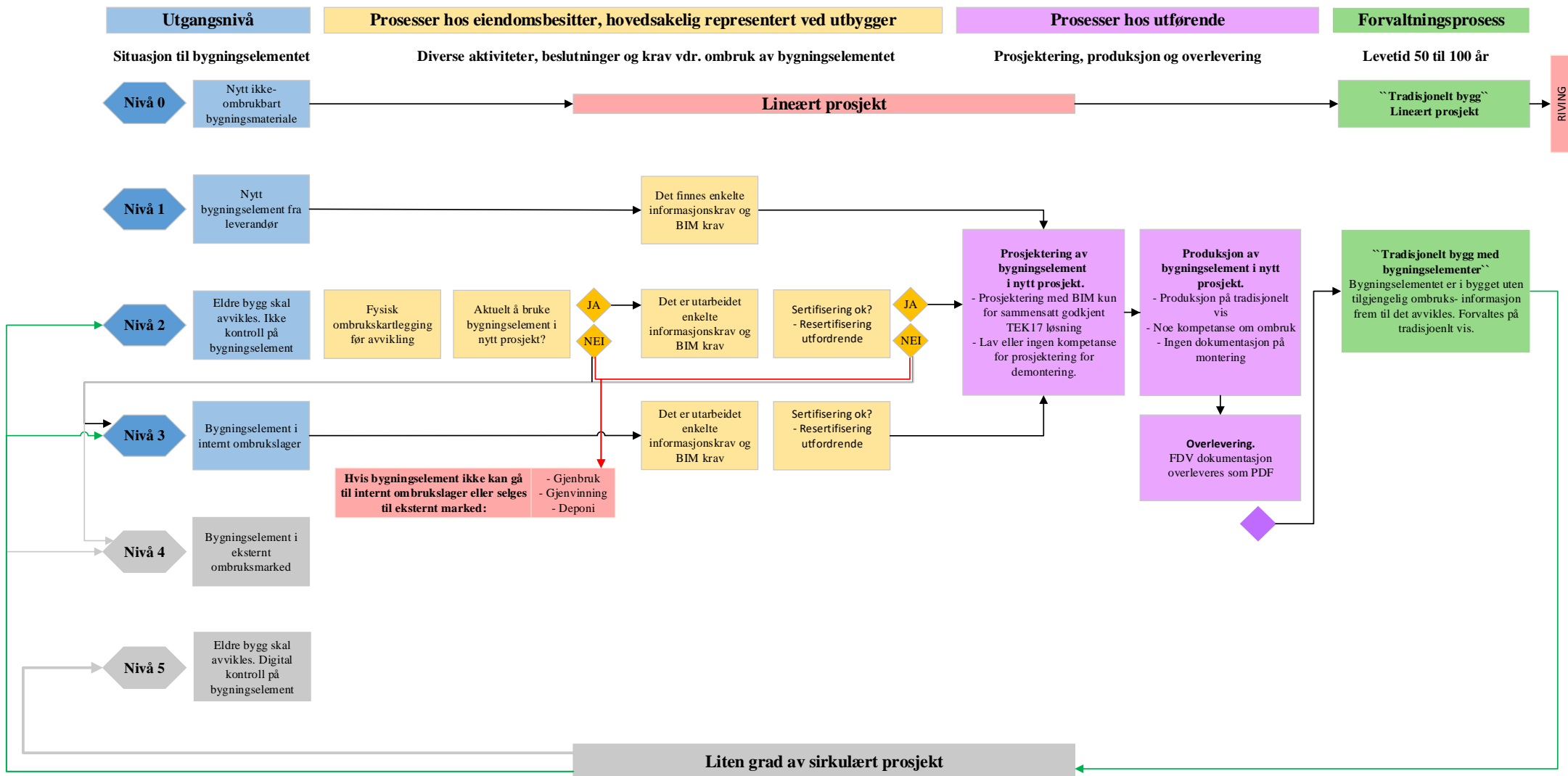
5.4 Oppsummering av case-studie og resultater

I Figur 5.5 er det utarbeidet et flytskjema til hvordan bygningsressursene ser ut til å bli håndtert i prosjekter i dag. Flytskjema er utarbeidet med bakgrunn i de utfordringene, mulighetene og eksemplene som er presentert i case-studiet og resultatkapittelet. Flytskjema viser det som er vurdert til å være den typiske “nåsituasjonen” til bygningsressursene i omløp hos en større offentlig eiendomsforvalter, som f.eks Trondheim Eiendom. “Nåsituasjonen” er illustrert i farger. *Nivå 4 og 5* i flytskjema er en del av “fremtidig situasjon”, og blir presentert i diskusjonskapittelet.

I y-retning (blått område) i Figur 6.1 illustrerer at bygningselementet kan komme fra 5 ulike utgangsnivåer før det skal ut i prosjekt. Utgangsnivået beskriver “situasjonen” bygningselementet befinner seg i. I x-retning (øverst) finner man (i tillegg til utgangsnivået), tre inndelinger som illustrerer prosesser i levetiden til prosjektet: **1**) (gult område) sentrale aktiviteter, beslutninger og krav som skjer hos tiltakshaver (eiendomsbesitter/utbygger), **2**) (lilla område) sentrale aktiviteter og beslutninger som skjer hos de utførende (prosjektering, produksjon og overlevering) og **3**) (grønt område) Forvaltningsprosessen som skjer hos utbygger med beskrivelse av forvaltningstilstanden til bygningselementet når bygget er operativt (levetiden til bygget). Videre følger en beskrivelse av de ulike utgangsnivåene i Figur 6.1 basert på hva som er funnet i case-studiet og resultatkapittelet.

Nivå 0 er lagt inn i figuren for å illustrere hvordan et tradisjonelt lineært prosjekt gjennomføres i dag. Bygningsmaterialene som kommer inn i prosjektet bestilles på tradisjonelt vis der de kommer rett fra produsent som nye produkter. Det ligger en forventning om at materialene som kommer til prosjekt skal være nye og pakket inn i plast. Bærekonstruksjonen som bygges består i all hovedsak av plasstøpt betong som er uegnet til ombruk når bygget skal avvikles ved riving. Fokuset til eiendomsbesitteren er på inntjening fra salg/leie av bygget og representerer i følge flere informanter den tradisjonelle forretningsmodellen i bransjen. Klima og miljøhandlinger nedprioriteres allerede før eiendomsbesitteren skal gå i gang med anskaffelsen. Det eksisterer ingen ambisjoner eller vilje hos utbygger, utførende eller andre involverte om at det skal være fokus på ombruk i noen av prosessene i prosjektets levetid. De involverte aktørene vektet ulike hensyn stort sett i favør funksjonalitet og lønnsomhet, og klima og miljøhensyn nedprioriteres. Prosjektet leverer etter gjeldende krav til kvalitet. Digitalisering ved BIM brukes utelukkende til å vise et sammensatt TEK17 godkjent bygg. Bygget forvaltes på tradisjonelt vis med liten grad av digitale verktøy. Det er ingen ingen kontroll på ressursene som er i bygget eller klimagassutslippet til bygget igjennom levetiden til bygget.

Figur 5.5: Flytskjema for bygningsressurser i omløp i dag. Den typiske "nåsituasjonen" hos en offentlig eiendomsforvalter.



Nivå 1: Bygningselementets utgangspunkt er bestilling av et nytt element fra leverandør til prosjektet. Det eksisterer ambisjoner og mål om at prosjektet på sikt skal ha bygnings-elementer som kan gå inn i et ombrukskretsløp. Som f.eks tremoduler eller prefabrikerte betongelementer. Det varierer imidlertid hvor stor grad eiendomsbesitter bruker bygnings-elementer i konstruksjonen. Eiendomsbesitter har utarbeidet BIM manualer og andre informasjonskrav for å bygge prosjektere brukbare BIM modeller til produksjonsfasen. Det er lite kompetanse hos de prosjekterende med tanke på å prosjektere fleksible løsninger, og lite eller ingen kompetanse med prosjektering for demontering. Digitalisering ved BIM brukes utelukkende til å vise et sammensatt TEK17 godkjent bygg. FDV dokumentasjon overleveres digitalt i PDFer der BIM modellen ikke er en del av dokumentasjonen. Bygget forvaltes på tradisjonelt vis med enkelte bygnings-elementer og lite eller ingen kontroll på de tyngre bygningsressursene i bygget.

Nivå 2: Bygningselementets utgangspunkt er fra et eldre bygg som avvikles der eiendomsbesitteren selv eier bygget. Ved vurderingene rundt riving nedprioriteres klima og miljøhensyn fremfor funksjonalitet og lønnsomhet. Det er ingen forutsetninger om at man vet noe om bygnings-elementet før det rives. Det eksisterer ambisjoner og mål lokalt i prosjektet om at man skal ombruke bygnings-elementer i nytt prosjekt. I regi av utbygger utføres det ombrukskartlegging og vurderinger rundt bruken av brukte bygnings-elementer i nytt prosjekt. Resertifisering av bygnings-elementer er imidlertid utfordrende med lite tilgang på dokumentasjon. Høy sorteringsgrad ansees som et godt mål på bærekraftig aktivitet og det er fokus på gjenbruk og gjenvinning. Eiendomsbesitter har utarbeidet BIM manualer og andre informasjonskrav for å bygge prosjektere brukbare BIM modeller til produksjonsfasen. Det er lite kompetanse hos de prosjekterende med tanke på å prosjektere fleksible løsninger, og lite eller ingen kompetanse med prosjektering for demontering. Digitalisering ved BIM brukes utelukkende til å vise et sammensatt TEK17 godkjent bygg. Det finnes engasjerte og kunnskapsrike enkeltrådgivere og utførende som er driverne for det man får til av ombruk. FDV dokumentasjon overleveres digitalt i PDFer der BIM modellen ikke er en del av dokumentasjonen. Bygget forvaltes på tradisjonelt vis med enkelte bygnings-elementer og lite eller ingen kontroll på de tyngre bygningsressursene i bygget.

Nivå 3: Bygningselementets utgangspunkt er fra eiendomsbesitterens interne ombrukslager. Det eksisterer ambisjoner og mål om at prosjektet skal ombruke bygningselementer fra ombrukslageret i nytt prosjekt, slik at man holder ressursene lengst mulig i kretsløpet. Forutsetningen er at eiendomsbesitteren har et velfungerende digitalt ombrukslager med bygningselementets ombruksinformasjon og sertifisering. Dokumentasjon på sertifisering ser ut til å være en sentral utfordring for bygningselementer man ønsker å bruke om igjen, men ikke vet hva er sertifiserer til. En annen vesentlig utfordring ser ut til å være mellomlagring av bygningselementene som tar plass på ombrukslageret og er kostbart.

Nivå 4: Bygningselementets utgangspunkt er fra eksternt ombruksmarked. Basert på funnene er det ikke registrert et fullt operativt ombruksmarked som anvendes, men en rekke initiativer og startups som har potensialet til å bli det. Mer om *Nivå 4* i diskusjonskapittelet.

Nivå 5: Bygningselementets utgangspunkt er fra et eldre bygg som avvikles der eiendomsbesitteren selv eier bygget med digital kontroll på de tyngre bygningselementene. Mange informanter beskriver situasjonen for *Nivå 5* og hvilke gevinster det kan gi. Basert på funnene fra intervjuene og case-studien ser det ut til at bransjen er minst 10 år unna å få til fullgode digitale tvillinger i drift fra nye prosjekter. Mer om *Nivå 5* i diskusjonskapittelet.

6 Diskusjon

Så langt i oppgaven er relevant teori gjennomgått for å kartlegge hvordan digital informasjonsforvaltning henger sammen med ombruk av bygningsmaterialer i prosjektets levetid. I case studiet er eiendomsbesitteren, Trondheim Eiendom, studert for å få oversikt over perspektivene til en større utbygger tilknyttet tema. I resultatkapittelet er det presentert funn fra 18 intervjuer i den norske byggebransje. I resultatkapittelet ved Figur 5.5, ble det oppsummert hvordan flyten av bygningsmasse kan se ut hos en typisk offentlig eiendomsbesitter med tanke på ombruk.

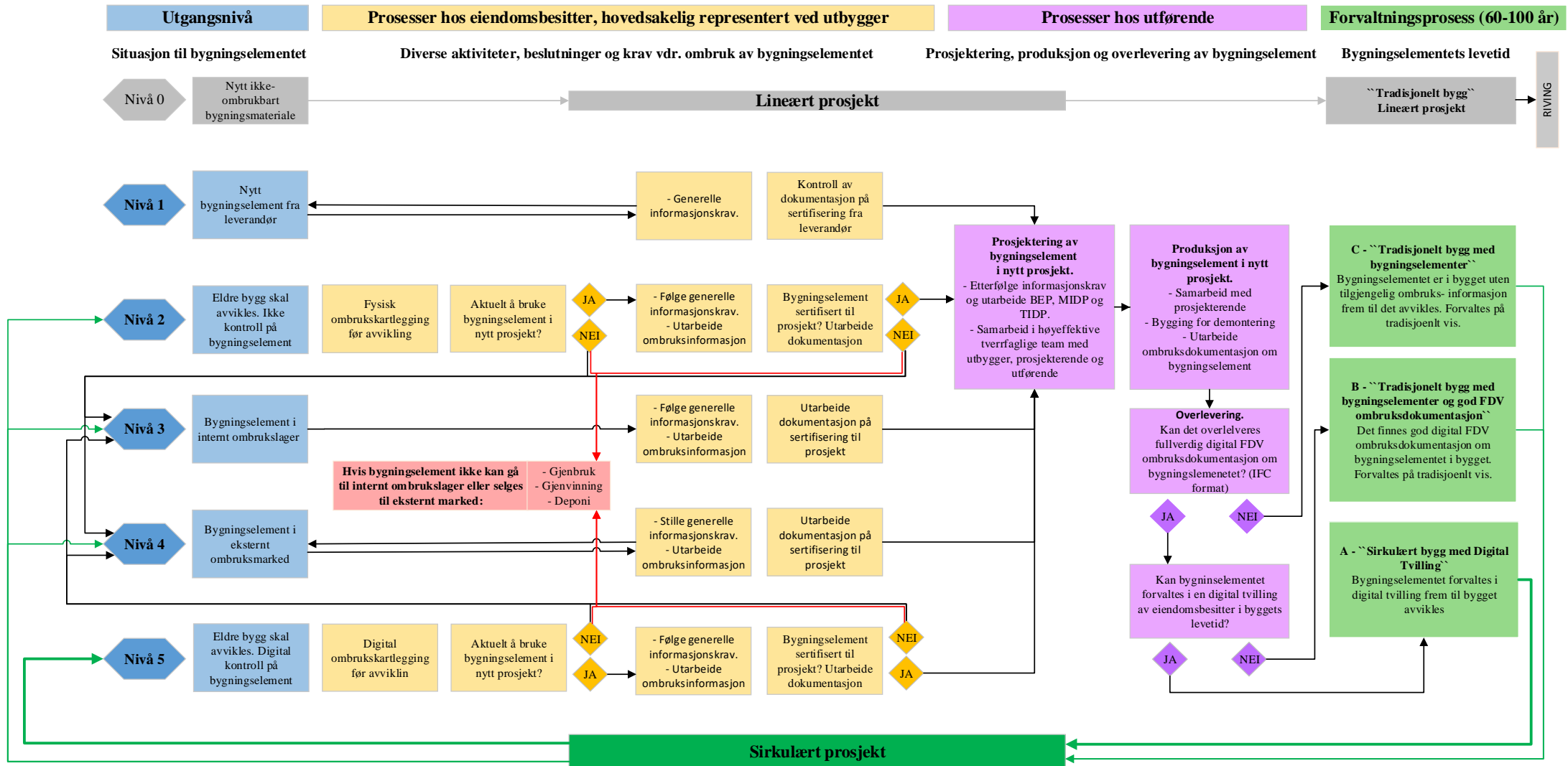
I dette kapittelet blir det foreslått et nytt flytskjema for hvordan et bygningselement kan ombrukes i levetiden til et prosjekt fra eiendomsbesitters perspektiv. Forslaget til flyten av et bygningselement er presentert i Figur 6.1, og baserer seg på å løse adresserte utfordringer og nyttiggjøre seg av mulighetene som er funnet i resultatkapittelet. I tilknytning til flytskjema følger diskusjoner i tre delkapitler som trekker inn relevant teori. Videre i diskusjonskapittelet foreslås det hvordan informasjonsflyten kan se ut mellom sentrale aktører i prosjektets levetid basert på standarden for informasjonsforvaltning ISO 19650. Avslutningsvis vurderes forskningsmetoden som er anvendt i denne oppgaven opp mot resultatene som er funnet.

6.1 Flytskjema for et bygningselement i ombruk i levetiden til et prosjekt

I Figur 6.1 er det utarbeidet et forslag til hvordan ombruk av et bygningselement kan se ut i levetiden til fremtidige prosjekt. Flytskjema illustrerer et forslag til hvordan man kan løse adresserte utfordringer og nyttiggjøre seg av mulighetene som er beskrevet i resultatkapittelet. Flytskjema er utarbeidet for å få oversikt over alle de ulike prosessene som foregår i hele levetiden til et prosjekt med tanke på ombruk av et bygningselement. På den måten kan det være et nyttig verktøy for tiltakshaver v. eiendomsbesitter, forvalter/drifter og utbygger å se hvilke aktiviteter, beslutninger og krav som må implementeres for å øke graden av ombruk.

Figur 6.1 følger samme oppsettet som ble presentert i resultatkapittelet der y-retning (blått område) illustrerer at bygningselementet kan komme fra 5 ulike utgangsnivåer før det skal ut i prosjekt. Utgangsnivået beskriver "situasjonen" bygningselementet befinner seg i. I x-retning (øverst) finner man (i tillegg til utgangsnivået), tre inndelinger som illustrerer prosesser i levetiden til prosjektet: **1**) (gult område) sentrale aktiviteter, beslutninger og krav som skjer hos tiltakshaver (eiendomsbesitter/utbygger), **2**) (lilla område) sentrale aktiviteter og beslutninger som skjer hos de utførende (prosjektering, produksjon og overlevering) og **3**) (grønt område) Forvaltningsprosessen som skjer hos utbygger med beskrivelse av forvaltningstilstanden til bygningselementet når bygget er operativt.

Figur 6.1: Flytskjema til et bygningselement i ombruk etter ønsket situasjon.



6.1.1 Prosesser hos eiendomsbesitter

Det gulmarkerte området i Figur 6.1 illustrerer sentrale aktiviteter og beslutninger som skjer under ansvar hos utbygger med aktuelle rådgivere. I dette kapitlet ser vi nærmere på prosessene som ligger hos utbygger med utgangspunkt i *Nivå 1 til 5*. Sentrale funn fra teorien og resultatkapitlet blir trukket inn. Selv om Figur 6.1 følger en tidslinje er det slik at enkelte aktiviteter i prosessene hos utbygger (gult område) og utførende (lilla område) kan skje samtidig eller om hverandre.

Generelt for *Nivå 1 til 5* er at utbygger legger utgangspunktet for hvordan bygnings-elementet blir forvaltet i prosjektets levetid. Selv om utbygger ikke nødvendigvis er direkte involvert i anskaffelsen av bygnings-elementet, viser funnene fra intervjuene og teorien at det er utbygger som stiller kravene til hva som skal leveres av informasjon og dokumentasjon om bygnings-elementet. For alle utgangsnivåene (1-5) er det derfor identifisert noen generelle informasjonskrav som utbygger må ha på plass for at bygnings-elementet kan forvaltes digitalt ut levetiden i prosjektet og dermed gå inn i et kretsløp med ombruk:

1. **Informasjonskrav i henhold til ISO19650.** En sentral utfordring informantene beskriver er at det ikke er opparbeidet systematiske datakilder og digitale plattformer snakker ikke sammen på tvers av organisasjoner og mellom aktører. Som et generelt punkt bør derfor utbygger utarbeide informasjonskrav til BIM leveransene som produseres underveis i prosjekteringsprosessen og produksjonen av bygget. Som presentert teorikapitlet er ISO 19650 godt egnet til å spesifisere informasjonskrav der utbygger er ansvarlig for å opprette er CDE miljø og utarbeider OIR, AIR, PIR, EIR og forslag til BEP (BIM execution plan).

Fra funnene ser det ut til at utbygger må være nøye med å følge opp at informasjonskravene blir etterlevd av de prosjekterende og utførende. Utbygger bør derfor stille krav (EIR) om hvilken type struktur alle informasjonsleveranser skal leveres etter. Fra funnene er det identifisert at det bør leveres i åpent digitalt format (f.eks IFC), for å unngå at informasjonen blir lagret i “døde” PDF er. Flere funn tyder på at informasjonslagring i PDF format er uegnet hvis man ønsker å oppnå det fulle potensialet med digital kontroll på bygnings-elementer. I de neste punktene beskrives sentrale informasjonskrav som bør utarbeides med tanke på ombruk og oppnåelsen av “ekte digitalisering”.

2. **Organisasjonens informasjonskrav, OIR.** Flere informanter beskrev en utfordring med at eiendomsbesitter ofte ikke vet hva slags informasjon man skal etterspørre eller har behov for. Utbyggers overordnede, representert ved eiendomsbesitterens organisasjonsledelse, bør derfor utarbeide informasjonskrav som organisasjonen som helhet trenger for å nå sine strategiske mål. Det strategiske målet i dette tilfellet er digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser. Basert på utfordringene med lite samarbeid på tvers av avdelinger i organisasjoner er det viktig at eiendomsbesitter trekke trådene mellom utbyggersiden og forvaltningssiden i organisasjonen for å finne ut nøyaktig hvordan informasjonskravene skal defineres. Fra case-studiet kom det frem at det var mer vilje til å drive bærekraftige aktiviteter sporadisk enn det var etablert en tydelig strategi for organisasjonen. Noe som underbygger at organisasjonsledelsen bør ta tak i dette området.
3. **Forvaltningssidens informasjonskrav, AIR.** En utfordring som kom frem i case studiet var utbygger forventer at informasjonskrav kommer fra forvaltningssiden i organisasjonen. Fra funnene kommer det også frem at forvaltningssiden er i stand til å stille informasjonskrav i et digital format. Derfor er neste sentrale punkt at forvaltningssiden forankrer spesifikke informasjonskrav for hvordan de skal drifte sine bygg. En utfordring mange informanter beskriver er at det i dag ikke finnes god nok ombruksinformasjon om bygningskomponenter. Derfor må forvaltningssiden være ekstra påpasselig med å stille informasjonskrav om at det skal leveres fullstendig digital FDV dokumentasjon om bygningselementet, inkludert ombruksdokumentasjon, dokumentasjon på montering/demontering og dokumentasjon på sertifisering. Som det kommer frem av funnene er det viktig at kravene til FDV dokumentasjon stilles etter eiendomsbesitterens forvaltningsprogram. Det anbefales derfor at forvaltningssiden påkobles tidlig med utbygger slik at de rette kravene (AIR) til FDV dokumentasjon kan utarbeides sammen med PIR, EIR og BEP.
4. **Prosjektets informasjonskrav, PIR** For å få til mer ombruk trekker både teorien og flere informanter frem at det er en utfordring med manglende ombruksinformasjon i prosjekter. Det er derfor sentralt at utbygger inkluderer spesielle informasjonskrav til informasjonsproduksjon som angår ombruk av bygningselementet. Slike informasjonskrav bør derfor stilles for de prosjektspesifikke informasjonskravene (PIR), som er utarbeidet med bakgrunn i OIR og AIR. For å oppnå digital informasjonsforvaltning av bygningselementene må det defineres hvordan informasjonsleveransene skal produseres for å kunne svare ut AIR. Fra intervjuene og teorien ser det spesielt ut som det må defineres hvordan ombruksinformasjon, demonteringsinformasjon og sertifiseringsinformasjon skal produseres.

En god start for å finne ut hvilken ombruksinformasjon som skal være med, kan være å lese veilederen for ombrukskartlegging fra Grønn Byggallianse som ble gjennomgått i teorigapittel 2.2.2). Det skal helst inkludere type materiale, geometri, bæreevne, egenvekt, dimensjon, antall, estimert levetid og plassering i bygget. Når det gjelder informasjon om montering og demontering er det vist med eksempel i resultatkapitlet hvordan en demonteringsanvisning ser ut i BIM. Det er derfor viktig at utbygger stiller krav til prosjektering for demontering og hvordan den informasjonen skal dokumenteres og overleveres av de prosjekterende. Som det kommer frem av intervjuene og teorien kan det være avgjørende for hvor mye ombruk man får til i et prosjekt hvis man vet hvordan bygningselementer skal demonteres skånsomt.

Fra teorien kommer det frem at utbygger i dag har et særskilt ansvar for produksjonen av sertifiseringsdokumentasjon ved omsetning av byggevarer. Hvem som er ansvarlig for å utarbeide sertifiseringsinformasjonen kan endre seg hvis høringsforslaget til DOK blir vedtatt. Når det kommer til produksjon av sertifiseringsinformasjon for brukte egeide bygningselementer har utbygger uansett et juridisk et ansvar for å ha det i orden. Hvis et bygningselement må resertifiseres (aktuelt for *nivå 2 til 5*) kan det foregå ved visuell inspeksjon eller fysiske tester hvis man ikke har tilgang på annen informasjon. På generell basis kommer frem av funnene at resertifisering potensielt er den største barrierene for ombruk i dag. Både i form av juridisk karakter, den økonomisk merkostnaden og den fysiske utfordringen med håndtering og evt testing av bygningselementet. Fra eksempelet med sykkelskuret i case-studien vises det til et konkret eksempel der det var krevende å sertifisere en ståldør med tanke på brannkrav.

5. **Forslag til BEP.** Som det ble beskrevet i teorien er en BEP et helt sentralt dokument for å få til en god informasjonsflyt. Med bakgrunn i alle informasjonskrav utarbeider utbygger et forslag til BEP (BIM execution plan). Som beskrevet i teorien inneholder BEP informasjon om alle praktikaliteter rundt BIM leveransene i prosjektet. Forslag til BEP utarbeides før hovedleverandør er anskaffet. Det er hovedleverandør som er ansvarlig for å svare ut en revidert BEP etter anskaffelse.

Senere i Kapittel 6.2 foreslås det hvordan den digitale informasjonsflyten mellom de forskjellige aktørene i et ombruksprosjekts levetid kan se ut med bakgrunn i ISO19650.

For *Nivå 1* illustrerer Figur 6.1 at nytt bygningselementet bestilles rett til prosjekt av de som er utførende part (detaljprosjektering og produksjon, lilla område). I tillegg til de generelle informasjonskravene er det med bakgrunn i teorikapitlet og funnene fra intervjuene identifisert at utbygger må ta følgende spesielle hensyn når nytt bygningselementet bestilles til prosjekt:

1. **Fullstendig ombruksinformasjon.** En informant beskriver at det er viktig at leverandører lenger ned i verdikjeden omstiller seg til å levere digital informasjon om sine produkter. Fra nyproduksjon er det rimelig å anta at leverandøren vet mye om produktet de leverer og at nytt bygningselementet forholdsvis enkelt kan levere produktet etter forespurt informasjon. Som det kommer frem av intervjuene er det fullt mulig for en entreprenør å levere FDV dokumentasjonen etter BIM i et åpent digitalt format. På en annen side beskriver teorien at aktører lenger ned i verdikjeden har lave marginer og ofte er sterkt presset på tid og kost. En informant forteller også at man er lite villige til å ta en ekstrakostnad frivillig hvis man ikke får betalt for det, uansett hvor fornuftig det er. Det er derfor ikke å forvente at leverandørene av bygningselementer vil være driverne for å levere ombruksinformasjon om sine produkter i et digitalt åpent format. Det krever derfor at utbygger spesifikt etterspør de digitale informasjonsleveransene og betaler for den eventuelle merkostnaden der gir. På den andre siden igjen kommer det frem av intervjuene at leverandører som leverer digital informasjon om sine produkter på sikt vil ha et konkurransefortrinn i markedet.
2. **Dokumentasjon på sertifisering.** Spesielt for *Nivå 1* er at leverandøren av det nye bygningselementet er lovpålagt i henhold til *forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK)*, å levere sertifisering om byggevaren (CE-merket, ytelseserklæring). Det vil ikke endre seg med det nye høringsforslaget. Det er derfor rimelig å anta at leverandøren relativt enkelt kan levere forespurt informasjon til utbygger.

For *Nivå 2* ser man av Figur 6.1 at bygningselementet kommer fra et bygg eiendomsbesitteren selv eier og forvalter uten at det er digital kontroll på bygningselementet før bygget avvikles. Med andre ord kan man forbinde dette med hvordan et tradisjonelt bygg står i dag. Fra figuren ser man at det er flere interne prosesser involvert enn ved *Nivå 1*. I dette tilfellet er det utbyggeren selv som er “leverandør” av bygningselementet til eget prosjekt. Det kan derfor argumenteres med at utbygger har større ansvar for informasjonsleveransene knyttet til fullstendig ombruksinformasjon og dokumentasjon på sertifisering. Fra utbyggeren sin side er det trolig *Nivå 2* som er det nivået som impliserer mest arbeid (gitt at alle nivåer, 1 til 5, skal føre til samme mengde ombrukte bygningselementer). I tillegg til de generelle informasjonskravene er det med bakgrunn i funnene fra intervjuene og teorikapittelet identifisert at utbygger må ta hensyn til følgende når bygningselementet kommer fra egneid bygningsmasse:

1. **Ombrukskartlegging før avvikling:** Fra intervjuene ble det avdekket flere utfordringer som involverer ombrukskartlegging. Utbygger må sammen med eventuelle innleide rådgivere i dag utføre fysisk ombrukskartlegging av bygget som skal avvikles. Alle ombrukbare elementer kartlegges uavhengig om de skal brukes i det nye prosjektet eller ikke. En av de største utfordringene ser ut til å handle om tidsaspektet for ombrukskartleggingen. Desto tidligere man har mulighet til å gjennomføre ombrukskartleggingen, desto bedre. Det samme nevnes i ombruksveilederen til Grønn Byggallianse. Det skaper forutsigbarhet for de som skal utvikle prosjektet å vite på et tidlig stadie hvilke ombrukselementer som er aktuelle å benytte fra bygget som skal avvikles.
2. **Kartlegging av eksisterende bygningsmasse.** Et sentralt funn fra intervjuene var at jo mer informasjon man har om eksisterende bygg i forkant av prosjektet, jo bedre utgangspunkt har man for høyere grad av ombruk. Et viktig punkt for eiendomsbesitteren er derfor å være klar over hvilke muligheter man har for å skaffe seg relevant informasjon om eksisterende bygningsmasse. Fra teorikapittelet i Tabell 2.2 ble det presentert estimater for hva slags informasjon som er mulig å få tak i fra dagens formålsbygg, og hvilken kvalitet man kan forvente av informasjonen. I resultatkapittelet, fra funnene om ombruk og kartlegging av bygningsmasse, er det lett å argumentere for at den viktigste informasjonen man bør få tak i er informasjon om bærekonstruksjonen i bygg. Det er fordi det er her de virkelig store CO_2 besparelsene kan gjøres hvis man får til ombruk. Da er det snakk om informasjon om plasstøpt betong, betongelementer, stålelementer, tremoduler eller f.eks bærende yttervegger. Relevant tilgjengelig informasjon til bærekonstruksjonen er med bakgrunn i Tabell 2.2 estimert å være 2D tegninger. 2D tegninger har høy grad av tilgjengelighet, men forventet lav kvalitet på informasjon. Slik en informant argumenterer for i funnene bør det derfor vies mer ressurser fra utbygger til å opparbeide gode BIM modeller av eksisterende bærekonstruksjon basert på eldre 2D tegninger. Det kan legge et særdeles viktig grunnlag for å ombruke plasstøpte betongkonstruksjoner.

3. **Tilrettelegge for høyeffektive team for å velge ut elementer til nytt prosjekt.** Etter ombrukskartleggingen er gjennomført må det gjøres en vurdering om elementet er aktuelt å ombruke i nytt prosjekt. Fra intervjuene ble det avdekket at en sentral faktor i denne prosessen er at utbygger legge til rette for høyeffektive tverrfaglig team (utbygger, prosjekterende, utførende), slik at man klarer å linke elementer fra eksisterende bygg og drøfte seg frem til hvor elementene skal brukes i det nye bygget. Etter det er tatt en beslutning om elementet er aktuelt for prosjektet, må det tas en beslutning på om man kan lage dokumentasjon på sertifisering for bygningselementet i aktuelt prosjekt. I praksis ser det ut til at vurderingene om valg av element og vurderingene om dokumentasjon på sertifisering skjer om hverandre. Hvis bygningselementet viser seg å ikke være aktuelt for prosjektet, har det tre mulige utfall: 1) Det kan lagres på internt ombrukslager, 2) Det kan selges til eksternt ombrukmarked, gitt at dette eksisterer og 3) Hvis bygningselementet ikke kan ombrukes skjer det downcycling etter avfallshierarkiet beskrevet i teorikapitlet (gjenbruk, materialgjenvinning, energi gjenvinning eller deponi) (rødt rektangel i Figur 6.1).
4. **Dokumentasjon på sertifisering** Spesielt for *Nivå 2* er at utbygger selv er ansvarlig for å utarbeide dokumentasjon om at bygningselementet er sertifisert til formålet i prosjektet. Ettersom det er eiendomsbesitter v.utbygger som eier bygningmassen. Når det er utarbeidet dokumentasjon om at elementet er sertifisert til formålet i prosjektet går videre til prosjekterings og produksjonsprosessen (lilla område). Hvis bygningselementet ikke kan sertifiseres til formålet i bygget, se de tre mulige utfallene fra forrige punkt.

For *Nivå 3* ser man av Figur 6.1 at bygningselementet kommer fra eiendomsbesitterens interne ombrukslager som de selv eier og forvalter. I tillegg til de generelle informasjonskravene er det med bakgrunn i funnene fra intervjuene og teorikapitlet identifisert at utbygger må ta hensyn til følgende når bygningselementet kommer fra eiendomsbesitterens eget ombrukslager:

1. **Fullstendig ombruksinformasjon.** Ettersom eiendomsbesitteren selv er ansvarlig for å drifte ombrukslageret og databasen med formål om å øke graden av ombruk, er det rimelig å tro at eiendomsbesitteren selv har sterke insentiver til å utarbeide god ombruksinformasjon. Den antagelsen styrkes fra funnene som beskriver potensielle utfordringer med mellomlagring av ombruksmaterialer over lenger tid. For å slippe å lagre materialene over lang tid er det viktig at det eksisterer god informasjon om byggevaren som skal ombrukes.
2. **Dokumentasjon på sertifisering.** Spesielt for *Nivå 3* er at utbygger selv er ansvarlig for å utarbeide dokumentasjon om at bygningselementet er sertifisert til formålet i prosjektet. Ettersom det er utbygger som eier og forvalter ombrukslageret og materialene der.

For *Nivå 4* ser man av Figur 6.1 at bygningselementet bestilles rett til prosjekt fra ekstern leverandør av brukte bygningselementer. I tillegg til de generelle informasjonskravene er det med bakgrunn i funnene fra intervjuene og teorikapittelet identifisert at utbygger må ta hensyn til følgende når et brukt bygningselement bestilles fra markedet:

1. **Fullstendig ombruksinformasjon.** På samme måte som for *Nivå 1* har leverandøren av bygningselementet informasjon om byggevaren de leverer. Men ettersom bygningselementet er brukt er det rimelig å anta at leverandøren vet vesentlig mindre om bygningselementet enn en leverandør av et nytt bygningselement. Utbygger er selv ansvarlig for at det utarbeides nødvendig ombruksinformasjon i henhold til de anbefalte generelle informasjonskravene for ombruksinformasjon. Om utbygger velger å utarbeide ombruksinformasjonen selv eller sette det bort til leverandøren blir trolig en sak om kostnad og kompetanse.
2. **Dokumentasjon på sertifisering.** Spesielt for *Nivå 4* er at det nye høringsforslaget til *forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)* kan gjøre seg gjeldende hvis det blir vedtatt i 2022. Endringsforslaget gjelder omsetning av brukte byggevarer. I praksis betyr det at hvis utbygger kjøper det brukte bygningselementet er de selv ansvarlige for å utarbeide dokumentasjon på sertifisering. I motsetning til de anbefalte generelle informasjonskravene for ombruksinformasjon som er foreslått i denne oppgaven, er utbygger pålagt å ha sertifiserings-dokumentasjon til gjeldende prosjekt i orden hvis de ønsker å bruke det brukte bygningselementet. Som beskrevet i teorikapittelet er endringsforslaget på høring fordi man håper at det skal bli lettere å omsette brukte byggevarer.

Som høringsforslaget nevner er en fordele med forskriftsendringen er at det kan gjøre det lettere for eiendomsbesitter å gi bort eller selge brukte bygningselementer fra sine egne bygg til markedet, når de selv ikke er ansvarlige for dokumentasjonen. Det gjelder f.eks for *Nivå 2 og 5* i Figur 6.1 der eiendomsbesitterens egne bygg skal avvikles. En annen fordel er at det lettere kan skape grobunn for at nye ombruksmarkeder vokser frem. Markedene kan vokse frem som følge av at leverandører lettere får tilgang til eiendomsbesitterens ressurser når bygget avvikles. På en annen side kan en ulempe med endringsforslaget være at utbygger lar være å bruke ombrukte bygningselementer forde det er de som må påkoste seg å utarbeide dokumentasjonen om sertifisering av bygningselementet. Om utbygger velger å utarbeide sertifiseringsdokumentasjonen selv eller sette det bort, blir trolig en sak om kostnad og kompetanse. En mulighet er der for at det vokser frem leverandører som spesialiserer seg på resertifisering av brukte byggevarer, og dermed konkurrerer på lik linje med leverandører som baserer sine bygningselementer på jomfruelig ressursuttak. Som flere informanter nevner kan man da håpe at prisen på råvarer stiger såpass mye, som det har gjort i koronapandemien, slik at ombrukte byggevarer får et konkurransefortrin rent prismessig.

Nivå 5 er det nivået i Figur 6.1 som er kategorisert som “ønsketilstanden“ for bygnings-elementet i fremtiden. På lik linje med *Nivå 2* kommer bygningsselementet fra et bygg eiendomsbesitteren selv eier og forvalter med digital kontroll på bygningsselementet i en Digital Tvilling. Basert på funnene fra intervjuene og case-studien ser det ut til at bransjen er minst 10 år unna å få til fullgode digitale tvillinger i drift fra nye prosjekter. Likevel ser det ut til at de grunnleggende aktivitetene, kravene og beslutningene er de samme som for de andre nivåene, noe som kan tyde på at det er mulig å oppnå “ønsketilstanden“ i fremtiden. I tillegg til de generelle informasjonskravene er det med bakgrunn i funnene fra intervjuene og teorikapittelet identifisert at utbygger har flere spesielle muligheter og besparelser som kan gjøres ved et *Nivå 5* scenario sammenliknet med et *Nivå 2* scenario:

1. **Ombrukskartlegging før avvikling digitalt.** Gitt at bygningsselementet er forvaltet digital etter de generelle informasjonskravene som er foreslått tidligere, finnes det allerede oppdatert ombruksinformasjon om bygningsselementet. Hvis informasjonen også er forvaltet i et åpent digitalt format gir det muligheter til å få oversikt over bygningsselementene på en helt annen måte, og det kan skape den “*forutsigbarheten i planleggingen*“ som flere av informantene etterspør. Ombrukskartleggingen kan nå foregår digitalt i lang tid før eiendomsbesitteren planlegger å avvikle bygget. Hvis eiendomsbesitteren i tillegg forvalter flere av sine bygg i porteføljen som digitale tvillinger, gir det muligheter for å linke bygningsselementene fra flere bygg sammen på en helt annen måte enn før. Fra case-studie, i eksempelet med sykkelhotellet på Leüthen-haven, forklarte en arkitekt spesifikt at det var en fordel at prosjektet var med en stor eiendomsbesitter som Trondheim Eiendom. Fordelen var at arkitekten og RIBen kunne dra på byggeplassbesøk til flere bygg som ble revet samtidig og inspisere aktuelle elementer for ombruk. I et digitalt format med en Digital tvilling er det rimelig å tro at arkitekten kan utarbeide skisseprosjekt med bakgrunn i bygningsselementer som ligger lagret i bygg som ikke er avviklet enda. En åpenbar utfordring med det er at det ligger en forutsetning om at byggene demontres (avvikels) på relativt samme tidspunkt.
2. **Eksisterende bygningsmasse som materialbank.** Kartlegging av eksisterende bygningsmessig er ikke lenger nødvendig som ved *Nivå 2* scenario. Man kan hente ut nødvendig informasjon om bygget når enn man trenger det. En fordel med digitalisering og digital tvilling som flere informanter nevnte i funnene. Det er tidsbesparende kostnadsreducerende. En annen fordel er at man har et godt utgangspunkt til å regne på klimagassavtrykket til bygget ved materialbruk. Det er informasjon som ser ut til å bli viktig å fremlegge i tiden som kommer med nye krav i TEK til å føre klimagassregnskap og i EU-taksonomien med å definere bærekraftige aktiviteter. En tredje fordel er at bygningen i seg selv fungerer som en materialbank på lik linje med det interne ombrukslageret, noe som ble beskrevet fra funnene om de strategiske tilnærmingene til informasjon om ombruk. Det kan derfor argumenteres med at man har god muligheter til å skalere ned utfordringen med mellomlagring av bygningsmaterialer, noe som var et sterkt funn fra intervjuene.

3. **Salg av bygningselementer til markedet før bygget avvikles ved demontering.** En annen fordel eiendomsbesitteren har ved å ha digital kontroll på bygningselementene sine er at de i prinsippet kan selge bygningselementene i bygget før bygget er avviklet. Med et vedtak av høringsforslaget til *forskrift om dokumentasjon av brukte byggevarer (DOK)* som gjelder omsetning av brukte byggevarer, så vil det bli enda enklere å gjennomføre for eiendomsbesitteren i praksis. Eiendomsbesitteren har da ikke ansvaret for dokumentasjonen om bygningselementet som selges og tar dermed ikke på seg noen risiko ved å selge det.
4. **Avvikling av bygg ved demontering.** En fordel med å ha presis informasjon om de bygningselementene som er i bygget er at demonteringsprosessen kan gå vesentlig enklere. Det samsvarer med funnene fra intervjuene at når bygningselementer er planlagt for montering er det lagt til rette for demontering. Desto mer informasjon riveentreprenøren vet om hvordan elementene skal demonteres desto enklere blir det å demontere de. At det prosjekteres for demontering som vist i eksempel i Figur: 5.2 ser derfor ut til å være viktig. Totalt sett kan det derfor argumenteres med at riktig informasjon om demonteringsprosessen kan føre til høy grad av ombruk.
5. **Dokumentasjon på sertifisering.** Gitt at bygningselementet er forvaltet digital etter de generelle informasjonskravene som er foreslått tidligere, finnes det allerede informasjon om hva bygningselementet har vært sertifisert for. Informasjonen må i så fall oppdateres etter eventuell resertifisering for nytt prosjekt. For *Nivå 5* er dokumentasjon på sertifisering det punktet som er mest likt de andre nivåene. Selv om utbygger her vet hva bygningselementet har vært sertifisert for må det med stor sannsynlighet gjennomgå resertifisering ved visuell inspeksjon eller fysiske tester. Det er derfor mulig å tenke seg at dette fortsatt vil være den største barrieren for utbygger, og kanskje resten av bransjen, for å utføre prosjekter med høy grad av ombruk.

6.1.2 Prosesser hos prosjekterende og utførende

Det lilla markerte området i 6.1 illustrerer sentrale aktiviteter og beslutninger som skjer hos de utførende. De utførende er typisk de prosjekterende som arkitekt, RIB, RIE, RIV, miljørådgiver etc, og de som produserer bygget, entreprenøren med underleverandører. Selv om 6.1 følger en tidslinje er det slik at enkelte aktiviteter og beslutninger hos de utførende skjer samtidig og i samsvar med prosessene hos utbygger. I dette kapitlet ser vi på de sentrale prosessene hos de utførende for at bygningsselementet som kommer fra *utgangsnivåene 1 til 5* skal kunne brukes om igjen av utbygger i andre prosjekter i fremtiden. Relevante funn fra teorikapitlet, case-studie og resultatene blir trukket inn.

Etterfølge informasjonskrav og utarbeide BEP, MIDP og TIDP

En sentral forutsetning for å lykkes med ombruk av bygningsselementer for *Nivå 5* ser ut til å være at de utførende klarer å levere etter de generelle informasjonskravene som utbygger setter (forrige delkapittel, 6.1.1). De generelle informasjonskravene følger ISO19650 som ble beskrevet i teorikapitlet, der utbygger foreslår en BIM Execution Plan (BEP) med bakgrunn i informasjonskravene fra organisasjonen, prosjekt og forvaltning (OIR, PIR, EIR og AIR). Som en del av kontrakten (etter anskaffelse) har hovedleverandør svart ut forslaget til BEP med en ferdig BEP som beskriver hvordan de utførende skal levere og produsere informasjonen i prosjektet. Som en del av BEP utarbeider hovedleverandør MIDP som beskriver hovedleveranseplanen av informasjon for prosjektet. De kontraherende underleverandørene utarbeider så TIDP for sine informasjonsleveranser. Ved f.eks prosjektering for demontering har utbygger definert i sine informasjonskrav hvordan de ønsker informasjonen levert og produsert for at eiendomsbesitter i fremtiden kan nyttiggjøre seg av informasjonen til demontering av bygningsselementet. Det er da f.eks definert at RIB skal levere en bestemt type dokumentasjon med informasjon om demontering av et bygningsselement.

Fra funnene i intervjuene ser det ut til å være to sentrale utfordringer med å få til de generelle informasjonsleveransene: 1) Eiendomsbesitter, ved forvaltningsorganet, må tydelig definere og beskrive den informasjonen som skal leveres. Per nå ser det ut til at forvaltningssiden ikke er påkoblet utbyggingsprosessen i det hele tatt, og eiendomsbesitteren, ved utbyggingsorganet, ser ikke ut til å ha kompetanse eller ressurser til å utarbeide beskrevet informasjon. Utbygger ser også ut til å slite med å følge opp BIM leveransene. 2) Med bakgrunn i funnene ser det i tillegg ut til at det er varierende kompetanse hos de prosjekterende på å svare ut og produsere informasjon etter BIM-krav, BIM-manualer eller liknende. Sistnevnte kan ha en naturlig utfordring ettersom utbygger tradisjonelt sett aldri, eller sjeldent, har etterspurt slik informasjon.

Gitt de to utfordringene ser det ut til å være helt sentralt at eiendomsbesitter, representert ved utbygger, klarer å utarbeide gode informasjonskrav på hva de utførende skal levere. Som det ble antydnet i funnene er det rimelig å tro at de utførende skal klare å levere på informasjonen når det er en del av bestillingen og de får betalt for det. I delkapittel 6.1.1 ble det også argumentert for at det er lite problematisk å levere fullstendig ombruksdokumentasjon på nyproduksjonselementer fra leverandør. En mulighet fra utbyggersiden til å følge opp kvaliteten på produksjonen av informasjonsleveransene, er å implementere automatisk validering av BIM modell (beskrevet i teorikapitlet 2.3.5). En viktig forutsetning for automatisk validering er at utbygger utarbeider spesielle kravspesifikasjoner som er maskinlesbare. Kravspesifikasjonen må også i noen grad må prosjektilpasses.

Godt samarbeid i høyeffektive tverrfaglige team med utbygger, prosjekterende og utførende.

Som det kom frem av funnene om *strategiske tilnærminger til informasjon og ombruk* i resultatkapitlet, ser det ut til fokuset på å jobbe godt i høyeffektive tverrfaglige er en sentral prosess for å øke graden av ombruk. Erfaringen som er gjort fra prosjekter tyder på at samarbeidet mellom utbygger, prosjekterende og utførende er viktig for at man skal klare å linke bygningselementer sammen fra eksisterende bygg og drøfte seg frem til hvor elementene skal brukes i dag. Det krever på sin side høy kompetanse og vilje hos de utførende, men også god tilrettelegging fra utbygger sin side (som nevnt for *Nivå 2*. Tilsvarende aktivitet beskrives i case-studie for sykkelhotellet på Leüthenhaven, der samarbeidet mellom arkitekt og RIB ble trukket frem som spesielt viktig for å velge ut bygningselementer til ombruk. Samarbeidsprosessen i høyeffektive tverrfaglige team er like viktig for alle utgangsnivåene, men ser ut til å implisere en del merarbeid for *Nivå 2*. Merarbeidet kommer som resultat av at bygningselementet kommer fra et eldre bygg hvor man har dårlig informasjonsgrunnlag og det kreves fysisk tilstedeværelse for kartlegging av bygningselementer (nøyere beskrevet i forrige kapittel).

Produksjon av bygningselement i nytt prosjekt

Basert på funnene i denne oppgaven er det rimelig å argumentere for at bygningselementer er det eneste riktige valget i konstruksjonen hvis man ønsker høyest mulig potensial for ombruk. Det samme kommer frem av teorien og blir presisert i veilederen for ombrukskartlegging fra Grønn Byggallianse. En annen rapport i teorikapitlet "*bygningselementer egnethet til ombruk*" underbygger samme argument og det forklares at det også finnes flere gode bygningselementer i dagens eksisterende bygg som egner seg for ombruk. For bygningselementene i dagens bygg finnes det også godt prøvde metoder for demontering, transport og lagring. Metodene gjelder eksempelvis for stålkomponenter, hulldekker og konstruksjonsvirke. Det viser at det eksisterer gode muligheter for å få til en viss grad av ombruk i eksisterende tradisjonelle bygg.

Selv om man kan klare å ombruke en del bygningselementer fra dagens eldre bygg er man trolig nødt til anskaffe bygningselementer fra nyproduksjon i en omstillingsfase til ombruksprosjekter. Et bygningselement kan derfor starte sin reise på *Nivå 1* fra Figur 6.1, og med riktig informasjonsforvaltning, fortsette livet sitt i neste prosjekt fra *Nivå 5*. På et tidspunkt må entreprenøren likevel være nødt til å få bygningselementene fra et eller flere av de andre nivåene (*2 til 5*) i Figur 6.1. Det er her selve ombruket skjer med ressurs og Co2 besparelsene samt de potensielle kostnadsbesparelsene. Entreprenøren bør derfor ideelt sett ha et etablert marked å henvende seg til, noe flere informanter påpekte ikke har skjedd enda. Fra teorien ser det ut til at et etablert marked kan bli sterkt hjulpet av en eventuell forskriftsendring for omsetning av brukte byggematerialer i DOK. I en omstillingsfase ser det derfor ut som det er ekstra viktig at offentlige utbyggere legger tilrette for at interne ombruksvarer fra sine egne bygg kan brukes i de nye byggene utbygger planlegger med entreprenør.

Utfordringen man stadig vender tilbake til, også for de utførende, er bygningselementets beskaffenhet med tanke på dokumentasjon og resertifisering. Med bakgrunn i intervjuene ser det ut som det er lite trolig at entreprenøren vil presse igjennom ombruk i prosjekter uten et godt samarbeid med utbygger og initiativ fra eiendomsbesitter. Fra intervjuene kommer det frem at dokumentasjon og resertifisering er ressurskrevende å gjennomføre hvis entreprenøren ikke får betalt for det. Entreprenøren opererer allerede med endel risiko og lave marginer, og vil tvilsomt ta på seg mer enn nødvendig.

Et sentralt milepæls punkt når det kommer til fremtidig ombruk av bygningselementer for *Nivå 5*, er at det overlever fullstendig digital ombruksinformasjon integrert i FDV dokumentasjonen. FDV ombruksdokumentasjon er som nevnt tidligere spesifisert fra informasjonskravene (AIR), igjennom BEP og en del av MIDP og TIDP. Hvis man skal ha en fremtidig ambisjon om å forvalte etter en digital tvilling slik det digitale veikartet til Byggenæringens landsforening foreslår, ser det ut til at man er nødt til å levere det i et digitalt åpent forat som ICF, og ha et forvaltningsprogram som støtter det.

6.1.3 Prosesser hos forvaltning drift og vedlikehold

Når bygget overleveres til forvaltning, drift og vedlikehold går bygningselement inn i sin levetid i bygget. Levetiden er illustrert med det grønn-markerte området i Figur 6.1 kalt forvaltningsprosessen. I figuren er det illustrert at bygningselementet kan ta tre forskjellige forvaltningstilstander. De tre forvaltningstilstandene er definert med bakgrunn i funnene fra case studiet, funnene fra intervjuene og diskusjoner så langt i dette kapittelet.

C, Tradisjonelt bygg med bygningselementer

For at et bygg skal ende opp i forvaltningstilstand C er det to sentrale milepæler som ikke er innfridd: 1) Nei, det kan ikke overleveres med god FDV dokumentasjon for de bygningselementene som er brukt i bygget og 2) Nei, eiendomsbesitter er ikke på det nivået der de har en forvaltningsprosess med kontroll på bygningselementet i hele levetiden. Riktig nok kan eiendomsbesitter likevel ha prioritert å bruke bygningselementer i bærekonstruksjonen i bygget. Dermed er utgangspunktet vesentlig bedre for ombruk i fremtiden. Når bygget på nytt skal avvikles er bygningselementet nødt til å gå via *Nivå 2* i stedet for å kunne “rykke direkte opp” til *Nivå 3, 4 eller 5*.

Som det ble funnet i resultatkapittelet eksisterer det mål og ambisjoner om at prosjektet skal bruke bygningselementer med tanke på at de er lettere å demontere. Men som noen informanter beskriver er det varierende hvilke initiativer som tas for hvert individuelle prosjekt. I en omstillingsfase vil det derfor trolig variere hvor mye prosjektet baserer seg på bruk av bygningselementer i bærekonstruksjonen. I teorien og resultatene ble det funnet at de konstruksjonselementene som er mest tilgjengelige for ombruk i dag er hulldekker og stålkomponenter. En oppskalering av markedet for leveranser av bygningselementer til alle konstruksjonsformål i et bygg kan derfor være nødvendig. Fra utbygger og eiendomsbesitters side er det dermed viktig at man sender et sterkt markedssignal om at det er bygningselementer for alle typer formål man ønsker å benytte i nye prosjekter.

B, Tradisjonelt bygg med bygningselementer og digital FDV dokumentasjon

For at et bygg skal ende opp i forvaltningstilstand B er det innfridd for milepæl 1) Ja, det kan overleveres god FDV dokumentasjon på de bygningselementene som brukt i bygget, men ikke for milepæl 2) Nei, Eiendomsbesitter har ikke etablert en forvaltningsprosess for å ha kontroll på bygningselementet i hele levetiden. Forvaltningstilstand B gir et noe bedre utgangspunkt enn C, ettersom det finnes god dokumentasjon på elementene i bygget. Som det er nevnt tidligere kan god dokumentasjon føre til vesentlig enklere prosesser for utbygger når bygget igjen skal avvikles for *Nivå 2*. Et sentral problemstilling som melder seg for forvaltningstilstand B er risikoen for at utbyggersiden har brukt for mye tid og ressurser på å legge grunnlaget for digital informasjonsforvaltning. Hvis ikke forvaltningssiden har et fungerende AIM-system som er lagt tilrette for mottak av digital FDV dokumentasjon og digital informasjonsforvaltning, er på mange måter arbeidet som er utført i utbyggingsprosessen bortkastet.

I en slik situasjon som beskrevet for forvaltningstilstand B, havner man igjen på en utfordring som flere informanter beskriver. Man har død informasjon som man ikke kan brukes til noe, og det er ingen mening i å digitalisere kun for å digitalisere. Fra både teorien og funnene fra mulighetene i resultatkapittelet, beskrives det at man ønsker å komme til det nivået der man faktisk kan måle gevinsten av digitalisering ned til kroner og øre, sparte ressurser og reduksjon i klimagassutslipp. For eiendomsbesitter ser det derfor ut til at de må lære seg å planlegge i et langt tidsperspektiv hvis de skal lykkes med å øke graden av ombruk. Det samsvarer med det informantene mener er en av de mest sentrale utfordringene i dag med forretningsmodellen. Eiendomsbesitter er vandt til å tenke kortsiktig profitt og er ikke villige til å ta for stor risiko med å prøve nye ting.

A, Sirkulært bygg med Digital Tvilling

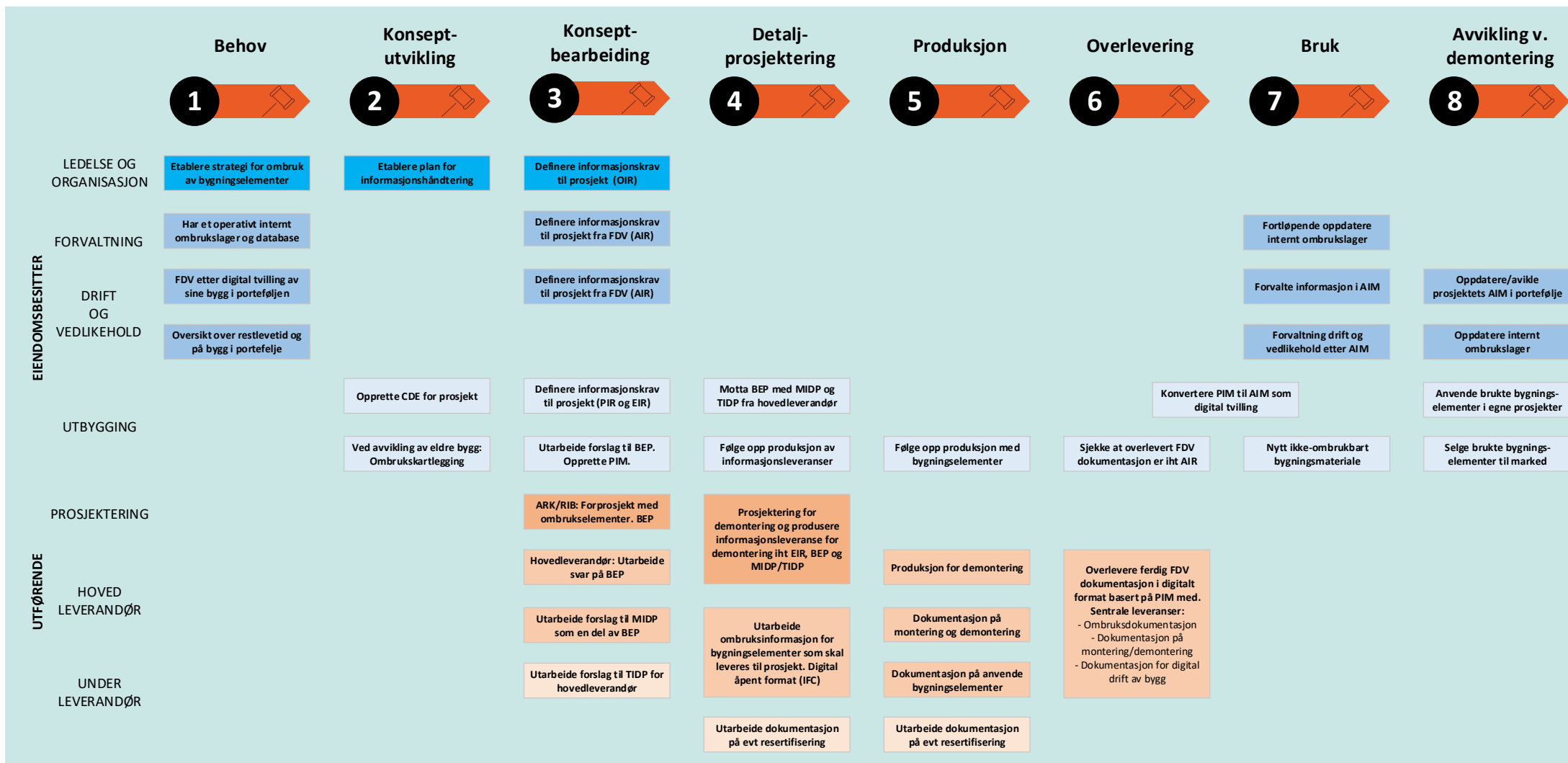
For at et bygg skal ende opp i forvaltningstilstand A er begge milepæl innfridd: 1) Ja, det kan overleveres god digital FDV dokumentasjon på de bygningselementene som brukt i bygget, og 2) Ja, eiendomsbesitter har etablert en forvaltningsprosess som har kontroll på bygningselementet i hele levetiden til bygget før det skal avvikles. I teorikapittelet er det en *Nivå 5* situasjon de digitale veikartene tar sikte på å oppnå. Her er det digital informasjonsflyt i hele prosjektets livssyklus og man har lyktes med å etablere en digital tvilling. Fra funnene ble det avdekket at det er varierende forståelse for hva en digital tvilling innebærer. En digital tvilling kan i så forstand opptre i mange forskjellige fasonger med forskjellig type informasjon. I forbindelse med avgrensningene i denne oppgaven kan en digital tvilling være en digital representasjon av de *CO – 2* intensive konstruksjonselementene som betong og stål. Inkludert IFC informasjon om de forskjellige bygningselementenes ombruksinformasjon, dokumentasjon på demontering/montering og dokumentasjon på sertifisering. Det trenger ikke være en oppfatning av at en digital tvilling skal være futuristisk med all mulig informasjon. Gevinstene og mulighetene slik informasjonslagring legger til rette for er diskutert tidligere i diskusjonskapittelet om “prosesser hos eiendomsbesitter” (6.1.1).

6.2 Forslag til digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser for å øke graden av ombruk

Basert på diskusjonen i denne oppgaven er det foreslått hvordan informasjonsforvaltningen av bygningsressurser kan se ut mellom sentrale aktører i byggets levetid for å øke graden av ombruk. Informasjonsflyten i Figur 6.2 er basert på fasenormen “Neste Steg” og ISO19650 som er introdusert i teorikapittelet. I figuren er det illustrert de generelle informasjonskravene fra ISO 19650 standarden som ble diskutert i Kapittel 6.1.1. I tillegg inneholder figuren beskrivelser av sentrale aktiviteter som er diskutert i denne oppgaven. Med bakgrunn i diskusjonskapittelet ønsker forfatteren å fremheve særlig tre kritiske løsninger som skiller seg ut med tanke på å oppnå høyere grad av ombruk med digital informasjonsforvaltning av ressurser.

1. Utbygger må stille tydelige informasjonskrav til hva prosjektet skal levere av informasjonsleveranser. Utbygger legger til rette for at det produseres digital informasjon som ombruksinformasjon, informasjon om montering/demontering og informasjon om sertifisering. Informasjonskravene utarbeides i steget “Konseptbearbeiding” (blåmerkede bokser i Figur 6.2. Informasjonsleveransene følges opp i stegene “Detaljprosjektering” og “Produksjon” av “Utbygging”.
2. En viktig milepæl fra utbyggingsprosessen er at hovedleverandør kan overlevere god digital FDV dokumentasjon for de bygningsselementene som er brukt i bygget. FDV dokumentasjonen bør inneholde ombrukdokumentasjon, dokumentasjon på montering/demontering og dokumentasjon på sertifisering. Milepælen er illustrert i rød boks i steg “Overlevering” i kolonnen for “Utførende” i Figur 6.2.
3. En viktig milepæl for forvaltningsprosessen er at eiendomsbesitter har etablert et system slik at man kan ta i mot FDV dokumentasjonen i et digitalt format og drifte bygget etter det. Det kan være en enkel digital tvilling (AIM) av bærekonstruksjonen der FDV dokumentasjon om bygningsselementene forvaltes i hele levetiden. Milepælen er illustrert i de blå boksene under steget “Bruk” i kolonnen for “Forvaltning drift og vedlikehold” i Figur 6.2.

Figur 6.2: Digital informasjonsforvaltning for ombruk av bygningselementer. Sentrale aktiviteter og informasjonsleveranser i regi av eiendomsbesitter og utførende igjennom levetiden til et prosjekt.



6.3 Vurdering av forskningsmetoden

Avslutningsvis ønsker jeg å drøfte forskningsmetoden som er anvendt i denne oppgaven for å besvare forskningsspørsmålene. Med en induktiv tilnærming og innsamling av kvalitativt forskningsmateriale har det vært mulig å få en dyptforstående innsikt i hvordan situasjonen i byggenæringen er i dag. Eksplorerende design var nyttig å bruke ettersom det ikke var tilgrenset forskning på tema fra før, og jeg gjorde ulike veivalg etterhvert som jeg fikk ny innsikt. Jeg mener derfor valget med å gjennomføre semistrukturert dybdeintervjuer var en god måte å samle materiale på. Med fokus på å stille informasjonssøkende spørsmål og ikke bekreftende spørsmål underveis i intervjuet, mener jeg at resultatene i denne oppgaven er presentert på en objektiv måte. Case studiet med Trondheim Eiendom var også nyttig for å få en dypere innsikt fra utbyggersiden.

Alternativt kunne man samlet inn forskningsmateriale som var mer kvantifiserbart enn de semistrukturerte intervjuene. Det har gått mye tid til transkribering og kategorisering av intervjumaterialet i Excel og Overleaf. Funnene fra intervjuene stemmer godt overens med det som er skrevet i tidligere forskningslitteratur, noe som kan indikere at datainnsamlingen og arbeidet med intervjumaterialet er gjort på en god måte. På en annen side er det gått mye tidsbruk på å finne materiale som tilslutt stemmer overens med teorien. Derfor kunne det vært anvendt f.eks spørreundersøkelse med et mer deduktivt design for å lettere kvantifisere dataen og bekrefte teorier. I det tilfelle kunne man brukt mer tid på et dypere case-studie med f.eks observasjoner ute i felten.

7 Konklusjon

Som det ble nevnt innledningsvis er det årlige klima og miljøavtrykket fra byggenæringen grunnet ressursbruk enormt både globalt og nasjonalt. Med økt befolkningsvekst og levestandard indikerer prognoser at det skal bygges som aldri før de neste 50 årene globalt. Det er viktigere enn noen gang å forstå implikasjonene av byggenæringens ressursforbruk for planeten vår og kommende generasjoner.

Denne oppgaven har derfor undersøkt hvordan det jomfruelige ressursforbruket i byggenæringen kan reduseres. Mer spesifikt er det undersøkt hvordan digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser kan øke graden av ombruk i byggets levetid. Oppgaven har tatt for seg to store fagområder i byggenæringen, digitalisering og sirkulærøkonomi, med hver sine omfattende teoretiske tilnærminger i litteraturen. Sammenhengen mellom fagområdene er undersøkt fra eiendomsbesitters perspektiv for å se hvordan bygningsressurser forvaltes i hele levetiden til prosjekter. Igjennom et case-studie med Trondheim Eiendom og totalt 18 intervjuer i norsk byggenæring er tre forskningsspørsmål besvart.

Hva er de sentrale utfordringene for å oppnå høyere grad av ombruk med digital kontroll på ressursbruken i bygg?

Fra funnene i denne oppgaven er det identifisert fem sentrale utfordringer som bremser omstillingen til ombruk og digital kontroll på ressursbruken i bygg. Det er funnet at forretningsmodellen i bransjen ikke samsvarer med omstilling til ombruk og digital kontroll på bygningsressurser. Ombruk av bygningsmaterialer er på ingen måte en del av den tradisjonelle forretningsmodellen i bransjen. Som et resultat av en lite tilpasset forretningsmodell er det få økonomiske insentiver for å prioritere klima og miljøhensyn i prosjekter. Digital omstilling og ombruk nedprioriteres fordi man ikke klarer å regne det økonomisk lønnsomt sammenliknet med alternativet.

Det menneskelige aspektet har en sentral innvirkning på prioriteringene bransjen gjør for digitalisering og klima og miljø. Varierende vilje til klima og miljøhandling, samt lite kunnskap om hvordan man skal innarbeide nye digitale måter å jobbe på, fører til nedprioriteringer i klima og miljøhandling. Mye av det man får til er personlig drevet og skjer separat fagområdene for ombruk og digitalisering. Det er få aktører som har fokus på at samspillet mellom de to fagfeltene er et nøkkelområde for å øke graden av ombruk. Det er lite kunnskap om at ressursforvaltning i levetiden til bygg legger grunnlaget for nye forretningsmodeller i byggenæringen. I tillegg er tankegodset og holdningene i bransjen utfordrende for den grønne omstillingen. Det er funnet at manglende informasjonskrav og krav generelt fra utbygger legger en brems for hvordan man skal oppnå digital kontroll på bygningsressursene.

Det er funnet tre praktiske utfordringer med ombruk som skiller seg ut: 1) mellomlagring av materialer, 2) håndtering av eksisterende bygningsmasse og 3) den praktiske gjennomføringen med resertifisering av brukte bygningselementer. Resertifisering av brukte byggevarer utgjør både en praktisk, juridisk og økonomisk utfordring. Selv med en endring i dagens regelverk (DOK), er det fortsatt en aktør som må ta på seg ansvar og for å utføre resertifiseringen, noe som kommer med en kostnad. Det er identifisert at kostnaden med resertifisering uansett vil eksistere i mer eller mindre grad. Uavhengig om man har digital kontroll på informasjonen om bygningselementet i byggets levetid eller ikke. En sentral digital utfordring er problemstillingen med at prosesser ikke er "ekte digitalisert" i bransjen. Informasjonsflyten mellom aktører i dag er basert på PDF'er som er "død" informasjon i digital sammenheng. Ved ferdigstilling av nye prosjekter i dag overleveres det fortsatt FDV dokumentasjonen i PDF format. Det resulterer i at mye av eksisterende informasjon om ressursene i bygg er vanskelig å få oversikt over. I dag er det nærmeste man kommer ekte digitalisering det som skjer i prosjekterings og produksjonsprosessen, der man bruker BIM til å utarbeide en sammensatt TEK-17 godkjent løsning.

Hvilke løsninger er sentrale for at eiendomsbesitter skal oppnå digital informasjonforvaltning av sine bygningsressurser?

Basert på funnene fra teorien, casestudie og intervjuene, ble det i diskusjonskapittelet presentert flere løsninger for at eiendomsbesitter skal klare å oppnå digital informasjonsforvaltning av sine bygningsressurser. Løsningene som er diskutert utgjør et sett med milepæler, krav og aktiviteter som eiendomsbesitter er ansvarlig for å implementere. Utgangspunktet for bruk av løsningene er at man ser på nåsituasjonen til en typisk eiendomsbesitter, som er presentert i denne oppgaven. Løsningene treffer to situasjoner hos eiendomsbesitter: 1) Løsninger for bygningselementer som skal brukes i nyoppstartede prosjekter, og 2) Løsninger for allerede eksisterende bygningsmasse. I denne oppgaven har fokuset vært på bygningsressurser i form av bygningselementer som først og fremst brukes til konstruktive formål med lang levetid i bygget.

Løsninger for bygningselementer som skal brukes i nyoppstartede prosjekter.

Eiendomsbesitter skal legge til rette for at to milepæler blir innfridd. Første milepæl er at eiendomsbesitters ledelse definerer organisasjonens informasjonskrav (OIR) etter ISO19650. Det inkluderer definisjoner på den informasjonen som trengs for at eiendomsbesitter skal nå sine strategiske mål med digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser. Andre milepæl er at eiendomsbesitter må etablere følgende i sin forvaltningsorganisasjon: **1)** Et system eller program der man har digital kontroll på bygningselementene fra et prosjekt. Det skal være i form av en AIM også kalt digital tvilling. **2)** Utarbeide informasjonskrav (AIR) til hvordan FDV dokumentasjonen skal overleveres for at man skal klare å forvalte bygningselementet i AIM (digital tvilling). FDV dokumentasjonen om bygningselementet skal inneholde ombruksdokumentasjon, dokumentasjon om montering/demontering og sertifiseringsdokumentasjon. All FDV dokumentasjon leveres i åpent digitalt IFC format.

Når milepælene hos eiendomsbesitter er på plass skal utbyggerorganisasjonen gjennomføre følgende aktiviteter i nyoppstartede prosjekter: **1** Stille krav om bruk av bygningselementer til konstruksjonsformål i alle prosjekter i hele bygget, **2**) Opprette et CDE og utarbeide prosjektspesifikke informasjonskrav (PIR og forslag til BEP) med en plan på hvordan informasjonen om bygningselementene skal produseres og leveres av leverandørene, **3**) Tilrettelegge for høyeffektive team som drøfter velg av ombrukselementer hvis det benyttes, **4**) Ansvarlig for at brukte bygningselementer blir resertifisert til prosjektformål hvis det benyttes, og **5**) Følge opp at informasjonsleveransene fra de utførende. For punkt fire er det funnet at det er mulig å etablere automatisk validering av BIM modell etter BIM krav. Et viktig funn relatert til punkt en, er at det må etableres et godt samarbeid på tvers av forvaltnings- og utbyggerorganisasjonen for å utarbeide riktige informasjonskrav.

Den sentrale milepælen for de utførende er overlevering av FDV dokumentasjon i et digital format etter informasjonskrav fra utbygger. FDV dokumentasjonen skal inneholde ombrukdokumentasjon, dokumentasjon på montering/demontering og dokumentasjon på sertifisering. Under utførelsesprosessen av bygget viser funnene i oppgaven at de prosjekterende og hovedleverandøren har et særskilt ansvar for produksjonen av informasjonsleveransene. Sentrale informasjonsleveranser fra de prosjekterende er dokumentasjon på hvordan bygningselementet skal monteres/demonteres. Sentrale informasjonsleveranser fra hovedleverandør med underleverandører er dokumentasjon på det faktiske produktet som er brukt.

Løsninger for eksisterende bygningsmasse

I denne oppgaven er det avdekket at det er svært lite kontroll på den tyngre bygningsmassen som betong og stål i eksisterende bygg. Funnene i oppgaven tyder likevel på at det er mulig å få digital kontroll på bygningsmassen ved å utføre tre aktiviteter: **1**) Utarbeide gode BIM modeller av bærekonstruksjonen basert på eldre 2D tegninger. Funnene viser at slike tegninger er tilgjengelige for flere bygg, **2**) Utarbeide 3D modeller basert på laserscanning av eksisterende bygg både innvendig og utvendig. 3D informasjonen er nyttig for å vurdere bygningselementer og komponenter for ombruk, og **3**) Utføre ombrukskartlegging av synlige bygningsmaterialer og forvalte i internt ombrukslager eller få bygningsmaterialene raskt ut i nytt prosjekt. Aktivitetene skal utføres så tidlig som mulig med prioritet for de byggene man vet skal rives i nær fremtid.

Kan den digitale informasjonsforvaltningen av bygningsressurser i prosjekters levetid øke graden av ombruk i fremtiden?

Funnene i denne oppgaven viser at digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser kan gjøre det vesentlig enklere å få de tyngre bygningsressursene inn i et ombrukskretsløp. Forutsatt implementeringene av løsningene fra forskningsspørsmål to, blir det videre forklart hvordan digital kontroll på bygningsressursene øker graden av ombruk.

For bygg i nåtiden der man har oppnådd digital kontroll på eksisterende bærekonstruksjon.

Med digital kontroll på bærekonstruksjonen i eksisterende bygg er det vesentlig enklere å planlegge for ombruk av plasstøpte betongkonstruksjoner (rehabiliteringsprosjekt). Hovedbudskapet, når det kommer til plasstøpte betongkonstruksjoner, er at man bevarer bærekonstruksjonen og fundamentet. Ved å opparbeide en god BIM modell av den eksisterende bærekonstruksjonen og fundamentet kan man prosjekttilpasse gammel bærekonstruksjon til nytt prosjektformål. Slik ombrukes den plasstøpte bærekonstruksjonen.

For bygg i fremtiden der man har oppnådd digital informasjonsforvaltning av bygningselementer.

Med digital informasjonsforvaltning av bygningselementer i prosjekters levetid gis det forutsigbarhet i ombruksplanleggingen i prosjektgjennomføringen. Forutsigbarheten skapes fordi man på et tidlig stadie i prosjektet har informasjon om de bygningselementene som er aktuelle for ombruk. Forutsigbarheten gjør det vesentlig enklere for det "høyeffektive tverrfaglige teamet" å drøfte hvilke ombrukelementer som skal velges i prosjektet. Det vil være tidsbesparende for den som utfører ombrukskartlegging, og gi bedre forutsetninger for når bygningselementet blir tilgjengelig ved avvikling av bygget. Det vil også skalere ned utfordringen med mellomagring av materialer på ombrukslager. Det er funnet at en viktig effekt med digital informasjonsforvaltning av bygningselementer er fremveksten av nye typer markeder for brukte byggevarer. Fremvekst av slike markeder har mye å si for å øke mengden byggematerialer som strømmer til et ombruksmarked i stedet for å gå til gjenvinning eller deponi. Fremveksten blir hjulpet av et mulig vedtak av høringsforslaget i DOK som gjelder omsetning av brukte byggevarer.

Med forskriftsendringen og digital kontroll på bygningselementer kan eiendomsbesitter selge bygningselementene til markedet med mindre risiko enn i dag, allerede før bygget skal avvikles. Eiendomsbesitter har derfor gode muligheter for å opparbeide seg materialbanker for de kommende byggene sine. Det igjen vil føre til at utbygger enklere kan regne på om ombruk lønner seg økonomisk. Det legger grunnlaget for en helt ny forretningsmodell for eiendomsbesitteren og utfordringen med lønnsomhet kan løses. I et slikt tilfelle er det funnet at utbygger er nødt til å veie to økonomiske forhold opp mot hverandre: 1) kostanden ved å implementere løsningene som er beskrevet i oppgaven, og 2) den økonomiske gevinsten ved å slippe å betale for nye bygningsressurser til prosjekt. Det er også identifisert andre gevinster for utbygger som ikke angår ombruk direkte. Med digital kontroll på bygningsressursene er det funnet at eiendomsbesitter har gode forutsetninger for å vite mer om klimagassutslippene sine tilknyttet materialbruken ved oppføring av bygg. Utbygger har også muligheten til å score poeng i miljøsertifiseringsordninger som f.eks BREEAM.

Likevel, ved at den digital informasjonsforvaltning av bygningsressurser øker graden av ombruk i fremtiden, er den største gevinsten at fremtidige generasjoner har tilgang på ressurser som de ellers ikke ville hatt tilgang til.

Anbefalinger til videre studier

Ettersom denne oppgaven har gått bredt ut i et langt tidsperspektiv i bransjen med mange involverte aktører, er nedslagsfeltet stort for videre forskning. Ett flytskjema (Figur 6.1 for et bygningselement i ombruk er utarbeidet sammen med en forslag til digital informasjonsflyt for bygningselementet (Figur 6.2. Begge figurene gir interessante utgangspunkt for å peke på sentrale områder som må forskes videre på.

Lønnsomhetsstudie for et digitalt ombruksprosjekt. Lønnsomhet og forretningsmodellen i bransjen ble identifisert til å være den største utfordringene med å få til ombruk i dagens byggenæring. Flytskjema for et bygningselement (Figur 6.1) gir et utgangspunkt for å identifisere de prosessene som er økonomisk gunstige og ugunstige i forskjellige scenario. Det anbefales derfor å gjennomføre et lønnsomhetsstudie for ett eller flere av scenarioene presentert i oppgaven.

Ombruksgrad. I denne oppgaven er det snakket om en empirisk observasjon av endringen i omfanget av ombruk sammenliknet med nåsituasjonen. Det anbefales å forske videre på en kvantifiserbar og målbar enhet på lik linje som sorteringsgrad.

Besparelse av klimagassutslipp. Tilsvarende som for lønnsomhet og ombruksgrad er det enklere for utbygger å implementere løsningene i denne oppgaven hvis man har bedre tallfestede gevinster. Det anbefales derfor at man gjennomfører en fullstendig LCA for å få tallfestet klimagassbesparelsene ved ombruk av en bærekonstruksjon.

Nøkkelroller i prosjektgjennomføringen. For å få til en god ombruksprosess hos utbygger etter presenterte løsninger, er man avhengig av å ha kompetanse innenfor tema hos de som leder prosjektene. Det anbefales derfor å forske videre på hvilken kompetanse og nøkkelroller man er avhengig av å ha med i prosjektgjennomføringen. Spesielt betydningen til prosjektleder, prosjekteringsleder og BIM koordinator.

Digitale og juridiske barrierer. En helt sentral del av løsningene som er presentert i denne oppgaven er at man klarer å etablere systemer som snakker sammen (APIer) og håndterer informasjon i et digital åpent format. Det anbefales å gå videre for å avdekke spesielle barrierer eller utfordringer som kan oppstå i levetiden til den digitale informasjonen med tanke på programvare og software. I tillegg bør det utforskes nærmere hvordan informasjonen skal håndteres både juridisk for tilfellet der eiendomsbesitter ønsker å selge bygningselementer før bygget avvikles.

Demontering av bygg i praksis for “demonteringsentreprenøren”. En sentral av løsningen til denne oppgaven er at den informasjonen som blir forvaltet i byggets faktisk kommer til nytte når bygget skal demonteres eller rehabiliteres. Det anbefales derfor at det må forskes spesielt på hvordan entreprenøren i praksis skal effektivisere ombruksprosjekter som i større grad består av demontering i avviklingsprosessen.

Referanser

- Andreassen, Anett, director (29. sep. 2020). *Digitale Bygg for et Bærekraftig Byggmiljø*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=5YZTEgmQ3q4> (sjekket 11.11.2021).
- Andrew, Robbie M. (26. jan. 2018). «Global CO₂ Emissions from Cement Production». I: *Earth System Science Data* 10.1, s. 195–217. ISSN: 1866-3508. DOI: [10.5194/essd-10-195-2018](https://doi.org/10.5194/essd-10-195-2018). URL: <https://essd.copernicus.org/articles/10/195/2018/> (sjekket 01.10.2021).
- Antikainen, Maria, Teuvo Uusitalo og Päivi Kivikytö-Reponen (1. jan. 2018). «Digitalisation as an Enabler of Circular Economy». I: *Procedia CIRP*. 10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, IPS2 2018, 29-31 May 2018, Linköping, Sweden 73, s. 45–49. ISSN: 2212-8271. DOI: [10.1016/j.procir.2018.04.027](https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118305432> (sjekket 07.10.2021).
- Azhar, S. (2011). «Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry». I: *Leadership and Management in Engineering* 11.3, s. 241–252. DOI: [10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127).
- BDO (2020). *Lønnsomhet i byggebransjen – hvordan skape bedre marginer*. URL: <https://www.bdo.no/nb-no/bloggen/1%c3%b8nnsomhet-i-byggebransjen-%e2%80%93-hvordan-skape-bedre-marginer> (sjekket 22.11.2021).
- Boulding, Kenneth E. (1966). «The Economics of the Coming Spaceship Earth». I: New York.
- Brand, Stewart (1. okt. 1995). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*. Penguin. 435 s. ISBN: 978-1-101-56264-2. Google Books: [zkgRgdVN2GIC](https://books.google.no/books?id=zkgRgdVN2GIC).
- Breivik, Jo Kristen (2017). *Oria, Artikler Og Kildekritikk På 1-2-3*. URL: <https://www.ntnu.no/blogger/ub-realfag/2017/02/22/ta-i-bruk-oria/>.
- Bucher, David og Daniel Hall (2020). «Common Data Environment within the AEC Ecosystem: Moving Collaborative Platforms beyond the Open versus Closed Dichotomy». I: i samarbeid med Lucian-Constantin Ungureanu og Timo Hartmann. DOI: [10.3929/ETHZ-B-000447240](https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000447240). URL: <http://hdl.handle.net/20.500.11850/447240> (sjekket 08.12.2020).
- buildingSMART (20. des. 2015). «Digitaliseringen av byggenæringen er et langsiktig løft som best gjøres etappevis.» buildingSMART. URL: <https://buildingsmart.no/nyhetsbrev/2015-12/digitalisering-av-byggenaeringen-er-et-langsiktig-loft-som-best-gjores-etappevis> (sjekket 08.12.2020).
- (2020). *Industry Foundation Classes (IFC)*. buildingSMART International. URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/> (sjekket 05.12.2020).
- Bygg.no (20. mai 2020). *Ny rapport: Derfor er ombruk i byggeprosjekter lite lønnsomt*. URL: <https://www.bygg.no/article/1433625!/> (sjekket 22.11.2021).

- Bygg21 (2015). *Veileder for fasenormen neste steg - et felles rammeverk for norske byggeprosesser*.
- Byggenæringens landsforening (2017). *Digitalt Veikart - for En Heldigitalisert, Konkurransedyktig Og Bærekraftig BAE-næring*.
- byggkvalitet, Direktoratet for (2021). *Ombruk Av Byggevarer. Høringsnotat: Forslag Om Endring Av Forskrift Om Omsetning Og Dokumentasjon Av Produkter Til Byggverk (DOK)*. URL: <https://dibk.no/regelverk/horinger/hoyringar/ombruk-av-byggevarer/>.
- Çetin, S., C. De Wolf og N. Bocken (2021). «Circular Digital Built Environment: An Emerging Framework». I: *Sustainability (Switzerland)* 13.11. ISSN: 2071-1050. DOI: [10.3390/su13116348](https://doi.org/10.3390/su13116348).
- Circular Norway (2020). *The Circularity Gap Report Norway*.
- Costin, Aaron, Alireza Adibfar, Hanjin Hu og Stuart S. Chen (1. okt. 2018). «Building Information Modeling (BIM) for Transportation Infrastructure – Literature Review, Applications, Challenges, and Recommendations». I: *Automation in Construction* 94, s. 257–281. ISSN: 0926-5805. DOI: [10.1016/j.autcon.2018.07.001](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517309470> (sjekket 16.10.2020).
- Cullen, Jonathan, Julian Allwood og Margarita Bambach (20. nov. 2012). «Mapping the Global Flow of Steel: From Steelmaking to End-Use Goods». I: *Environmental science & technology* 46. DOI: [10.1021/es302433p](https://doi.org/10.1021/es302433p).
- Direktoratet for byggkvalitet og NIBO (2020). *Samfunnsøkonomisk Analyse Av Redusert Avfall i Byggebransjen*.
- Direktoratet for mineralforvaltning (2020). *Harde Fakta Om Mineralnæringen. Mineralstatistikk 2019*.
- Elsevier (2020). *Research Platforms — Scopus — ScienceDirect — Mendeley*. URL: <https://www.elsevier.com/research-platforms> (sjekket 15.10.2020).
- Engerbø, Atle (2020). *Intro til metode - en praktisk innføring*.
- Entra ASA (2021). *Erfaringsrapport Ombruk, Kristian Augusts Gate 13*. URL: https://entra.no/storage/uploads/article-documents/1_ka13-erfaringsrapport-ombruk-20012021.pdf.
- Erupean Comission (2020). *Circular Economy Action Plan*. URL: https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en (sjekket 07.10.2021).
- Fjeldheim, Henning, Ole Rydningen, Lasse Kvilvær, Olav W. Sunde og Martin S. Eid (2019). *Forsvalig Ombruk av Byggevarer*. DiBK, s. 123.
- Fremtidens Byggenæring (2020). *Digitale Tvillinger for Bærekraftig Bruk Av Bygg - Fremtidens Byggenæring*. URL: <https://www.fremtidensbygg.no/digitale-tvillinger-for-baerekraftig-bruk-av-bygg/> (sjekket 12.02.2022).
- Gjølme, Helle Sofie (2020). «Sirkulær Økonomi i Bygg- Og Anleggsbransjen - Analyse Av Metoder, Prinsipper Og Forutsetninger for En Overgang Til Sirkulær Økonomi». I: URL: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2779411> (sjekket 11.02.2022).

- Global Footprint Network (2021). *Earth Overshoot Day*. Earth Overshoot Day. URL: <https://www.overshootday.org/about/> (sjekket 08.11.2021).
- Grieves, Michael og John Vickers (2017). «Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems». I: *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*. Red. av Franz-Josef Kahlen, Shannon Flumerfelt og Anabela Alves. Cham: Springer International Publishing, s. 85–113. ISBN: 978-3-319-38756-7. DOI: [10.1007/978-3-319-38756-7_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4). URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4 (sjekket 17.11.2021).
- Grønn Byggallianse (2021). *Ombruk i byggeprosjekter*. Grønn byggallianse. URL: <https://byggalliansen.no/kunnskapssenter/ombruk-i-byggeprosjekter/> (sjekket 16.11.2021).
- Grønn Byggallianse og Statsbygg (2020). *Ombrukskartlegging og bestilling - slik gjør du det*. URL: <https://buildingsmart.no/baerekraftprofil> (sjekket 07.10.2021).
- Heaton, James og Ajith K. Parlikad (1. jan. 2020). «Asset Information Model to Support the Adoption of a Digital Twin: West Cambridge Case study**This Research Is Supported by the Engineering and Physical Sciences Research Council and Costain Plc through an Industrial CASE Studentship.» I: *IFAC-PapersOnLine*. 4th IFAC Workshop on Advanced Maintenance Engineering, Services and Technologies - AMEST 2020 53.3, s. 366–371. ISSN: 2405-8963. DOI: [10.1016/j.ifacol.2020.11.059](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.11.059). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896320302093> (sjekket 17.11.2021).
- Heaton, James, Ajith Kumar Parlikad og Jennifer Schooling (1. okt. 2019). «Design and Development of BIM Models to Support Operations and Maintenance». I: *Computers in Industry* 111, s. 172–186. ISSN: 0166-3615. DOI: [10.1016/j.compind.2019.08.001](https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.08.001). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361519300557> (sjekket 14.10.2020).
- Heimpel, Ellen (15. mai 2021). *Industries and Sectors Driving Deforestation: What You Need to Know*. Ecologi. URL: <https://ecologi.com/articles/blog/industries-and-sectors-driving-deforestation-what-you-need-to-know> (sjekket 01.10.2021).
- Hertwich, Edgar, Reid Lifset, Stefan Pauliuk, Niko Heeren, Saleem Ali, Qingshi Tu, Fulvio Ardente, Peter Berrill, Tomer Fishman, Koichi Kanaoka, Joanna Kulczycka, Tamar Markov, Eric Masanet og Paul Wolfram (31. des. 2019). *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*. Zenodo. DOI: [10.5281/ZENODO.3542680](https://doi.org/10.5281/ZENODO.3542680). URL: <https://zenodo.org/record/3542680> (sjekket 05.10.2021).
- Hossain, Md. Uzzal, S. Thomas Ng, Prince Antwi-Afari og Ben Amor (1. sep. 2020). «Circular Economy and the Construction Industry: Existing Trends, Challenges and Prospective Framework for Sustainable Construction». I: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 130, s. 109948. ISSN: 1364-0321. DOI: [10.1016/j.rser.2020.109948](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109948). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120302392> (sjekket 17.11.2021).
- Høydahl, Vilde Vår og Hanna Katarina Walter (2020). «Ombruk Av Byggematerialer - Og Produkter i et Bærekraftsperspektiv. Vurdering Av Miljøeffekt Og Kartlegging Av Potensialet for En Oppskalering Av Ombruksmarkedet.» URL: <https://ntnuopen.no/>

- ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2738114/Walter%20og%20H%C3%B8ydahl.pdf?sequence=1.
- Iyer-Raniga, Usha og Pekka Huovila (1. feb. 2021). *Global State of Play for Circular Built Environment*. URL: <https://www.oneplanetnetwork.org/resource/global-state-play-circular-built-environment>.
- Jacobsen, Dag Ingvar (2005). *Hvordan Gjennomføre Undersøkelser? Innføring i Samfunnsvitenskapelig Metode*. Bd. 2. Høyskoleforlaget Kristiansand.
- Jaegtnes, Frank (2020). «Innspill til nasjonal strategi for sirkulærøkonomi». I: s. 3. URL: <https://www.regjeringen.no/contentassets/445aed28340b43bd84b1b20c4e517bd2/elektroforeningen---innspill-til-nasjonal-strategi-for-sirkular-okonomi.pdf>.
- Kinch, Diana (15. apr. 2021). *Worldsteel Raises 2021 Steel Demand Growth Forecast to 5.8%*. URL: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/metals/041521-worldsteel-raises-2021-steel-demand-growth-forecast-to-58> (sjekket 01.10.2021).
- Klein, Natacha, Tomás B. Ramos og Pauline Deutz (jan. 2020). «Circular Economy Practices and Strategies in Public Sector Organizations: An Integrative Review». I: *Sustainability* 12.10 (10), s. 4181. DOI: [10.3390/su12104181](https://doi.org/10.3390/su12104181). URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/10/4181> (sjekket 19.10.2021).
- Klima-og Miljødepartementet (16. jun. 2021). *Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*. Regjeringa.no. URL: <https://www.regjeringen.no/nn/dokumenter/nasjonal-strategi-for-ein-gron-sirkular-okonomi/id2861253/> (sjekket 09.11.2021).
- Korhonen, Jouni, Antero Honkasalo og Jyri Seppälä (1. jan. 2018). «Circular Economy: The Concept and Its Limitations». I: *Ecological Economics* 143, s. 37–46. ISSN: 0921-8009. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2017.06.041](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916300325> (sjekket 15.11.2021).
- Krausmann, Fridolin, Christian Lauk, Willi Haas og Dominik Wiedenhofer (1. sep. 2018). «From Resource Extraction to Outflows of Wastes and Emissions: The Socioeconomic Metabolism of the Global Economy, 1900–2015». I: *Global Environmental Change* 52, s. 131–140. ISSN: 0959-3780. DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017313031> (sjekket 01.10.2021).
- Kvellheim, Anne Kristin og Eli Sandberg (2021). *Ombruk Av Byggematerialer - Marked, Drivere Og Barrierer - SINTEF Notat*. URL: <file:///C:/Users/Thomas%20Berge%20Foyen/Downloads/SINTEF%20Notat%20%2040.pdf>.
- Lavikka, Rita, Johanna Kallio, Thomas Casey og Miimu Airaksinen (2. nov. 2018). «Digital Disruption of the AEC Industry: Technology-Oriented Scenarios for Possible Future Development Paths». I: *Construction Management and Economics* 36.11, s. 635–650. ISSN: 0144-6193. DOI: [10.1080/01446193.2018.1476729](https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1476729). URL: <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1476729> (sjekket 12.10.2020).
- Lov Om Offentlige Anskaffelser [Anskaffelsesloven]* (2017). I samarbeid med Lovdata. URL: <https://lovdata.no/dokument/NLO/lov/1999-07-16-69> (sjekket 15.12.2020).

- Madaster (2017). *Madaster Launched: Eliminating Waste In The Real Estate Sector World Wide*. URL: <http://turntoo.com/documents/Madaster-Press-Release.pdf>.
- Maria Medeiros, Tatiana (2021). «Sirkulær økonomi i den norske byggebransjen». NTNU. URL: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2788472> (sjekket 16.11.2021).
- McKinsey (2017). *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*. McKinsey Global Institute. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>.
- Miljødirektoratet (2017). «Analyse av størrelse, årsaker til og reduksjonsmuligheter for avskoging i Norge». I: s. 56.
- NORD Universitet (2021). *Fra lineær til sirkulær workshop - utfordringer innen bygg-, anleggs- og eiendomssektoren*. Nord universitet. URL: <https://www.nord.no/no/aktuelt/kalender/Sider/Fra-linear-til-sirkular-workshop-utfordringer-innen-bygg-anleggs-og-eiendomssektoren.aspx> (sjekket 15.11.2021).
- Norsk Eiendom (2016). *Eiendomssektorens Veikart Mot 2050*.
- NTNU (Udatert). *Veileder – Hvordan Gjennomføre Intervju*.
- Oberle, Bruno, Stefan Bringezu, Steve Hatfield-Dodds, Stefanie Hellweg, Heinz Schandl og Jessica Clement (2019). *Global Resources Outlook: 2019*. International Resource Panel, United Nations Environment. URL: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/244276> (sjekket 05.10.2021).
- Porwal, Atul og Kasun N. Hewage (1. mai 2013). «Building Information Modeling (BIM) Partnering Framework for Public Construction Projects». I: *Automation in Construction* 31, s. 204–214. ISSN: 0926-5805. DOI: [10.1016/j.autcon.2012.12.004](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512002439> (sjekket 15.12.2020).
- Preut, A., J.-P. Kopka og U. Clausen (2021). «Digital Twins for the Circular Economy». I: *Sustainability (Switzerland)* 13.18. ISSN: 2071-1050. DOI: [10.3390/su131810467](https://doi.org/10.3390/su131810467).
- Reisvang, Håkon og Roar Smelhus (1. apr. 2020). *Fremtidig gjennomføringsmodell gjennom ISO 19650*. URL: <https://nemitekn.no/a/127144> (sjekket 25.10.2020).
- Remes, Jaana, James Manyika, Jacques Bughin, Jonathan Woetzel, Jan Mischke og Mekala Krishnan (2018). *Solving the Productivity Puzzle: The Role of Demand and the Promise of Digitization*.
- FN-Sambandet (2019). *Befolkning, Migrasjon Og Urbanisering*. URL: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/befolkning> (sjekket 29.10.2020).
- (2021). *Bærekraftig utvikling*. URL: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (sjekket 16.09.2021).
- SINTEF og Again X (2020). *Sustainability and Investment KPIs in Non Residential Real Estate Using ML Algorithms and Big Data*. URL: <https://www.againx.ai/research/report> (sjekket 16.11.2021).
- SINTEF, NTNU og WSP Norge (2018). *Evaluering Av T2-prosjektet Ved Oslo Lufthavn*.

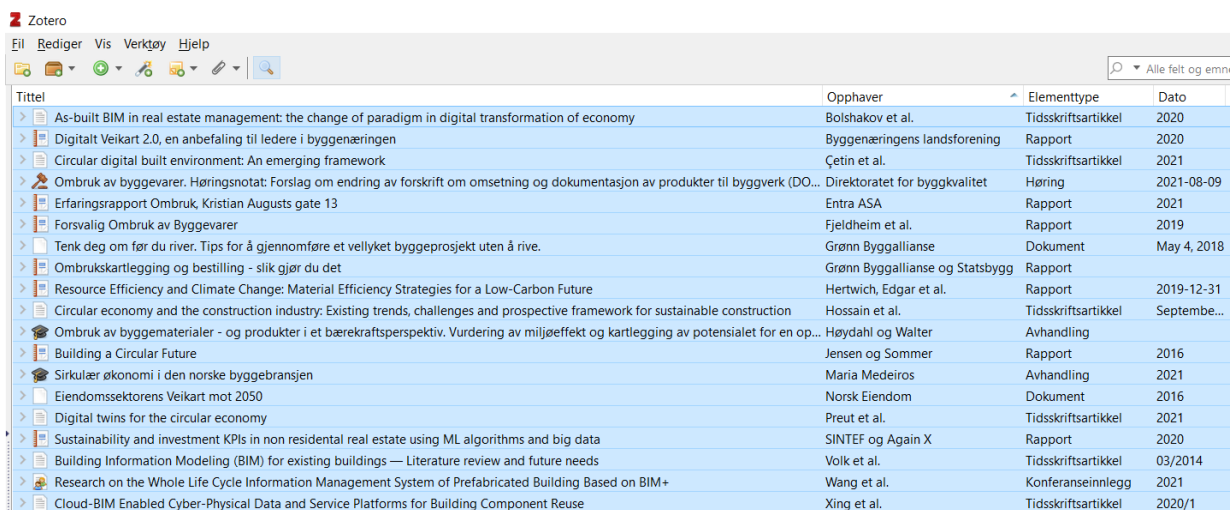
- Sirken (2021). *Gjenvinning, ombruk eller gjenbruk?* Sirken ombrukscontainer. URL: <https://sirken.no/blogs/artikler/gjenvinning-ombruk-eller-gjenbruk> (sjekket 15.11.2021).
- SNL (2021). *avfallshierarki. I: Store norske leksikon.* URL: <http://snl.no/avfallshierarki> (sjekket 15.11.2021).
- SSB (2021a). *09247: Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype 2004 - 2019-PX-Web SSB.* SSB. URL: <https://www.ssb.no/system/> (sjekket 08.11.2021).
- (2021b). *Avfall fra byggeaktivitet.* SSB. URL: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet> (sjekket 08.11.2021).
- Standard Norge (2018). *ISO 19650 - Organisering Og Digitalisering Av Informasjon Om Bygverk, Inkludert BIM.* NS- EN ISO 19650:2018. Standard Norge.
- Statsbygg (2020). *SIMBA - Statsbyggs BIM-krav - SIMBA 2.0.* URL: <https://sites.google.com/view/simba-bim-krav/simba-2-0> (sjekket 08.12.2020).
- (2021). *Statsbygg skal ta i bruk digitale tvillinger i den daglige driften i 2023.* URL: <https://www.statsbygg.no/nyheter/digitale-tvillinger-i-2023> (sjekket 11.11.2021).
- Succar, B. (2009). «Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders». I: *Automation in Construction* 18.3, s. 357–375. DOI: [10.1016/j.autcon.2008.10.003](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003).
- Trondheim Kommune (2019). *Miljøledelse i Trondheim kommune - miljøkrav i anskaffelsesprosesser.* Trondheim kommune. URL: <https://www.trondheim.kommune.no/tema/politikk-og-planer/styrer-rad-og-utvalg/trondheim-kommunerevisjon/revisjonsrapporter/miljoledelse-i-trondheim-kommune---miljokrav-i-anskaffelsesprosesser/> (sjekket 11.01.2022).
- UN, Environment (2017). *Global Status Report 2017.* UN, Environment. International Energy Agency (IEA). GlobalABC., s. 48.
- (2020). *Global Status Report 2020.* UN, Environment. International Energy Agency (IEA). GlobalABC.
- Urbinati, Andrea, Davide Chiaroni og Vittorio Chiesa (1. des. 2017). «Towards a New Taxonomy of Circular Economy Business Models». I: *Journal of Cleaner Production* 168, s. 487–498. ISSN: 0959-6526. DOI: [10.1016/j.jclepro.2017.09.047](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.047). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617320346> (sjekket 15.11.2021).
- US EPA, OAR (12. jan. 2016). *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle.* URL: <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle> (sjekket 29.09.2021).
- Volk, Rebekka, Julian Stengel og Frank Schultmann (mar. 2014). «Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings — Literature Review and Future Needs». I: *Automation in Construction* 38, s. 109–127. ISSN: 09265805. DOI: [10.1016/j.autcon.2013.10.023](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023). URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092658051300191X> (sjekket 28.09.2020).

- Wohlin, Claes (13. mai 2014). «Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering». I: *ACM International Conference Proceeding Series*. ISSN: 978-1-4503-2476-2. DOI: [10.1145/2601248.2601268](https://doi.org/10.1145/2601248.2601268).
- Xing, Ke, Ki Pyung Kim og David Ness (jan. 2020). «Cloud-BIM Enabled Cyber-Physical Data and Service Platforms for Building Component Reuse». I: *Sustainability* 12.24 (24), s. 10329. DOI: [10.3390/su122410329](https://doi.org/10.3390/su122410329). URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10329> (sjekket 12.11.2021).

Vedlegg

A	Utvalgte sentrale litteraturfunn fra litteraturstudiet	108
B	Intervjuer	109
B.1	Intervjuguide Trondheim Eiendom	110
B.2	Intervjuguide Rådgivende	112
B.3	Illustrasjon for hvordan intervjumateriale er behandlet i Excel	114

A Utvalgte sentrale litteraturfunn fra litteraturstudiet



Tittel	Opphaver	Elementtype	Dato
As-built BIM in real estate management: the change of paradigm in digital transformation of economy	Bolshakov et al.	Tidsskriftsartikkel	2020
Digitalt Veikart 2.0, en anbefaling til ledere i byggenæringen	Byggenæringens landsforening	Rapport	2020
Circular digital built environment: An emerging framework	Çetin et al.	Tidsskriftsartikkel	2021
Ombruk av byggevarer. Høringsnotat: Forslag om endring av forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DO...	Direktoratet for byggkvalitet	Høring	2021-08-09
Erfaringsrapport Ombruk, Kristian Augusts gate 13	Entra ASA	Rapport	2021
Forsvalig Ombruk av Byggevarer	Fjeldheim et al.	Rapport	2019
Tenk deg om før du river. Tips for å gjennomføre et vellykket byggeprosjekt uten å rive.	Grønn Byggallianse	Dokument	May 4, 2018
Ombrukskartlegging og bestilling - slik gjør du det	Grønn Byggallianse og Statsbygg	Rapport	
Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future	Hertwich, Edgar et al.	Rapport	2019-12-31
Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction	Hossain et al.	Tidsskriftsartikkel	Septembe...
Ombruk av byggematerialer - og produkter i et bærekraftsperspektiv. Vurdering av miljøeffekt og kartlegging av potensialet for en op...	Høydahl og Walter	Avhandling	
Building a Circular Future	Jensen og Sommer	Rapport	2016
Sirkulær økonomi i den norske byggebransjen	Maria Medeiros	Avhandling	2021
Eiendomssektorens Veikart mot 2050	Norsk Eiendom	Dokument	2016
Digital twins for the circular economy	Preut et al.	Tidsskriftsartikkel	2021
Sustainability and investment KPIs in non residential real estate using ML algorithms and big data	SINTEF og Again X	Rapport	2020
Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs	Volk et al.	Tidsskriftsartikkel	03/2014
Research on the Whole Life Cycle Information Management System of Prefabricated Building Based on BIM+	Wang et al.	Konferanseinnlegg	2021
Cloud-BIM Enabled Cyber-Physical Data and Service Platforms for Building Component Reuse	Xing et al.	Tidsskriftsartikkel	2020/1

Litteraturfunn fra litteraturstudie til masteroppgaven.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Tittel	Forfatter	År	Nøkkelord	Funnet	Siterin ger	Fagf ell	Lagre t i	Type	Sted publisert	T	O	N	E	Score
2	An IFC-inspectio	Ding mlf	2017	ICF, Digitale Ve	Science Dir	20	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Automation in	3	2	3	2	10
3	An Institutional	Hetemi mfl.	2020	Digital transfor	Scopus, Go	2	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	MDPI	3	3	2	3	11
4	An institutional	Bui mfl	2018	BIM, Ledelse, I	Oria	3	Ja	Ja	Konferansepage	International C	1	1	1	3	6
6	BIM for infrastru	Bradly mfl	2016	BIM, Infrastruk	Scopus	101	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Automation in	3	3	2	2	10
8	Building Inform:	Costin	2018	BIM, IFC, Infra:	Scopus	56	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Automation in	3	2	3	3	11
10	Building Inform:	Ghaffarianhus	2018	BIM, Overordn	Science Dir	122	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Renewable and	3	3	2	2	10
11	Challenges whe	Vass og Gusta	2017	Kunde-perpekt	WoS, Goog	20	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Construction M	3	2	2	3	10
12	Design and deve	Heaton mfl	2019	Digitale verktø	Science Dir	9	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Computers in Ir	2	3	2	2	9
13	DEVELOPING IFC	Floros	2019	IFC, Asset Man	Oria	2	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Copernicus Pub	1	1	2	3	7
14	Digital Modeling	Kraatz	2014	IPD, VDC, Infra	Scopus	16	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	MDPI	2	2	2	3	9
15	Digitalt veikart -	Byggenæring	2017	Standardiserin	Bnl.no	--	--	Ja	Veileder	Bnl.no	3	2	2	2	9
16	Håndbok V770 I	Statens Vegve	2018	Håndbok, Stan	Statens Veg	--	--	Ja	Håndbok	Statens Vegves	3	2	2	3	10
17	Integration of B	Biancardo mfl	2020	Digitale verktø	Oria	6	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	MDPI	3	2	3	2	10
18	ISO 19560 - Org:	Standard Nor	2018	Standardiserin	Standard N	--	--	Ja	Standard	Standard Norge	3	3	3	3	12
19	Level of Detail	S Hijazi	2017	Standardiserin	Oria	1	Ja	Ja	Konferansepage	WIT Press	1	2	1	3	7
20	Overview: the o	Bensalah	2019	Case-studie, In	Scopus	7	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	Emerald Publish	2	2	2	3	9
21	Using BIM mod	Nuttens mfl	2018	Suksessfaktore	Google sch	24	Ja	Ja	Tidsskriftsartikk	International Jc	3	2	3	3	11

Litteraturfunn fra prosjektoppgave som er gjennomført tidligere. Kun enklete litteraturfunn fra denne listen er brukt i oppgaven.

B Intervjuer

B.1 Intervjuguide Trondheim Eiendom

Sirkulærøkonomi og digital informasjonsforvaltning i byggets levetid

Innledning

I forbindelse med masteroppgave på NTNU, ønsker jeg, Thomas Berge Foyn, å intervju ulike roller i byggebransjen som har erfaring med og kan noe om digitalisering eller sirkulærøkonomi. Temaet for oppgaven er sirkulærøkonomi og digital informasjonsforvaltning i byggs levetid. Oppgaven har eiendomsporteføljen til Trondheim Kommune som case.

Oppgavebeskrivelse

Byggebransjen er i rivende utvikling der det skjer mye på digitaliseringsfronten og bærekraftsfronten. Bygg og anleggsbransjen står alene for 40% av verdens klimagassutslipp og ressursbruk og er derfor en sentral sektor for å løse fremtidens klima og miljøutfordringer. Bygg og anleggsprosjekter blir i stor grad levert på tradisjonelt lineært vis. I slike prosjekter er det utfordrende tidsmessig, kostnadmessig og kvalitetsmessig å tenke sirkulære løsninger med ombruk og gjenbruk av bygningsmasser. Med økt bruk av digitale verktøy og BIM har vi muligheter til å få bedre kontroll på bygningsmassen i eksisterende og nye prosjekter, samt verktøy for å styre informasjonsflyten bedre i hele livsløpet. Denne oppgaven ser på bygninger som materialbanker, og vil undersøke hvordan digital informasjonsforvaltning i hele levetiden til bygg kan gjøre det lettere å få til sirkulære byggeprosjekter. I denne sammenheng er det skissert følgende forskningsspørsmål til oppgaven:

F1. Hva er sirkulærøkonomi, og hvordan passer digital informasjonsforvaltning inn i det bildet?

F2. Hvilke utfordringer/barrierer står bransjen ovenfor for å oppnå «ombruk med digital informasjonsforvaltning»?

F3. Hvordan kan informasjonsflyten i byggets levetid se ut for å øke ombruk i nåværende prosjekter?

Målet med intervjuet er å få et innblikk i problemstillingen fra forskjellige perspektiver i bransjen. Oppgaven har Trondheim Eiendom sin prosjektportefølje som case.

Gjennomføring

Intervjuet gjennomføres i MS-teams eller fysisk hvis det er mulig. Intervjuet er estimert å vare mellom 45 min og 1 time. Det er ønskelig å benytte lydopptak for å få en bedre flyt i intervjuet, og lettere behandle data. Intervjuguiden blir tilsendt informanten før intervjuet, inkludert spørsmålene som vil bli gjennomgått. Intervjuet gjennomføres som et semistrukturert intervju, dvs at det er helt greit med avsporinger og ingen strenge krav til å følge spørsmålene systematisk.

Generelt.

1. En kort presentasjon.
 - a. Beskrivelse av rollen din.
 - b. Hva er din bakgrunn og arbeidserfaring.
 - c. Hvor lang erfaring har du med enten digitalisering eller sirkulærøkonomi?

Sirkulærøkonomi og digitalisering i din organisasjon/avdeling.

1. Hvilken rolle har avdelingen din i Trondheim Eiendom.
 - a. Hvordan gjennomfører dere prosjekter?
 - b. Hvordan jobber dere med ombruk/sirkulærøkonomi i prosjektene?
 - c. Hvilken informasjon trenger dere for å øke graden av ombruk?
2. Opplever du at din organisasjon har en tydelig strategi for digitalisering og for å gjennomføre bærekraftige prosjekter?
3. Er det noen spesielle utfordringer eller barrierer i din avdeling du ser mtp omstillingen til mer digitale og sirkulære prosjekter?
4. Hva mener du kan være gevinstene med digitalisering i Trondheim Eiendom?
5. Hva slags krav stiller dere til informasjonen underveis i prosjekter?

Sirkulærøkonomi og digitalisering i bransjen generelt.

6. Hvilke utfordringer og barrierer mener du eksisterer i byggebransjen mtp omstillingen til sirkulære prosjekter?
7. Tror du det er mulig å få digital kontroll på eksisterende bygningsmasse i «eldre bygg»? Da tenker vi på digital informasjon om bygningsmasse/element i form av dimensjoner, teknisk kvalitet, bæreevne ol. Hvordan tenker du det er smart å gå frem?
8. Ta utgangspunkt i det mest moderne bygget/prosjektet du har vært med på i nyere tid. Mener du det er mulig å få digital kontroll på denne bygningsmassen?
9. Gitt situasjonen: Du blir nå involvert i planleggingen i et nytt byggeprosjekt. Er det et mål og en tanke bak at bygget skal demonteres, f.eks 60-100 år frem i tid?
 - a. Vil du si at det planlegges for byggtekniske løsninger som gjør det lett å demontere?
 - b. Vil du si at det planlegges for at informasjonen som er produsert når bygget står ferdig er tilstrekkelig for en demonterings og ombruksprosess?
10. I byggeprosjekter kan det potensielt genereres enormt mye informasjon fra prosjektet oppstår til bygget skal avhendes mange år senere.
 - a. Hvordan tror du man best mulig skal håndtere denne informasjonen for å dra nytte av den?

Annet.

11. Andre saker tilknyttet tematikken som er ønskelig å få frem?

B.2 Intervjuguide Rådgivende

Circular economy and digital information management during the life of buildings

Introduction

In connection with a master's thesis at NTNU, I, Thomas Berge Foyn, want to interview various roles in the construction industry who have experience with and know something about digitization or circular economy. The theme for the thesis is circular economy and digital information management during construction. The task has the real estate portfolio of Trondheim Municipality as a case.

Task description

The construction industry is in rapid development where a lot is happening on the digitalisation front and the sustainability front. The construction industry alone accounts for 40% of the world's greenhouse gas emissions and resource use and is therefore a key sector for solving the climate and environmental challenges of the future. Building and construction projects are largely delivered in a traditional linear way. In such projects, it is challenging in terms of time, cost and quality to think of circular solutions with reuse and reuse of building materials. With increased use of digital tools and BIM, we have opportunities to gain better control of the building stock in existing and new projects, as well as tools to better control the flow of information throughout the life cycle. This thesis looks at buildings as material banks, and will investigate how digital information management throughout the life of a building can make it easier to get circular building projects. In this context, the following research questions have been outlined for the thesis:

F1. What is circular economy, and how does digital information management fit into that picture?

F2. What challenges / barriers does the industry face in achieving "reuse with digital information management"?

F3. What can the information flow during the building's lifetime look like to increase reuse in current projects?

The aim of the interview is to get an insight into the issue from different perspectives in the industry. The project has Trondheim Eiendom's project portfolio as a case.

The interview

The interview is conducted in MS teams or physically if possible. The interview is estimated to last between 45 minutes and 1 hour. It is desirable to use audio recordings to get a better flow in the interview, and more easily process data. The interview guide is sent to the informant before the interview, including the questions that will be reviewed. The interview is conducted as a semi-structured interview, ie it is perfectly fine with derailments and no strict requirements to follow the questions systematically.

General

1. A short presentation.
 - a. Description of your role.
 - b. What is your background and work experience.
 - c. How much experience do you have with either digitization or circular economy?

Circular economy and digitization in your organization / department.

1. What role does Asplan Viak play?
 - a. When do you get into the projects?
 - b. How do you work with reuse in the projects?
 - c. What information do you need in Asplan Viak (in a project) to increase the degree of reuse?
 - d. When could you need information to increase reuse in the project?
2. Do you feel that your organization has a clear strategy for digitization and for implementing sustainable projects?
3. Are there any special challenges or barriers in your department that you see regarding the transition to more digital and circular projects?
4. What do you think can be the benefits of digitization at Asplan Viak?
5. What kind of requirements do you make for the information during projects?

Circular economy and digitalisation in the industry in general.

6. What challenges and barriers do you think exist in the construction industry regarding the transition to circular projects?
7. Do you think it is possible to get digital control of existing buildings in «older buildings»? Then we think of digital information about building mass / element in the form of dimensions, technical quality, load-bearing capacity, etc. How do you think it's smart to move forward?
8. Take your starting point in the most modern building / project you have been involved in in recent times. Do you think it is possible to get digital control of this building stock?
9. Given the situation: You are now involved in the planning of a new construction project. Is it a goal and an idea behind the building to be dismantled, for example 60-100 years ahead?
 - a. Would you say that it is planned for construction technical solutions that make it easy to disassemble?
 - b. Would you say that it is planned that the information produced when the building is completed is sufficient for a dismantling and reuse process?
10. In construction projects, an enormous amount of information is generated from the project arises until the building is to be disposed of many years later.
 - a. How do you think this information should be handled in the best possible way to take advantage of it?
 - b. Would you say that PDF is a good format for handling this information?
 - c. What do you think about open file formats such as IFC to handle all information during the life of the building?

Other. Other issues related to the topic that it is desirable to bring up?

