

Vilde Vår Høydahl, Hanna Katarina Walter

**NTNU**  
Norwegian University of  
Science and Technology  
Faculty of Engineering  
Department of Civil and Environmental Engineering

Vilde Vår Høydahl  
Hanna Katarina Walter

# Ombruk av byggematerialer og - produkter i et bærekraftperspektiv

Vurdering av miljøeffekt og kartlegging av  
potensialet for en oppskalering av  
ombruksmarkedet

June 2020





Norwegian University of  
Science and Technology

# Ombruk av byggematerialer og - produkter i et bærekraftperspektiv

Vurdering av miljøeffekt og kartlegging av potensialet for en oppskalering av  
ombruksmarkedet

**Vilde Vår Høydahl**  
**Hanna Katarina Walter**

Bygg- og Miljøteknikk

Submission date: June 2020

Supervisor: Rolf André Bohne

Norwegian University of Science and Technology  
Department of Civil and Environmental Engineering



# Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet våren 2020, og markerer avslutningen på det 5-årige studieprogrammet Bygg- og Miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven inngår i emnet og fordypningsretningen *TBA4930 Eiendomsledelse og Forvaltning* ved Institutt for Bygg- og Miljøteknikk. Den er skrevet i samarbeid mellom to studenter, og tildeles totalt 60 studiepoeng fordelt på de to forfatterne.

Masteroppgaven omhandler ombruk av byggematerialer- og produkter. Bakgrunnen for valg av tematikken er forfatternes interesse og engasjement for bærekraft og miljø, og økende interesse for ombruk gjennom arbeid med en prosjektoppgave innen samme tematikk utarbeidet høsten 2019. Det har vært svært lærerikt og interessant å arbeide med et så dagsaktuelt tema, som har åpnet for muligheten til å møte og snakke med mange engasjerte og dyktige bransjeaktører.

Det er mange som fortjener en stor takk for bidrag til oppgaven. Først ønsker vi å takke alle som har stilt opp til intervju, deriblant Resirqel, som satte oss i kontakt med caseprosjektet. Vi ønsker også å rette en stor takk til Entra v/ Håvar Haugen Espelid, som har gitt oss tilgang og mulighet til å arbeide med caseprosjektet Kristian Auguts Gate 13, og Randi Lunke fra Insenti, som har vært vår kontaktperson og en stor hjelp i arbeidet. Brita Kristine Velken fra Asplan Viak har også gitt gode innspill til miljøanalysen, og vi vil fremheve Audun Hansveen, Katja Jødal og Erlend Hall, studenter ved OsloMet, for samarbeid og resultater fra kostnadsberegninger fra caseprosjektet. Oslo Kommune ved Plan og Bygg fortjener også en stor takk for å være svært behjelpelige ved oversendelse av avfallsstatistikk.

Vi er også takknemlige for all hjelp vi har fått fra Rolf André Bohne, vår veileder ved fakultetet, som har fulgt arbeidet gjennom prosjektperioden. Amin Haddadi ved Multiconsult har videre vært en stor hjelp i forbindelse med prosjektoppgaven og oppstart av masteroppgaven. En stor takk rettes også til våre nære som har støttet oss gjennom et intensivt semester og hjulpet oss med korrekturlesing. Til slutt vil vi takke hverandre for et inspirerende og morsomt samarbeid gjennom flere lange arbeidsdager på lesesal og hjemmekontoret.

God lesing!

Trondheim, 20.juni 2020

  
Vilde Vår Høydahl

  
Hanna Katarina Walter



## Sammendrag

Klimaendringer og overforbruk av jordas begrensede ressurser er en reell trussel, og det er nødvendig å gjøre store endringer i dagens samfunn for å unngå irreversible konsekvenser. I tråd med FNs arbeid for bærekraftig utvikling, har sirkulær økonomi vokst frem som en alternativ modell til dagens lineære modell. Ombruk står sentralt i denne tankegangen, der målet er å utnytte ressurser mer effektivt og beholde deres verdi i et sirkulært kretsløp. I den profesjonelle delen av byggenæringen er ombruk av byggematerialer enda forbeholdt utvalgte pilotprosjekter. Med bransjens enorme avfallsgenerering og forbruk av ressurser, er det et stort potensial for en sirkulær utvikling.

Denne masteroppgaven søker å undersøke hvilke byggematerialer som kan være hensiktsmessige å ombruke i et bærekraftperspektiv, samt hvilket potensial som finnes for en oppskalering av ombruksmarkedet, med utgangspunkt i mengder ombrukbare materialer i eksisterende bebyggelse. Studien baserer seg på litteratursøk, intervjuer av bransjerepresentanter, dokumentstudium av avfallsstatistikk fra næringsbygg i Oslo Kommune og en miljøsystemanalyse. Sistnevnte for å anslå miljøbesparelser av ombruk sammenlignet med et nytt produktalternativ i caseprosjektet Kristian August Gate 13.

Funnene fra miljøsystemanalysen tilsier at de analyserte ombruksproduktene gir mellom 89% og 98% klimagassbesparelser fra prosesser frem til byggevarene er montert i bygget (A1-A5). Scenarier for utskiftning av ulike ombruksprodukter har samtidig vist seg å ha stor påvirkning på resultatene. Bærende ombruksstål gir prosjektet klart størst gevinster, med besparelse på 110 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. For at ombruk skal være bærekraftig, må det også være forsvarlig økonomisk, noe dagens økonomiske rammer medfører at ikke stemmer i alle tilfeller.

Fra dokumentstudiet er det funnet store utfordringer tilknyttet å tallfeste mengder ombrukbare materialer fra avfallsstatistikk. Mangel på informasjon om den eksisterende bygningsmassen gjør det også vanskelig å se potensialet av ombruk nå og i fremtiden, når omfanget ikke fullt ut kan synliggjøres. Likevel vurderes det til å være tilstrekkelige mengder av de analyserte materialene for en oppskalering av markedet. Dersom rehabiliteringsraten øker og rivetiltak reduseres i årene som kommer, i tråd med bærekraftstankegangen, vil en trolig se en endring i hvilke typer materialer som tilgjengeliggjøres i fremtiden. Dette grunnet forskjeller i hvilke materialer som tilgjengeliggjøres ved henholdsvis riving og rehabilitering.

For en oppskalering av ombruksmarkedet vil det trolig være størst potensiale ved prioritering av enkelte materialgrupper, slik at en kan finne trygge og effektive løsninger for logistikk, testing og re-dokumentasjon for disse materialene. Ombrukspotensialet til en rekke ulike produkter og materialer er trukket frem og vurdert i studien. Ved fokus på tilpasningsdyktighet og prosjektering for demontering og ombruk i tidlige faser av prosjekter, vil langt flere materialer og produkter kunne være hensiktsmessige å ombruke, og potensialet for en oppskalering av markedet vil være betydelig.

# Summary

Climate change and resource depletion represent real and imminent threats. In order to avoid dramatic and irreversible consequences, structural changes must be made to the society as we know it today. In line with the United Nations development goals for sustainable development, the concept of a circular economy has gained traction as an alternative to the current linear “take-make-dispose”-model. Reuse is a key part of this concept, where the goal is to preserve resources and their value within the economy by closing material loops. In the professional construction industry in Norway, reuse of building materials and -components is still limited to a small number of pilot projects. In an industry where resources are used and waste is produced in huge amounts, the potential for a circular development is enormous.

The thesis seeks to investigate what building materials and -components may be suitable for reuse in a sustainability perspective, and also the potential for scaling the reuse market. The work is based on a literature study, interviews with industry representatives, a document analysis of waste statistics from non-residential buildings in Oslo, and finally an environmental analysis of reused building products compared to new products in a case study of Kristian August gate 13 in Oslo.

The results of the environmental analysis indicate that greenhouse gas emissions can be reduced by between 89% and 98% from processes up until the products are installed in the building (A1-A5). However, scenarios for replacement have proven to have a significant impact on the results. Load-bearing steel is clearly the most beneficial of the analyzed products in this project, with savings of 110 kg CO<sub>2</sub>-equivalents. For reuse to be a sustainable solution, it must also be justifiable and make sense in an economic perspective. Unfortunately, this is not always the case as of today.

The document analysis has revealed significant challenges in quantifying reusable materials based on waste statistics. Limited information about the existing building stock also complicates the understanding of the present and future potential of reuse. Nevertheless, it is still considered to exist sufficient amounts of the analyzed materials for a scaling of the market. Given that the rehabilitation rate increases, and demolition measures are reduced, the future access to different types of reused materials and products are likely to change, due to differences in wastes from rehabilitation and demolition activities.

In terms of scaling the market, prioritizing certain materials and products will most likely be favorable for establishing safe and efficient solutions for logistics, testing, and re-documentation. The potential for reusing several products and materials is evaluated throughout this study. By focusing on adaptability and design for disassembly and reuse in the planning phase of building projects, the future potential of the reuse market may be significant.



# Innholdsfortegnelse

|  |            |
|--|------------|
| <b>Forord .....</b>  | <b>i</b>   |
| <b>Sammendrag.....</b>   | <b>iii</b> |
| <b>Summary .....</b>   | <b>iv</b>  |
| <b>Begrepsliste.....</b>   | <b>1</b>   |
| <b>1 Innledning.....</b>   | <b>3</b>   |
| 1.1 Bakgrunn.....  | 3          |
| 1.2 Formål og problemstilling.....   | 4          |
| 1.3 Omfang og avgrensninger.....   | 5          |
| 1.4 Disposisjon av oppgaven .....  | 6          |
| <b>2 Teoretisk bakgrunn.....</b>   | <b>7</b>   |
| 2.1 Klimakrise og behov for bærekraftig utvikling .....                        | 7          |
| 2.2 Hva er ombruk og hva innebærer det?.....                                   | 14         |
| 2.3 Ombrukbarhet av byggematerialer .....                                      | 16         |
| 2.4 Lovverk knyttet til ombruk .....   | 22         |
| 2.5 Dagens ombrukspraksis .....  | 27         |
| 2.6 Ombruk i et bærekraftperspektiv.....                                       | 31         |
| 2.7 Forutsetninger for en oppskalering av ombruksmarkedet.....                 | 36         |
| 2.8 Potensialet i eksisterende bebyggelse og fremtidige materialstrømmer ..... | 43         |
| 2.9 Miljøsystemanalyse .....   | 50         |
| <b>3 Metode .....</b>  | <b>57</b>  |
| 3.1 Forskningsdesign.....  | 57         |
| 3.2 Litteraturstudie .....   | 60         |
| 3.3 Dokumentstudium .....  | 62         |
| 3.4 Intervju.....  | 64         |
| 3.5 Casestudie .....   | 68         |
| 3.6 Miljøsystemanalyse .....   | 69         |
| <b>4 Presentasjon av case.....</b>   | <b>77</b>  |
| 4.1 Omfang av ombruk i prosjektet.....   | 79         |
| 4.2 Ombruksprosessen.....  | 80         |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>5</b> | <b>Resultater .....</b>  | <b>81</b>  |
| 5.1      | Caseprosjekt - miljøsystemanalyse av utvalgte byggematerialer .....  | 81         |
| 5.2      | Resultater fra intervju .....  | 97         |
| 5.3      | Resultat fra analyse av statistikk fra Oslo Kommune.....   | 109        |
| <b>6</b> | <b>Diskusjon .....</b>   | <b>119</b> |
| 6.1      | Hvilke miljøeffekter gir ombruk av utvalgte ombruksmaterialer og -produkter sammenlignet med bruk av nye løsninger?..... | 119        |
| 6.2      | Hvilke byggematerialer er mulig og hensiktsmessig å ombruke? .....   | 125        |
| 6.3      | Hvor store mengder med ombrukbare materialer vil være tilgjengelig i de kommende årene?<br>130                           |            |
| 6.4      | Hvilken utvikling er det sannsynlig at ombruksmarkedet vil ha i årene som kommer? .....                                  | 136        |
| <b>7</b> | <b>Konklusjon .....</b>  | <b>139</b> |
| 7.1      | Hvilke byggematerialer og produkter er hensiktsmessig å ombruke i et bærekraftperspektiv?<br>139                         |            |
| 7.2      | Hvordan er potensialet for oppskalering av ombruksmarkedet? .....  | 142        |
| 7.3      | Anbefalinger for videre arbeid .....   | 144        |
| <b>8</b> | <b>Referanser .....</b>  | <b>146</b> |
|          | <b>Vedlegg .....</b>   | <b>158</b> |

## Figurliste

|  |    |
|--|----|
| <b>Figur 2.1:</b> FNs 17 bærekraftsmål .....   | 8  |
| <b>Figur 2.2:</b> Illustrerende forklaring av lineærøkonomi og sirkulærøkonomi .....                         | 9  |
| <b>Figur 2.3:</b> Bygg- og anleggssektorens andel av Norges klimagassutslipp .....                           | 10 |
| <b>Figur 2.4:</b> Fremstilling av avfallshierarkiet .....  | 11 |
| <b>Figur 2.5:</b> Fordeling av avfall mellom riving, nybygging og rehabilitering .....                       | 12 |
| <b>Figur 2.6:</b> Fordeling av avfallsmengder mellom håndteringsmetoder .....                                | 12 |
| <b>Figur 2.7:</b> Oversikt av mengder fra ulike avfallsfraksjoner .....                                      | 13 |
| <b>Figur 2.8:</b> Flytskjema for vurdering av ombrukbarhet .....   | 16 |
| <b>Figur 2.9:</b> Evalueringsmetode for ombrukbarhet .....   | 17 |
| <b>Figur 2.10:</b> Flytskjema for dokumentasjon og omsetting i henhold til regelverket .....                 | 26 |
| <b>Figur 2.11:</b> Norges bygningsmasse .....  | 44 |
| <b>Figur 2.12:</b> Prosentvis fordeling av ulike næringsbygg .....   | 44 |
| <b>Figur 2.13:</b> Avfallsfraksjoner fra ulike byggeaktiviteter .....  | 47 |
| <b>Figur 2.14:</b> Oversikt over livsløpsfaser .....   | 51 |
| <b>Figur 2.15:</b> Oversikt over levetid .....   | 55 |
| <b>Figur 3.1:</b> Illustrasjon av oppgavens forskningsmetode .....   | 57 |
| <b>Figur 3.2:</b> Flytskjema for analyserte produktsystemer .....  | 71 |
| <b>Figur 4.1:</b> Visualisering av prosjekter .....  | 77 |
| <b>Figur 4.2:</b> Illustrasjon av eksisterende bygg, tilbygg og overbygg i KA13 .....                        | 77 |
| <b>Figur 4.3:</b> Kristian August gate 13 - eksisterende bygningsmasse .....                                 | 79 |
| <b>Figur 4.4:</b> Oversikt over hvor de analyserte ombruksproduktene er hentet fra .....                     | 80 |
| <b>Figur 5.1:</b> Oversikt over utslippsbesparelser av ombrukte produkter i KA13 .....                       | 82 |
| <b>Figur 5.2:</b> Sammenlignende klimagassutslipp for stålsøyler og -bjelker .....                           | 83 |
| <b>Figur 5.3:</b> Sammenlignende klimagassutslipp av hulldekker .....  | 84 |
| <b>Figur 5.4:</b> Illustrasjon av plasseringen av hulldekkene i tilbygget .....                              | 84 |
| <b>Figur 5.5:</b> Sammenlignende klimagassutslipp for vinduer med scenarioer for utskiftning .....           | 85 |
| <b>Figur 5.6:</b> Klimagassutslipp over tid for vinduer ved ulike scenarioer for utskiftning .....           | 86 |
| <b>Figur 5.7:</b> Illustrasjon av endret fasadeutforming som følge av ombruksvinduene størrelser. ....       | 87 |
| <b>Figur 5.8:</b> Sammenlignende klimagassutslipp for kjølebafler, inkludert scenarier for utskiftning. .... | 88 |
| <b>Figur 5.9:</b> Klimagassutslipp over tid for kjølebafler ved ulike scenarioer for utskiftning. ....       | 89 |
| <b>Figur 5.10:</b> Sammenlignende klimagassutslipp for himlingsplater .....                                  | 90 |
| <b>Figur 5.11:</b> Foto av himlingsplatenes utforming og plassering over himlingen. ....                     | 90 |
| <b>Figur 5.12:</b> Prøve-vegg som gir et inntrykk av hvordan fasaden er satt sammen .....                    | 91 |
| <b>Figur 5.13:</b> Sammenlignende klimagassutslipp for fasadeplater ved scenarioer for utskiftningr. ....    | 92 |
| <b>Figur 5.14:</b> Klimagassutslipp over tid for fasadeplater ved ulike scenarioer for utskiftning .....     | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figur 5.15:</b> Oversikt over totale besparelser ved hhv. Best tenkelige og verst tenkelige scenario..... | 95  |
| <b>Figur 5.16:</b> Fremstilling av totale miljø- og kostnadsbesparelser for prosjektet i A1-A4.....          | 96  |
| <b>Figur 5.17:</b> Antall tiltak - Riving, rehabilitering og ombygging i Oslo.....                           | 110 |
| <b>Figur 5.18:</b> Antall tiltak.....  | 110 |
| <b>Figur 5.19:</b> Antall og fordeling av rivetiltak .....   | 111 |
| <b>Figur 5.20:</b> Antall og fordeling av tiltak innen vesentlige endringer/reparasjoner .....               | 111 |
| <b>Figur 5.21:</b> Gjennomsnittlig fordeling av antall tiltak i byggeperioder per år.....                    | 112 |
| <b>Figur 5.22:</b> Gjennomsnittlig fordeling av antall rivetiltak i byggeperioder per år.....                | 112 |

## Tabelliste

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabell 1.1:</b> Oversikt over oppgavens oppbygning og innhold i hvert kapittel.....                         | 6   |
| <b>Tabell 2.1:</b> Fordeling av avfallshåndtering for utvalgte materialgrupper i 2018. ....                    | 14  |
| <b>Tabell 2.2:</b> Oversikt over ombrukspotensiale av ulike byggematerialer og produkter .....                 | 18  |
| <b>Tabell 2.3:</b> Oversikt over antatte levetider for ulike bygningsdeler .....                               | 41  |
| <b>Tabell 3.1:</b> Eksempler på søkeord som er brukt i søkedatabasene.....                                     | 61  |
| <b>Tabell 3.2:</b> Oversikt over prinsippene etter TONE og hva det innebærer .....                             | 61  |
| <b>Tabell 3.3:</b> Presentasjon av intervjuobjektene .....   | 66  |
| <b>Tabell 3.4:</b> Oversikt over utvalgte materialkategorier og funksjonell enhet brukt i analysen.....        | 70  |
| <b>Tabell 4.1:</b> Aktuelle roller i prosjektet og arbeid med ombruksproduktene.....                           | 78  |
| <b>Tabell 5.1:</b> Oversikt over aktuelle materialkategorier analysert fra KA13.....                           | 81  |
| <b>Tabell 5.2:</b> Besparelse i kg CO <sub>2</sub> -ekv/enhet for de analyserte materialkategoriene .....      | 83  |
| <b>Tabell 5.3:</b> Kostnader knyttet til ombrukte og nye alternativer for utvalgte materialgrupper .....       | 94  |
| <b>Tabell 5.4:</b> Besparelser sammenlignet med tilsvarende nytt alternativ.....                               | 95  |
| <b>Tabell 5.5:</b> Besparelser i kg CO <sub>2</sub> -ekv. per enhet av de analyserte materialkategoriene. .... | 96  |
| <b>Tabell 5.6:</b> Oppsummering av funn fra intervjuer .....   | 106 |
| <b>Tabell 5.7</b> Avfallsmengder fra næringsbygg i Oslo fordelt på utvalgte avfallsfraksjoner.....             | 113 |
| <b>Tabell 5.8:</b> Beregning av potensielle mengder ombrukbare materialer fra rivetiltak.....                  | 115 |
| <b>Tabell 5.9:</b> Beregning av potensielle mengder ombrukbare materialer innenfor vesentlig endring. ...      | 115 |
| <b>Tabell 5.10:</b> Beregning av potensielle mengder ombrukbare materialer innenfor flere tiltak.....          | 116 |
| <b>Tabell 5.11:</b> Anslåtte mengder ombrukbare materialer fra avfall i Oslo.....                              | 117 |

# Begrepsliste

**Byggavfall:** Et samlebegrep for alt av avfall generert fra nybygging, rehabilitering og riving av bygninger (Nordby og Wærner, 2017).

**Byggevarer:** Alle produkter som skal bygges permanent inn i et byggverk og som har innvirkning på det ferdige byggverkets grunnleggende egenskaper og ytelser (SINTEF Byggforsk, 2016). Inventar regnes ikke som byggevarer (Sunde *et al.*, 2020).

**Deponi:** Et permanent disponeringssted for avfall ved deponering av avfallet på eller under bakken (Avfallsforskriften §9-3, 2004).

**Nedsirkulering (eng: "Downcycling"):** Resirkulering, der resulterende produkt anses til å ha lavere kvalitet eller verdi enn det opprinnelige produkt (Leland, 2008).

**Elastisitet:** Evnen en bygning har til å utvide eller redusere størrelse på arealer innenfor en gitt geometri (Multiconsult og Byggemiljø, 2008).

**Endringsdyktighet:** Samlebegrep for generalitet, fleksibilitet eller elastisitet (Leland, 2008).

**Energigjenvinning:** Forbrenning av avfall med utnyttelse av energien (Nordby og Wærner, 2017).

**FDV:** Forkortelse for forvaltning, drift og vedlikehold. Samlebetegnelse for aktiviteter gjennom en bygnings levetid (Kilvær *et al.*, 2019).

**Fornybare og ikke-fornybare ressurser:** Ikke-fornybare ressurser er lagret i naturen og fornyes ikke, som gjør at det i teorien kan gå tomt. Fornybare ressurser har sin opprinnelse i naturen eget kretsløp og kan anses som uuttømmelige (Brunvoll og Stave, 2007). I virkeligheten anses mange ressurser til å finnes seg et sted imellom (Svanemerket, 2013).

**Funksjonell levetid:** Den tid bygningen eller bygningsdelen oppfyller den forutsatte planlagte funksjon (MIM, 2017).

**Fleksibilitet:** Frihet til endring av planløsning av bygg (Multiconsult og Byggemiljø, 2008).

**Generalitet:** Frihet til å endre funksjon av et bygg uten for store inngrep og kostnader (Multiconsult og Byggemiljø, 2008).

**Gjenbruk:** Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved både ombruk og gjenvinning (Leland, 2008).

**Jomfruelige materialer:** Materialer produsert av jomfruelige råstoffer, nye stoffer, uten grad gjenvunnet materiale i sammensetningen (Tørklep, 2016).

**Livsløpsvurdering (eng: Life Cycle Assessment (LCA)):** Systematisk vurdering av miljø- og ressurspåvirkning av materialer, produkter eller tjenester gjennom hele eller deler av livsløpet (SINTEF Byggforsk, 2014a).

**Materialgjenvinning:** Omfatter enhver form for gjenvinning der avfallsmaterialer brukes til fremstilling av stoffer eller gjenstander som ikke er avfall (Kilvær *et al.*, 2019).

**Miljømessig forsvarlig levetid:** Den levetiden som forsvarer miljøbelastninger lagt inn for å produsere et materiale (Nordby, 2011).

**Ombruk:** Å utnytte et produkt eller komponent på ny i sin opprinnelige form til samme formål eller ny funksjon (Leland, 2008).

**Ombygging:** Større bygningsmessige arbeider, som omfatter endringer av byggets funksjon, planløsning eller standard (SINTEF Byggforsk, 2017).

**Oppsirkulering (eng: "Upcycling"):** Prosesser hvor resultatet er materialer med høyere kvalitet enn originalproduktet (Nordby, 2009).

**Rehabilitering:** Istandsette bygg og komponenter til opprinnelig standard uten å endre funksjon (SINTEF Byggforsk, 2017).

**Resirkulering:** Se definisjon for gjenbruk og energigjenvinning.

**Selektiv riving (Demontering):** En form for rivearbeider hvor materialer og bygningsdeler demonteres ved plukking, og i praksis ofte gjennomført som en omvendt byggeprosess (Norsas, 1999).

**Som bygget- dokumentasjon ("as built"):** Beskriver byggets oppbygning gjennom tegninger og detaljert informasjon, og skal oppdateres underveis for endringer i byggeprosessen (MIM, 2017).

**Teknisk levetid:** Levetid som er knyttet til teknisk holdbarhet for en komponent eller bygning (Leland, 2008).

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

I årets Emission Gap report, utarbeidet av FNs klimapanel, fremkommer det at det gjøres for lite for å snu klimaforandringene, og at det er nødvendig med store omveltninger for at målene satt i Parisavtalen fortsatt skal være mulige å oppnå (UNEP, 2019). Verdens ressurser forbrukes i et tempo som setter et stort press på økosystemene. Miljøinvesteringer nedprioriteres dessverre ofte i dagens kapitalistiske samfunn, fordi effektene først er synlige langt frem i tid. Men dersom endringer ikke skjer, vil store kostnader og konsekvenser måtte betales av kommende generasjoner (Bakshi, 2018).

Byggenæringen, som er en storforbruker av ressurser og energi, spiller en viktig rolle i å skape en endring (UNEP og IEA, 2018). Ikke bare er forbruket i bransjen høyt, men det genereres også enorme mengder avfall hvert år (SSB, 2020b). Ressursene og innsatsen som legges i produksjon av byggevarer blir i mange tilfeller ikke utnyttet tilstrekkelig, og det konstateres at hele 95% av byggevarer kun brukes én gang (Barth, 2018).

Albert Einstein har uttrykt at: «*Vi kan ikke løse våre problemer med det samme tankesettet som skapte dem*» (Synnevåg, 2011). Vi må altså tenke nytt. Sirkulær økonomi har vokst frem som en ny og alternativ økonomisk modell til dagens lineære «bruk-og-kast»-praksis. Ombruk er en sentral del av denne tankegangen (Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, 2016; Boye, 2019). I Eiendomssektorens veikart mot 2050 skisseres en fremtidig næring der sirkulære prinsipper og ombruk står sentralt (Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, 2016). Det er også et krav om at 70% av byggavfall skal materialgjenvinnes eller ombrukes innen 2020 (Miljøverndepartementet, 2013). Slik status er i dag, er likevel ombruk av byggematerialer i hovedsak begrenset til enkeltstående pilotprosjekter. Det åpner spørsmål om hvorfor ombruksgraden i bransjen er så lav?

Temaet har den senere tiden fått stor oppmerksomhet i byggenæringen. I løpet av høsten 2019 og våren 2020 er det avholdt et stort antall frokostmøter, seminarer og konferanser hvor ombruk har vært høyt opp på agendaen. Sintef har også blant annet nylig igangsatt et forskningsprosjekt på temaet. I perioden er det videre publisert flere svært sentrale rapporter på temaet, blant annet på utlysning fra Direktoratet for Byggkvalitet.

Blant disse rapportene er en samfunnsøkonomisk analyse av tiltak for ressurseffektivisering i bransjen, som konkluderer med at det foreløpig er mer lønnsomt å satse på avfallsminimering fremfor ombruk (Ibenholt *et al.*, 2020). Det begrunnes med at det foreløpig er store barrierer for gjennomføring av ombruk, og at det i mange tilfeller ikke er lønnsomt for utbygger. Likevel understrekes det at ombruk kan bli mer lønnsomt på sikt, ved en utvikling av ombruksmarkedet. Det er foreløpig usikkert hvordan en slik utvikling kan se ut, og spørsmålet er hvor stort potensiale som finnes for en oppskalering av



markedet. Tilsynelatende rives det relativt lite per år, men bransjen genererer likevel enorme mengder avfall. Hvor store deler av dette avfallet kunne egentlig blitt ombrukt, og er det tilstrekkelig for at det er verdt å satse på å sette ombrukspraksis i større grad i system?

Blant de viktigste drivkreftene for en implementering av ombruk i byggenæringen, er miljøbesparelsene det vil kunne gi, både i form av redusert behov for økt ressurseffektivitet og reduserte klimagassutslipp. Samtidig er det ikke gitt at ombruk er den beste løsningen for en mer bærekraftig byggenæring (Nußholz, Rasmussen og Milios, 2019). Det åpner spørsmål rundt hvilke byggematerialer og -produkter som vil være verdt å satse på i årene som kommer.

## 1.2 Formål og problemstilling

I forkant av arbeidet med denne studien, har det blitt utarbeidet en prosjektoppgave innen samme tematikk. Prosjektoppgaven ble definert på et overordnet plan, med den hensikt å få en dypere forståelse for- og kompetanse innen ulike aspekter ved ombruk som en basis før arbeidet med masteroppgaven. Funn i prosjektoppgaven har bidratt som grunnlag for utarbeidelse av problemstillingen i oppgaven.

Formålet med denne studien er å undersøke og belyse sentrale aspekter som kan bidra til en forståelse av hvorvidt det er verdt å satse på ombruk av byggematerialer, for å skape en mer ressurseffektiv og miljøvennlig byggenæring. For at det skal være tilfelle, må det anses som en bærekraftig løsning og det må finnes et potensiale for å skape et marked av viss størrelse.

Med bakgrunn i dette er det i denne studien valgt å besvare følgende problemstilling:

***«Hvilke byggematerialer og produkter er hensiktsmessig å ombruke i et bærekraftperspektiv og hvordan er potensialet for oppskalering av ombruksmarkedet?»***

Opgaven er relativt todelt definert, men begge deler av problemstillingen er vurdert som sentrale for at ombruk skal få varig fotfeste i bransjen. Problemstillingen er såpass kompleks at det er vurdert som nødvendig å dele den inn i noen utvalgte forskningsspørsmål:

1. Hvilke miljøeffekter gir ombruk av utvalgte ombruksmaterialer og -produkter sammenlignet med bruk av nye løsninger?
2. Hvilke byggevarer er mulig og hensiktsmessig å ombruke?
3. Hvor store mengder med ombrukbare materialer vil være tilgjengelig i de kommende årene?
4. Hvilken utvikling er det sannsynlig at ombruksmarkedet vil ha i årene som kommer?

Forskningsspørsmålene skal bygge opp under- og bidra til å besvare problemstillingen.

### 1.3 Omfang og avgrensninger

Oppgaven er definert relativt bredt, og det er mange ulike måter å angripe problemstillingen på. Forskningsspørsmålene har bidratt til å begrense og definere hvilke aspekter det har vært ønskelig å gå mer i dybden av. For eksempel er mengder av ombrukbare materialer i den eksisterende bygningsmassen vektlagt som sentralt for en oppskalering av ombruksmarkedet, ved formulering av forskningsspørsmålene. Det er imidlertid mange aspekter som er ansett som sentrale for å få en forståelse av kompleksiteten og omfanget av tematikken, så det er også valgt å belyse en rekke aspekter på et mer overordnet nivå.

I arbeidet med å vurdere miljøeffekter av ombruksmaterialer sammenlignet med et nytt alternativ, er det gjennomført en livsløpsanalyse på utvalgte produkter i et caseprosjekt. Videre er det valgt å prioritere å vurdere klimagassutslipp i form av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fra prosessene, fremfor andre miljøpåvirkninger. Dette er valgt, da det er den vanligste effektkategorien brukt i slike analyser, og da arbeidet med analysen har vært tidkrevende. Det var i utgangspunktet planlagt å vurdere økonomiske aspekter av de samme ombruksmaterialene ved caseprosjektet, men denne problemstillingen ble valgt av en annen studentgruppe ved OsloMet. Resultatene fra deres analyse er likevel tilgjengeliggjort for bruk i denne oppgaven, og egne funn angående kostnadsbildet er knyttet til litteratursøk og intervjuer.

I forbindelse med kartleggingen av ombrukspotensiale tilknyttet materialer fra eksisterende bebyggelse, er det valgt å ta utgangspunkt i det profesjonelle markedet i Oslo. Dette er valgt da Oslo er et stort og sentrert marked med høy bygge-, rive- og rehabiliteringsaktivitet, og er ansett å kunne gi et godt bilde på mulige mengder. Det er også valgt å ta utgangspunkt i næringsbebyggelse basert på funn fra prosjektoppgaven som tilsier at mange mener dette segmentet, og særlig kontorbygg, har størst potensiale for ombruk i en industriell og profesjonell sammenheng. For å favne bredere, er det valgt å inkludere også andre typer næringsbygg.

Oppgaven er skrevet i løpet av en begrenset tidsperiode på fem måneder, og det har dermed vært nødvendig å sette noen avgrensninger. Tidsbegrensningen har blant annet satt føringer for antall intervjuer som har vært praktisk mulig å gjennomføre. I løpet av prosjektperioden har også Korona-epidemien vært pågående, som har påvirket arbeidet ved at informasjonsinnhenting har tatt lenger tid. Store endringer i byggenæringen og i næringsvirksomhet generelt, som følge av blant annet digitalisering og korona-epidemien, vil kunne føre til behovsendringer tilknyttet næringsbygg. Det vil kunne ha en innvirkning på forskningsspørsmål nr. 3 og 4, blant annet gjennom at flere velger hjemmekontor som alternativ. Dette er imidlertid ikke vektlagt, da virkningen foreløpig er tidlig å si noe om, og da det antas å ikke ha stor innvirkning på ombruksmarkedet.

Et viktig aspekt for utformingen har vært at det pågår mye relevant arbeid knyttet til ombruk i bransjen. Å holde seg oppdatert på nyhetsbildet og relevante rapporter som publiseres har derfor vært viktig.

Samtidig ble det nødvendig å sette en stopp for innhenting av informasjon mot slutten av prosjektperioden, som gjør at det kan være oppdateringer og nyheter som ikke er valgt å inkludere.

## 1.4 Disposisjon av oppgaven

Utformingen av oppgaven baseres på en vitenskapelig hovedstruktur. Disposisjonen har til hensikt å gi innholdet en logisk sammenheng og sørge for en overordnet flyt i teksten. Se Tabell 1 for en oversikt over utformingen av oppgaven.

**Tabell 1.1:** Oversikt over oppgavens oppbygning og innhold i hvert kapittel

|          | <b>Kapittel</b>           | <b>Innhold</b>   |
|----------|---------------------------|--|
| <b>1</b> | <b>Innledning</b>         | Her inngår bakgrunn for oppgaven, valg av problemstilling og fremstilling av relevante forskningsspørsmål. Det blir også gjort rede for omfanget av oppgaven og aktuelle avgrensninger som er gjort.                                       |
| <b>2</b> | <b>Teoretisk bakgrunn</b> | I dette kapitlet gjennomgås nødvendig teori knyttet til ombruk av byggematerialer og livsløpsanalyser. Dette er basert på funn fra litteraturstudiet som er gjennomført.   |
| <b>3</b> | <b>Metode</b>             | Metode-kapitlet beskriver hvilke metoder som er valgt og hvordan de er med på å svare på problemstillingen i oppgaven. Metodevalget blir også evaluert.  |
| <b>4</b> | <b>Casestudie</b>         | Her blir valgt caseprosjekt overordnet presentert.   |
| <b>5</b> | <b>Resultater</b>         | I dette kapitlet presenteres studiens funn og resultater, knyttet til potensialet for oppskalering av ombruksmarkedet, ved funn fra intervjuer og analyse, samt miljøaspektet ved ombruk.  |
| <b>6</b> | <b>Diskusjon</b>          | I dette kapitlet blir teori og funnene presentert i resultatkapitlet diskutert med utgangspunkt i forskningsspørsmålene.   |
| <b>7</b> | <b>Konklusjon</b>         | Konklusjonen oppsummerer oppgavens innhold og forklarer hvordan den overordnede problemstillingen er besvart. Videre er det trukket frem anbefalinger for aspekter som er ansett som interessante for undersøkelser i fremtidige arbeider. |

Til slutt finnes en utdypende referanseliste, samt vedlegg som er referert til i løpet av teksten

## 2 Teoretisk bakgrunn

### 2.1 Klimakrise og behov for bærekraftig utvikling

Globale trender knyttet til økt økonomisk aktivitet, befolkningsvekst og globalisering har medført en kraftig økning av menneskers innvirkning på jorda det siste århundret (Bakshi, 2019). Dagens lineære forbruksmønster innebærer at ressursforbruk øker i takt med menneskers velferdsnivåer og økonomisk aktivitet (IRP, 2017). Mange av naturens ressurser er nå preget av overforbruk, økosystemer er presset og det oppleves en drastisk nedgang i biologisk mangfold (Bakshi, 2018).

Menneskelig aktivitet har også ført til en kraftig økning i utslipp av klimagasser, og klimakrisen med global oppvarming er nå en av vår tids største utfordringer. Det kreves drastiske endringer og en hurtig omstilling for å unngå eller redusere omfanget av de alvorlige konsekvensene temperaturendringer kan medføre for både naturen og mennesker (IPCC, 2018). FNs klimapanel fremhever, avhengig av hvor store temperaturendringene blir, at det vil føre til utfordringer som økt vannmangel, redusert matproduksjon, ekstremvær og global havstigning. Slike konsekvenser vil påvirke og ødelegge utallige menneskers levevilkår og levestruktur, og mange millioner vil ende opp som klimaflyktninger (Miljødirektoratet, 2018)

#### 2.1.1 Bærekraftig utvikling

Det er bred enighet om at denne utviklingen ikke er bærekraftig, og at det er nødvendig å skape en mer «bærekraftig utvikling». Begrepet ble først introdusert av Brundtland-kommisjonen i 1987, og defineres av FN som en *«utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov»* (FN-sambandet, 2019). FNs bærekraftsmål er utarbeidet som verdens felles arbeidsplan for å sikre en bærekraftig utvikling. I dette ligger det sosiale, økonomiske og miljømessige aspekter, og en forståelse av at sammenhengen mellom disse pilarene er avgjørende for bærekraft. Næringslivet, inkludert byggenæringen har en betydelig innvirkning på Norges bidrag i oppnåelse av disse målene (Norsk Eiendom, 2019). Det verd å merke seg at bærekraftsmål 11, 12, 13 og 17 er spesielt sentrale i tilknytning til temaet ombruk av byggematerialer.



Figur 2.1: FNs 17 bærekraftsmål (FN-sambandet, 2019).

I arbeidet med å begrense global oppvarming til 1,5 eller maksimalt 2 grader, har 195 land, inkludert Norge, gjennom Parisavtalen forpliktet seg til å redusere sine klimagassutslipp (UNEP, 2019). Til tross for internasjonale målsetninger og forpliktelser har temperaturen nå økt med 1.1 grader og dagens utvikling går mot en økning på 3,2 grader innen 2100. Ifølge FNs *Emissions Gap Report* for 2019 kreves det raske endringer for at 1,5-graders målet skal være mulig å oppnå. De hevder at medlemslandenes handlingsplaner er langt fra ambisiøse nok, og at nødvendige utslippskutt globalt per år blir høyere for hvert år som går uten endring (UNEP, 2019).

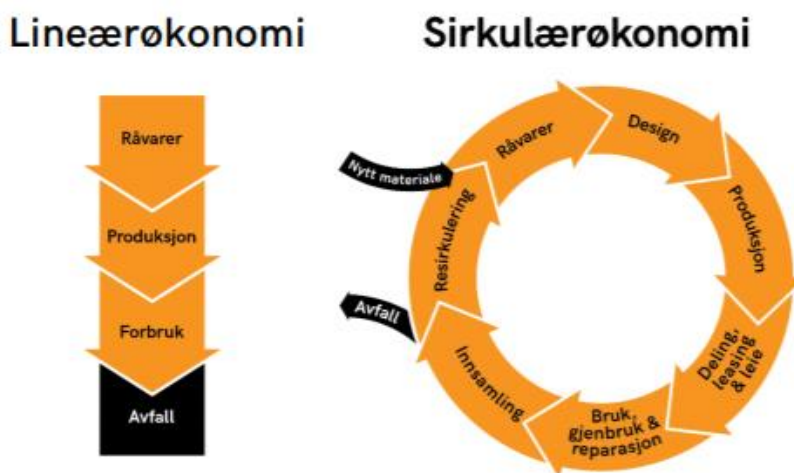
Norge har derfor i år høynet sine utslippsmål frem mot 2030 fra 40% til mellom 50% og 55%, sammenlignet med 1990-nivå (Klima- og Miljøverndepartementet, 2020). Det er også inngått en samarbeidsavtale med EU om felles oppnåelse, slik at Norge er juridisk forpliktet til å følge EUs klimaregelverk (Klima- og Miljøverndepartementet, 2019;2020a).

### 2.1.2 Sirkulær økonomi på fremmarsj

For å sikre en bærekraftig utvikling og oppnåelse av FNs bærekraftsmål, er samfunnet avhengig av at velferd og økonomisk vekst framkabler ressursbruk, slik at klimagassutslipp og ressursbruk kan reduseres uavhengig av velferdsnivåer og økonomi (IRP, 2017; Bakshi, 2019). For å oppnå dette er det mange som mener at dagens lineære økonomi må byttes ut med en sirkulær tankegang (IRP, 2017; Moum, Skaar og Midthun, 2017). UNEP (2019) hevder også at det er helt nødvendig å avkoble økonomisk vekst fra ressursforbruk for å oppnå FNs bærekraftsmål.

Sirkulær økonomi har dermed vokst frem som en alternativ økonomisk modell til den lineære «bruk-og-kast»-økonomien, som per dags dato i stor grad er gjeldende, blant annet i byggenæringen (Moum, Skaar og Midthun, 2017). Sirkulær økonomi handler å ta vare på produkter så lenge som mulig og redusere behovet for uttak av jomfruelige ressurser ved håndtering av ressursene i et sirkulært kretsløp (Ellen McArthur Foundation, 2018; Geissdoerfer *et al.*, 2017). Det er en økonomi der avfall regnes som en

fremtidig ressurs, og gjenbruk, ombruk og reparasjon er sentralt (Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, 2016; Boye, 2019). Et skifte til en sirkulær økonomi innebærer en stor omstilling i mange sektorer, og nytenkning når det gjelder forretningsmodeller og ressursbehandling (Boye, 2019).



Figur 2.2: Illustrerende forklaring av lineærøkonomi og sirkulærøkonomi (Boye, 2019).

EU har siden 2015 hatt en satsning på å gjennomføre et sirkulært skifte i Europa, og har nylig lagt fram en ny handlingsplan for sirkulær økonomi (Europakommisjonen, 2015; Regjeringen, 2020). I denne er det varslet en utvikling i rammeverket for produksjon mot at det i større grad skal lønne seg å produsere produkter med lenger levetid, samt at det i større grad skal tilrettelegges for ombruk og resirkulering. Det er flere land som er godt i gang med omstillingen til sirkulær økonomi og Norges regjering har blant annet vedtatt at vi skal bli et foregangsland innenfor sirkulær økonomi (Boye, 2019; Statsministerens kontor, 2019). Det skal etter planen legges frem en nasjonal strategi for sirkulær økonomi mot slutten av 2020 (Klima- og Miljødepartementet, 2020b).

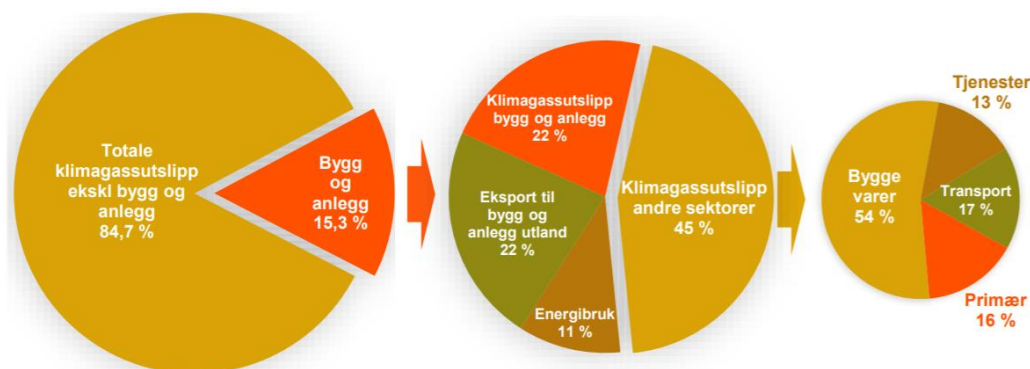
### 2.1.3 Byggenæringens miljøpåvirkning

Byggenæringen spiller en viktig rolle for å nå klimamålene, fordi det er store direkte og indirekte miljøpåvirkninger knyttet til mange av aktivitetene i bransjen (Bramslev, 2018). På verdensbasis er byggenæringen ansvarlig for rundt 40% av all energibruk og klimagassutslipp, i tillegg til 50% av råvareuttaket hvert år (UNEP & IEA, 2018; Circle Economy *et al.*, 2018).

Enda det er satt i gang mange tiltak for å dra bransjen i en «grønnere» retning, fremkommer det i en årlig statusrapport, utarbeidet av FNs miljøprogram og det internasjonale energibyrådet (IEA), at den globale byggenæringens tiltak for reduksjon av klimagassutslipp stagnerer (UNEP & IEA, 2019). I en bransje som tradisjonelt sett er preget av kortsiktighet og en stadig økende omløpshastighet av bygninger og bygningsdeler er det viktig med en endring (Nordby, 2009). Det er nødvendig å trappe opp dagens

innsats for en mer bærekraftig praksis, samtidig som det ligger uforutsette muligheter i fremtidens byggenæring da bygningsmassen på verdensbasis er forventet å dobles innen 2050 (UNEP & IEA, 2019).

På landsbasis er det beregnet at bygg- og anleggsektoren står for hele 15,3% av Norges totale årlige klimagassutslipp (Asplan Viak, 2018). Dette inkluderer også bidrag fra andre sektorer, som følge av bygg- og anleggsvirksomhet. Figur 2.3 viser fordelingen av utslippene.



**Figur 2.3:** Bygg- og anleggssektorens andel av Norges klimagassutslipp (Asplan Viak, 2018).

I mange år har energibehovet og utslipp knyttet til bruk og drift av bygg vært i fokus, men etter hvert som det utvikles mer energieffektive løsninger har også miljøpåvirkningen knyttet til materialbruken blitt mer sentralt (Asplan Viak, 2018). Utvinning, produksjon, transport og avfallshåndtering av byggevarer og tekniske installasjoner krever store innsatsfaktorer av både ressurser og energi (Fuglseth *et al.*, 2018). Slik det presenteres i Figur 2.3 er byggevarer ansvarlig for en betydelig andel av utslippene i Norge, samtidig som det også importeres store mengder byggevarer fra utlandet hvert år som ikke synliggjøres i like stor grad i statistikken (Bramslev, 2018)

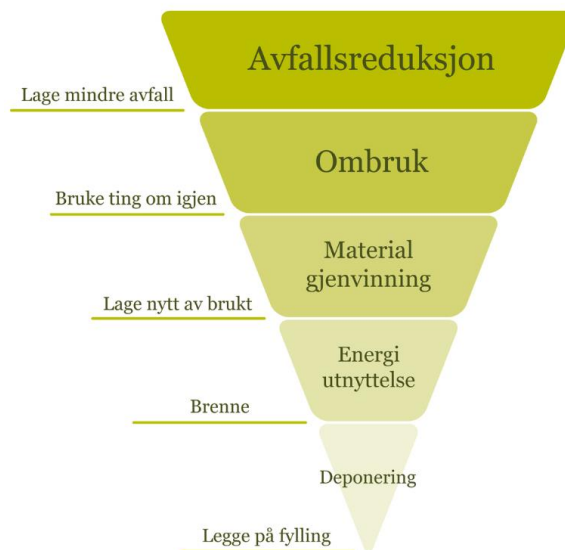
Gjennomtenkte materialvalg kan ha stor innvirkning på bransjens karbonavtrykk, samtidig som sirkulære prinsipper øker mulighetene for en mer effektiv ressursbruk (Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, 2016). I tråd med denne utviklingen er spørsmålet hvordan de sirkulære ideene kan virkeliggjøres i en industriell byggebransje der økonomi, tidsbruk og effektivitet setter stramme - og fortsatt «lineære» - rammer (Asplan Viak, 2018).

#### 2.1.4 Behov for avfallsreduksjon og bedre avfallshåndtering

Nasjonalt skapes store mengder avfall hvert år, og avfall fra bygg- og anleggsaktivitet utgjør en betydelig del av totalen, med opp mot 25% (Miljødirektoratet, 2019b). Norge er forpliktet til å forholde seg til EUs rammedirektiv for avfall (Miljøverndepartementet, 2013). Direktivet regulerer håndteringen av avfall generelt, og har de siste årene blitt oppdatert for å inkludere mer ambisiøse mål for kildesortering, ombruk, materialgjenvinning og økt produsentansvar (Wilsgaard, 2018). En viktig føring i reguleringen

er kravet om at minst 70 vektprosent av alt bygg- og anleggsavfall, med unntak av farlig avfall, skal gjenbrukes eller materialgjenvinnes innen 2020 (Miljøverndepartementet, 2013).

På byggeplasser er det krav om 60% sorteringsgrad av alt avfall, og sorteringen kan bidra til å gi utgangspunkt for en mer effektiv avfallshåndtering (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017). Generelt for håndtering av avfall anbefales det å følge prioriteringene fra norsk avfallspolitikk og EUs rammedirektiv for håndtering, illustrert gjennom avfallspyramiden i Figur 2.4 (LOOP – Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018). Denne hierarkiske oversikten sier noe om hvordan avfall bør håndteres innledningsvis for å oppnå best mulig utnyttelse av ressursene som finnes, og målet er at avfallet skal behandles så nært toppen av pyramiden som mulig (Sortere, u.å.-a). Dette er fordelaktig for å ta vare på energien og ressursene som er lagt inn i utvinning og produksjon av nye materialer og produkter (Avfall Norge, VESAR og Norsk Gjenvinning, 2016).



**Figur 2.4:** Fremstilling av avfallshierarkiet (LOOP, 2018).

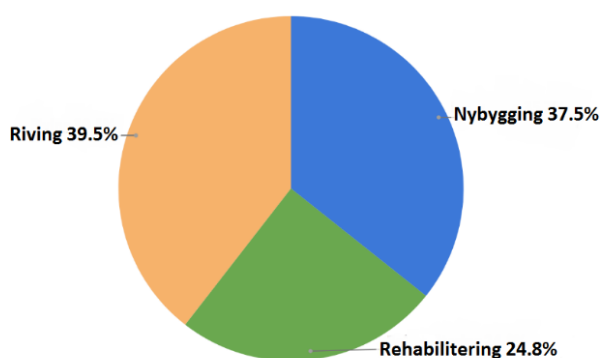
Det er totalt fem ulike nivåer for håndtering av avfall (LOOP – Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018):

- *Avfallsreduksjon:* Sørge for at avfall i utgangspunktet ikke oppstår så langt det lar seg gjøre.
- *Ombruk:* Som tidligere forklart handler det om å bruke ting om igjen og dermed forlenge levetiden til produktene.
- *Materialgjenvinning:* Bruke materialer til fremstilling av nye produkter eller stoffer som kan brukes om igjen.
- *Energiutnyttelse:* Avfall forbrennes og varmeenergien kan benyttes til fjernvarme og industrielt bruk, samtidig som skadelige miljøstoffer ødelegges (Miljødirektoratet, 2019c).

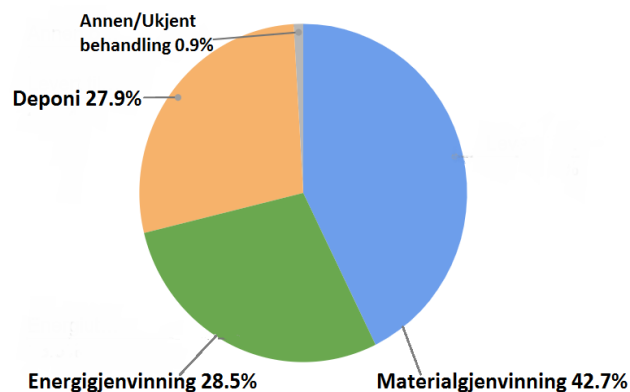


- *Deponi*: Deponering er det nederste nivået på pyramiden, og regnes som en forsvarlig sluttbehandling dersom de andre nivåene i pyramiden ikke er mulig. Dette er kun forbeholdt som siste utvei fordi deponi gir mer utslipp av klimagasser (Miljødirektoratet, 2019a).

Årlig genereres det litt over 1,8 millioner tonn avfall fordelt på aktiviteter fra riving, rehabilitering og nybygg (SSB, 2020b). Avfallsstatistikken anses å ha noe mørketall, da SSB utarbeider statistikken på bakgrunn av innsendt data fra avfallsplaner og sluttrapporter som sendes til kommunen ved søknad om prosjektenes ferdiggjøring (Nordby og Wærner, 2017; SSB, 2020b). Dette er ikke påkrevd for mindre byggetiltak, som regulert i TEK17 Forskrift §9-6 (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017). En rapport utført av NOMIKO anslår at de reelle avfallsmengdene er en del mer dersom en inkluderer alt av bygge- og riveaktivitet (Valde, Ottersen og Wormstrand, 2018). Utover dette er det andre aktiviteter knyttet til byggenæringen som ikke inkluderes, og eksempelvis vil avfall fra produksjon av byggematerialer i stedet regnes som industriavfall (Ibenholt *et al.*, 2020).



**Figur 2.5:** Fordeling av avfall mellom riving, nybygging og rehabilitering (SSB, 2020b).



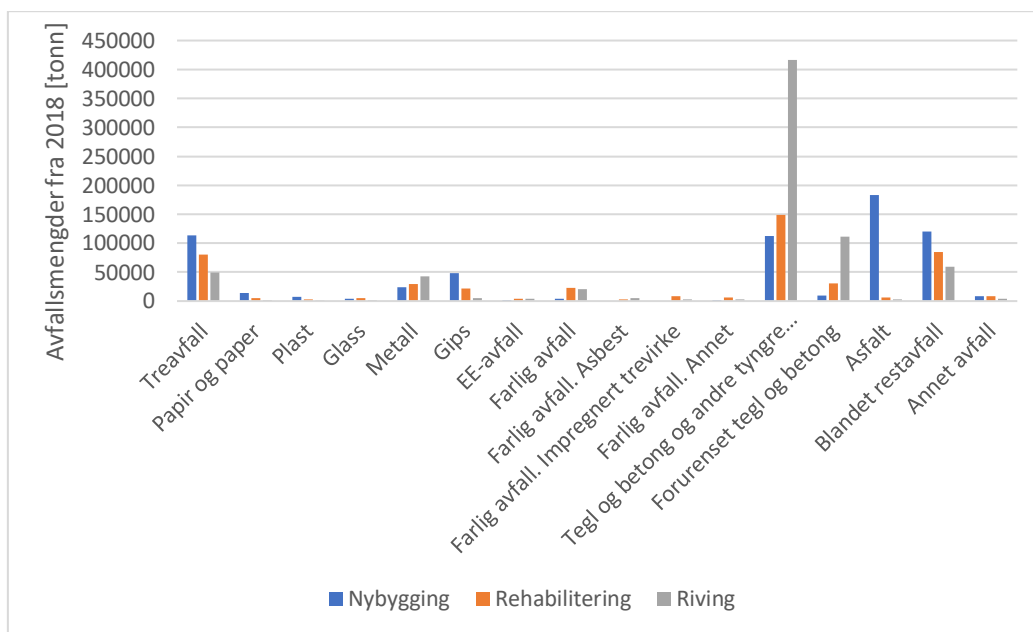
**Figur 2.6:** Fordeling av avfallsmengder mellom håndteringsmetoder (SSB, 2020b).

Fordelingen av avfall knyttet til nybygg, rive- og rehabiliteringsaktiviteter er fremstilt i Figur 2.5. Det er mest avfall fra riving og nybygging. Figur 2.6 viser håndteringen av den totale avfallsmengden fra 2018. En relativ stor andel sendes til materialgjenvinning, rundt 43%, men det betyr at det enda er altfor langt igjen for å nå EUs rammedirektivs målsetning om 70% materialgjenvinning og ombruk ved utgangen av 2020 (Miljøverndepartementet, 2013). Det er altså året denne masteroppgaven er skrevet. Videre sendes fortsatt mye på deponi. Denne typen avfallsbehandling utgjør 28%. Det er verdt å merke seg at statistikken ikke synliggjør ombruk av materialer som behandling.

Materialfraksjonene som utmerker seg i statistikken er betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer (37%), trevirke (13%) og asfalt (11%) (SSB, 2020b; Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, 2016). Farlig avfall utgjør en liten del av den totale avfallsmengden, men andelen har økt kraftig de siste årene med nesten en dobling av mengden fra 2014 og til 2018 (SSB, 2020b). En rapport utarbeidet for Miljødirektoratet tilsier at mengdene farlig avfall kommer til å fortsette øke i årene som kommer

(Gaustad et al., 2018). Det er det potensielt flere årsaker til, blant annet at økt kunnskap om miljøfarlige stoffer gjør at flere typer produkter klassifiseres som farlig.

Som fremstilt i Figur 2.7, er det tydelig de største mengdene fra rivetiltak stammer fra tyngre materialer, som betong og tegl. Den største andelen av treavfallet oppstår ved nybygging. Rehabilitering gir i hovedsak mengder et sted imellom riving og nybygg, men noe mer glassavfall enn de andre tiltakstypene. Fra alle tiltakstypene genereres det relativt store mengder blandet avfall. Innholdet av blandet avfall er det knyttet noe usikkerhet til da det varierer i sammensetning, men det er i plukkanalyser utført av Hjellnes Consult vist å være en del mengder som kunne sorteres ut ytterligere, slik som mineralull, gips, trevirke og metall (Bjerkli, 2015).



**Figur 2.7:** Oversikt av mengder fra ulike avfallsfraksjoner fra nybygging, rehabilitering og riving. Basert på (SSB, 2020b).

Slik håndteringen av avfall er i dag, er det potensiale for å øke ressurseffektiviteten innenfor materialkategoriene ved å gå opp ett eller flere nivåer i avfallspyramiden, ref. Figur 5, (Nordby og Wærner, 2017). Håndteringen for noen av de større fraksjonene er fremstilt Tabell 2.1. Eksempelvis sendes nesten alt trevirke til energigjenvinning og omtrent halvparten av gipsavfallet deponeres. Chaudhary (2019) mener at relativt store mengder av avfallet er lite forurenset. Det åpner muligheten for at materialene kunne blitt brukt igjen uten spesielle miljøhensyn.

**Tabell 2.1:** Fordeling av avfallshåndtering for utvalgte materialgrupper i 2018. Tabell utformet basert på (SSB, 2020).

| Materialkategori                                | Material-gjenvinning [%] | Energi-gjenvinning [%] | Deponi [%] |
|---|--------------------------|------------------------|------------|
| Trevirke  | 1,7                      | 97,6                   | 0,4        |
| Metall  | 100                      | 0                      | 0          |
| Gips  | 51,6                     | 0                      | 48,4       |
| Glass   | 73,7                     | 13,7                   | 6,2        |
| Tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer | 58                       | 0                      | 41         |
| Farlig avfall                                   | 20,6                     | 20,7                   | 36,3       |
| Blandet restavfall                              | 0,6                      | 99,4                   | 0          |

## 2.2 Hva er ombruk og hva innebærer det?

Ombruk betyr å utnytte et produkt på nytt i dets opprinnelige form (Rognlien, 2002; Sørnes *et al.*, 2014). Wærner og Nordby (2019) og Asplan Viak (2018) definerer begrepet som «enhver operasjon hvor produkter eller komponenter som ikke er avfall, brukes om igjen til samme formål som de var laget for». I denne oppgaven er det valgt å inkludere at produktet også kan benyttes til nye formål, men med liten grad av prosessering og bearbeidelse. Begrepene *gjenbruk* og *ombruk* forveksles ofte med hverandre, men *gjenbruk* er i denne oppgaven ansett som en samlebetegnelse på *materialgjenvinning* og *ombruk* (Leland, 2008; Sørnes *et al.*, 2014).

Ombruk bygger på tankegangen om sirkulær økonomi, og utgjør det nest øverste nivået i avfallspyramiden. Det kan kategoriseres i ulike former, som vist i oversikten under (Sørnes *et al.*, 2014). Det er variasjoner i lovverket som omfatter de ulike ombrukstypene. Dette vil beskrives i delkapittel 2.4.

**Lokal ombruk:** Ombruk ved oppgradering av samme bygning som elementene er hentet fra. Materialene må flyttes på for at det skal kategoriseres som ombruk.



**Ombruk annensteds:** Ombrukselementer er hentet fra andre bygninger.



**Intern ombruk:** Ombrukselementene er eid av egen organisasjon og hentet innad, til både lokal ombruk og ombruk annensteds.

**Ekstern ombruk:** Omsetning og kjøp av ombrukselementer fra andre organisasjoner.

### Andre sentrale begreper

*Oppsirkulering*, eller *upcycling*, er et nyttig begrep i forbindelse med gjenbruk. Det innebærer å gi materialer ny verdi gjennom produktutvikling og bearbeiding. Avhengig av hvordan denne bearbeidelsen foregår, kan dette også inngå i ombruksbegrepet (Kilvær *et al.*, 2019). Eksempler på oppsirkulering kan være å sette sammen brukte vinduer til flerglassruter for å oppnå forskriftskrav eller å bruke sammenklemt og behandlede ventilasjonskanaler til fasadeelementer (Nielsen *et al.*, 2014). I motsatt betydning betyr *nedsirkulering*, eller *downcycling*, å benytte enkeltbestanddel i produkter, og innebærer ofte nedbryting til et produkt av lavere verdi (Kilvær *et al.*, 2019). Et eksempel på dette kan være å knuse betong for å bruke det som fyllmasse. Resirqel betegner dette også som destruktiv gjenbruk (Sunde *et al.*, 2019).

Et annet aspekt, som egentlig ikke kan kategoriseres som hverken ombruk eller gjenbruk, men som er sentralt i avfallsminimering og utnyttelse av ressurser, er bruk av *overskuddsmaterialer* (Kilvær *et al.*, 2019). Overskuddsmaterialer kan blant annet oppstå på byggeplass eller hos byggevareforhandlere og produsenter, i form av b-varer som ikke blir solgt ut eller avkapp. Ettersom overskuddsmaterialer er helt nye og som regel har all nødvendig dokumentasjon, er dette en lavthengende frukt i arbeidet med avfallsminimering (Ibenholt *et al.*, 2020).

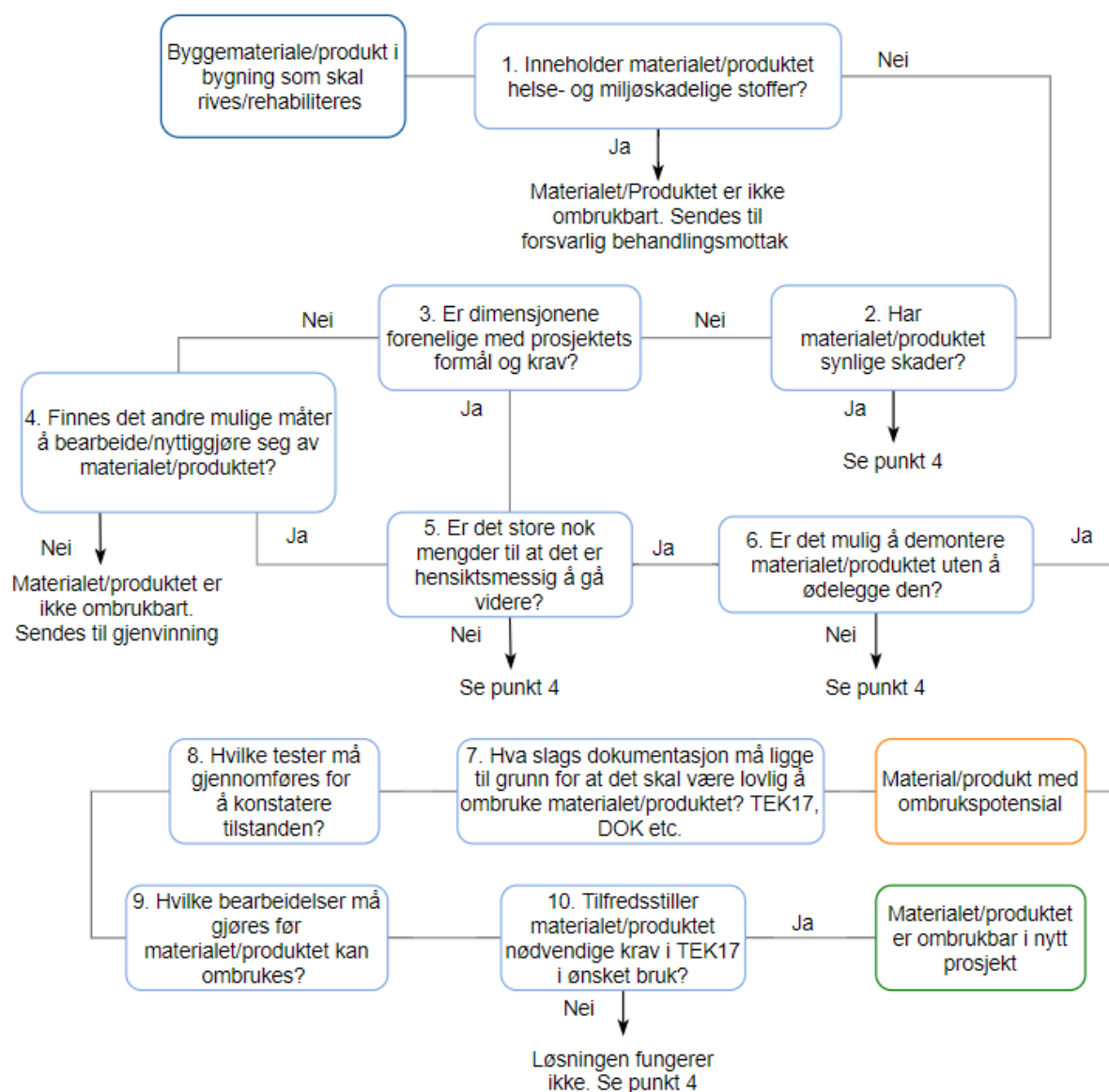
Videre er det i dag et sterkt økende fokus på å bevare bygg fremfor å rive (Grønn Byggallianse, u.å.). Bevaring av hele bygninger gjennom rehabilitering og transformasjon er selvsagt svært sentralt i et miljøperspektiv og i en sirkulærøkonomisk tankegang, men regnes i denne oppgaven ikke direkte som ombruk. Resirqel skriver at «*Rivestopp, rehabilitering og mer effektiv bruk av eksisterende bygg er den mest høyverdige måten å gjøre det på, men der det ikke er et alternativ, er avfallsreduksjon og ombruk en mulighet med et stort potensial*» (Kilvær *et al.*, 2019, s 14).

### Ombruk er ikke et nytt fenomen

Selv om det tilsynelatende er svært lav ombruksgrad i bransjen i dag, er ikke ombruk av byggematerialer noe nytt fenomen. Faktisk har det helt frem til 1960-tallet vært sterke tradisjoner for ombruk og sortering av byggematerialer i Norge (Grønn Byggallianse, 2019). Materialene har tradisjonelt sett vært svært kostbare, og en kunne spare mye ved å bruke om materialer som laft, takkonstruksjoner, murstein og vinduer. Gamle laftebygg trekkes gjerne frem som et eksempel på at bygg tidligere ble designet på en måte som muliggjorde at elementer enkelt demonteres og ombrukes (Leland, 2008; Sørnes *et al.*, 2014). Denne praksisen er dog i liten grad ført videre til moderne bygg, og få bygg har i nyere tid vært tilrettelagt for ny bruk uten omfattende ombygginger (Leland, 2008; Grønn Byggallianse, 2019).

## 2.3 Ombrukbarhet av byggematerialer

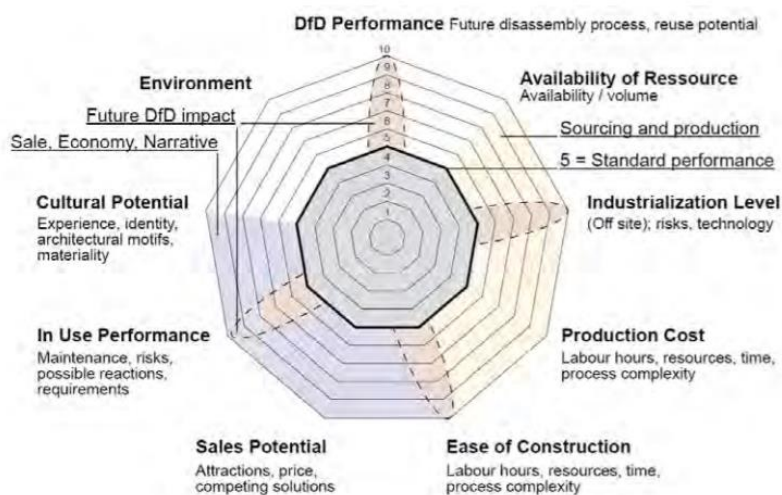
Det er flere ulike faktorer som påvirker hvorvidt en byggevare kan regnes som ombrukbar eller ikke. Hva som er teknisk mulig å ombruke er ikke nødvendigvis praktisk gjennomførbart eller lovlig (Kilvær *et al.*, 2019; van den Berg, Voordijk og Adriaanse, 2020). Hvorvidt noe er ombrukbart eller ikke er ikke svart-hvitt. Det er nyansert. Mynors og Moldekleiv (2017) utarbeidet i sin masteravhandling et flytskjema for evaluering av ombrukspotensialet av materialer. Denne er modifisert for å inkludere TEK17 og fremstilt i Figur 2.8. Det understrekes at det er viktig å bruke skjønn ved bruk av flytdiagrammet, da ikke alle problemstillinger er rett frem å besvare. I praksis vil prosessen også ofte foregå mindre suksessivt enn slik flytdiagrammet fremstiller det (Mynors og Moldekleiv, 2017)



**Figur 2.8:** Flytskjema for vurdering av ombrukbarhet. Egenprodusert versjon av flytskjema utarbeidet av Mynors og Moldekleiv (2017).

I litteraturen er ombrukbarheten til en rekke materialer diskutert (Addis, 2012; Nordby, 2009; Gorgolewski, 2008). Faktorer som blant annet miljøpåvirkning fra produksjon, råvarepris og materialets tekniske kvalitet, energibruk, økonomi og levetid er viktige i vurderingen av hvilke materialer som best kan egne seg og bør prioriteres i et ombruksperspektiv (Selvig *et al.*, 2020; Leland, 2008; Sørnes *et al.*, 2014).

I prosjektet «*Nordic Built Component Reuse*» ble det gjennomført en vurdering av materialer som baserte seg på et utvalg av ni kriterier, se Figur 2.9. Prosjektet så spesifikt på oppsirkulerte løsninger for ulike materialer, men kategoriene for evaluering anses like sentrale i en vurdering av ombruksprodukter generelt (Nielsen *et al.*, 2014). Hvor godt materialene scorer i de ulike kategoriene blir synliggjort ved hvor langt ut i sirkelen de når. Den ytterste linjen av det grå området indikerer verdier for konvensjonelle materialer, og jo lenger ut i skjemaet, jo høyere er potensialet for ombruk. Evalueringsmetoden tar høyde for aspekter som berører alle tre aspekter av bærekraftbegrepet.



Figur 2.9: Evalueringsmetode for ombrukbarhet (Nielsen *et al.*, 2014).

### 2.3.1 Evaluering av ombrukbarheten til ulike materialer

I rapporten «*Forsvarlig ombruk*», utarbeidet av Team Resirqel på oppdrag av DiBK, gjennomgås det systematisk hvilke materialgrupper som er egnet og mulighetene for ombruk med dagens forutsetninger. Det trekkes frem seks aktuelle kategorier for ombruk; lastbærende stål, hulldekker i betong, tegl, vindu/glass, trevirke og materialer uten dokumentasjonskrav. Disse kategoriene er fremhevet på bakgrunn av anbefalinger fra litteraturen, forfatterens erfaringer fra prosjekter, nødvendig energi for utvinning og produksjon, samt materialer med kort omløpstid på tross av lang levetid (Kilvær *et al.*, 2019). Et tilstrekkelig volum av materialene i bruk og mengde i byggavfallet er også vektlagt. Da betong, tegl og trevirke utpeker seg spesielt i avfallsstatistikken, vil disse materialgruppene være svært relevante å fokusere på for reduksjon av avfall i bransjen (SSB, 2020b).

Med utgangspunkt i kategoriene som er funnet i litteraturen er det sammenfattet en generell oversikt i Tabell 2.2 av ulike materials muligheter og utfordringer knyttet til ombruk, samt påvirkningen av ytre miljø ved utvinning og fremskaffelse.

**Tabell 2.2:** Oversikt over ombrukspotensiale av ulike byggematerialer og produkter.

| Material-kategori | Miljøpåvirkning  | Muligheter  | Utfordringer  | Status i dag   |
|-------------------|--|---|---|--|
| <b>Metaller</b>   | <p>Begrenset ressurs, men stort potensiale for repeterende materialgjenvinning med tilfredsstillende kvalitet <sup>3</sup></p> <p>Svært energikrevende i produksjon, men også mulig å produsere metaller med stor andel resirkulert råstoff <sup>3:5</sup></p> <p>Ved materialgjenvinning gir stål og aluminium hhv. 80% og 95% besparelser sammenlignet ved ny produksjon <sup>7</sup></p> <p>Ombruk av konstruksjonsstål kan spare opp mot 96% utslipp sammenlignet med jomfruelig <sup>8</sup></p>                            | <p>Metaller er bestandige med lang levetid i riktig bruk <sup>6</sup></p> <p>Stål og aluminium til lastbærende bruk kan egne seg til ombruk. Gode muligheter for bedre koblinger som forenkler demontering/montering <sup>7</sup></p> <p>Stort potensiale for mindre metallkomponenter som beslag, rekkverk, dørvidere, hengsler og lignende, dersom de er uskadede og demonterbare <sup>4:6</sup></p> <p>Ventilasjonskanaler av stål har vist seg å være svært gunstig økonomisk i tidligere prosjekt <sup>6</sup></p> | <p>Konstruksjonsstål må dokumenteres før ny bruk, og vesentlig bearbeiding fører til behov for CE-merking. Miljøgifter i overflatebehandlingen av stål kan være et hinder <sup>7</sup></p> <p>Konstruksjonsstål utsatt for dynamiske laster og utmatting, samt produsert før 1970 er ikke egnet (med mindre det er boltede forbindelser) <sup>7:8</sup></p> | <p>Antas som gode muligheter for ombruk av stål med dagens regelverk. Mye pågående arbeid for å utvikle prosedyrer basert på standard. CE-merking er mulig innenfor dagens regelverk om det er påkrevd <sup>7</sup></p> <p>Eksempel på ombruk av fasadeplater i metall i KA13 <sup>9</sup>. Ventilasjonssrør i forsinket stål er også ombruk i prosjekt <sup>6</sup></p> |
| <b>Tre</b>        | <p>Fornybar ressurskilde med stor tilgang på jomfruelig trevirke i Norge <sup>1</sup>. Trevirke er en stor del av avfallfraksjonen, spesielt fra nybygg <sup>9</sup> Ofte betegnet klimanøytralt på grunn av biogent karbonopptak i trevirke, som fungerer som en midlertidig lagring av CO<sub>2</sub> begrenset av materialets levetid før forbrenning eller nedbrytning <sup>3:6</sup>. Det er omdiskutert, og nøytraliteten er avhengig om trevirket kommer fra bærekraftig skogsdrift eller truet regnskog <sup>1</sup></p> | <p>Potensiale i konstruksjonsvirke som søyler, bjelker og dragere, samt limtre i I-profiler og trefiberlameller, i tillegg hele rommoduler <sup>7</sup></p> <p>Utvendig/innvendig kledning og tredører kan enkelt ombrukes med forbehold om ytelseserklæring der det er aktuelt. Mulig å bruke udokumentert trevirke til listverk og vindusrammer <sup>2</sup></p> <p>Trefiberplater med intakte egenskaper og form kan ombrukes direkte <sup>6</sup></p>   | <p>Må kunne dokumentere tilstrekkelig kvalitet for bruk, spesielt konstruksjonsvirke <sup>2</sup></p> <p>Forsiktig demontering og mellomlagring for å unngå skader på trevirket <sup>7</sup></p> <p>Kostnadsbildet kan gjøre det mer økonomisk med jomfruelig trevirke <sup>6</sup></p>   | <p>Over 99% av trevirke sendes i dag til energigjenvinning <sup>10</sup></p> <p>Det er enkelte initiativer som ser på hvordan trevirke kan materialgjenvinnes til nye treprodukter, som sponplater <sup>10</sup></p>   |

## Kapittel 2 - Teoretisk bakgrunn

|                       |  |   |   |  |
|-----------------------|--|---|---|--|
| <b>Tegl</b>           | <p>Energikrevende produksjon med store utslipp <sup>2</sup></p> <p>Stor del av avfallsstatistikken <sup>9</sup></p> <p>Store besparelser ved ombruk. Gamle Murstein har beregnet at en teglstein sparer 0,5 kg CO<sub>2</sub>-ekv. sammenlignet med ny <sup>11</sup></p>   | <p>Bestendig materiale med lang levetid, i tillegg til et modulært produkt som egner seg godt til ombruk <sup>2;12</sup></p> <p>Mulig bruk i ikke-bærende vegger inne og i fasader med puss <sup>6</sup></p> <p>Noen typer takstein av tegl (og betong) kan enkelt brukes om igjen dersom det ikke er skader <sup>7</sup></p> | <p>Krevende avhendingsprosess som gjør det lite økonomisk gunstig i mange prosjekter. Spesielt utfordrende om teglstein er murt med sementmørtel, framfor kalkmørtel <sup>2</sup></p> <p>Dokumentasjonskrav og mulig ombrenning for bruk der bæreevne og frostmotstand er viktig, som fasader og marktegl. Fare for helse- og miljøskadelige stoffer i tegl i kontakt med elastiske fuger med høyt innhold av PCB, ofte bygg mellom 1940-1980 <sup>6</sup></p>  | <p>Ombruk av tegl er testet ut i flere prosjekter i Norge <sup>7</sup></p> <p>Knuses og brukes til fyllmasse eller sendes til deponi <sup>3</sup></p> <p>I Danmark er det utarbeidet et kvalitetssikringssystem, som enda avventer godkjenning fra EU <sup>7</sup></p>   |
| <b>Betong</b>         | <p>Energiintensiv produksjonsprosess med store CO<sub>2</sub>-utslipp, spesielt grunnet sementproduksjon. Antas at 5% av verdens klimagassutslipp skyldes sementproduksjon <sup>4</sup></p> <p>Armeringsjern i betong, som øker styrken, bidrar også til samlet miljøpåvirkning, men kan også ha resirkulert andel metall <sup>3</sup></p> <p>Betong er en stor del av avfallsfraksjonen, samtidig som det et av de mest brukte materialene <sup>13</sup></p> <p>Omdiskutert om opptak av CO<sub>2</sub> gjennom karbonatisering i levetiden skal inkluderes som et positivt miljøbidrag <sup>14</sup></p> | <p>Et bestandig materiale med lang levetid. Prefabrikkerte betongelementer kan egne seg til ombruk. Spesielt fremheves hulldekker <sup>6</sup></p> <p>Prefabrikkerte elementer kan tilrettelegges for demontering ved bedre informasjon og utførelse av festeanordninger <sup>7</sup></p>                                     | <p>Betongkvalitet og egenskaper må dokumenteres ved testing <sup>7</sup></p> <p>Naturlig innhold av tungmetaller som ikke må overstige grenseverdiene, slik som innhold av PCB og krom. Kan også inneholde andre skadelige stoffer fra maling og annen overflatebehandling <sup>6;16</sup></p> <p>Plasstøpt betong og ikke-reversible sammenføyninger i eksisterende bygg, som påstøp og endeforankringer, samt mangel på festepunkter vanskeliggjør ombruk <sup>7</sup></p> <p>Må påberegnes bearbeiding av stort sett alle hulldekker før ombruk <sup>7</sup></p> | <p>Lite direkte ombruk i dag. Ofte gjenvunnet ved knusing av betong til fyllmasser eller sendt på deponi <sup>3</sup></p> <p>Ombruk av hulldekker fra Regjeringskvartalet er testet ut for ombruk i KA13 og Oslo Storbylegevakt <sup>7</sup></p> <p>Nylig vedtatt revisjon av forskriften som øker grensen for seksverdig krom i betong. Vil forhindre automatisk deponering og muliggjør ombruk/gjenvinning i større grad <sup>15</sup></p> |
| <b>Vinduer/ glass</b> | <p>Energikrevende produksjon med høye utslipp. Rikelig med råstoff fra ikke-fornybare kilder. Kan enkelt resirkuleres, men med lavere kvalitet <sup>3</sup></p>  | <p>Forholdsvis enkle demonterings muligheter basert på moduler <sup>6;12</sup></p>  | <p>Stor andel gamle vinduer inneholder miljøskadelige stoffer, som må håndteres på forsvarlig vis <sup>6</sup></p>  | <p>En del glass gjenvinnes for bruk i glassullisolasjon <sup>3</sup></p>   |



|  |  |   |  |   |
|--|--|---|--|---|
|  |  | Mulig å ombruke glass i sammenhenger der kravende er mindre, som i uoppvarmet bygning eller innervegg <sup>6</sup>  | PCB i fugemasse i norske vinduer fra 1965-1975, klorparafiner fra 1976-1989, ftalater fra 1990-2005 <sup>17</sup><br><br>Krav om tilfredsstillende, dokumenterte tekniske egenskaper, som isolerte ruter og sikkerhetsruter <sup>6; 7</sup>                                | Flere prosjekter med ombruksglass i flere former, eksempelvis KA13 <sup>7</sup>   |
| <b>Tekniske installasjoner</b> (Varme, ventilasjon og belysning) | En del teknisk utstyr er laget av metall, som stål og aluminium, med svært energikrevende produksjonsprosesser <sup>6</sup>  | Ventilasjonskanaler og nyere belysningsutstyr kan være aktuelt for ombruk <sup>2</sup><br><br>Bygg fra 1970-1980 og nyligere kan ha mer potensiale for ombruk av kanalnett enn eldre bygg <sup>18</sup> | Vanskelig å få garanti lik som på nye produkter, vanligvis korte levetider og mye utskiftning. Kan også ligge vanskelig til for demontering <sup>2;6</sup><br><br>Ombruk av ventilasjonsanlegg kan betinge kompromisser i forhold til dagens krav til nybygg <sup>18</sup> | I KA13 ombrukes det både radiatorer og kjølebafler <sup>9</sup>   |
| <b>Gips</b>  | Avhenger av andel resirkulert gips, men det er relativt lite forurensning ved produksjon. Kan ha inntil 99% resirkulert gipsinnhold og kan gjenvinnes i det uendelige <sup>3</sup>                                       | Et av de mest brukte byggematerialene. Gjennomtenkt utforming og forsiktig håndtering kan øke potensiale for ombruk <sup>2</sup>  | Utfordrende å demontere for ombruk da platene er porøse og lett får skader ved demontering <sup>7</sup><br><br>Transport av tung gips er kostbart <sup>2</sup>   | Gipsavfall håndteres normalt ved resirkulering (56%) eller deponi (44%) <sup>11</sup><br><br>Gjenvinningsanlegg for gipsavfall på Holmestrand produserer resirkulert råstoff for produksjon av nye gipsplater <sup>22</sup> |
| <b>Isolasjon</b>   | Ulike former for isolasjon har tilhørende ulike miljøpåvirkninger; Glassull inneholder ofte en del resirkulert råstoff. Steinull krever noe energi i produksjon, avhengig av størrelse/tetthet på produktet <sup>3</sup> | Funksjonell levetid kan være lang dersom isolasjonen er montert riktig og beskyttet <sup>3</sup>  | Må være i god stand og uten skader/slitasje for muliggjøring av ombruk <sup>2</sup>  | Det meste av isolasjonen sendes på deponi <sup>2</sup><br><br>Noen produsenter har returordninger for å legge opp til resirkulering til ny isolasjon <sup>19</sup>  |
| <b>Uten dokumentasjon</b>  | Avhengig av spesifikt materiale og produkt. Materialer knyttet til landskapsarkitekturen er generelt en  | Ikke behov for testing eller redokumentasjon som gjør det enklere å ombruke <sup>3</sup>  | Ofte estetikk som blir avgjørende faktor for om det er aktuelt med ombruk <sup>2;7</sup>   | Flere eks. på ombruk av tegl, heller og stein i landskaps-arkitekturen <sup>7</sup>   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | relativt liten andel av totalt byggavfall <sup>7</sup> | Sammensatte produkter som ikke lar seg deles opp vil fordelaktig kunne ombrukes <sup>19</sup><br><br>Fast innredning og inventar, samt vinduer til annen bruk (innvendig/uten krav) <sup>7:21</sup> .<br>Materialer til landskapsarkitektur, som heller og marktegl <sup>7</sup> | Ombruk av inventar og møbler er mer utbredt, men lite forankret og ofte kun innad organisasjoner <sup>22</sup> |
|--|--|--|--|

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. (St. meld. 45 (2016-2017), 2017)</li> <li>2. (Leland, 2008)</li> <li>3. (Hagen, Haupt og Bramslev, 2017)</li> <li>4. (Asplan Viak, 2018)</li> <li>5. (Myhre, Widenoja, Kilvær, 2018)</li> <li>6. (Sørnes <i>et al.</i>, 2014)</li> <li>7. (Kilvær <i>et al.</i>, 2019)</li> <li>8. (Pimentel, Brown og Sansom, 2019)</li> <li>9. (FutureBuilt, 2020)</li> <li>10. (Byggmesteren, 2020)</li> <li>11. (SSB, 2020a)</li> <li>12. (Gamle murstein, u.å.)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>13. (Ibenholt <i>et al.</i>, 2020)</li> <li>14. (Hopkinson <i>et al.</i>, 2019)</li> <li>15. (SINTEF Byggforsk, 2015)</li> <li>16. (Miljødirektoratet, 2019a)</li> <li>17. (Butera <i>et al.</i>, 2016)</li> <li>18. (SINTEF Byggforsk, 2012; 2018)</li> <li>19. (Mysen, Aronsen og Johansen, 2014)</li> <li>20. (Ragn sells, u.å)</li> <li>21. (Sunde <i>et al.</i>, 2019)</li> <li>22. (Möhring, 2019)</li> </ol> |
|---|--|

### Oppsirkulering og kreativ bruk av materialer

Der byggematerialer ikke tilfredsstillt krav for videre bruk i opprinnelig form, er det muligheter for å se til en mer alternativ bruk. En slik tilnærming er nærmere vurdert i prosjektet *Nordic Built Component Reuse*. Blant resultatene fra prosjektet var bruk av valsede ventilasjonskanaler som metallkledning, gulvbelegg som fasadekledning og sammensatte vindusflater til helhetlige glassfasader (Nielsen *et al.*, 2014). Hvordan disse løsningene kom ut i økonomiske og miljømessige vurderinger er varierende (Nielsen *et al.*, 2014). Dekorativt formål, møbler og installasjoner er andre eksempler på kreativ bruk av byggevarer, der kravene til dokumentasjon og teknisk ytelse er mindre omfattende da produktene ikke lenger anses som byggevarer (Kilvær *et al.*, 2019).

### Materialer mindre egnet til ombruk

Blant materialgrupper som kan kategoriseres som mer utfordrende i ombrukssammenheng, er ulike plasttyper og komposittmaterialer som er permanent festet eller limt til et underlag, slik som laminater, rør, baderomsplater og gulvbelegg (Leland, 2008; Sørnes *et al.*, 2014).

Isolasjon og gips blir fremhevet som materialer som i teorien kan ombrukes, men med forbehold om at de er uten skader. Dette er i praksis utfordrende, noe som kan gjøre at materialgjenvinning kan være et

bedre alternativ (Kilvær *et al.*, 2019; Leland, 2008). Det er spesielt aktuelt med gips, som kan ha inntil 99% resirkulert gipsinnhold og kan gjenvinnes i det uendelige (Hagen, Haupt og Bramslev, 2017).

Andre kategorier som også egner seg for materialgjenvinning er betong og tegl, som kan knuses til tilslag. Dette anses midlertidig som en nedsirkulering sammenlignet med andre gjenvinnings- og ombruksløsninger (SINTEF Byggforsk, 2012). Materialgjenvinning av metaller, kan i enkelte tilfeller være en bedre løsning for et godt sluttresultat (Myhre, Widenoja og Kilvær, 2018).

## **2.4 Lovverk knyttet til ombruk**

Lovverket er til stede for å sikre forsvarlig oppføring av bygg i god kvalitet, hensiktsmessig behandling av avfall og forebygging av helse- og miljøskadelige stoffer. Alle bygg, uavhengig av om det benyttes ombrukte materialer eller nye, må derfor oppfylle visse kvalitetskrav (DiBK, u.å.). Litteraturen påpeker at deler av dagens regelverk skaper utfordringer for implementering av ombruk prosjekter (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019). Noen sentrale deler av regelverket vil gjennomgå i dette kapitlet.

### **2.4.1 Byggeteknisk forskrift (TEK17)**

Byggeteknisk forskrift angir tekniske krav til byggverk innen sikkerhet, miljø, helse og energi for å bidra til at byggene vi omgir oss med er av god nok kvalitet. I henhold til gjeldende forskrift, TEK17, er det gitt i §3-1 at det skal sikres og dokumenteres at alle byggevarer anvendt i et bygg er egnet i bruk og bidrar til å tilfredsstille kravene i forskriften. Dette punktet er sentralt i forbindelse med ombruk, da det betyr at vesentlige egenskaper i tiltenkt bruk må kunne dokumenteres. Det omfatter blant annet branntekniske og konstruksjonstekniske egenskaper, samt innhold av helse- og miljøskadelige stoffer (DiBK, 2018).

Videre angir §9-5 Byggavfall at «*det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning*». For at dette skal være mulig, fremhever tilhørende veiledning at det er nødvendig at prosjekteringen bidrar til at festeordninger muliggjør demontering og at materialene følges av nødvendig dokumentasjon som blant annet angir branntekniske og konstruksjonstekniske egenskaper (DiBK, 2019). Paragrafen skal dermed sikre at det i nye byggverk muliggjøres for gjenbruk, men det finnes ikke noe krav om at brukte materialer skal benyttes. Det angis også at bygg skal sikres forsvarlig levetid og at avfallsmengder skal minimeres. Se underkapittel 2.7.6 og 2.9.3 for avklaringer angående levetid.

### **2.4.2 Lovverk tilknyttet helse- og miljøskadelige stoffer**

Lovverket som kontrollerer forurensning av ytre miljø samt innhold av helse- og miljøfarlige stoffer i byggevarer, er sentralt i forbindelse med ombruk. Mange byggematerialer inneholder en rekke stoffer

som er lite nedbrytbare og som kan hope seg opp i naturen, samtidig som de kan være giftige og ha alvorlige langtidsvirkninger på både helsen og naturen (Hambra og Hjellnes Consult, 2013; SINTEF Byggforsk, 2018). I forbindelse med ombruk er det mest sentralt å påpeke at det ikke er lovlig å omsette eller bruke om materialer med helse- og miljøskadelige stoffer eller der innholdet overskrider visse maksimumsverdier (Asplan Viak, 2018).

I henhold til TEK-17 §9-7(1) skal mulig innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i bygninger kartlegges ved alle tiltak i eksisterende bygg (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017). Videre skal det utarbeides en miljøsaneringsbeskrivelse som bidrar til å sikre separasjon og trygg håndtering fra annet avfall. Miljøkartlegging er pålagt for alle prosjekter der avfallsplan er påkrevd i henhold til §9-6 i TEK17, for følgende tiltak:

- a) oppføring, tilbyggen, påbygging og underbygning av bygning dersom tiltaket overskrider 300 m<sup>2</sup> BRA
- b) vesentlig endring, herunder fasadeendring, eller vesentlig reparasjon av bygning dersom tiltaket berører del av bygning som overskrider 100 m<sup>2</sup> BRA
- c) riving av bygning eller del av bygning som overskrider 100 m<sup>2</sup> BRA
- d) oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, endring eller riving av konstruksjoner og anlegg dersom tiltaket genererer over 10 tonn bygge- og riveavfall

Ved valg materialer er det påkrevd i TEK17 §9-2 at «*Det skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer*». I veiledningen til bestemmelsen henvises det til den norske prioriteringslisten og kandidatlisten til REACH for stoffer man bør unngå. De to listene overlapper noe og har til sammen over hundre stoffer, i tillegg til at det stadig kommer oppdateringer med nye stoffer som må unngås (Hambra og Hjellnes Consult, 2013).

Produktforskriften, eller «*Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter*», som er hjemlet i Produktkontrolloven (1977), har som hensikt å begrense bruk av helse- og miljøskadelige stoffer i produkter. En ombrukt byggevare som har blitt kontrollert og eventuelt sanert for forurensninger og ikke går på bekostning av forbudene i REACH-listen, som er stoffer som gir stor grunn til bekymring, vil imøtekomme kravene i Produktforskriften (Asplan Viak, 2018; Miljødirektoratet, u.å.). I motsatt tilfelle, er det ikke lovlig å ta i bruk eller ombruke produkter hvor innhold av helse- og miljøskadelige stoffer overskrider maksimumsgrensene.

Substitusjonsplikten, §3 a, i Produktkontrolloven sier at aktører som bruker produkter med innhold av helse- og miljøfarlige stoffer må undersøke etter alternativer som kan redusere risiko. Det anbefales derfor i bestemmelsen å velge produkter med en godkjent forhåndsvurdering av innholdet, ved Svanemerket, ECOproduct eller Sintef Teknisk Godkjenning (DiBK, 2017).

«Lov om vern mot forurensninger og om avfall» (Forurensningsloven, 1981), er også sentral i forbindelse med ombruk. Lovens hensikt er forenklet å sikre forsvarlig miljøkvalitet og verne det ytre miljø mot forurensning. Reduksjon av avfallsmengder og bedret behandling av avfall er sentralt. Avfallsforskriften, som er hjemlet i Forurensningsloven, omhandler blant annet hvordan avfallet skal behandles, deriblant stilles det krav til deponier, forbrenning etc. Den definerer også grenseverdier for når avfall blir farlig avfall, samt hvordan det skal oppbevares, transporteres og håndteres. Farlig avfall må kort sagt leveres til godkjente mottak, og kan ikke ombrukes (Asplan Viak, 2018).

### 2.4.3 Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)

Byggevarer som selges i et marked må forholde seg til byggevareforordningen fra EU, som har som hensikt å sikre fri flyt av byggevarer i det europeiske markedet (SINTEF Byggforsk, 2016). Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) gjennomfører byggevareforordningen i Norge, og ble innført i januar 2014. DOK skiller ikke mellom brukte og nye byggevarer, og stiller krav til deklarasjon av produkters egenskaper og ytelser samt kvalitetssikring av produksjonsfasen (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2014).

Byggevareforordningen deler produkter inn i fem systemklasser, med ulike krav til blant annet testing og uavhengig kontroll i produksjonsfasen. Det er valgt å ikke gå dypere inn på kravene som gjelder hver enkelt produktgruppe i denne oppgaven, men heller ønskelig å gi et overordnet bilde på aktuelle føringer. Forenklet sett kan en dele inn i tre scenarioer for håndtering i henhold til DOK (SINTEF Byggforsk, 2016):

1. Det finnes en harmonisert produktstandard for byggevaren, og CE-merking er pålagt før omsetning.
2. Det finnes ingen harmonisert produktstandard for byggevaren, og det velges å utarbeide av en ETA (European Technical Assessment) på grunnlag av en EAD (European Assessment Document). Det er da pålagt å CE-merke produktet før omsetning (Kilvær *et al.*, 2019).
3. Byggevaren har ingen harmonisert standard. Vesentlige egenskaper og ytelser knyttet til bæreevne, brannsikkerhet, energi etc. må uansett dokumenteres.

De fleste byggevarer er omfattet av en harmonisert produktstandard, og skal dermed CE-merkes (Asplan Viak, 2018). Det påpekes at CE-merke ikke bekrefter at produktet er egnet for bruk i bygg i Norge, og egnethet må alltid vurderes i henhold til TEK (Weber Saint-Gobain, 2019). I scenario 1 og 2 skal produktet også følges av en ytelseserklæring (DoP). Aktuelle kontrollorganer med myndighet til å utføre tekniske tester samt utstedte sertifiseringsdokumenter, er utpekt i NANDO-databasen. Her finnes blant annet Sintef og Nemko (SINTEF Byggforsk, 2016).

Det er dokumentasjonskravene som var gjeldende ved førstegangsomsetning av byggevaren som også vil være gjeldende i omsetningstidspunktet for ombruk. Det betyr at byggevarer produsert og omsatt før

byggevareforordningen ble gjeldende, har andre (og ofte enklere) dokumentasjonskrav enn nye produkter. Dersom nødvendig dokumentasjon fra produksjonstidspunktet kan fremskaffes, vil denne fortsatt være gjeldende ved ny omsetning dersom følgende betingelser er oppfylt (Kilvær *et al.*, 2019):

- Byggevarens egenskaper er fortsatt de samme
- Byggevaren selges under opprinnelig produktnavn
- Byggevaren selges med opprinnelig dokumentasjon

Det er usikkerhet rundt hvordan det øverste punktet skal ivaretas. Det understrekes at de overstående punktene ikke er oppfylt dersom selger ønsker å gjøre endringer på ombruksvaren, deklarerer nye egenskaper eller endre produktnavnet på den.

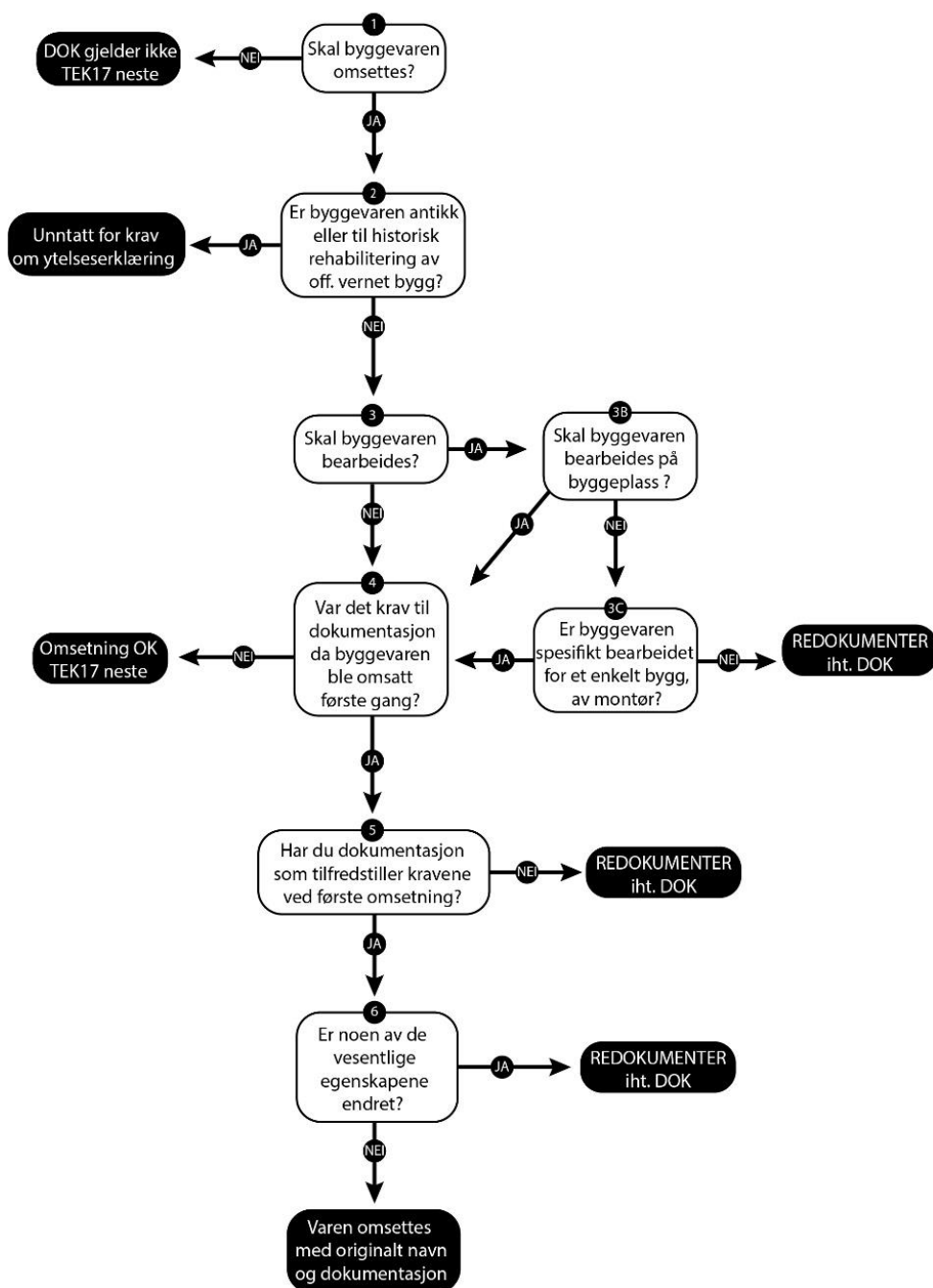
Som nevnt inntreffer DOK når en byggevare selges i et marked til en tredjepart. Kravene i DOK vil derfor ikke være gjeldende dersom byggevaren holdes internt i egen organisasjon. Dette gir en god mulighet for store byggherrer å ombruke materialer, uten å måtte forholde seg EUs regelverk (Sørnes *et al.*, 2014).

### 2.4.4 Unntak og usikkerheter knyttet til regelverket

Det er noen unntak fra kravene i byggevareforordningen (DOK). Dette gjelder (1) materialer av høy verdi i offentlig vernede byggverk, (2) byggevarer produsert på byggeplass og (3) byggevarer som er individuelt produsert. Kilvær *et al.* (2019) argumenterer for at det er lite ønskelig med økt grad av bearbeiding på byggeplass, fordi det av erfaring fører til mindre demonterbare bygg og lavere grav av prosesskontroll. Advokater ved Kluge Advokater påpeker også at det er risiko knyttet til å bero seg på siste unntaksregel. Det grunnes i at produktet må ha vært produsert utenfor produsentens «normale produksjon», som kan være utfordrende å vise til i et juridisk perspektiv og det er usikkert hvordan DiBK praktiserer regelen (Nyland og Apelseth, 2018).

Byggevareforordningen er laget med utgangspunkt i nye produkter, og det er dermed produsenten av produktet som har ansvar for å deklarerer produktenes egenskaper, produksjonskontroll og kvalitetssikring. Dersom det er nødvendig med ytterligere dokumentasjon av en byggevares egenskaper, vil selgeren av varen ifølge DOK ta rollen som produsent (Kilvær *et al.*, 2019). Da forordningen er ment å gjelde produsenter med serieproduksjon og utarbeidede produksjonskontrollsystemer, er det usikkert hvordan dette skal hensyntas ved ombruk. Det oppstår også usikkerhet knyttet til nødvendig dokumentasjon dersom det ikke er mulig å påvise hvilket tidspunkt byggevaren er produsert, og dermed hvilke krav som var gjeldende på det tidspunktet. Figur 9 presenterer problemstillinger knyttet til DOK ved ombruk.

# OMBRUK & DOKUMENTASJON



Figur 2.10: Flytskjema for dokumentasjon og omsetning i henhold til regelverket (Kilvær *et al.*, 2019).

## 2.5 Dagens ombrukspraksis

Markedet for ombruksmaterialer kan beskrives som lite satt i system og i stadig utvikling når det gjelder den profesjonelle delen av byggebransjen (Asplan Viak, 2018; Sunde *et al.*, 2020). Det er et økende antall aktører som viser interesse for ombruk, men ombruksgraden er lav til tross for at interessen er stor. *“Når viljen i bransjen er der, og det er teknisk gjennomførbart, er mangelen på ombruk og den store produksjonen av avfall, symptomer på et system som henger etter”* (Kilvær *et al.*, s.118, 2019). Omfanget av ombruk i bransjen er stort sett begrenset til et utvalg pilotprosjekter, og det er stadig en rekke uavklarte spørsmål i forbindelse med hvordan ombruk av ulike byggevarer forsvarlig kan gjennomføres i praksis og settes i system (Kilvær *et al.*, 2019; Asplan Viak, 2018).

Ved implementering av ombruk i byggeprosjekter i dag oppstår det dermed en del nye problemstillinger sammenlignet med bruk av nye byggevarer, og det kan være en kompliserende faktor slik markedet er i dag (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019). Hvordan ombruk kan gjennomføres vil i stor grad variere avhengig av hvilken type ombruk som er aktuelt (intern, eksternt, lokal og ombruk annensteds), hvilke materialer det er snakk om og hvilken funksjon de skal fylle. Dette kapittelet er dermed svært generaliserende og overordnet, men er ment til å gi et overordnet bilde på hvordan ombruk praktiseres i dag.

### 2.5.1 Generelt

For gjennomføring av ombruk i byggeprosjekter er det først og fremst viktig at det er ønskelig i tiltakshavers ståsted, da det krever mer innsats underveis og kan medføre usikkerhet tilknyttet endelig utforming av bygget og kostnadsutviklingen i prosjektet (Rognlien, 2002).

Eksempler på spørsmål som er viktig å stille fra start i ombruksprosjekter (Rognlien, 2002) er:

- Hva er ambisjonsnivået for prosjektet, og hvor stor grad av ombruk skal det være?
- Hvilke ombruksmaterialer er bygget det ønskelig å benytte?
- Hvilke krav settes til disse materialene?
- I hvilken grad godtas ekstrakostnader forbundet med ombruk?

### 2.5.2 Prosjektering

Prosjektering med ombrukte byggematerialer kan være tidkrevende, og for å kunne finne gode løsninger anbefales det å sette av tilstrekkelig med tid til prosjektering i fremdriftsplanen (Leland, 2008). Det kan være nødvendig å gjøre tilpasninger i opprinnelig planlagt design, avhengig av hvilke materialer som er tilgjengelige i riktig tidsrom med tanke på fremdriften av prosjektet (Gorgolewski, 2018; Asplan Viak, 2018).

Ettersom det ikke er sikkert det er mulig å få tak i ønskede volumer eller dimensjoner av ombruksmaterialene, kreves det en fleksibel tankegang og velvillighet fra prosjekteringsteamet til å gjøre tilpasninger



(Gorgolewski og Morretin, 2009; Leland, 2008). Det er videre fordelaktig å tilrettelegge for en integrert designprosess med samarbeid på tvers av fag og med innvirkning fra utøvende allerede i prosjekteringsfasen. Dette vil kunne legge til rette for å finne gode løsninger i et tidlig stadium, der påvirkningsmulighetene er størst, samtidig som en må belage seg på at prosjektering kan gå enda mer parallelt med selve byggefasen (Rognlien, 2002; Leland, 2008).

### 2.5.3 Innhenting av materialer

Anskaffelse eller innhenting av ombruksmaterialer kan være tidkrevende. Det er mangel på en velfungerende markedsplass der ombruk trygt og lovlig kan omsettes eller tilgjengeliggjøres for profesjonelle aktører. Dette gjør det utfordrende å kombinere tilbud og etterspørsel av ombruksvarer (Myhre, Widenoja og Kilvær, 2018; Sunde *et al.*, 2020). Informasjon om brukte materialer, både internt og eksternt, er også i liten grad tilgjengelig, systematisert og digitalisert (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019). Dermed foregår utveksling av materialer i stor grad ved at etterspørrende prosjekt selv oppdriver aktuelle rive- og ombyggingsprosjekter eller undersøker egen portefølje for brukbare produkter. Kontakter og samarbeid med andre aktører kan være sentralt (Nußholz *et al.*, 2019). Når det gjelder ombruk av inventar, beskriver Sunde *et al.* (2020) at dette i liten grad har vært forankret i noen overordnet strategi eller målsetning blant kommunale aktører, og at det er mangel på systematikk.

Om materialer hentes inn fra andre prosjekter, vil en være avhengig av at timingen for anskaffelse samsvarer med fremdriften i byggeprosjektet. Dette gir lav forutsigbarhet i mengder materialer som er mulig å få tak i. For å redusere usikkerhet og sikre at materialene er på plass til rett tid, kan materialene forsøkes fremskaffet tidlig i prosessen. Dette kan imidlertid skape et økt behov for mellomlagring, som påfører prosjektet ekstra kostnader (Asplan Viak, 2018; Gorgolewski, 2008).

Det er flere aktører som arbeider med å skalere opp ombruksmarkedet, og deriblant ønsker å utvikle en ombruksdatabase som kan synliggjøre hva som er tilgjengelig av ombruksmaterialer. Her er noen sentrale aktører trukket frem:

- *Resirqel* er en ombruksspesialist som reforhandler overskuddsmaterialer og brukte materialer via en digital nettside og sine lokaler Oslo. Bedriften bistår også med rådgivning for prosjektledelse og ombruk i ulike faser (Resirqel, u.å.). Nylig lanserte de, i samarbeid med Ragn-Sells, konseptet «Ombruksbank» for en mer effektiv innhenting av overskuddsmaterialer ved plassering av containere i nærheten av større byggeprosjekter (Resirqel, 2020).
- *Greenstock* har utviklet en digital plattform tilrettelagt for kartlegging av materialer og inventar i eksisterende bygg. Plattformen per dags dato forbeholdt intern ombruk innad hos store byggeiere med flere bygg. NTNU, Trondheim kommune og Asker kommune er eksempler på deres kunder (Greenstock, 2019).

- *Rehub* er en online “hub”, foreløpig under utvikling, med formål om å gjøre det enklere å gjennomføre ombruk i byggeprosjekter, spesielt med fokus på digitale muligheter. Rehub ønsker å kombinere en rekke tjenester i én samlet bransjeplattform (Haugen, 2019).
- *Madaster* er et nederlandsk konsept og plattform, som skal fungere som et online bibliotek for materialer i bygg. Gjennom å gi byggevarer et materialpass, og dermed en identitet, er tanken at bygg kan betraktes materialdepoer for videre bruk (Madaster, u.å.). Det er flere som ønsker å ta i bruk dette konseptet i Norge (Circular Norway, 2019).

### 2.5.4 Riving og demontering

Dagens rivepraksis medfører i stor grad at materialer ødelegges i prosessen. For å muliggjøre ombruk må materialene demonteres skånsomt for å sikre mot mulig skader slik at materialene kan brukes videre (Asplan Viak, 2018; Leland 2008). Denne type praksis kalles gjerne selektiv riving eller demontering (Addis, 2012). Demontering regnes som en mer tidkrevende prosess som kan innebære økte kostnader, men gir også mulighet for en høyere sorteringsgrad av materialene, som medfører lavere avhendingskostnader (Bohne og Wærner, 2014). For at demontering skal gjennomføres fremfor tradisjonell riving må det likevel finnes tilstrekkelig betalingsvilje hos oppdragsgiver, og det må være en etterspørsel etter materialene (Asplan Viak, 2018).

I forkant av rive- eller demonteringstiltak av en viss størrelse, som beskrevet i delkapittel 2.4.2, skal det utarbeides en miljøkartleggingsbeskrivelse der mulige helse- og miljøskadelige stoffer påvises (SINTEF Byggforsk, 2011). Dette arbeidet, i kombinasjon med en eventuell ombrukskartlegging legger grunnlag for hvilke materialer som bør ivaretas for mulig ombruk.

### 2.5.5 Logistikk tilknyttet lagring og transport

Etter demontering fra tidligere bruk, må ombruksmaterialene håndteres i transport og eventuell bearbeidelse, testing og mellomlagring. Dette medfører ressursbruk i form av kostnader, utstyr og arbeidskraft, og det vil derfor påløpe kostnader. Logistikken håndteres da av involverte parter i prosjektet, og risiko for eventuelle skader i håndteringen må fordeles (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019).

Nødvendige forhold som må ivaretas ved håndtering og mellomlagring vil variere betydelig mellom ulike materialer. For eksempel gjelder dette behovet for beskyttelse mot regn og fukt, samt plassbehov. Materialer av stort kvanta og dimensjoner vil kreve store områder eller lokaler ved mellomlagring, noe som kan drive opp kostnadene. Tyngre materialer vil også medføre større klimagassutslipp i transport, og transportetapper bør begrenses for å ivareta positiv effekt på livsløpsanalysen (Kilvær *et al.*, 2019). Ombruk blir, ifølge Sunde *et al.* (2020) mest kostnadseffektivt når ombruksvarene kan finne veien direkte fra ett bygg til et annet. For å få til ombruk i praksis, vil det imidlertid ofte være nødvendig med mellomlagring.

I den nederlandske rapporten «Reuse of HSC» trekkes det frem to eksempler angående ombruk av hulldekker, hvorav det ene brukte en ledig tomt i nærheten av prosjektet til lagring og fikk dermed til ombruken, mens i det andre eksempelet var det en så uoversiktlig logistikkprosess at ombruk ikke ble mulig (Naber, 2012). God logistikk er altså viktig for å kunne gjennomføre ombruk i praksis. For effektiv logistikk anbefales det generelt en gjennomtenkt håndtering av materialene ved og etter demontering for å legge til rette for en systematisk oversikt over de ulike produktene underveis. Det kan gjerne innebære en form for merking ut ifra type, plassering eller rekkefølge (SINTEF Byggforsk, 2011).

Mellomlagring er generelt ressurs- og arealkrevende, og prosjektet kan være avhengig av å finne lokaler med lave leiepriser på lokale tomter for å holde kostnadene tilknyttet lagring nede. Dette kan være utfordrende i de store byene. Mellomlagring er foreløpig en økonomisk og logistisk utfordring (Kilvær *et al.*, 2019).

### 2.5.6 Kvalitetssikring og oppfyllelse av lovverket

Uansett om det er snakk om intern eller ekstern ombruk, må materialene kvalitetssikres og det må dokumenteres at materialet er egnet i bruk dersom det vil virke inn på tekniske krav (Asplan Viak, 2018; Sørnes *et al.*, 2014). Gjeldende juridiske føringer, som beskrevet i kapittel 2.4, omtales som utfordrende. Det rår mye usikkerhet rundt hvordan ombruk kan gjennomføres forsvarlig og i henhold til regelverket, som tar utgangspunkt i nye produkter og ikke er tilpasset ombruk. Resirqel skriver at: «*Usikkerhet rundt regelverk, standarder og prosedyrer utgjør et problem for ombruk i industriell skala*» (Kilvær *et al.*, s. 4, 2019). Mange aktører arbeider i dag hardt for å oppklare og finne løsninger for hvordan prosesser tilknyttet kvalitetssikring, testing, sertifisering og re-dokumentasjon for ulike byggevarer kan gjennomføres på en forsvarlig måte (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019).

Byggevareforordningen er spesielt omtalt som en barriere ved omsetting av ombrukvarer slik den fremkommer i dag (Lotherington, 2018; DiBK, 2017). Det handler blant annet om at det er utfordrende å ivareta kravene i regelverket dersom opprinnelig dokumentasjon for produktene ikke er mulig å oppdrive. Asplan Viak (2018) hevder at ombruksmaterialenes opprinnelse ofte er ukjent, og at det medfører at få vil kunne påta seg ansvaret dersom det senere skulle vise seg at bruken av materialene gir noen ulempe for byggherren. Ifølge Byggesaksforskriften (2010) (SAK10) §12-6 (2), stilles det krav om at ansvarlig foretak skal oppbevare dokumentasjon for oppfyllelse av sin ansvarsrett etter bygg er ferdige, men kun i 5 år. Dokumentasjon tilknyttet den eksisterende bygningsmassen er i tillegg sjeldent lagret digitalt, men heller gjerne plassert i perm på arkivrom (Kilvær *et al.*, 2019).

Konsekvensen av manglende dokumentasjon, eller at den ikke lenger er gjeldende grunnet endringer i produktets egenskaper, er at varen må re-dokumenteres om den skal omsettes i et marked (Kilvær *et al.*, 2019). Dette kan være en utfordrende og tidkrevende prosess, da det i stor grad er mangel på aksepterte og gjennomprøvde prosedyrer. Involverte aktører må da være villige til å påta seg risiko for økte kostnader og tidsbruk (Kilvær *et al.*, 2019; Asplan Viak, 2018). Tilsvarende utfordringer med hvordan

sentrale egenskaper for ulike produkter kan påvises og dokumenteres gjelder også i forbindelse med oppfyllelse av krav i TEK (DiBK, u.å.) Dette er gjeldende om ombruksvaren vil ha innvirkning på bygningstekniske egenskaper, uavhengig om det er intern eller ekstern ombruk.

## 2.6 Ombruk i et bærekraftperspektiv

Det er vist at det er et stort behov for reduksjon av klimagassutslipp og ressursforbruk i byggenæringen og samfunnet generelt. Det oppleves et økende fokus på å dra utviklingen i en «grønnere» og mer bærekraftig retning (Bygg21, 2018b). Bakshi (2019) beskriver behovet for økt *økoeffektivitet*, som betyr det å finne tjenester og produkter som kan fylle menneskers behov og leveres til konkurransedyktige priser, men samtidig redusere belastningen på verdens økosystemer og ressurser til et bærekraftig nivå.

Ombruk representerer en av mange mulige satsningsområder i byggenæringen, men skal det lønne seg for bransjen å satse på ombruk, må det henge sammen med de tre dimensjonene av bærekraft: miljø, økonomi og sosiale forhold (Bakshi, 2019; FN-Sambandet, 2019). På engelsk kalles gjerne dette «triple bottom line» (Bakshi, 2019). Begrepet ble introdusert av Elkington (1998), som mente at bedrifter ikke bare skal basere seg på økonomisk vekst, men også har et sosialt og miljømessig ansvar for sin virksomhet. Disse tre dimensjonene utgjør et rammeverk i bedømmelse av hvorvidt noe kan betegnes som bærekraftig praksis. Dette kapittelet vil redegjøre noen sentrale elementer i betraktning av ombruk i et bærekraftperspektiv.

### 2.6.1 Miljøaspekter

Potensielle miljøbesparelser, spesielt i form av økt ressurseffektivitet og reduserte klimagassutslipp, tilknyttet ombruk er blant hoveddrivkreftene for implementering i byggebransjen. Reduksjonspotensialet for klimagassutslipp er, ifølge Asplan Viak (2018), avhengig av følgende elementer:

- Mengde ombrukbart avfall
- Transportdistanser
- Metode for å beregne opptak/utslipp av biogent karbon
- Strøm-mix benyttet i beregningene (gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter/kWh)
- Grad av prosessering av produkter/materialer før ombruk

Avhengig av hvilke forutsetninger som ligger til grunn for analysen, vil altså besparelser i klimagassutslipp variere. Metode for beregning av klimapåvirkning er nærmere beskrevet i delkapittel 2.9.

Det argumenteres for at materialer som utgjør en stor miljøbelastning ved uttak av råvarene de består av og i produksjonsprosessen, vil ha tilsvarende høyt potensiale for miljøbesparelse ved ombruk (Nordby,

2009). Dersom brukte materialer kan erstatte de jomfruelige i disse tilfellene og ikke medfører økt materialbruk, vil effektene være gode (Zink og Geyer, 2017). Nußholz, Rasmussen og Milios (2019) hevder dog at ombruk ikke automatisk gir klimagassbesparelser, og trekker frem at et stort behov for prosessering, tungvint demontering og lange transportdistanser vil kunne undergrave miljøbesparelsene ved ombruk. Ibenholt *et al.* (2020) hevder også at ombruk ofte innebærer ekstra materialer og svinn, og dermed ikke gir én til én utnyttelse av byggematerialene. Sistnevnte begrunnes spesielt i at eksisterende bebyggelse ikke er designet med tanke på demontering eller ombruk.

Miljøeffekten av ombruk på prosjektnivå vil selvsagt avhenge av mengder og typer ombruksmaterialer som inkluderes, samt elementene nevnt innledningsvis av dette delkapittelet. Hvor store deler av materialenes livsløp som er inkludert, er også sentralt. I litteraturen er det flere studier som viser til store besparelser i klimagassutslipp og andre miljøkonsekvenser ved bruk av utvalgte ombruksmaterialer fremfor nye materialer i prosjekter (Myhre, Widenoja og Kilvær, 2018; Asplan Viak, 2018; Hopkinson *et al.*, 2018; Modahl og Raadahl, 2003). Det bemerkes at de fleste kun inkluderer fasene frem til materialene er fraktet til byggeplass, og dermed ikke medregner bruksfasen.

Gjenbrukshuset i Trondheim er et godt eksempel på et gjennomført ombruksprosjekt, som har gitt erfaringer tilknyttet miljøbesparelser fra ombruk, men som kun regner på prosesser frem til bygget står ferdig. Prosjektet involverte bygging av to tilsynelatende like firemannsboliger, der ett av dem i stor utstrekning består av ombruksmaterialer. Resultatene fra miljøanalysen utført i forbindelse med prosjektet tilsier at ombruk er miljømessig gunstig innen alle undersøkte miljøaspekter, som inkluderer drivhuseffekt, forsurening, eutrofiering, fotokjemisk oksidantdannelse og energibruk (Pettersen, 2005). Av de analyserte materialene, som var vinduer, dører, elektrisk materiell, tegl, diverse innredninger, beslag og armaturer, takstein, ga tegl størst effekt. Kostnadmessig kan ikke de to byggene helt sammenlignes på grunn av arbeidstreningssubsidier, men det så ut til at kostnadene ble omtrent tilsvarende (Pettersen, 2005). Et lignende prosjekt med oppføring av en bolig i Sverige viste at det var 55% besparelser i CO<sub>2</sub>- ekvivalenter sammenlignet et lignende bygg oppført med nye materialer. Det var for det meste ombruk av teglstein og fasadeplater som ga størst i effekt, i likhet med Gjenbrukshuset (Thormark, 2000).

### Samfunnsperspektiv

Det er mange aspekter som vil ha stor innvirkning på hvordan de helhetlige effektene vil være, hvorav mange av dem per tid er vanskelig å si noe sikkert om. Blant annet vil det avhenge av hvilke materialer som effektivt lar seg ombruke, kvanta av ombruksmaterialer i omløp, grad av industrialisering av prosesser for ombruk og hvorvidt ombrukte materialer klarer å erstatte rollen til nye materialer (Zink og Geyer, 2017). Fremtidige bygge- og rivetrender vil også være sentralt, underforstått hvor mye ombruksmaterialer som tilgjengeliggjøres og hvor stor etterspørselen er etter dem.

Det er foreløpig kun et begrenset antall studier som har undersøkt hvilke samfunnsmessige miljøeffekter ombruk vil kunne gi, og kun for med forenklete overslag. En nordisk studie har anslått at dersom norsk byggesektor reduserer uttak av nye ressurser med 20%, så vil dette på nasjonalt plan gi en reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp fra produksjonsfasen på 9 millioner tonn per år (Høibye og Sand, 2018). Studien skiller ikke på ombruk og materialgjenvinning, men antar at gjenbruksmaterialene krever prosessering, som tas høyde for ved å halvere besparelsene utregnet for hvert materiale. Det understrekes at studien tar utgangspunkt i avfallsmengder fremfor benyttede materialer, da det ikke er funnet statistikk på dette.

NHP-nettverket har gjort tilsvarende vurdering, med forutsetningen at 10% av etterspurt materialmengde i byggebransjen erstattes med ombrukte materialer. Også denne rapporten bruker avfallsmengder i stedet for etterspurt mengde materialer i mangel på data, og baserer seg på et utvalg materialgrupper. Den konkluderer med en reduksjon på 2% (eller 4.5% dersom en regner med biogent karbon) sammenlignet med dagens utslipp fra produksjon, transport og avfallsbehandling av nye materialer (Asplan Viak, 2018). Dette tilsvarer 6 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, noe som utgjør et marginalt reduksjonspotensial sammenlignet med førstnevnte studie.

Omfanget av gjenbruk er i de to studiene beskrevet over basert på antakelser. Studiene avdekker en mangel på statistikk over bransjens materialforbruk og mengder av ulike materialer i eksisterende bebyggelse. Med svært varierende resultater, er det stadig usikkert hvordan faktisk effekt vil kunne være.

### Systemtilnærming

Det argumenteres for at det er viktig å se tiltak i et systemperspektiv for å unngå å skifte mellom ulike miljøproblemer, for å kunne sammenligne alternativer og for å etablere bærekraftige verdikjeder for produkter (Bakshi, 2019; Nasir *et al.*, 2017).

Miljøeffekten av ombruk bør dermed vurderes i sammenheng med andre metoder for ressurseffektivisering, slik som materialgjenvinning. Som vist i kapittel 2.3, behandles ulike byggematerialer og -produkter ulikt. Ombrukbarheten av produktet, samt hvor organisert ombruksprosessen kan bli sammenlignet med alternativ gjenvinningsordning, vil være avgjørende for hva som er mest hensiktsmessig behandling (Kilvær *et al.*, 2019). For enkelte materialer, slik som utvalgte stålprodukter, er det påvist at miljøeffekten er langt bedre ved ombruk fremfor materialgjenvinning (Pimentel, Brown og Sansom, 2019).

### **2.6.2 Økonomiske aspekter**

Manglende økonomiske drivkrefter trekkes frem som en viktig grunn til at ombruksmarkedet er så lite utviklet (Rakhasan *et al.*, 2020; Selvig *et al.*, 2020; Ibenholt *et al.*, 2020). Samtidig medfører den lave graden av utvikling, samt usikkerheter rundt gjennomføring, at kostnadene er høyere enn de vil være om bransjen får bygget opp tilstrekkelig erfaring og ombruk blir mer satt i system (Selvik *et al.*, 2020;

Ibenholt *et al.*, 2020). Spørsmålet er om ombruk i større skala kan representere et økonomisk bærekraftig alternativ til ressurshåndtering både i prosjekter og i et samfunnsperspektiv.

### Kostnader tilknyttet ombruksvarer

Flere studier viser til at ombruk av utvalgte materialer i prosjekter kan bidra til reduserte materialkostnader (Myhre, Widenoja og Kilvær, 2018; Sørnes *et al.*, 2014). Per dags dato er det likevel relativt begrenset med erfaringstall tilknyttet økonomien av ombruksvarer i prosjekter. Dette åpner for usikkerheter tilknyttet hvordan det virkelige kostnadsbildet ser ut. Usikkerheter tilknyttet kostnader og kvalitet, og en oppfatning om at tiltak for ombruk kan medføre merkostnader skaper barrierer for implementering (Selvig *et al.*, 2020; Leland, 2008).

Ombruksprodukter kan stort sett anskaffes til en lav pris, ettersom dette er materialer som tidligere er betraktet som avfall (Bjørheim, 2019). Alternativt kan materialene allerede være eiendeler i egen organisasjon. Det er dermed ofte håndteringen av produktene, som beskrevet i kapittel 2.5, som medfører merkostnader (Ibenholt *et al.*, 2020). I tillegg vil usikkerheter tilknyttet involverte prosesser og fordeling av ansvar medføre økt risikopåslag fra de involverte partene (Selvig *et al.*, 2020).

### Økonomiske rammevilkår for ombruk

Dagens økonomiske rammer legger ikke spesielt godt til rette for sirkulær håndtering av materialer, og det er behov for økte økonomiske insentiver for at bedrifter skal legge om sin lineære og godt gjennomprøvde praksis (Høiby og Sand, 2018; Wærner og Tabacuru, 2020).

I dag er prisen på byggevarer samt kostnader for behandling av avfall relativt lave, og arbeidskraften relativt dyr (Grønn Byggallianse, 2019.; Wærner og Tabacuru, 2020; Hart *et al.*, 2019). Før 1950-tallet var situasjonen en annen. Industrialisering av produksjon og økt velferdsnivå har ført til reduserte materialpriser og økte lønnsnivåer (Grønn Byggallianse, 2019; Nordby, 2018). Det er tidligere nevnt at ombruk var vanligere praksis tidligere, og dette er blant grunnene til at det ikke ble videreført i nyere tid.

Videre vil all håndtering av materialer gi økte kostnader, og det er i mange tilfeller lite å spare på å ikke kjøpe nytt (Asplan Viak, 2018). Dermed er det sjelden lønnsom praksis for de som river bygg å betale for flere arbeidstimer ved demontering, fremfor konvensjonell riving, så lenge etterspørselen etter materialene ikke er garantert (Nordby, 2018). I byggeprosjekter kan også ombruk medføre økt tid på prosjektering og anskaffelsesprosessen, noe som bidrar til større kostnader (Rognlien, 2000).

Et annet aspekt er at investeringskostnader ofte opptrer som hovedkriterium for beslutninger i byggebransjen (BAMB, 2019; Leland, 2008). Livssyklus kostnader, samt eksterne samfunns- og miljøkostnader, nedprioriteres ofte i beslutninger, da dette ikke alltid gir utslag for beslutningstakeren (Leland, 2008; Wærner og Tabacuru, 2020; Nußholz, Rasmussen og Milios, 2019). Det er ikke noen

omforent modell som kombinerer miljøaspekter sammen med økonomiske aspekter i prosjektene (Selvik *et al.*, 2020). Bakshi (2018) hevder at slike mønstre resulterer i at markedet ikke selv kommer fram til den mest effektive ressursbruken, og at det kreves økonomiske inngrep for å rette opp i skjevheten.

### Samfunnsøkonomisk potensiale

På oppdrag fra DiBK, har Samfunnsøkonomisk analyse og NIBIO gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse for å finne ut hva som er mest lønnsomt av å minimere avfallsmengden, gjenvinne byggevarer eller ombruke byggevarer (Ibenholt *et al.*, 2020). Konklusjonen av dette arbeidet er at det foreløpig er mest lønnsomt å minimere avfall. Det begrunnes i at ombrukstiltak i dag fører til økte kostnader for utbygger og at det er for mange barrierer i dagens marked. Det utelukkes dog ikke at dette kan endre seg over tid. Videre argumenteres det for at materialene som det i dag er lønnsomt å materialgjenvinne, allerede tilnærmet fullt ut går til materialgjenvinning. Økt materialgjenvinning vil, ifølge rapporten, dermed ikke nødvendigvis være så effektivt i et samfunnsøkonomisk perspektiv.

### **2.6.3 Sosiale aspekter**

Sosial bærekraft er det aspektet ved bærekraftig utvikling som er minst undersøkt, og det er begrenset med litteratur som har en entydig definisjon og hva det innebærer (Dempsey *et al.*, 2011; Davidson, 2010). Det er også det som er skrevet minst om i forbindelse med oppgavens tema. På bedriftsnivå refereres sosial bærekraft gjerne til bedrifters påvirkning på lokalsamfunnet og deres ansatte (Elkington, 2004). Det innebærer verdier som rettferdighet, likhet og sikkerhet, samt arbeidsrettigheter. I utvidet forstand kan det også handle om livskvalitet, sosial- og kulturell tilhørighet og utvikling av gode lokalsamfunn (Surampalli *et al.*, 2020; Sørholt, Ruud og Braathen, 2012).

Det er spesielt aspekter med sysselsetting og kulturell tilhørighet som er vist i litteraturen at kan knyttes til ombruk. Ombruk går godt inn i tanken om å bevare eksisterende bebyggelse og materialer. Det kan også knyttes til et ønske om bevaring av historisk verdifulle bygningsdeler og bygninger (Nordby, Solli og Dahlstrøm, 2015). Wærner (2020) beskriver at flytting av hele hus og ombruk av bygningsdeler og -komponenter var normalen tidligere, men at det i dag i større grad er forbundet med en mer eksperimentell byggestil. Hvis bygninger flyttes hele over lengre avstander, kan det medføre at stedstilpasset stil, byggeskikk og utforming blir plassert ut av kontekst, men det kan også kunne gi en ønsket variasjon og spenning til ellers relativt homogene områder.

Videre beskriver han at ombruk av eldre byggematerialer og komponenter kan gi en fornemmelse av uorden, fordi de sjelden harmonerer i størrelse, stil og estetikk med samtidsarkitektur og nyere byggematerialer (Wærner, 2020). Dette kommer selvsagt an på når materialene er fra og hva slags type materiale det er. Det betyr ikke at denne type ombruk er umoderne eller uegnet, men at det i enkelte tilfeller kan virke inn på design og inntrykket av en bygning.



Det argumenteres for at et skifte mot en mer sirkulær økonomi vil kunne gi mange nye arbeidsplasser. En studie gjennomført av The Club of Rome deler inn i ulike scenarier for implementering i Norge. Blant dem er avfallsminimering (25% høyere materialeffektivitet) og sirkulær materialhåndtering (50% gjenbruk) to alternativer. Resultatene viser at de to scenarioene vil kunne gi henholdsvis 10 000 og 5000 ekstra arbeidsplasser (Wijkman og Skånberg, 2017). Myhre, Widenoja og Kilvær (2018) argumenterer, med utgangspunkt i stålprodukter, for at ombruk vil kunne medføre nye lokale arbeidsplasser i forbindelse med testing, mellomlagring og bearbeidelse av ombruksprodukter.

Det hevdes også i litteraturen at sirkulære bedrifter gjerne fordrer mange ulike typer kompetanse; deriblant ingeniører og designere med høy kompetanse, men også mange ufaglærte (Boye, 2018; Avfall Norge, VESAR og Norsk Gjenvinning, 2016). En slik omstilling vil dermed kunne bidra til utjevning av sosiale forskjeller og økt sysselsetting. Hvordan dette vil treffe byggebransjen er dog ikke beskrevet.

## 2.7 Forutsetninger for en oppskalering av ombruksmarkedet

Foregående kapitler har synliggjort en rekke utfordringer som aktører møter ved gjennomføring av ombruk. Det er i litteraturen foreslått en rekke mulige tiltak som vil kunne bidra med å legge til rette for økt ombruk (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019; Merrild, Jensen og Sommer, 2016; Moum, Skaar og Midttun, 2017). Dette kapitlet vil ta for seg noen aspekter som er sentrale for at ombruksmarkedet skal kunne oppskaleres, med foreslåtte tiltak.

Hva som menes med et oppskalert marked er ikke entydig. Intuitivt handler det om å få en økning på markedet, med et antall markedsaktører i en verdikjede og visse strukturer rundt logistikk og praksis. I utstrekning kan det handle om å få til mer industrialiserte prosesser. Moum *et al.* (2017) beskriver industrialisering av byggebransjen og byggeprosesser. Det er ingen klar definisjon av hva industrialiserte byggeprosesser innebærer, men det argumenteres for at følgende elementer er sentrale:

- Organisering: God flyt av prosesser gjennom verdikjeden og god logistikk
- Skala: Produkt- og produksjonssomfang av en viss størrelse
- Teknologibruk
- Automatiserte prosesser
- Variasjon: En kombinasjon av standardisering og skreddersøm

Dette er ikke gitt at ombruksmarkedet skal representere alle disse elementene, men det gir en indikasjon på at dagens ombruksmarked er langt fra industrialisert.

### 2.7.1 Oppklaringer tilknyttet oppfyllelse av regelverket

Det er nødvendig med oppklaringer i forbindelse med hvordan regelverket skal overholdes, både ved omsetning av byggevarer og ved påvisning av nødvendige egenskaper for ny bruk (Kilvær et al., 2019; Asplan Viak, 2018; Myhre, Widenoja og Kilvær; 2018). Re-dokumentasjon, testing og sertifisering av ombruksvarer er per dags dato Sakomplisert å gjennomføre, og samtidig en forutsetning for at ombruksmarkedet skal kunne skaleres opp. Dersom en finner forsvarlige prosedyrer for re-dokumentasjon av enkelte byggevarer, vil det kunne danne fremtidig praksis for tilsvarende produkter (Kilvær *et al.*, 2019). Her kan pågående og fremtidige pilotprosjekter gjøre mye nybrottsarbeid som er svært viktig for bransjen.

I lys av EUs storsatsning på sirkulær økonomi, er det mulig at det på sikt vil gjennomføres tilpasninger eller endringer i regelverket for omsetting som i større grad muliggjør sirkulær materialhåndtering. Ifølge DiBK er EU i en prosess hvor de vurderer å gjøre endringer i byggeveforordningen (DiBK, 2019a). DiBK medvirker i revisjonsarbeider, men har ingen formell stemmerett ettersom Norge ikke er fullverdig medlem av EU (Lotherington, 2018). Eventuelle tilpasninger i regelverket vil dog kunne ta lang tid, og Kilvær *et al.* (2019) understreker at det foreløpig må tas utgangspunkt i det regelverket som er gjeldende i dag.

### 2.7.2 Forbedrede økonomiske rammevilkår

Kapittel 2.6.2 har belyst utfordringer tilknyttet økonomisk rammeverk for ombruk. Det er i dag mulig å få økonomisk støtte til prosjekter og initiativer som ønsker å satse på ombruk fra aktører som Enova, Innovasjon Norge, FutureBuilt og Klimasats (Asplan Viak, 2018; Innovasjon Norge, 2020; FutureBuilt, 2019; Miljødirektoratet, 2020). Dette er relativt nye initiativer. Manglende økonomiske insentiver for sirkulær materialhåndtering og sirkulære forretningsmodeller kan likevel anses som en barriere for økt ombruksgrad (Nußholz *et al.*, 2019).

Under er et utvalg av forslag til økonomiske insentiver nevnt i litteraturen listet opp:

- *Økte avgifter:* Avgifter på avfallshåndtering og levering på deponi kan økes ytterligere for å motivere til avfallsreduksjon ved ombruk (Asplan Viak, 2018).
- *Momsfritak:* Fritak på moms ved reparasjoner og salg av brukte varer kan gjøre at ombruksprodukter vinner frem i større grad fordi det lønner seg økonomisk (Asplan Viak, 2018).
- *Støtteordninger:* Økonomisk støtte til prosjekter med høye miljøambisjoner, slik som de nevnt over, kan motivere ombruk (Asplan Viak, 2018). Andre støtteordninger for lokale gjenbrukssentraler i storbyene, lagring og sertifisering, samt utarbeidelse av digitale markeds plasser kan også implementeres (Sørnes et al., 2014).
- *Panteordning:* Tilbaketaksordninger i form av pant kan premiere avfallsreduksjon og skape flere muligheter for ombruk (Nußholz et al., 2019).

### **2.7.3 Kompetanseheving, samarbeid og nye forretningsmodeller**

Kunnskap og forståelse for aspekter knyttet til ombrukspraksis er et viktig grunnlag for at aktører i bransjen skal kunne implementere ombruk i større grad (Asplan Viak, 2018). Dermed er rapporter og veiledere sentrale for å spre kunnskap og erfaringer som gjøres i bransjen. Videre vil ombruk på fagplanen til relevante fagfelt på universiteter og høyskoler kunne bidra til økt kompetanse i fremtiden (Asplan Viak, 2018). Veivisere og veiledningstjenester vil også være viktig for å gjøre det enklere å velge ombruk og andre bærekraftige løsninger (RENAS *et al.*, 2019).

Videre vil økt grad av selektiv riving og demontering kreve en utvikling av retningslinjer og opplæring, slik at for riveaktører kan bidra til å skape renere fraksjoner ved avhending og mer varsom håndtering av materialene (Høiby og Sand, 2018).

Samarbeid mellom aktører trekkes frem som en forutsetning for økt ombruk og en overgang til en mer sirkulær økonomi (Asplan Viak, 2019). Et godt eksempel på dette er Byggflokken, et innovasjonsprosjekt med en samling av 26 aktører fra byggregrelerte virksomheter. Resultatet av samarbeidet førte til utformingen av ni konsepter for sirkulære verdikjeder, med ombruk som en viktig del av disse (RENAS *et al.*, 2019). I rapporten Circular Economy in the Nordic Construction Sector trekkes det også frem at samarbeid på tvers av landegrensene er viktig for å utarbeide nye forretningsmodeller som kan gi avkastning (Høiby og Sand, 2018).

Sirkulær økonomi og ombruk åpner for nye forretningsmodeller og nyteknung når det gjelder organisering av markedet (RENAS *et al.*, 2019; Boye, 2019). Økt produsentansvar trekkes inn som en sentral mulighet (Boye, 2019). Det innebærer at leverandøren får ansvar for produkter i hele levetiden og ved endt brukstid. Det vil gi økt insentiv til å produsere holdbare produkter som er egnet for materialgjenvinning og ombruk, og redusere innhold av helse- og miljøfarlige stoffer (Boye, 2019). Ifølge Wærner og Tabacuru (2019) er dette ikke-eksisterende i byggebransjen. Leasing-modeller og delingsøkonomi vil også kunne bidra til nyteknung hva gjelder ombruk (Moum, Skaar og Midttun, 2017, RENAS *et al.*, 2019)

### **2.7.4 Tilgjengelig informasjon om brukte byggevarer og økt forutsigbarhet i markedet**

Som nevnt tidligere skaper mangelen på ombruksdatabaser utfordringer i anskaffelsesprosessen ved ombruk (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019). For at ombruksmarkedet skal kunne skaleres opp, må det foreligge mer informasjon om hva som er tilgjengelig for ombruk i markedet og internt i egen organisasjon. Det er derfor foreslått å etablere digitale markedsplasser, samt digitale plattformer for samling av informasjon (Asplan Viak, 2018). Dette vil kunne bidra til økt forutsigbarhet i tilbud og etterspørsel av ombruksvarer. Tilstrekkelig volum av ulike ombruksmaterialer er nødvendig for å kunne skape denne forutsigbarheten og for at ombruksmarkedet skal kunne fungere i industriell skala (Kilvær *et al.*, 2019).

Manglende dokumentasjon og informasjon om byggene og egenskapene til materialene er, ifølge Rose og Stegemann (2018), også en stor utfordring. Spesielt oppleves ‘‘som bygget’’ - dokumentasjon ofte ufullstendig og upålitelig de gangene den er tilgjengelig (Rose og Stegemann, 2018). I nye prosjekter vil innsamling og oppbevaring av tilstrekkelig informasjon om produktene som brukes være svært viktig for bedre å legge til rette for ombruk i fremtiden (Asplan Viak, 2018). Informasjon om materialenes kvalitet, tekniske egenskaper, garanti og veiledning for demontering kan samles inn i et såkalt «materialpass» utarbeidet av produsentene (Luscuere, 2017). Dette kan følge produktet gjennom livsløpet og oppdateres ved vedlikehold og andre inngrep, samt inkludere spesifikk FDV-dokumentasjon (Sørnes *et al.*, 2014). Lovfesting av en slik ordning kan skape et godt informasjonsgrunnlag og forenkle prosessen (BAMB, 2019).

Digitale verktøy, som for eksempel BIM-modeller («Building information modeling»), vil kunne tjene som FDV-grunnlag og også inneholde tilstrekkelig informasjon om byggevarer til ombruksformål, dersom de inneholder informasjon om hvordan bygget faktisk er bygget («som-bygget-dokumentasjon») (Bjørheim, 2018; Sunde *et al.*, 2020). Dette kalles gjerne også en «digital tvilling». BIM-modeller brukes i dag i økende grad for nybygg, men det er også fullt mulig å utarbeide for eksisterende bygninger (Sunde *et al.*, 2020). Teknologi som laserscanning til BIM vil kunne bidra i etableringen av digitale modeller av eksisterende bygg (Fuglesang, 2017; Cobuilder, 2018; Rodahl, 2019). Utarbeidelse av digitale tvillinger i nye prosjekter, som inneholder «som bygget»-dokumentasjon, er også et sentralt virkemiddel (Bjørheim, 2018).

### 2.7.5 Strengere krav til bærekraftig materialbruk

Som fremhevet tidligere stilles det krav i TEK17 til at det skal velges materialer som egner seg til ombruk og materialgjenvinning. Hvordan det skal synliggjøres er dog ikke avklart. Ved å stille strengere krav til sirkulær materialhåndtering og ombruk blant annet i forskriftene, vil dette medføre at bransjen må klare å levere løsningene (Kylili og Fokaides, 2017; Høibye og Sand, 2018). Det vil være et viktig insentiv til å endre praksis. Sunde *et al.* (2019) legger også vekt på bestillermakten byggherrer har. De beskriver dagens situasjon som en klassisk «høne og egg»-situasjon, der det er få leverandører av ombruksmaterialer og i prinsippet ingen som etterspør det heller. Dersom etterspørselen sikres, mener de at entreprenører og materialleverandører vil tilpasse seg. Difis veileder til sirkulære anskaffelser skal blant annet bidra til å forenkle mulighetene til å stille krav tilknyttet ombruk (Difi, 2019). Videre er følgende eksempler på tiltak foreslått i litteraturen:

- Utvidelse av kravet om miljøkartleggingen for farlig avfall til å inkludere kartlegging av ombrukspotensiale for materialene før rehabilitering eller riving (Asplan Viak, 2018; BAMB, 2019).
- Inspirert fra ordningen om EL-returordningen og andre produktkategorier, kan det være et tiltak at produsentene innfører et system for tilbaketaking ved endt funksjon eller et bestemt ombruksvolum for virksomheten (Asplan Viak, 2018). Dette kan bli lovfestet av myndighetene,

slik at produsentene kan ta nytte av å få materialene i retur, samt økt innsikt i hvordan de har fungert gjennom brukstider.

Kommunene kan videre spille en viktig rolle for økt ombruk, ved å stille krav til byggherrer, og sette premisser for byggesaksbehandlinger (Asplan Viak, 2018; Sørnes *et al.*, 2014). Dette kan gjøres ved å sette krav til informasjon om ombruksmaterialer gjennom avfallsplanen som leveres til kommunen. Om denne planen leveres tidligere, i forbindelse med søknad om igangsetting, kan informasjonen offentliggjøres digitalt og markedsføres for avhending eller salg og dermed skape et større tidsvindu til å uthente elementer og koble til pågående prosjekter (Asplan Viak, 2018; Sunde *et al.*, 2020).

### **2.7.6 Utforming av bygg som muliggjør ombruk i fremtiden**

Store deler av den eksisterende bebyggelsen har ikke vært planlagt for at det skal være mulig å endre funksjon uten større ombygginger eller at det skal være mulig å demontere byggene (Leland, 2008; Wærner, 2020). Ved å tilrettelegge byggene i større grad med gjennomtenkte materialvalg og en utforming som potensielt kan forenkle funksjonsendring og demontering, vil det kunne bli enklere med ombruk i fremtiden (Melton, 2020).

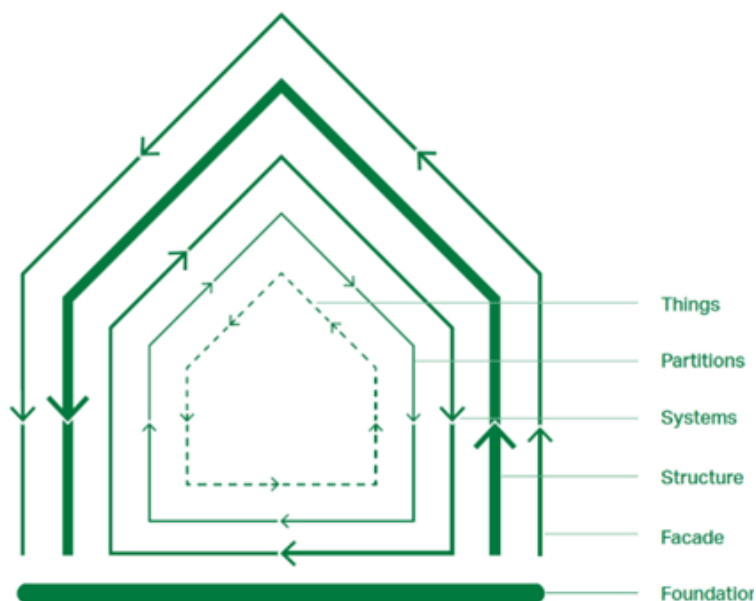
#### Forlenget levetid av bygg og materialer

I et bærekraftperspektiv er det viktig å sikre bygg og bygningsdeler en lang levetid (Bygg21, 2018a). Levetidsbetraktninger er dermed sentralt i vurderingen av hva som er hensiktsmessig håndtering av materialer (Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009). En kan skille mellom funksjonell, teknisk, estetisk og økonomisk levetid (se begrepsoversikt), og hvilken levetid som vil være begrensende er avhengig av situasjonen. Det er mange faktorer som har innvirkning på levetiden til byggenes bestanddeler; vedlikehold, bruksbelastning og eksponeringsmiljø, materialkvalitet, design og utførelse. Dersom det for eksempel ikke utføres nødvendig vedlikehold, vil levetiden for mange materialer bli kortere enn forutsatt (Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009).

Videre er det også sentralt å vurdere miljømessig forsvarlig levetid, som betyr at levetiden forsvarer miljøbelastningen som er lagt ned ved fremskaffelse av materialet (Nordby, 2009; Sørnes *et al.*, 2014). Det er ofte tilfelle at funksjonell levetid inntreffer før teknisk levetid er nådd (Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009). Det vil da være nødvendig å skifte ut materialet eller produktet, selv om gjenstanden teknisk sett fortsatt kunne vært fint brukelig i en annen funksjon eller plassering. Dette fører ofte til at materialer tidligere enn nødvendig betraktes som avfall, noe som ikke er forsvarlig i et miljøperspektiv.

Alle bygg består av en rekke ulike bestanddeler med forskjellig levetid. Figur 7 fremstiller en laginndeling av et byggs bestanddeler, der lagene har kortere beregnet levetid desto tynnere linjene er. En slik laginndeling ble fremstilt av Brand (1994) og tanken er at det skal være mulig å endre og bytte ut bygningsdeler med kortere levetid uavhengig konsekvenser for andre deler med lengre levetid. De delene som er vanskelig å komme til skal være holdbare i lang tid, slik som fundament og

bæresystemer (Akanbi *et al.*, 2018; Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009). Inventar og innredninger byttes ofte ut flere ganger i løpet av et byggs levetid, og bør være mulig å endre uten store inngrep. Det samme gjelder byggets fasade, som er meget værutsatt (Jensen *et al.*, 2019).



**Figur 7:** Laginndeling av de ulike elementene i en bygning (Jensen *et al.*, 2019).

I Tabell 2.3 er antatte levetider for de ulike bygningsdelene i sammenhengen med laginndelingen fremstilt.

**Tabell 2.3:** Oversikt over antatte levetider for ulike bygningsdeler (Jensen *et al.*, 2019).

| Bygningsdel                      | Antatt levetid |
|----------------------------------|----------------|
| Grunn og fundament               | 100+ år        |
| Bærekonstruksjon                 | 50+ år         |
| Fasade                           | 30+ år         |
| Planløsning og tekniske systemer | 10+ år         |
| Gjenstander og inventar          | 1+ år          |

### Økt tilpasningsdyktighet

Tilpasningsdyktighet av bygg anses, ifølge Melton (2020), som et viktig virkemiddel for å enklere kunne bruke materialer og produkter om igjen i ny plassering, og på den måten begrense uttak av nye ressurser da. Begrepet regnes som en samlebetegnelse for *generalitet*, *elastisitet* og *fleksibilitet*. Generalitet handler om muligheten til å endre byggets funksjon uten store bygningsmessige inngrep. Elastisitet angir muligheten til å endre størrelsen på bygningen, og fleksibilitet går ut på hvorvidt innvendig rominndeling kan endres innenfor hoveddrammene (Multiconsult og Byggemiljø, 2008; Arge og Landstad, 2002). Disse faktorene har betydelig innvirkning på muligheten til å ombruke byggevarer og

gi incentiv for å sikre lang levetid for komponenter, så vel som bygninger i sin helhet (Multiconsult og Byggemiljø, 2008; SINTEF Byggforsk, 2004a).

Praktiske eksempler på tilpasningsdyktighet i bygg er å sikre lange spennvidder for å muliggjøre for frie flater og lette innervegger. For mange bygg vil det å legge inn romslige etasjehøyder for endringsdyktighet med tanke på himlingshøyder og teknisk infrastruktur, samt tekniske mellometasjer være et godt tiltak (SINTEF Byggforsk, 2004a; Multiconsult og Byggemiljø, 2008).

### Prosjektering for demontering og ombruk

Konseptet om prosjektering for demontering og ombruk (eng: "Design for disassembly - (DfD)") baseres på at materialer og løsninger utformes slik at det er mulig å ta de fra hverandre (Leland, 2008). Målet er å sikre at materialer kan inkluderes i et sirkulært kretsløp og tilrettelegges ny bruk, forholdsvis enten ved ombruk eller materialgjenvinning (Jensen *et al.*, 2019). Utformingen av byggene og plasseringen av materialer har derfor en tett forbindelse med den materielle laginndelingen presentert tidligere i Figur 7.

For å muliggjøre demontering av materialer og produkter, vil bruken av festemekanismer og tilkoblinger spille en sentral rolle. Det anbefales for eksempel å bruke skruer fremfor spikere, kalkmørtel fremfor portlandsement og oppløselige festemidler fremfor lim (Jensen *et al.*, 2019). Ifølge Nordby (2009) er det også viktig å begrense materialvalget, sikre høy generalitet og ha tilgjengelig informasjon om materialene. Modulbasert utforming med standardiserte størrelser er et godt virkemiddel for å sikre høy fleksibilitet i byggene (Minunno *et al.*, 2020). Til slutt, er det sentralt å velge materialer med ingen eller lite innhold av helse- og miljøfarlige stoffer for å muliggjøre fremtidig ombruk (Nordby, 2017). Dersom en ikke kan unngå giftige stoffer i materialene, anbefales det at de enkelt kan identifiseres og demonteres (Leland, 2008).

### Sirkulære bygg

I forbindelse med implementering av sirkulær økonomi i byggenæringen, har sirkulære bygg fått en viktig betydning. Det finnes flere ulike definisjoner på begrepet, men Circle Economy definerer en sirkulær bygning som en bygning som er utviklet, brukt og ombrukt uten unødvendig ressursforbruk eller miljøbelastning (Circle Economy *et al.*, 2018). FutureBuilt har utarbeidet en mer konkret definisjon for sirkulære bygg konkret definisjon: "Et sirkulært bygg legger til rette for ressursutnyttelse på høyest mulig nivå, og består av minst 50 prosent ombrukte og ombrukbare materialer og komponenter" (FutureBuilt, 2019).

De deler begrepet videre inn i fem temaer, som er; (1) miljøbasert beslutning om rehabilitering eller riving, (2) ressursutnyttelse ved rivearbeider, (3) ombruk av materialer, (4) ombrukbarhet og (5) endringsdyktighet. Elementene nevnt ovenfor, som forlenget levetid, økt tilpasningsdyktighet og prosjektering for demontering, spiller derfor en viktig rolle i utformingen av sirkulære bygg.

## 2.8 Potensialet i eksisterende bebyggelse og fremtidige materialstrømmer

Hvor store mengder og hva slags materialer som vil kunne tilgjengeliggjøres fra eksisterende bygninger vil kunne ha en innvirkning på mulighetene for en oppskalering av ombruksmarkedet (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019). Det regnes med at det ligger store verdier i den eksisterende bygningsmassen, men hvor mye som kan anses å være ombrukbart er ukjent. Kjennskap til bygningsmassen og hvordan den er satt sammen, samt hvilke endringer som gjøres årlig, er sentralt for å få en bedre innsikt i dette (Hopkins *et al.*, 2019). I denne oppgaven fokuseres det på spesielt på næringsbebyggelse.

### 2.8.1 Eksisterende bebyggelse

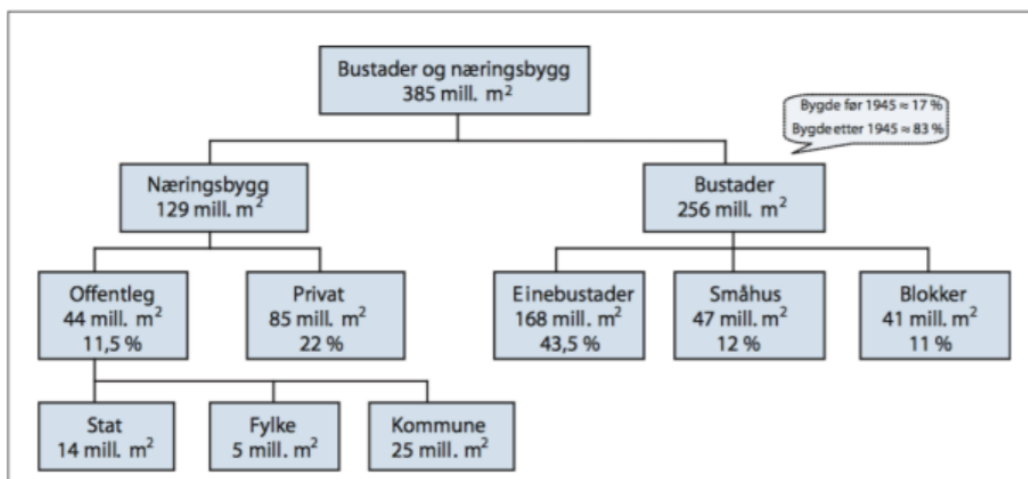
Den eksisterende bygningsmassen i Norge kan beskrives som variert og sammensatt. Ny teknologi, forandringer i bruksbehov, økt levestandard og økte krav i byggeforskriftene har medført endringer i byggeskikker og bygningers utforming gjennom tidene (Øyen *et al.*, 2010; Husaas, 2018; Leland, 2008). Eksempelvis har utvalget av byggematerialene endret seg mye de siste hundre årene, fra rundt 50 tilgjengelige byggematerialer i 1900 til titusener av dem i dag (Leland, 2008; Nordby, 2009).

Perioden for oppføring av byggene og materialene, samt daværende byggeskikker og typiske materialvalg, kan være avgjørende for potensialet av fremtidig ombruk. Deriblant er innfestningsmetoder, innhold av miljøfarlige stoffer og volum av ulike materialer sentralt her (Iacovidou og Purnell, 2016). Leland (2008) fremhever at store deler av den eksisterende bygningsmassen ikke er tilrettelagt for tilpasningsdyktighet eller demontering, og at dette kompliserer ombruk. Hvorvidt det egentlig finnes store nok mengder materialer og produkter av verdi å hente ut ved byggenes endte levetid, er et spørsmål som da kommer opp (Hopkinson *et al.*, 2019).

#### Bygningsmassen i Norge og Oslo

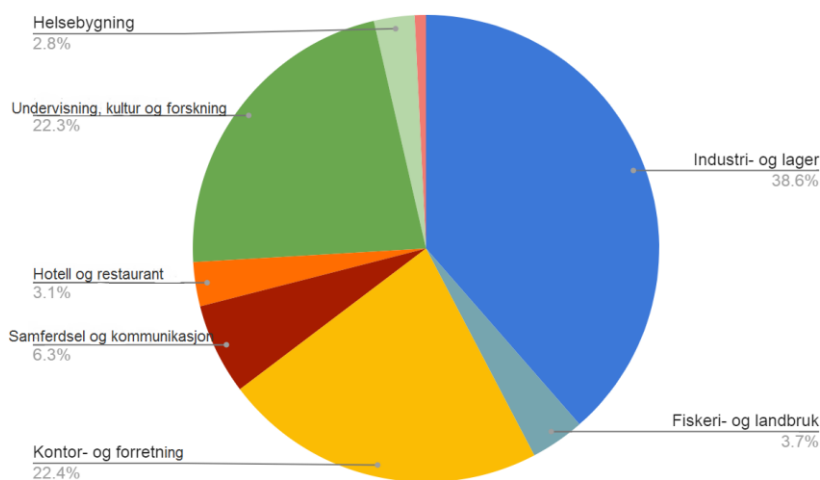
I Norge er det, per 1. januar 2020, totalt 4,2 millioner bygninger. En stor andel er bolig- og fritidsboliger, nærmere bestemt 82% (SSB, 2020b). Omtrent 750 000 bygg er næringsbygg. Det er anslått at bygningsmassen er relativt ung, med 2/3 av byggene oppført etter 1960 (Bohne og Wærner, 2014). I Figur 2.11 er arealfordelingen for den totale bygningsmassen anno 2011 fremstilt. En nyere oversikt har ikke vært mulig å oppdrive. Her fremkommer også fordelingen mellom private og offentlig eide yrkesbygg.





**Figur 2.11:** Norges bygningsmasse (ikke inkl. fiskeri- og landbruksbygg) (Grini, Oksvold og Sæter (2017).

I Oslo er det, ifølge oppdatert statistikk fra SSB, omtrent 132 000 bygg, hvorav omtrent 11 500, ca. 9%, er næringsbygg (SSB, 2020c). Antall bygg fordelt på typer næringsbygg er fremstilt i Figur 2.3. Fordelingen viser at det er flest industri- og lagerbygninger, kontor- og forretningsbygg og undervisnings- kultur og forskningsbygg. Spesifikk statistikk for alderssammensetningen for eksisterende næringsbygg i Oslo har ikke vært mulig å oppdrive (Sandberg *et al.*, 2019).



**Figur 2.12:** Prosentvis fordeling av ulike næringsbygg i Oslo for 2020 utarbeidet basert på statistikk (SSB, 2020c).

Da bygningsmassen i Oslo er antatt å ha en variert alderssammensetning er behovet for oppgradering og vedlikehold uvisst. Tilstanden til byggene er kartlagt i ulik grad, og privat eid bygningsmasse er mindre synliggjort enn den offentlige (Evjenth *et al.*, 2011). I 2019 fremla Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) en rapport som tilsa at kommunale og fylkeskommunale bygg har et stort vedlikeholdsetterslep. I rapporten ble det også fremhevet at mange ikke har oversikt over egen portefølje og hvilken tilstand byggene er i (RIF, 2019).

### Materialsammensetning av byggene

I nyere tid har det sirkulære konseptet om å betrakte eksisterende bygninger som materialbanker for videre bruk blitt mer fremtredende (BAMB, 2019; Grønn Byggallianse, 2019; Cai og Waldmann, 2019). Ved å kjenne til det som er bygget inn i bygget blir det også synliggjort hvilke potensielle verdier det har (Thorendal, 2019).

Innhold av forskjellige materialer i de ulike byggene varierer mye mellom bygningstypene. God kjennskap til den spesifikke materialsammensetningen er og forblir en utfordring, spesielt når det gjelder næringsbygg (Kohler og Yang, 2007; Kleeman *et al.*, 2014). Det er likevel noen generelle karakteristikk for typiske byggeteknikker som har vært gjeldende i Norge, som kan gi økt forståelse for byggenes sammensetning.

Blant annet utgjør trevirke, betong/murstein og stål de mest brukte materialene (Bohne og Wærner, 2014). Dette samsvarer med avfall fra rive- og rehabiliteringsstatistikk, hvor betong, tegl, metall og tre utmerker seg (SSB, 2020a). Videre er det, spesielt i nyere bygninger, også store mengder knyttet til teknisk infrastruktur, glass og materialer som opptar store flater, slik som kledning, gulvbelegg o.l. (Hopkinson *et al.*, 2019).

Under er det listet opp noen eksempler verdt å trekke frem på tidsperioder av som potensielt muliggjør eller begrenser ombruk basert på byggeskikk.

- Fra 1920-1930 ble det mer vanlig å tilsette sement i mørtelen i murvegger (Balke, 2003). Dette gjør det vanskeligere å få teglsteinene fra hverandre enn dersom kalkmørtel er brukt (Hopkinson *et al.*, 2019).
- Plasstøpt betong er vanskeligere å utnytte for ombruk enn prefabrikkerte betongelementer (Wærner, 2020). Elementbyggeri med betong begynte å bre seg i Norge fra 1970-1980 tallet, men riktignok er begge deler vanlig praksis i dag (Thue, 2019).
- I mange bygg fra 1920 og frem til 1980 ble det brukt produkter med innhold av asbest. Asbest er en mulig helserisiko og ble brukt i tusenvis av produkter, slik som brannisolerende plater, himlingsplater, gulvfliser og ventilasjonskanaler (Sintef Byggforsk, 2017). Det ble forbudt å bruke fra 1985 (Bygg og Bevar, 2019).
- Stål i bæresystemer som er produsert før 1970 har andre sikkerhetsfaktorer i prosjekteringsstandardene, som ikke samsvarer med dagens krav (Pimentel, Brown og Sansom, 2019). Det er dermed ikke fordelaktig å bruke stål fra før denne tiden, men ifølge Norsk Stålforbund er det mulig å bruke stålet dersom det har vært boltet (Kilvær *et al.*, 2019).
- Bygg og materialer fra før 1950 kan være verdt å bevare fordi det var høyere materialkostnader og rimeligere arbeidskraft, som bidro til økt kvalitet i utførelsene og mer omsorg for detaljer (Stenby, 2019).
- Eldre bygninger kan være vernede eller fredet etter kulturminneloven og plan- og bygningsloven eller «gul liste», som er en oversikt over erkjente og prioriterte kulturminner i Oslo (Oslo Kommune Byantikvaren, 2014; Riksantikvaren, 2020a). Bygninger bygget før 1900 er også

registrert i SEFRAK- registeret (Sekretariatet for registrering av faste kulturminner i Norge) og kan være restriksjoner på. Spesielt er det meldeplikt til kulturminneansvarlige i fylkeskommunen ved endringer på bygninger eldre enn 1850 (Riksantikvaren, 2020b). Slike restriksjoner kan ha en innvirkning på hvilke bygg som er lov til å gjøre endringer på, som vil kunne få konsekvenser for ombrukspotensialet i eksisterende bygg.

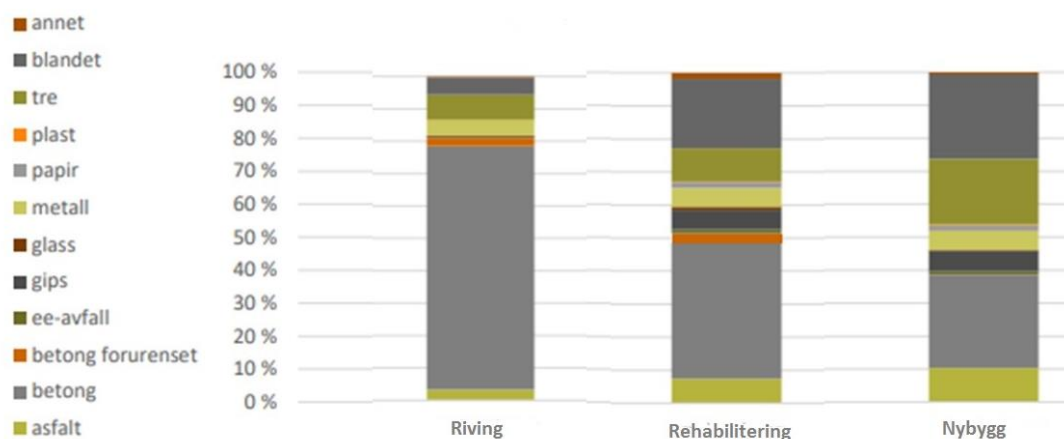
### 2.8.2 Bygge- og riveaktivitet

Tilgjengelighet av materialer som kan ombrukes er avhengig av rehabiliterings- og riveaktivitet som frigir brukte produkter og materialer fra den eksisterende bygningsmassen. Det oppstår også en del mengder i forbindelse med nybygging, men det er valgt å se bort ifra her da det ofte innebærer kapp og svinn (Skjelle *et al.*, 2001). Avfallsstrømmer fra slike tiltak, som synliggjort i avfallsstatistikk, kan danne et utgangspunkt for forståelse av hvor store mengder som årlig frigis, og som potensielt kan ombrukes (Rose og Stegemann, 2018). Mengdene av byggavfall og sammensetningen per år er presentert i delkapittel 2.1.4.

I Oslo har det gjennomsnittlig de siste ti årene blitt revet 165 nærings- og kommunale bygg, hvorav store deler er lager- og industribygninger, og deretter undervisningsbygg og kontorlokaler. Statistikken sier midlertidig ikke noe mer om størrelser eller alder på byggene (SSB, 2020d). Hvor lenge bygg står før det er aktuelt for større inngrep og riving er omdiskutert, men ofte opereres det med en forventet levetid på mellom 60 - 100 år (Gorgolewski, 2009). Innen næringssegmentet er det ulike type bygg som anses å ha svært forskjellige levetider (Enova, 2017). Samtidig fremheves det at det ofte er komplekse årsaker til at bygg rives og at det ikke nødvendigvis samsvarer med byggenes alder (Kohler og Hassler, 2002).

Når det gjelder rehabiliteringsaktivitet er det en mangel på god statistikk, og det er ikke alltid entydig hva det innebærer da omfanget av rehabiliteringsaktiviteter kan variere betydelig (Kalhagen *et al.*, 2011). Intervaller for rehabilitering av bygninger vil, i likhet med riveintervaller, variere. SINTEF Byggforsk (2015) opererer med at det er høy sannsynlighet for at bygninger som har stått i 30 år vil ha behov for rehabilitering. Spesielt kontorbygninger er ofte tilfelle av en fullstendig rehabilitering der bæresystemer blir stående etter 25-30 år (SINTEF Byggforsk, 2015).

I Figur 2.13 presenteres erfaringstall for avfall fra bygge- og riveaktiviteter fra næringsbygg. Her er det synliggjort hvilke materialfraksjoner som utmerker seg, og betong utgjør en stor andel, spesielt fra riveaktivitet. Blandet avfall fra nybygg og rehabilitering utgjør også en betydelig del.



Figur 2.13: Avfallsfraksjoner fra ulike byggeaktiviteter. Basert på (Ibenholt *et al.*, 2018).

Næringslivet i Oslo er angivelig i vekst, og både verdiskapning og sysselsetting har økt det siste tiåret (Byrådsavdeling for finans, 2019). Det hevdes at Oslo har den høyeste verdiskapningen i næringslivet sammenlignet med andre norske byer. Videre anslås det at det er utbygget omtrent 3,5 millioner kvadratmeter næringsarealer i hovedstaden mellom 2000 og 2018. Størst andel er kontor- og administrasjonsbygg (Byrådsavdeling for finans, 2019). Det har vært et større tilslag av bygg enn det som har blitt revet. Behovet for næringslokaler vil trolig også være stort i tiden som kommer, med en forventet befolkningsvekst på 23% fra 2019 til 2040, og dersom næringsutviklingen fortsetter (Barlindhaug og Johansen, 2010; Byrådsavdeling for finans, 2019).

### Mulig utvikling

Den historiske utviklingen i byggeaktivitet vil kunne danne et grunnlag for å anslå hvor mange bygg som vil behøve rehabilitering eller som vil rives i årene som kommer (Kohler og Hassler, 2002). Utfordringen er at SSB kun har ført statistikk fra byggeaktivitet fra 2000-tallet og fremover. Dermed er det mer sentralt å se til trender som har vært innen riving- og rehabiliteringsaktivitet, samt prognoser for fremtidig utvikling av bygningsmassen.

De senere årene er det blitt et økt fokus på en mer bærekraftig håndtering av bygningsmassen, ved bevaring av byggene (Bygg21, 2018a). Awano (2015) fremhever at trendene i nyere tid har endret seg fra komplett riving av gamle bygg til at det er et større ønske om rehabilitering av eksisterende bygg. Grønn Byggallianse publiserte i 2019 en veiviser «*Tenk deg om før du river*», som forsøker å fremme denne tankegangen. I rapporten hevdes det blant annet at bevaring fremfor riving av bygg er mer økonomisk gunstig, bidrar til en mer effektiv materialbruk og innebærer miljøbesparelser (Grønn Byggallianse, 2019). Dersom en slik tankegang får fotfeste og gjennomføres i praksis, vil det vil kunne medføre at bygg sjeldnere rives. Følgelig vil en kunne se en nedgang i avfall fra riveaktivitet. Samtidig mener Wærner og Bohne (2014) at det er liten erfaring med riving i Norge, ettersom bygningsmassen er relativt ung, men at det er en økning i riveaktivitet.

Byggenæringen er svært konjunkturutsatt, som gjør at det kan være vanskelig å forutse utviklingen av byggeaktiviteter (Øyen *et al.*, 2010). Mange framskrivninger for byggeaktivitet baseres blant annet på befolkningsvekst, da økt befolkning medfører økt behov for spesielt boliger, men også andre type bygg (Ungersness *et al.*, 2011). Utviklingen innenfor næringsbygg er mer utfordrende å forutsi, da det gjerne avhenger av flere faktorer slik som økonomisk utvikling, næringsstruktur og arealkostnader (Fiksen *et al.*, 2013). For næringsbygg er det ikke datagrunnlag til å kunne simulere den historiske utviklingen i etterspørsel tilbake og frem i tid på tilsvarende måte som for boliger (Sandberg *et al.*, 2019).

Miljøverndepartementet anslår at 80% av dagens bygningsmasse kommer til å forbli stående i 2050 (Kommunal- og regionaldepartementet, 2009). Spesifikt for Oslo er det anslått at 50% av dagens bygningsmasse kommer til å stå urørt frem til 2040, 25% kommer til å bli rehabilitert og 25% av byggene i 2040 kommer til å være bygget etter 2020 (Sandberg *et al.*, 2019). Flere rapporter anslår at rehabiliteringsraten for næringsbygg i Norge vil være på rundt 1,5% de neste årene (Sandberg *et al.*, 2019; Fiksen *et al.*, 2013). Sett i sammenheng med totalt areal av næringsbygg i Oslo, vil det være grunn til å tro at det er snakk om store mengder materialer som frigis fra rehabiliteringstiltak.

Videre er det aspekter som antyder en økt rehabiliteringsaktivitet de kommende årene. Som tidligere nevnt, er det for eksempel et stort etterslep i vedlikehold av mange kommunale bygg. Det vil trolig føre til et større behov for ombygging og rehabilitering i årene fremover for å sikre tilfredsstillende ytelse i bruk (RIF, 2019). En ser også, spesielt innen segmentet kontor- og administrasjonsbygg en stadig utvikling i bruksmønster. Arealeffektivitet, med lavere arealbruk og flere ansatte per areal har blitt en viktig fanesak (Langseth, 2016). Blant annet er kontornormen for statlige virksomheter nå satt til 23 kvadratmeter per ansatt, inkludert fellesarealer (Nikolaisen, 2018; Sæthre og Jensrud, 2015). Det legger til rette for flere åpne kontorløsninger fremfor typiske cellekontorer og mer effektiv arealbruk, noe som i mange tilfeller vil innebære oppussing og ombygging. Samtidig som at det er ønskelig å få ned arealbruken, oppleves det stadig at mange kontorbygg og arealer står tomme, gjerne avhengig av nybyggingsraten (Jacobsen, 2020; Flaa og Bjørnstad, 2019).

### **2.8.3 Kartlegging av potensielle materialmengder**

Avfallsstatistikk kan gi et innblikk i mengder materialer som frigis fra bygge- og riveaktivitet. I Norge er det meste av statistisk informasjon og informasjon om bygg og byggenæringen gitt av Statistisk Sentralbyrå. Ifølge Skogedal (2019) anses statistikken for nybygging og riving som pålitelig, men det er likevel knyttet enkelte svakheter og mangler til statistikken, spesielt trekkes usikkerheter tilknyttet mengder avfall fra rehabiliteringsaktiviteter frem. Det anbefales en kvalitetssikring av beregningsmetode og resultater for å sikre usikkerhetsmomenter, og SSB har uttalt at det kontinuerlig arbeides for å bedre avfallsstatikken (Skogedal, 2019). NHP-nettverket har også nylig uttrykt et ønske om å digitalisere avfallsplanene, i et brev sendt til DiBK, SSB og Miljødirektoratet. Dagens praksis anses som et etterheng, med manuell utfylling satt opp av hver enkelt bedrift. For å kunne nå mål om en

bedret avfallshåndtering med sirkulære prinsipper, er det nødvendig med god og pålitelig statistikk (NHP-nettverket, 2020).

En annen problemstilling er at det kan være vanskelig å vite hva de ulike avfallsfraksjonene inkluderer (Rønning, Engelsen og Brekke, 2016). Avfallsstatistikken fordeler byggavfallet på materialfraksjoner som er tiltenkt gjenvinning, fremfor produkter eller byggevarer som kan være egnet til ombruk (Rose og Stegemann, 2018; Arora *et al.*, 2020). Byggene oppføres av komponenter, slik som vinduer, gulvbelegg, dører, søyler, prefabrikkerte dekker osv., men i statistikken er det kun mulig å lese av fraksjoner som glass, metaller og restavfall. En ytterligere utfordring ved å bruke avfallsstatistikk til å vurdere eksisterende bygg og potensielle mengder er at det gir et bilde av hvordan bygget er satt sammen og materialfraksjoner først etter at alt er tatt ut og håndtert (Rose og Stegemann, 2018).

I Norge er det gjennomført et utvalg studier som ser på sammensetningen av eksisterende bygningsmasse og ulike materialstrømmer (Sartori *et al.*, 2008; Vignisdottir *et al.*, 2015; Bohne og Wærner, 2014; Sandberg, Sartori og Brattebø, 2014; Sartori, Sandberg og Brattebø, 2016; Sandberg *et al.*, 2016; Rønning, Engelsen og Brekke, 2016; Langseth, 2016). Felles for mange av disse studiene er at de knytter informasjonen om bygningsmassen opp mot vurdering av energibruk eller avfallsframskrivninger for ulike materialstrømmer. De tar også ofte utgangspunkt i boligbygg. Det er flere tilnærminger for hvordan bygningsmassen kan kartlegges, blant annet ved å se på "som bygget"-dokumentasjon (Kohler og Hassler, 2002). Eksempelvis bruker Sandberg *et al.* (2019) en dynamisk bygningsmassemmodell, utarbeidet gjennom flere år og beskrevet av blant annet Sartori, Sandberg og Brattebø (2016), med utgangspunkt i behov for boliger basert på befolkningsvekst og levestandard. Analysen inkluderer også utvikling av næringsarealer fordelt på ulike tidsperioder i henhold til forskrifter TEK, men analysen ser hovedsakelig på energibehov i sammenheng med bygningsmassen (Sandberg *et al.*, 2019). Kartlegging av næringsbygg er ansett som en større utfordring, da det ofte er mangel på tilstrekkelig empirisk data (Ortlepp, Gruhler og Schiller, 2016; Kohler, Steadman og Hassler, 2009).

Videre lanserte Circular Norway i år en rapport som inkluderer materialstrømsanalyse og en oversikt over bygningsmassen i Kongsvinger basert på utvalgte materialer og stoffer. Den gir et helhetlig bilde av eksisterende bygningsmasse fordelt på materialer over år, men det er ikke differensiert på type bygg eller produkter (Circular Norway, Circular Economy og Kongsvinger Kommune, 2020). Denne informasjonen skal etter planen brukes til å forutse hvilke materialer som vil bli tilgjengelige i fremtiden.

Lignende overordnede analyser for andre deler i Norge er ikke mulig å oppdrive. Praktiske og mer prosjektspesifikke ombrukskartlegginger er det derimot flere eksempler på. Flere aktører i bransjen stiller med kompetanse på kartlegging. Blant annet kartla Resirqel over 20 bygg i 2019 (Resirqel, 2020a). Eksempelvis har også danske Lendager Group stått for kartleggingsarbeid for Mustad Eiendom på Lilleakerbyen (Kilvær *et al.*, 2019). Slike kartlegginger er kun gjennomført prosjektspesifikt på

utvalgte bygg, som reduserer potensialet for å kunne generalisere det til å gjelde hele bygningsmassen. Slike studier gjennomføres gjerne også etter prosjektets ombruksambisjoner, slik at det ikke nødvendigvis gir informasjon om alle materialer som totalt kunne vært brukt om.

## 2.9 Miljøsystemanalyse

Det finnes mange ulike måter å anslå miljøpåvirkning av bygninger og byggematerialer (Bakshi, 2019). Miljøsystemanalyse kan benyttes som et samlebegrep for ulike typer miljøanalyser, blant den er livssyklusanalysen (LCA).

### 2.9.1 Livsløpsvurdering (LCA)

LCA er en systematisert metode brukt til å finne ut miljøpåvirkningen til et produkt, produktsystem eller aktivitet gjennom identifikasjon av direkte og indirekte energi- og materialforbruk, avfall og forurensning til miljøet (Bakshi, 2019). Analysen kan inneholde hele eller deler av livsløpet til et produkt eller system, fra uttak av råmaterialer til produktet er i bruk og til slutt skal avhendes. Omfanget av analysen, eller systemgrensene, bestemmes utfra formålet til studien. Metoden bygger på standardene NS-EN ISO 14040, NS-EN ISO 144044 og NS-EN ISO 14025. Vanligvis følger gjennomføring av en livssyklusanalyse de fire stegene som er angitt under.

#### 1. Definisjon av mål og omfang:

Først må hensikt og omfang av studien bestemmes. Det må gjøres en vurdering av hvilke prosesser som inngår i produktsystemet og hvor *systemgrensene* skal gå. En vanlig systemgrense for byggevarer er vugge-til-grav, som tar med alle prosesser fra råvareuttak til avhending. Vugge-til-port betegner analyser som kun tar med prosesser frem til produktet er ferdig produsert (SINTEF Byggforsk, 2014a).

Videre bestemmes en felles *funksjonell enhet*, som er en klart definert og målbar referansenhet. Den funksjonelle enheten knytter produktet som analyseres til en funksjon og et livsløp, og skal kunne danne et fundament for rettferdig og god sammenligning mellom alternative måter å løse funksjonen på (Bakshi, 2019; Fuglseth *et al.*, 2018). Det bemerkes at det ikke kan fastsettes noen funksjonell enhet for produkter som kun analyseres for deler av livsløpet (SINTEF Byggforsk, 2014a). Da må deklarete enheter knyttet til masse benyttes, slik som kg eller m<sup>3</sup>. En deklart enhet er ikke sammenlignbar på samme måte som en funksjonell enhet (SINTEF Byggforsk, 2014a).

Overordnet er det fire hovedfaser som ofte er utgangspunktet ved fastsetting av systemgrensen for livsløpsvurdering av byggevarer (SINTEF Byggforsk, 2014a). Fasene er også representert i Figur 2.14.

- Produktstadiet tar for seg hvordan råvarer blir hentet ut og omdannet til produkter. Dette inkluderer fasene A1-A3.
- Gjennomføringsstadiet tar for seg transport frem til byggeplass og montasje av byggevaren i bygget. Dette er fasene A4 og A5.
- Bruksstadiet innebærer bruk, vedlikeholdsarbeid, utskiftninger og drift gjennom livsløpet. Dette involverer fasene B1 til B8.
- Livsløpets sluttstadium, fase C1-C4, tar for seg rivearbeid, demontering, frakt og avhending.

Som mulig tilleggsmateriale utover bygningens livsløp er fase D. Denne tar for seg potensielle fordeler og ulemper ved material- og energigjenvinning, samt videre ombruk (Standard Norge, 2006). Det er verdt å merke seg at fase D er frivillig og ment som supplementær informasjon, og er utenfor dagens systemgrenser. Dette medfører at systemet i utgangspunktet kun ser på en lineær prosess fra “vugge til grav” og ikke en sirkulær tankegang fra «vugge til vugge» (van Dijk, Tenpierik og van den Dobbelsteen, 2014). Dersom fase D inkluderes, oppstår det utfordringer knyttet til fordeling av fordeler og ulemper til mellom ulike systemavgrensninger (Nordby, Solli og Dahlstrøm, 2015).

| Informasjon om bygningens livsløp |           |             |                                  |                            |                         |             |            |               |           |                    |                  |                   |                                    | Tilleggsinformasjon utover bygningens livsløp |                   |  |   |
|-----------------------------------|-----------|-------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------|------------|---------------|-----------|--------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|---|-------------------|--|---|
| Produktstadiet<br>(A1-A3)         |           |             | Gjennomføringsstadiet<br>(A4-A5) |                            | Bruksstadiet<br>(B1-B8) |             |            |               |           |                    |                  |                   | Livsløpets slutt-stadie<br>(C1-C4) |   |                   | Konsekvenser utover systemgrensen<br>D |   |
| Råmaterialer                      | Transport | Tilvirkning | Transport                        | Bygge- og monteringsarbeid | Bruk                    | Vedlikehold | Reparasjon | Utskiftninger | Ombygging | Energibruk i drift | Vannbruk i drift | Transport i drift | Riving                             | Transport                                     | Avfallsbehandling | Avhending                              | Material- og energigjenvinning, ombruk av materialer, eksport av egenprodusert energi |
| A1                                | A2        | A3          | A4                               | A5                         | B1                      | B2          | B3         | B4            | B5        | B6                 | B7               | B8                | C1                                 | C2  | C3                | C4                                     | D   |

**Figur 2.14:** Oversikt over livsløpsfaser. Egenprodusert etter (Standard Norge, 2018)

## 2. Livsløpsregnskapsfasen

Livsløpsregnskapsfasen omfatter innsamling av relevant data for å kunne analysere ressurser som går inn og ut av enhetsprosessene som inngår i produktsystemet. En enhetsprosess kan være en enkelt arbeidsoperasjon eller en industriprosess (SINTEF Byggforsk, 2014a). Ressursene kan være materialer, energi, avfall og utslipp. Datainnsamlingen kan være omfattende og detaljert, avhengig av type analyse som gjennomføres. Ofte brukes databaser på med livsløpsinventar av flere produkter og prosesser som utgangspunkt for innhenting, slik som Ecoinvent.

Dersom utslipp skjer i aktiviteter som leverer mer enn ett produkt, må utslippene fordeles mellom de ulike aktivitetene eller prosessene. Dette kalles allokering og kan gjennomføres på ulike måter. Standardene anbefaler å forsøke å splitte opp systemet i delprosesser så langt det lar seg gjøre for å unngå allokeringproblemer (Fuglseth *et al.*, 2018). Dersom dette ikke er mulig kan en allokere ved



systemutvidelse, eller ved fordeling basert på fysiske størrelse (masse, volum, energi) eller økonomisk verdi (Nordby, Solli og Dahlstrøm, 2015). Førstnevnte innebærer å «fjerne» biprodukter fra en prosess ved å trekke fra utslippene fra utslippene fra en alternativ produksjon av produktet.

### 3. Livsløpseffektvurderingsfasen

I denne fasen er målet å synliggjøre miljømessige konsekvenser ved de ulike inn- og utgangsfaktorene knyttet til enhetsprosessene i produktsystemet. Ressursforbruk og utslipp tilegnes da ulike miljøpåvirkningskategorier eller effektkategorier. Resultater av livsløpsanalyser angis som oftest ved midtpunkts-indikatorer, der utslipp blir tilordnet og klassifisert inn ulike miljøpåvirkningskategorier med felles benevnning (effektkategorier). I henhold til ReCipe-midtpunkt metoden, som er mye brukt i LCA, er det totalt 18 påvirkningskategorier som oppgis (Bakshi, 2018). Globalt oppvarmingspotensial (GWP) og forsurening av jord og grunnvann er eksempler på slike effektkategorier (SINTEF Byggforsk, 2014a; Bakshi, 2018).

Hver effektkategori har én felles enhet. Eksempelvis benyttes henholdsvis kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter og kg SO<sub>2</sub> for de nevnte kategoriene. Det er flere ulike utslipp som kan bidra inn i de ulike effektkategoriene. For eksempel bidrar karbondioksid (CO<sub>2</sub>), lystgass (N<sub>2</sub>O) og metangass (CH<sub>4</sub>) til globalt oppvarmingspotensial. For å få alle bidrag på samme enhet benyttes karakteriseringsfaktorer, som veker de ulike utslippene relativt til hverandre (SINTEF Byggforsk, 2014a).

Det er også mulig å angi resultater ved bruk av endepunkts-indikatorer, som beskriver konsekvensene på blant annet helse, økosystemer eller ressurstilgjengelighet. Dette er ikke inkludert i standarder for livsløpsvurdering av bygninger eller bygningsmaterialer da disse metodene er mer usikre og subjektive (SINTEF Byggforsk, 2014a)

Bakshi (2019) argumenterer for at det er viktig å ha et overordnet systemperspektiv ved sammenligning mellom alternativer for å unngå at et miljøproblem erstattes av et annet (såkalt «problem shifting») og for å kunne finne den overordnet mest miljøvennlige løsningen i et samfunnsperspektiv. Ved å kun fokusere på klimagassutslipp, og da spesielt CO<sub>2</sub>-utslipp, risikerer en å overse andre miljøpåvirkninger av innflytelse (Bakshi, 2019). Steinmann *et al.* (2016) argumenterer likevel for at noen utvalgte miljøpåvirkninger i mange tilfeller er mest interessante og hensiktsmessige å trekke fram. Blant dem er GWP.

### 4. Tolkningsfasen

Siste fase innebærer å gjøre en samlet vurdering ved rapportering og tolking av resultatene opp mot hensikten og omfanget av analysen. En kritisk gjennomgang av en ekstern tredjepart kan være nødvendig dersom resultatene ved sammenliknende analyser skal offentliggjøres (SINTEF Byggforsk, 2014a).

## 2.9.2 LCA av ombruksmaterialer

Ved gjennomføring av livsløpsanalyser som inkluderer ombrukte materialer eller produkter kan det være spesielle hensyn å ta, sammenlignet med et standard nyprodusert produkt (Fuglseth *et al.*, 2018). Som nevnt tidligere er effektene av ombruk kun frivillig å ta med, og «vugge-til-grav» og «vugge-til-port» er vanlige systemgrenser, så foreløpig legges det ikke spesielt opp til sirkulære prinsipper i gjennomføring av livsløpsanalyser (Richter, 2001).

Nordby, Solli og Dahlstrøm (2015) og Fuglseth *et al.* (2018) beskriver allokeringproblematikken tilknyttet materialgjenvinning, men som også er aktuelt i forbindelse med ombruk. Systemet som betraktes er tilsynelatende et gjenvinningsystem der materialer brukes som innsatsfaktor i produksjon av nye produkter. Det handler i stor grad om at fordeler og ulemper som oppstår ved resirkulering eller ombruk, vil måtte allokere mellom prosjekter. Fuglseth *et al.* (2018) angir at gevinsten ombruk gir i form av reduserte klimagassutslipp må fordeles til en eller flere av bruksfasene til et ombrukbart produkt. Noen utvalgte metoder vil beskrives her.

Metoden som gjerne brukes i EPD-er kalles «avgrensning» (eng: «cut off») eller «resirkulert andel». Den innebærer at produkter tildeles de aktuelle miljøbelastningene som er direkte forbundet med det. Det betyr at systemet som gjenbraker et produkt ikke vil få de negative belastningene fra produksjon av produktet. En annen metode, som kalles «kvalitetsforringelse», fordeler miljøbelastninger til hvert produkt i forhold til kvalitetsforringelse eller restlevetid. Dermed får produsentene av produkter med lang levetid en fordel. I et lukket kretsløp fordeles en gjennomsnittlig miljøbelastning fra produksjon og avhending av alle produktene i verdikjeden (Fuglseth *et al.*, 2018; Nordby, Solli og Dahlstrøm, 2015). Metodene ser bruk av ressursene i ulike produkter i ett overordnet system.

Dersom det er et produkt som forblir i bygget, ved lokal ombruk, anbefales det at utslippsverdien settes lik null. Hvis materialer i bygningen tas vare for på for ombruk ved riving, kan gevinster og utslipp i forbindelse med dette settes separat i fase D. Her regnes netto miljøpåvirkning i forbindelse med unngåtte utslipp fra produksjon av nye materialer og bearbeidelse av ombruksproduktene (Fuglseth *et al.*, 2018). For ekstern ombruk er kriteriet at systemgrensen settes når materialet fra forrige system når «end-of-waste», definert i henhold til NS 3720. Det betyr at materialet må oppfylle følgende:

- Det kan brukes til et spesifikt formål
- Det fyller et markedsbehov
- Det oppfyller lovkrav og andre spesifikke krav
- Det er ikke helse- og miljøskadelig i henhold til REACH

Det er ikke tydelig når eller hvordan materialene når «end- of-waste» og hvorvidt for eksempel større utslipp tilknyttet demontering fremfor riving bør allokere mellom systemene eller tilegnes det ene eller

andre prosjektet (Fuglseth *et al.*, 2018). Det angis heller ikke hvilke faser som skal brukes dersom det kun er materialene som betraktes, og ikke et helt bygg.

### 2.9.3 Metodiske valg

Ved gjennomføring av livsløpsvurderinger kan det være metodiske valg som kan ha betydning for endelig resultat. Her vil valg hva angår levetid, utskiftningsbehov og elektrisitetsmikts beskrives.

#### Levetid og utskiftningsbehov

Vurdering av levetiden kan ha stor konsekvens for sluttresultatet i analyser for det påvirker intervaller for vedlikehold og utskiftning i løpet av analyseperioden. Valg av analyseperioden vil også være avgjørende for hva som vil bli inkludert. For bygninger settes ofte beregningsperioden til 60 år (Sintef Byggforsk, 2015). Rønning, Lyng og Vold (2011) fremhever at ved livsløpsvurderinger av byggematerialer utover bærende konstruksjoner, så bør hele byggets levetid være utgangspunktet, da materialenes levetider ofte er sammensatte og kan sees i sammenheng hverandre.

Som nevnt tidligere har ulike materialer og elementer i bygget forskjellige levetider som påvirkes av flere faktorer, som utførelse, vedlikehold, materialkvalitet og eksponeringsmiljø (Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009). Levetid er ingen iboende karakteristisk egenskap, og må sees i sammenheng med funksjonen over tid. Det vil være egenskapen som går under et akseptabelt ytelsesnivå som er avgjørende for fastsettelse av levetiden (SINTEF Byggforsk, 2004b).

Etablering av datagrunnlag for levetidsbetraktninger har for det meste foregått usystematisk og i stor grad basert på erfaringstall. Testing ved korttidseksposering i laboratorier og langtidseksposering under gitte bruksbetingelser kan være med på å gi et uttrykk for produktets bestandighet. For evaluering av nye produkter er det ofte aktuelt å teste ved korttidseksposering (SINTEF Byggforsk, 2004b). Generelt fører mangel på informasjon om eksponering og aktuelle bruksbetingelser for produktene til at erfaring og ekspertvurderinger blir sentrale for levetidsbetraktninger (SINTEF Byggforsk, 2004b).

SINTEF Byggforsk har utarbeidet anvisningen *700.320 Intervaller for vedlikehold og utskiftning av bygningsdeler* som inneholder blant annet forslag til korte, middels og lange intervaller, basert på materialkvalitet og påkjenning, for teknisk funksjonalitet av bygningsdeler. Disse intervallene er retningsgivende, og det anbefales å ta høyde for realistiske justeringer ut fra tilgjengelig kunnskap om den aktuelle anvendelsen (SINTEF Byggforsk, 2017a; Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009). Dette er også aktuelt for levetider oppgitt i EPD-er som er basert på produsentenes erfaringer, og ikke standardiserte prøvemeter (EPD-Norge, u.å.-b). Oppgitte levetider bør derfor vurderes om stemmer i hvert enkelt tilfelle ved bruk av miljødeklarasjoner (EPD-Norge, u.å.-c). både lenger levetid og tidligere utskiftning. En tidligere utskiftning skyldes som regel at den funksjonelle levetiden er nådd fordi det er kommet bedre løsninger på markedet eller krav fra bruker og forskrifter har endret seg. Eksempler over hvilke bygningsdeler og hvilken levetid som ofte er gjeldende er vist i Figur 2.15.

Restlevetiden til et produkt vil vanligvis ikke avta lineært over tid, men er avhengig av hva som skyldes årsaken for utskiftning (Holøs, 2018). I noen tilfeller bør det gjøres en ytterligere vurdering om utskiftning i det hele tatt er nødvendig, eller om reparasjon kan være aktuelt (SINTEF Byggforsk, 2017c).

| Bygningsdel                     | Levetid som trolig inntreffer først        |
|---------------------------------|--|
| <b>2 Bygning</b>                |  |
| 21 Grunn og fundamenter         | Teknisk levetid                            |
| 22 Bæresystemer                 | Teknisk levetid                            |
| 23 Yttervegger                  | Teknisk eller estetisk levetid(overflater) |
| 24 Innevegger                   | Funksjonell levetid*                       |
| 25 Dekker                       | Teknisk levetid                            |
| 26 Yttertak                     | Teknisk levetid                            |
| 27 Fast inventar                | Funksjonell levetid                        |
| 28 Trapper, balkonger med mer   | Teknisk levetid                            |
| <b>3 VVS-installasjoner</b>     |  |
| Pumper og aggregater            | Funksjonell levetid pga krav/teknisk       |
| Rør/kanaler                     | Teknisk levetid                            |
| <b>4 Elkraft</b>                |  |
| Fordeling                       | Teknisk levetid/funksjonell                |
| Lys                             | Funksjonell levetid                        |
| <b>5 Tele og automatisering</b> |  |
| Automatisering                  | Funksjonell levetid                        |
| Dataanlegg                      | Funksjonell levetid                        |
| Lyd og bilde                    | Funksjonell levetid                        |
| Alarm og signalanlegg           | Funksjonell levetid                        |

\* virksomhetens funksjon

**Figur 2.15:** Oversikt over hvilken levetid som ofte inntreffer først hos ulike bygningsdeler (Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009).

### Elektrisitetsmiks

Flere prosesser knyttet til levetidsvurderinger av materialer og produkter er avhengig av elektrisitet i produksjon og bruk. For å kunne si noe om utslipp relatert til slike prosesser, er det avgjørende å vite hvilken elektrisitetsmiks som ligger til grunn. Omregning av brukt energi i form av kWh til tilsvarende klimagassutslipp i kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er som regel basert på tilgjengelig data fra ulike regioner (SINTEF Byggforsk, 2015).

Norge er et land som produserer store deler av elektrisiteten basert på vannkraft, og dette regnes som en relativt ren energikilde sammenlignet med f.eks. kull (Olje- og energidepartementet, 2019). Med ulik grad av etterspørsel og tilbud gjennom året, blir det importert og eksportert strøm mellom nabolandene i Norden og Europa. Forbruksmiksen i Norge kan derfor variere siden elektrisitetsproduksjonen i disse regionene har ulike energikilder (Fuglseth *et al.*, 2018).

Valg av utslippsfaktor for levetidsvurderinger praktiseres forskjellig og det kan være fordelaktig å gjøre vurderinger av ulike scenarier dersom det kan påvirke resultatene mye (SINTEF Byggforsk, 2015). Det er vanlig å se på enten norsk strømmiks inkludert import, en nordisk miks som et gjennomsnitt av landene i Norden eller Europeisk strømmiks ved gjennomføring av miljøvurderinger. Ifølge Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er norsk strømmiks, for kraftproduksjon i 2018 anslått å være 18,9 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh (NVE, 2019). Ser en på en norsk miks som tar hensyn til import varierer

dette mellom 33 og 40 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh. For nordisk miks ser en at utslippsfaktoren er redusert de siste årene og anslås å være mellom 100-160 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh (Fuglseth *et al.*, 2018). Europeisk produksjonsmiks ser også ut til å ha en reduksjon de siste årene, og i 2017 var på det 294,2 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh (EEA, 2020).

Utslippsfaktor over tid kan være en utfordring, da det er vanskelig å forutse hvordan strømmarkedet vil utvikle seg i Norge og landene rundt i årene som kommer. For å ta stilling til dette bruker forskningssenteret for Zero Emission Building (ZEB) en beregnet gjennomsnittsverdi for klimagassutslipp knyttet til strømproduksjonen i Europa de neste 60 årene, med scenario om at produksjonen vil ha reduserte utslipp, på 132 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh. Denne verdien skal bl.a. benyttes for drift av prosjekter knyttet til ZEB og BREEAM-NOR (SINTEF Byggforsk, 2015; Fuglseth *et al.*, 2018).

Et omdiskutert tema for valg av utslippsfaktorer er bruken av opprinnelsesgarantier for strømproduksjonen (SINTEF Byggforsk, 2015). Det er en garanti om at en gitt mengde strøm er produsert av fornybare energikilde, og strøm med opprinnelsesgaranti selges ofte til utlandet. Ved en fullstendig beregning av norsk strømmiks, vil en derfor måtte erstatte deler av den fornybare norskproduserte strømmen med tilsvarende Europeisk restmiks, som har langt høyere utslipp. Dette er vanligvis noe en ikke tar høyde for i livsløpsvurderinger, og utslippsfaktoren for norsk strømmiks vil da være 520 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh (NVE, 2019).

### **2.9.4 Miljødeklarasjoner (EPD)**

Miljøprofilen til en komponent eller et produkt kan oppsummeres i form av en miljødeklarasjon, såkalt EPD (Environmental Product Declaration). Dette er et kortfattet tredjeparts verifisert dokument som er utarbeidet på bakgrunn av en livsløpsanalyse (SINTEF Byggforsk, 2014b). EPD-er skal være objektive og standardiserte for å muliggjøre sammenligning av miljøpåvirkningen av tilsvarende produkter, og det stilles krav til utforming i henhold til ISO-standarden *14025 Environmental Labels and Declarations Type III* (EPD-Norge, u.å.-a).

Det er et stadig økt fokus på bærekraftige materialvalg i byggeprosjekter og flere etterspør miljødeklarasjoner på produktene. Slik situasjonen er i dag er det fortsatt en vei å gå, da EPD-markedet er relativt umodent, og veldokumenterte materialer kan dermed få et konkurransefortrinn (Sintef Certification, 2020). Ifølge Rønning, Lyng og Vold (2011) er det en svakhet ved bruk av EPD-er at det kan være vanskelig å vite hvilke metodiske valg og begrunnelser som påvirker resultatene, da denne informasjonen ofte ikke er tilgjengelig.

### 3 Metode

Dette kapittelet redegjør for relevante metoder anvendt i arbeidet med masteroppgaven, med begrunnelse for hvorfor metodene er valgt. Kapittelet skal sikre oppgavens validitet og pålitelighet. Først presenteres forskningsdesignet overordnet, deretter beskrives og evalueres de anvendte datainnsamlingsmetodene og metode for analyse

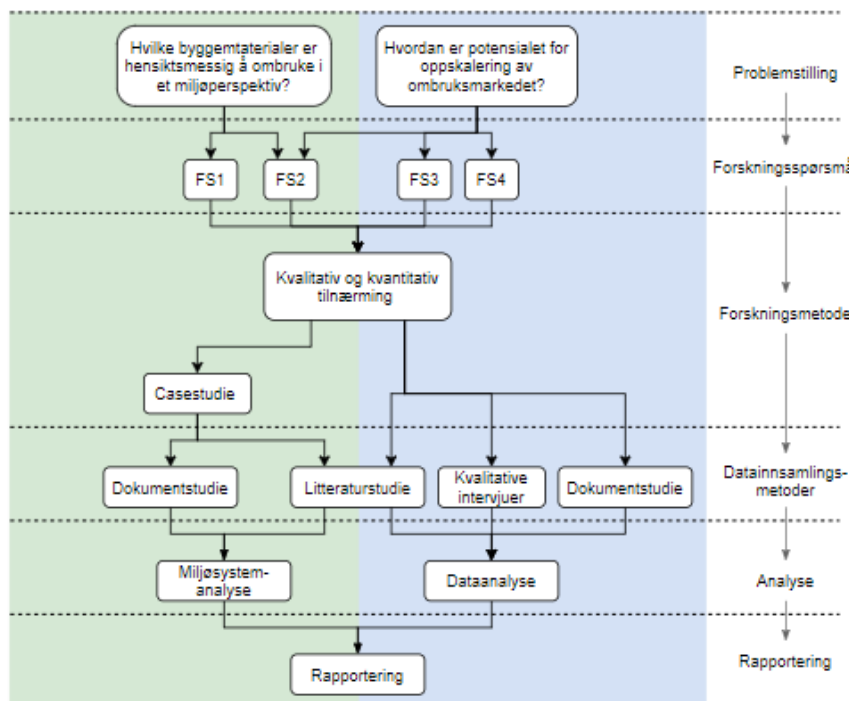
#### 3.1 Forskningsdesign

Forskningsdesignet angir en plan for hvordan forskningen skal besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene (Saunders, Lewis og Thornhill, 2016). Den viser altså til en systematisk fremgangsmåte for å øke kunnskapen innen et tema. Valg av forskningsdesign avhenger av målet med studiet og studiens natur.

Opgavens problemstilling er relativt todelt, bestående av:

1. Hvilke byggematerialer og -produkter er hensiktsmessig å ombruke i et bærekraftperspektiv?
2. Hvordan er potensialet for en oppskalering av ombruksmarkedet?

På bakgrunn av en omfattende problemstilling, er det vurdert som nødvendig å betrakte de to delene som ulike målsetninger med behov for separate, men likevel overlappende forskningsmetoder. Den samlede forskningsmetoden skal ivareta studiens overordnede problemstilling. Valgt metode er illustrert i Figur 3.1.



Figur 3.1: Illustrasjon av oppgavens forskningsmetode (Egenprodusert).

For første del av problemstillingen, som går inn på miljøeffekt av ombruksvarer, er det vurdert som hensiktsmessig å gjennomføre en casestudie av et byggeprosjekt. Dokumentstudium og litteraturstudium er i hovedsak brukt som datainnsamlingsmetoder for denne delen. Videre er også data innhentet ved samtaler med prosjektorganisasjonen i det aktuelle caseprosjektet. Dataen er analysert ved hjelp av en overordnet livsløpsanalyse, en miljøsystemanalyse. Funn fra dokumentstudiet og miljøsystemanalysen er vurdert opp mot litteraturen.

I arbeidet med andre del av problemstillingen, er det vurdert som lite hensiktsmessig å gjøre en casestudie da dette er en mer generell vinkling. Her er det i stedet valgt å basere arbeidet på en kombinasjon av datainnsamlingsmetoder. Det er gjennomført kvalitative intervjuer som vurderes opp mot litteratur fra litteraturstudiet, samt et dokumentstudium av avfallsplaner og statistikk knyttet til riveaktivitet hentet fra SSB og Oslo Kommune.

Det er valgt en kombinasjon av ulike metoder i begge tilfellene og totalt sett i arbeidet med oppgaven, for å få en grundig forståelse for temaet, samt for å sikre studiens validitet. Videre er det knyttet kontakt med ulike bransjerepresentanter gjennom deltakelse på Byggavfallskonferansen, et utvalg seminarer, og i samtaler over telefon. Dette har vært gunstig for å få et innblikk i hvordan det i dag arbeides med ombruk og hva bransjen er opptatt av, samt innspill til intervjuobjekter, kilder og vinklinger.

### **3.1.1 Forskningsmetoder**

Overordnet er det vanlig å dele inn i kvalitative og kvantitative studier, samt en kombinasjon av begge. Enkelt forklart er gjerne kvalitative studier basert på analyser og fortolkninger av tekst, bilder og ytringer innen et tema, mens kvantitative studier analyserer data og tall. En kvalitativ studie kjennetegnes ofte ved at informasjonen baseres på færre tilfeller eller forekomster, sammenlignet med en kvantitativ studie som gjør statistiske undersøkelser av kvantitativ data (Saunders, Lewis og Thornhill, 2016). Metodene vil gi ulike og komplementære resultater, og det må derfor vurderes hvilken metode som er mest hensiktsmessig i hvert enkelt tilfelle.

I denne studien er det valgt å kombinere kvalitative og kvantitative elementer, da det har blitt ansett som hensiktsmessig både å analysere talldata og kvalitativ informasjon. Blant datainnhentingemetodene kan dokumentstudiene i hovedsak anses som kvantitative, mens intervjuene og litteraturstudie er kvalitative metoder.

Oppgaven baseres på en form for metodetriangulering (eng: «Mixed Methods»), som innebærer å kombinere flere perspektiver i analysen (Saunders, Lewis og Thornhill, 2016). Teoretisk sett er det mulig å inndele i ulike former for metodetriangulering, avhengig av om dataen samles inn og analyseres parallelt eller sekvensielt, samt hvordan ulike perspektiver inkluderes og kombineres. Metoden valgt i studien betegner Creswell (2014) som konvergent parallell metodetriangulering (eng: «convergent

parallel mixed methods»), som innebærer en relativt samtidig innsamling av kvalitative og kvantitative data. Samlet skal dataene danne et omfattende analysegrunnlag for å besvare problemstillingen.

Metodetriangulering brukes gjerne med den antakelsen at en kombinasjon mellom ulike tilnærminger og perspektiver skal kunne gi en mer omfattende forståelse av problemstillingen enn ved bruk av kun kvalitativ eller kvantitativ data (Creswell, 2014). Det er dog viktig at valgte metoder fungerer godt sammen for at det skal bidra positivt til studien (McLaughlin, 2011). Dette vurderes nærmere videre i kapittelet.

### 3.1.2 Studiens natur og logiske oppbygging

Hovedformålet med oppgaven er å undersøke hvorvidt det er hensiktsmessig å satse på en skalering av ombruksmarkedet i byggenæringen. Dette er en relativt åpen og omfattende vinkling, som krever innsikt i ombrukstematikk og livsløpsanalyser. Med en slik tolkning kan studiens natur beskrives som utforskende, da utforskende studier gjerne søker å øke kunnskapen innen en tematikk og forstå sammenhenger (Saunders, Lewis og Thornhill, 2016). Dette er også treffende for andre del av problemstillingen, ettersom det er ønskelig å utforske hvor mye ombrukbart materiale som finnes i eksisterende bebyggelse.

Problemstillingens første del søker å undersøke faktisk miljøeffekt knyttet til ombruk av byggevarer sammenlignet med nye produkter. Denne vinklingen kan i større grad beskrives som evaluerende, fordi det er ønskelig å evaluere hvor god effekt ombruk kan gi. Ifølge Saunders, Lewis og Thornhill (2016) er evaluerende studier ikke bare å sette søkelys for å forstå «*hvor effektivt*» noe er, men også «*hvorfor*». Dette gjelder også i høyeste grad for studiens helhetlige formål, som går inn på «*hvorfor*» eller «*i hvilken grad*» det er hensiktsmessig å satse på ombruk som et miljøtiltak. Totalt sett kan altså studien sies å ha en kombinasjon mellom en utforskende og evaluerende natur.

### 3.1.3 Validitet og reliabilitet

Validitet og reliabilitet er vanlige begreper brukt til å evaluere kvaliteten av en studie. Reliabilitet sier noe om studiens pålitelighet og viser til hvorvidt en annen forsker kunne fulgt samme fremgangsmåte som studien og oppnådd samme resultater. Validitet omhandler nøyaktigheten og kvaliteten til studien, hvorvidt fremgangsmåter er brukt hensiktsmessig og slutninger er trukket på riktig grunnlag. Det viser med andre ord til troverdigheten av arbeidet (Yin, 2018). Etterfølgende delkapitler vil beskrive i hvordan validitet og reliabilitet er ivaretatt og vurdert i denne studien.



## 3.2 Litteraturstudie

For å danne et teoretisk kunnskapsgrunnlag for hele oppgaven er det gjennomført litteratursøk. Deler av studien bygger på tidligere litteratursøk gjennomført i forbindelse med prosjektoppgave skrevet høsten 2019 innen samme tema. Dette arbeidet er supplert med ytterligere søk om miljøanalyser og eksisterende bygningsmasse, samt riveaktivitet. Litteraturstudiet utgjør en viktig del av informasjonshenting i arbeidet med å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene. Denne metoden kan videre bidra til å sikre kritisk kildebruk ved systematisk vurdering av relevant litteratur (Aveyard, 2010).

Utover det som kan karakteriseres som et akademisk litteraturstudium, er det foretatt supplerende søk. Dette for å finne relevante styringsdokumenter, rapporter og andre publikasjoner fra aktuelle aktører som setter føringer og som kan påvirke ombrukspraksisen i bransjen. Det bemerkes at slike dokumenter, på lik linje med informasjonen hentet i dokumentstudiet, ikke nødvendigvis er fagfellevurdert og etterprøvd slik som litteraturen funnet i litteraturstudiet. Derfor er det spesielt viktig å evaluere forfattere og budskapet fra dokumentene. Eksempler på slike aktuelle aktører er Kommunal- og Moderniseringsdepartementet, Oslo kommune, Sintef og Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK).

Da det er mye interesse rundt tematikken i bransjen og arbeid som pågår i disse dager, har det også vært interessant å følge med på publiseringer i diverse tidsskrift og faglige publiseringsnettsteder som bygg.no, Innovative Anskaffelser, Fremtidens Byggenæring og Teknisk Ukeblad. Dette har gitt inspirasjon til videre arbeid og innsikt i dagsaktuelle elementer innenfor ombruk.

### 3.2.1 Søkestrategi

Det er valgt å ta utgangspunkt i forskningsspørsmålene ved søk etter litteratur. Fordi oppgaven er relativt todelt, har det ført til et bredt søkefelt med stor variasjon. Strategi for innhenting av litteratur har i tidlig stadium vært å forhøre seg med veileder, for denne oppgaven og for prosjektoppgaven, om kjennskap til relevante publikasjoner og masteroppgaver.

Videre er hovedsakelig innhenting av litteratur basert seg på systematiske søk i akademiske databaser på internett. Aktuelle databaser som har blitt brukt er Google Scholar, Oria, Elsevier og Scopus. Søkeordene som er brukt kan ofte gi mange treff, og for å kunne snevre inn søkene har det blitt brukt boolske operatører som «OG»/»ELLER»-funksjoner. Det er også blitt brukt synonymer og andre intuitive nøkkelord for å finne de best egnede kildene. Eksempler på aktuelle søkeord er vist i Tabell 3.1.

Søkene er foretatt både på norsk og engelsk for å øke muligheten for å finne relevant litteratur. Engelske søk gir flere treff, men norske kilder er spesielt av interesse da det er ønskelig å kartlegge de forholdene og erfaringene som er gjeldende for Norge. Derfor har norske søk i større grad blitt prioritert enn engelske. I tillegg er det i utgangspunktet kun gjort søk etter kilder publisert de siste 5 årene, altså f.o.m. 2014. Dette er for å finne oppdaterte og dagsaktuelle kilder, samt redusere antall treff. Dette

ekskluderingskriteriet har likevel måtte avvike for deler av søketemaene, da det har vist seg å være mindre oppdatert litteratur.

**Tabell 3.1:** Eksempler på søkeord som er brukt i søkedatabasene.

| Søkeord                                      | Search word                          |
|--|--------------------------------------|
| Ombruk OG byggematerialer                    | Reuse AND construction materials     |
| Livsløpsanalyse OG byggematerialer OG ombruk | LCA AND building materials AND reuse |
| Eksisterende bygningsmasse OG materialstrøm  | Building stock AND material flow     |
| Sirkulær økonomi OG bygg                     | Circular economy AND buildings       |

Utover systematiske søk, har litteratur som er evaluert og ansett som aktuell blitt brukt videre som utgangspunkt for kjedesøk. Dette er en metode som baseres på en gjennomgang av kildens referanser, i såkalt «bakover kjedesøk». Det er også blitt gjort ved «fremover kjedesøk», som vil si å gå gjennom publikasjoner som har referert til denne bestemte kilden i sitt arbeid (Rienecker, Jørgensen og Landaas, 2013).

### 3.2.2 Kildeevaluering

For å sikre at litteraturen holder kvalitet og er med på å bygge opp om oppgavens kredibilitet er det nødvendig å vurdere alt av litteratur. Vurderingen har blitt gjort i flere omganger for å muliggjøre utlukning av mindre passende kilder. I første runde ble litteraturfunn bedømt utfra om tittelen og deretter nøkkelord, sammendrag, og konklusjon korrelerte med aktuelle forskningsspørsmål. Videre ble utgiver og forfattere vurdert nærmere, og aktuelle kilder lest nøyere.

Til dette evalueringsarbeidet er TONE-prinsippet lagt til grunn. Det går ut på å sikre troverdighet, objektivitet, nøytralitet og egnethet av litteraturen, se Tabell 3.2 (Breivik, 2017).

**Tabell 3.2:** Oversikt over prinsippene etter TONE og hva det innebærer (Breivik, 2017)

|                     |  |
|---------------------|--|
| <i>Troverdighet</i> | Handler om å gjøre en evaluering av hvem som har publisert artikkelen, hvor den er publisert, institusjonstilknytning og om den er fagfellevurdert.                              |
| <i>Objektivitet</i> | Omhandler forfatterens hensikt med publikasjonen og hvordan data er presentert; skal den overtale eller informere. Det bør også vurderes om kilden belyser ulike sider av saken. |
| <i>Nøyaktighet</i>  | Viser til forskningsmetodikken og hvor godt den er forklart, samt om dataene er oppdaterte og kan bekreftes av andre kilder.   |
| <i>Egnethet</i>     | Gjenspeiler relevans til temaet på oppgaven og problemstillingen, samt hvorvidt kilden kan gi svar på forskningsspørsmålene som er definert.                                     |

### 3.2.3 Styrker og svakheter ved litteraturstudium

Litteraturstudium som datainnhentingemetode kan bidra til å avdekke mye relevant litteratur med god troverdighet etter satte kriterier. Bruk av flere ulike databaser kan både bidra til å finne mange gode kilder, og til å evaluere kildenes troverdighet da antall siteringer og publiseringer i ulike databaser kan gi et bilde på hvor anerkjente de anses å være. Innen oppgavens tema er det særlig noen utvalgte rapporter fra Norge som er spesielt relevante. Disse er hyppig brukt, da de er omfattende og inkluderer store deler av temaet.

Svakheter ved denne metoden er at søketreff er svært avhengig av hvor godt søkeordene er definert, og dermed også avhengig av egen kompetanse på feltet. Søkeordene ble definert ved en kombinasjon av intuitiv bedømmelse av relevante ord innen temaet og ved å se på nøkkelord i publikasjonene som ble funnet. Andre kombinasjoner av ord og ulik bruk av endelser vil kunne gi andre resultater. Denne utfordringen er svært relevant ved søk på engelsk litteratur, og det kan være grunn til å tro at aktuell litteratur blir utelatt fra søket.

De samme søkeordene og -frasene er brukt på alle de fire søkedatabasene, noen ganger med et stort antall treff i noen av databasene og lavt antall treff i andre. Enkelte søkeord kan dermed anses som definert for bredt eller for smalt i de ulike databasene, noe som kan gå utover kvaliteten på resultatet. Google Scholar gir generelt veldig mange treff da denne søkemotoren ikke har de samme sorteringsfunksjonene som de andre databasene. Enkelte kilder er funnet blant de første sidene av søk som ga veldig mange treff. Selv om de utvalgte kildene fra slike søk kan anses som gode, er det en fare for at relevante kilder plassert på sider lenger bak er oversett.

## 3.3 Dokumentstudium

Innhenting av informasjon gjennom dokumentstudium har vært nødvendig for å kunne besvare begge deler av problemstillingen. Dokumentstudier innebærer innsamling, behandling og tolkning av sekundærdata (Jacobsen, 2005). I denne studien er dokumentasjon hentet fra både offentlige og private aktører. Dette gjelder prosjektrelatert informasjon fra caseprosjektet, samt statistikk og annen data fra SSB og Oslo kommune ved Plan- og bygningsetaten.

### Case

Prosjektrelatert dokumentasjon for caseprosjektet omfatter prosjekttegninger, produktdeklarasjoner og mengdebeskrivelser. I gjennomføring av miljøsystemanalysen for prosjektet har det også vært behov for ytterligere informasjon om transport, lagring og bearbeidelsesprosesser. Ettersom prosjektet er et pågående forskningsprosjekt som opplever stor interesse fra bransjen, har det vært ønskelig fra prosjektets side å tildele oss utvalgte kontaktpersoner som har anskaffet ønsket informasjon. Denne

informasjonen er dermed videreformidlet av kontaktpersoner i prosjektet på vegne av aktuelle fagansvarlige, produsenter etc.

### Kartlegging av mengder

I arbeid med andre del av problemstillingen, var det blant annet ønskelig å undersøke hvor store mengder ombrukbare materialer av ulike typer som befinner seg i den eksisterende bygningsmassen, samt når disse materialene og produktene vil tilgjengeliggjøres. Teorien har vist at det er mangelfull informasjon i litteraturen om sammensetningen av næringsbygg generelt og spesielt i Oslo med tanke på materialsammensetning, når de ulike byggene er fra, samt hvilken tilstand de er i. Derfor er det valgt å ta utgangspunkt i avfallsmengder frembrakt fra tilsvarende bygg som allerede er revet eller rehabilitert.

Det ble opprettet kontakt med Plan- og bygningsetaten i Oslo, som ga tilgang til sitt datasett med alle tiltak fra 2003-2020 som er omfattet av kravet i §9-6 (TEK17) om avfallsplan. Datasettet inneholder avfallsmengder av ulike avfallsfraksjoner, størrelse på tiltakene, byggeår, tiltaksår, tiltaksart (riving, rehabilitering, oppføring etc.) og tiltakstype (type bygg).

Hensikten med analysen var å undersøke trender i rive- og rehabiliteringsaktivitet i Oslo, herunder avfallsmengder av ulike material kategorier, sett opp mot byggenes byggeår. Dette for å kunne vurdere om informasjonen kunne gi grunnlag for å si noe om mengder ombrukbare materialer som vil tilgjengeliggjøres i årene som kommer. Grunnet feil i deler av datasettet, spesielt tilknyttet størrelsen og byggeårene til tiltakene, var det nødvendig å gjøre endringer i det opprinnelige datasettet. Det ble gjort ved å gå inn på Plan og Bygningsetatens saksinnsyn for de enkelte tiltakene, og manuelt innhente korrekt informasjon gjennom søk av opplastede prosjektdokumenter.

På bakgrunn av dette er det valgt å ta utgangspunkt i kun et utvalg av tiltakene der det har vært ønskelig å inkludere byggeår. Dette for i større grad ha mulighet til å kontrollere opplysningene. Det er valgt å se på tiltakstypene «riving» og «vesentlig endringer/reparasjoner», da det er antatt at disse bidrar med store avfallsmengder. Totalt er det 13 tiltakstyper som ikke omhandler nybygging i datasettet, hvorav alt utenom riving er valgt å betegne som rehabilitering, ombygging og vedlikehold. En oversikt over alle tiltakstyper er gitt i Vedlegg 3.B. For aktuelle tiltakstyper er det valgt å ta utgangspunkt i tiltak større enn 300 kvadratmeter, da tiltak med en viss størrelse er mest sentralt for denne analysen. Videre er det vurdert som for usikkert å inkludere tiltakenes størrelse i analysen.

### **3.3.1 Styrker og svakheter ved dokumentstudium**

Dokumentstudiet åpner muligheten for innhenting av kvantitativ data som kan være vanskelig å få tak i på andre måter. Da dette ikke i alle tilfeller dreier seg om offentlig informasjon er det viktig at det som er analyseres er pålitelig og korrekt, i den grad det er mulig å vurdere. Ifølge Tjora (2010) er det sentralt å stille spørsmål ved konteksten av dokumentenes opphav og formål. Informasjonen kan påvirkes av

hvem dokumentene er skrevet av og for, samt når de er skrevet. I motsetning til litteraturen oppdrevet i litteraturstudiet, er dette ikke på samme måte fagfellevurderte dokumenter som er etterprøvd av utenforstående representanter.

### Case

Deler av informasjonen gitt i forbindelse med caseprosjektet er videreformidlet av en kontaktperson i prosjektet, for å unngå unødvendig pågang mot prosjektorganisasjonen. Dette reduserer muligheten til å vurdere hvordan informasjonen er etterspurt, og hvorvidt alle relevante aspekter er dekket eller videreformidlet korrekt. Videre er det andre studentgrupper som skriver oppgave med utgangspunkt i samme caseprosjekt. Blant annet er det en gruppe som gjør økonomiske vurderinger av de samme materialgruppene som denne oppgaven dreier seg om. Dette åpner opp for at informasjon kan formidles ulikt til gruppene og at deler av informasjonen feilaktig kan kommuniseres til én gruppe og ikke den andre. Tapt informasjon kan påvirke resultatene.

### Kartlegging av mengder

Som nevnt, er det funnet feil i deler av det brukte datasettet, som har medført at det har vært nødvendig å gjøre endringer. Der det ikke har vært mulig å finne informasjon i saksinnsyn angående byggenes byggeår (ikke alle saksdokumenter er offentliggjort) er det foretatt antakelser, noe som gjør resultatene mer usikre. Ettersom datasettet inneholder flere tusen tiltak, har det ikke vært tilstrekkelig med tid til å gå inn og gjøre endringer eller dobbeltsjekke alle deler. Det medfører en usikkerhet tilknyttet hvorvidt resten av informasjonen er korrekt. De delene av dataen som er inkludert i oppgaven er likevel vurdert som tilstrekkelig pålitelig.

Et viktig premiss for arbeidet er at det antas at alle materialer fra er fra tiltakenes byggeår. Dette er en svært forenklet antakelse, da byggene i mange tilfeller vil ha gjennomgått utskiftninger og ombygginger. For bærende konstruksjoner vil det sannsynligvis gjelde i større grad, men for andre byggevarer er det en utfordring å gjøre slike antakelser.

## **3.4 Intervju**

Det er valgt å gjennomføre intervjuer med relevante bransjerepresentanter for å kunne supplere informasjon der det ikke har vært tilstrekkelig informasjon å hente gjennom litteratur og dokumentstudiet. Intervjuer er en utbredt metode ved kvalitative studier, som innebærer samtaler med en gitt tematikk og struktur (Tjora, 2017).

Intervjuer kan gjennomføres med svært formalisert struktur eller som uformelle og ustrukturerte samtaler. Det er i denne studien valgt å gjøre noe imellom, nemlig intervjuer med semi-strukturert

oppbygging. Det innebærer at intervjuene er relativt strukturerte, med forberedte temaer og spørsmål, men med muligheter for å gjøre det mer interaktivt og åpne opp for diskusjon ved å la intervjuobjektene komme med egne tanker og innspill utover satte intervju spørsmål (Saunders, Lewis og Thornhill, 2016). Videre gir det rom for å endre rekkefølgen av spørsmålene, samt muligheter for å stille oppfølgings spørsmål der det finnes interessant. Denne metoden for gjennomføring av intervju egner seg godt, og er vanlig å bruke ved utforskende og årsaksforklarende studier.

For gjennomføring av intervjuene er det utarbeidet en intervjuguide som har fungert som en veiledning. Se Vedlegg 2.A for et eksempel på intervjuguide brukt i studien. En fordel med å bruke intervjuguide er at den overordnet strukturerer oppgavens problemstilling inn i konkrete spørsmål (Dalen, 2011). På denne måten er det mulig å relativt systematisk kunne knytte resultatene fra intervjuene opp mot eksisterende funn i litteratur. Videre gir intervjuguiden en struktur og oversiktighet i arbeidet, som legger til rette for å holde en rød tråd i gjennomføringen av intervjuene, samt muligheten for å sammenligne resultatene av ulike intervjuer (Dalen, 2011).

De fleste intervjuer er gjennomført som videosamtaler på nett ved bruk av Skype eller Teams. Dette er delvis fordi intervjuobjektene har vært andre steder i landet enn Trondheim, og delvis på grunn av Korona-epidemien som var pågående i prosjektperioden. Av sistnevnte grunn ble intervjuobjektene gitt valget å fylle ut et forhåndsdefinert spørreskjema fremfor å ta intervjuet som en samtale, dersom de ikke hadde muligheten til det. Ett intervju ble gjennomført på denne måten.

I etterkant av intervjuene er innholdet samlet ved transkribering. Intervjuenes innhold er strukturert og deretter evaluert med utgangspunkt i oppgavens problemstilling. Ønsket innhold til studien er sendt til intervjuobjektet for godkjenning. Utsagn er videre kvalitetssikret og etterprøvd ved å se hvorvidt oppfatninger og teori i relevant litteratur stemmer overens med hva som er uttalt.

### **3.4.1 Valg av intervjuobjekter**

Det er gjennomført flere intervjuer av bransjerepresentanter med ulik kompetanse og faglig bakgrunn. Dette er ansett som fordelaktig for å kunne danne et inntrykk av synspunkter fra flere nøkkelpersoner knyttet til ombruksmarkedet og potensialet for oppskalering.

Valg av intervjuobjekter er basert på flere faktorer. Noen av intervjuobjektene er valgt på bakgrunn av deres kjennskap til den eksisterende bygningsmassen i Oslo, gjerne i egen portefølje som hos større eiendomsforvaltere og byggherrer. Andre er valgt på bakgrunn av anbefalinger fra veileder og intervjuobjekter, samt kontakter knyttet ved deltakelse på Byggavfallskonferansen. Kompetanse på avfallsgenerering, miljøstoffer og håndtering av ombruksprodukter er noen stikkord som er felles for flere av intervjuobjektene. En kort presentasjon av alle intervjuobjektene er gitt i Tabell 3.3.

**Tabell 3.3:** Presentasjon av intervjuobjektene

| Intervjuobjekt   | Selskap og stilling   | Aktualitet   |
|--|---|--|
| Svein Bjørberg   | Multiconsult, Rådgiver ved Eiendomsforvaltning og utvikling   | Høy kompetanse på livssyklus-kostnader, eksisterende bygg og bygningsforvaltning, som han har vært med å utvikle til et fagområde. Han har skrevet flere sentrale rapporter, blant annet <i>'Levetider i praksis'</i> .  |
| Eirik Rudi Wærner  | Multiconsult, miljørådgiver   | Høy kompetanse på miljøstoffer i bygg og sitter i styret til Forum for Miljøkartlegging. Har også arbeidet med byggavfall og er leder for arbeidsgruppa for avfallsreduksjon og ombruk i NHP-nettverket. Han er blant annet medforfatter av veilederen <i>«Hvordan planlegge for mindre avfall»</i> og forfatter av <i>«Mulighetsstudie ombruk av boligbygg - Elvesletta nord»</i> . |
| Statsbygg v/<br><br>1. Elin Hansen<br>2. Torbjørn Nævdal<br>3. Gro Bratsberg<br>4. Anders Fylling<br>5. Lars Peter Bingh | 1. Miljørådgiver Prosjekt Nytt Regjeringskvartal<br>2. Direktør Drift og vedlikehold<br>3. Direktør Eiendomsutvikling og forvaltning<br>4. Direktør Faglig ressurscenter<br>5. Fungerende avdelingsdirektør Bygg og miljø | Statsbygg er en av landets største eiendomsforvaltere, og er opptatt av å øke kunnskapen og engasjementet for et bedre miljø, og har lansert en ny strategi hvor sirkulærøkonomi er en stor satsning.  |
| Geir Graff-Kallevåg  | Obos Eiendom, Direktør utvikling og bygging   | Obos Eiendom utvikler og forvalter næringseiendom og er en stor aktør i Oslo-området.<br><br>Graff-Kallevåg har personlig erfaring med ombruk fra tidligere, og har blant annet vært med på oppstarten av KA13, som ansatt i Entra. Han har også tatt del i prosjektet Oppbruk, som ser på industrielle løsninger for gjenvunnet betong - og trevirke.                               |
| Henning Stalsberg  | Entra, Teamleder drift og servicetjenester  | Entra er en stor eiendomsforvalter og er byggherre for det ambisiøse ombruksprosjektet KA13.   |
| Øst-Riv v/<br><br>Thomas Lindseth<br><br>Mathias Mauer<br>Pettersen  | Prosjektleder<br><br>Prosjektutvikler   | Riveentreprenør som ønsker å være ledende innen sirkulær materialhåndtering og demontering. Delaktig i håndtering og oppføring av flere elementer i ombruksprosjektet, KA13.   |
| Kristine Laake   | Norsk Gjenvinning, Prosjektleder Innovasjon og bærekraft  | Norsk Gjenvinning er Norges største leverandør av gjenvinnings- og miljøtjenester.   |

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| Michael Curtis      | Greenstock, daglig leder (Arkitekt / Miljø- og energirådgiver) | Greenstock oppstartsbedrift med utspring fra NTNU i Trondheim, som jobber med en digital plattform for kartlegging av materialer og inventar i eksisterende bygg.   |
| Lasse Kilvær        | Resirqel, rådgiver og ombruksentreprenør                       | Resirqel er en ombruksspesialist, som aktivt jobber for å implementere ombruk i byggenæringen ved veiledning, ombrukskartlegging og omsetning av brukte byggevarer. Resirqel har blant annet skrevet rapporten « <i>Forsvarlig ombruk</i> » på oppdrag av DiBK.     |
| Thale Sofie Plesser | Sintef, Seniorforsker  | Plesser har arbeidet ved SINTEF med dokumentasjon av byggematerialer. Hun er del av forskningsprosjektet Rebus, som omhandler ombruk av byggematerialer. De skal blant undersøke mulige metoder for testing, vurdering av levetid og dokumentasjon av ombruksvarer. |

Utover dette er flere bransjerepresentanter også intervjuet i forbindelse med skriving av prosjektoppgaven som kan anses å være forarbeid til denne masteroppgaven. Svarene fra disse intervjuene har bidratt til å utvikle et kunnskapsnivå som har vært sentralt for utformingen av denne oppgaven. Intervjuobjektene i den omgang var:

- Anne Sigrid Nordby fra Asplan Viak
- Lasse Kilvær, Martin S. Eid og Olav Westgaard Sunde fra Resirqel
- Noora Khezri fra MAD Arkitekter
- Matias Apelsest fra Kluge Advokatfirma
- Rob Marsh fra C.F. Møller Architects (Danmark)

### 3.4.2 Styrker og svakheter ved intervju

Intervju er en tidkrevende metode, da det krever solide forberedelser før intervjuene og bearbeiding i etterkant. Utfall av intervjuene kan påvirkes av mange faktorer. Blant dem kan det trekkes frem at ordlyden eller tonen intervjueren bruker ved spørsmålstilling, samt kommentarer gitt underveis i intervjuet kan påvirke hvordan intervjukandidaten responderer på spørsmålene. Det samme kan kjemien mellom den som intervjuer og intervjukandidaten, og hvorvidt intervjukandidaten har tillit til studien (Saunders, Lewis og Thornhill, 2016). Videre er det viktig å bemerke seg hvilken rolle eller standpunkt intervjuobjektet har i forbindelse med studiens tema og hvordan det påvirker studien.

Enkelte av intervjuene ble gjennomført med flere intervjuobjekter samlet. Dette kan påvirke resultatene ved at enkelte individer ikke kommer til ordet i like stor grad og at samtalen får en annen dynamikk enn dersom det kun er ett intervjuobjekt. Ved gjennomføring har de fleste intervjuene blitt tatt opp ved taleopptak, som sikrer at alle interessante punkter blir oppfattet og tatt med. På den andre siden kan det



potensielt medføre at enkelte av intervjuobjektene blir spesielt bevisste på hva de meddeler av informasjon, og at de velger å dele mindre enn ved en uformell samtale.

Semi-strukturelle intervjuer åpner for muligheten til følge opp med tilføyende spørsmål dersom intervjuobjektet sier noe spesielt interessant. Dette er sett på som positivt, da det åpner for ny forståelse og læring. På den andre siden blir intervjuene i stor grad styrt av hvor utfyllende intervjukandidaten svarer på spørsmål, og intervjuer med lik intervjumål kan bli svært forskjellige. En manglende standardisering av intervjuene kan dermed føre til en lav validitet.

### **3.5 Casestudie**

Casestudie er valgt som overordnet forskningsmetode for besvarelse av første del av oppgavens problemstilling ved gjennomføring av en miljøsystemanalyse. Forskningsmetoden baseres videre på flere ulike datainnhentingemetoder, for å finne tilstrekkelig data å analysere og for å sikre studiens validitet.

Ifølge Yin (2018) fokuserer casestudier ofte på hendelser eller saker fra samtiden, og utforsker et fenomen eller tilfelle i dybden innenfor realistiske rammer. En casestudie kan analysere én eller flere caser. Én enkelt case brukes ofte når den aktuelle casen representerer et unikt eller ekstremt tilfelle (Yin, 2018). I dette tilfellet, representerer det valgte caseprosjektet, Kristian Augusts gate 13 i Oslo, et av få storskala ombruksprosjekter i Norge. Et caseprosjekt er derfor ansett som passende i denne studien.

Prosjektet er valgt på bakgrunn av dets aktualitet og ombruksambisjoner, i tillegg til at det har passende fremdrift med tanke på perioden masteroppgaven skrives. Det samme caseprosjektet er også brukt for beregning av kostnadsbildet av ombruksmaterialene som er vurdert i miljøsystemanalysen. Dette arbeidet er utført av en annen studentgruppe, fra bachelorprogram på bygg ved OsloMet. Fremgangsmåte for deres beregninger er å finne i deres avhandling (Hall, Hansveen og Jødal, 2020).

#### **3.5.1 Styrker og svakheter ved casestudie**

En god casestudie baseres gjerne på flere ulike datainnhentingemetoder (Yin, 2018). Dette åpner for muligheten til å verifisere data fra de ulike metodene anvendt, og vil kunne øke studiens pålitelighet. I denne studien åpner metodetriangulering opp for at uttalelser i intervjuer kan sammenlignes og kontrolleres med data innhentet ved dokumentstudier samt informasjon fra litteratur funnet i litteraturstudiet.

En mulig svakhet ved casestudie som forskningsmetode er at det er omdiskutert hvorvidt resultater fra casestudier kan generaliseres og brukes til å skape troverdig teori (Yin, 2018). Dette er ønskelig da generalisering er konseptuelt av høyere forskningsnivå enn analyse av kun én spesifikk case. Yin (2018) peker på at casestudier kan forsøke å generalisere analytisk og ikke statistisk, som baseres på et stort

antall tilfeller. Det understrekes videre at generalisering skal gjennomføres på bakgrunn av casestudien og ikke den spesifikke casen.

Teori og litteratur må altså i dette tilfelle spille en viktig rolle for at det skal være mulig å generalisere resultatene. Fremgangsmåte og metode brukt til å analysere casen er beskrevet i neste delkapittel.

### **3.6 Miljøsystemanalyse**

Miljøsystemanalyse er analysemetoden brukt i forbindelse med vurdering av miljøpåvirkningen av utvalgte materialer tilknyttet casestudien og det valgte caseprosjektet. Analysen er basert på data innhentet ved dokumentstudium og litteraturstudium, samt supplerende informasjon innhentet ved samtaler med representanter fra prosjektorganisasjonen og aktuelle produsenter/leverandører.

En miljøsystemanalyse er, som beskrevet i teorikapittelet, en form for livsløpsvurdering. Dette begrepet brukes for å understreke at det ikke gjennomføres en fullstendig LCA med inkludering av en detaljert inventaranalyse.. Det gjøres heller ingen vurdering av andre miljøpåvirkninger enn klimagassutslipp. Gjennomføringen av miljøsystemanalysen følger likevel prosedyrer gitt i standardene for LCA så langt det lar seg gjøre.

Miljøsystemanalysen gjennomført i denne studien er av sammenliknende natur, hvor klimagassutslipp knyttet til prosessene for implementering av ombruksmaterialer blir sammenlignet med tilsvarende nye materialer. Analysen tar utgangspunkt i seks ulike materialgrupper med ombrukprodukter brukt i prosjektet, som vist i Tabell 3.4. Det er valgt å se bort i fra andre materialer og produkter i resten av bygget.

#### **3.6.1 Hensikt og omfang**

Hensikten med miljøsystemanalysen er å vurdere miljøpåvirkningen gjennom byggets levetid ved bruk av ombrukte byggematerialer sammenlignet med tilsvarende nye materialer. Målet er å finne ut hvilke miljøgevinster som er knyttet til ombruk av utvalgte materialgruppene, i tillegg til å belyse andre uforutsette konsekvenser som kan påvirke resultatet.

Materialkategoriene i analysen er valgt i samarbeid med en representant fra caseprosjektet, med bakgrunn i materialer og produkter som kan anses som interessante i et miljøperspektiv, samt hva som har vært tilgjengelig av informasjon etter prosjektets fremdrift. Det er antatt at materialene vil tilfredsstille samme funksjon i bruk og at total mengde av nye, alternative produkter er tilsvarende som de ombrukte mengdene.

#### Funksjonell enhet

Den funksjonelle enheten blir overordnet definert som en gitt mengde av et produkt, som yter sin funksjon gjennom systemperioden, som er satt til 60 år. Det er naturlig å bruke ulik enhet for hvert

produkt da mengdene defineres forskjellig. De aktuelle enhetene for hvert enkelt materiale er gitt i Tabell 3.4. Enhetene skal være lik for ombrukt materialkategori og tilsvarende nytt alternativ for å sikre sammenligningsgrunnlag.

**Tabell 3.4:** Oversikt over utvalgte materialkategorier og tilhørende funksjonell enhet brukt i analysen

| Materialkategori/produkt | Funksjonell enhet  |
|--------------------------|--|
| Stål                     | 1 kg stål for lastbærende bruk i 60 år.  |
| Hulldekker i betong      | 1 tonn hulldekke som bærende dekke mellom etasjer gjennom 60 år.   |
| Vinduer                  | 1 stykk vindu med mål 1,588x1,488m og 1,588x2,188m, med kombinasjon av toppsving og fastkarm, gjennom 60 år.             |
| Kjøleabfler              | En kjøleabffel til lokal kjøling gjennom 60 år.  |
| Himlingsplater           | 1 m <sup>2</sup> akustisk isolering over himling gjennom 60 år.  |
| Fasadeplater             | 1 m <sup>2</sup> ferdig montert fasadeplate som ytterste del av ytterveggen 2-trinns tetting (regnskjerm) gjennom 60 år. |

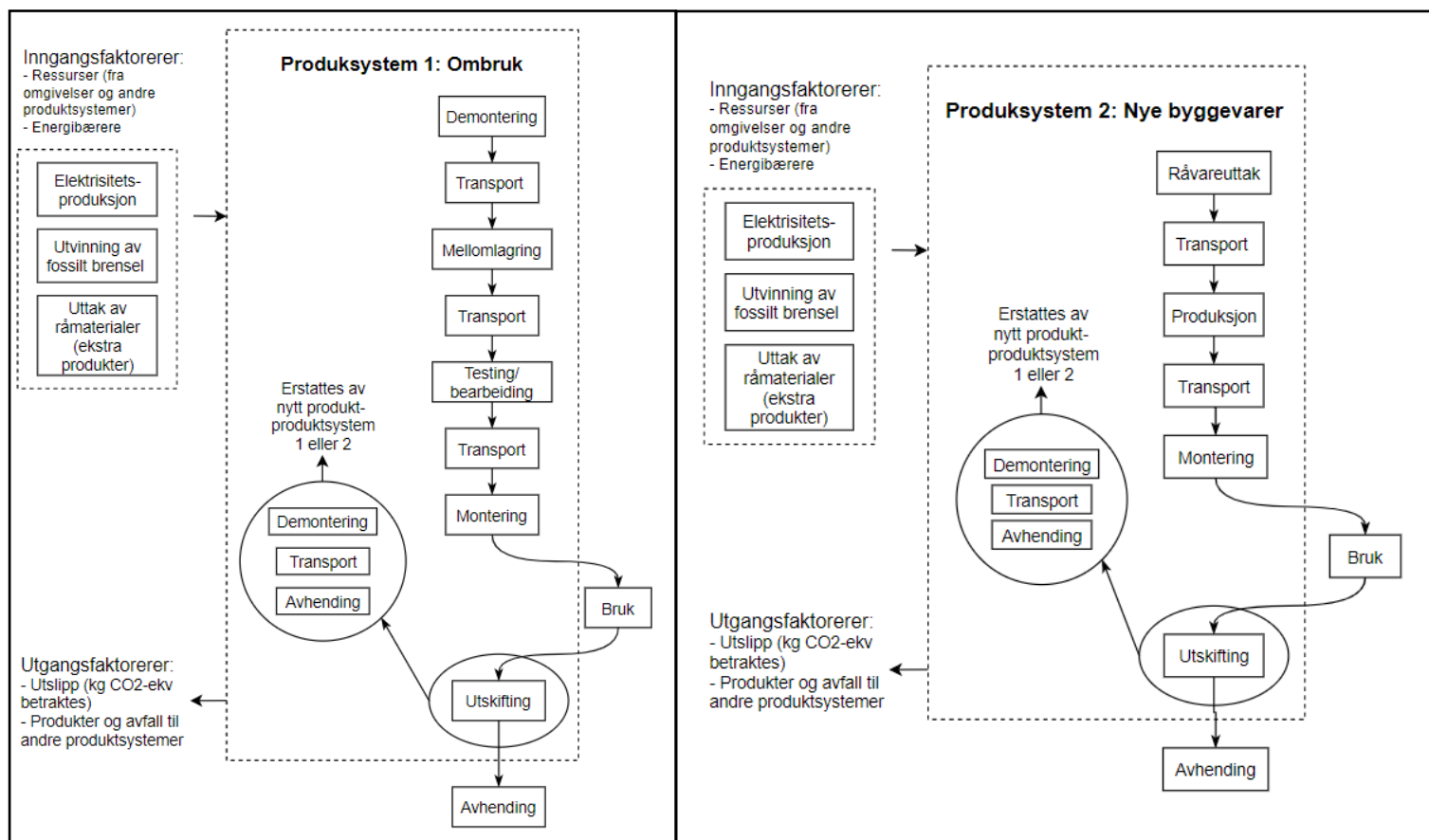
#### Systemgrense

Det er valgt å bruke analyseperiode på 60 år. Dette med bakgrunn i at det er standard for prosjekter som er en del av FutureBuilt, samt at 60 år ofte brukes i livsløpsvurderinger (Fuglseth *et al.*, 2018). Fordi analysen er sammenliknende, er det valgt å se bort ifra prosesser og faser som er antatt tilnærmet like for ombrukte og nye materialer. Inkluderte faser i analysen er A1-A4/A5 og B4. Figur 3.2 viser en illustrasjon over hvilke prosesser som er inkludert i systemgrensen, som er markert med stiplet linje. Figuren er delt inn i to produktsystemer; ett for ombruksprodukter og ett for nye alternativer.

For de nye materialene som ikke skiftes ut i løpet av levetiden, er det hovedsakelig produksjon av materialer (fase A1-A3) og transport til byggeplass (A4) som er inkludert. Sluttbehandling er da ikke inkludert i systemgrensen. Det samme gjelder ombruksmaterialene, men fase A1-A3 vil i stedet for utvinning og produksjon innebære demontering, nødvendig bearbeiding, testing og mellomlagring samt transport. Demontering er inkludert fra tidligere prosjekter, da det er antatt at det ville vært demontert eller revet på annet vis dersom det ikke var planlagt for ombruk. Transport til mellomlagring og bearbeiding er valgt å inkludere i fase A1-A3. I fase A4 er kun siste transportetappe, til byggeplass, medregnet.

Montering (A5) er kun regnet med for ett produkt, hvor det er betydelige forskjeller mellom nytt og ombrukt. Vedlikehold (B2), reparasjon (B3) og renovering (B5) er ikke regnet med, da det antas å være neglisjerbare forskjeller, i tillegg til at det ikke foreligger tilstrekkelig informasjon til å kunne gjøre en kvalifisert vurdering av vedlikeholdsbehovet gjennom analyseperioden. Dersom materialet skiftes ut

(B4), skal alle utslipp knyttet til håndteringen av utskiftet produkt (A1-C4) tilordnes fase B4, i henhold til systemgrensene gitt i NS 15978.



Figur 3.2: Flytskjema for analyserte produktsystemer. Systemgrensen er markert med stiptet linje (Egenprodusert).

I beregninger tilknyttet ombruksmaterialene er det valgt å inkludere inndata fra prosesser som kan kobles direkte til dem. Dette gjelder energiforbruk fra bearbeiding, mellomlagring og testing der dette er aktuelt. Produksjon og transport av tilleggsprodukter for bearbeiding er også inkludert. Derimot er miljøpåvirkning fra selve fremstillingen og produksjonen av maskiner og utstyr som er brukt i prosessene er valgt å se bort ifra, da det antas at det produktene lever lenge og det ikke vil utgjøre stor forskjell å inkludere bidrag som ville blitt allokert til disse prosessene.

### 3.6.2 Livsløpsregnskap

Kjennskap til materialene som er brukt, prosessene og energibruk er sentralt for å kunne gjennomføre analysen. Dette krever en omfattende datainnsamling for aktuelle prosesser og faser som er inkludert.

### Innhenting av data

Informasjon om materialene er i stor grad hentet ut ved dokumentstudium, og aktuell dokumentasjon er tilsendt direkte fra prosjektet. Videre er det også hentet informasjon i kommunikasjon med produsenter og leverandører eller bruk av databaser for spesifikk produktinformasjon.

Det har vært jevnlige møter med kontaktpersonen fra prosjektet og den andre studentgruppen, som har brukt samme caseprosjekt i sin bacheloroppgave, for å diskutere og samkjøre forutsetninger og antakelser for alle materialer i analysen. Der det ikke har vært tilstrekkelig med informasjon har det vært sett nødvendig å gjøre egne antagelser for å få tallfestede verdier. Det gjelder spesielt beregning av tidsbruk for bearbeidelsesprosesser og demontering. For prosesser som inkluderer verktøy og andre maskiner, er det beregnet utslippsintensiteter basert på informasjon fra aktuelle leverandørers nettsider. Oversikt over aktuelle maskiner og verktøy er samlet i vedlegg 1.G.

### Dataverktøy og databaser

Nødvendig data om utslippsfaktorer for materialer og prosesser er innhentet ved bruk av LCA-verktøyet *SimaPro 9.0*, som er et profesjonelt og mye brukt program ved gjennomføring av livsløpsanalyser. Verktøyet tar utgangspunkt i enhetsprosesser og er forenlig med flere databaser med livsløpsinventar (SimaPro, 2020). Det er i denne analysen brukt *Ecoinvent v3*, som kjennetegnes som en internasjonal, omfattende og godt oppdatert database med tusenvis av prosesser og produkter tilgjengelig fra flere sektorer (Ecoinvent, u.å.). Det er valgt å bruke Recipe midtpunktsindikator.

I tillegg er enkelte utslippsfaktorer hentet ut fra verktøyet One Click LCA. Dette er et flerfunksjonelt verktøy som utover å brukes til livsløpsanalyser, kan blant annet vurdere livssyklus-kostnader, opprette EPD-er og har tjenester for ulike miljøsertifiseringer (Bianova LTD, 2018). Det er også mulig å hente ut EPD-er fra flere aktører. Selve beregningene for miljøsystemanalysen er gjort i Excel, hvor alle verdier for utslippsfaktorer og mengder er manuelt ført inn.

### Fremgangsmåte for ombrukte materialer

Analysen av ombruksproduktene følger ingen standardisert metode, og prosessene i de inkluderte fasene varierer stort avhengig av produktet. Felles er at alle prosesser som kan ha påvirkning på klimagassutslippet er vurdert. Utslipp er hovedsakelig antatt å komme fra energibruk i ombruksprosessene, produksjon av eventuelle tilleggsmaterialer og transport. I tillegg er utslipp knyttet til mellomlagring, som oppvarming av lagringslokaler, inkludert der det er ansett som aktuelt. Det er valgt å bruke generelle verdier på energibruk for den aktuelle type bygningen materialet har stått lagret og det er kun sett på den tidsperioden og plassen som produktet har opptatt.

Spesielt for ombruksproduktene er at det kan ha konsekvenser for andre materialvalg eller løsninger som er valgt i prosjektet. Disse er synliggjort og presentert kvantitativt så langt det lar seg gjøre med tilgjengelig informasjonen.

### Fremgangsmåte for tilsvarende nye alternativer

For å finne tilsvarende nye materialer er det i første omgang undersøkt etter det eksakte produktet på markedet, om ikke annet er spesifisert av prosjektet. Om det ikke har vært noe tilgjengelig på markedet er det valgt å bruke lignende produkter eller produkter som har tilgjengelig miljødeklarasjon.

Utslipp knyttet til nye materialer er hovedsakelig hentet fra aktuelle faser i EPD-er funnet på EPD-Norge. Valg av EPD er foretatt med utgangspunkt i gyldighet og hvilke faser som er deklarerert, samt markedsområde. I tilfeller hvor det er valgt å bruke utgåtte EPD-er skyldes dette mangel på annen gyldig dokumentasjon.

For enkelte produkter eksisterer det ingen EPD-er på markedet. I disse situasjonene er utslipp for fremstilling og produksjon av produktet vurdert ved å bruke generiske miljøprofiler fra OneClick LCA. Denne dataen er basert på Ecoinvent, og representerer gjennomsnittlige materialer for ytelseskriteriene som er definert for det aktuelle produktet.

### Transport

I analysen brukes faktiske fraktavstander der det er kjent. Avstander er funnet ved bruk av Google Maps. Alle distanser og utregninger kan finnes for tilhørende produkter i vedlegg 1.A-1.F. For tilsvarende nye materialer, der fraktverdier er gitt i EPD-en, justeres A4-verdien ved å finne utslipp per km og deretter gange opp med faktisk transportavstand. Der det er regnet på frakt av ombrukte alternativer i fremtiden og til avfallsbehandling, brukes en generell avstand på 50 km. Utslippsfaktorer for ulike transportmidler er hentet fra Ecoinvent, gitt i enheten CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per tonnkilometer.

Valg av størrelse på kjøretøy er basert på oppgitt informasjon, vekt eller størrelse på produkter som fraktes. For varebiler er det blant annet valgt å bruke verdier for liten lastebil. EURO 6 er valgt som standard og verdiene fra Ecoinvent inkluderer tomkjøring og produksjon av kjøretøy, i tillegg til forbruk av drivstoff. Det ble vurdert å bruke andre kilder for utslippsfaktorer for sammenligning, men ettersom det i mange tilfeller var utfordrende å finne informasjon og troverdige verdier for dette, ble det for omfattende i denne studien.

### Mellomlagring

Enkelte av ombruksmaterialene har vært mellomlagret før de har blitt fraktet til byggeplassen. Drift av lagerlokalene fra bestillingsdato av produktene gir utslippsbidrag som kan tilknyttes de aktuelle materialene i prosjektet. Hvorvidt det er riktig å ta med utslipp fra energien brukt til å varme opp lokalene har likevel vært oppe til diskusjon.

Dette er fordi løsningen for mellomlagringen kan være valgt på grunnlag av tilgjengelige lokaler i området fremfor hva som har vært nødvendige lagringsforhold. Materialene har i mange tilfeller ikke behov for annet enn tørre omgivelser eller beskyttelse mot regn. Videre kan materialene ha vært lagret sammen med andre produkter, og lokalene kan ha vært oppvarmet av andre grunner.

Ettersom det er flere nødvendige opplysninger som ikke er kjent for enkelte av de faktiske lagringslokalene brukt i casen, deriblant oppvarmingsteknologi, total størrelse og energibehov, er det valgt å gjøre grove estimater på energibruk i de tilfellene det har vært nødvendig med tempererte lokaler. Energibruken for lagerbygg er satt til 205 kWh/(kvm\*år), basert på gjennomsnittsverdier for energibruk på lagerbygg fra Enovas Bygningstatisikk (Enova, 2011). Det er antatt 80% av energibruken er dekket av elektrisitet og 20% fra fjernvarme. Ved lagring kun under tak, er utslipp knyttet til mellomlagring neglisjert. En kunne regnet på utslipp for bygging av leskur o.l., og fordelt utslipp på byggverkets levetid. Dette er altså valgt å se bort fra, da det er antatt å være lite utslagsgivende.

### Levetid og utskiftning

Det er i hovedsak valgt å ta utgangspunkt i levetider oppgitt i EPD-er, byggevaredeklarasjoner og FDV-dokumentasjon for produktene, eller for tilsvarende produkter dersom dokumentasjon ikke har vært oppgitt.

I analysen er det valgt å anta at restlevetiden for de ombrukte produktene er omtrentlig den resterende tiden av forventet levetid. Elementer som er brukt i bærekonstruksjonen er antatt å være testet og bearbeidet tilstrekkelig til at de holder ut byggets levetid. Utskiftning av ombrukte materialer, B4, er basert på beregnede verdier for fase A1-A4 inkludert avfallshåndtering eller videre ombruk. For utskiftning med nytt produkt brukes verdier fra EPD.

### Scenarier gjennom livsløpet

For noen produkter er det vanskelig å forutse hvordan enkelte faser gjennom livsløpet vil utartes. Derfor er det vurdert flere scenarier for utskiftning for å ta høyde for mulige fremtidige hendelser. Dette gjelder utskiftning hvor levetiden er kortere enn analyseperioden på 60 år. Disse scenarioene er basert på antakelser for teknisk og funksjonell levetid.

### **3.6.3 Livsløpseffektvurdering**

I denne fasen sammenstilles dataene fra livsløpsregnskapsfasen og forbruk av energi omregnes til utslipp. Alle beregninger er gjennomført ved hjelp av Excel.

### Miljøpåvirkningskategorier

Det er i denne analysen valgt å kun se på miljøpåvirkningskategorien globalt oppvarmingspotensialet (GWP) i form av kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette er ansett som det mest aktuelle og interessante å vurdere, i tillegg til at det er knyttet usikkerhet og mangel på informasjon om miljøpåvirkning utover CO<sub>2</sub>-utslipp fra ombruksprosessene.

### Elektrisitetsmiks og utslippsfaktor for drivstoff

Flere av prosessene i analysen er avhengig av energi, og det er antatt bruk av elektrisitet som kilde om ikke annet er spesifisert. Det er valgt å bruke nordisk produksjonsmiks på 100 gram per kWh, basert på Fuglseth *et al.* (2018). Da enkelte materialer har et behov for elektrisitet lenger frem i fremtiden, pga. utskiftning med antatt ombrukt produkt, ble det vurdert å bruke elektrisitetsmiksen for ZEB. Det er fordi den tar høyde for fremtidig utvikling av strømproduksjon i Europa. Det ble likevel valgt å gjøre en forenkling med kun en strømmiks, nordisk produksjonsmiks, gjennom analyseperioden.

For maskiner og utstyr som bruker drivstoff, her kun diesel, er det valgt en utslippsfaktor på 3,2 kg CO<sub>2</sub>-ekv. per liter. Det er valgt for å ta høyde for utslipp knyttet til utvinning og produksjon, i tillegg til forbrenning. Utgangspunktet for denne faktoren er basert på direkte utslipp av diesel på 2,63 kg CO<sub>2</sub>-ekv. per liter, og at indirekte utslipp fra utvinning og produksjon utgjør et tillegg på rundt 20% for fossile brennstoffer (Department for Business- Energy & Industrial Strategy, 2019; Framtiden i våre hender, 2013).

### **3.6.4 Tolkning**

Ved ferdigstillelse av analysen blir til slutt resultatene tolket opp mot hensikten og omfanget som er vurdert. De viktigste bidragene blir synliggjort og resultatene fremstilles i ulike grafer og tabeller.

### Sensitivitetsanalyse

For enkelte parametere i miljøsystemanalysen vil metodiske valg kunne være med på å skape usikkerhet tilknyttet resultatene (Fuglset *et al.*, 2018). Hvilken effekt disse valgene har på det endelige resultatet er derfor undersøkt i en sensitivitetsanalyse. Det er utført sensitivitet på både elektrisitetsmiks og tidsbruk av maskiner og utstyr. For elektrisitetsmiks er det vurdert totalt fem mikser; norsk produksjonsmiks, norsk produksjon inkludert import, nordisk miks, utslippsmiks for Zero Emission Buildings (ZEB) og norsk miks uten opprinnelsesgaranti. Det er valgt å ikke se eksplisitt på europeisk da dette er antatt å bli tatt høyde for ved både ZEB og norsk miks uten opprinnelsesgaranti. Tidsbruken er vurdert med +/- 20% av det som opprinnelig er satt.

Andre parametere, som transportdistanser og utslippsfaktorer for ulike kjøretøy, er valgt å ikke ta med i denne analysen. Scenarioer for ulike utskiftningsintervaller er inkludert i selve beregningen av aktuelle materialer, og vil derfor ikke implementeres i sensitivitetsanalysen.

### **3.6.5 Styrker og svakheter ved miljøsystemanalysen**

Generelt er det være knyttet usikkerhet til innhenting av informasjon og kvaliteten av dataen (Thormark, 2000). Det er aktuelt for utregning av mengder, utstyr og utslippsfaktorer som er brukt i analysen. I flere tilfeller hentes ut data på lignende produkter og ikke spesifikt for nettopp det produktet som analyseres.



Dette kan ha betydning for at resultatene og de virkelige utslippene ikke samsvarer. Dette er derimot vanskelig å etterprøve.

For enkelte produkter i analysen finnes det foreløpig ingen deklart EPD. I mangel på informasjon om prosesser for fremstilling av disse produktene, er det brukt generiske utslippsverdier og det er vanskelig å vite hva som egentlig er inkludert i prosessene.

### Sammenlignede produkter

En utfordring ved sammenliknende analyse er antakelsen om at brukte og nye materialer utfyller de samme funksjonene og at fasene hvor de oppfører seg likt er ekskludert fra analysen (Rønning, Lyng og Vold, 2011). Dette er en forenkling, og hvorvidt dette er tilfellet i virkeligheten er det knyttet usikkerhet rundt.

Det er viktig å merke seg at resultatene fra en sammenliknende analyse kun gir et bilde av differansen i miljøpåvirkningen mellom ombrukte og nye materialene, og ikke fullstendige utslipp knyttet til hele livsløpet for materialene. Det er flere prosesser med tilhørende utslipp som er sett bort ifra, og som i virkeligheten ville gitt CO<sub>2</sub>-bidrag og en større miljøpåvirkning enn det som er beregnet

### Systemgrenser

Systemgrensen favner relativt bredt, og det kan være vanskelig å vite hva som er verdt å inkludere i analysen og hva som kan påvirke sluttresultatet i større grad. Ekskludering av prosesser som bidrar med neglisjerbare bidrag kan være utfordrende å forutse og dermed er det mange prosesser som er brukt tid på å analysere. Hva som er inkludert av prosesser er også helt avhengig av hva som har vært tilgjengelig av informasjon fra det gitte prosjektet. Dermed er noen bidrag regnet veldig detaljert, mens andre prosesser er gjort overslag på.

## 4 Presentasjon av case

Kristian August gate 13 (KA13) er et pilotprosjekt i regi av Entra, hvor ombruk av byggematerialer prøves ut i stor skala. Prosjektet er en del av Tullinkvartalet i Oslo og på tomten er det opprinnelig et 8-etasjers kontorbygg (inkludert kjeller) bygget på 1950-tallet. Det skal utføres en rehabilitering og oppgradering av eksisterende bygningsmasse samt oppføring av et nytt tilbygg på 8 etasjer med grunnflate på ca. 60 m<sup>2</sup>. Totalt sett skal bygget være på 3 994 m<sup>2</sup> oppvarmet bruksareal (NAL, 2020).



**Figur 4.1:** Visualisering av prosjektet (Entra, u.å.).

Prosjektet er pågående og skal etter planen stå ferdig i løpet av høsten 2020. Med Spaces som leietaker, vil bygget driftes som et kontorhotell, som vil si at kontorer og konferanserom vil leies ut til eksterne bedrifter i varierende tidsperioder (FutureBuilt, 2020). Fleksible løsninger er derfor et viktig element i prosjektet. Relevante roller i prosjektet er listet opp under i Tabell 4.1.



**Figur 4.2:** Illustrasjon av eksisterende bygg, tilbygg og overbygg i KA13 (Elverum, 2020).

**Tabell 4.1:** Aktuelle roller i prosjektet og arbeid med ombruksproduktene.

| Rolle  | Bedrift                |
|--|------------------------|
| Byggherre  | Entra                  |
| Arkitekter   | MAD arkitekter         |
| Leietakere   | Spaces                 |
| Prosjekt- og byggeledelse, miljørådgiver og ombrukskoordinator | Insenti AS             |
| Rådgiver byggeteknikk  | Rambøll AS             |
| Rådgiver VVS   | Norconsult AS          |
| Energirådgiver og rådgiver ombruk                              | Asplan Viak            |
| Ventilasjonsarbeider   | Energima AS            |
| Betong- og stålarbeider  | Øst-Riv og Stokke Stål |

### Miljøambisjoner

Prosjektet er en del av FutureBuilt sitt forbildeprogram, som innebærer at det skal oppnå en klimagassreduksjon på 50% sammenlignet med et referansebygg som skal representere “dagens praksis” (Selvig *et al.*, 2018). Det skal også utføres innenfor FutureBuilt sine krav for sirkulære bygg. Det betyr at minst 50% av byggets materialer og bygningsdeler i vekt skal være ombrukte eller ombrukbare (FutureBuilt, 2019). I henhold til kravene er det blant annet gjort en miljøbasert beslutning om å rehabilitere eksisterende bebyggelse fremfor å rive, og det er forsøkt å utnytte de eksisterende ressursene best mulig ved intern eller ekstern ombruk der det er mulig. Det legges også stor vekt på prosjektering for demontering.

Det er videre generelt høye miljøambisjoner for prosjektet, og det planlegges ivaretagelse av miljøkvaliteter tilsvarende nivået BREEAM-NOR Very Good. I prosjektets miljømål ligger også høye krav til avfallsreduksjon og ambisjoner om en utslippsfri byggeplass (Entra, u.å.).

### Kort om byggets oppbygging

Den eksisterende bygningen er et betongbygg med bærende søyler og bjelker og etasjeskillere i betong. Sentralt i bygget er et gjennomgående trappeløp og heis. Fasaden ut mot Kristian Augusts gate er kledd med steinplater. Tilbygget vil bestå av bærende stålsøyler og -bjelker og hulldekker i betong. Fasaden vil være sammensatt av ulike typer platekledninger.



**Figur 4.3:** Kristian August gate 13 - eksisterende bygningsmasse (Elverum, 2020).

### Valg av caseprosjekt

Som prosjektets miljøambisjoner tilsier, er KA13 en pilot når det gjelder sirkulære prinsipper i bransjen. Det er brukt mye ressurser og tid på å avklare juridiske aspekter og arbeidsmetodikk for gjennomføring av ombruk av ulike materialer i stor skala (FutureBuilt, 2020). Det er stor interesse for å finne løsninger på dette feltet, og prosjektet har derfor fått stor oppmerksomhet i bransjen. Erfaringene som gjøres i dette prosjektet vil bli viktig for fremtidig arbeid med ombruk, da det gjøres mye nybrottsarbeid for ombruk i stor skala.

## **4.1 Omfang av ombruk i prosjektet**

Prosjektet gjennomfører flere typer ombruk. Fra den eksisterende bygningsmassen ombrukes ulike bygningsdeler og -materialer lokalt i prosjektet, slik som dører, radiatorer, treverk og inventar. Dette er intern ombruk innad i Entra sin organisasjon. I tillegg beholdes bæresystemet fra det eksisterende bygget. Dette betegnes ikke direkte som ombruk ettersom det ikke flyttes på, men det bidrar til økt levetid av materialene og høy ressursutnyttelse.

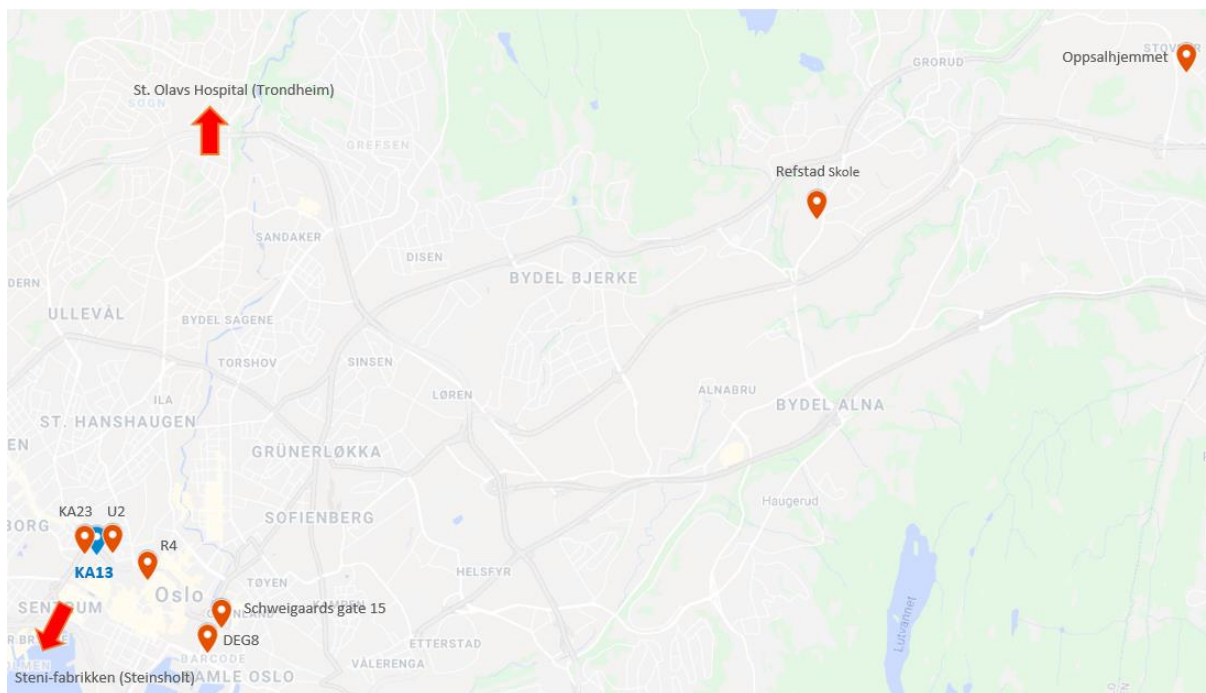
Når det gjelder eksternt ombruk, er det hentet inn materialer fra andre Entra-eiendommer og utenfra. Det er størst grad av denne type ombruk i tilbygget, og her er blant annet stål, hulldekker i betong, sanitærutstyr og fasadeelementer ombrukt. Himlingsplater og radiatorer er eksempler på produkter som er brukt internt i Entrass organisasjon, hentet fra andre prosjekter i deres portefølje.

## 4.2 Ombruksprosessen

Satsningen på ombruk har ført til at prosjektets byggeprosess har blitt lagt opp litt annerledes enn en konvensjonell prosjektmodell. Det bemerkes at det per dags dato fortsatt er ombruksprosesser som avklares eller ikke er utført, så dette er en generell fremstilling av prosessen.

Søkingen etter ombruksmaterialer begynte allerede i forprosjekt-stadiet, og fortsatte ut i detaljprosjekteringen og i byggefasen (Elverum, 2020). Både arkitekter, entreprenører og ombruksrådgivere har bidratt til å finne produkter og løsninger for ombruk (FutureBuilt, 2020). Eksterne bransjerepresentanter har også bidratt til å finne løsninger, gjennom workshops arrangert av Entra i samarbeid med FutureBuilt.

Kartleggingen og logistikken knyttet til ombruksproduktene beskrives som tidkrevende, og dermed kostnadsdrivende for prosjektet (FutureBuilt, 2020). Det er tatt beslutninger i flere runder ved anskaffelse av brukte materialer, og i enkelte tilfeller har ombruk ført til endringer i prosjekteringen. Ombruksmaterialene har hatt ulikt behov for mellomlagring, bearbeiding og testing, som krever planlegging og logistikk. Egne jurister er engasjert i prosjektet for å ivareta reglementet knyttet til ombruksvarene.



**Figur 4.4:** Oversikt over hvor de analyserte ombruksproduktene er hentet fra, samt plassering av Kristian Augusts Gate 13 (Egenprodusert).

## 5 Resultater

I dette kapittelet vil resultatene av de ulike analysene presenteres. Først vil resultatene av livsløpsvurderingen gjennomført for caseprosjektet Kristian Augusts gate 13 gjennomgå. Deretter presenteres resultatene av intervjuene, og til slutt fremstilles resultatene fra dokumentstudiet av avfallsmengder i Oslo Kommune.

### 5.1 Caseprosjekt - miljøsystemanalyse av utvalgte byggematerialer

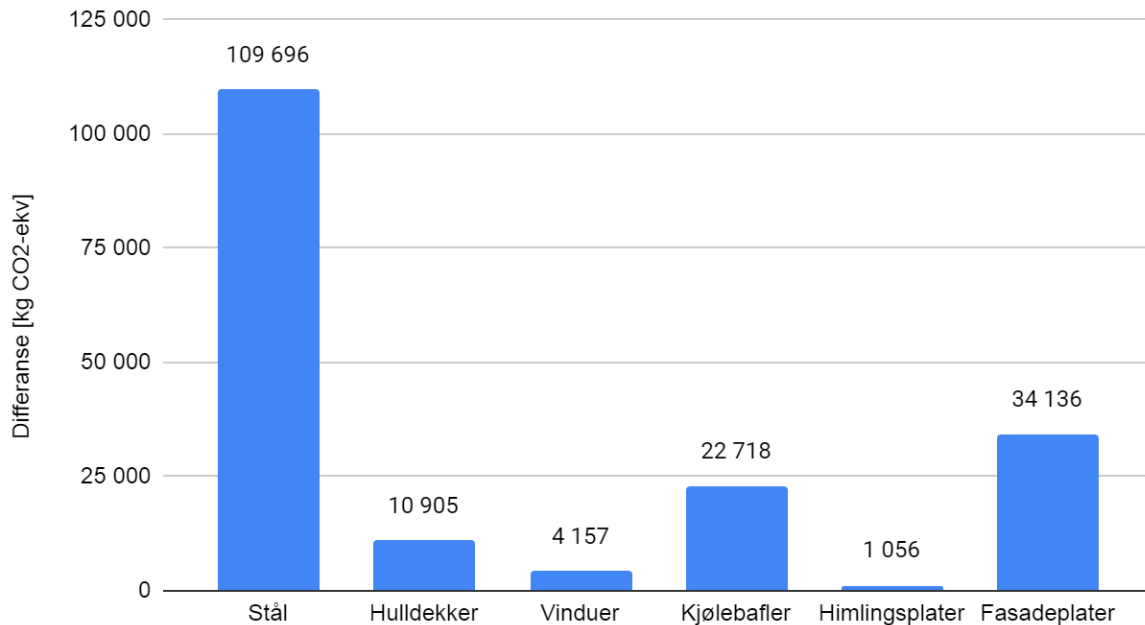
Det er gjennomført en sammenlignende livsløpsanalyse for utvalgte ombruksmaterialer brukt i Kristian Augusts gate 13 (KA13). En kort presentasjon av de analyserte materialene og produktene er samlet i Tabell 5.1. Beregninger, detaljerte forutsetninger og antagelser gjort i forbindelse med behandlingen av alle materialene er å finne i Vedlegg 1.A-1.F. Dette gjelder blant annet spesifikk produktinformasjon, mengder, antakelser og forutsetninger foretatt tilknyttet håndtering av produktene og valg av tilsvarende nye produkter. Spesifikke transportberegninger tilhørende hvert material er også fremstilt i de samme vedleggene og utslippsfaktorer for energibærere, maskiner og utstyr er gitt i Vedlegg 1.G.

Tabell 5.1: Oversikt over aktuelle materialkategorier analysert fra KA13.

| Material-kategori      | Analyseenhet  | Total mengde ombrukt                           | Hentet fra  | Nødvendig bearbeiding                | Type ombruk          | Årgang                  |
|------------------------|---|--|---|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Stålbjelker og -søyler | Kg stål, varmvalset og kaldvalset                         | 45.089 kg                                      | Østlandsområdet   | Kapping, sandblåsing og priming      | Ekstern              | Ukjent                  |
| Hulldekker i betong    | Tonn hulldekke av høyde 265 mm + 80 mm påstøp             | 159,9 m <sup>2</sup> (i 3 etasjer).<br>96 tonn | Regjeringskvartalet, R4   | Kapping, testing                     | Ekstern              | Ca. 1985                |
| Vinduer                | Stk 3-lags vinduer av størrelse 1.588x1488 og 1.588x2.188 | 28 stk   | Kværnerbyen (Kjøpt av Resirqel på Vollebekk)                            | Ingen                                | Ekstern              | 2014                    |
| Kjølebafler            | Antall  | 138 stk  | Dronning Eufemias gate 8 (DEG8)   | Rengjøring ved trykkblåsing          | Ekstern              | 2008                    |
| Himlingsplater         | M <sup>2</sup> himlingsplate (lagt dobbelt)               | 1660 m <sup>2</sup>                            | Fire nærliggende prosjekter i Oslo                                      | Mulig manuell tilpasning ved kapping | Intern og ekstern    | Varierende              |
| Fasadeplater           | M <sup>2</sup> ferdig kledning                            | 695 m <sup>2</sup>                             | Lokasjoner i Trondheim, ++ overskuddsmaterialer fra fabrikken til Steni | Kapping og lakkering                 | Overskudd og ekstern | 1970-tallet, 2009, 2020 |



Figur 5.1 viser prosjektets samlede klimagassbesparelser for bruk av ombruksproduktene sammenlignet med tilsvarende nye alternativer. Det er ikke valgt å gå inn på andre miljøpåvirkninger enn klimagassutslipp, i form av kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Resultatene gjelder for fasene A1-A4, som utgjør prosesser fra starten av livsløpet og til produktene er fraktet til byggeplassen.



**Figur 5.1:** Oversikt over utslippsbesparelser av ombrukte produkter i KA13 sammenlignet med nye alternativer, fase A1-A4.

Valg av ombruksprodukter innenfor disse materialkategoriene har resultert i en total besparelse på 186 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. for fase A1-A4. Det understrekes at det er brukt mange flere ombruksprodukter i prosjektet, som ikke er omfattet av denne analysen.

Resultatene viser at ombruksstålet gir klart størst besparelser av materialkategoriene. Det kommer både av en energikrevende produksjonsprosess for nytt stål, enda 13% er resirkulert råstoff, og av at det er store mengder stål ombrukt i prosjektet. Totalt er 70% av alt stål i prosjektet ombrukt. Til sammenligning utgjør hulldekkene 40% av totale mengder, da nærmere tre av åtte etasjer i tilbygget er ombrukt. Himlingsplatene har minst effekt på regnskapet. Det kommer av at himlingsplater i utgangspunktet ikke har så store utslipp tilknyttet produksjon av tilsvarende nytt alternativ. I Tabell 5.2 er besparelsene per enhet for fase A1-A4 presentert for de ulike materialkategoriene.

**Tabell 5.2:** Besparelse i kg CO<sub>2</sub>-ekv/enhet for de analyserte materialkategoriene i fase A1-A4.

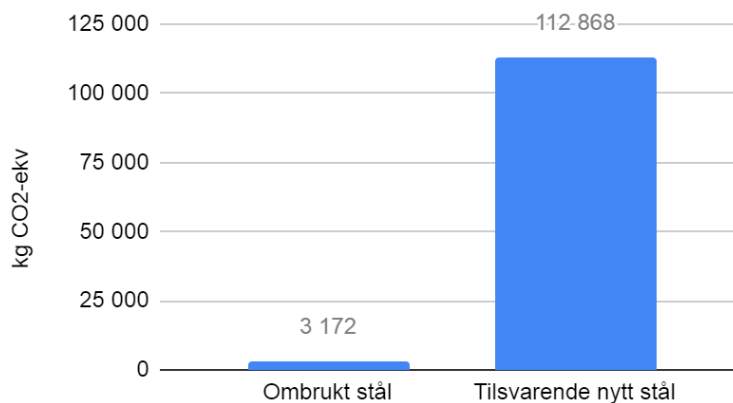
| Materialkategori | Utslipp per enhet ombruk [kg CO <sub>2</sub> -ekv/enhet] | Utslipp per enhet nytt [kg CO <sub>2</sub> -ekv/enhet] | Enhet          | Besparelse |
|------------------|--|--|----------------|------------|
| Stål             | 0,07   | 2,5  | kg             | 97%        |
| Hulldekker       | 13,9   | 124,9  | tonn           | 89%        |
| Vinduer          | 13   | 161,5  | stk            | 92%        |
| Kjølebafler      | 8,9  | 173,4  | stk            | 95%        |
| Himlingsplater   | 0,01   | 0,65   | m <sup>2</sup> | 98%        |
| Fasadeplater     | 1,4  | 50,7   | m <sup>2</sup> | 97%        |

Det er tilsynelatende store besparelser å hente ved å ombruke produktene i tidlig fase frem til byggeplassen. For å få et mer helhetlig inntrykk av hvilke konsekvenser materialvalgene gir gjennom livsløpet, vil de kommende delkapitlene gi en grundigere gjennomgang av hver materialkategori, med blant annet mulige scenarioer for utskiftning.

### 5.1.1 Stål

Resultatene viser at ombruksstålet gir en besparelse på 110 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i prosjektet. Totalt er 70% av alt stålet i prosjektet ombrukt. Per kilogram av stålet er besparelsene på 2.42 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, noe som utgjør en reduksjon på 97% sammenlignet med bruk av nytt stål med en resirkuleringsgrad på 13%. Figur 5.2 viser hvordan utslippene er fordelt på de to alternativene.

Stål har en antatt levetid på 100 år, så det vil ikke være behov for utskiftning gjennom byggets levetid. I dette tilfellet er kun fase A1-A3 analysert, da transport til byggeplass (A4) er antatt likt for begge alternativer.



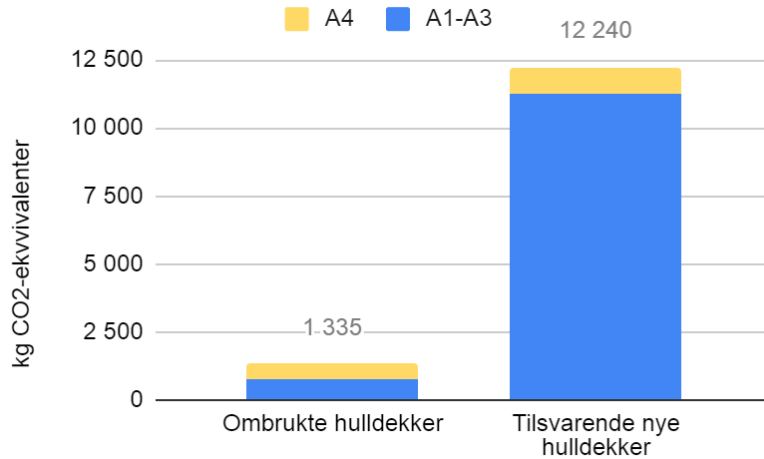
**Figur 5.2:** Sammenlignende klimagassutslipp for stålsøyler og -bjelker, fase A1-A3.

Prosessene som gir størst bidrag til klimagassregnskapet ved ombruk er bearbeiding av stålet, som inkluderer blant annet kapping, sandblåsing og priming av alle overflater. Dette utgjør 67% av totalt utslipp. Andre bidrag er vist i Vedlegg 1.A.



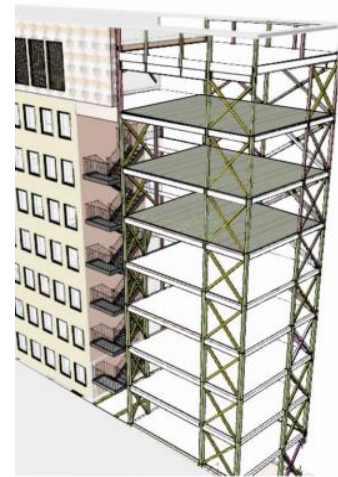
### 5.1.2 Hulldekker

De ombrukte hulldekkene er kun brukt i tre av åtte etasjer i tilbygget, men gir en besparelse på 10,9 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. Per tonn med hulldekker betyr dette 111 kg reduksjon i klimagassutslipp, som tilsvarer 89% reduksjon relativt til tilsvarende nye hulldekker. Se Figur 5.3 for fremstilling av resultat.



Figur 5.3: Sammenlignende klimagassutslipp av hulldekker, fase A1-A4.

På lik linje med stålelementene, er hulldekkene del av den bærende konstruksjonen av tilbygget, og vil ikke skiftes ut i løpet av byggets levetid. Dekkene har blitt kontrollert av prosjektet og testet av Sintef, og det er antatt at levetiden er lik byggets levetid til tross for at de er 35 år gamle. Dermed er kun fase A1-A4 medregnet. Hovedandelen av bidragene for de brukte hulldekkene er tilknyttet transport, opp mot 90% av totale utslipp, både til byggeplass (A4) og til mellomlagring (A1-A3). Det kommer av at hulldekkene er tunge, noe som gir en høy utslippsintensitet i transport. Det skal likevel mye til for at ombruk av hulldekkene ikke lønner seg. Faktisk kan de fraktes hele 890 km før utslippene er tilsvarende som det nye alternativet, med forutsetningene i denne analysen. Demontering og bearbeiding medfører minimalt med utslipp.



Figur 5.4: Illustrasjon av plasseringen av hulldekkene i tilbygget (Elverum, 2020)

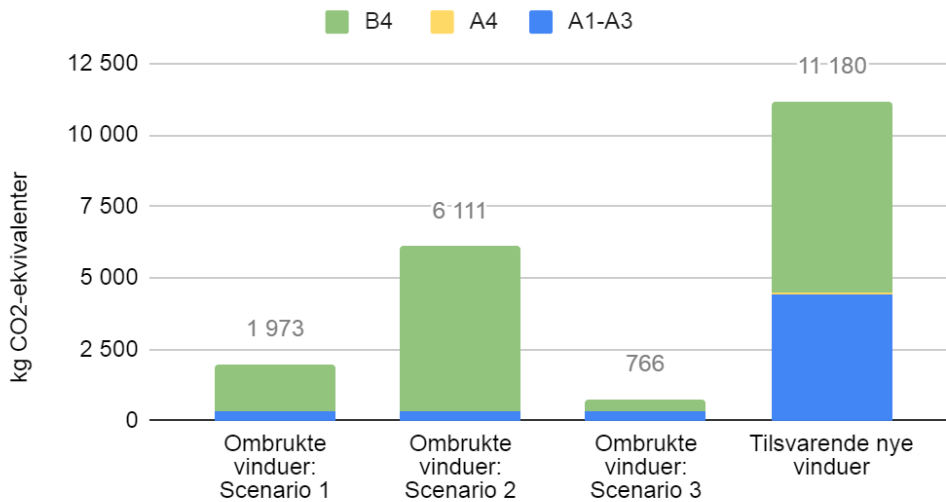
Det valgt å beholde opprinnelig påstøp på de ombrukte hulldekkene for å ta vare på mest mulig av betongen. I de etasjene hvor nye hulldekker er brukt er det ikke sett behov for påstøp, da gulvarealet i tilbygget er relativt lite (53,3 m<sup>2</sup>). Dermed blir det ikke inkludert klimagassutslipp for påstøp for de tilsvarende nye hulldekkene. I større prosjekter vil det gjerne inkluderes, noe som vil medføre enda større besparelser ved ombruk.

### 5.1.3 Vinduer

Ombruksvinduene bidrar i prosjektet med en besparelse på 4,1 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. sammenlignet med nytt alternativ i fase A1-A4. Dette utgjør 148 kg CO<sub>2</sub>-ekv. per vindu. Vinduene er fra 2014, og det antas at resterende levetid på vinduene er drøye 30 år. Dermed vil det være nødvendig å skifte dem ut i løpet av byggets levetid. Det er i analysen vurdert fire ulike scenarier for utskifting;

1. Ombrukte produkter byttes ut med ombrukte
2. Ombrukte produkter byttes ut med nye
3. Ombrukte vinduer byttes ut ombrukte produkter. De gamle får nytt liv ved videre ombruk
4. Nytt vindu byttes ut med nytt alternativ

I alle scenarier, utenom nummer tre, sendes utskiftede produkter til avfallsbehandling. Figur 5.5 viser sammenlignende klimagassutslipp for de ulike scenarioene. I løpet av analyseperioden på 60 år, er det besparelser å hente uansett om ombruksvinduene byttes ut med nye eller andre ombruksvinduer i perioden. Det er verdt å bemerke at det er antatt en funksjonell levetid på 40 år for de tilsvarende nye vinduene, noe som tilsier at ombruksvinduene og de nye vinduene blir skiftet ut like mange ganger. Flere EPD-er angir at vinduer med aluminiumskledning kan ha en levetid på 60 år, men dette er kortet ned til 40 år på bakgrunn av at det stadig blir strengere krav til energieffektivitet i bygg, samt etter anbefaling fra veileder.

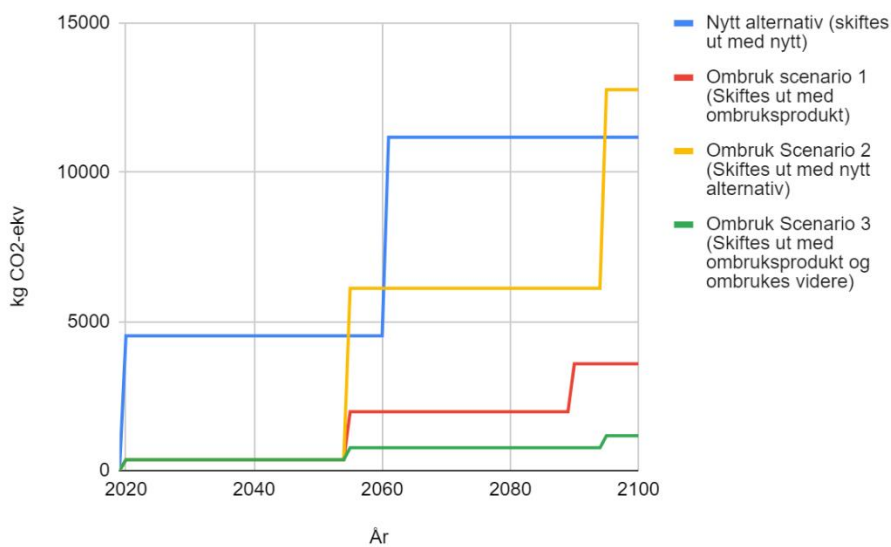


**Figur 5.5:** Sammenlignende klimagassutslipp for vinduer med scenarier for utskifting.

Resultatene viser at det er store besparelser å hente dersom det er mulig å erstatte ombruksvinduene med nye ombruksprodukter ved endt funksjonell levetid. Hvor sannsynlig dette er, vil være avhengig av om det er mulig å finne vinduer av passende størrelser. Det kan være avhengig av en del flaks, men det er også vanskelig å si noe om hvordan ombruksmarkedet er på dette tidspunktet. Dersom de ombrukte

glassene kan benyttes til et annet formål ved endt funksjonell levetid, for eksempel i kontorskillevegger, er reduksjonen på 91% sammenlignet med det nye alternativet. Ved avfallshåndtering av vinduer er det relativt store utslipp, på rundt 1,2 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. samlet for de 28 vinduene.

Ombruksproduktene vil trolig ha behov for hyppigere utskiftning enn de nye produktene. Dette er ikke synliggjort i figuren over, noe som kan være misvisende fordi de aktuelle produktene ved år 60 sannsynligvis vil ha ulik resterende levetid. Dette er derfor tatt høyde for i Figur 5.6, som viser utviklingen av klimagassutslipp over tid for de ulike utskiftningsscenarioene. Her er systemgrensene utvidet til å gjelde en analyseperiode på 80 år, for å se hvordan dette påvirker resultatene. Det er her antatt at bygget fortsatt vil stå, og det er ikke tatt høyde for vedlikehold.



**Figur 5.6:** Klimagassutslipp over tid for vinduer ved ulike scenarier for utskiftning. Fase A1-A4+B4 (eks. demontering).

Scenario 2 innebærer at ombruksproduktene skiftes ut to ganger med nye produkter. Med dette alternativet, viser resultatene at det ikke vil være besparelser å hente. Hvor sannsynlig det er å gjennomføre en utskiftning på dette tidspunktet vil være avhengig av byggets tilstand og resterende levetid. Utover dette er det tydelig at de andre scenarioene gir store besparelser gjennom levetiden til tross for hyppigere utskiftning.

#### Innvirkning på bygningstekniske egenskaper

Faktisk miljøeffekt ved ombruk av vinduer er likevel noe mer komplisert å anslå, da vinduene har en innvirkning på byggets energiforbruk, samt innvendige dagslysforhold. Sistnevnte er blant annet på grunn av mindre dimensjoner på ombruksvinduene enn opprinnelig planlagt for. Det har bidratt til beslutningen om en endring i fasadeutformingen, se Figur 5.7. Dette vil ikke vurderes nærmere her. Ombruksvinduene har U-verdi på 1,1 W/m<sup>2</sup>K, som er innenfor minimumskravet på 1,2 W/m<sup>2</sup>K, men høyere enn hva som gjerne brukes i dag. Energitiltaksmetoden i TEK17 angir en øvre grense på 0,8

$W/m^2K$ , riktignok for boligbygg, men som kan brukes som referanseverdi. Prosjektet har høye ambisjoner for energieffektivitet, så en høyere U-verdi på vinduene vil kunne ha innvirkning på andre miljømål i prosjektet, som for eksempel energibruk.

Prosjektet har gjort egne energiberegninger i forbindelse med ombruksvinduene, og konkluderer med at bruk av disse vinduene medfører et økt energiforbruk. Det er beregnet at tilbygget oppført med kun ombruksglass gir et behov for årlig levert energi på  $122 \text{ kWh/m}^2$ . Ved å bytte til nye glass i de tre nederste etasjene, blir behovet redusert til  $118 \text{ kWh/m}^2$ . Sistnevnte løsning er det som er valgt, og det er oppgitt at det blir et årlig økt energiforbruk på  $3 \text{ kWh/m}^2$  sammenlignet med et tilbygg bestående av helt nye vinduer. Dette gir en økning med  $91 \text{ kg CO}_2\text{-ekv.}$  per år for hele tilbygget, og  $2,7 \text{ tonn CO}_2\text{-ekv.}$  på 30 år. Likevel vil ombruksløsningen lønne seg i alle scenarioer.



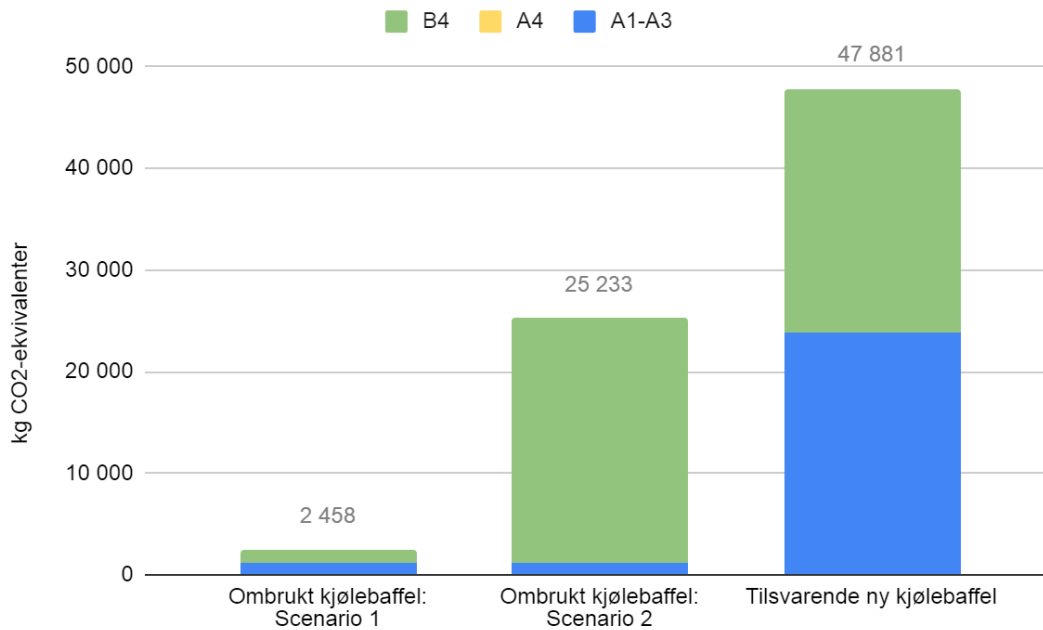
**Figur 5.7:** Illustrasjon av endret fasadeutforming som følge av ombruksvinduenes størrelser (Elverum, 2020).

For å kunne oppnå ønsket energimerke er det lagt til  $50 \text{ mm}$  med ekstra isolasjon i veggene mot Kristian Augusts gate 15 for å bøte på det ekstra energibehovet. Denne veggene har et areal på omtrent  $32 \text{ m}^2$  per etasje, som betyr et økt karbonutslipp på totalt  $61 \text{ kg}$  ved bruk av utslippsfaktor på glassullisolasjon, fase A1-A4 (Glava AS, 2019).

### 5.1.4 Kjølebafler

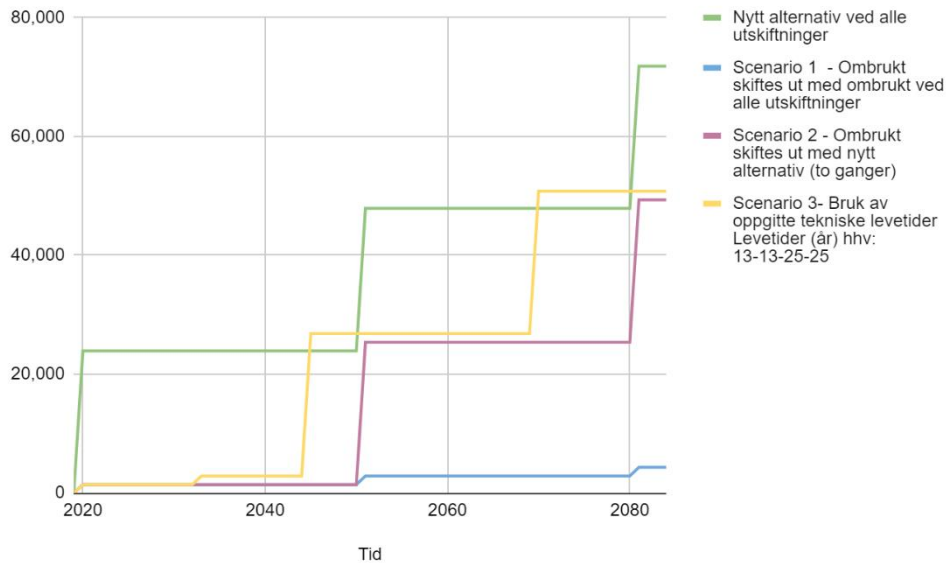
Ombruk av kjølebafler gir en besparelse på  $22,6 \text{ tonn CO}_2\text{-ekv.}$  i fase A1-A4, som utgjør en reduksjon på  $95\%$  sammenlignet med nytt alternativ. De største bidragene fra ombruksproduktene stammer fra bruk av lift ved demontering og fra mellomlagring. Kjølebafler er sammensatte komponenter, men består hovedsakelig av stål som forklarer de store besparelsene på grunn av energikrevende produksjonsprosess.

Antatt levetid for både ombrukte og nye kjølebafler er satt til 30 år. Dette er basert på erfaringsmessige vurderinger fra prosjektets rådgivende ingeniør på ventilasjon (RIV), som antar at funksjonell levetid er noe lenger enn oppgitt i byggevederklaring på 25 år. I tillegg er de ombrukte kjølebaflene vurdert til å ha like god kvalitet som nye produkter. Ut fra disse forutsetningene er det nødvendig med én utskiftning gjennom levetiden for begge alternativene. Det er vurdert to scenarier for utskiftning av ombrukt produkt, der det skiftes ut med henholdsvis et nytt ombruksprodukt og et nytt alternativ ved endt levetid. Resultatene er fremvist i Figur 5.8 under.



**Figur 5.8:** Sammenlignende klimagassutslipp for kjølebafler, inkludert scenarier for utskiftning.

Det er tilsynelatende store besparelser å hente i begge scenarioene. For å få et bilde på hvordan utslippene fordeles over levetiden samt hvilken effekt hyppigere utskiftning har på resultatet har på utskiftning, er scenarioene presentert i Figur 5.9. Her er i tillegg et scenario nummer 3 inkludert, som tar utgangspunkt i teknisk levetid oppgitt i byggevederklaringen, og restlevetiden er beregnet ut fra denne. Ombruksproduktet antas da at det først byttes ut med en ny ombruksbaffle, før det skiftes ut med et nytt alternativ i to omganger. De ombrukte og nye kjølebaflene har i dette scenarieret en anslått levetid på hhv. 13 år og 25 år.



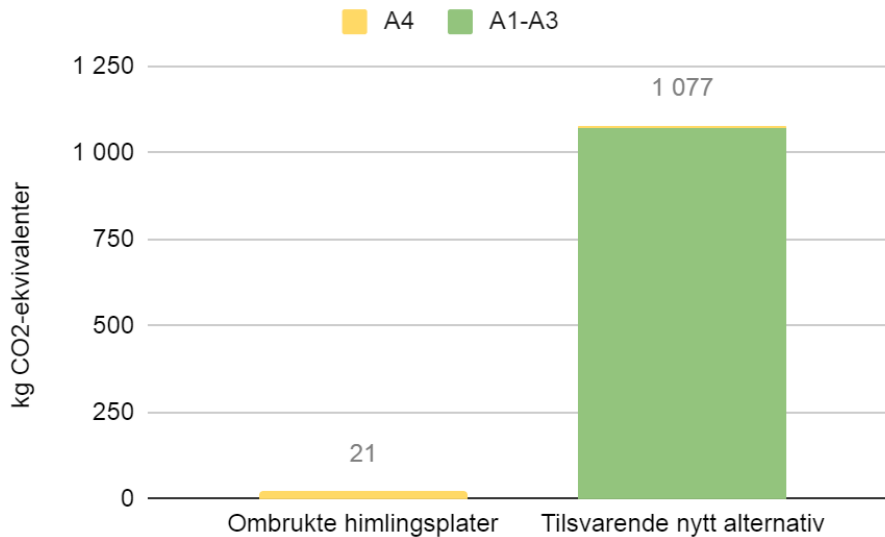
**Figur 5.9:** Klimagassutslipp over tid for kjølebafler ved ulike scenarier for utskiftning. Fase A1-A4 + B4 (ekskl. demontering).

Det er tydelig at utslippene fra produksjon av nye kjølebafler er såpass høye at det vil være lønnsomt å velge ombrukt uansett om kjølebaflene eventuelt skiftes ut med et nytt alternativ gjennom levetiden. Det er dog ganske store variasjoner i hvilken miljømessig effekt det vil ha avhengig av scenarioene. Figuren viser videre at flere av scenarioene baserer seg på en utskiftning helt i slutten av analyseperioden. Hvor sannsynlig dette er, vil være avhengig av byggets generelle tilstand og forventede levetid.

Det er aktuelt å nevne at prosjektet i utgangspunktet hadde planlagt for kun ventilasjonskjøling med større luftmengder og dimensjoner. RIV oppgir at det på grunn av kjølebaflene i stedet ble valgt kjølemaskin, tørrkjøler og mindre luftmengder. Det er besluttet å ikke gå nærmere inn på hvilke konsekvenser dette valget medfører for utslipp i resten av systemet. Det er kun kjølebaflene som er vurdert til sammenligning med nytt produkt. Det er også verdt å bemerke at det ikke finnes noen EPD på kjølebafler, og at resultatene i dette tilfellet i større grad er basert på antakelser sammenlignet med de andre materialkategoriene.

### 5.1.5 Himlingsplater

Ombruksprosessen for himlingsplater har kun utslipp tilknyttet transport i fase A4, da all demontering og tilpasning er antatt utført uten behov for energikrevende utstyr. De ombrukte himlingsplatene er lagt i et dobbelt lag, og brukt som akustisk isolasjon over nye himlingsplater, se Figur 5.11. De vil altså ikke være synlige i det ferdige bygget. Som sammenlignende nytt produkt er mineralull benyttet. Totalt gir løsningen besparelser i kg CO<sub>2</sub>-ekv. på litt over ett tonn, som utgjør 94%. Resultatene er fremstilt i Figur 5.10.



**Figur 5.10:** Sammenlignende klimagassutslipp for himlingsplater

Dersom en antar at det inkluderes mer enn kun transport i håndteringen av himlingsplatene, eksempelvis bruk av lift ved demontering, vil utslippene for ombrukte himlingsplater påvirkes i stor grad. Antas det for eksempel 25 timer effektiv bruk av lift i forbindelse med demontering og montering av ombruksproduktene, vil utslippet øke med 161 kg CO<sub>2</sub>-ekv., som gir en reduksjon på 11% besparelse. Dette sier noe om at resultatene kan være svært avhengig av inkluderte prosesser. Dette har riktignok ikke vært nødvendig i prosjektet.



**Figur 5.11:** Foto av himlingsplatenes utforming og plassering over himlingen. Foto: tilsendt av prosjektet.



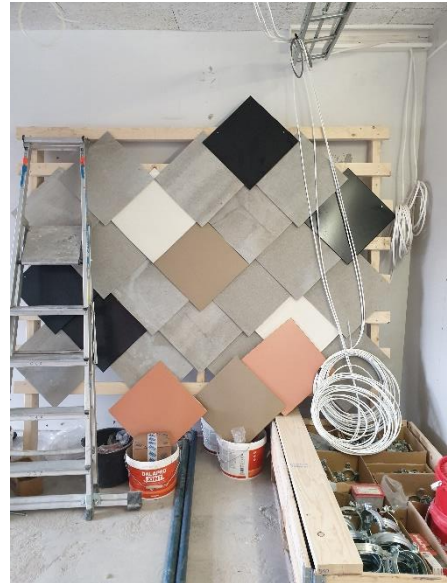
### 5.1.6 Fasadeplater

Den valgte løsningen for fasadekledning til tilbygget gir 97% kutt i klimagassutslipp fra fase A1-A4 sammenlignet med en ny løsning. Dette utgjør hele 34,2 tonn CO<sub>2</sub>-ekv.

Fasaden består av mange ulike typer fasadeplater (metall, fibersement og steinkompositt) av forskjellig årgang. Omtrent 53% av platene er overskuddsmaterialer fra Steni-fabrikkens b-varelager, som angivelig ville blitt sendt til avfallsbehandling dersom de ikke var brukt her. Det betegnes ikke som ombruk, men er valgt å regne med da det åpner for noen interessante problemstillinger i livsløpsvurderingene. Eksempelvis om produksjon av materialene skal regnes med eller ikke, og det er besluttet i denne analysen å ikke inkludere utslipp fra produksjonen.

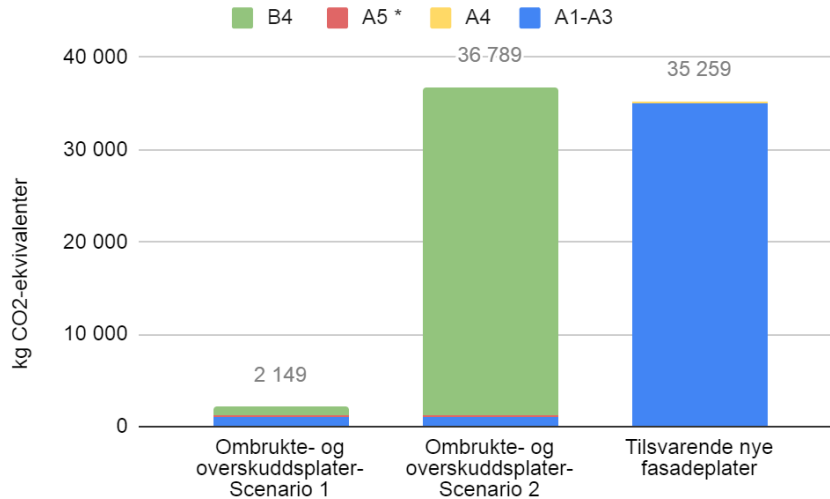
Grunnet variasjonene i platetyperne, små dimensjoner på platene og et relativt komplekst design er det utfordrende å fastslå en sannsynlig levetid for de ulike komponentene eller for fasaden som en helhet. Forenklet sett er det derfor antatt at hele fasaden vil byttes ut i én gang i løpet av levetiden. I realiteten kan dette være en trinnvis utskiftning av deler som blir skadet eller slitt. Som nytt alternativ er det valgt å benytte et gjennomsnitt av to ulike typer platekledning (fibersement og steinkompositt). I henhold til informasjon gitt i relevante EPD-er, settes forventet levetid av nytt alternativ til 60 år. Denne vil derfor ikke bli skiftet ut i analyseperioden.

Det er vurdert to ulike scenarier for utskiftning av virkelige fasaden; til ny ombruksløsning og til et nytt alternativ. Resultatene er fremstilt i figuren under.



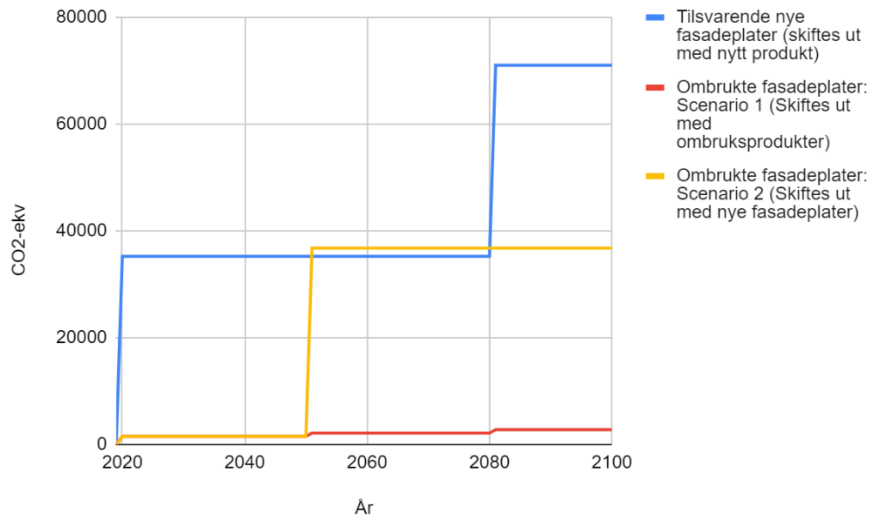
**Figur 5.12:** Prøve-vegg som gir et inntrykk av hvordan fasaden er satt sammen. Foto: tilsendt av prosjektet.





**Figur 5.13:** Sammenlignende klimagassutslipp for fasadeplater ved ulike scenarier for utskiftning. Fase A5\* er inkludert for å regne med ekstra lekter og sløyfer.

Resultatene viser at produksjonen (A1-A3) av det nye alternativet har et så stort utslipp sammenlignet med de andre fasene, at det ikke vil være lønnsomt å velge ombruksløsningen nå dersom den i fremtiden vil byttes ut med nye produkter. Dette er dog ikke en helt riktig fremstilling, ettersom den nye fasaden i teorien har nådd sin tekniske levetid omtrent rundt slutten av analyseperioden (60 år). Figur 5.14 viser derfor klimagassutslippene tilknyttet de ulike scenarioene for fasadeplatene over en utvidet analyseperiode på 80 år.



**Figur 5.14:** Klimagassutslipp over tid for fasadeplater ved ulike scenarier for utskiftning. Fase A1-A5 + B4 (ekskl demontering)

Det er tydelig at scenario 1 gir betydelige besparelser. Dersom bygget blir stående i minimum 80 år, og det alternative nye produktet hadde måttet bli byttet ut, vil dagens valg av fasade uansett lønne seg. Det bemerkes at det har vært mye usikkerhet tilknyttet de totale mengdene av fasadeplater i fasaden, da fasaden per tid ikke enda er satt opp. Trolig blir mengdene noe oppjustert i gjennomføringen, som sannsynligvis vil føre til en større økning i utslipp tilknyttet det nye alternativet enn den faktiske løsningen.

En konsekvens av at det er valgt å benytte så små formater og mange ulike platekledninger i fasaden er at det har vært nødvendig å øke mengden lekter og sløyfer i utlektingen. Dette er blant annet gjort for at det skal være enklere å finne ombruksmaterialer når eller om platene skiftes ut. Det var opprinnelig planlagt en senteravstand på 60 cm avstand mellom treverket, noe som har blitt endret til 20 cm. Det er også større dimensjoner på sløyfene og lektene enn opprinnelig tenkt. Dette resulterer i nesten fem ganger så mange kubikkmeter med treverk benyttet i fasaden. Differansen, altså den økte mengden med treverk, er lagt til beregningene for den virkelige fasaden i fase A5\*, men ikke det nye alternativet. Dette er gjort fordi det er forskjellen som er interessant i de sammenlignende beregningene.

### 5.1.7 Sensitivitetsanalyse

For å vurdere sensitiviteten til enkelte faktorer i analysen er det gjennomført en sensitivitetsanalyse. Det er sett på valg av elektrisitetsmikser og tidsbruk for maskiner og utstyr. Samlet resultat med endring av alle variabler og påvirkning på utslipp fra materialene er fremstilt i Vedlegg 1.H.

For valg av elektrisitetsmikser er det vurdert totalt seks ulike mikser, med en variasjon mellom 18,9 - 550 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh. Resultatene viser at det hadde lite å si for flere av byggematerialene og produktene, da det er få eller ingen prosesser gjennom livsløpet med behov for elektrisitet. Endringen i totale besparelser varierer maksimalt med 1.2-2%. For vinduer og kjøleblafle påvirker en endring i elektrisitetsmikser resultatene noe mer. Hovedårsaken til dette er mellomlagring av produktene, da energibruk for oppvarming av lagerlokalet i store deler baseres på elektrisitet. Kjøleblafle har vært mellomlagret i 10 måneder og opptok 15 m<sup>2</sup> av gulvarealet. Ved bruk av høyeste utslippsfaktor, reduseres besparelsene fra fase A1-A3 med 4%, sammenlignet med resultatene med bruk av elektrisitetsmikser i analysen. Vinduene er mellomlagret halve tiden, og opptok 50 m<sup>2</sup> av gulvarealet. Ved bruk av norsk produksjonsmikser uten opprinnelsesgarant (540 g CO<sub>2</sub>-ekv. /kWh) sammenlignet med nordisk mikser (100 g CO<sub>2</sub>-ekv. /kWh), reduseres besparelsene fra fase A1-A3 med 34%.

Tidsbruk for maskiner og utstyr er variert med +/- 20% sammenlignet med opprinnelige satte verdier. Sensitivitetsanalysen viser at det gir lite utslag på resultatene. Resultatene for hulldekkene og kjøleblafle påvirkes mest, men med en minimal endring på +/-0,8% i prosentvis besparelse sammenlignet med nytt alternativ.

### 5.1.8 Kostnadsberegninger av utvalgte materialgrupper

I tillegg til en miljøsystemanalyse, er det også gjennomført en vurdering av kostnadsbildet til ombruksmaterialene fra caseprosjektet. Denne vurderingen er utført av en annen studentgruppe fra OsloMet. For innsikt i metoden for innhenting av data og beregning av kostnader, samt detaljerte resultater, refereres det til deres bacheloravhandling (Hall, Hansveen og Jødal, 2020).

Kostnadene tar utgangspunkt i aktiviteter i fase A1-A5, med mindre noe annet er spesifisert. I Tabell 5.3 er resultatene fremstilt med både enhetspris og totale kostnader for aktuelle materialer. Hulldekker og fasadeplater er ikke inkludert i kostnadsvurderingen.

**Tabell 5.3:** Kostnader knyttet til ombrukte og nye alternativer for utvalgte materialgrupper (Hall, Hansveen og Jødal, 2020).

|                       | Kostnader for ombrukt alternativ |                       | Kostnader for nytt alternativ |                       |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|
|                       | Totalt [kr]                      | Per enhet             | Totalt [kr]                   | Per enhet             |
| <b>Stål</b>           | 3 877 654                        | 86 kr/kg              | 3 020 963                     | 67 kr/kg              |
| <b>Vinduer</b>        | 196 298                          | 7 177 kr/stk          | 484 972                       | 17 805 kr/stk         |
| <b>Kjølebafler</b>    | 253 931                          | 1 840 kr/stk          | 745 890                       | 5 405 kr/stk          |
| <b>Himlingsplater</b> | 379 337                          | 228 kr/m <sup>2</sup> | 232 136                       | 140 kr/m <sup>2</sup> |

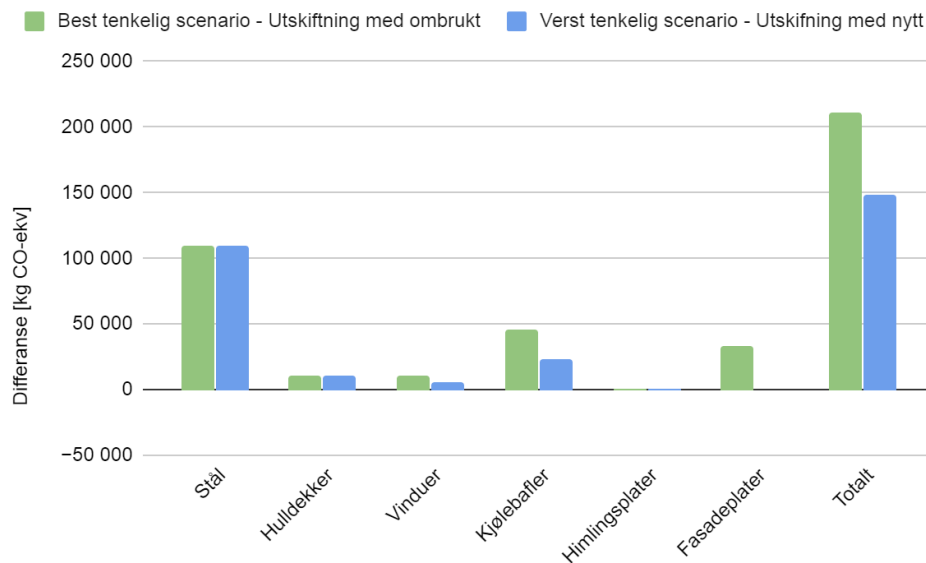
Resultatene fra kostnadsberegningene viser at ombruk av vinduer og kjølebafler medfører besparelser, mens ombruksproduktene i stål og himlingsplater innebærer større kostnader enn nye alternative produkter. For produktene som er ombrukt internt innad i Entra, som himlingsplater og kjølebafler, er det ikke spesifisert pris på selve byggevaren, og det er kun kostnader knyttet til håndteringen som er aktuelt.

For de ombrukte kjølebaflene utgjør demontering størst andel av kostnadene. Montering av er ikke inkludert, og antas å være likt for nye og ombrukte produkter. For stål utgjør transport til byggeplassen og montering størst andel av total pris både for nye og ombrukte produkter. Ombrukt stål medfører ekstra kostnader tilknyttet administrativt arbeid og mellomlagring, samt re-dokumentasjon med testing.

Enhetsprisen for vinduer er satt som gjennomsnittet av prisen for de to ulike størrelsene som er brukt. Materialkostnadene for nye vinduer er svært høye sammenlignet med ombrukte vinduer. Ombrukte vinduer er kjøpt fra Resirqel og prisen inkluderer demontering, transport til lager og mellomlagring. Videre er kostnadene for himlingsplatene er en del høyere enn det nye alternativet. Dette kommer hovedsakelig av at monteringen av de ombrukte platene er antatt å ha tatt 65% lenger tid. Det medfører dermed merkostnader.

### 5.1.9 Samlede resultater

Som resultatene tilsier, er besparelsene av klimagassutslipp som prosjektet kan forvente over analyseperioden på 60 år svært avhengig av hvilke scenarier som ligger til grunn for beregningene. Dersom en ser på et best tenkelig scenario, hvor alle utskiftninger gjøres med ytterligere ombruksprodukter, vil totale besparelser for prosjektet være på 210 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. Til sammenligning vil et verst tenkelig scenario, hvor alle ombrukte produkter skiftes ut med nye produkter i løpet av levetiden, tilsvare besparelser på 149 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. Dette er fremstilt i Figur 5.15. Ved å kun betrakte fase A1-A4, er de samlede besparelsene anslått til å være 186 tonn CO<sub>2</sub>-ekv., altså et sted mellom.



**Figur 5.15:** Oversikt over totale besparelser ved hhv. Best tenkelige og verst tenkelige scenario (A1-A5 +B4).

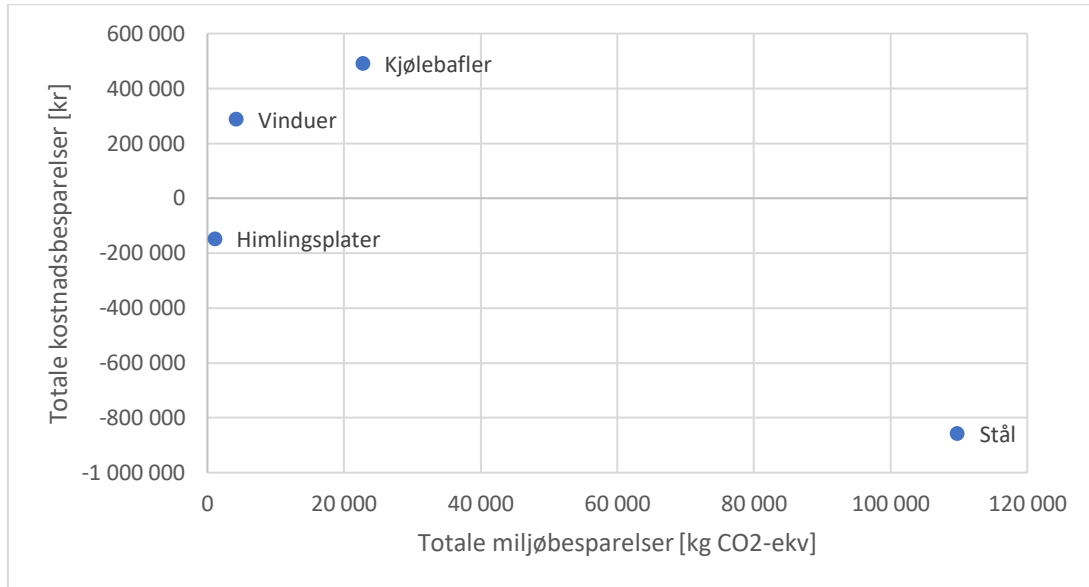
Tabell 5.4 viser prosentvise besparelser i verst tenkelig og best tenkelig scenario for de produktene som skiftes ut i løpet av levetiden. For vinduer og kjølebafler halveres omtrent besparelsene dersom de kun skiftes ut med nye produkter fremover i tid. I tilfellet med fasadeplatene, er det tydelig stort sprik mellom de to scenarioene.

**Tabell 5.4:** Besparelser sammenlignet med tilsvarende nytt alternativ (som skiftes ut med nytt). Beste vs. verste scenario

|              | Best tenkelige scenario - utskiftning med ombrukte alternativer [%-vis besparelse] | Verst tenkelige scenario - utskiftning med nye alternativer [%-vis besparelse] |
|--------------|--|--|
| Vinduer      | 91.9   | 48.6   |
| Kjølebafler  | 94.7   | 47.2   |
| Fasadeplater | 93.8   | -4.4   |

Videre er miljø- og kostnadsbesparelser for ombrukte produkter sammenlignet med nye alternativer vist i Figur 5.16. Det gjelder for totale mengder av hvert produkt og kun for fasene A1-A4/A5. Hulldekker og fasadeplater er ikke inkludert. I denne fremstillingen vil produkter til høyre og på oversiden av x-

aksen ha besparelser knyttet til både miljø og kostnad. Produkter under x-aksen vil derimot ha større kostnader enn for nytt alternativ.



**Figur 5.16:** Fremstilling av totale miljø- og kostnadsbesparelser for prosjektet i A1-A4.

Det er tydelig at stålet gir størst besparelser i CO<sub>2</sub>-ekv. av de analyserte materialkategoriene. Samtidig medfører det også store ekstra utgifter sammenlignet med bruk av nytt stål. Kjølebafler gir både besparelser av CO<sub>2</sub>-ekv. og kostnader. For vinduer gjelder samme fordeling, enda de gir noe mindre miljøbesparelser. De ombrukte himlingsplatene gir relativt beskjedne i CO<sub>2</sub>-ekv. og samtidig økte kostnader sammenlignet med nytt alternativ.

Besparelser per enhet av de ulike materialkategoriene i de samme verst og best tenkelige scenarioene er presentert i tabellen under.

**Tabell 5.5:** Besparelser i kg CO<sub>2</sub>-ekv. per enhet av de analyserte materialkategoriene.

| Materialkategori | Enhet          | Best tenkelige scenario<br>- utskiftning med<br>ombrukte alternativer | Verst tenkelige<br>scenario - utskiftning<br>med nye alternativer |
|------------------|----------------|---|---|
|                  |                | [kg CO <sub>2</sub> -ekv. per enhet]                                  | [kg CO <sub>2</sub> -ekv. per<br>enhet]                           |
| Stål             | kg             | 2,4   |   |
| Hulldekker       | tonn           | 110   |   |
| Vinduer          | stk            | 329   | 181   |
| Kjølebafler      | stk            | 326   | 163   |
| Himlingsplater   | m <sup>2</sup> | 0,6   |   |
| Fasadeplater     | m <sup>2</sup> | 48  | -2  |

## 5.2 Resultater fra intervju

Det er gjennomført intervjuer med ulike bransjerepresentanter fra totalt ni aktører. Spørsmålene er tilpasset intervjuobjektene og dermed er noen problemstillinger viktigere enn andre i de ulike intervjuene. Funnene er presentert med utgangspunkt i tilknyttede temaer og aktuelle svar fra intervjuobjektene er fremstilt i dette kapitlet.

Intervjuobjektene er:

- Kristine Laake (Norsk Gjenvinning)
- Geir Graff-Kallevåg (Obos)
- Henning Stalsberg (Entra)
- Lasse Kilvær (Resirqel)
- Thale Sofie Plessner (Sintef)
- Elin Hansen (Statsbygg)
- Anders Fylling (Statsbygg)
- Lars Peter Bingh (Statsbygg)
- Torbjørn Nævdal (Statsbygg)
- Gro Bratsberg (Statsbygg)
- Michael Curtis (Greenstock)
- Svein Bjørberg (Multiconsult)
- Eirik Rudi Wærner (Multiconsult)
- Thomas Lindseth (Øst-Riv)
- Mats Mauer Pettersen (Øst-Riv)
- Mathias Apelseth (Kluge Advokatfirma)

### 5.2.1 Forutsetninger for en oppskalering av ombruksmarkedet

Intervjuobjektene peker på mange viktige aspekter for en mulig oppskalering av ombruksmarkedet. Dette kapittelet vil gjennomgå noen sentrale forutsetninger som har vært tatt opp i flere av intervjuene.

#### Økonomiske rammer

Samtlige av intervjuobjektene peker på at de økonomiske rammene for ombruk må forbedres slik at det blir mer økonomisk lønnsomt for at det skal kunne være mulig å oppskalere markedet. Graff-Kallevåg sier at han har «... veldig tro på at man gjerne må tenke “redde planeten”, men henger det ikke sammen i bærekraftbegrepet også økonomisk så er det vanskelig å få det til å bli noe annet enn pilotprosjekter». Wærner og Lindseth peker på at det er en utfordring at byggematerialer er så billige og arbeidslønninger er så høye. Lindseth sier at det er veldig mange byggherrer som er interesserte i ombruk og sirkulær økonomi frem til de ser at det koster mer enn å bygge med nytt.

Eksempler på økonomiske virkemidler intervjuobjektene nevner er økonomiske støtteordninger, insentiver for å om bruke bygningsmasse eller bygningselementer, avgiftslette i form av kutt i byggesaksavgift, subsidiert husleie for mellomlagring og høyere kostnad for avfallsbehandling er blant tiltakene intervjuobjektene nevner.

#### Forutsigbarhet i tilbud og etterspørsel

Flere av intervjuobjektene trekker frem at problematikk tilknyttet forutsigbarhet i tilførsel av ombruksmaterialer må løses. Som Wærner sier, så er ikke ombruksvarer hyllevarer på samme måte som nye materialer, noe som medfører at en må tenke litt annerledes. Flere uttrykker et behov for å utvikle en nasjonal ombruksdatabase med tilgjengeliggjøring av informasjon om bygg som skal rives og bygges i god tid for å kunne kombinere tilbud og etterspørsel på en mer systematisk måte. Graff-Kallevåg hevder at materialregister med materialpass vil være viktig for å kunne planlegge lengre tid i forveien og på en ryddigere måte. Representanter fra både Statsbygg og Obos videre er inne på at de store byggherrene må gå foran og bruke bestillermakt ved å garantere for etterspørselen etter ombruksvarer samt være villige til å ta kostnader for etableringen av markedet.

#### Mellomlagring

Videre er problematikk tilknyttet mellomlagring sentralt. Wærner har selv drevet en Norges største bruktbuikk litt tilbake i tid, og erfarte da at det er dyrt å lagre store mengder varer og at enkelte varer lagrer seg opp i lang tid før det blir solgt. Han mener derfor at en bør begrense mellomlagring og håndtering så langt det lar seg gjøre, og trekker frem Greenstock sin modell som en mulig løsning. Dette er Graff-Kallevåg også inne på. Eventuelt foreslår Wærner at kommuner og større byggherrer kan subsidiere husleien.

En forutsetning for at mellomlagring skal være en god løsning er at det er plassert i rimelig nærhet til fremtidige prosjekter. Både Wærner, Resirqel og representanter fra Statsbygg foreslår bruk av større lagerhaller på midlertidige tomter i områder som er i transformasjon. Hansen foreslår blant annet at det kunne vært mulig å benytte teltet som i dag brukes på Regjeringskvartalet til et «byggevarehotell» etter inspirasjon fra dekkhoteller.

### Nye forretningsmodeller

Graff-Kallevåg og Pettersen trekker også frem viktigheten av nye forretningsmodeller. Førstnevnte legger vekt på at det må bli vanligere å leie fremfor å eie byggevarer og inventar i bygg. Han uttrykker at økt produsentansvar vil medføre en endring i hvordan produkter blir produsert på, fordi produsentene får økte insentiver til å produsere varer med lang levetid og høy energieffektivitet. Dette sier han er en stor endring som en må ta over tid.

Plessner sier, i likhet med Resirqel, at hun tror en må få på plass spesialiserte bedrifter som tar for seg et produkt eller to, som kan det produktet ut og inn. Hun legger vekt på at slike aktører må kunne vite hva som er økonomisk lønnsomt, hvilke egenskaper en kan garantere for og hvilke konsekvenser det har på salget. «En byggeplass er jo et industriprosjekt hvor alt går nesten ned på minuttet, og leveranser skal komme når det skal komme og folk vet hva de skal gjøre.» Det er ikke plass til for mye usikkerhet.

### Systematikk i testing, re-dokumentasjon og fastsettelse av restlevetid

Videre blir det klart i intervjuet med Plessner fra Sintef at det foreløpig er en stor mangel på systematikk og erfaringer tilknyttet testing, re-dokumentasjon og fastsettelse av restlevetid. Hun sier at det er en hel infrastruktur som skal på plass her, og som vil være avgjørende for å kunne sikre økonomisk lønnsomhet. Det er foreløpig usikkert hvor store mengder materialer en må ha og hvilke prosesser som skal til for å kunne garantere egenskapene til et parti av en vare. Dette systemet mener hun må kunne ha samme flyten som i nyproduksjon. Større volumer vil gjøre det mer økonomisk gunstig og vil ha størst skaleringspotensiale.

### Tydelige juridiske rammer

Et gjennomgående tema omtalt i intervjuene gjennomført i forbindelse med prosjektoppgaven høsten 2019 var utfordringer tilknyttet regelverket og behovet for et tydeligere rammeverk for hva som er mulig, lovlig og akseptert praksis. Her vil noen utvalgte uttalelser fra Resirqel og Apelseth trekkes fram.

Apelseth vektlegger at tilpasning av regelverket, slik som byggevareforordningen fra EU, er nødvendig. Han understreker at: «*Det er et veldig formelt regelverk som i verste fall innebærer at vi må skrote fullgode tekniske materialer på grunn av papirforhold*». På spørsmål om det er mulig å gi unntak fra regelverket, sier han at Norge ikke ensidig kan vedta unntak fra DOK fordi byggevareforordningen er en europeisk forordning. Et eventuelt unntak for ombrukte materialer må derfor behandles og vedtas i EU, og deretter gjennomføres i norsk rett. Det pågår arbeider med å revidere forordningen, men denne prosessen er tungrodd og vil sannsynligvis ta flere år.

Resirqel understreker at det er risikabelt i byggebransjen å ta på seg risiko knyttet til gjennomføring av prosjekter med høy usikkerhet. Samtidig mener de at en er avhengig av at aktører tør å gå inn i ombruksprosjekter med høye ambisjoner slik at en kan løse utfordringer og dele erfaringer med bransjen. De ønsker større grad av velvillighet fra myndighetene samt handlingsrom til å utvikle en praksis som kan fungere i forbindelse med



ombruk. Videre etterlyses blant annet et eget dokumentasjonsregelverk for ombruk, for å kunne oppfylle TEK uten reglene i DOK.

### 5.2.2 Utvikling av ombruksmarkedet

På spørsmål om ombruk er en god løsning for ressurseffektivisering og miljøbesparelser i bransjen, svarer flesteparten av intervjuobjektene umiddelbart at det er det, men at manglende systematikk og erfaringer samt utfordringer tilknyttet regelverket begrenser utviklingen.

Om holdninger knyttet til ombruk i dagens samfunn mener Graff-Kallevåg at vi er kommet til et slikt bekvemnivå i samfunnet som gjør at alle ønsker å omgi oss med noe som ser nytt ut. «*Det er noe med den forventningen når du kommer inn i et nyoppusset bygg, at alt skal være nytt*», uttaler også Lindseth. Videre sier han at byggherrer gjerne kan være interessert, men at brukere og leietakere ikke er interessert i å betale høye leiepriser for noe som er flere år gammelt. Graff-Kallevåg tror mange er i orden med at bygg inneholder brukte materialer, men at det ikke skal være preget av å se ut som at man har samlet det man har for hånden.

Plessner fremhever at slike holdninger er noe forskningsprosjektet Rebus planlegger å se på nærmere. De ønsker å undersøke hvordan folk oppfatter ombruksprodukter og hva som skal til for at man skal ønske å ta det i bruk i sine prosjekter. Wærner peker videre på utfordringer profesjonelle utleiebyggherrer kan oppleve dersom det er ombrukt mange ulike type materialer, som forutsetter forskjellige reservedeler, og med ulik alder som gjør det vanskelig å forutsi når ting ikke vil yte sin funksjon lenger.

#### Potensiale for oppskalering

På spørsmål om potensiale for oppskalering av ombruksmarkedet er det noe delte meninger blant intervjuobjektene. Samtlige uttrykker en tro på at det vil være mulig å skalere opp ombruksmarkedet til en viss grad, men det er uenighet i hvor stort det kan bli.

Wærner har tro på at det kan bli et industrielt marked så lenge en klarer å finne løsninger for å ombruke tunge materialer med høyt fotavtrykk sånn som betong- og stålelementer. Han legger videre til at mye kan ombrukes, men at det er enklere å få til på det private markedet. Bjørberg tror bevisstheten rundt klimautfordringene, samt regjeringens forpliktelse til klimaavtalen, vil drive fram utviklingen av markedet. Han legger spesielt vekt på viktigheten av å bevare bygg og tror ombruk i stor skala, og i større bygg, vil være en utfordring.

Graff-Kallevåg sier at dersom det skal være mulig med ombruk i stor skala så må tankegangen til Madaster, om at alle bygg er material-depoer for midlertidig lagring av materialer, få større utstrekning. Dette er også Wærner inne på. Han mener det er en todelt problemstilling; ombruk av eksisterende bygg og ombruk i framtiden når bygg i større grad er designet for demontering. Han mener den første delen i mange tilfeller kan være utfordrende.

Plesser har tro på at det vil kunne utvikle seg et industrielt marked for et par utvalgte materialer, men er spent på hva resultatene av Rebus-prosjektet vil tilsi. Curtis tror også det vil være stor forskjell på markedene for ulike materialer. Han uttrykker videre at han tror DiBK kommer til å slå hardt ned på ulovlig aktivitet tilknyttet ombruk, og trekker Finn.no frem som et eksempel, dersom skalaen av ombruk økes videre. Han sier at sirkulær økonomi har blitt den nye trenden og tror en vil se mange nye initiativer og aktører som vil kaste seg på dette. Samtidig understreker han at det kan påvirke utviklingen mer negativt enn positivt om en ikke bruker god tid på utviklingen.

### Tilpasningsdyktighet og prosjektering for demontering og ombruk

Wærner trekker frem at prinsipper som tilpasningsdyktighet og prosjektering for demontering vil kunne forenkle arbeidet med ombruk i fremtiden. Han var med på å skrive rapporten «*Prosjektering for ombruk og gjenvinning*» i 2008, men sier at han enda ikke har sett at det er gjort noen ordentlige forsøk på implementering av en slik tankegang og mener bransjen ikke har våknet helt enda. Bjørberg opplever at mange snakker om tilpasningsdyktighet uten helt vite hva det vil innebære. Han mener det ikke nødvendigvis er en lang vei å gå, og at tiltakshavere bør være tydeligere og stille krav tidlig.

Både Bratsberg og Graff-Kallevåg innrømmer at det nok har vært litt lite fokus på prosjektering for demontering og ombruk i prosjekter hittil. Ifølge Hansen er det planlagt at designet for det nye Regjeringskvartalet skal muliggjøre fremtidig ombruk. Så store prosjekter har nok ressurser og kompetanse til å håndtere spørsmålet. For andre prosjekter mener hun også at det er et gryende fokus og spesielt nå som Statsbygg skal inn i en ny strategiperiode tror Hansen at dette vil bli vektlagt i større grad. På en annen side mener Kilvær at nybygging med nye materialer ikke kan unnskyldes for å ikke ha tenkt ut hvordan det skal demonteres eller mulig håndteres som avfall i fremtiden.

Selv om dette er gode og viktige prinsipper som bør ligge til grunn, synliggjør Wærner at det vil ta lang tid før vi ser effektene av det, fordi byggene helst skal stå så lenge som mulig. Plesser mener at selv om en har tatt høyde for demontering i prosjekteringen endrer det ikke det faktum at ting forandrer seg, og at man likevel må ta en vurdering av egenskapene produktene innehar ved endt funksjonell levetid. Graff-Kallevåg og Bjørberg tror kanskje at det viktigste er at man prosjekterer bygg med en fleksibilitet og elastisitet som gjør at man kan leve med et behov over tid.

### Kartlegging av eksisterende bygg

Flere intervjuobjekter trekker frem muligheten for å kartlegge bygg for ombruk i sammenheng med miljøkartleggingen, som ofte er pålagt. Det krever dog, ifølge Lindseth, en viss kompetanse og Wærner anbefaler at det er lurt å ha med flere fagpersoner inn i vurderingen. Gjennomføres kartleggingen i god nok tid før rivearbeid økes muligheten for å finne gode løsninger for nedstrøms håndtering, sier Laake.

Kilvær mener det handler om å synliggjøre innad til byggherrene hva de besitter. Resirqel har utført flere ombrukskartlegginger. Mengdene ombrukbare materialer som kommer ut av det er avhengig av prosjektene ambisjoner. Curtis forteller om Greenstock sitt kartleggingsarbeid og at byggherrer får rapporter som tallfester flere viktige faktorer ved ombruk, som besparelser knyttet til CO<sub>2</sub>-utslipp, økonomi og byggavfall.

### 5.2.3 Utviklingstrender i riveaktivitet og omfattende rehabilitering

For å få et inntrykk av mulige mengder ombrukbare materialer som vil tilgjengeliggjøres i årene som kommer, er det stilt spørsmål om rive- og ombyggingsaktivitet.

#### Omfang av materialer fra rive- og ombyggingsaktivitet

På spørsmål om hvor mye som rives per år, svarer flere av intervjuobjektene at det ikke er veldig mye, men ingen har sikre tall å vise til. Kilvær og Bjørberg påpeker at det er informasjon de gjerne skulle ha hatt. Representantene fra de store byggherreorganisasjonene, Statsbygg, Obos og Entra, sier at det er relativt få rivetilfeller i deres portefølje per år, og at det ofte er snakk om deler av eller hele bygg i rehabiliteringsprosjekter. Dette begrunnes riktignok i Statsbyggs rolle som leverandør av formålsbygg til Statlige bruker. Lindseth påpeker at det er stor forskjell på omfang av de ulike riveprosjektene, og dermed at materialmengden er forskjellig. Representanter fra Statsbygg og Obos nevner at organisasjonene har påbegynt et kartleggingsarbeid tilknyttet tilstanden på sin bygningsportefølje, men at det foreløpig ikke er klart.

Endringer i bruksbehov, og eldre bygg som ikke er tilpasset dagens behov og imøtekommer dagens krav, trekkes frem av Stalberg som viktige grunner til at bygg rives eller at det gjennomføres en omfattende rehabilitering. Laake, Wærner og Lindseth hevder at for lave etasjehøyder ofte er grunnen at til næringsbygg rives, da det blir utfordrende å oppfylle krav til blant annet ventilasjonsmengder i TEK.

Når det gjelder mengder ombrukbare materialer fra rive- og ombyggingsaktivitet, så svarer de fleste at de i utgangspunktet tror det vil være nok mengder materialer i omløp til at ombruksmarkedet skal kunne skaleres opp. Nævdahl og Fylling fra Statsbygg understreker at selv om det rives få bygg, så vil totalrehabilitering medføre store mengder med materialer. Laake sier at det er så store mengder materialer som leveres til avfallsbehandling hvert år at det er for stort volum til at det ikke er store muligheter i det. Graff-Kallevåg sier at han er helt sikker på at det er nok materialer for å få opp et marked, men at det ikke vil bli sånn at man ikke trenger nye byggmaterialer av den grunn.

Lindseth trekker frem at det viktige spørsmålet er hvordan logistikken vil være fordi det kreves et ordentlig system og nok materialer av lik type. Graff-Kallevåg og Laake er også opptatt av dette, og sier at det nok er mye som kunne vært gjenbrukt, men at det kreves noen strukturelle endringer før en kan få til ombruk i større skala. Bjørberg legger til at det ville vært interessant å vite hvor mange bygg som var fra ulike perioder og av ulik byggestil, slik at en kan anslå omtrentlig mengde ombrukbart materiale. Laake fremhever at mangelen på synliggjøring av ombruk i avfallsstatistikken gjør det vanskelig å forstå hvor stort problemet er. Hun mener at

slik statistikk er nødt til å komme, spesielt med tanke på målsetningen om 70% gjenbruk, som inkluderer ombruk, og at det følgelig vil gi insentiv for å måle på det.

Curtis er også opptatt av å få på plass mer tall og data på både mengder, men også metadata om mengdene for å kunne si noe mer om selve tilstanden til materialene som kan anses som ombrukbare.

### Fremtidig utvikling i rive- og ombyggingsaktivitet

På spørsmål om hvilken utvikling intervjuobjektene tror vi vil se den kommende tiden, når det gjelder behovet for riving og omfattende rehabilitering, trekker de fleste frem at bygg må leve lenger og at det derfor vil rives mindre i fremtiden til fordel for rehabilitering. Stalsberg og Bjørberg peker på at det er miljømessig riktig å bevare bygninger, ettersom det ligger store iboende investeringer i form av CO<sub>2</sub> og materialverdi i eksisterende bygg. Wærner trekker frem at dersom en hadde måttet regne med det som rives på forhånd i prosjekters avfallsstatistikk, så hadde det vært mindre gunstig å rive.

Graff-Kallevåg hevder at det i dag brer seg en «riveskam» blant eiendomsbesittere, og at det er blitt et mye større fokus på å gjenbruke og bevare fremfor å bygge noe helt nytt. På den andre siden peker han på at de store byene, slik som Oslo, er relativt ferdig utbygget, og at det følgelig vil være behov for å rive for å kunne sette opp noe nytt. Det vil også være behov for en del riving, konvertering og endring for å forbedre bysituasjonen. Bjørberg understreker også at det alltid vil rives noe, men tror ikke det vil være i noen stor skala. Curtis og Lindseth fremhever at det sannsynligvis vil bli færre muligheter for å rive, og at det ved riving trolig vil komme krav om at deler av materialene må kunne brukes om igjen i nye bygg.

Bjørberg har videre tro på at nybyggfaktoren kommer til å synke, blant annet fordi befolkningsveksten har vært lavere enn det SSB prognostiserte noen år tilbake i tid. Han mener dette er sentralt fordi at det kan innebære at behovet for nye bygg kanskje blir redusert. Samtidig fremhever han, i likhet med representantene fra Statsbygg og Wærner at det vil bli viktig å få ned arealbruken gjennom arealeffektivisering. Bjørberg uttrykker at han tror flere vil lage kontorlandskaper for å få plass til flere på mindre plass. Dette vil kunne innebære økt behov for rehabilitering.

I forbindelse med rehabilitering, trekkes kontorlokaler frem som eksempel av flere av intervjuobjektene. Bjørberg hevder at gjennomsnittlig leieperiode for bedrifter er på 6-7 år, og at nye leieavtaler ofte medfører nye krav og oppussing. Da mange bygg i dag ikke er lagt til rette for tilpasningsdyktighet, blir gjerne større mengder brukelige materialer sendt til avfallsbehandling.

### Utvikling i rivemetoder

Ombruk fordrer som tidligere beskrevet demontering fremfor riving. Øst-Riv er en riveentreprenør som ønsker å bidra til utviklingen av sirkulære forretningsmodeller og har spesialisert seg innen demontering. På spørsmål om bransjens kompetanse knyttet til dette, svarer Lindseth at «Jeg vil påstå at det ikke er så mange som har erfaring med demontering», men utdyper at det er enkelte som prøver å bygge opp erfaringen da de ser hvilken

vei det går. Foreløpig skjer demontering på pilotnivå. Wærner tror heller ikke det er mange som har kompetanse innen dette, og understreker at det krever at en lærer seg en del nye teknikker.

Lindseth meddeler at demontering gjerne tar tre ganger så mye tid som tradisjonell riving, krever mer arbeidskraft og dermed blir dyrere å gjennomføre. De trekker også frem at det er utfordrende å gjennomføre demontering på prosjekter dersom det er to ulike byggherrer som river og som ønsker ombruksmaterialene. Om en skal demontere vil det gå utover fremdriften til riveprosjektet. På bakgrunn av dette tror Pettersen ikke at det vil lønne seg med demontering og ombruk av alle byggevarer, og at en må finne materialer der en kan få opp volumene. Han understreker at en ikke kan se på demontering isolert sett og sammenligne prisen med å kjøpe nytt, fordi det blir for dyrt. Forretningsmodeller og rammevilkår er sentralt her. Wærner legger vekt på at en ved demontering sitter igjen med materialer som kan brukes og kanskje få solgt, og at det kanskje vil kunne lønne seg. Det vil i alle fall positivt på klimagassregnskapet.

Videre henviser Wærner til den eksisterende bebyggelsen og uttaler at vi i dag har «... en haug med bygg som skal rives, og som aldri har vært meningen at skal demonteres ... Da er det jo klart at det da blir dyrere om du skal få til ombruk». Bjørberg, Wærner og Lindseth trekker frem Øst-Riv sine ambisjoner om å teste en type jekke-teknologi, som et mulig alternativ til å rive bygg som ikke er beregnet for demontering i fremtiden. Her er tanken at etasjehøyden kan jekkes opp i stedet for å rive. Lindseth meddeler at de søker å finne et pilotprosjekt der byggherre er interessert i å prøve ut dette.

#### **5.2.4 Mulig og hensiktsmessige byggevarer for ombruk**

##### Potensielle materialkategorier

På spørsmål om hva som kan anses som hensiktsmessige materialkategorier å satse på for ombruk blir spesielt stål til konstruksjonsbruk trukket frem av flere av intervjuobjektene. Lindseth svarer at stål er praktisk ved demontering fordi det er mindre utsatt for skader ved håndtering, samtidig som han også mener kostnader knyttet til resertifisering kan bli overkommelig etter hvert.

Flere intervjuobjekter trekker også frem betong som egnet for ombruk, spesielt med tanke på den store miljøpåvirkningen i nyproduksjon. Ombruk av hulldekker i betong er, ifølge Hansen, teknisk gjennomførbart. Hun mener det er klart at prosessen rundt er enklere om man slipper å skjære ut dekker og kappe til, slik som det ble gjort med hulldekkene fra Regjeringskvartalet. Hun håper det likevel er overføringsverdi til andre fremtidige prosjekter. På en annen side fremhever Lindseth at kostnadene knyttet til ombruk av hulldekker er for store til at det egentlig vil være et realistisk alternativ. Selv ser Øst-Riv på mulighetene for å ombruke eksisterende betongbygg ved å øke etasjehøyden med et avansert jekke-system. Lindseth tror at dette er veien å gå for å kunne bruke om betong, selv om dette enda ikke er testet ut for fullt i praksis.

Lindseth og Pettersen trekker også frem produkter som ventilasjonskanaler og himlingsplater som ombrukbare, men at det som regel ikke lønner seg økonomisk sett fordi det er så billig å kjøpe nytt. Begge mener at det er

vanskelig å finne effektive og økonomiske metoder for de lette produktene og at det dermed er mer hensiktsmessig å se på bæresystemene i byggene. Lindseth påpeker også at teknisk utstyr er det ingen som vil stille garanti for, og utviklingen, spesielt for ventilasjonsanlegg, går så fort at det vil være større besparelser knyttet til energibruk ved å kjøpe nytt.

Curtis forteller at mye av det som hittil er kartlagt for ombruk gjennom Greenstock er inventar og innredninger, men tyngre materialer begynner nå også å bli registrert. Bratsberg mener at inventar har stort potensiale for ombruk, ettersom det er store verdier knyttet til det.

Andre materialkategorier som blir nevnt av både Laake og Graff-Kallevåg er modulvegger og andre produkter med standardiserte mål. Bingham henviser til flere gode eksempler på ombruk prøvd ut i Kristian August gate 13, som teppefliser, fliser, kjølebafler og glassfasader. Wærner mener det er viktig å tenke kreativt og utenfor boksen når det gjelder bruken av materialene, spesielt i de tilfeller der dokumentasjonskravene slår inn så direkte ombruk er utfordrende. Graff-Kallevåg fremhever også at spesialtilpassede elementer i bygg vil medføre at ombruk én til én ikke er mulig.

### Ombruk eller materialgjenvinning

På spørsmål om det i enkelte tilfeller kan være mer hensiktsmessig å satse på materialgjenvinning svarer Lindseth at gips eksempelvis er mer fordelaktig å sende til materialgjenvinning. Graff-Kallevåg mener det er enklere å få til materialgjenvinning og gjenbruk som deler av nye produkter enn direkte ombruk, da det eksisterer gode løsninger for gjenvinning i dag. Ifølge Laake er nøkkelfaktoren for både ombruk og gjenvinning knyttet til volum for at det skal være effektivt nok.

Fylling mener avfall- og gjenvinningsbransjen har en annen tilnærming ved håndtering av materialer, og at det kan bli konkurranse om materialer skal bli ombrukt eller sendes til gjenvinning, da dette påvirker deres forretningsmodeller. Graff-Kallevåg fremhever at ombruksmarkedet kommer til å vokse, men at materialgjenvinning har et bedre utgangspunkt for en større og raskere vekst. På en annen side henviser Laake til utformingen av avfallspyramiden, og at det er en grunn til at ombruk er plassert over materialgjenvinning med tanke på ressurseffektivitet.

### Eksisterende bebyggelse med ombrukbare materialer

På spørsmål om hvilke type eksisterende bygg som potensielt sett har størst mengder ombrukbare materialer og produkter trekker Bjørberg frem gamle bygårder i tegl, gjerne fra år 1850-1900. Disse inneholder en begrenset mengde av ulike produkter og er ofte mulig å ta fra hverandre. Videre fremhever både Bjørberg, Wærner og Graff-Kallevåg at plasstøpt betong, spesielt fra 1950-1970 er lite egnet. Med mindre en bruker bygget slik det er, så er betongen kun interessant som innsatsfaktor i ny produksjon. Wærner tror at slike bygg vil være forbudt i fremtiden fordi det ikke er mulig å gjøre noen ting med dem i senere tid.

Elementbyggeri, herunder stål og betongdekker, fra 70- og 80-tallet mener Graff er vanskelig å ombruke direkte i dag fordi teknologien har utviklet seg og det er andre krav til spennvidder og bæreevne. Lindseth mener byggene ikke er ment for demontering og at ombruk derfor ikke er mulig. Bjørberg fremhever at en sentral utfordring er at det er brukt for mange materialer og komponenter i nyere tid som vi ikke vet hva inneholder, med tanke på helse- og miljøfarlige stoffer.

### Levetid og vedlikehold

Mange trekker frem at levetidsbetraktninger er viktige for å kunne se potensiale for ombruk, og Curtis svarer at det ikke vil være hensiktsmessig å ta i bruk produkter med kort restlevetid. Utfordringen er å evaluere produktene, og Kilvær fremhever at man mangler erfaring på dette. Plesser mener at det er nødvendig å finne en effektiv metode for bedømmelse av restlevetid, og at den er avhengig av tidligere bruk og demontering. Restlevetiden og vedlikeholdsbehov mener hun vil være sentral i bedømmelse av hvilke materialer som egner seg for ombruk. En akseptabel restlevetid er viktig for å unngå et minusregnskap ved bruk av mindrevverdige produkter. Laake mener at problematikken rundt levetid for mange ombruksprodukter kan føre til at materialgjenvinning er mer hensiktsmessig for noen produkter.

### Miljøskadelige stoffer

Plesser hevder at det er mange produkter som ikke har noen fremtid på ombruksmarkedet på bakgrunn av uvetting bruk av kjemikalier. På en annen side mener Wærner at innhold av miljøskadelige stoffer ikke nødvendigvis må bety at noe ikke kan ombrukes, og at det er viktigere å beholde produktene så lenge som mulig. Han trekker frem betydningen av å få slike stoffer ut av systemet, da med fokus på materialgjenvinning, for å unngå farlige stoffer i nye produkter. Dette er noe han derimot ønsker å undersøke mulighetene av nærmere, og at det nødvendigvis ikke er den mest økonomiske praksisen i flere tilfeller.

## 5.2.5 Oppsummering av funn fra intervjuer

De mest sentrale funnene fra intervjuene er samlet i tabellen under.

**Tabell 5.6:** Oppsummering av funn fra intervjuer

| <b>Forutsetninger for en oppskalering av ombruksmarkedet</b>  |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Forbedrede økonomiske rammer og økonomiske insentiver</li><li>• Økt forutsigbarhet i tilbud og etterspørsel ved tilgjengeliggjøring av informasjon om fremtidige riveprosjekter, materialregister og bestillermakt fra store byggherrer for å garantere etterspørsel</li><li>• Begrense behov for fordyrende mellomagring, eller sikre rimelig lagring ved bruk av lagerhaller på midlertidige tomter</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Erfaringer fra ambisiøse ombruksprosjekter</li><li>• Behov for spesialiserte aktører som tar for seg alt knyttet til et eller flere produkter</li><li>• Økt systematikk rundt testing, re-dokumentasjon og fastsettelse av levetid. Større volumer av materialer vil gjøre det mer gunstig økonomisk</li><li>• Nødvendig med ytterligere avklaringer tilknyttet regelverket, spesielt ifm. DOK</li><li>• Nye forretningsmodeller, som økt produsentansvar og leie av byggevarer</li></ul> |

### Utvikling av ombruksmarkedet

- Ombruk er ansett som en god løsning for ressurseffektivisering og miljøbesparelser, men flere utfordringer begrenser utviklingen
- Ulike holdninger knyttet til ombruk. Mange ønsker å omgi seg med ting som ser nytt ut
- Delte meninger rundt hvor stort markedet kan bli. Potensiale for industrialisering av enkelte produkter, spesielt for tyngre materialer som stål og betong
- Fremtidig potensiale kan økes ved å tilrettelegge ved tilpasningsdyktighet og prosjektering for demontering og ombruk i tidlig fase av prosjekter
- Ombrukskartlegging av eksisterende bygg i god tid før riving, samtidig med miljøsanering, kan bidra til å synliggjøre potensiale
- Større bevissthet rundt bærekraft kan virke positivt på utvikling

### Utviklingstrender i riveaktivitet og omfattende rehabilitering

- Det oppgis at det er relativt få rivetilfeller årlig og av svært ulikt omfang, som gir varierende materialmengder
- Endringer i bruksbehov og utfordringer tilknyttet å tilfredsstille forskriftskrav, som for eksempel med lave etasjehøyder, er ofte årsak for riving
- Det er et økt fokus på at bygg skal leve lenger og bevares, samt arealeffektivisering, som vil kunne gi økt rehabiliteringsaktivitet
- Eksisterende bygningsmasse er i liten grad planlagt for demontering og ombruk
- Det antas at det er tilstrekkelige mengder ombrukbare materialer i omløp til en oppskalering av ombruksmarkedet, spesielt inkludert materialer fra rehabilitering
- Vanskelig å forstå omfanget av problemet, siden ombruk ikke er synliggjøring i statistikken
- Demontering er mer tidkrevende enn tradisjonell riving og det er generelt lite erfaring i bransjen tilknyttet omfattende demonteringsarbeider
- Øst-Riv har mål om å utvikle «jেকে»-teknologi, som kan heve etasjehøyde i bærende betongkonstruksjoner

### Mulig og hensiktsmessige byggevarer for ombruk

- Ombruk av bæresystemer er i stor grad hensiktsmessig å satse på i et miljøperspektiv. Eksempelvis stål kan være fordelaktig
- Ombruk av hulledekker er gjennomført i praksis, men kan være for dyrt til å gjentas
- Lette materialer er ofte så rimelige å kjøpe nye at det ikke vil lønne seg med ombruk
- Teknisk utstyr utvikler seg raskt, så ombruksløsninger kan fort bli utdaterte
- Stort potensiale for ombruk av inventar og innredning, samt modulbasert og standardiserte produkter
- Enkelte produkter egner seg bedre til materialgjenvinning enn ombruk. Det er tro på en raskere vekst i materialgjenvinningsløsninger enn for ombruksløsninger
- Stort potensiale for ombruk av tegl fra eldre bygårder
- Plasstøpt betong er utfordrende å ombruke, og elementbyggeri fra 70-80- tallet kan ha andre krav til bæreevner
- Levetid er sentralt for ombrukspotensialet av mange produkter, og det er hittil mangel på erfaringer med å avgjøre restlevetid





### 5.3 Resultat fra analyse av statistikk fra Oslo Kommune

Det er gjennomført en analyse av Oslo Kommunes datagrunnlag på avfallsmengder, rapportert inn ved tiltak omfattet av kravet for avfallsplan. Hensikten med analysen har vært å undersøke hvor store mengder ombrukbare materialer som årlig tilgjengeliggjøres som avfall.

Det må bemerkes at det er oppdaget flere mangler og feil i datasettet, noe som anses som et resultat i seg selv. I mange tilfeller er for eksempel totalt BRA for byggene oppgitt fremfor berørte arealer, noe som medfører en stor usikkerhet tilknyttet tiltakenes størrelse. Angitt byggeår har også i mange tilfeller vist seg å ikke stemme. I tillegg er det i enkelte tilfeller oppdaget kommafeil i avfallsmengder, som har gitt store avvik i statistikken. Dette gjør det utfordrende å bruke dataen til å tallfeste eller fremskrive reelle avfallsmengder og dermed også mengder ombrukbare materialer.

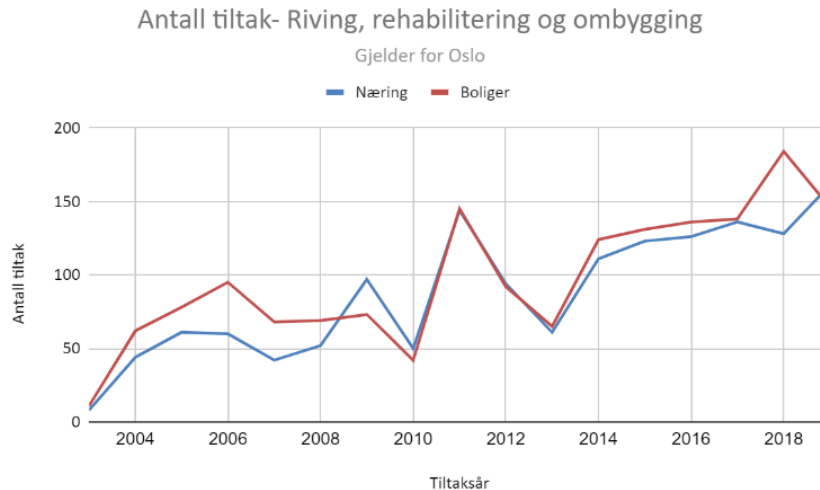
Med bakgrunn i dette er det spesielt de to tiltakstypene «riving» og «vesentlige endringer/repasjoner» trukket frem og brukt i beregninger. Dette for at det kun er tiltak større enn 300 m<sup>2</sup> av disse tiltakstypene som har troverdige byggeår, siden dette er endret på manuelt. Disse to tiltakstypene er valgt på bakgrunn av en antakelse om at tiltaksartene bidrar med store avfallsmengder. Det bemerkes at tiltaksarten «vesentlig endring» er en del av samlebetegnelsen «rehabilitering, ombygging og vedlikehold» (heretter kalt ROV).

#### 5.3.1 Bakgrunn for beregning av mengder ombrukbare materialer

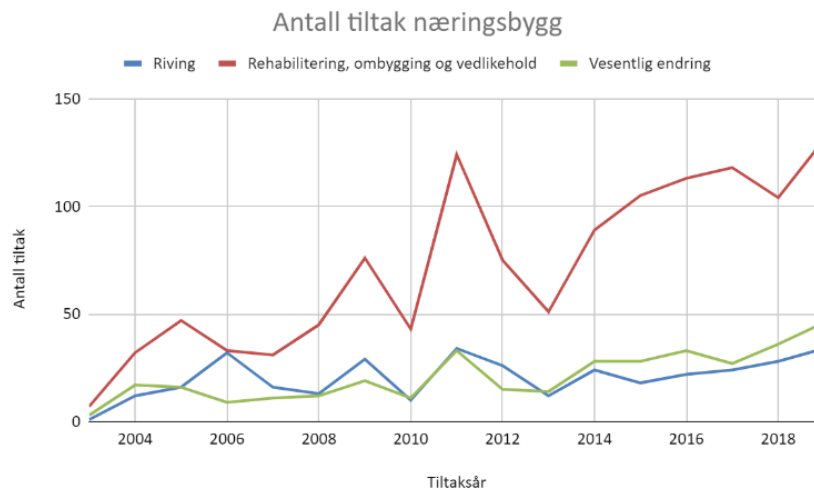
I dette delkapittelet vil datagrunnlaget brukt i analysen presenteres, deretter er anslåtte mengder ombrukbare materialer fremstilt i neste delkapittel.

##### Utvikling av riving, rehabilitering og ombygging av næringsbygg i Oslo

Figur 5.17 viser utviklingen av aktiviteter innenfor riving, rehabilitering, ombygging og vedlikehold av næringsbygg og boliger i Oslo de senere årene. Foruten relativt store årlige variasjoner, ser det ut til at trenden er økende for begge segmentene i perioden. Antall tilfeller ser ut til å være omtrent like mange. Det var 161 tiltak i segmentet for næringsbygg i 2019. Figur 5.18 viser videre fordelingen av antall tiltak tilknyttet næringsbygg, som er i fokus i denne studien, fordelt på riving og ROV.



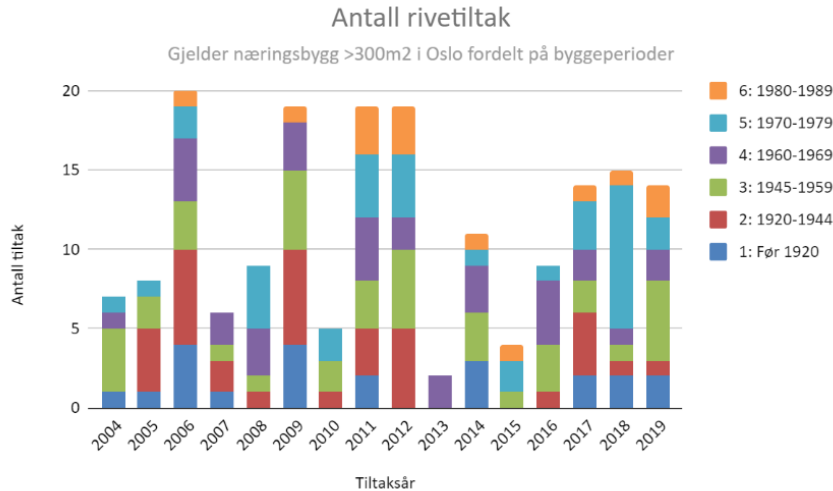
**Figur 5.17:** Antall tiltak - Riving, rehabilitering og ombygging i Oslo (alle tiltaksarter inkludert)



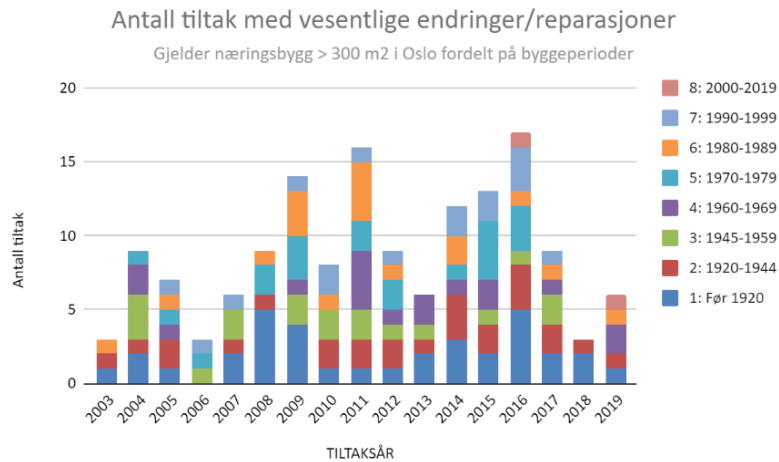
**Figur 5.18:** Antall tiltak

Det ser ut til at riveaktiviteten har holdt seg relativt stabil, med et gjennomsnittlig antall rivetilfeller av næringsbygg per år på 20,6. Tiltakstypen «vesentlig endring» har fulgt omtrent samme trend med et gjennomsnitt på 21. Rehabiliteringsraten ser derimot ut til å være økende, med et gjennomsnittlig stigningstall på 6,7. De siste fem årene har antall ROV-tiltak vært gjennomsnittlig på 114.

Figur 5.19 og Figur 5.20 viser antall tiltak innenfor tiltakstypene «riving og «vesentlig endringer/reparasjoner» av næringsbygg over 300 m<sup>2</sup> per år i Oslo. Gjennomsnittlig antall tilfeller er henholdsvis 11,7 og 9,4. Det er ingen tydelig utviklingstrend på hvilke byggeår som berøres i løpet av disse 16 årene, men det ser ut til at det blir stadig flere tiltak tilknyttet bygg fra 70-tallet og utover. Spesielt gjelder dette riveoversikten. Datagrunnlaget inneholdt ingen rivetiltak i 2003.

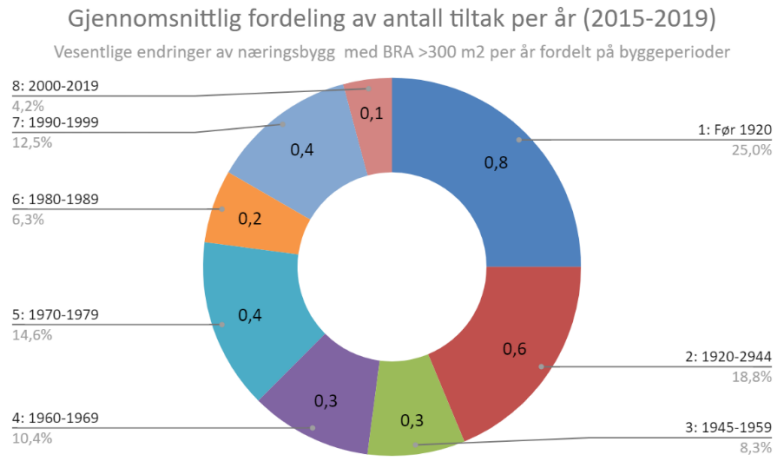


**Figur 5.19:** Antall og fordeling av rivetiltak

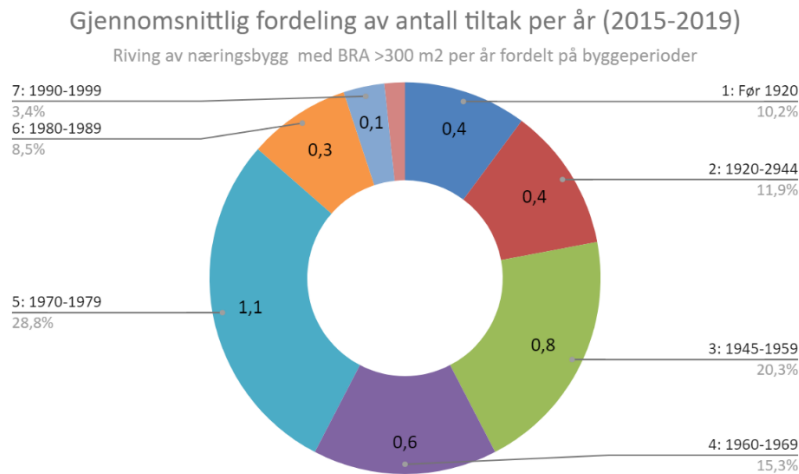


**Figur 5.20:** Antall og fordeling av tiltak innen vesentlige endringer/reparasjoner

Figur 5.21 og Figur 5.22 viser hvordan tiltak innenfor de samme tiltakstypene de siste fem årene gjennomsnittlig har vært fordelt på byggeår. Dataen er kun basert på tiltak større enn 300 m<sup>2</sup>, da disse tiltakene er kontrollert for byggeår. Fordelingen viser at det er en ganske stor andel rivetiltak på bygg fra 70-tallet, og at det er også nå er noen bygg 80- og 90-tallet i statistikken. Disse byggene er altså 30-40 år gamle. Gjennomsnittlig levetid på bygg når de rives er, ifølge datagrunnlaget, 60 år. Innenfor vesentlig endring er det flere yngre tiltak, men også mange flere eldre tilfeller fra før krigen.



**Figur 5.21:** Gjennomsnittlig fordeling av antall tiltak i byggeperioder per år (2015-2019)



**Figur 5.22:** Gjennomsnittlig fordeling av antall rivetiltak i byggeperioder per år (2015-2019)

### Avfallsmengder i Oslo

Gjennomsnittlige avfallsmengder per år innenfor noen utvalgte materialkategorier er vist i Tabell 5.7. Tallene er basert på data fra de siste fem årene, som er valgt på bakgrunn av at rehabiliteringsaktiviteten har vært relativt jevn i denne perioden. Materialkategoriene er utvalgt med tanke på hvilke materialer som teorien har vist at kan ha et potensiale for ombruk. Det er tydelig at betong og deretter jern og metaller utgjør store andeler i riveprosjekter, noe som stemmer godt overens med teorien.

Tabell 5.7 Avfallsmengder fra næringsbygg i Oslo fordelt på utvalgte avfallsfraksjoner

| Gjennomsnittlige avfallsmengder [tonn] fra næringsbygg i Oslo (2015-2019) |                     |                   |                     |                   |  |                   |
|---|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--|-------------------|
| Avfallsfraksjon   | Riving              |                   | Vesentlig endring   |                   | All rehabilitering, ombygging og vedlikehold |                   |
|   | Total mengde per år | Mengde per tiltak | Total mengde per år | Mengde per tiltak | Total mengde per år                          | Mengde per tiltak |
| Betong, tegl og lettklinker   | 26 988              | 857               | 2 194               | 64,5              | 7 660  | 67,1              |
| Trevirke  | 1 948               | 61,8              | 832                 | 24,5              | 4 473  | 39,2              |
| Glass   | 37                  | 0,3               | 30                  | 0,9               | 598  | 5,2               |
| Jern og metaller  | 7 719               | 245               | 808                 | 23,8              | 2825   | 24,7              |
| Restavfall  | 3 075               | 97,6              | 1 198               | 35,2              | 5 593  | 49,0              |
| <b>Totalt</b>   | <b>39 747</b>       | <b>1 261,7</b>    | <b>5 062</b>        | <b>148,9</b>      | <b>21 149</b>                                | <b>185,2</b>      |

Tabellen viser at disse utvalgte avfallsfraksjonene til sammen har en vekt på 60,9 tusen tonn, og at mengdene som stammer fra riving og vesentlige endringer utgjør 74% av totalen. Dette kommer i stor grad av mengden betong, tegl og lettklinker fra riveprosjekter. Totale mengder avfall fra ROV og riving av næringsbygg fra alle avfallsfraksjoner per år de siste fem årene er omtrent 128,3 tusen tonn. Avfallsfraksjonene i tabellen, der totalen er uthevet i fet skrift, utgjør dermed 47% av den totale vekten. Resterende avfallsfraksjoner, som ikke er regnet med her, består i stor grad av materialer som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer, farlig avfall og deriblant forurenset betong store deler.

Det er selvsagt store variasjoner i avfallsmengder som kommer fra ulike tiltakstyper og også typer næringsbygg. Forenklet sett er det valgt i denne studien å se på bygningstypene samlet. En oversikt over fordelingen av bygningstyper innenfor de analyserte tiltakstypene er å finne i Vedlegg 3.A.

### 5.3.2 Ombrukbare materialer fra riving og vesentlige endringer

Med utgangspunkt i de utvalgte avfallsfraksjonene, angitt i Tabell 5.7, er det forsøkt å gjøre et veldig grovt anslag på hvor stor andel av de årlige avfallsmengdene fra næringsbygg som kan regnes som ombrukbare. Beregningene tar utgangspunkt i byggeperioder som er ansett til sannsynligvis å ha frembrakt størst mengder ombrukbare materialer innenfor avfallsfraksjonene. Dette er basert på informasjon funnet i teorien om typiske byggeskikker og materialvalg i ulike tidsperioder, og opplysninger som enten muliggjør eller reduserer mulighetene for ombruk, samt dialog med veileder. Se listen under.

- **Betong, tegl og lettklinker:** Dette er en meget bred avfallsfraksjon. Det er valgt å ta utgangspunkt i betong og tegl, som er i stor grad anslått ombrukbare i ulike byggeperioder.

Aktuelle perioder for betong settes til 1970-2019, med utgangspunkt økt grad av elementbygging fra 1970-tallet (Thue, 2019). Tegl anses særlig ombrukbar fra perioden før 1920, da det i større grad ble brukt kalkmørtel fremfor sementmørtel (Balke, 2003)

- **Trevirke:** Alle byggeperioder anses som aktuelle. Levetiden til materialene kan dog være varierende. Trykkimpregnert trevirke er i egen avfallsfraksjon.
- **Glass:** Asbest i vinduer ble forbudt fra 1980/1985 og ftalater er kan finnes i vinduer fra 1990-2005 (Kilvær et al., 2019). PCB-holdige vinduer er i en egen avfallsfraksjon, og det antas at glass med innhold av andre helse- og miljøskadelige stoffer er sortert ut i statistikken. Vinduer har gjerne levetid på opptil 60 år (Moelven, 2015). Forenklet er det satt at glass fra og med 80-tallet kan være aktuelt.
- **Jern og metaller:** Stål fra 1970 og frem til i dag vurderes som mest aktuelt med tanke på ombruk på grunn av endringer i forskrifter (Pimentel, Brown og Sansom, 2019). Avfallskategorien inkluderer flere elementer enn stål og det er ingen grunnlag til å si noe om fordelingen.
- **Restavfall:** Alle byggeperioder kan her være aktuelt. Restavfall inneholder mye forskjellige materialer, og mange av dem er nok lite ombrukbare. Likevel kan det være potensiale å hente i deler av fraksjonen, eksempler kan være komposittmaterialer og modulprodukter, som er utfordrende å resirkulere, men som kan være ombrukbare.

Som nevnt tidligere, gjelder beregningene kun tiltaksartene «riving» og «vesentlig endring/reparasjon», grunnet feil i datasettet. Det er antatt at prosentvis fordeling av tiltak på byggeår er den samme for alle tiltak innenfor de to tiltaksartene som for tiltakene over 300 kvadratmeter. Fordelingene er allerede presentert i Figur 5.21 og Figur 5.22. Mengder avfall fra de ulike avfallsfraksjonene er de samme som i Tabell 5.7. Resultatene er presentert i Tabell 5.8 og Tabell 5.9.

Prosentanslaget for ombrukbare mengder fra de aktuelle periodene er basert på antakelser. Disse er satt relativt høyt, da materialer som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer allerede er sortert ut i egne avfallsfraksjoner i datagrunnlaget. Dermed står en igjen med materialer fra materialfraksjoner som i utgangspunktet kan ha et potensiale for ombruk, kun fra aktuelle byggeperioder og antatt uten helse- og miljøskadelige stoffer.

**Tabell 5.8:** Beregning av potensielle mengder [tonn] ombrukbare materialer innenfor utvalgte avfallskategorier fra riveaktivitet. Gjennomsnittlig antall tiltak fra de siste fem årene på 20,6 er brukt.

| Riving                      |                   |  |                |                                      |                   |                          |
|-----------------------------|-------------------|--|----------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Avfallsfraksjoner           | Mengde per tiltak | %-andel av totalt antall tiltak fra riktige perioder | Aktuell mengde | %-andel ombrukbart av aktuell mengde | Mengde ombrukbart | % av total mengde per år |
| Betong, tegl og lettklinker | 857               | Betong: 41,7%<br>Tegl: 10,2%<br>Gjennomsnitt: 26%    | 4589           | 50%                                  | 2294              | 13%                      |
| Trevirke                    | 62                | 100%   | 1274           | 50%                                  | 637               | 50%                      |
| Glass                       | 0,3               | 14%  | 1              | 80%                                  | 0,60              | 11%                      |
| Jern og metaller            | 245               | 42%  | 2105           | 40%                                  | 842               | 17%                      |
| Restavfall                  | 98                | 100%   | 2011           | 10%                                  | 201               | 10%                      |

**Tabell 5.9:** Beregning av potensielle mengder [tonn] ombrukbare materialer innenfor utvalgte avfallskategorier fra vesentlige endringer av bygg. Gjennomsnittlig antall tiltak fra de siste fem årene på 21 er brukt.

| Vesentlig endring           |                   |   |                |                                      |                   |                          |
|-----------------------------|-------------------|---|----------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Avfallsfraksjoner           | Mengde per tiltak | %-andel av totale Tiltak i riktige perioder         | Aktuell mengde | %-andel ombrukbart av aktuell mengde | Mengde ombrukbart | % av total mengde per år |
| Betong, tegl og lettklinker | 64                | Betong: 40,2%<br>Tegl: 16,8%<br>Gjennomsnitt: 28,5% | 386            | 50%                                  | 193               | 14%                      |
| Trevirke                    | 24                | 100%  | 134            | 50%                                  | 67                | 13%                      |
| Glass                       | 0,9               | 18%   | 5              | 80%                                  | 3,87              | 21%                      |
| Jern og metaller            | 24                | 40%   | 130            | 40%                                  | 52                | 10%                      |
| Restavfall                  | 35                | 100%  | 192            | 10%                                  | 19                | 3%                       |

Det er grunn til å tro at en relativt stor andel av fraksjonene betong, tegl og lettklinker, samt jern og metaller, har vært del av bæresystemet i byggene som har blitt revet. Innenfor vesentlig endring er det i mindre grad gjeldende, og det er mer utfordrende å kunne si noe om kvaliteten på materialene.

For å få et bilde på hva mengdene betyr, kan en gjøre et tankeeksperiment og sammenligne de med tilbygget fra caseprosjektet KA13. Dersom en for eksempel antar at 50% av de ombrukbare mengdene jern og metaller er bærende stålkonstruksjoner, utgjør den samlede mengden fra de to tiltakstypene omtrent 7 kontorbygg på størrelse med dette bygget. Om en antar at 50% av den ombrukbare delen av avfallsfraksjonen betong, tegl og lettklinker er betong, er mengden i størrelsesordenen nok til å forsyne



4,7 tilsvarende bygg med hulldekker per år. Glassfraksjonen ser veldig lav ut sammenlignet med de andre, men dersom en for eksempel sammenligner med glassvekten på et Nordvest-vindu (toppsving, som brukt i miljøanalysen), utgjør 23 tonn glassvekten av 150 tre-lags vinduer i standardstørrelsen 1,23x1,48 meter.

Det understrekes at beregningene er gjort for å få et omtrentlig bilde på teoretiske mengder ombrukbare materialer som tilgjengeliggjøres per år. Spesifikke tall bør vurderes som størrelsesordener. Her er det kun teoretisk ombrukbarhet som er vurdert, og juridiske og praktiske aspekter vil kunne redusere de beregnede mengdene betydelig. Som teorien har vist er det heller ikke sort- hvitt om et materiale er ombrukbart eller ikke, da det kommer an på til hvilken bruk samt at det finnes en etterspørsel etter det.

De analyserte mengdene utgjør kun en andel av de totale mengdene avfall som stammer fra næringsbygg (ekskludert nybygging) per år. Det å skalere opp beregningene til å gjelde en større del av det totale avfallet byr på metodiske utfordringer, da det gjerne er stor forskjell på fordelingen av avfallsmengder fra ulike rehabiliteringsprosjekter. Dersom en likevel antar samme fordeling av byggeperioder på berørte bygg for alle ROV-prosjekter som for tiltakstypen «vesentlige endringer/reparasjoner» vil en kunne få et veldig grovt bilde på totale mengder ombrukbare materialer som tilgjengeliggjøres årlig. Disse resultatene er presentert i tabellen under.

**Tabell 5.10:** Beregning av potensielle mengder [tonn] ombrukbare materialer innenfor utvalgte avfallskategorier fra rehabilitering, ombygging og vedlikehold. Gjennomsnittlig antall tiltak fra de siste fem årene er 114,2.

| Rehabilitering, ombygging og vedlikehold |                   |   |                |                                      |                   |                          |
|--|-------------------|---|----------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Avfallsfraksjoner                        | Mengde per tiltak | %-andel av totale Tiltak i riktige perioder         | Aktuell mengde | %-andel ombrukbart av aktuell mengde | Mengde ombrukbart | % av total mengde per år |
| Betong, tegl og lettklinker              | 67                | Betong: 40,2%<br>Tegl: 16,8%<br>Gjennomsnitt: 28,5% | 2183           | 50%                                  | 1091              | 14%                      |
| Trevirke                                 | 39                | 100%  | 1163           | 50%                                  | 581               | 13%                      |
| Glass                                    | 5,2               | 18%   | 155            | 80%                                  | 124               | 21%                      |
| Jern og metaller                         | 25                | 40%   | 735            | 40%                                  | 294               | 10%                      |
| Restavfall                               | 49                | 100%  | 1454           | 10%                                  | 145               | 3%                       |

Inkludert disse mengdene er det anslått relativt store mengder potensielt ombrukbare materialer fra rive- og ROV-prosjekter. Totale mengder er presentert i Tabell 5.11.

**Tabell 5.11:** Anslåtte mengder ombrukbare materialer fra avfall i Oslo

| <b>Avfallsfraksjoner</b>    | <b>Riving [tonn]</b> | <b>Rehabilitering, ombygging og vedlikehold [tonn]</b> |
|-----------------------------|----------------------|--|
| Betong, tegl og lettklinker | 2294                 | 1091   |
| Trevirke                    | 637                  | 581  |
| Glass                       | 0,60                 | 124  |
| Jern og metaller            | 842                  | 294  |
| Restavfall                  | 201                  | 145  |

Mengdene angitt i tabellen over utgjør et gjennomsnitt fra de siste fem årene. Det ser ut til at de er av en betydelig størrelse, noe som legger gir et godt utgangspunkt for en oppskalering av ombruksmarkedet. Hvor store mengder som faktisk er ombrukbare med gjeldende juridiske rammeverk og markedssituasjon, samt hvilken utvikling en vil kunne se i tilgjengeliggjorte mengder ombrukbare materialer i årene som kommer vil diskuteres nærmere i neste kapittel.



## 6 Diskusjon

I dette kapittelet vil forskningsspørsmålene diskuteres på bakgrunn av teorien, resultater fra intervju og miljøsystemanalysen. Samlet sett er tanken at dette vil bygge opp mot en besvarelse av problemstillingen.

### 6.1 Hvilke miljøeffekter gir ombruk av utvalgte ombruksmaterialer og -produkter sammenlignet med bruk av nye løsninger?

Blant de viktigste drivkreftene for å øke ombruksgraden i byggebransjen er miljøeffektene det vil kunne gi. Ombruk reduserer behovet for utvinning av jomfruelige ressurser og produksjon av nye produkter. Det er i teorien trukket frem at flere studier har kommet frem til at ombruk gir klimagassbesparelser i prosjekter, men det er stadig behov for eksempler som viser hva som er verdt å satse på av ombruksvarer samt hvordan levetid av produktene spiller inn. Miljøsystemanalysen av KA13 kan gi svar på hvilke besparelser i CO<sub>2</sub>-utslipp prosjektet har oppnådd, men i hvilken grad resultatene kan generaliseres og hvilke scenarier som er mest sannsynlige at vil inntreffe er usikkert.

#### 6.1.1 Diskusjon av resultater fra miljøsystemanalysen

Miljøsystemanalysen har vist at ombruk av de analyserte materialkategoriene stort sett gir store besparelser i klimagassutslipp sammenlignet med nye alternativer. Besparelsene i fase A1-A4 avhenger av mengder materialer som ombrukes, hvor mye bearbeiding og transport som kreves, samt hvor energikrevende produksjonsprosessen er for det nye materialet. Dette er også påpekt av Nordby (2019) og Aslan Viak (2018). Nußholz, Rasmussen og Milios (2019) fremhever at det ikke er gitt at ombruk gir klimagassbesparelser i disse fasene. Utfra denne studien ser det likevel ut til at det skal ganske mye til for at det ikke skal lønne seg, da besparelsene fra disse fasene er på mellom 89% og 98% per enhet for samtlige av materialene.

Stål er det materialet som gir de klart største besparelsene av de analyserte materialkategoriene totalt sett i prosjektet, noe som sammenfaller bra med teorien (Kilvær *et al.*, 2019; Myhre, Widenoja og Kilvær, 2018, Nordby; 2009). Per kilogram med ombrukt stål er det regnet et sammenlignende bidrag på 0,07 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Kilvær *et al.* (2019) oppgir til sammenligning 0,24 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Forskjellen her kan komme av at frakt og montering ikke er regnet med fordi det er antatt likt som nytt. Hulldekkene gir også tydelige besparelser, til tross for at de er ombrukt i et relativt begrenset omfang. Dette er eksempler på materialer som gir en stor miljøbelastning ved produksjon. I litteraturen er det antatt at slike materialer vil gi tilsvarende store besparelser ved ombruk, noe som ser ut til å stemme bra (Asplan Viak, 2018). Til sammenligning gir himlingsplatene begrensede klimagassbesparelser totalt sett til tross for at ganske store mengder av platene er brukt i prosjektet. Det nye alternativet er her isolasjon, som har langt lavere utslipp fra produksjon enn stål og betong.

Hvilken innvirkning har scenarioer for utskiftning og produktenes levetid på miljøeffekten?

For de resterende materialkategoriene kommer det tydelig frem i denne studien at scenarioer for utskiftning kan ha stor innvirkning på hvor store besparelser en kan forvente over livsløpet, avhengig av hvilke produkter byggevarene blir erstattet med. Det er altså enklere å si noe om hvilke besparelser en kan forvente fra ombruksvarer som ikke skiftes ut, enn for de som har flere ulike scenarioer som ligger til grunn.

Scenarioene for utskiftning er utviklet og basert på antakelser angående resterende levetid på ombruksproduktene. Det kommer frem av intervjuet med Plesser fra Sintef at det per dags dato er mangel på systematiske og utprøvde måter å fastsette restlevetiden til et ombruksprodukt. Hvor sannsynlige de valgte utskiftningsintervallene er, er dermed usikkert. Det avhenger så klart av mange forutsetninger, som tidligere bruk og belastning samt bearbeiding før ny bruk (Bjørberg, Kampesæter og Listerud, 2009). Nødvendige bearbeidelser og testing er gjennomført av prosjektet på en slik måte at fagpersoner har gått god for produktene. Levetiden er likevel utfordrende å si noe sikkert om fra utsiden av prosjektet.

I scenarioene for utskiftning av de ulike produktene er det inkludert utskiftning til andre ombruksprodukter. Sannsynligheten for at dette vil kunne være reelle scenarioer vil være helt avhengig av hvordan ombruksmarkedet utvikler seg, og hvilke produkter som på aktuelt tidspunkt er mulig å få tak i. Intervjuene og teorien har synliggjort utfordringene tilknyttet at det ikke finnes noen velfungerende markeds plass for ombruk per tid, og at det er lite tilgjengelig informasjon om hva som er mulig å få tak i (Myhre, Widenoja og Kilvær, 2018; Asplan Viak, 2018). Hvordan dette vil utvikle seg er usikkert, og det er derfor vanskelig å si noe om sannsynligheten for å finne tilsvarende ombrukte byggevarer til riktig tid, av riktig kvalitet og dimensjoner. Som Wærner understreker, så er ikke ombruksvarer hyllevarer på samme måte som nye materialer.

Sannsynligvis er utskiftning til ombruksprodukter mest reelt for relativt standardiserte komponenter som enkelt kan tas ut og som tåler noen målendringer, slik som for eksempel kjølebaflene i prosjektet. I dette tilfellet vil kanskje en kombinasjon av utskiftninger til ombruksprodukter og nye produkter gjennom analyseperioden være mest sannsynlig (scenario 1 og 2). Det vil nok være en større utfordring å finne nye ombruksvinduer med akkurat riktig størrelse og med riktig U-verdi. Sånn sett kan det kanskje være enklere å kjøpe nye vinduer som er tilpasset til bygget. Dermed kan utskiftning til nytt alternativ være mest realistisk. Resultatene har på den andre siden vist gode utslippsbesparelser tilknyttet valg av ombruksvinduer i hele livsløpet, så om det er mulig å finne ombruksprodukter, vil det virke positivt på miljøregnskapet.

Når det gjelder fasadeplatene, er disse i større grad designet med tanke på at det skal være enklere å finne ombruksprodukter i fremtiden. Sånn sett kan ombruksscenarioet være en større mulighet. Prosjektet har endt opp med å måtte bruke overskuddsmaterialer i store deler av fasaden i stedet for

ombruksprodukter, blant annet fordi det har vært utfordrende å finne passende materialer å bruke. Sannsynligheten for å få tak i passende overskuddsmaterialer eller ombruksmaterialer bør derimot være relativt stor. Scenariot med utskiftning av ombrukte plater kan dermed være godt innenfor rekkevidde.

### Overskuddsmaterialer i en analyse av ombruksmaterialer

Det er besluttet å inkludere overskuddsplatene i fasaden i analysen. Fra teorien er overskuddsmaterialer ikke videre definert som ombruk, enda det er et godt tiltak for ressurseffektivitet (Kilvær *et al.*, 2019). Som nevnt ble overskuddsmaterialene brukt fordi det ikke ble funnet tilstrekkelige mengder ombruksvarer. Det kanskje ikke helt riktig å inkludere dem i denne analysen da det sier noe om usikkerheten tilknyttet tilbudet av ombruksvarer, men det ble valgt fordi det åpner opp for interessant diskusjon rundt hvordan det er riktig å regne på disse materialene.

Det fremkommer ikke tydelig av standardene for livsløpsvurderinger hvordan overskuddsmaterialer skal regnes med i et system. Det er usikkert om det er mest riktig å inkludere produksjon, ikke inkludere det eller kun inkludere deler av det. Det er oppgitt fra prosjektet at materialene sannsynligvis ville blitt sendt til avfallsbehandling om de ikke ble brukt i dette prosjektet. Likevel er produktene allerede produsert og ikke brukt tidligere, så det kan argumenteres for at produksjon bør regnes med. På den andre siden er konsekvensen av å regne med produksjon av disse materialene at det ikke lønner seg for prosjekter å utnytte seg av slike overskuddsmaterialer. Dermed vil det være få insentiver til å forsøke å redusere avfall gjennom utnyttelse av produkter som ikke vil brukes. På bakgrunn av dette er det besluttet i denne studien å ikke regne med produksjonen av materialene.

### I hvilken grad kan resultatene si noe om hvilke ombruksvarer som gir best miljøeffekt?

Resultatene fra miljøsystemanalysen viser hvilke besparelser ombruksproduktene gir sammenlignet med et nytt alternativ, totalt for prosjektet og per enhet. I bedømmelse av hvilke materialer som gir best effekt når det gjelder klimagassbesparelser er det fristende å sette resultatene fra de ulike materialene opp mot hverandre. Dette er dog en utfordring ettersom omfanget av ombruksproduktene er ulikt og de ikke har samme funksjonelle enhet, i tillegg til at resultatene er prosjektspesifikke. Hvordan kan en for eksempel sammenligne effekten fra stålkomponentene, som angis i kg og brukes i store deler av prosjektet mot vinduene som angis i antall vinduer og kun er brukt i enkelte etasjer?

Én løsning kunne vært å se på hvor store deler de ulike materialene typisk utgjør i ulike prosjekter og analysere effekten av å skifte ut alle nye materialer med ombrukte. Dette åpner samtidig for diskusjon rundt hvor sannsynlig det er å få til prosjekter med 100% ombruk. Resultatene bør derfor i denne studien vurderes separat. Besparelsenes størrelsesorden, spesielt per enhet, kan likevel gi en indikasjon om hva som lønner seg mest. For å få et helhetlig bilde av besparelsene, bør mest mulig av livsløpet regnes med. Det er i studien sett at alle materialene gir store besparelser fra de første fasene, men dersom en inkluderer utskiftning kan besparelsene se litt annerledes ut.

Verdi for fremtidige prosjekter og generalisering av prosjektspesifikke resultater

KA13 er et pilotprosjekt innen storskala ombruk. Nybrottsarbeid som gjennomføres i dette prosjektet vil kunne gi viktige erfaringer for fremtidig ombruk (Kilvær *et al.*, 2019). Prosjektet er pågående i skrivende stund, så det er per dags dato for tidlig å si noe om hvilke prosesser som vil anbefales for fremtidige ombruksprosjekter. Det vil blant annet utarbeides en erfaringsrapport på ombruk og et samlet klimagassregnskap for hele bygget av prosjektorganisasjonen etter prosjektet er ferdigstilt, som vil kunne gi flere svar. Det er dermed utfordrende å anslå hvor store deler av de gjennomførte prosessene som er aktuelt at vil gjøres på samme måte i fremtidige ombruksprosjekter. Følgelig vil det også være vanskelig å si hvor store deler av miljøsystemanalysen som vil kunne gi et bilde på klimagassbesparelser som kan forventes i de ulike materialkategoriene.

Det er fremhevet i metoden at Yin (2018) argumenterer for at resultater skal gjøre på bakgrunn av casestudien og ikke den spesifikke casen. Resultatene fra miljøsystemanalysen bør derfor ses i sammenheng med teori og intervjuer for at de skal kunne generaliseres. Her kommer igjen aspektet ved at KA13 er et pilotprosjekt inn, siden det foreløpig finnes få sammenlignbare prosjekter. De store besparelsene fra fase A1-A4 ser likevel ut til å være i størrelsesorden med tidligere studier, og usikkerheten i behovet for utskiftning støttes av Plessner.

Likevel er det flere eksempler på elementer i analysen som det kan settes spørsmålsteget ved om er generaliserbare. Blant annet er spesifikke transportavstander og oppgitte bearbeidelsesprosesser prioritert der det har vært oppgitt, fremfor mer generelle antakelser. Grad av bearbeidelse vil variere stort mellom aktuelle ombruksvarer, og det er derfor utfordrende å kunne bruke disse verdiene fra dette prosjektet som noe annet enn en pekepinn. Hvilke materialer som mellomlagres og ikke, hvor det gjøres og hvor lenge vil, heller ikke være lett å forutse. Det er blant annet sett at oppvarming av lagerlokaler bidrar med en merkbar mengde av utslippene fra ombruksvinduene og -kjøleablene, så hvordan det løses i fremtidige prosjekter vil kunne ha en innvirkning.

Videre er det flere av de valgte løsningene med ombruksmaterialer som ikke nødvendigvis vil kunne sammenlignes i andre prosjektet. For eksempel er det ikke ansett som nødvendig å legge påstøp på nye hulldekker i prosjektet på grunn av liten grunnflate i tilbygget. Dette er dermed ikke medregnet for det tilsvarende nye alternativet. I andre prosjekter ville sannsynligvis det vært aktuelt, noe som hadde ført til økte utslipp, og dermed større besparelser. Det er også blant annet oppgitt av prosjektet at himlingsplatene ikke har krevd noen form for bearbeidelse eller maskinelt utstyr i demontering, noe som kan være mer aktuelt i andre prosjekter. Fasadeløsningen er også et godt eksempel på løsning som ikke nødvendigvis er generaliserbar. Den ferdige løsningen er svært sammensatt, og det er hentet byggevarer fra mange ulike steder, som kan være utfordrende å sammenligne med andre fasadeløsninger.

I teorien er det belyst to studier som har forsøkt å undersøke hvilken miljøeffekt ombruk eller gjenbruk kan gi i et samfunnsperspektiv (Høiby og Sand, 2018; Asplan Viak, 2018). Resultatene i disse studiene

er relativt sprikende, blant annet fordi den ene studien også inkluderte materialgjenvinning. Miljøsystemanalysen i denne studien er for prosjektspesifikk til at de kan brukes til å se potensielle miljøbesparelser i et større perspektiv. Det har heller ikke vært målsetningen med oppgaven, men jo flere spesifikke eksempler en har på ombruk og beregninger av miljøeffekten ved det, jo større grunnlag vil en kanskje kunne ha til å si noe om miljøeffekt på et overordnet nivå. Dette henger likevel tett sammen med hvor store mengder materialer som i fremtiden kan og vil ombrukes.

### **6.1.2 Innvirkning av metode for beregning av miljøeffekt**

Metodiske valg gjort i miljøsystemanalysen kan ha en betydelig innvirkning på resultatene i analysen. Dette vil diskuteres nærmere her.

#### Systemgrenser

I henhold til NS 3720, skal systemgrensen ved ekstern ombruk settes når materialet fra forrige system når materialet «end of waste» (Fuglseth *et al.*, 2018). Hva dette i praksis innebærer er ikke tydelig. Hvordan de ulike gevinstene og ulempene tilknyttet ombruk skal fordeles mellom de ulike systemene, kan også gi utslag på resultatene. Hvorvidt demontering fra forrige system skal regnes med, er for eksempel ikke klart. I miljøsystemanalysen gjennomført i denne studien er det valgt å regne med demonteringen i analysen. Dette er gjort med bakgrunn i at det antas at sannsynligheten for at rivearbeidet hadde blitt gjennomført på en annen måte, dersom produktene ikke var ombrukt i dette prosjektet, er relativt stor. Om demonteringen fører til en økning i utslipp, og det tilfaller riveprosjektet, vil det være få insentiver til å gjennomføre dette. Det er usikkert om det i realiteten fører til økte utslipp.

#### Sammenligning av produkter

En viktig forutsetning i en sammenlignende analyse er at de sammenlignede produktene utfyller samme funksjon, definert ved en funksjonell enhet (Bakshi, 2019; Fuglseth *et al.*, 2018). I miljøsystemanalysen er det antatt at dette stemmer for ombruksproduktene og et tilsvarende nytt alternativ. Samtidig er det opplevd noen utfordringer ved å definere en god funksjonell der ombruksproduktenes tekniske spesifikasjoner er annerledes enn hva som gjerne er dagens standard. Spesielt gjelder dette for vinduer, der U-verdi kunne vært en naturlig del av enheten, for å sikre samme formålstjening. Likevel tjener de samme formål, for eksempel i form av at de slipper inn dagslys i bygget og kan åpnes og skape naturlig ventilasjon.

En videre utfordring med dette er at de endelige løsningene med ombruksprodukter i mange tilfeller har endt opp med å bli annerledes enn hva som sannsynligvis hadde blitt gjennomført, dersom det var brukt nye produkter. Det gjelder blant annet kjølebaflene, der RIV har uttrykt at hele ventilasjons- og kjølesystemet sannsynligvis ville blitt designet og dimensjonert annerledes om det ikke var for ombruksbaflene. Det samme gjelder sannsynligvis for fasadeløsningen. Den komplekse løsningen er sannsynligvis delvis valgt for å kunne ta i bruk de mengdene ombrukbare plater som det har vært mulig



å få tak i fra ulike prosjekter. Det er usikkert om det ville blitt valgt en mindre kompleks løsning dersom det var brukt nye produkter. Løsningen medførte i hvert falluansett en stor økning i mengder lekter og sløyfer brukt i forhold til hva som i utgangspunktet var planlagt.

Vinduene er også et klart eksempel på at løsningen har blitt annerledes med ombruksprodukter. På grunn av høyere U-verdi på ombruksvinduene sammenlignet med nye vinduer, er det benyttet ekstra isolasjon i veggen. Det er også foretatt endringer i fasadeutforming, og dette kan betraktes som indikatorer på at nye og eldre vinduer i utgangspunktet ikke er helt sammenlignbare.

Videre er antakelsen om at de sammenlignede produktene oppfører seg likt i bruk og har samme vedlikeholdsbehov en forenkling av virkeligheten. Intervjuet med Plessner fra Sintef gjorde det klart at det per dags dato ikke er utviklet utprøvede rutiner for å kunne bestemme egenskaper for ombruksprodukter. På en annen side er tilstanden til ombruksmaterialene i prosjektet vurdert av fagpersoner og det er gjort bearbeiding som skal kunne tilsi at det materialene er holder nødvendig kvalitet.

### **6.1.3 Ressurseffektivitet ved ombruk**

Det er vist i teorien at ombruk utgjør det nest øverste trinnet i avfallspyramiden, og anses dermed som den nest beste håndteringen av ressurser etter avfallsreduksjon. Ombruk regnes altså en mer høyverdig måte å håndtere ressurser på enn for eksempel material- eller energigjenvinning. På spørsmål om ombruk er en god løsning for ressurseffektivisering i byggebransjen svarer de fleste intervjuobjektene umiddelbart at det er det. Likevel er det ikke gitt at det alltid er den beste løsningen for ressurshåndtering.

Zink og Geyer (2017) argumenterer for nødvendigheten av at ombrukte materialer klarer å erstatte rollen til de jomfruelige, og ikke kun supplerer bruken, for å oppnå helhetlige miljøeffekter. I enkelte tilfeller kan det ved ombruk være behov for å benytte ekstra materialer og produkter, som ikke ville vært nødvendig om det var brukt nye materialer. Ombruksvinduene og fasadeløsningen i KA13 er eksempler på dette, der vinduene medførte behov for ekstra isolasjon og fasadeløsningen medførte ekstra lekter og sløyfer. Ingen av delene ga de store utslagene på klimagassregnskapet, men det førte til økt behov for materialer. I slike tilfeller er det tenkelig at det bør gjøres en vurdering av hvilke ekstra materialer som kreves, samt hvor store mengder, før en kan si noe om hvilken løsning som er best.

Ibenholt et al. (2020) trekker frem at ombruk sjeldent blir én-til-én utnyttelse, og dermed ofte innebærer svinn. Dette er blant annet fordi få bygg er designet for demontering, noe som også Bjørberg, Wærner og Graff-Kallevåg trekker frem i intervjuene. Dersom bygg i større grad var designet modulbasert og standardisert, som «lego-klosser», ville det kunne gi full utnyttelse av materialene (Ibenholt *et al.*, 2020). Dette er ikke tilfellet i dagens bygningsmasse, men det åpner for enda større ressurseffektivisering ved ombruk i fremtiden dersom det i dag designes for demontering og ombruk.

Miljøsystemanalysen har avdekket at fasadeløsningen har ført til relativt store mengder avkapp. De små dimensjonene på platene ble blant annet valgt for at det i dag og i fremtiden skal være større muligheter for å finne passende ombruksprodukter. Det medførte samtidig at større platedimensjoner måtte kappes opp i langt mindre deler, og tidligere innfestningspunkter måtte også fjernes. Dette kan sies å være motstridende med tankegangen om at en skal planlegge for mindre kapp og avfall i første omgang for reduksjon av avfallsmengder fra prosjekter. På den andre siden fører jo også bruk av platene til forlenget levetid av produktene og mindre ressursforbruk.

## **6.2 Hvilke byggematerialer er mulig og hensiktsmessig å ombruke?**

Gjennom studien er det trukket frem flere materialer som kan anses å være godt egnet for ombruk (Kilvær *et al.*, 2019; Sørnes *et al.*, 2014 etc.). Det er også trukket frem praktiske eksempler på ombruk, blant annet gjennom caseprosjektet KA13. Teoretisk sett er mulighetene for ombruk mange. Som Wærner trekker frem, vil det å tenke kreativt angående hva de brukte materialene kan brukes til også kunne bidra til å øke potensialet for flere materialgrupper.

På en annen side er det vist at det i dag er mange utfordringer tilknyttet markedssituasjonen, det juridiske rammeverket og måten eksisterende bygg er satt sammen på. Det medfører begrensninger i hva som er mulig og lovlig å gjennomføre. Det er heller ikke gitt at det som er mulig å gjennomføre nødvendigvis kan anses som hensiktsmessig ombruk. Det åpner spørsmål rundt hvilke materialer og løsninger som det er verdt å satse på med tanke på ombruk i større skala. Hva skal til for at materialer og produkter er hensiktsmessig å ombruke?

### **6.2.1 Hva er forskjellen på mulig og hensiktsmessig ombruk?**

Hva som er mulig å ombruke kan sies å henge sammen med hva som er lovlig, teknisk og praktisk gjennomførbart. Her spiller blant annet det juridiske rammeverket inn. Som beskrevet i teorien er ikke dagens regelverk, standarder og prosedyrer utformet med tanke på tilretteleggelse for ombruk, noe som i mange tilfeller skaper utfordringer og usikkerhet (Kilvær *et al.*, 2019, Asplan Viak, 2018). Mulighetene for å demontere, frakte og lagre materialene uten at de påføres skader, er videre blant kriteriene for at ombruk skal være praktisk gjennomførbart. Hva som er mulig å få til vil også henge sammen med hvilke materialer som er mulig å få tak i til rett tid på markedet, hvilke behov de skal fylle og hvilke økonomiske rammer det aktuelle prosjektet har.

Hva som kan anses som hensiktsmessig ombruk er en mer omfattende vurdering. Hvorvidt noe er hensiktsmessig, må bestemmes på bakgrunn av hvem det gjelder og deres mål og ambisjoner. Dersom målet for eksempel er å teste ut mulighetene for ombruk i stor skala i prosjekt, slik som i KA13, er kanskje all ombruk hensiktsmessig fordi det vil kunne gi verdifulle erfaringer til senere. Dersom en

derimot ønsker å fokusere på ombruk for minst mulig miljøbelastning i et prosjekt, er det kanskje bedre å prioritere de produktene som har vist seg at kan gi størst utslag på prosjektets klimagassregnskap.

Nielsen *et al.* (2014) har utarbeidet en sammensatt evalueringsmetode for bedømmelse av materialers og produkters ombrukbarhet, som vist i Figur 2.9. Materialenes levetid, vedlikeholdsbehov og kvalitet inngår blant annet som del av denne metoden, og vil kunne være sentralt i bedømmelse av hva som kan regnes som hensiktsmessig. Konsekvensene av levetid og utskiftningsintervaller er synliggjort i miljøsystemanalysen. Det er pålagt å sikre bygg forsvarlig levetid i henhold til TEK17 §9-2, som gir grunn for å velge bestandige materialer. Man har riktignok lite erfaring med levetidsvurderinger for brukte materialer og produkter. Plesser fremhever at det er fordelaktig med materialer av god bestandighet, og som en enkelt kan vurdere resterende levetid for. Curtis og Plesser mener at det ikke er verdt å satse på materialer som har for kort restlevetid.

Om en tenker i et større perspektiv, vil hva som er hensiktsmessig å ombruke kunne henge sammen med hvilke materialer og produkter som det er mulig å få til effektive og mer industrialiserte løsninger for litt frem i tid. Som beskrevet i kapittelet om dagens ombrukspraksis, er dagens ombruksmarked og – praksis lite fastsatt og i stadig endring. Sintef er blant annet kun i startfasen med sitt forskningsprosjekt REBUS, som skal undersøke hvilke materialer en kan klare å skape mer industrialiserte løsninger for ved testing, re-dokumentasjon etc. Plesser hevder at det må en hel infrastruktur på plass for å få til ombruk i større skala, spesielt dersom ombruksmaterialene skal brukes i funksjoner som virker inn på bygningstekniske egenskaper. Hva som er hensiktsmessig i dag kan dermed være noe helt annet i fremtiden dersom prosesser blir mer satt i system.

Videre vil bærekraftbegrepet være sentralt i bedømmelse av hva som er hensiktsmessig å satse på. Som beskrevet i teorien, handler ikke bærekraft kun om miljøpåvirkning, men også om økonomiske og sosiale aspekter (FN-sambandet, 2019). Graff-Kallevåg påpeker at det er vanskelig å få til noe utover pilotprosjekter så lenge ikke det henger sammen med bærekraftbegrepet også økonomisk.

Slik ombruksmarkedet er i dag, er det ikke gitt at ombruk er lønnsom praksis og hensiktsmessig for å nå prosjektets suksesskriterier; det er tidkrevende, usikkerhetsdrivende og i verste fall fordyrende (Kilvær *et al.*, 2020; Asplan Viak, 2018, Sunde *et al.*, 2020). Ibeholt *et al.* (2020) hevder at ombruk er lite lønnsomt for utbygger. Teorien har vist at det foreløpig er mangel på økonomiske insentiver for aktører å satse på ombruk (Asplan Viak, 2018, Selvig *et al.*, 2020; Ibeholt *et al.*, 2020). Fra intervjuene kommer det fram at kostnader er ledende for mange valg i bransjen, og Lindseth og Pettersen har opplevd i noen tilfeller at interessen for ombruk faller vekk etter hvert som kostnadsbildet blir tydeligere. Samfunnsøkonomisk Analyse og Nibio sin studie viser at en satsning på ombruk i skrivende stund heller ikke nødvendigvis er hensiktsmessig, sammenlignet med en satsning på avfallsminimering i et samfunnsøkonomisk perspektiv (Ibeholt *et al.*, 2020). Det påpekes likevel at dette kan endre seg

dersom økonomiske rammebetingelser forandres, og etter hvert som bransjen opparbeider seg flere erfaringer med hva som fungerer.

Hva som er hensiktsmessig, er også avhengig av hvilke alternativer som finnes for ressurshåndtering av de ulike materialene. Selv om ombruk er høyt oppe i avfallspyramiden og det er ønskelig å opprettholde materialenes verdi så lenge som mulig, kan det tenkes at det i enkelte tilfeller for eksempel er mer hensiktsmessig å gjenvinne byggevarene. I dag finnes det mange effektive og godt utprøvde løsninger for gjenvinning, som er langt mer industrialiserte og effektiviserte enn hva ombruk representerer i dag. Dette fremhever også Graff-Kallevåg. Det gir mulighet for å produsere produkter av høyere kvalitet eller dra nytte av energien til andre formål, slik som ved brenning av tre (St.meld.nr. 45 (2016-2017)). Ombrukbarheten er, som vist i teorien, blant annet avhengig av hvorvidt materialene inneholder miljøskadelige stoffer, hvilken kvalitet materialene har og hvilken stand de befinner seg i. Dersom byggevarene er av lav kvalitet, er vanskelig å demontere eller har skader, kan det være like effektivt med materialgjenvinning. Eksempler her kan være gipsplater, isolasjon og stålelementer utsatt for utmatting (Kilvær *et al.*, 2019).

Som tidligere trukket fram, kan det tenkes at både hva som regnes som mulig og hensiktsmessig ombruk vil kunne endre seg i årene som kommer. I kapittel 2.7 er en rekke forutsetninger for en oppskalering av ombruksmarkedet, med mulige insentiver for økt ombruk trukket frem. Det er klart at alle slike forhold vil spille en viktig rolle i hva som er mulig og hensiktsmessig. For eksempel så har blant annet EU satt i gang et arbeid hvor de vurderer å gjøre endringer i DOK, noe som kan tenkes å gjøre det enklere å lovlig bruke om byggevarer hvor det for eksempel er manglende dokumentasjon. Med EUs satsning på sirkulær økonomi, og Norges forpliktelser til EU, kan det også tenkes at økonomiske rammevilkår for ombruk kan endres (DiBK, 2017). Flere eksempler på endringer som vil kunne påvirke ombruksmarkedet er diskutert i delkapittel 6.3.

### **6.2.2 Hvilke materialer er verdt å satse på i dagens marked?**

Diskusjonen av hva som mulig og hensiktsmessig ombruk indikerer at det ikke er entydig hvilke materialer og produkter det er verdt å satse på for ombruk. Det må spesielt vurderes etter praktisk gjennomførbarhet, miljøeffekt og økonomiske effekter. Kilvær *et al.* (2019) trekker spesielt frem seks kategorier i sin rapport "*Forsvarlig ombruk*", som anses til å være særlig egnet i dagens marked. Det gjelder lastbærende stål, hulldekker i betong, tegl, vinduer/glass, trevirke og materialer uten dokumentasjonskrav. Samtlige av disse kategoriene er testet ved ombruk i KA13, men kun utvalgte er analysert. Leland (2008) nevner også tekniske installasjoner, slik som ventilasjonskanaler etc., som en god mulighet. I KA13 er kjølebaflene et eksempel på at dette er testet ut. Hvilke produkter kan se ut til å henge sammen med bærekraftbegrepet og kan egne seg for ombruk i større skala?

Stål og betong er eksempler på tunge materialer, som det er vist å være store volumer av i avfallsstatistikken, er energikrevende å produsere og som har lang levetid. I henhold til FutureBuilt sine kriterier for sirkulære bygg, som opererer med krav til prosentandeler av vekt med ombrukte eller ombrukbare materialer i prosjekter, vil også disse materialene være svært gunstige for prosjekter å ombruke (FutureBuilt, 2019). Begge materialer trekkes frem i intervjuer som forslag til materialer å satse på. Ifølge Lindseth er bærende stål godt egnet for demontering, til tross for at koblinger ikke nødvendigvis er designet for demontering. Ifølge Kilvær *et al.* (2019), er det også mulig å få til ekstern ombruk av stål med dagens regelverk. På en annen side ser det ut til at ombruk av stålet i KA13, medfører økte kostnader. Dette innebærer relativt store summer i prosjekt, men likevel kan argumenteres for at er forsvarbart med tanke på miljøaspektet.

Når det gjelder hulldekker i betong, er KA13 et eksempel på at det går an å få til ombruk. Uten sikre tall på hvordan kostnadsbildet ser ut til her, er det for tidlig å ta standpunkt i hvorvidt det er verdt å satse på. Lindseth trekker likevel frem at han ikke tror det vil være et realistisk alternativ på grunn av kostnadene og kompliserende demontering. På en annen side er alternativløsningen gjerne en type nedsirkulering, hvor betong knuses og brukes i fyllmasser. Da reduseres ressursens verdi betraktelig i forhold til hva som er mulig ved ombruk. Han og Pettersen har stor tro på å la bæresystemet av eksisterende bygg i betong stå, og håper at et jekke-system som skaper mer avstand mellom etasjedekkene vil kunne gi god effekt.

Av lettere materialer med lang levetid, kan himlingsplatene brukt som akustisk isolasjon i KA13 trekkes frem som et godt eksempel på kreativ bruk. Løsningen ga reduserte klimagassutslipp, men førte, ifølge bacheloravhandlingen til Oslo Met-studentgruppen som gjorde økonomiske vurderinger i prosjekter, til en økning på 68% i kostnader. Lindseth og Pettersen hevder at himlingsplater og ventilasjonskanaler er eksempler på produkter som ikke lønner seg for ombruk, fordi det er så billig å kjøpe nytt. Sørnes *et al.* (2014) mener på en annen side at brukte ventilasjonskanaler av stål har vist seg å være svært gunstig økonomisk i tidligere prosjekter. Når det gjelder alternativproduktet for himlingsplatene i KA13, mineralull, eksisterer det per dags dato ingen god løsning for avfallshåndtering av isolasjon, som vil medføre at mengdene måtte ha blitt sendt på deponi som ikke muliggjør videre ressursutnyttelse. I en slik situasjon blir det aktuelt å åpne spørsmålet om hva som skal veie tyngst.

Glass, i for eksempel vinduer, er energikrevende å produsere, og kan potensielt gi gode besparelser (Kilvær *et al.*, 2019). Som sett i analysen av KA13, kan utskiftningsbehov og innvirkning på byggets energieffektivitet, redusere miljøeffektene i forbindelse med ombruk av vinduer. Ifølge Kilvær *et al.* (2019) har det tidligere vært få eksempler på ombruk av vinduer i ytterkonstruksjon uten relativt omfattende bearbeidelse, som sannsynligvis kommer av nettopp denne innvirkningen på varmetapet i bygget. Som vist i teorien, har kravene til energieffektivitet i bygg blitt stadig strengere. Jo eldre vinduene

er, desto større er sannsynligheten for at U-verdien er lav sammenlignet med nye produkter. Vinduer er på en annen side eksempler på produkter som enkelt lar seg demontere, og det er store økonomiske gevinster ved ombruk. Her vil diskusjonen på hvorvidt det er verdt å satse på, involvere om ombruksproduktene kan regnes som fullgode alternativer til nye.

Teknisk utstyr, slik som kjølebaflene brukt i KA13, kan også være en god mulighet. I KA13 har kjølebaflene gitt både gode klimagassbesparelser og økonomiske besparelser. Lindseth påpeker derimot at utviklingen teknisk utstyr, spesielt ventilasjonsanlegg, går så fort at det ofte er større besparelser fra energibruk ved å kjøpe nytt. Dette medfører at den funksjonelle levetiden gjerne når tidligere enn forventet teknisk levetid, som samsvarer med Figur 2.15, som hevder at teknisk utstyr som regel når funksjonell levetid først. Som tidligere diskutert, er en viktig forutsetning som må ligge til grunn for at det skal lønne seg med ombruk, at produktene har en akseptabel levetid. Dersom funksjonell levetid ikke er tilstrekkelig, hjelper det ikke om den tekniske er det. Det vil i så fall kunne bety at ombruksproduktenes kvalitet over tid er lavere enn nye produkter, og om det er tilfellet, vil det være verdt det?

Videre trekkes produkter uten dokumentasjonskrav frem som en kategori lavhengende frukt for ombruk både i intervjuer og i teorien (Kilvær *et al.*, 2019; Asplan Viak, 2018). Dokumentasjonskravene unngås dersom produktene ikke virker inn på byggets tekniske kvaliteter, da produktene ikke da regnes som byggevarer. Det forenkler prosessene betraktelig, da en unngår mulig testing og re-dokumentasjon. Inventar og innredninger, slik som teppefliser, fliser, møbler og modulvegger (uten spesielle lydkrav), og landskapsarkitektoniske steiner og overflater kan trekkes frem som eksempler her (Kilvær *et al.*, 2019). Bratberg mener det er store verdier som ligger i disse segmentene. Curtis forteller at denne type ombruk har vært hovedfokuset i Greenstock sin kartlegging hittil. Her åpner muligheten for kreativ “utenfor boksen”-tenking, slik Wærner fremmer. Estetikk og kvalitet av produktene vil derimot spille inn på hvilke produkter som er verdt å satse på.

For å få et varig fotfeste i næringen, er det vist at ombruksmaterialer må være konkurransedyktige på flere områder. For dagens praksis kan slutningen være at det er mest hensiktsmessig å satse på enkelte, større materialgrupper med potensiale for å skape industrialiserte prosesser. Eksempler på dette kan være stål, materialer uten dokumentasjonskrav og tegl. Sistnevnte, som har vist at gir miljøbesparelser og godt egnet i flere tidligere prosjekter (Pettersen, 2005; Thormark, 2000). På en annen side er det nå det haster med å redusere ressursforbruket og klimagassutslippene (Bakshi, 2019; UNEP, 2019). Det åpner argumentet for at enkelte materialer bør prioriteres til tross for at det ikke per dags dato er lønnsomt, men som kan tenkes å endre seg i fremtiden. Dette kan for eksempel gjelde ombruk av hulldekker i betong. Samtidig må det vurderes opp mot løsninger for materialgjenvinning. For eksempel

bør det vurderes om det i noen tilfeller er mer hensiktsmessig med materialgjenvinningsløsninger for betong fremfor ombruk.

### **6.3 Hvor store mengder med ombrukbare materialer vil være tilgjengelig i de kommende årene?**

Tilstrekkelige mengder av ulike ombruksmaterialer vil være en nødvendighet for at ombruksmarkedet skal kunne fungere i en industriell skala og for at det skal være verdt å satse på de ulike produktene og materialene (Kilvær *et al.*, 2019). Mengdene vil blant annet kunne påvirke hvor forutsigbart ombruksmarkedet vil være, samt hvorvidt det er mulig å sette prosesser i system slik at det også vil kunne bli mer lønnsomt. Dette trekkes blant annet frem av Plesser i forbindelse med testing, re-dokumentasjon og bestemmelse av levetid for ombruksprodukter. Det nevnes også i flere aktuelle rapporter, men ser ikke ut til å ha vært et stort fokus ved tidligere studier (Kilvær *et al.*, 2019; Asplan Viak, 2018).

Spørsmålet er i hvilken grad det er mulig å anslå hvor store mengder ombrukbare materialer som vil kunne tilgjengeliggjøres fra den eksisterende bebyggelsen i årene som kommer og hva som regnes som tilstrekkelige mengder for at en oppskalering av ombruksmarkedet er verdt å satse på. Intervjuene har vist at dette er informasjon som foreløpig ikke er tilgjengelig. Bjørberg og Kilvær trekker frem at de gjerne skulle ha hatt mer informasjon om mengder ombrukbare materialer med fremtidig utvikling i rive- og rehabiliteringsaktivitet.

#### **6.3.1 Hvordan anslå mengder ombrukbare materialer?**

Teorien har vist at det finnes lite utfyllende informasjon om bygningsmassens tilstand, oppgraderingsbehov og materialinnhold, spesielt tilfelle for næringsbygg. Dette fremkommer også av intervjuene, hvor flere etterspør slik informasjon. Mange vet heller ikke hvilke ressurser de besitter (RIF, 2019). Fra intervjuene med representanter fra Statsbygg og Obos fremkommer det at byggherrene har påbegynt kartleggingsarbeid tilknyttet tilstanden i sine bygningsporteføljer, men at arbeidet foreløpig ikke er ferdigstilt. Bygningsmassen er sammensatt, og det er derfor utfordrende å gjøre generelle anslag på hvor store deler av byggene som kan egne seg for ombruk og når byggevarene vil kunne tilgjengeliggjøres for ombruksmarkedet. Det er vist at det er utført utvalgte studier av materialstrømmer fra boligbygg, men at det er en mangel på tilsvarende studier for næringsbygg. Dermed er det foreløpig lite grunnlag for å kunne ta utgangspunkt i eksisterende bygg for å anslå ombrukbare mengder, spesielt for næringsbygg.

En annen mulighet for å anslå mengder ombrukbare materialer og produkter, er å ta utgangspunkt i avfallsstatistikk fra rive- og rehabiliteringsaktivitet, slik som det er valgt å gjøre i denne studien. Dette

byr likevel også på en del utfordringer, blant annet med tanke på at avfallsfraksjonene er definert bredt og ikke lagt til rette for å synliggjøre produkter og hvor mengdene kommer fra i byggene (Rose og Stegemann, 2018). Det kan altså være vanskelig å vite hva de ulike avfallsfraksjonene inkluderer i et ombruksperspektiv (Rønning, Engelsen og Brekke, 2016). Eksempelvis er det ikke mulig å anslå mengder med kjølebafler som er å finne i avfallsstatistikken. Videre trekkes det frem i teorien at det er en del usikkerhet rundt totale offisielle avfallsmengder, da blant annet ikke alle tiltak er lovpålagt innrapportering.

### **6.3.2 Hva er tilstrekkelige mengder for at ombruksmarkedet skal kunne skaleres opp?**

Fra intervjuene fremkommer det at de fleste intervjuobjektene tror at det vil være tilstrekkelige mengder byggevarer i omløp til at ombruksmarkedet skal kunne skaleres opp. Nævdahl og Fylling trekker frem at selv om det er relativt få rivetilfeller per år, så bidrar også totalrehabilitering med store mengder materialer. Det er kjent at det genereres enorme mengder avfall hvert år, men lite oppmerksomhet i litteraturen har blitt rettet mot hvor store deler av dette som kan regnes som ombrukbart.

Det finnes ikke noe entydig svar på hvor store mengder ombrukbare materialer som må til for at ombruksmarkedet skal kunne skaleres opp eller bli mer industrielt (Moum *et al.*, 2017). Plesser understreker at en må ha tilstrekkelige mengder av samme produkter eller materialer for at det skal kunne utvikles gode prosedyrer for testing og re-dokumentasjon. Dette er også koblet mot kostnadsbildet. Hva tilstrekkelig betyr, og hvor stor en “batch” må være for at en skal kunne gå god for andre materialer, sier hun foreløpig er usikkert. Det gjelder altså byggevarer som krever dokumentasjon eller sertifisering i bruk. Også for materialer og produkter dette ikke er aktuelt for, vil det være nødvendig med en viss mengde som tilgjengeliggjøres for at det skal utgjøre et godt alternativ til nye produkter i prosjekter.

Uforutsigbarhet i tilførsel av ombruksmaterialer trekkes frem i intervjuene som en utfordring. Teorien har også synliggjort utfordringene tilknyttet anskaffelse av materialer (Myhre, Widenoja og Kilvær, 2018; Sunde *et al.*, 2020). For at det skal være mulig at ombruk i større grad enn i dag blir “normalen”, eller i det minste representerer et fullgodt alternativ til bruk av nye produkter i det profesjonelle markedet, kreves det større forutsigbarhet i hva som er mulig å få tak i. Graff-Kallevåg mener det kreves for å kunne planlegge prosjektene lenger frem i tid. Her ligger et stort potensial i å etablere en velfungerende markeds plass, både internt i organisasjoner og eksternt, som kan synliggjøre tilbudet og kombinere det med etterspørselssiden. Dette er trukket frem i både teori og intervjuer. Samtidig krever det at det faktisk finnes en viss mengde materialer av samme type og i god nok kvalitet til å fylle behovene i byggeprosjekter.

Hvor stort ombruksmarkedet skal være for at det ikke lenger skal karakteriseres som et lite utviklet “nisje”-marked er heller ikke entydig å svare på. Er det tilstrekkelig at et utvalg prosjekter per år



ombruker materialer i stor skala, eller betyr det at et ti-talls prosjekter inkluderer noen ombruksmaterialer i sine prosjekter? Det er ikke målet at ombruksmaterialer skal kunne erstatte alle nye materialer, men at det kan redusere behovet for nye materialer, og at det skal være verdt det å gå opp løypene og løse utfordringene en møter i dag for utvalgte materialer.

### **6.3.3 Diskusjon av resultater fra analysen av avfallsstatistikk**

Det er forsøkt å anslå mengder ombrukbare materialer ved analyse av avfallsstatistikken til Oslo Kommune, basert på rive- og rehabiliteringstiltak på næringsbygg. Resultatene tilsier at mengdene med ombrukbare materialer i de analyserte avfallsfraksjonene kan forsyne en rekke prosjekter med ombruksprodukter på årlig basis. Spørsmålet er hvor troverdige disse resultatene er, og i hvilken grad de kan brukes til å si noe om hvilket potensial som finnes for ombruksmarkedet.

En sentral del av resultatet ved analysen er de store utfordringene i å anslå troverdige mengder, samt mangelen på nødvendig informasjon. Det er oppdaget en del feil og mangler i statistikken, som reduserer troverdigheten til datagrunnlaget. Det kan settes spørsmålstegn ved hvor pålitelige studier det er mulig å gjøre med utgangspunkt i dataen. Dermed kan det det være en utfordring å anslå reelle mengder ombrukbare materialer. Presis statistikk er tydelig et problem, og NHP-nettverket har blant annet nylig uttrykt i et brev til DiBK, SSB og Miljødirektoratet at det er et ønske å digitalisere avfallsplanene (NHP-nettverket, 2020). Det vil forhåpentligvis kunne redusere feil i datagrunnlaget.

Videre er det også utfordringer knyttet til å anslå ombrukbare mengder på bakgrunn av kun utvalgte forutsetninger om byggeskikker og typiske materialvalg fra ulike perioder. For det første vil det kun beskrive et lite utvalg av alt som er bygget. Noen løsninger holder seg godt gjennom årene, mens andre løsninger gjerne endrer seg på grunn av arkitektoniske endringer eller byggeskikker. Bygningsmassen er, som beskrevet i teorien, sammensatt og det er begrenset med samlet informasjon om hva byggene inneholder. Spesielt gjelder dette næringsbygg, som er valgt å analysere i denne studien. Eksempelvis er det vurdert at betong i elementbyggeri, som ble mer vanlig fra rundt 1970/80-tallet, har et større potensiale for ombruk enn tidligere år. Det er samtidig en tidsepoke Graff-Kallevåg mener ikke er egnet fordi det er andre krav til spennvidder og bæreevne. På en annen side er hulldekkene fra Regjeringskvartalet, et bygg 1980-tallet, mulig for ombruk nettopp siden spennviddene i bygget tillot å kutte ut passende lengder til bruk i KA13. Det viser dermed at det er avhengig av bruken for om bygg kan være egnet, men også at å generalisere ombrukbarhet med utgangspunkt i ulike tidsperioder ikke alltid stemmer.

For det andre er det problematisk å anta at alle produkter som finnes i byggene ved riving, ombygging eller vedlikehold, og følgelig da også avfallet som leveres til avfallsbehandling, er fra byggenes byggeår. I realiteten har gjerne eldre bygg som rives gjennomgått én eller flere runder med rehabilitering før de rives. Dermed vil sannsynligvis mange av materialene være nyere. For lastbærende komponenter er

sannsynligheten for at det er en rimelig antakelse større. Analysen har i stor grad basert seg på avfallsfraksjoner som omfatter lastbærende komponenter, men det er vanskelig å si hvor stor andel av avfallsfraksjonene som inneholder de aktuelle produktene. Hvor store mengder av betongen som er prefabrikkert eller plasstøpt er for eksempel ikke mulig å trekke ut. Det samme gjelder for eksempel typer stålprodukter, eller mengder av glass som er brukt som vinduer.

I tillegg er ombrukbarhet, som vist i teorien, ikke svart-hvitt (Nielsen *et al.*, 2014). Det kommer an på bruk og hvilken funksjon produktene skal fylle. I analysen er det kun regnet på teoretiske mengder, uavhengig av bruk. Prosentandelene ombrukbare materialer fra aktuelle tidsperioder er basert på veldig generelle antakelser, og er ment som et tankeeksperiment mer enn konkrete tall. Det er klart at det er flere materialer som kan være aktuelle for ombruk dersom en tenker kreativ bruk, og på en annen side vil det være færre materialer som er aktuelle dersom en tar høyde for juridiske og praktiske utfordringer. Kvaliteten er heller ikke mulig å si noe om.

Ser en bort fra disse utfordringene, har analysen resultert i noen anslåtte mengder. Særlig peker avfallsfraksjonen “betong, tegl og lettklinker” seg ut som en stor andel. Størst mengder er naturlig nok fra rivetiltak, men det er også betydelige mengder i rehabilitering. Dette er tunge materialer som har vist seg å ha et potensiale for ombruk. De resterende avfallsfraksjonene ser også ut til å inneholde relativt store mengder når en sammenligner med mengdene som er brukt i KA13. Det er tydelig at jern og metaller i stor grad kommer fra riveprosjekter, mens glass i hovedsak stammer fra rehabiliterings-, ombyggings- og vedlikeholdsprosjekter.

Resultatene fra analysen har vist at riveaktiviteten har holdt seg relativt stabilt på rundt 21 tilfeller av næringsbygg per år siste 16 årene. Av alle rivetilfeller inkludert i datasettet fra Oslo Kommune, som inkluderer alle bygningstyper også boligbygg, er det gjennomsnittlig 81 rivetilfeller per år de siste fem årene. Ifølge SSB har det gjennomsnittlig de siste ti årene blitt revet 165 bygg som ikke er boliger eller fritidsboliger (SSB, 2020d). Det store avviket kan delvis forklares ved at statistikken fra SSB inneholder flere bygningstyper, og det oppgis at dersom flere tilbygg/påbygg eller ulike deler av bygg rives, så vil det telles som ulike tiltak. Likevel oppleves avvikene påfallende store. Blant annet har det angivelig vært 14,7 rivetiltak på skoler-, høyskoler og universitetsbygninger per år de siste fem i Oslo. Dette er et svært høyt antall, som trolig gjenspeiler at mindre tiltak på deler av bygg regnes separat. Til sammenligning er tallet på 3,6 i Oslo kommunes datasett. SSB sin statistikk sier ingenting om avfallsmengder eller størrelse på tiltakene. Hvilke tall som er mest riktige å bruke vil ikke konkluderes med her, men det er tydelig en del usikkerhet tilknyttet de ulike datagrunnlagene. Dersom SSB sin statistikk skulle vist seg å være mer riktig, vil dette tale i enda større grad for at det finnes tilstrekkelige mengder med ombrukbare materialer for en oppskalering av ombruksmarkedet.

Det er kun mengder fra næringsbygg i Oslo fra Oslo kommunes datagrunnlag som er anslått. Det er vist i analysen at det er omtrentlig like mange tiltak av riving, rehabilitering og ombygging av boliger i Oslo.

Dermed er mengdene som tilgjengeliggjøres fra bygningsmassen langt større i virkeligheten. Caseprosjektet er eksempel på at det gjerne også kan brukes ombrukte materialer fra andre deler av landet, slik som Trondheim, selv om analysen har vist at kortere transportavstander vil gi størst miljøbesparelser. Dette gjelder spesielt tyngre materialer. Tiltak fra andre deler av landet vil ytterligere også kunne bidra med mengder ombrukbare materialer.

#### **6.3.4 Fremtidige mengder**

Det er tydelig utfordrende å si noe om hvor store mengder ombrukbare materialer som finnes i avfallsstatistikken i dag, og teorien har også vist at det ikke er rett frem å si noe om fremtidig utvikling av næringsbygg. Likevel er det noen trender som kan gi et bilde av mulig utvikling.

Teorien har samtidig vist at det i dag er et stort fokus på å bevare bygg fremfor å rive, og Curtis og Lindseth mener at det trolig vil kunne bli vanskeligere å få rive bygg i årene som kommer (Nordby og Wærner, 2017; Grønn Byggallianse, 2019). Dette vil også kunne påvirkes av EUs og Norges satsning på sirkulær økonomi (Boye, 2019; Europakommisjonen, 2015; Statsministerens kontor, 2019). Dermed er det naturlig å tro at det vil tilgjengeliggjøres tilsvarende eller mindre mengder med materialer fra byggenes bæresystem i årene som kommer. Dette gjelder i stor grad betong og stål, da det er næringsbygg som er analysert. Graff-Kallevåg peker på en «riveskam» som brer seg blant eiendomsbesittere i dag.

På en annen side mener Graff-Kallevåg at store deler av Oslo allerede er bygget ut, og at en i mange tilfeller vil måtte ta noe ned for å kunne føre opp nye bygg. Dermed vil det være et behov for å rive bygg dersom nye skal få plass. Oslo Kommune forventer en videre vekst i næringslivet, og trolig vil behovet for næringslokaler ville være økende, støttet med en forventet befolkningsvekst (Barlindhaug og Johansen, 2010; Byrådsavdeling for finans 2019). Bjørberg tror likevel at nybyggfaktoren kommer til å synke, fordi befolkningsveksten har vært lavere enn det SSB prognostiserte noen år tilbake i tid. Det oppleves også en kontorledighet, er kontorbygg står tomme, i Oslo, gjerne som følge av nybygging (Jacobsen, 2020; Flaa og Bjørnstad, 2019). Spørsmålet er da om en mer effektiv bruk av byggene som allerede står vil kunne redusere behovet for nye bygg.

Nødvendige tilpasninger i eksisterende næringsbebyggelse vil, som følge av at det er ønskelig å bevare fremfor å rive, kunne føre til økt rehabiliteringsaktivitet. Bjørberg trekker frem utvikling av kontorlandskap fremfor cellekontor som et eksempel. Rehabiliteringsraten har også, ifølge analysen, vært stigende de siste 16 årene. Det er angivelig et stort etterslep på rehabilitering av kommunale- og fylkeskommunale bygg, og Bohne og Wærner (2014) anslår også at 2/3 av bygningsmassen er fra etter 60-tallet. Med dette som utgangspunkt er det dermed grunn til å tro at en kan forventet økt rehabiliteringsarbeid de kommende årene, spesielt basert på at det ifølge SINTEF Byggforsk (2015) som regel er behov for inngrep i bygg etter rundt 30 år. Analysen har vist at det ikke er noen tydelig trend i

alderen på hva som rives og rehabiliteres, utover at det ser ut til å være et økende antall tilfeller per år fra yngre årgang. Ut fra analysen er det dermed vanskelig å anslå noen trendlinje i årene som kommer, annet enn at flere bygg fra nyere tid vil berøres. Om utviklingen gjelder tiden fremover, neste tiårene eller enda lenger frem i tid er også vanskelig å si noe spesifikt om.

Det finnes mange årsaker til at bygg må rives eller gjennomgå omfattende ombygginger. Ifølge Kohler og Hassler (2002) samsvarer ofte årsaken ikke med teknisk levetid. Bohne og Wærner (2014) fremhever at det som regel skjer når bygg når sine funksjonelle levetider, som støttes av Stalberg. Spesielt lave etasjehøyder, som både Lindseth, Wærner og Laake trekker frem, gjør det utfordrende å tilfredsstille forskriftskrav om ventilasjonsmengder i næringsbygg. Av den grunn ser Lindseth og Pettersen på muligheter for oppjekking av etasjer i betongbygg. Gjennomsnittlig levetid for byggene fra datasettet er rundt 60 år, som i stor grad stemmer med teorien (Gorgolewski, 2009). Samtidig er flere av prosjektene som caseprosjektet har hentet ombruksvarer fra, eksempler på bygg som rives etter kortere tid. Regjeringskvartalet, fra 1980, er et veldig spesielt eksempel, men Refstad skole ble for eksempel oppført i 2005. Dronning Eufemias gate 8 (DEG8) rehabiliteres også nå, kun 12 år etter oppføring, for å øke tilpasningsdyktigheten ved etablering av kontorlandskap fremfor cellekontor og for å få ned energibruken (Aga, 2019).

Det er vist i analysen at det gjerne er forskjellige materialer som tilgjengeliggjøres ved henholdsvis riving og rehabilitering. Det er verdt å spørre seg hvor store mengder materialer av ulike typer som vil kunne ombrukes om riveraten i fremtiden blir synkende, og rehabiliteringsraten økende. Det er tidligere diskutert at tyngre materialgrupper, med lang levetid og høy miljøpåvirkning fra produksjon kan egne seg godt. Dersom riveraten går ned, vil slike produkter fra byggenes bæresystemer sjeldnere tilgjengeliggjøres. Om en i fremtiden også klarer å jekke opp etasjehøyden på byggene der funksjonell levetid er nådd på grunn av lav etasjehøyde, er det da verdt å satse på ombruk av betong for fremtiden? På en annen side, ytrer Bjørberg at det alltid vil rives noe. Bergsdal *et al.* (2007) anslår også en økning i avfallskategoriene betong, gips og glass.

Av de satte kriteriene brukt i analysen, er det kun tegl av de utvalgte materialkategoriene, som er antatt mer ombrukbar lenger tilbake i tid. Her grunnet mørteltypen som brukes. Resten av materialene kan, med unntak, være mer ombrukbare jo nyere de er. Dermed er det sannsynlig at mengden ombrukbare materialer vil kunne øke lenger frem i tid når tiltak gjennomføres på nyere bygg. På den andre siden er det uttrykt at store deler av bygningsmassen som står i dag ikke er designet med tanke på demontering, og det kan dermed være utfordrende å ombruke materialene til tross for at de er sortert ut og synliggjort i avfallsstatistikken (Leland, 2008).

Teorien har vist at innhold av helse- og miljøskadelige stoffer setter en stopper for ombruk (Asplan Viak, 2018). Wærner er i denne forbindelse inne på at det kanskje er mulig å tolke lovverket på en annen måte, slik at flere gjenstander kan ombrukes. Han mener at det er riktig at alle helse- og miljøskadelige

stoffer skal ut av kretsløpet når det er snakk om gjenvinning. Han argumenterer samtidig for at han ikke ser noe i veien med å ombruke produkter som allerede er produsert og er lovlig og trygge i bruk, til tross for innhold av slike stoffer. Videre vil økt bevissthet og strengere krav til innhold av helse- og miljøskadelige kunne medføre at flere materialer vil kunne ombrukes i fremtiden. Utviklingen ser derimot ut til å gå motsatt vei. Det kan blant annet forklares med at økt kunnskap om miljøfarlige stoffer gjør at flere typer avfall klassifiseres som farlig, og det dukker stadig opp nye stoffer som må unngås i kandidatlisten (Gaustad *et al.*, 2018; Hambra og Hjellnes Consult, 2013). Den nylige økningen i øvre grense for innhold av krom 6 i betong, kan på den andre siden føre til økt mengde ombrukbar betong (Strand, 2020).

I teorien er utforming av bygg ved prosjektering for demontering og ombruk, samt tilpasningsdyktighet, fremhevet som tiltak som vil kunne muliggjøre ombruk i større grad i fremtiden (Melton 2020; Jensen *et al.*, 2019). Ifølge Wærner er dette noe bransjen enda ikke har gjort noen ordentlige forsøk på. Han trekker frem at han tror at løsninger som ikke muliggjør videre bruk og demontering, slik som mye bruk av plastøst betong, i stor utstrekning vil bli forbudt i fremtiden. Bratsberg og Graff-Kallevåg innrømmer også at prosjektering for demontering og ombruk ikke har vært gjennomført i praksis i noen stor utstrekning hittil, men de antar det vil bli en større satsning på dette fremover. Eksempelvis skal både KA13 og det nye Regjeringskvartalet være bedre tilrettelagt med tanke på demontering. Økt tilpasningsdyktighet, spesielt generalitet, vil kunne redusere behovet i fremtiden for å rive bygg på grunn av lave etasjehøyder. Bjørberg og Kallevåg understreker viktigheten av at bygg skal kunne leve med funksjonsendring over tid.

#### **6.4 Hvilken utvikling er det sannsynlig at ombruksmarkedet vil ha i årene som kommer?**

Hvilken utvikling ombruksmarkedet vil ha i årene som kommer er, på bakgrunn av studien, utfordrende å si noe sikkert om. Ombruksmarkedet er, som vist i teorien, lite etablert og i stadig utvikling. Det er en rekke forutsetninger som må ligge til grunn, og barrierer som må overkommes, for at en oppskalering av markedet skal være mulig (Asplan Viak, 2018; Kilvær *et al.*, 2019). Hvordan og når en eventuelt vil overkomme disse er fremdeles usikkert å si. Ut fra teorien og inntrykk fra samtlige intervjuobjekter, oppleves det riktignok stor interesse omkring ombruk i bransjen. Er det mulig å bruke dette momentet til å få til endringer?

Det er delte meninger blant intervjuobjektene om ombruksmarkedets fremtidsutsikter. I dag er det meste av ombruk i det profesjonelle markedet forbeholdt utvalgte pilotprosjekter (Asplan Viak, 2018). Dette mener Graff-Kallevåg også kommer til å være praksisen frem til ombruk er mer rasjonelt også økonomisk. Wærner, Plesser og Laake har tro på at det vil etableres mer industrielle løsninger, men kun for noen få, utvalgte produkter. Wærner tror videre at ombruk av andre materialer vil være forbeholdt

det private markedet, som han mener har stort potensiale for en oppskalering. Bjørberg tror bevisstheten rundt klimautfordringene, samt regjeringens forpliktelse til Parisavtalen vil drive fram utviklingen av markedet.

En viktig forutsetning som antas å ha en stor betydning for utviklingen av ombruksmarkedet er hvordan en skal forholde seg til lovverket i fremtiden. DiBK (u.å.) fremhever at det foregår arbeid innad i EU om hvordan DOK kan forenes med en ombrukspraksis. Apelseth trekker frem at dette kan ta lang tid å få på plass. Kilvær har tro på at erfaringene som gjøres i bransjen nå, som blant annet i pilotprosjekter som KA13, vil kunne bidra til å finne aksepterte løsninger og praksis for utvalgte byggevarer før den tid. Curtis tror at DiBK kommer til å slå hardt ned på ulovlig aktivitet, og fremhever på sin side viktigheten å bruke god nok tid til å få på plass trygge løsninger.

Flere aspekter ved utviklingen av ombruksmarkedet preget av en «høna og egget»-situasjon, slik Sunde *et al.* (2018) trekker frem. Det gjør det vanskelig å sikre behov og etterspørsel. Byggherrer tør ikke å bestille noe som kan være usikkert, samtidig som leverandører ikke vil stille med ombruksvarer dersom det ikke er en tydelig etterspørsel. Representantene fra Statsbygg og Obos er inne på at de store byggherrene må sikre etterspørselen ved bestillingsmakt, og på den måten kan det være at andre aktører i markedet tilpasser seg. Sunde *et al.* (2020) mener at dette er helt sentralt for å få i gang markedet. Asplan Viak (2018) trekker frem samarbeid mellom aktører som sentralt for en oppskalering av markedet. Samarbeid kan bidra til å finne trygge og gode løsninger på utfordringene og samtidig redusere risikoen for aktører om ønsker å bidra til en utvikling av markedet.

Det er i skrivende stund flere aktører som er i gang med arbeidet om å etablere en velfungerende markeds plass for ombruk. Det kan bidra til å synliggjøre mengder av ulike produkter og gjøre det lettere for prosjekter å planlegge med ombruk i sine prosjekter. Det vil sikre forutsigbarheten i tilbudet, og samtidig gjøre det enklere for etterspørselssiden å velge ombruk. En markeds plass er dog ikke en enkeltstående løsning som vil føre til en utvikling av markedet, og det kreves også mer informasjon om eksisterende byggevarer. Curtis fremmer viktigheten av å få på plass tilstrekkelig informasjon til å kunne ta et kvalifisert valg rundt når det kan passe seg å velge ombruksprodukter i prosjekter. Materialpass trekkes frem av Graff-Kallevåg som sentralt. Pablo van den Bosch fra Madaster ytret i et frokostmøte i regi av Circular Norway at «hvis ikke vi vet hva det er så kaster vi det» (Thorendal, 2019).

Videre vil en endring i holdninger knyttet til ombruk i samfunnet kunne ha en betydelig påvirkning på utviklingen. Det er trukket frem av Graff-Kallevåg at man i dag er vant med å omgi seg med ting som er nytt, og at nye og rehabiliterte bygg ikke skal bære preg av at man har samlet det man har for hånden. Lindseth mener at brukere ikke er villige til å betale store summer for noe som er flere år gammelt. Dette dreier seg om hvilke holdninger og forventninger en har til produkter og det en omgir seg med. I en slik tankegang kan det tenkes at det er kan være enklere å få til ombruk av produkter som ikke er synlige i bygget, slik som bæresystemer og himlingsplatene i KA13 som er benyttet over himlingen. Samtidig er

caseprosjektet et godt eksempel på at ombruk også kan medføre en type identitet eller arkitektonisk stil, som kan være ønsket og intensjonen. Curtis fremhever at sirkulær økonomi er blitt en trend, og at flere kaster seg på den grønne bølgen. Det kan tenkes at økt bevissthet rundt miljøutfordringer og behovet for en bærekraftig utvikling kan endre forventningene og medføre et større ønske om bærekraftige løsninger og ombruk blant brukere. Dette kan potensielt gi økt påskudd for å implementere ombruk dersom det er etterspørsel i markedet, fra både byggherrer og brukere.

Ytterligere, fremhever Graff-Kallevåg mulighetene som vil kunne skapes ved å tenke helt nytt rundt eierforhold og bruken av byggevarer i bygg. Han mener at økt produsentansvar og leasingavtaler for produkter vil skape økte insentiver for produsenter å produsere sine produkter mer holdbare, og i større grad legge til rette for demontering og ombruk. Da vil behovet og tjenesten produktet utfyller i større grad være i fokus, enn produktet i seg selv. Dette er et sentralt aspekt ved den sirkulære tankegangen (Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, 2016; Boye 2019; Bakshi, 2019). Dersom dette blir mer gjeldende, vil det også kunne være helt andre økonomiske og juridiske, rammebetingelser å forholde seg til. Det kan gi markedet andre dimensjoner enn hva som fokusert på i denne oppgaven.

Som tidligere diskutert, vil ombrukspotensialet i eksisterende bebyggelse se helt annerledes ut når bygg som er designet for demontering og ombruk når sin funksjonelle eller tekniske levetid. Wærner fremhever denne todelte problemstillingen, hvor ombruk av dagens materialer og produkter byr på større utfordringer enn det vil gjøre i fremtiden. Er det da likevel verdt å satse på ombruk i dag, til tross for at det per dags dato er en rekke barrierer som må overkommes? Som teorien har vist, er verdens ressurser under stort press, og vi også må gjøre tiltak som kan bidra til reduserte klimagassutslipp nå og frem mot 2030 dersom det skal være mulig å overholde Parisavtalen. Miljøsystemanalysen har vist at ombruk både kan bidra til store klimagassbesparelser og mer effektiv ressursbruk. Spørsmålet er om en klarer å finne gode og konkurransedyktige løsninger for materialene og produktene som monner på klimagassregnskapet.

## 7 Konklusjon

Verden har nå kun 10 år igjen på å redusere utslippene for å nå målene som er fastsatt i Parisavtalen. Likevel fortsetter klimagassutslippene å stige, verdens ressurser er hardt belastet og det begynner å haste med å endre praksis for å unngå irreversible konsekvenser. Byggenæringen er en stor og viktig næring i møte med en nødvendig omstilling, på bakgrunn av høye utslippstall, ressursforbruk og avfallsgenerering. Det er flere veier å gå for å imøtekomme en bærekraftig praksis, hvorav sirkulær håndtering av ressurser med ombruk har fått stor oppmerksomhet. Det er viktig å finne gode løsninger som kan gi effekter allerede nå frem mot 2030 og videre i fremtiden. Det er foreløpig usikkert hvilken rolle ombruk av byggematerialer vil og kan spille i dette arbeidet.

Studiens problemstilling har vært å undersøke hvilke byggematerialer og -produkter som er hensiktsmessige å ombruke i et bærekraftperspektiv, og hvordan potensialet for en oppskalering av ombruksmarkedet er. Det er gjort med utgangspunkt i en omfattende litteraturstudie, og en miljøsystemanalyse for å anslå miljøeffekten av ombruk for utvalgte byggematerialer i et caseprosjekt. Videre er det gjennomført en rekke intervjuer av ulike bransjerepresentanter for å få innblikk i synspunkter rundt potensialet for en oppskalering av ombruksmarkedet. Med utgangspunkt i et dokumentstudium av avfallsstatistikk fra Oslo Kommune, er det også forsøkt å anslå mengder ombrukbare materialer fra rive- og rehabiliteringsaktiviteter av næringsbygg.

Kombinasjonen av metodene som er benyttet er vurdert til å gi studien god validitet, da store deler av funnene er bekreftet fra flere hold. Problemstillingen er bred og omfattende, og enkelte aspekter er nødvendigvis prioritert for å gå mer i dybden av enn andre. Dette kan blant annet medføre en risiko for at litteratursøket grundigere dekker enkelte elementer fremfor andre, noe som kan ha konsekvenser for hvordan funn i analysen er vurdert. Videre er det verdt å nevne at oppdagede feil i datasettet fra Oslo Kommune har medført at det kunne ha vært mer hensiktsmessig å velge en annen tilnærming til å anslå i mengder ombrukbare byggevarer fra næringsbygg i Oslo. Dette er riktignok også ansett som et funn i seg selv.

### 7.1 Hvilke byggematerialer og produkter er hensiktsmessig å ombruke i et bærekraftperspektiv?

Studien har vist at det ikke er rett fram å si hvilke byggematerialer og -produkter som er hensiktsmessige å ombruke i et bærekraftperspektiv, da det kreves en helhetlig vurdering av mange ulike aspekter. Først og fremst må det være lovlig, trygt og praktisk gjennomførbart å ombruke byggevarer. Deretter må det gjøres en vurdering av hva som er hensiktsmessig avhengig av ambisjonen i prosjektet, hva hensikten med ombruken er og hvilke alternative løsninger for ressurshåndtering som eksisterer. Miljøaspektet ved



bærekraft har vært hovedfokuset i analysen, og resultatene tilsier at ombruk i fleste tilfeller gir gode klimagassbesparelser. Innen sosiale aspekter er det hevdet at sirkulær økonomi og ombruk kan bidra til økt sysselsetting, og en bevarelse av eksisterende bebyggelse og kulturelle verdier. Samtidig har det vist seg at ikke all ombruk med dagens markedssituasjon og rammebetingelser nødvendigvis henger sammen med bærekraftbegrepets økonomiske aspekt. Dette gjør det utfordrende å få til noe mer enn bare pilotprosjekter. Endringer i rammebetingelsene og markedsstrukturen i årene som kommer, vil likevel kunne endre dette bildet.

Handlingsrommet for hva som kan ombrukes begrenses av det juridiske rammeverket. Mulighetene for demontering og transport uten skader setter også begrensninger for hva som er praktisk mulig å få til. Ytterligere, for at det skal være mer verdt å velge ombruk fremfor et nytt produkt, må byggevarer være av en viss kvalitet og kunne oppfylle ønsket funksjon uten å føre til at det er nødvendig med store mengder ekstra materialer, samt inneha tilstrekkelig restlevetid. Det må også være tilstrekkelige mengder å få tak i av tilsvarende materialer for å få satt ombruksprosesser tilknyttet det aktuelle materialet i større grad i system. De store avfallsfraksjonene, som tre, betong og stål, er i dette perspektivet verdt å satse på. Produkter som det ikke stilles spesielle krav til, slik som inventar, gulvoverflater og landskapsarkitektoniske produkter, er langt enklere å ombruke. Her avgjør estetikk og kvalitet i hovedsak hva som er brukelig.

I studien er klimagassbesparelser sammenlignet med et nytt produktalternativ beregnet for noen utvalgte materialkategorier i forbindelse med caseprosjektet Kristian August gate 13. Resultatene av denne analysen er basert på prosjektspesifikke betingelser, men kan bidra som et erfaringsgrunnlag. Følgende materialkategorier analysert: Stål, hulldekker, vinduer, kjølebafler, himlingsplater, fasadeplater. Fra prosessene frem til byggevarer er montert i bygget, gir samtlige av produktene mellom 89% og 98% besparelser sammenlignet med et nytt alternativ. Tilsvarende besparelser vises også til i tidligere studier. Varige ombruksvarer som ikke behøver utskiftning vil dermed i stor utstrekning lønne seg miljømessig, og totale besparelser vil avhenge av hvor energikrevende produksjonen av nye tilsvarende materialer er. Sånn sett er bærende materialer, som stål og betong, eksempler på materialer som kan gi gode effekter.

Restlevetid, scenarioer for utskiftning og valgt analyseperiode har vist seg å ha en relativt stor innvirkning på prosjektresultatet. Dette aspektet er lite utforsket i tidligere studier på temaet, og det er også foreløpig lite kompetanse i bransjen på hvordan restlevetid skal kunne fastsettes. I caseprosjektet er utskiftning innen analyseperiodens 60 år mest aktuelt for vinduene, kjølebaflene og fasadeplatene. Utskiftning til både nye produkter og ytterligere ombruksprodukter er vurdert, og førstnevnte reduserer besparelsene betraktelig for enkelte materialer. Siden ombruksmarkedet er så lite utviklet i dag, er det utfordrende å si hvilke muligheter det vil være for å skifte ut produktene med nye ombruksprodukter flere år frem i tid når ombruksproduktene levetid er nådd. Det er vurdert som høyest sannsynlighet for at dette vil være mulig for kjølebaflene og fasadeplatene.

Videre må ombruken kunne forsvares økonomisk. Byggevarer er i dag relativt rimelige, sammenlignet med arbeidskraft. Dette medfører at ekstra håndtering av ombruksmaterialer er fordyrende. Til tross for at ombruksprodukter ofte kan kjøpes for en rimelig penge, eller kan finnes internt i organisasjonen, er ikke nødvendigvis ombruk økonomisk forsvarlig. Det er ikke gjennomført egne økonomiske beregninger i denne studien, men ombruksstålet og himlingsplatene har vist seg å være fordyrende for caseprosjektet. I tilfellet med ombruksstålet, kan det argumenteres for at de økte kostnadene kan forsvares med store miljøbesparelser. Himlingsplatene har derimot gitt liten samlet miljøeffekt, og vil være mindre hensiktsmessig å satse på, med mindre det kan finnes mer effektive løsninger for håndtering. Kjølebaflene, som er ombrukt internt i prosjektet, og vinduene har gitt både reduserte kostnader og positive miljøbesparelser. Kostnadsbildet rundt fasadeplatene og hulldekkene er foreløpig usikkert.

Samlet sett gir ombruksstålet klart størst miljøeffekt av de analyserte materialkategoriene i prosjektet, og bidrar med en reduksjon på 110 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Her tilsier teorien at det bør være mulig å få på plass gode løsninger slik at både intern og ekstern ombruk er mulig. Bærende stålkomponenter kan dermed anses som hensiktsmessige å satse på for ombruk. Deretter følger kjølebaflene som en god løsning i prosjektet. Vinduene har vist seg å ha en innvirkning på prosjektets energiregnskap, men kommer likevel godt ut av analysen. Restlevetid og U-verdi vil være sentralt for hvorvidt ombruk av vinduer kan beskrives som hensiktsmessig ombruk. Hulldekkene kan ha stort potensiale, avhengig av hvor omfattende håndteringen er, og hvor stort omfang ombruken har. Fasadeløsningen består i stor grad av overskuddsmaterialer, da det har vært utfordrende å oppdrive ombruksprodukter. Her har analysen avdekket at det kreves avklaringer rundt hvordan miljøpåvirkning fra overskuddsmaterialer skal beregnes i prosjekt. Uten å medregne produksjon, gir fasadeløsningen gode klimagassbesparelser.

Et utvalg ombruksprodukter er i denne studien analysert i dybden, men en rekke andre produkter kan også ha stort potensiale. Enkelte er trukket frem i løpet av studien. Tegl, enkelte tekniske installasjoner og trevirke antas blant annet å ha stort potensiale. Her kreves det erfaringer fra gjennomføring for å kunne si noe mer om hva som er hensiktsmessig i et bærekraftperspektiv. Videre er det sentralt at hva som kan regnes som hensiktsmessig må ses i sammenheng med aktuelle gjenvinningsløsninger, samt andre tiltak som kan gi økt ressurseffektivitet og reduserte klimagassutslipp i bransjen.

Dersom en unngår helse- og miljøskadelige stoffer og planlegger for prosjektering for demontering og fleksible løsninger i byggeprosjekter i tiden som kommer, vil langt flere byggevarer kunne være hensiktsmessige å ombruke i fremtiden. Dette vil på en annen side ha effekt først langt frem i tid, og ombruk av enkelte materialer vil kunne representere bærekraftige løsninger allerede nå.

## 7.2 Hvordan er potensialet for oppskalering av ombruksmarkedet?

Dagens ombruksmarked er lite satt i system og i stadig utvikling. I en prosjektbasert bransje med strenge tids- og kostnadsrammer, samt veletablerte og godt utprøvde prosesser, medfører ombruk foreløpig del usikkerheter. Det kreves stadig en avklaring tilknyttet juridiske aspekter og hva som er mulig å få til av lovlig ombruk. Videre er det mangel på informasjon om brukte byggevarer, samt informasjon om hva som skal tilgjengeliggjøre fra rive- og rehabiliteringsaktiviteter frem i tid. Dette skaper uforutsigbarhet i hva som kan være mulig å få tak i. Manglende økonomiske insentiver i kombinasjon med en lite utviklet markedsstruktur og mangel på akseptert praksis, begrenser foreløpig mulighetene for en oppskalering av ombruksmarkedet.

Det oppleves likevel en stor interesse og stadig økende ambisjoner tilknyttet ombruk i dagens bransje. Det er flere initiativer som arbeider mot å etablere en fungerende praksis, slik at ombruk i større grad kan gjennomføres i bransjen. Pågående og planlagte pilotprosjekter kan bidra med verdifulle erfaringer tilknyttet hvordan ombruk kan gjennomføres i prosjekter.

For å kunne få til ombruk i større skala, er en avhengig av at det er mulig å oppdrive tilstrekkelige mengder av ulike typer byggevarer for å kunne sette nødvendige prosesser i system. Det må til for å få økt effektivitet og lønnsomhet i prosessene. Basert på avfallsstatistikk, er det forsøkt å anslå teoretiske mengder ombrukbare materialer, som tilgjengeliggjøres årlig fra næringsbygg i Oslo gjennom rive- og rehabiliteringsaktivitet. Et sentralt funn i studien er at det er utfordrende å gi tallfestede svar på dette, blant annet grunnet mangler og usikkerheter i statistikken og at datagrunnlaget er preget av brede avfallsfraksjoner. Følgelig er det dermed også begrensede muligheter for å anslå fremtidige mengder fra dette utgangspunktet. Det gjør det utfordrende å synliggjøre hvor stort potensialet for ombruk er. Konklusjonen er likevel at det sannsynligvis tilgjengeliggjøres tilstrekkelige mengder av de analyserte materialfraksjonene, spesielt blant de største avfallsfraksjonene. Det legges vekt på at ombrukbarhet er nyansert, og at mengdene kun representerer et svært generelt overslag. Samtidig åpnes også spørsmålet om hva som anses som tilstrekkelige mengder for at ombruk skal kunne bli en etablert praksis.

Trender i bygge- og riveaktivitet er benyttet for å gi et bilde på hvordan utviklingen kan se ut. Trolig kommer rehabiliterings- og ombyggingsaktiviteten rundt næringsbygg til å fortsette å øke, slik trenden har vært de siste årene. 80 prosent av bygningsmassen er forventet å bli stående i 2050, men samtidig bygges det stadig mer enn det rives i møte med befolkningsvekst. Med økt fokus på arealeffektivitet og bevaring av bygninger, vil en trolig se et økt behov for nødvendige inngrep i eksisterende bygg. Samtidig kan det tenkes at riveaktiviteten går ned, da fullstendig riving av bygg er mindre forenlig med bærekraftstankegangen.

Utformingen av bygg vil også være sentralt for muligheten av et fremtidig, oppskalert ombruksmarked. Studien har vist at ombruk av byggevarer fra dagens bygningsmasse i mange tilfeller kan være

utfordrende og også kostbart i enkelte tilfeller. Dette begrunnes blant annet i at mange bygg er designet med lav tilpasningsdyktighet og uten tanke om at det skal kunne brukes videre ved endt funksjonell levetid. Slik det forespeiles, vil fremtidens bygg stille andre krav til utforming, og det er essensielt å prioritere utforming som tar høyde for tilpasningsdyktighet og prosjektering for demontering og ombruk, uavhengig om det er nybygg eller rehabilitering. Materialene må også utvikles og forbedres for å redusere innhold av miljøfarlige stoffer og øke bestandigheten. Effektene vil først være synlig langt frem i tid, men med dette som utgangspunkt vil det ikke lenger være behovet for funksjonsendringer i bygg som medfører en slutt på kretsløpet for bygninger og byggevarer. I stedet vil tekniske og miljømessige forsvarlige levetider være begrensende.

Videre er det vektlagt at ombruk må sees i sammenheng med andre eksisterende metoder for ressurshåndtering og ressurseffektivisering, samt for reduksjon av klimagassutslipp tiltak. Enda ombruk er ansett som en høyverdig metode for ressurshåndtering og i mange tilfeller viser til betydelige miljøbesparelser, er det fordelaktig for bransjen at praksisen vurderes opp mot avfallsminimering og gjenvinning. Enkelte materialer egner seg ikke for ombruk i dag og da kan andre løsninger være et gunstigere alternativ.

Det er i denne studien kommet frem til at ombruk i større skala kan ha størst potensiale ved å prioritere enkelte materialkategorier. Dette for å kunne utarbeide systemer som kan gi lønnsomme prosesser både økonomisk og miljømessig for en hel næring. Hvilke materialkategorier det bør være, er foreløpig ikke rett frem, fordi det avhenger av hvilke produkter en klarer å finne løsninger for blant annet demontering, logistikk, testing, re-dokumentasjon mer i system, og hvor det også er mulig å få økonomien til å gå opp. Studien har likevel vurdert en rekke materialer som kan se ut til å ha stort potensiale.

Hvor stort ombruksmarkedet vil bli, og hvilken rolle ombruk vil kunne spille i arbeidet med å utvikle en grønnere og mer bærekraftig byggenæring, er enda usikkert. Fremtidig utvikling er avhengig av en rekke ulike aspekter, hvorav mange er belyst i denne masteroppgaven. Erfaringer som gjøres i bransjen i skrivende stund og tiden som kommer vil kunne ha en stor innflytelse på hvordan utviklingen vil bli. Denne studien har vist at det kan være store miljømessige gevinster å hente ved ombruk, i form av ressurs- og klimagassbesparelser. Spørsmålet er hvilken rolle bransjens aktører og myndighetene vil ta i utviklingen fremover, samt hvordan ombruk av ulike byggematerialer og -produkter vil kunne henge sammen med bærekraftbegrepets økonomiske aspekter i årene som kommer.

### 7.3 Anbefalinger for videre arbeid

Studien har berørt flere aspekter ved ombruk som kan være interessante å gå enda mer i dybden av enn hva som har vært aktuelt her. Enkelte aspekter er etterspurt i flere andre rapporter, slik som å se til andre land for ombrukserfaringer, men studien også har avdekket noen nye elementer som kan være nyttig å få mer innsikt i.

Det vil være svært fordelaktig å få en bedre oversikt over- og kjennskap til bygningsmassen, med materialsammensetning og behov for oppgradering. Spesielt gjelder dette for næringsbygg, hvor det er begrenset med tilgjengelig informasjon per dags dato. Videre ville det vært interessant å se nærmere på hvordan ombruk kan synliggjøres i avfallsstatistikken, samt eventuelt hvordan avfallsstatistikken i større grad kan tydeliggjøre hvilke materialer og produkter som de ulike materialfraksjonene inneholder.

Gjennomføring av miljøsystemanalysen av ombruksmaterialene i caseprosjektet viste seg å være en omfattende og tidkrevende prosess. Da det er et fokus i bransjen på å synliggjøre miljøaspektene for ombruksmaterialer, kan det være interessant å undersøke hvordan en mer effektiv fremgangsmåte kan se ut. En mer standardisert og forenklet metode for fastsettelse av klimagassutslipp for øvrige ombruksmaterialer vil, i større grad, kunne muliggjøre sammenligning av systemer. I tillegg, kan det være et nyttig verktøy i vurdering av om ombruk er verdt å prioritere i hvert enkelt tilfelle. Det vil også være interessant å se på hvilke andre miljøpåvirkningskategorier som kan ha stor påvirkning, utover klimagassutslipp i slike analyser.

Til slutt, ville det vært interessant å gå nærmere inn på hvilke metoder for ressurs håndtering, deriblant ombruk og materialgjenvinning, som lønner seg økonomisk og miljømessig for hvert enkelt materiale. Forholdsvis for hele livsløpet, inkludert scenarier for endringer av rammebetingelser i fremtiden for å se på hvordan effektene vil være dersom ombruk i større grad blir satt i system.



## 8 Referanser

- Addis, B. (2012) *Building with reclaimed components and materials: a design handbook for reuse and recycling*. Routledge.
- Aga, F. (2019) *Rehabiliterer 12 år gammelt Barcode-bygg i bærekraftens navn: - Fristende å bruke ord som "Hva var det vi sa?"*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1403574> (Hentet: 20. April 2020).
- Akanbi, L. A. et al. (2018) Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator, *Resources, Conservation and Recycling*, 129, s. 175-186.
- Arge, K. og Landstad, K. (2002) *Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger*. Tilgjengelig fra: [https://www.sintefbok.no/book/index/175/generalitet\\_fleksibilitet\\_og\\_elastisitet\\_i\\_bygninger](https://www.sintefbok.no/book/index/175/generalitet_fleksibilitet_og_elastisitet_i_bygninger) (Hentet: 30. november 2019).
- Arora, M. et al. (2020) Buildings and the circular economy: Estimating urban mining, recovery and reuse potential of building components, *Resources, Conservation and Recycling*, 154, s. 104581.
- Asplan Viak (2018) *Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniske installasjoner i bygg*. byggemiljo.no: NHP-nettverket. Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2018/10/NHP-Barrierer-for-ombruk-v4.pdf> (Hentet: 8. oktober 2019).
- Aveyard, H. (2014) *Doing a literature review in health and social care: A practical guide*. McGraw-Hill Education (UK).
- Avfall Norge, VESAR og Norsk Gjenvinning (2016) *Avfalls- og gjenvinningsbransjens veikart for sirkulærøkonomi*. Oslo. Tilgjengelig fra: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/2016-XX-Avfalls-og-gjenvinningsbransjens-veikart-for-en-sirkulaer-okonomi.pdf?mtime=20171005152839>.
- Awano, H. (2015) *Towards sustainable use of building stock: OECD/IEA Joint workshop on sustainable buildings*. Paris: OECD/IEA.
- Bakshi, B. R. (2019) *Sustainable Engineering- Principles and Practice*.
- Balke, H. (2003) *Murkatalogen 2003 - Rehabilitering og vedlikehold av murte fasader*.
- BAMB (2019a) *About BAMB*. Tilgjengelig fra: <https://www.bamb2020.eu/about-bamb/> (Hentet: 15. oktober 2019).
- BAMB (2019b) *Framework for policies, regulations and standards*. bamb2020.eu: Buildings As Material Banks. Tilgjengelig fra: <http://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/BAMB-Framework-for-Policies-Regulations-and-Standards-with-appendices.pdf> (Hentet: 15. oktober 2019).
- Barlindhaug, R. og Johansen, S. (2010) *Tomtearealbehov 2010-2030*.
- Bianova LTD (2018) *More Than Life Cycle Assessment Software*. Tilgjengelig fra: <https://www.oneclicklca.com/construction/> (Hentet: 27.mars 2020).
- Bjerkli, C. L. (2015) *Økt materialgjenvinning av byggavfall*. (A056940). Oslo: NHP-nettverket.
- Bjørberg, S., Kampesæter, A. og Listerud, C. A. (2009) *Levetider i praksis - Prinsipper og bruksområder*. Multiconsult. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider\\_i\\_praksis.pdf](https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider_i_praksis.pdf).
- Bjørheim, K. (2018) *IBMs digitale tvilling skal hjelpe byggenæringen å bli bærekraftig*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/ibms-digitale-tvilling-skal-hjelpe-byggenæringen-a-bli-baerekraftig-br/449543> (Hentet: 1. desember 2019).
- Bjørheim, K. (2019) *Baner vei for ombruk i byggebransjen: Selger byggevarer til under halv pris*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/baner-vei-for-ombruk-i-byggebransjen-selger-byggevarer-til-under-halv-pris-br/466959> (Hentet: 2. oktober 2019).
- Bohne, R. A. og Wærner, E. R. (2014) *Barriers for Deconstruction and Reuse/Recycling of Construction Materials in Norway*. (Barriers for Deconstruction and Reuse/Recycling of Construction Materials): CIB.
- Boye, E. (2019) *Sirkulær framtid- om skiftet fra lineær til sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.framtiden.no/aktuelle-rapporter/874-sirkulaer-framtid-om-skiftet-fra-linear-til-sirkulaer-okonomi/file.html>.

- Bramslev, K. (2018) Bygg- og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp. Tilgjengelig fra: [https://www.bygg21.no/contentassets/901dbc37a0c242229f4d8248a12919dc/33019\\_delrapport-3b\\_digitalt.compressed.pdf](https://www.bygg21.no/contentassets/901dbc37a0c242229f4d8248a12919dc/33019_delrapport-3b_digitalt.compressed.pdf).
- Brand, S. (1994) *How Buildings Learn. What happens after they're built*. Phoenix Illustrated: Orion Books Ltd.
- Breivik, J. K. (2017) *Oria, artikler og kildekritikk på 1-2-3: NTNU Universitetsbibliotekets fagside for realfag*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/blogger/ub-realfag/2017/02/22/ta-i-bruk-oria/> (Hentet: 22.november 2019).
- Butera, S. et al. (2016) *Materialeatlas over byggematerialers genbrugs-og genanvendelsespotentialer: Et InnoBYG-projekt*. Tilgjengelig fra: <https://issuu.com/www.innobygg.dk/docs/materialeatlas>.
- Bygg21 (2018a) *10 kvalitetsprinsipper for bærekraftige bygg og områder*. Oslo. Tilgjengelig fra: [https://www.bygg21.no/contentassets/901dbc37a0c242229f4d8248a12919dc/33019\\_delrapport-3a\\_digitalt.compressed.pdf](https://www.bygg21.no/contentassets/901dbc37a0c242229f4d8248a12919dc/33019_delrapport-3a_digitalt.compressed.pdf).
- Bygg21 (2018b) *Gode bygg og områder- for helsa, miljøet og lommeboka, På oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet*,. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg21.no/rapporter-og-veiledere/gode-bygg-og-omrader---for-helsa-miljoet-og-lommeboka/4.0-bygg21s-anbefalinger/?q=sirkul%C3%A6r> (Hentet: 27. september 2019).
- Bygg og Bevar (2019) *Alt du må vite om asbest i huset ditt*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/enok/artikler/alt-du-maa-vite-om-asbest-i-huset-ditt> (Hentet: 19.april 2020).
- Byggesaksforskriften (2010) *Forskrift om byggesak (SAK10)*,. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488> (Hentet: 5. september 2019).
- Byggmesteren (2020) *Sponplater av resirkulert trevirke*. Tilgjengelig fra: <https://byggmesteren.as/2020/05/07/sponplater-av-resirkulert-trevirke/> (Hentet: 18.mai 2020).
- Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017) *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840> (Hentet: 26.11 2019).
- Byrådsavdeling for finans (2019) *Oslorender 2019*. Oslo.
- Cai, G. og Waldmann, D. (2019) A material and component bank to facilitate material recycling and component reuse for a sustainable construction: concept and preliminary study, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(10), s. 2015-2032.
- Chaudhary, M. (2019) *Mindre til materialgjenvinning*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/mindre-til-materialgjenvinning> (Hentet: 07.november 2019).
- Circle Economy et al. (2018) *A framework for circular buildings- Indicatorsfor possible inclusion in BREEM*. Tilgjengelig fra: <https://www.circle-economy.com/wp-content/uploads/2018/10/A-Framework-For-Circular-Buildings-BREEM-report-20181007-1.pdf> (Hentet: 3. november 2019).
- Circular Norway (2019) *Avfall er materialer som ikke har en identitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.circularnorway.no/post/avfall-er-materialer-som-ikke-har-en-identitet> (Hentet: 15. mars 2020).
- Circular Norway, Circle Economy og Kongsvinger Kommune (2020) *Circular Kongsvinger - Phase 1 & 2*. Kongsvinger Tilgjengelig fra: [https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3\\_7d1c7172ce214610a73841796cc4cdad.pdf](https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3_7d1c7172ce214610a73841796cc4cdad.pdf).
- Cobuilder (2018) *Den digitale tvillingen – broen mellom den fysiske og den digitale verden*. Tilgjengelig fra: <https://cobuilder.com/nb/den-digitale-tvillingen-broen-mellom-den-fysiske-og-den-digitale-verden/> (Hentet: 1. desember 2019).
- Creswell, J. W. (2014) *A concise introduction to mixed methods research*. SAGE publications.
- Dalen, M. (2011) *Intervju som forskningsmetode*. 2. utg. Oslo: Universitetsforl.
- Davidson, M. (2010) Social sustainability and the city, *Geography Compass*, 4(7), s. 872-880.
- Dempsey, N. et al. (2011) The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability, *Sustainable development*, 19(5), s. 289-300.
- Department for Business- Energy & Industrial Strategy (2019) *Research and analysis - Greenhouse gas reporting: conversion factors 2019*. Tilgjengelig fra:



- <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2019> (Hentet: 23.april 2020).
- DiBK (2017a) *Veiledning om tekniske krav til byggverk. Byggeteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. Ikrafttredelse 1. juli*
2017. Tilgjengelig fra:  
[https://www.regjeringen.no/contentassets/20503ddfe0664fac9e2185c1a6c80716/veiledning-til-byggeteknisk-forskrift-tek17\\_01\\_07\\_2017.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/20503ddfe0664fac9e2185c1a6c80716/veiledning-til-byggeteknisk-forskrift-tek17_01_07_2017.pdf) (Hentet: 14.februar 2020).
- DiBK (2017b) *EU vurderer revisjon av byggevareforordningen*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/eu-vurderer-revisjon-av-byggevareforordningen/> (Hentet: 17. november 2019).
- DiBK (2018) *Ombruk av byggevarer- hvilke krav må oppfylles?* Tilgjengelig fra:  
[vhttps://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/](https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/) (Hentet: 4. oktober 2019).
- DiBK (2019) *Ombruk er krevende, men ikke umulig*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/ombruk-er-krevende-men-ikke-umulig/> (Hentet: 5. desember 2019).
- DiBK (u.å.) *Ombruk av byggevarer - Hvilke krav må oppfylles?* Tilgjengelig fra:  
<https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/> (Hentet: 1. oktober 2019).
- Difi (2019) *Sirkulære anskaffelser*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.anskaffelser.no/samfunnsansvar/sirkulaere-anskaffelser> (Hentet: 14. desember 2019).
- Direktoratet for Byggkvalitet (2016) *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/dok/i/1/>.
- Ecoinvent (u.å.) *The ecoinvent Database*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.ecoinvent.org/database/database.html> (Hentet: 27.mars 2020).
- EEA (2020) *CO2 Intensity of Electricity Generation - EEA 2017*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-intensity-of-electricity-generation> (Hentet: 17.april 2020).
- Elkington, J. (1998) Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business, *Environmental quality management*, 8(1), s. 37-51.
- Elkington, J., Henriques, A. og Richardson, J. (2004) *The Triple Bottom Line: does it all add up, Addressing the Sustainability of Business and CSR*. New York City: Earthscan.
- Ellen McArthur Foundation (2018) *Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_Growth-Within\\_July15.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf) (Hentet: 8. august 2019).
- Elverum, T. (2020) *Hvilke hindringer mener arkitekten at regelverket setter for økt ombruk i dag? Eksempel fra et ombruksprosjekt.*, i Arkitekter, M. (red.). Byggavfallskonferansen: Byggemiljø. Tilgjengelig fra: [https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/02/Dag-1\\_1320-1340\\_Trond-Elverum.pdf](https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/02/Dag-1_1320-1340_Trond-Elverum.pdf).
- Enova (2011) *Enovas Byggstatistikk 2011*. Trondheim.
- Enova (2017) *Enovas byggstatistikk 2017, Trondheim: Enova*. Tilgjengelig fra: <https://www.enova.no/download>.
- Entra (u.å.) *Kristian Augusts gate 13*. Tilgjengelig fra: <https://www.entra.no/projects/kristian-augusts-gate-13/195> (Hentet: 13.desember 2019).
- EPD-Norge (u.å.-a) *Hva er en EPD?* Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/> (Hentet: 1.april 2020).
- EPD-Norge (u.å.-b) *Hvilke typer EPD'er finnes og hvordan er de forskjellige?* . Tilgjengelig fra:  
<https://www.epd-norge.no/getfile.php/139193-1531476240/Dokumenter/Hvilke%20typer%20EPDer%20finnes%20og%20hvordan%20er%20de%20forskjellige%20korrr%20signe110718.pdf> (Hentet: 04.mars 2020).
- EPD-Norge (u.å.-c) *Bruksanvisning for hvordan tolke EPD'er*. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/getfile.php/136570->

- [1470750719/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20EPDer/Bruksanvisning%20for%20EPD%20-%20byggevarer.pdf](#) (Hentet: 18.mars 2020).
- Europakommisjonen (2015) *Closing the loop- An EU action plan for Circular Economy*. Brussel. Tilgjengelig fra: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF).
- Evjenth, A. et al. (2011) *Grunnlag for, og krav om, utbedring av eksisterende bygninger*. Oslo.
- Fiksen, K. et al. (2013) *Energibruk i kontorbygg - Trender og drivere*. Oslo: NVE.
- Flaa, J. C. og Bjørnstad, E. (2019) *Næringsbyggene i Oslo står halvfulle – hva gjør vi?* Tilgjengelig fra: <https://www.itbaktuelt.no/2019/11/26/naeringsbyggene-oslo-star-halvfulle-hva-gjor-vi/> (Hentet: 17.mars 2020).
- Forurensningsforskriften (2004) *Forskrift om begrensnig av forurensning* Lovdata. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931?q=forurensningsforsk>.
- Forurensningsloven (1981) *Lov om vern mot forurensninger og om avfall*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6?q=forurensnings> (Hentet: 07.mars 2020).
- Framtiden i våre hender (2013) *Faktaark om klimagassutslipp fra forbruk*. Tilgjengelig fra: <https://www.framtiden.no/dokarkiv/faktaark/147-klimagassutslipp-fra-forbruk/file.html> (Hentet: 12.april 2020).
- Fuglesang, A. (2017) *BIM i bruksfase – en kvalitativ kartleggingsstudie av status ved bruk av BIM i bruksfase*.
- Fuglseth, M. et al. (2018) *Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK*. asplanviak.no, dibk.no. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/utredning\\_av\\_livsløpsbaserte\\_miljøkrav\\_i\\_tek\\_asplan\\_viak\\_2018.pdf](https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/utredning_av_livsløpsbaserte_miljøkrav_i_tek_asplan_viak_2018.pdf) (Hentet: 19. oktober 2019).
- FutureBuilt (2019) *FutureBuilt kriterier for sirkulære bygg*. (Hentet: 10. november 2019).
- FutureBuilt (2020) *Kristian Augusts gate 13*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#!/Forbildeprosjekter/Kristian-August-gate-13> (Hentet: 20. mai 2020).
- Gamle Murstein (u.å.) *Fortid og fremtid i hver enkel mursten*. Tilgjengelig fra: <http://gamlemursten.dk/> (Hentet: 22.april 2020).
- Gaustad, F. et al. (2018) *Fremtidig farlig avfall i Norge*.
- Geissdoerfer, M. et al. (2017) The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, *Journal of cleaner production*, 143, s. 757-768. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616321023>.
- Glava AS (2019) *Environmental Product Declaration - Glava glassull*. Tilgjengelig fra: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/139857-1548836091/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-1696-683\\_Glava-Glassull.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/139857-1548836091/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-1696-683_Glava-Glassull.pdf) (Hentet: 28.april 2020).
- Gorgolewski, M. (2008) Designing with reused building components: some challenges, *Building Research & Information*, 36(2), s. 175-188. Tilgjengelig fra: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09613210701559499> (Hentet: 02.desember.2019).
- Gorgolewski, M. (2009) *Reusing Buildings and Components*. Tilgjengelig fra: <https://oaa.on.ca/professional%20resources/sustainable%20design/reusing%20buildings%20and%20components> (Hentet: 11.mars 2020).
- Gorgolewski, M. og Morettin, L. (2009) The process of designing with reused building components, *Lifecycle Design of Buildings, Systems and Materials*, s. 105.
- Greenstock (2019) *Homepage*. Tilgjengelig fra: <https://www.greenstock.no/web/> (Hentet: 30. november 2019).
- Grini, G., Oksvold, I. og Sæter, R. A. (2017) *Lavenergiprogrammet: Potensialstudie - Kostnadseffektive energitiltak i eksisterende bygninger*. Oslo. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/potensialstudie--kostnadseffektive-energitiltak-i-eksisterende-bygninger-.pdf>.

- Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom (2016) Eiendomssektorens veikart mot 2050. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Eiendomssektorens-veikart-mot-2050.pdf>.
- Grønn Byggallianse (2019) *Tenk deg om før du river - Tips for å gjennomføre et vellykket byggeprosjekt uten å rive*. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/11/Tenk-deg-om-f%C3%B8r-du-river.pdf> (Hentet: 7. mai 2020).
- Hagen, R., Haupt, H. M. og Bramslev, K. (2017) *Grønn Materialguide - Veileder i miljøriktig materialvalg*. Grønn Byggallianse og Context AS
- Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Grønn-Materialeguide-V2.pdf>.
- Hall, E., Hansveen, A. og Jødal, K. (2020) *Bacheloravhandling (foreløpig ikke publisert)*, OsloMet.
- Hambra og Hjellnes Consult (2013) *UNNGÅ HELSE OG MILJØSKADELIGE STOFFER I BYGG - en veileder for byggherrer, prosjekterende og utførende*. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/miljo/publikasjoner/substitusjonsveileder\\_print.pdf](https://dibk.no/globalassets/miljo/publikasjoner/substitusjonsveileder_print.pdf).
- Hart, J. *et al.* (2019) Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment, *Procedia Cirp*, 80, s. 619-624.
- Haugen, S. (2019) *Systemer som støtter sirkulære byggeprosesser- hvordan skape bransjens felles plattform*. Tilgjengelig fra: [https://www.statsbygg.no/files/nyheter/Ombruk\\_StineHaugen\\_Ramboll.pdf](https://www.statsbygg.no/files/nyheter/Ombruk_StineHaugen_Ramboll.pdf) (Hentet: 1. desember 2019).
- Hopkinson, P. *et al.* (2018) Recovery and reuse of structural products from end-of-life buildings, i *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*. Thomas Telford Ltd, s. 119-128.
- Husaas, E. (2018) *Byggeskikk og estetikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/stedsutvikling/ny-emner-og-eksempler/byggeskikk/id535403/> (Hentet: 23.mars 2020).
- Høiby, L. og Sand, H. (2018) Circular Economy in the Nordic Construction Sector: Identification and assessment of potential policy instruments that can accelerate a transition toward a circular economy. Tilgjengelig fra: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1188884/FULLTEXT01.pdf>.
- Iacovidou, E. og Purnell, P. (2016) Mining the physical infrastructure: Opportunities, barriers and interventions in promoting structural components reuse, *Science of the Total Environment*, 557, s. 791-807.
- Ibenholt, K. *et al.* (2020) *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen*. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/samfunnsøkonomisk-analyse-av-reduert-avfall-i-byggebransjen\\_nibio-og-samfunnsøkonomisk-analyse-2020.pdf](https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/samfunnsøkonomisk-analyse-av-reduert-avfall-i-byggebransjen_nibio-og-samfunnsøkonomisk-analyse-2020.pdf).
- Innovasjon Norge (2020) Gode løsninger for sirkulære og bærekraftige bygg søkes! Tilgjengelig fra: <https://www.innovasjon Norge.no/no/verktøy/mulighetsområder/bioøkonomi/gode-løsninger-for-sirkulære-og-bærekraftige-bygg-sokes/> (Hentet: 15. mai 2020).
- IPCC (2018) *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*.
- IRP (2017) *Assessing Global Resource Use- A Systems Approach to Resource Efficiency and Pollution Reduction*. Tilgjengelig fra: <https://www.resourcepanel.org/reports/assessing-global-resource-use> (Hentet: 2. mai 2020).
- Jacobsen, D. I. (2005) *Hvordan gjennomføre undersøkelser?: innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Høyskoleforlaget Kristiansand.
- Jacobsen, M. H. (2020) *Markedsrapport*. Tilgjengelig fra: <https://www.dnbnaringsmegling.no/no/markedsrapport/oslo/>.
- Jensen, K. G. *et al.* (2019) *Building a Circular Future*. 3. utg. Copenhagen: Med støtte fra "Danish Environmental Protection Agency".
- Kalhagen, K. O. *et al.* (2011) *Konsekvensanalyse av å innføre nye forskriftskrav til energieffektivisering av bygg*. Oslo.

- Kilvær, L. *et al.* (2019) *Forsvarlig ombruk av byggematerialer*. dibk.no: Team Resirqel. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer\\_resirqel-2019.pdf](https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer_resirqel-2019.pdf) (Hentet: 4. desember 2019).
- Kleemann, F. *et al.* (2016) A method for determining buildings' material composition prior to demolition, *Building Research & Information*, 44(1), s. 51-62.
- Klima- og Miljødepartementet (2019) Norges klimaavtale med EU vedtatt Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norges-klimaavtale-med-eu-vedtatt/id2675266/> (Hentet: 5. mai 2020).
- Klima- og Miljødepartementet (2020a) Klimaendringer og norsk klimapolitikk. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (Hentet: 5. april 2020).
- Klima- og miljødepartementet (2020b) *Nasjonal Strategi for Sirkulær Økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/aa6878f3c539417092eeec88bac23f9b/1-4-kld.pdf> (1. april 2020).
- Kohler, N. og Hassler, U. (2002) The building stock as a research object, *Building Research & Information*, 30(4), s. 226-236.
- Kohler, N. og Yang, W. (2007) Long-term management of building stocks, *Building Research & Information*, 35(4), s. 351-362.
- Kohler, N., Steadman, P. og Hassler, U. (2009) Research on the building stock and its applications, *Building Research & Information*, 37(5-6), s. 449-454. doi: 10.1080/09613210903189384.
- Kommunal- og regionaldepartementet (2009) *Bygg for framtida. Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009–2012*. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/krd/vedlegg/boby/handlingsplaner/h-2237\\_web.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/krd/vedlegg/boby/handlingsplaner/h-2237_web.pdf) (Hentet: 11.april 2020).
- Kylili, A. og Fokaides, P. A. (2017) Policy trends for the sustainability assessment of construction materials: A review, *Sustainable Cities and Society*, 35, s. 280-288. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717303773> (Hentet: 8. oktober 2019).
- Langseth, B. (2016) *Analyse av energibruk i yrkesbygg*. (Rapport nr 24-2016).
- Leland, B. (2008) Prosjektering for ombruk og gjenvinning, *Rapport, RIF, Oslo*.
- LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning (2018) *Avfallshierarki*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki> (Hentet: 26.november 2019).
- Lotherington, P. B. (2018) *EUs byggevareforordning hindrer ombruk*. Tilgjengelig fra: <https://byggmesteren.as/2018/10/30/eus-byggevareforordning-hindrer-ombruk/> (Hentet: 15. november 2019).
- Luscuere, L. M. (2017) Materials Passports: Optimising value recovery from materials, i *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management*. Thomas Telford Ltd, s. 25-28.
- Madaster (u.å.) *Vision, Mision, Aims*. Tilgjengelig fra: <https://www.madaster.com/en/about-us/vision-mission-aims> (Hentet: 17. januar 2020).
- McLaughlin, H. (2011) *Understanding social work research*. Sage.
- Melton, P. (2020) *Buildings that last: Design for adaptability, deconstruction and reuse*.
- Merrild, H., Jensen, K. G. og Sommer, J. (2016) *Building a Circular Future*. GXN.
- Miljødirektoratet (2019a) *Avfallsplan 2020-2025 - Status og planer for avfallshåndtering, inkludert avfallsforebyggingsprogram*. Regjeringen.no: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/c6a9a384d90c4af18bfd8458f3167708/avfallsplan-2020-2025.pdf> (Hentet: 28.april 2020).
- Miljødirektoratet (2019b) *Avfallsforbrenning med energiutnyttelse*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallshandtering/avfallsforbrenning-med-energiutnyttelse/> (Hentet: 26.november 2019).
- Miljødirektoratet (2019c) *Deponering av avfall*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallshandtering/deponering-av-avfall/> (Hentet: 26.november 2019).



- Miljødirektoratet (2020) *Klimasats- støtte til klimatiltak*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/klimasats> (Hentet: 12. mai 2020).
- Miljødirektoratet (u.å.) *Kandidatlista i Reach (SVHC-lista)*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/regelverk/reach/reach-kandidatlista-svhc-lista/> (Hentet: 20. mai 2020).
- Miljøverndepartementet (2013) *Rammedirektivet for avfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2006/apr/rammedirektivet-for-avfall/id2432014/> (Hentet: 19. april 2020).
- Minunno, R. *et al.* (2020) Exploring environmental benefits of reuse and recycle practices: A circular economy case study of a modular building, *Resources, Conservation and Recycling*, 160, s. 104855.
- Modahl, I. S. og Raadahl, H. L. (2003) *Evaluering av miljø- og ressursforhold ved bygging av Gjenbrukshus i Trondheim*. Tilgjengelig fra: [https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/faktaark/04---gjenbrukshuset/sto\\_rapport\\_rep17.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/faktaark/04---gjenbrukshuset/sto_rapport_rep17.pdf) (Hentet: 2. mai 2020).
- Moelven Modus AS (2015) *Glass front systemvegg*. Tilgjengelig fra: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312697-1583414132/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-331-214-NO\\_Glass-Front-systemvegg%281%29.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312697-1583414132/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-331-214-NO_Glass-Front-systemvegg%281%29.pdf) (Hentet: 15. mai 2020).
- Moum, A. *et al.* (2017) Industrialisering av byggeprosessene. Status og trender, *SINTEF Fag*.
- Moum, A., Skaar, C. og Midthun, K. T. (2017) Sirkulær økonomi i morgendagens byggenæring. Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2491795/SINTEF+Byggforsk+-+Sirkul%C3%A6r+%C3%B8konomi+i+morgendagens+byggen%C3%A6ring+%282017-05-08%29.pdf?sequence=2>.
- Multiconsult og Byggmiljø (2008) *Veiledning til tilpasningsdyktighet - En introduksjon til tilpasningsdyktighet i byggeprosjekter og i bygg- og eiendomsforvaltningen*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggmiljo.no/wp-content/uploads/2014/12/Tilpasningsdyktighet-Byggmilj%C3%B8veileder-04.11.08.pdf>.
- Mynors, M. E. T. og Moldekleiv, R. S. (2017) *Gjenbruk av bygningskomponenter og materialer*, Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Myrhe, K., Widenoja, E. og Kilvær, L. (2018) *Ombruk av stål og tilknyttede byggematerialer*. Oslo: Norsk Stålforbund. Tilgjengelig fra: [https://www.stalforbund.no/uploads/source/files/products/Ombruksrapporten\\_utgave\\_1.1.pdf](https://www.stalforbund.no/uploads/source/files/products/Ombruksrapporten_utgave_1.1.pdf) (Hentet: 2. desember 2019).
- Mysen, M., Aronsen, E. og Johansen, B. S. (2014) Gjenbruk av ventilasjonskanaler ved oppgradering til behovsstyrt ventilasjon, *SINTEF Fag*.
- Möhring, H. (2019) *Landets første sirkulære gipsfabrikk åpner*. Tilgjengelig fra: <https://avfallsbransjen.no/2019/08/15/landets-forste-sirkulaere-gipsfabrikk-apner/> (Hentet: 18. april 2020).
- Naber, N. (2012) Reuse of hollow core slabs from office buildings to residential buildings.
- NAL (2020) *Kristian August gate 13*. Tilgjengelig fra: <https://www.arkitektur.no/kristian-august-gate-13?lcid=1033&pid1=236217> (Hentet: 20. mai 2020).
- Nasir, M. H. A. *et al.* (2017) Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry, *International Journal of Production Economics*, 183, s. 443-457.
- NHP-nettverket (2020) *Ønsker digitaliserte avfallssplaner*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggmiljo.no/onsker-digitaliserte-avfallssplaner/> (Hentet: 26. mai 2020).
- Nielsen, S. *et al.* (2014) *Nordic Built Component Reuse*. København: Vandkunsten.
- Nikolaisen, H. (2018) *Kontorløysingane for framtida blir laga no*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Fremtidens-kontorlosninger-lages-na/> (Hentet: 10. mai 2020).
- Nordby, A. S. (2009) *Salvageability of building materials: Reasons, criteria and consequences regarding architectural design that facilitate reuse and recycling*. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for arkitektur og ....

- Nordby, A. S. *et al.* (2009) Criteria for salvageability: the reuse of bricks, *Building Research & Information*, 37(1), s. 55-67.
- Nordby, A. S., Solli, C. og Dahlstrøm, O. (2015) *Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer*. Husbanken. Tilgjengelig fra: <http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/helhetlig%20miljovurdering%20av%20byggematerialer.pdf>.
- Nordby, A. S. (2017) *Giftrøye byggevarer. Nå!* Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Blogg#!/Blogg/Giftrøye-byggevarer.-Naa> (Hentet: 2. desember 2019).
- Nordby, A. S. og Wærner, E. R. (2017) Hvordan planlegge for mindre avfall - En veileder for å redusere avfallsgenerering i byggebransjen. Tilgjengelig fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC\\_veileder\\_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC_veileder_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf).
- Nordby, A. S. (2018) *Sirkulær teori og praksis*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Blogg#!/Blogg/Sirkulaer-teori-og-praksis> (Hentet: 29. april 2020).
- Norsk Eiendom (2019) *Hvordan lykkes med bærekraftsmålene?* Tilgjengelig fra: <https://www.norskeiendom.org/hvordan-lykkes-med-fns-baerekraftsmal/> (Hentet: 28. november 2019).
- Nußholz, J. L., Rasmussen, F. N. og Milios, L. (2019) Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy, *Resources, Conservation and Recycling*, 141, s. 308-316. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918304099>.
- Nußholz, J. L. *et al.* (2019) A circular business model for material reuse in buildings: implications on value creation, *Journal of cleaner production*, s. 118546. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261933416X> (Hentet: 7. oktober 2019).
- NVE (2019) *Nasjonal varedeklarasjon 2018*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energiforsyning/varedeklarasjon/nasjonal-varedeklarasjon-2018/> (Hentet: 15. april 2020).
- Olje- og Energidepartementet (2019) *Kraftproduksjon*. Tilgjengelig fra: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/#main-content-start> (Hentet: 04. mars 2019).
- Ortlepp, R., Gruhler, K. og Schiller, G. (2016) Material stocks in Germany's non-domestic buildings: a new quantification method, *Building Research & Information*, 44(8), s. 840-862.
- Oslo Kommune Byantikvaren (2014) Byantikvarens Gule Liste. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1315758-1445257859/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Gul%20liste%20-%20Byantikvarens%20informasjonsark%20om%20Gul%20liste.pdf> (Hentet: 19. mai 2020).
- Pettersen, N. (2005) *Pilotprosjektet Gjenbrukshus i Trondheim*. Trondheim Kommune. Tilgjengelig fra: [https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/faktaark/04---gjenbrukshuset/gjenbrukshusrapport\\_wb-side-hr-hoy-oppløsning-m-rett-jan-17.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/faktaark/04---gjenbrukshuset/gjenbrukshusrapport_wb-side-hr-hoy-oppløsning-m-rett-jan-17.pdf).
- Pimentel, R., Brown, D. og Sansom, M. (2019) *SCI P427 - Structural Steel Reuse: assessment, testing and design principles*.
- Produktforskriften (2004) *Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter* (Hentet: 23. oktober 2019).
- Produktkontrollloven (1977) *Lov om kontroll med produkter og forbrukertjenester* (Hentet: 25. oktober 2019).
- Rakhshan, K. *et al.* (2020) Components reuse in the building sector—A systematic review, *Waste Management & Research*, 38(4), s. 347-370.
- RENAS *et al.* (2019) *Sirkulærøkonomi i bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen*. Oslo. Tilgjengelig fra: [https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3\\_c545ae54430e403cb8e47d9f81459e18.pdf?index=true](https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3_c545ae54430e403cb8e47d9f81459e18.pdf?index=true) (Hentet: 20. oktober 2019).

- Resirqel (2020a) *Resirqel AS og Ragn-Sells AS lanserer Ombruksbank i byggebransjen*. Tilgjengelig fra: <http://www.resirqel.no/nyheter/2020/5/12/resirqel-as-og-ragn-sells-as-lanserer-ombruksbank-i-byggebransjen> (Hentet: 15.mai 2020).
- Resirqel (2020b) *2019 - En oppsummering rundt ombruk og sirkulærøkonomi i Norsk bygg og anleggssektor*. Tilgjengelig fra: <http://www.resirqel.no/nyheter/2020/1/31/2019-en-oppsummering-rundt-ombruk-og-sirkulrkonomi-i-norsk-bygg-og-anleggssektor> (Hentet: 11.Februar 2020).
- Resirqel (u.å.) *Om*. Tilgjengelig fra: <http://www.resirqel.no/om-oss>.
- Richter, K. (2001) 7. LCA–Reuse/Recycle, *COST Action E13*, s. 167.
- Rienecker, L. et al. (2013) *Den gode oppgaven : håndbok i oppgaveskriving på universitet og høyskole*. 2. utg. utg. Bergen: Fagbokforl.
- RIF (2019) *State of the nation - Norges tilstand 2019 Kommunale og fylkeskommunale bygg*. Oslo.
- Riksantikvaren (2020a) *SEFRAK-registeret*. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/sefrak/> (Hentet: 19. mai 2020).
- Riksantikvaren (2020b) *Fredet- Vernet- Verneverdig*. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/prosjekter/fredet-vernet-verneverdig/> (Hentet: 19. mai 2020).
- Rodahl, T. (2019) *Digitale tvillinger*. Tilgjengelig fra: <https://ikt.tekna.no/digitale-tvillinger/> (Hentet: 1. desember 2019).
- Rognlien (2002) *Rapport 1: Gjenbruk i byggebransjen - State of the art*. Oslo: Statsbygg. Tilgjengelig fra: <https://www.yumpu.com/no/document/read/33125877/gjenbruk-i-byggebransjen-state-of-art-statsbygg>.
- Rose, C. M. og Stegemann, J. A. (2018) Characterising existing buildings as material banks (E-BAMB) to enable component reuse, i *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*. Thomas Telford Ltd, s. 129-140.
- Rønning, A., Lyng, K.-A. og Vold, M. (2011) *Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggematerialer - Litteraturstudie*. (Rapportnr. OR).
- Rønning, A., Engelsen, C. J. og Brekke, A. (2016) *Materialstrømsanalyse - byggavfall. Betong gips og vindusglass*. (827520741X).
- Sandberg, N. H., Sartori, I. og Brattebø, H. (2014) Using a dynamic segmented model to examine future renovation activities in the Norwegian dwelling stock, *Energy and Buildings*, 82, s. 287-295.
- Sandberg, N. H. et al. (2016) Explaining the historical energy use in dwelling stocks with a segmented dynamic model: Case study of Norway 1960–2015, *Energy and Buildings*, 132, s. 141-153.
- Sandberg, N. H. et al. (2019) *Energianalyse for bygningsmassen i Oslo. Scenarioanalyse av energibruk og klimagassutslipp 2009–2040*. (ZEN Rapport nr. 14 8253616198).
- Sartori, I. et al. (2008) Towards modelling of construction, renovation and demolition activities: Norway's dwelling stock, 1900–2100, *Building Research & Information*, 36(5), s. 412-425.
- Sartori, I., Sandberg, N. H. og Brattebø, H. (2016) Dynamic building stock modelling: General algorithm and exemplification for Norway, *Energy and Buildings*, 132, s. 13-25.
- Saunders, M. N. K., Lewis, P. og Thornhill, A. (2016) *Research methods for business students*. 7th ed. utg. Harlow: Pearson.
- Selvig, E. et al. (2018) *Regneregler for klimagassberegninger i Future Built - Bygg og områder*.
- Selvig, E. et al. (2020) *Lavutslippsmaterialer i bygg. Barrierer og muligheter*. (NIBIO Rapport 8217025193). NIBIO-Ås.
- SimaPro (2020) *About SimaPro*. Tilgjengelig fra: <https://simapro.com/about/> (Hentet: 27.april 2020).
- SINTEF Byggforsk (2004a) *700.307 Definisjoner, etablering og bruk av levetidsdata for bygg og bygningsdeler*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggforsk.no/dokument/3208/definisjoner-etablering-og-bruk-av-levetidsdata-for-bygg-og-bygningsdeler> (Hentet: 11.mars 2020).
- SINTEF Byggforsk (2004b) *344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggforsk.no/dokument/3223/tilpasningsdyktige-kontorbygninger#14> (Hentet: 14.april 2020).

- SINTEF Byggforsk (2011) 700.806 *Gjennomføring av rivearbeider*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering\\_av\\_rivearbeider#i5](https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering_av_rivearbeider#i5) (Hentet: 5. desember 2019).
- SINTEF Byggforsk (2012) 470.114 *Byggevarer - egnethet for materialgjenvinning*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/4040/byggevarer\\_egnethet\\_for\\_materialgjenvinning](https://www.byggforsk.no/dokument/4040/byggevarer_egnethet_for_materialgjenvinning) (Hentet: 12. mars 2020).
- SINTEF Byggforsk (2014a) 470.101 *Livsløpsvurdering (LCA) av byggevarer og bygninger. Innføring og begreper*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/205/livsloepsvurdering\\_lca\\_av\\_byggevarer\\_og\\_bygninger\\_innfoering\\_og\\_begreper#i12](https://www.byggforsk.no/dokument/205/livsloepsvurdering_lca_av_byggevarer_og_bygninger_innfoering_og_begreper#i12).
- SINTEF Byggforsk (2014b) 470.103 *Miljødeklarasjoner (EPD) av byggevarer*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/3006/miljoedeklarasjoner\\_epd\\_av\\_byggevarer#i12](https://www.byggforsk.no/dokument/3006/miljoedeklarasjoner_epd_av_byggevarer#i12) (Hentet: 13. mars 2020).
- SINTEF Byggforsk (2015) 470.102 *Metodiske valg og problemstillinger ved livsløpsvurdering (LCA)*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/4144/metodiske\\_valg\\_og\\_problestillinger\\_ved\\_livsloepsvurdering\\_lca](https://www.byggforsk.no/dokument/4144/metodiske_valg_og_problestillinger_ved_livsloepsvurdering_lca) (Hentet: 15. mars 2020).
- SINTEF Byggforsk (2016) 570.001 *Krav til produktdokumentasjon for omsetning og bruk av byggevarer*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/565/krav\\_til\\_produktdokumentasjon\\_for\\_omsetning\\_og\\_bruk\\_av\\_byggevarer](https://www.byggforsk.no/dokument/565/krav_til_produktdokumentasjon_for_omsetning_og_bruk_av_byggevarer) (Hentet: 1. november 2019).
- SINTEF Byggforsk (2017a) 773.340 *Asbest i bygninger. Forekomst og påvisning*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/731/asbest\\_i\\_bygninger\\_forekomst\\_og\\_paavisning](https://www.byggforsk.no/dokument/731/asbest_i_bygninger_forekomst_og_paavisning) (Hentet: 27. mai 2020).
- SINTEF Byggforsk (2017b) 600.004 *Byggforvaltning. Begreper og definisjoner*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/607/byggforvaltning\\_begreper\\_og\\_definisjoner#\\_52\\_Ombygging](https://www.byggforsk.no/dokument/607/byggforvaltning_begreper_og_definisjoner#_52_Ombygging) (Hentet: 22. mars 2020).
- SINTEF Byggforsk (2017c) 700.320 *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/3312/intervaller\\_for\\_vedlikehold\\_og\\_utsifting\\_av\\_bygningsdeler](https://www.byggforsk.no/dokument/3312/intervaller_for_vedlikehold_og_utsifting_av_bygningsdeler) (Hentet: 11. mars 2020).
- SINTEF Byggforsk (2018) 700.802 *Miljøkartlegging og miljøsanering ved riving og ombygging*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/644/miljoekartlegging\\_og\\_miljoesanering\\_ved\\_riving\\_og\\_ombygging#i3](https://www.byggforsk.no/dokument/644/miljoekartlegging_og_miljoesanering_ved_riving_og_ombygging#i3) (Hentet: 29. april 2020).
- Sintef Certification (2020) *Environmental Declaration (EPD)*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintefcertification.no/portalpage/index/184> (Hentet: 04. mars 2020).
- Skjelle, A. et al. (2001) *Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall - Utarbeidet av og for byggebransjen*.
- Skogesal, O. (2019) *Statistikk over BA-avfall - Beskrivelse av materialstrømmer. Gjennomgang av kilder for statistikk*. Tilgjengelig fra: <https://innovativeanskaffelser.no/wp-content/uploads/2018/12/nhp-statistikk-ba-avfall-20190123.pdf>.
- Sortere.no (u.å.) *Avfalls- og gjenvinningsbransjen i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://sortere.no/avfallsbransjen> (Hentet: 26. november 2019).
- SSB (2020a) *Bygningsmassen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/bygningsmasse> (Hentet: 17. mars 2020).
- SSB (2020b) *Avfall fra byggeaktivitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/avfbygganl> (Hentet: 28. april 2020).
- SSB (2020c) 03173: *Eksisterende bygningsmasse. Andre bygg enn boligbygg, etter bygningstype (F) 2001 - 2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/03173/> (Hentet: 11. mai 2020).
- SSB (2020d) *Statistikkbanken, Byggeareal - 10785: Byggeareal. Avgang av bygninger, etter region, bygningstype, statistikkvariabel og år*. Tilgjengelig fra: <https://data.ssb.no/api/v0/no/table/10785/> (Hentet: 28. mai 2020).



- St. meld 45 (2016-2017) (2017) *Avfall som ressurs- avfallspolitikk og sirkulærøkonomi*. Oslo: Klima- og miljødepartement. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/4c45f38bddee47a7b7847af108894c0c/no/pdfs/stm201620170045000dddpdfs.pdf> (Hentet: 24.09.2019).
- Standard Norge (2006) *NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=236803>.
- Statsministerens Kontor (2019) *Granavolden-plattformen*. regjeringen.no. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2626036/#klima>.
- Steinmann, Z. J. *et al.* (2016) How many environmental impact indicators are needed in the evaluation of product life cycles?, *Environmental science & technology*, 50(7), s. 3913-3919.
- Stenby, O. C. (2019) *Hva skjedde med husene og håndverket i 1950?* Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/byggeskikk/hva-skjedde-1950> (Hentet: 21.mars 2020).
- Strand, S. S. (2020) *Dette er de nye grenseverdiene for krom 6 i betong*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1422590>.
- Sunde, O. W. *et al.* (2019) *Virkemidler for økt ombruk*. Sandvika.
- Surampalli, R. Y. *et al.* (2020) *Sustainability: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons.
- Synnevåg, V. R. (2011) *Skipet "Framtiden" - Vår tids Noahs Ark*. Abrakadabra forlag.
- Sæthre, C. og Jensrud, O. P. (2015) *Rundskriv om normer for energi- og arealbruk for statlige bygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/rundskriv-om-normer-for-energi-og-arealbruk-for-statlige-bygg/id2474498/> (Hentet: 6. april 2020).
- Søholt, S., Ruud, M. E. og Braathen, E. (2012) A question of social sustainability: Urban interventions in critical neighbourhoods in Portugal and Norway, *Urban research & practice*, 5(2), s. 256-272.
- Sørnes, K. *et al.* (2014) *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintefbok.no/book/index/985/anbefalinger-ved-ombruk-av-byggematerialer>.
- Thorendal, I. (2019) *Bygninger som materialbanker – hvilke verdier går egentlig til spille?* Tilgjengelig fra: <https://www.efo.no/nyheter/bygninger-som-materialbanker-hvilke-verdier-gar-egentlig-til-spille> (Hentet: 11.april 2020).
- Thormark, C. (2000) Environmental analysis of a building with reused building materials, *International Journal of Low Energy & Sustainable Building*, 1.
- Thue, J. V. (2019) *Elementbygging*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/elementbygging> (Hentet: 11.april 2020).
- Tjora, A. (2012) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 2. utgave, Oslo: Gyldendal norsk forlag AS.
- UNEP og IEA (2018) *2018 Global Status Report- Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. Tilgjengelig fra: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27140/Global\\_Status\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27140/Global_Status_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- UNEP (2019) *Emissions Gap Report 2019*. Tilgjengelig fra: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30798/EGR19ESEN.pdf?sequence=13> (Hentet: 29. april 2020).
- UNEP og IEA (2019) *2019 Global Status Report for Buildings and Construction* Tilgjengelig fra: <https://www.unenvironment.org/resources/publication/2019-global-status-report-buildings-and-construction-sector> (Hentet: 5. februar 2020).
- Ungersness, E. *et al.* (2011) *Energi og effektprognoser for Oslo og Akershus mot 2050 - Delrapport til Nettpplan Stor-Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.statnett.no/globalassets/her-er-vare-prosjekter/region-ost/nettplan-stor-oslo/energi-og-effektprognoser-for-oslo-og-akershus-mot-2050-delrapport-til-nettplan-stor-oslo.pdf>.
- Valde, S., Ottesen, M. E. og Wormstrand, E. (2018) *Kartlegging av materialstrømmer fra små og mellomstore bygge-, rive- og rehabiliteringsprosjekter*. Oslo.

- van den Berg, M., Voordijk, H. og Adriaanse, A. (2020) Recovering building elements for reuse (or not)–Ethnographic insights into selective demolition practices, *Journal of cleaner production*, 256, s. 120332.
- van Dijk, S., Tenpierik, M. og van den Dobbelsteen, A. (2014) Continuing the building's cycles: A literature review and analysis of current systems theories in comparison with the theory of Cradle to Cradle, *Resources, Conservation and Recycling*, 82, s. 21-34.
- Vignisdottir, H. R. et al. (2015) *Projection of Waste Amounts from the Building Activities in Oslo*. NTNU.
- Weber Saint-Gobain (2019) *Ytelseserklæringer (DoP) og CE-merking*. Tilgjengelig fra: <https://www.weber-norge.no/service-tjenester/teknisk-informasjon/ytelseserklæringer-dop-og-ce-merking.html?fbclid=IwAR0GJgEITmMyUR6I--NItHWDeVQjHAX3dZtjCUGH2JDtK1bZzO3IcIHrzf8> (Hentet: 22. november 2019).
- Wijkman, A. og Skånberg, K. (2017) *The Circular Economy and Benefits for Society- Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency*. Tilgjengelig fra: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf?mtime=20170503073101> (Hentet: 6. mai 2020).
- Wilsgaard, S. (2018) *Europa har fått nytt avfallsdirektiv*. Tilgjengelig fra: <https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/europa-har-f%C3%A5tt-nye-avfallsdirektiv> (Hentet: 6. april 2020).
- Wærner, E. R. (2020) *Mulighetsstudie ombruk av boligbygg - Elvesletta nord*. Spitsbergen: Multiconsult.
- Wærner, E. R. T., Daniel (2020) Avfallsreduksjon i prosjekteringsfasen. Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/02/Avfallreduksjon-i-prosjekteringsfasen-rapport-workshop-281119.pdf> (Hentet: 3. mai 2020).
- Yin, R. K. (2018) *Case study research and applications : design and methods*. Sixth Edition. utg. Los Angeles: SAGE.
- Zink, T. og Geyer, R. (2017) Circular economy rebound, *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), s. 593-602. Tilgjengelig fra: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12545> (Hentet: 1. november 2019).
- Øyen, C. F. et al. (2010) *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing*. Statens bygningstekniske etat. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/klima/klimatilpassing/underlagsrapporter/sintef\\_klima\\_saarbarhetsanalyse\\_nou.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/klima/klimatilpassing/underlagsrapporter/sintef_klima_saarbarhetsanalyse_nou.pdf).

# Vedlegg

## **1 Detaljerte beregninger og forutsetninger for miljøsystemanalysen**

|   |    |
|---|----|
| 1.A - Stålsøyler og - bjelker. ....                             | 1  |
| 1.B - Hulldekker i betong. ....                                 | 3  |
| 1.C - Vinduer. ....   | 5  |
| 1.D - Kjølebafler. ....   | 7  |
| 1.E - Himlingsplater (Akustisk isolasjon). ....                 | 9  |
| 1.F - Fasadeplater. ....  | 11 |
| 1.G - Utslippsfaktorer for energi, maskiner og utstyr . . . . . | 14 |
| 1.H - Sensitivitetsanalyse . . . . .                            | 15 |

## **2 Intervju**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 2.A - Eksempel på intervjumal. .... | 16 |
|-------------------------------------|----|

## **3 Analyse av avfallsstatistikk fra Oslo kommune**

|  |    |
|--|----|
| 3.A - Fordeling av bygningstyper innenfor ulike tiltakstyper. .... | 18 |
| 3.B - Tiltaksarter og avfallsfraksjoner i datasettet. ....         | 19 |