

Ombruk av hulldekker fra eksisterende bygg

Kartlegging av miljømessige og økonomiske konsekvenser ved ombruk av hulldekker i byggebransjen.

ABDELAZIZ OMAR ALTINAWI



SONDRE KISMUL



INTERNE VEILEDERE
(UIA)

Anette Heimdal
Ingrid Lande

EKSTERNE VEILEDERE
(BETONG NORGE)

John Erik Reiersen
Thomas Bø

Universitetet i Agder, 2023

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap





Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> - ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. - ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. - ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. - har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. - ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det foreligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>



Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene, vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjennelse.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller taushetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

JA NEI

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet?

JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)



Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved institutt for Ingeniørvitenskap som en del av masterprogrammet for Byggkonstruksjon ved Universitetet i Agder. Masteroppgaven er den avsluttende oppgaven i emnet BYG508 og ble utarbeidet i det fjerde og siste semesteret. Prosjektet ble utført i samarbeid med Betong Norge.

Ombruk av hulldekker har blitt et ganske populært tema for både studenter, forskere og byggeindustrien i den siste tiden. Det har vært betydningsfullt for gruppen å kunne tilegne seg en slik unik kunnskap. Derfor er vi veldig takknemlige for at Universitetet i Agder har gitt oss muligheten til å gjennomføre denne oppgaven. Videre ønsker vi å rette en stor takk til Betong Norge, representert av *John Erik Reiersen* og *Thomas Bø* for deres råd, oppfølging, engasjement og faglige ressurser. Vi setter stor pris på samarbeidet.

Vi vil også benytte anledningen til å takke de interne veilederne våre ved Universitetet i Agder, *Anette Heimdal* og *Ingrid Lande* for veiledningsmøter, oppfølging og hjelp med rapporten. I tillegg vil vi takke alle informantene som kunne stille til intervju og dele sine verdifulle erfaringer med oss. Til slutt vil vi rette en spesiell takk til våre nærmeste venner og familie for deres støtte og vedvarende heiarop under skriveprosessen og gjennom hele studiet. Det har betydd mye for oss.

Grimstad, mai 2023

Abdelaziz Altinawi

Abdelaziz Altinawi

Sondre Kismul

Sondre Kismul



Summary

For a long time, the construction industry has been dominated by a linear mindset in building projects. The contemporary focus on our earth's climate, has put pressure on the industry in regard to its relation for circular economy. As a consequence, the development within the industry is adapting a practice of reuse of building materials. This master's thesis describes general challenges in regard to reuse of hollow-core slabs, while exploring solutions that could contribute to simplifying the process.

The thesis's method is based on literature and acquiring relevant documentation, combined with interviews of a specific focus group. The participants of the interview were chosen based on their experience with the reuse of hollow-core slabs. The results of the study show that the reuse of hollow-core slabs in construction projects could potentially result in great environmental savings. As a result of insufficient sample projects and experience, the reuse process tends to be characterized by a small degree of standardization and established methods for implementations. The contemporary building designs are not made to be compatible with reuse, which leads to the process often being quite expensive and time consuming. Combined with the fact that the production of new hollow-core slabs is cheaper and it's a highly optimized process, makes choosing a climate friendly option unprofitable.

In conclusion, government incentives can contribute to reducing both costs and risks associated with methods of reuse. For the practice to establish itself within the industry, the need for a business branch that can process, document, and store the elements on a bigger scale becomes more evident. Developing standardized mechanical solutions for the attachment of hollow-core slabs, will be crucial in order to make disassembly an effective process in the future. In order for the practice to work, improved laws and regulations that is suited towards the reuse of building materials will also be needed.



Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring.....	i
Publiseringsavtale.....	ii
Forord.....	iii
Summary	iv
Figurliste	viii
Tabelliste	ix
Terminologi	x
1. Innledning	1
2. Samfunnsperspektiv.....	4
3. Kunnskapsbakgrunn.....	8
3.1 Hulldekker	8
3.2 Avfall og ombruk	9
3.3 Sirkulærøkonomi i byggebransjen.....	10
3.4 Betong i sirkulærøkonomi	12
3.4.1 Miljøpåvirkninger	13
3.5 Tidligere erfaringer i byggeprosjekter	14
3.6 Design for demontering	15
3.7 Lean Construction.....	15
3.8 Prosedyrer for ombruk av hulldekker	16
3.8.1 Dokumentasjon	16
3.8.2 Demontering.....	17
3.8.3 Testing	19
3.8.4 Mellomlagring	20
3.8.5 Montering.....	21
4. Forskerspørsmål.....	22
4.1 Avgrensninger.....	22
5. Case	23
5.1 Regjeringsbygg R4	23
6. Metode.....	25
6.1 Utvikling av problemstilling	25
6.2 Valg av metode.....	26
6.3 Kvalitativt Litteratursøk.....	27
6.3.1 Litteraturstudie.....	27

6.4	Innhenting av andre dokumenter	29
6.5	Intervju	29
6.5.1	Sikt - Kunnskapssektorens tjenesteleverandør	30
6.5.2	Fokusgruppe	30
6.5.3	Intervjuguiden	31
6.5.4	Gjennomføring av intervju	32
6.5.5	Transkribering av data	32
6.5.6	Analyse av intervjudata	32
6.5.7	Kvalitetssikring av analyse	33
7.	Resultat	34
7.1	Konsekvenser av ombruk	34
7.2	Kartlegging av utfordringer fra litteraturstudie og dokumenter	36
7.3	Resultater fra intervjuer	39
7.3.1	Erfaringer fra ombruk i Regjeringsbygg 4	39
7.3.2	Logistikk	40
7.3.3	Økonomi	42
7.3.4	Drivere	44
7.3.5	Forenkle prosessen	46
7.3.6	Regelverk	48
8.	Diskusjon	50
8.1	Miljøkonsekvenser ved ombruk	50
8.2	Utfordringer og potensielle løsninger	51
8.2.1	Demontering	51
8.2.2	Geometrier og fysisk tilstand	52
8.2.3	Design for demontering	53
8.2.4	Transport	53
8.2.5	Mellomlagring	54
8.2.6	Standarder og regelverk	54
8.2.7	Koordinering og samspill	56
8.2.8	Erfaring, metoder og verktøy	57
8.2.9	Økonomi og insentiver	57
8.3	Svakheter	58
8.3.1	Metode – Litteraturstudie	59
8.3.2	Metode – Innhenting av andre dokumenter	59
8.3.3	Metode – Intervju	59



9.	Konklusjon.....	61
9.1	Hovedfunn.....	62
10.	Anbefalinger.....	63
11.	Referanser.....	65
12.	Vedlegg.....	69

Figurliste

Figur 1.1: Modell for lineærøkonomi, sammenlignet med sirkulærøkonomisk modell, inspirert av kilden [13].....	2
Figur 2.1 : Illustrasjon av årlig globalt forbruk av forskjellige byggematerialer [24].....	4
Figur 2.2: FNs 17 bærekraftsmål [35].....	5
Figur 2.3: FNs bærekraftsmål 11.b [3].....	6
Figur 2.4: FNs bærekraftsmål 12.2 [4].....	7
Figur 2.5: FNs bærekraftsmål 12.5 [4].....	7
Figur 3.1: Hulldekkeelementer med ulike typer kanalformer [37].	8
Figur 3.2: Hulldekke med standard modulbredde og illustrasjon av skjærfuge til venstre [36].....	9
Figur 3.3: Illustrasjon av avfallspyramiden med de ulike nivåene, gjenskapt av gruppen [38]	9
Figur 3.4: Betongens verdikjede, samt forskjellige strategier inkludert sirkulære strategier for å redusere miljøpåvirkninger fra betong. Figuren er gjenskapt av gruppen [6].....	11
Figur 3.5 : Illustrasjon av de 7 sløingskategoriene, inspirert av kilden [53].	16
Figur 3.6: Hulldekker som er festet med skjærfuge og påstøp på toppen [12].	18
Figur 3.7: Skisse av hulldekke ved utheising. Snittet viser kjettingens posisjon – <i>prosedyre for demontering 02 inkludert i vedlegg A</i> , gjenskapt av gruppen.....	19
Figur 3.8: Hulldekker lagres i stabler som er adskilt med mellomlegg [57].	21
Figur 3.9: Løfting av hulldekker med innstøpte løfteanordninger [57].....	21
Figur 5.1: Tidligere Plassering av R4-bygget [59].	23
Figur 5.2: Fotografi av R4-bygget [60].....	24
Figur 6.1: Framgangsmåte for utvikling av problemstilling, inspirert av kilden [2].....	25
Figur 6.2: valgte metoder for masteroppgaven [1].....	26
Figur 6.3: Søkestrategien som er brukt ved litteratursøk [1].	28
Figur 6.4: Fremgangsmåte for valg av forskningsartikler [1].....	29
Figur 6.5: Ulike metoder for intervju og gjennomføring der <i>metoden som ble benyttet er markert med blå sirkel, inspirert av kilden [64]</i>	30
Figur 7.1: Miljøbesparelser ved ombruk, sammenlignet med gjenvinning [5].	35
Figur 7.2: Fordelingen av de ulike kostnadene i R4-bygget, fra <i>Enova-rapporten</i> inkludert i <i>vedlegg A</i> . Figuren er gjenskapt av gruppen.....	38
Figur 8.1: Prosessen med ombruk av byggevarer i henhold til regelverket, inspirert av figur i figur i <i>ENOVA-rapporten i vedlegg A</i>	55



Tabelliste

Tabell 0.1: Ordforklaring på ulike begreper i oppgaven [1].	x
Tabell 3.1: Eksponeringsklassene X0-XC4, med tilsvarende beskrivelse av miljøet [48].	13
Tabell 3.2: Minste prøveomfang for vurdering av egenskaper av hulldekker [56], gjenspekt av gruppen.	20
Tabell 6.1: Rekkefølge på intervjuene med informantene navn og rolle [1].	31
Tabell 7.1: Hovedfunn for barrierer og løsninger fra artikkelen til Ghisellini et al. [66].	36

Terminologi

Her presenteres forklaringen på ulike begreper som brukes i oppgaven, se Tabell 0.1.

Tabell 0.1: Ordforklaring på ulike begreper i oppgaven [1].

Ord	Forklaring
Ombruk	«Produkter eller materialer brukes på nytt til samme formål som før, uten at de må bearbeides noe særlig» [7].
Gjenbruk	«blir ofte brukt litt upresist om ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse» [7].
Materialgjenvinning	«Avfall omdannes til nye produkter, for eksempel ved at plastmateriale smeltes om til plastpellets som kan brukes til å lage nye plastprodukter. Dette blir ofte kalt for resirkulering» [7].
LCA	«(Life Cycle Assessment) eller "Livsløpsvurdering" er en systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåvirkninger gjennom hele livsløpet til et produkt/produksystem» [8].
Downcycling/ nedsirkulering	«En form for resirkulering der materialverdien synker for hver ny behandling, og bare et produkt av lavere kvalitet kan lages av materialet» [9].
Design for demontering (DfD)	«En designprosess i bygg som tilrettelegger for enkel demontering av produkter, deler og materialer når et bygg demonteres eller renoveres» [10] (oversatt av forfatterne).
Cradle-to-Cradle	«Cradle to Cradle betyr "fra vugge til vugge" på norsk. Dette erstatter uttrykket "fra vugge til grav". I stedet for å se på materialer som noe som forbrukes og blir til avfall, kan vi tenke gjenvinning, og hvordan materialer kan brukes i nye sammenhenger» [11].

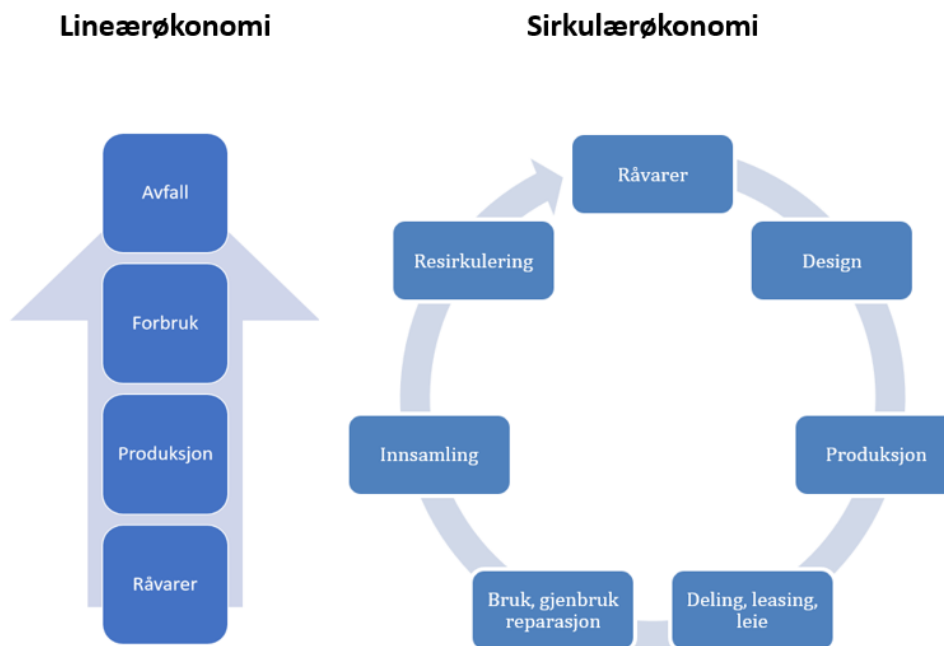


1. Innledning

Byggenæringen er i dag kjennetegnet av lineære prosesser [12]. Det innebærer at råvarer som er hentet ut fra naturen og bearbeidet til forskjellige byggematerialer, har blitt samlet og kastet i form av avfall etter levetiden. Det tyder på at fokuset så langt har vært på effektivitet og kostnader, heller enn å sette bærekraft og naturens ressurser som et prioritert mål. Selv om verden i dag opplever mangel på naturressurser, noe som peker på en uforutsigbar fremtid, fortsetter den lineære økonomiske modellen å være den dominerende i byggebransjen [13] [14]. I Norge bidrar byggenæringen til ca. 16 % av de samlede klimagassutslippene, og utgjør mesteparten av alt avfallet, med ca. 25 %. I tillegg står byggenæringen for ca. 40 % av den totale årlige materialbruken. Noen av de største årsakene til klimautslipp fra bygg og eiendom, er produksjon og transport av byggevarer [15]. Byggenæringen er dermed sentral i prosessen med å oppnå klima- og miljømålene som Norge jobber mot [16].

Klimaavtalen er en internasjonal avtale som er startet av EU, med mål om å kutte mengden klimagassutslipp i samarbeid med medlemslandene. Forpliktselen innebærer å få ned utslippene med minst 50 % til 55 % innen 2030, i forhold til 1990-nivå [17]. EU har også forpliktet seg til et mål om å forberede minst 70 % av bygg- og anleggsavfall til ombruk eller materialgjenvinning innen 2020 [18]. Siden Norge er bundet til EØS-avtalen, gjelder også målet for den norske byggenæringen. Tall fra Statistisk Sentralbyrå [18] kan indikere at dette minimumsmålet er nådd. Her vises det til at hele 80 % av bygg og anleggsavfall ble sendt til materialgjenvinning eller forberedt til ombruk i 2021. Dette er en stor økning fra de tidligere årene, og skyldes i hovedsak en økning av mengden betong- og teglavfall som blir utnyttet som fyll- og dekkmasse. Dette er noe upresist fordi tallene viser hvor mye som er sendt til materialgjenvinning, og ikke hvor mye som gjenvinnes i realiteten. Statistikken er likevel en indikator på hvordan Norge ligger an, men er ikke dekkende for hele målet som omfatter alt avfall [18].

Sammen med målet om å redusere klimautslippene og forbruket av ressurser, har «sirkulær økonomi» fått større fokus i byggenæringen. Miljødirektoratet [7] sier at «*I en sirkulær økonomi må produktene vare så lenge som mulig, repareres, oppgraderes og i større grad brukes om igjen*». Det har vært mye snakk om det grønne skiftet, noe som understreker behovet for at bransjen beveger seg fra en lineær økonomisk modell til en lukket sløyfemodell, nemlig en sirkulærøkonomisk modell, som vist i Figur 1.1. Den lineærøkonomiske modellen går ut på at råvarer som blir hentet ut og behandlet, ender som avfall etter at brukstiden er over. I den sirkulærøkonomiske modellen er målet at produktene skal vare så lenge som mulig. Produktene repareres, oppgraderes og brukes om igjen. Når materialene ikke kan brukes mer, gjenvinnes avfallet og råvarene blir brukt på nytt i andre produkter [7]. Dermed følger materialene et sirkulært livsløp.



Figur 1.1: Modell for lineærøkonomi, sammenlignet med sirkulærøkonomisk modell, inspirert av kilden [13].

Med økt kunnskap og bevissthet på å redusere klimagassutslippene, har flere i byggesektoren jobbet mot å lukke materialkretsløpet i prosjekter [19]. En av løsningene har vært å prosjektere med hensyn til et sirkulært design, der en ser på gamle bygg som materialdepot. I motsetning til den tradisjonelle tankegangen der byggene rives og materialet deponeres, er målet å ombruke mest mulig brukbare materialer. FutureBuilt er en av aktørene som har formulert kriterier for sirkulære bygg. De peker på at ombruk av hele bygg ikke er noe nytt, men at det frem til nå har vært unntaket, i stedet for regelen. Så langt har gjenbruk av bygg vært begrenset til gjenvinning, der en eksempelvis benytter nedknust bygningsmasse til energigjenvinning og veifyllinger.

For å redusere materialforbruket er det avgjørende å optimalisere livsløpet til de eksisterende og fremtidige byggematerialene. Ifølge en artikkel av Küpfer et al. [6] er betong det mest brukte byggematerialet globalt, med et årlig forbruk på rundt 30 gigatonn. Bare i Europa utgjør betong alene omtrent 30 % av det totale materialavfallet. Artikkelen sier at betong bidrar til en betydelig del av klimagassutslippene, hovedsakelig som følge av den energikrevende klinkerproduksjonen. Behovet for betong er fortsatt økende i dag, og produksjonen bidrar til store luftforurensninger [20]. Uthenting av råmaterialer og deponering av avfallet utgjør en trussel mot naturen, økosystemet og det biologiske mangfoldet [21]. De siste tiårene er det sett på flere tiltak for å redusere miljøskadepåvirkningen fra betongindustrien og byggebransjen. Disse tiltakene har blant annet vært å benytte alternative energikilder til klinkerproduksjon, fange opp og lagre CO₂, erstatte deler av klinker med alternative materialer eller redusere mengden sement i betongmiksen. I tillegg har det vært noe praksis rundt «resirkulert betong», som går ut på å benytte knuste betongfraksjoner i ny betongblanding [6]. Küpfer



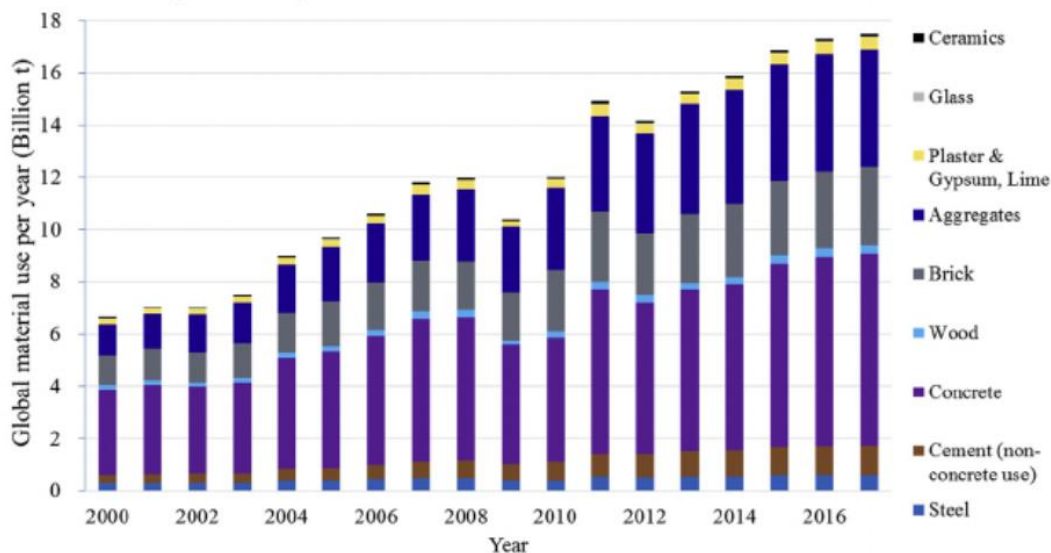
et al. [6] hevder at selv om dette er tiltak som bidrar til å redusere CO₂-utslippet per betongmasse, er det fortsatt ikke nok. Strategier som derimot baserer seg på sirkulærøkonomi, sikter på å begrense avfallsmengden ved å forlenge betongens levetid gjennom en gjenvinningsløyfe.

For å forstå hvilken retning byggenæringen bør utvikle seg mot, er det også viktig å forstå behovet for fremtidens bygg [15]. Dette vil påvirkes av endringer i markedet og bruksmønstre, samt ny teknologi som utvikles. Et område som har vært fokusert på er at bygg skal kunne vare lenger, og designes med større grad av fleksibilitet. Ved å utforme byggene med flere standardiserte løsninger som lettere lar seg demontere og reparere, vil de lettere kunne tilpasses ved endringer. Dette kan blant annet innebære å bruke elementer med reversible sammenføyninger, slik at de lettere kan tas fra hverandre igjen [15]. For bæresystemer i betong, er prefabrikkerte elementer blitt vanlig å bruke [22]. For å få økonomisk utbytte av betongelementer, kreves det nøye planlegging under prosjektering, og mest mulig bruk av standardiserte elementer og tilslutningsdetaljer [23]. En av praksisene i byggebransjen som er lite utbredt, er ombruk av gamle betongelementer i nye konstruksjoner. Dette er noe som har potensial til å lukke materialsølyfen i større grad, og redusere behovet for jomfruelige råvarer [15].

En vanlig form for prefabrikkerte betongelementer er hulldekker, som benyttes i takkonstruksjoner og etasjeskillere. Praksisen med ombruk av hulldekker er fortsatt i et tidlig stadium, og krever i dag mye arbeid for å gjennomføres. Denne masteroppgaven tar for seg en sirkulær strategi som går ut på å bruke hulldekkerelementer fra gamle bygg i nye konstruksjoner. Ved å demontere de eksisterende hulldekkene kan elementene få nytt liv i fremtidige bygg. Ombruk tar sikte på å forlenge livsløpet til eksisterende materialer, og bidrar til å redusere behovet for nye produkter, samt avfall [6].

2. Samfunnsperspektiv

Som et resultat av rask urbanisering og befolkningsvekst har bruken av byggematerialer økt betraktelig [24]. Mengden byggematerialer som forbrukes over hele verden tredoblet seg fra 6,7 milliarder tonn i 2000 til 17,5 milliarder tonn i 2017. De mest brukte byggematerialer er betong, tilslag og murstein. Figur 2.1 viser årlig forbruk av byggematerialer globalt i perioden mellom 2000 – 2017 [24].



Figur 2.1 : Illustrasjon av årlig globalt forbruk av forskjellige byggematerialer [24].

Dette har ført til betydelig økt forurensning og avfallsutslipp [24], noe som peker på hvorfor byggebransjen globalt står for ca. 40 % av alle klimagassutslippene [25]. Samtidig utgjør avfallsmengde fra byggeaktiviteter 33 % av verdens totale avfall [26]. Basert på de store mengdene med utslipp og avfall, viser det at verdens naturressurser blir utnyttet i alt for høy grad. Derfor er det viktig å legge til rette for nye strategier og teknikker som vil hjelpe med å oppnå en bærekraftig bransje i fremtiden, og mer effektiv ressursforvaltning. I Norge er byggenæringen den næringen som produserer mest avfall, noe som utgjør 29 % av den totale avfallsmengden [27], og står for omtrent 15 % av klimagassutslippene [28]. Av den grunn vil byggebransjen være avgjørende for å kutte ned klimagassutslippene, og ikke minst avfallsmengder. For å få dette til må nye handlingsplaner og tiltak utarbeides, samt strengere krav må stilles.

I 2020 presenterte EU en ny handlingsplan for sirkulærøkonomi [29]. Denne planen er en viktig del av EU sin «Grønne vekststrategi». I Norge har regjeringen bestemt et mål om at «Norge skal være et foregangsland i utviklingen av en grønn, sirkulærøkonomi som utnytter ressursene bedre». På bakgrunn av dette utarbeides den nasjonale planen for sirkulærøkonomi [29]. Et av målene til handlingsplanen er at ressursene skal utnyttes på best mulig måte. Ved å lukke materialslyfene kan bransjen hindre at ressurser går tapt [29]. Dette handler hovedsakelig om materialgjenvinning, fremfor energiutnyttelse. For å utnytte produkter på en mer effektiv måte kan de repareres, oppgraderes og produseres med hensyn til et langt livsløp. Ved å gjenvinne avfall kan ressursene gjenbrukes flere

ganger, blant annet som råvarer, og dermed få ned råmaterialuttak. Dette krever at samfunnet jobber for å utvikle en sirkulærøkonomi.

Ombruk er en strategi for sirkulærøkonomi som benyttes ved endt livsløp av materialer [30], og har et betydelig potensial for å redusere klimagassutslippene og avfallsmengdene [31]. Betong som byggemateriale alene står for omtrent 10 % av den totale avfallsmengden [32]. Ved å benytte ombruk av hulldekker i et sirkulærøkonomisk perspektiv vil en redusere behovet for utvinning av råmaterialer, samt sementproduksjonen. Dette vil føre til lavere utslipp og bedre forvaltning av naturressurser [12]. Samtidig vil byggebransjen oppnå økt potensialet på grunn av elementenes volumer, og deres høye standardiseringsgrad [33]. Henning Fjeldheim jobber som seniorrådgiver i Skanska Norge innenfor klima, energi og bygningsfysikk, og har i et intervju omtalt følgende: «Ombruk av hulldekeelementer er å ta sirkulærøkonomi et steg videre i byggebransjen (...) I stedet for å rive eksisterende gamle elementer, og bruker dem som fyllmasse, bygger vi med dem om igjen» [32].

Ved å sette i kraft en slik praksis i byggebransjen kan innovasjon, bærekraft og ansvarlig ressursforbruk fremmes. FNs 17 bærekraftsmål, vist i Figur 2.2, skal ta hensyn til klima og miljø, økonomi og sosiale forhold, for å skape en bærekraftig utvikling. Disse skal bidra til en positiv utvikling for land, næringsliv og sivilsamfunn. Under de 17 hovedmålene er det utarbeidet 169 delmål som tar for seg spesifikke områder å jobbe mot. Hensikten med bærekraftsmålene er blant annet å stoppe klimaendringene. Planen omfatter flere områder som påvirker hvordan samfunnet skal utformes, og samtidig bidra til bærekraftig forbruk og produksjon [34]. En tydelig strategi for ombruk av hulldekker har potensialet for å bidra til denne prosessen og hjelpe til å oppnå flere av FNs bærekraftsmål.



Figur 2.2: FNs 17 bærekraftsmål [35].

I dag bor over 50 % av verdens befolkning i byer, og antallet vil øke betydelig det neste tiåret [3]. Siden byene ofte består av store bygningsmasser som skal vare over lang tid, er det viktig å utvikle løsninger som er bærekraftige for fremtiden. Dette påvirkes blant annet av hvilke byggematerialer som brukes, og hvordan byggene designes. For å skape bærekraftige bygg og infrastruktur som skal ha en lang levetid, kan ombruk være en viktig del av løsningen. Det vil også være viktig å jobbe mot at byggene kan ha flere funksjoner, og være mer fleksible for ombygging. Dette krever nye innovative løsninger, som gjør at aktørene i byggebransjen må undersøke nye metoder. Ombruk av hulldekker vil bidra til å skape bærekraftige byer og samfunn ved å redusere klimagassutslippene som kommer fra sementproduksjonen, samt redusere sløsing med naturens ressurser, noe som kan settes i sammenheng med bærekraftsmål 11 - «Bærekraftige byer og lokalsamfunn» [3], og kan knyttes direkte til delmål 11.b:

«Innen 2020 oppnå en betydelig økning i antall byer og lokalsamfunn som vedtar en integrert politikk og gjennomfører planer med sikte på inkludering, bedre ressursbruk, begrensning av og tilpasning til klimaendringer samt evne til å stå imot og håndtere katastrofer, og dessuten utvikle og iverksette et helhetlig system for risikostyring og katastrofehandtering på alle nivå, i tråd med Sendai-rammeverket for katastrofeberedskap for 2015–2030» [3].

Figur 2.3 illustrerer FNs bærekraftsmål 11.b.



Figur 2.3: FNs bærekraftsmål 11.b [3].

Samtidig bidrar riktig forvaltning av ressurser til større sikkerhet for samfunnet i fremtiden, og tilgang på råvarer. Dette kan oppnås ved at byggenæringen bidrar til å utnytte byggematerialer i enda større grad, og tenke langsiktig. For eksempel kan enkelte løsninger koste mer i starten, men vil vare enda lengre på sikt, og dermed gi større avkastninger med tiden. I tillegg vil en redusere uttaket av jomfruelige materialer, og ikke-fornybare ressurser. Dette kan settes i sammenheng med bærekraftsmål 12 – «Sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre» som omhandler hvordan samfunnet kan utnytte ressursene i høyere grad. Dette gjelder også hvordan mennesker forbruker materialer, og er i stand til å forvalte ressurser til fremtidige generasjoner. Dette kan knyttes direkte til delmål 12.2 som går ut på å: «Innen 2030 oppnå bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser» [4], vist i figur 2.4.



Figur 2.4: FNs bærekraftsmål 12.2 [4].



Figur 2.5: FNs bærekraftsmål 12.5 [4].

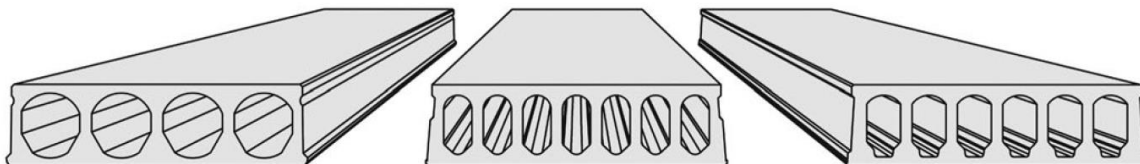
Det er også avgjørende å tenke på avfallet som ressurser for å redusere den enorme avfallsmengden fra byggeaktiviteter. Dette krever også systemer som legger til rette for ombruk og reduksjon av unødvendig forbruk. Ved å ombruke hulledekkerelementene vil bransjen minimere avfallsmengde, øke ressurseffektiviteten, og redusere etterspørselen av nye materialer og dermed råmaterialer. Dette kan kobles direkte til delmål 12.5 som har målsetting om å: «*Innen 2030 redusere avfallsmengden betydelig gjennom forebygging, reduksjon, materialgjenvinning og ombruk*» [4], vist i figur 2.5.

3. Kunnskapsbakgrunn

Under presenteres relevant kunnskap og tidligere forskning som skal gi innsikt i problemområdet og oppgaven. For å belyse problemområdet er det gjennomgått vitenskapelige artikler og innhentet dokumenter som er relevante for temaet.

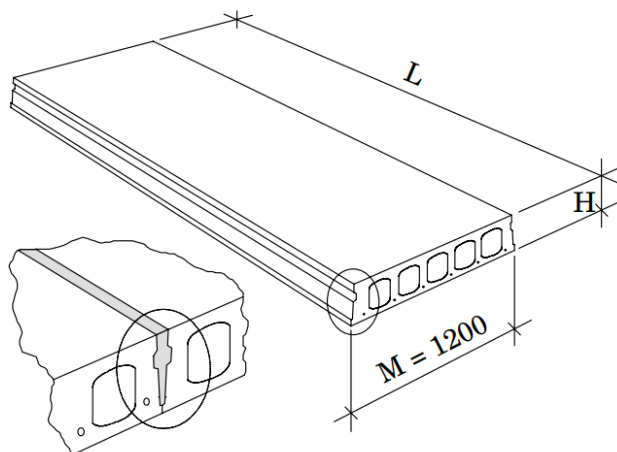
3.1 Hulldekker

Hulldekker er forspente dekker med åpne kanaler som ligger på langs i elementene [36]. De blir vanligvis brukt i tak og dekker i konstruksjoner som boliger, skoler og kontor- og forretningsbygg. Det er heller ikke fremmed å benytte de i industribygg som etasjeskillere. De produseres ved ekstrudering eller ved å benytte glideforskaling. Dekkene støpes i store lengder på en stålbunn, slik at de får en glatt underflate, mens sider og overflate får en viss ruhet som skaper god heft ved fugestøping og avretting. Ulike typer produksjonssystemer varierer etter hvilken produsent som leverer hulldekkene. Dette gjør at kanalene varierer i antall, form og størrelse, etter hvilket system som brukes. Figur 3.1 viser hulldekker med ulike typer kanalformer. En fordel med hulldekker er at de har gunstig pris, og er et alternativ til dyrere himlinger. I tillegg tilfredsstilles de fleste krav til lydisolasjon, grunnet tilstrekkelig flatevekt. En fordel med kanalene, er at de kan benyttes til å lede el- og VVS-installasjoner, eller benyttes direkte som kanaler for ventilasjon. Sistnevnte metode er særlig gunstig for systemer som bruker varmelagringsevnen til betongen. En forutsetning for slike energisystemer er at de krever enkelte spesielle tiltak ved montering.



Figur 3.1: Hulldekkeelementer med ulike typer kanalformer [37].

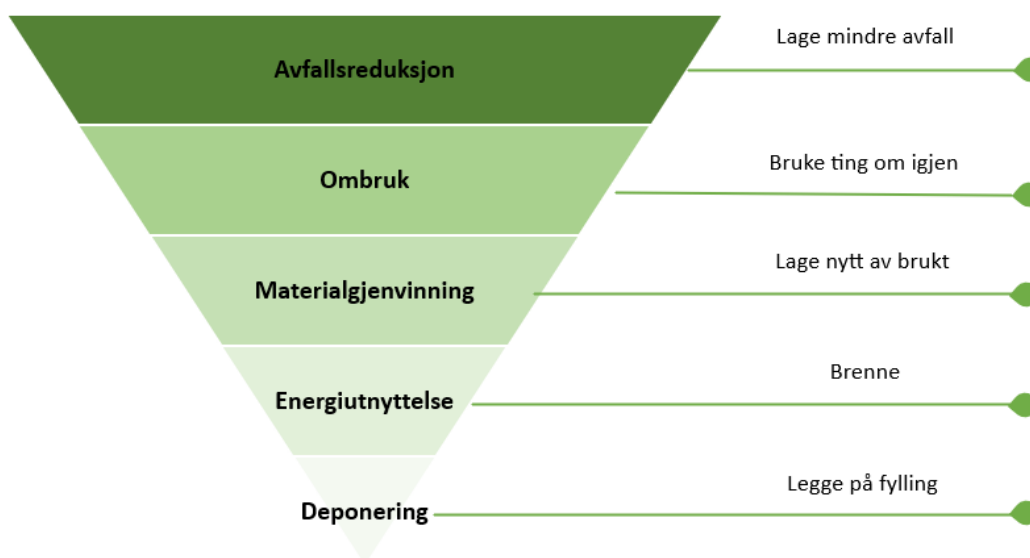
Standard modulføydde for hulldekkene er 1200 mm, mens høyden varierer fra 200-520 mm [36], se Figur 3.2. I tillegg benyttes fasthetsklasse B45 eller høyere. Spennetauene som brukes til armering må følge FprEN 10138. Det er også anbefalt å holde innstøpingsmateriale og utsparinger til et minimum. Utsparinger og slisser for montasjestøpning, ferdigstilles ved produksjonen, mens mindre utsparinger kan kjernebores etter montering.



Figur 3.2: Hulldekke med standard modulbredde og illustrasjon av skjærfuge til venstre [36].

3.2 Avfall og ombruk

I Norge har avfallspolitikken et mål om at avfallet skal gjøre så lite skade og ulempe som mulig. Figur 3.3 viser avfallspyramiden, som illustrerer den prioriterte rekkefølgen for det eksisterende avfallet. Dette er også hva den norske avfallspolitikken prøver å følge. Første målet er å ende opp med minst mulig avfall, ved å forebygge at det oppstår. Videre er ombruk det beste tiltaket ved å benytte seg av gjenstander på ny. Materialgjenvinning er deretter det neste steget ved å bruke de ulike materialene til å lage nye produkter. Under der igjen er energiutnyttelse ved burning. Til slutt er deponering det siste alternativet for å kvitte seg med avfallet [29].



Figur 3.3: Illustrasjon av avfallspyramiden med de ulike nivåene, gjenskapet av gruppen [38]

I en rapport utarbeidet av SINTEF [31] kartlegges potensialet for ombruk av byggematerialer i det Norske markedet. Den slår fast at ombruk av byggematerialer kan bidra til å få ned mengden avfall og utslipp i Norge. I tillegg vil den økte prisen på byggevarer de siste årene bidra til at ombruk kan bli mer attraktivt. Våren 2021 presenterte regjeringen en nasjonal strategi som omhandlet sirkulærøkonomi. Et av målene som ble fremmet var at 70 % av bygg- teglavfall skal tilrettelegges for ombruk eller materialgjenvinning. I tillegg var det et ønske fra regjeringen å tilrettelegge for høyere grad av ombruk, ved å foreta potensielle endringer i de nasjonale kravene. Direktoratet for byggekvalitet har utarbeidet en veileder for å minske utfordringer rundt krav til dokumentasjon ved ombruk av byggevarer. I tillegg har regjeringen gjort endringer i avfallsforskriften, for å tilrettelegge for mer ombruk av betong og tegl [31]. Blant annet skal «Medlemslandene treffe tiltak for å fremme «selektiv» rivning av bygg og anlegg for å sikre at farlige stoffer kan fjernes på en trygg måte, og legge til rette for ombruk og materialgjenvinning» [39].

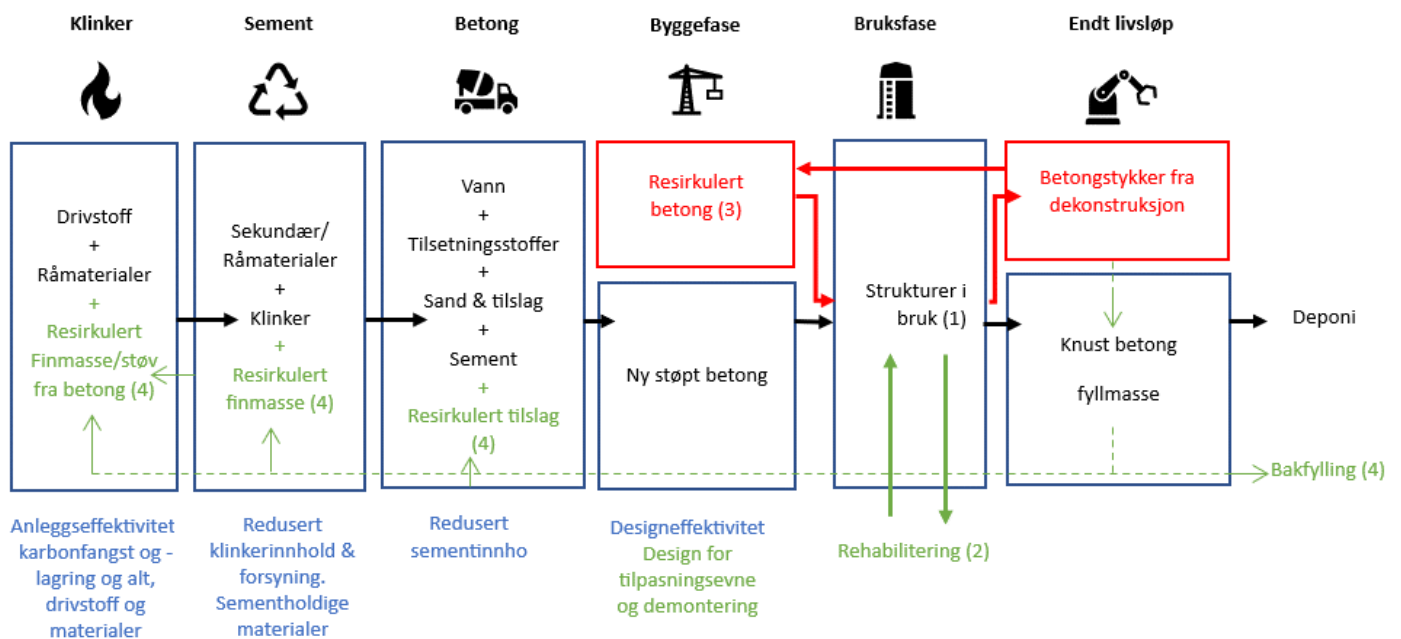
Byggevarerforordningen (forordning (EU) nr. 305/2011) [40] skal sikre at byggverk planlegges og oppføres i henhold til grunnleggende HMS-krav. Målet er også å redusere tekniske hindringer angående handelen i EØS-området. Det var tidligere usikkerhet rundt kravene for CE-merking av materialer før 2013. Ifølge Standard Norge er CE-merking «det synlige bevis på at et produkt anses å oppfylle kravene som er fastsatt i ett eller flere av ny metode-direktivene/forordningene» [41]. Dette er et bevis for de instansene som kontrollerer produktene, og de har dermed fri markedsadgang i EØS-området [41]. Det ble senere avklart at dette ikke var nødvendig for byggevarer før 2013. Det stilles likevel krav til testing og systematikk for å sikre kvaliteten ved ombruk.

3.3 Sirkulærøkonomi i byggebransjen

En sirkulærøkonomi kan ifølge Kirchherr et al. [42] defineres som et økonomisk system som erstatter «end-of-life»-fasen med reduksjon, ombruk/gjenbruk, resirkulering og gjenvinning i produksjons-/fordelings- og forbruksprosesser. Det hevdes at overgangen til sirkulærøkonomi må skje på tre nivåer: Mikronivå som tar hensyn til (varer, individuelle virksomheter, og forbrukere), mellomnivå eller regionalnivå som fokuserer på et spesifikt område eller felt, og makronivå som understreker behovet for å endre den industrielle sammensetningen og strukturen til hele økonomien (by, region, nasjon og utover). Målet er å oppnå bærekraftig utvikling, og dermed skape miljøkvalitet, økonomisk velstand og sosial rettferdighet, til fordel for nåværende og fremtidige generasjoner.

Den dominerende økonomimodellen med «ta, bruk, kast» er lite ressurseffektiv, og kan ikke lenger være ledende ifølge Gallego-Schmid et al. [43]. Grunnen til det er at etterspørselen etter ressurser øker, noe som igjen gir negative miljøpåvirkninger. Derimot kan sirkulærøkonomimodellen minimere utnyttelsen av naturens ressurser, redusere avfallsmengder, klimagassutslippene og energibruken, ved å forlenge produktets levetid og lukke material- og energisløyfe.

I en studie utarbeidet av Küpfer et al. [6] presenteres tre forskjellige strategier som har potensialet til å redusere skadelige miljøpåvirkninger tilknyttet sementproduksjonen. Figur 3.4 viser betongens verdikjede fra produksjonsfasen til endt livsløp, med strategiene farget i blått, rødt og grønt.



Figur 3.4: Betongens verdikjede, samt forskjellige strategier inkludert sirkulære strategier for å redusere miljøpåvirkninger fra betong. Figuren er gjenskapet av gruppen [6].

Det som i figuren er farget i blått er direkte tiltak for å redusere utslipp av klimagasser knyttet til betong. Det inkluderer blant annet bruk av alternativt brensel for å produsere klinker, erstatte en del av klinkeren som brukes til å lage sement med andre produkter, redusere mengden sement i betongblandinger, eller redusere mengden betong som kreves gjennom designeffektivitet. Disse løsningene eliminerer likevel ikke de skadelige miljøpåvirkningene fullstendig, til tross for at de vil redusere CO₂-utslipp per masse produsert betong.

Samtidig viser Figur 3.1 strategier basert på sirkulærøkonomisk tankegang farget i grønt og rødt. Strategiene søker å begrense avfallsopsamling, samt forlenge bruken av betong og implementere materialgjenvinningsløyper. Sirkulære strategier bør iverksettes i samsvar med måten beskrevet i avfallshierarkiet, som rangerer avfallshåndteringsplaner i rekkefølge etter anslått økologisk påvirkning [6]. Sirkulære strategier bør følges i den prioriterte rekkefølgen. Først skal konstruksjoner holdes i bruk lengst mulig uten modifikasjoner. Deretter kan en prioritere reparasjoner eller rehabilitering hvis nødvendig. Dersom rivning av bygget er uunngåelig, er det foretrukket å demontere elementene, og tilrettelegge de for bruk i et annet prosjekt med minimal prosessering. Hvis komponentene ikke kan gjenbrukes, kan resirkulering være den beste løsningen for å lage et lignende eller et nytt produkt. Sistnevnte strategi anvendes i betongkonstruksjoner i form av knusing og nedsirkulering av betongen, og deretter bruke den som fyllmasse i utgravde områder eller for å erstatte naturlig tilslag. Det hevdes også i artikkelen at resirkulert betong reduserer søppelproduksjon og ressursutarming sammenlignet med konvensjonell betong, men den produserer ikke mindre klimagasser per kubikk siden det trengs mer sement for å oppnå samme styrke [6].

3.4 Betong i sirkulærøkonomi

Betong er det mest brukte byggematerialet på verdensbasis [44] [45]. Det er sammensatt av ulike materialer, inkludert sement, vann, tilslag og tilsetningsstoffer. Blandingen av sement og vann kalles for sementpasta eller sementlim. Tilslaget inneholder materialer som sand, pukk og stein. Blandingsforholdet varierer etter bruksområdet. I tillegg benyttes ofte tilsetningsstoffer i blandingen for å oppnå ønskede egenskaper. Det er en relativt liten andel tilsetningsstoffer som tilsettes sammenliknet med andre stoffer i blandingen [44] [46]. Sementproduksjon krever energi, og er ansvarlig for betydelige klimagassutslipp. I en artikkel utarbeidet av SINTEF Community og Grønn Byggallianse [45] hevdes det at sementen bidrar til 7-8 % av utslippene globalt, ettersom 90 % av utslippene fra betong kommer fra sementproduksjon.

Betonggjenvinning er noe bygg- og anleggsbransjen har lang erfaring med. Praksisen med å utnytte brukt betong startet etter andre verdenskrig. Knuste betongelementer kan brukes som fyllmasse eller i produksjon av ny betong som tilslag [47]. I en studie skrevet av Marsh et al. [30] er det gitt en oversikt over strategier for sirkulærøkonomi som anvendes for betong. Det hevdes at materialbruksreduksjon er et designfaseprinsipp for å begrense ressursflyten. Det er påstått at denne strategien sannsynligvis er det mest velutviklede prinsippet for betong. Den kan igjen deles inn i tre praksiser; reduksjon av betongvolumer i konstruksjoner, reduksjon av sementinnhold i betong, samt reduksjon av klinkerinnhold i sementpastaen. En annen strategi som er nevnt i studien er å forlenge levetiden til betongkomponenter, noe som resulterer i mindre materialbruk og avfallsproduksjon over tid. Samtidig kan vedlikehold, reparasjon og oppussing gjennom bruksfasen forlenge den tekniske levetiden til betongkomponenter. Ifølge studien kan det ved endt livsløp benyttes strategier som ombruk, reproduksjon og resirkulering. Begrepet ombruk beskrives i studien som bruk av komponenter for en lignende funksjon om igjen, og kan inkludere flere steg for å tilrettelegge for ombruk som blant annet kontroll av deler, rengjøring og reparasjon.

I en rapport fra SINTEF skrevet av Sørnes et al. [46] nevnes det at ombruk av betong i hovedsak er aktuelt for prefabrikkerte elementer, spesielt de som har lav volumvekt, noe som legger til grunn for håndterbare elementer. Det er også nevnt at demonteringsprosessen er krevende og kan forårsake skader på elementene, noe som krever skånsomt arbeid med tanke på utheising. Videre kan dokumentasjon av krav til elementenes sammensetning og styrke være vanskelig. Dette kan medføre at elementene må tilpasses til nytt bruksområde med hensyn til funksjonalitet og kvalitet. Det er også omtalt at ombruk av betongelementer som regel fører til økt tidsbruk, og dermed høye kostnader, noe som resulterer i at riving av betongbygninger blir sett på som en mer effektiv løsning, og at betongelementene kan gjenvinnes som fyllmasse i veibygging eller lignende. Dette skyldes mangel på kunnskap rundt temaet, målrettet prosjektering, gjennomtenkt FDV-dokumentasjon, samt ombrukbare betongelementer.

3.4.1 Miljøpåvirkninger

Siden de ytre påvirkningene fra miljøet kan ha stor påvirkning på betongen over tid, er det viktig å definere hvilket miljø elementene er beregnet for. I Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner, er det gitt egne klassebetegnelser etter hvilket miljø betongen skal eksponeres for. Her defineres miljøpåvirkninger som «de kjemiske og fysiske forhold som konstruksjonen eksponeres for i tillegg til de mekaniske påvirkninger» [48]. Valg av eksponeringsklasse har igjen påvirkning på krav til overdekning. Tabell 3.1 fra NS-EN 1992 gir en oversikt over noen av klassebetegnelsene som er definert for de ulike miljøpåvirkningene. Høyere klassebetegnelse tilsier at betongen utsettes for tøffere miljø.

Tabell 3.1: Eksponeringsklassene X0-XC4, med tilsvarende beskrivelse av miljøet [48].

Klasse- betegnelse	Beskrivelse av miljøet	Eksempler på hvor eksponeringsklasser kan forekomme
1. Ingen risiko for korrosjon eller angrep		
X0	For betong uten armering eller innstøpt metall: Alle miljøer, unntatt der det er frysing/tining, slitasje eller kjemiske angrep. For betong med armering eller innstøpt metall: Meget tørt	Betong inne i bygninger med meget lav luftfuktighet
2. Korrosjon framkalt av karbonatisering		
XC1	Tørt eller permanent vått	Betong inne i bygninger med lav luftfuktighet Betong som permanent er neddykket i vann
XC2	Vått, sjeldent tørt	Betongoverflater i kontakt med vann over lengre tid Fundamenter
XC3	Moderat fuktighet	Betong inne i bygninger med moderat eller høy luftfuktighet Utvendig betong som er beskyttet mot regn
XC4	Vekselvis vått og tørt	Betongflater i kontakt med vann, som ikke er i eksponeringsklasse XC2

3.5 Tidligere erfaringer i byggeprosjekter

Asplan Viak er en av bedriftene som har undersøkt mulighetene for ombruk i bygge- og anleggsprosjekter. I en rapport fra 2020 [49] har de blant annet kartlagt ulike hindringer for ombruk av materialer i byggebransjen. Her peker de på at ombruk fører til bedre forvaltning av ressursene, og gir fordeler samfunnsøkonomisk. Likevel gjør faktorer som høye kostnader og lav etterspørsel at det fungerer dårlig i praksis. Innenfor økonomiske utfordringer pekes det på at skånsom demontering av konstruksjoner og videre distribusjon av materialene ofte er mer kostbart enn total rivning av bygget. Det pekes også på at Norge er et høykostland, og at mulighetene for inntjening ved å selge bygningsselementer eller benytte dem selv er for lave i forhold til risikoen. I tillegg er dårlig regelverk og holdninger noen av hovedgrunnene til at det er utfordrende å få til. Dette er fordi det gjeldende regelverket gjør det tidkrevende og kostbart siden ombruk krever dokumentasjon og testing av de tekniske egenskapene til materialene. Et eksempel på dette er at de brukte bygningskomponentene som skal gjenbrukes må følge samme krav i Teknisk forskrift som de nye. Dette kan igjen føre til en omfattende og vanskelig prosess. En annen markedsmessig utfordring er at det er få eksempelprosjekter i Norge som viser hvordan ombruk kan gjennomføres i praksis. Ved at flere aktører går foran som forbilder med ombruk i prosjekter, er det lettere å skape etterspørsel hos prosjektutviklere [49].

I 2019 utgav Team Resirqel prosjektet «Forsvarlig ombruk av byggematerialer» [12], som var et oppdrag fra Direktoratet for byggekvalitet (DiBK). Det ble utført en studie som undersøkte potensialet for ombruk, i tillegg til en litteraturgjennomgang. Prosjektet tok for seg ulike problemstillinger for ulike typer byggematerialer. Områdene som ble undersøkt var demontering, lagring, etterbehandling og redokumentasjon av byggevarene. I tillegg ble det gjort en analyse av gjeldende regelverk, og konkrete eksempler fra inn- og utland ble undersøkt. Ulike faktorer for å utnytte potensialet bedre var effektivisering, endring i regelverket og flere motivasjonsfaktorer i bransjen. I tillegg var dokumentasjon av kvalitet og forsikring mot giftstoffer sentralt. Det ble blant annet foreslått et tiltak som innebar å sette en terskelverdi for miljø- og helseskadelige stoffer i materialene, og at de må oppfylle krav om bestemte egenskaper [31].

Generelt i litteraturen kommer det frem at markedet i Europa er umodent for ombruk [31]. Det pekes blant annet på at det skyldes mangel på kunnskap, og systemet ikke er tilrettelagt godt nok i form av lovgivning, insentiver, statlig støtte og skattelettelser. I tillegg nevnes det at store deler av markedet ikke er klart for å håndtere og distribuere ombruksprodukter. Andre utfordringer som nevnes er knyttet til prosessen rundt produksjon og markedsdynamikken. Også her blir innovasjon nevnt som en avgjørende faktor for å øke ombruksmulighetene. Dette krever teknologi og kompetanse for reparasjon og gjenopprettelse. I tillegg nevnes behovet for nettverk som øker tilgangen på ombruksmaterialer, og å finne kundesegmenter som fokuserer på byggets miljøpåvirkning og livssyklus-kostnader. Videre foreslås det to politiske tiltak som kan bidra til dette: Inkludere ombruk i avfallsmålene og legge til rette for opprettelse av markeder som muliggjør innsamling, ombruk og gjenvinning. I tillegg nevnes systematisk regulering og nærere samspill mellom statlige institusjoner, beslutningstakere, byggeindustrien og samfunnet [31].

3.6 Design for demontering

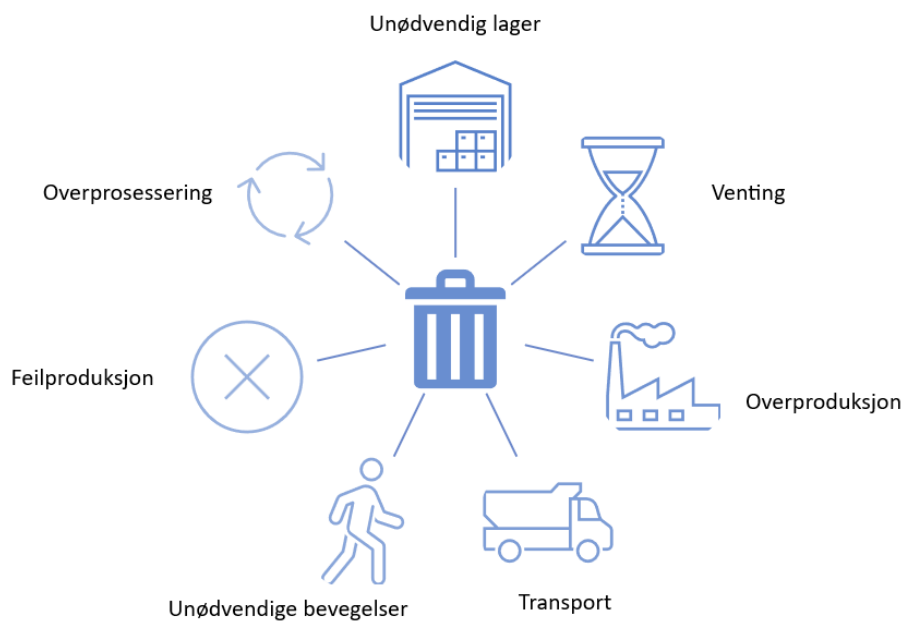
I en studie skrevet av Joensuu et al. [50] er «*Design for demontering*» definert som følgende: «(DfD) er en designstrategi som bruker standardiserte komponenter med tilgjengelige mekaniske forbindelser i stedet for kjemiske, for å muliggjøre enkel separering av elementer», (oversatt av forfattere).

I en rapport som er utarbeidet for Skanska AS – «*Beregningsregler for klimagassregnskap med design for demontering*» vist i vedlegg A, er det oppgitt følgende definisjon: Produkter eller byggelementer skal designes på en måte som gjør demontering enklere etter endt livsløp, og dermed muliggjør ombruk eller resirkulering av byggelementene. DfD kan sees på som et viktig tiltak for å oppnå økt sirkularitet i byggebransjen ettersom det muliggjør ombruk og resirkulering av byggelementene. I juli 2022 ble det stilt et nytt krav i den reviderte TEK 17 § 9-5, om at «*Byggverk skal prosjekteres og bygges slik at det er tilrettelagt for senere demontering når dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme*» [51]. Det nye kravet pålegger bransjen å designe for senere demontering, noe som gjør en slik praksis «DfD» mer relevant i tiden som kommer.

3.7 Lean Construction

Lean Construction kan ifølge Kalsaas [52] defineres som en tenkemåte der formålet er å maksimere verdi og minimere avfall ved å benytte spesifikke metoder og verktøy i prosjektgjennomføring. Hensikten med en slik tankegang er å skape verdi for kunder ved å forbedre kvalitet, eliminere *Waste* (sløsing), og øke trivselen ved å involvere medarbeidere, noe som skaper et bedre og mer organisert og meningsfylt arbeidsmiljø.

Et fokusområde som står sentralt i Lean Construction er «*Waste*», (sløsing). Aktiviteter som ikke skaper verdi, kan regnes som kilder til dette. I denne sammenhengen er kilder til sløsing klassifisert i syv ulike kategorier: Overproduksjon, venting, transport, overprosessering, unødvendig lager, unødvendige bevegelser, og feilproduksjon [52]. Figur 3.5 viser de forskjellige sløsingkategoriene som er definert i Lean Construction.



Figur 3.5 : Illustrasjon av de 7 sløpsingskategoriene, inspirert av kilden [53].

3.8 Prosedyrer for ombruk av hulldekker

I dette delkapittelet er det presentert en oversikt over noen generelle prosedyrer ved ombruk av hulldekker. Disse er beskrevet i samme rekkefølge som en potensiell ombruksprosess følger. Prosedyrene kan variere noe fra prosjekt til prosjekt, og følgende veiledning er derfor et forslag.

3.8.1 Dokumentasjon

Prosesen ved ombruk av hulldekker bør starte med å få en oversikt over eksisterende dokumentasjon. Denne informasjonen kan omfatte tekniske krav, produsenter, produksjonsår og nødvendig tegningsmaterieil. Dokumentasjonen kan ofte hentes fra byggherrer eller andre involverte i prosjektet som har arkiver fra bygget. Dette kan også være produsenter av elementene, ansvarlig prosjekterende og ansvarlig utførende [12].

Vanligvis er standarder og regelverk utviklet for å omfatte nyproduserte bygningsmaterialer. Dermed finnes ikke alltid den nødvendige informasjonen for fremstilling og bruk av brukte produkter. Den harmoniserte standarden som omfatter nye hulldekker, heter NS-EN 1168 [54]. Siden denne gjelder varer for nyproduksjon, setter den få krav til testing av elementene. Standarden tar hovedsakelig for seg regler for prosjektering, krav til geometri og produksjonsprosessen. De essensielle egenskapene blir dermed ikke utsatt for prøving eller statistisk analyse slik at de kan verifiseres.

Ved ombruk av hulldekker er det den som velger produktet som er ansvarlig for å vurdere om gjeldende dokumentasjon er tilfredsstillende med hensyn til relevante egenskaper, *se dokumentet om prosedyre for demontering 02 inkludert i vedlegg A*. Fremgangsmåten er dermed ikke formelt godkjent på samme måte som en harmonisert standard eller EAD. All bruk foregår dermed på eget ansvar. Den som er ansvarlig for montering av ombrukshulldekkene, må inneha tilsvarende kompetanse som betongelementmontør ihht «Kompetansekrav betongutførelse NS-EN 13670:2009-NA:2010» [55]. Standarden inkluderer allmenne regler ved utførelse av betongkonstruksjoner, både plasstøpte og prefabrikkerte.

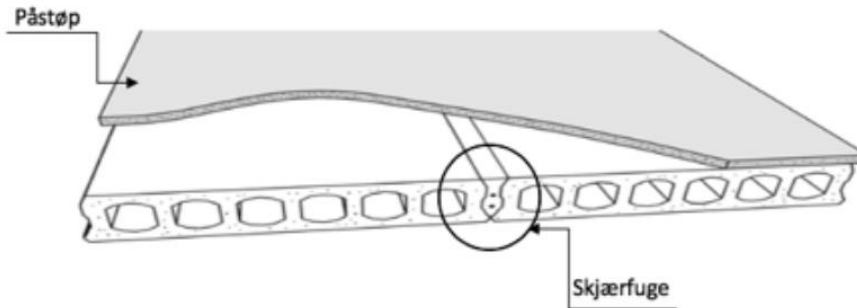
I 2022 ble standarden «NS 3682 - Hulldekker av betong til ombruk» utarbeidet av en komite fra Standard Norge [56]. Den omhandler prosessen fra demontering og testing av eksisterende hulldekker, slik at de kan dokumenteres på lik linje med nyproduserte dekker. Standarden kan benyttes ved demontering av gamle bygg, og ved prosjektering av nye konstruksjoner. Den gir en veiledning for verifisering av ytelsen til hulldekkene, og kan dermed brukes ved ombruk av hulldekker. NS 3682 ble utviklet gjennom erfaringene som Skanska Norge gjorde ved prosjektet i Oslo Storbylegevakt [56].

3.8.2 Demontering

Ved vanlig demontering av hulldekker i dag, innebærer det knusing og nedtygging av betongen. Dermed kalles denne prosessen gjerne for destruktiv. En annen form for destruktiv demontering foregår ved å montere løftekroker, eller utføre hulltagning for stropper. Ved å skråløfte elementene når de heises opp, kan man knekke de fra hverandre enkeltvis. Denne prosessen kan påføre hulldekkene ujevne kanter, og bruddbelastning. I tillegg kan støp i langsgående kantprofil, ha en mulighet for å løsne under prosessen. Siden skånsom demontering av hulldekker ikke er vanlig praksis i dag, er det få eksempelprosjekter som viser hvordan dekkene demonteres og testes. Før demontering av hulldekkene starter, bør monteringsleder utarbeide en risikovurdering i samarbeid med anleggsleder for rivning. Dette bidrar til at demonteringsarbeiderne kan følge prosedyrene og forhindre skader på hulldekkene, og dermed ivareta egenskapene. I tillegg bør monteringsleder være til stede i starten av prosessen, og bidra ved behov underveis. Under demontering er det også viktig å ta hensyn til den globale og lokale stabiliteten for hulldekkene, *vist i prosedyre for demontering 02 i vedlegg A*.

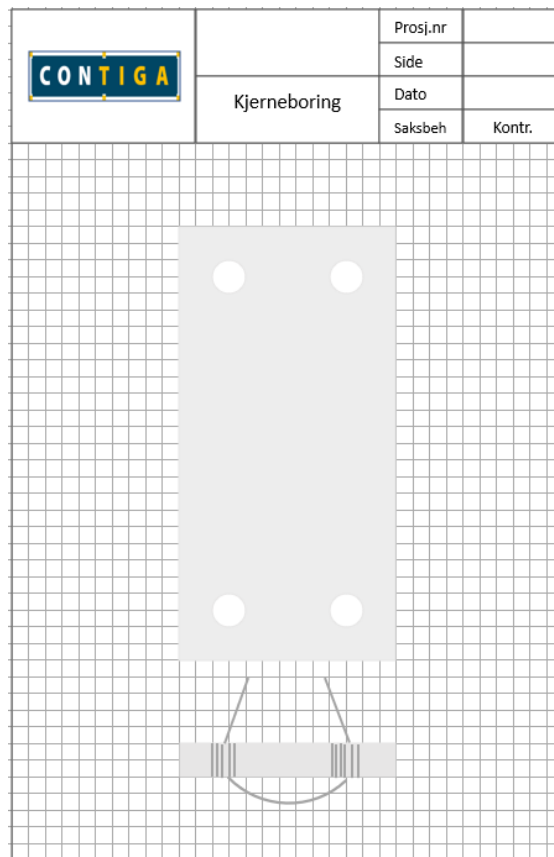
Brukte hulldekker er vanligvis montert uten hensyn til ombruk, og har derfor ofte ikke-reversible sammenføyninger. Dekkene er endeforankret og har ofte påstøp, i tillegg til at de er fuget sammen, se Figur 3.6. Sammenføyningene på konstruksjonen kan også variere i stor grad, etter betongkvalitet, tykkelse og mengden armering. To metoder for å fjerne påstøpet på, er å benytte pigghammer eller betongsag med diamantblad. Ved pigging er det viktig at hulldekkets tverrsnitt beholdes og at mekaniske påkjenninger ikke fører til skade på elementet [12]. Ved saging er det mottager som angir spesifikk netto lengde av elementene. Bredden av hulldekkene skal tilsvare den originale bredden. Dimensjonene etter saging skal ihht. NS-EN 1168:4.3.1 ha verdier som avviker mindre enn ± 25 mm for lengde og bredde. I tillegg er det viktig at spenntau gjøres rede for, slik at de ikke påføres skade. For mer informasjon *se prosedyre for demontering 02 inkludert i vedlegg A*. Påstøpet fjernes ned til toppen

av hulldekkene, og deretter kan kile og hammer benyttes for å skille elementene fra hverandre. Likevel må de ulike metodene for skånsom demontering vurderes for hvert enkelt tilfelle.



Figur 3.6: Hulldekker som er festet med skjærfuge og påstøp på toppen [12].

Ved montering av dekkene er det vanlig at de opprinnelige heisekrokene bøyes eller fjernes. Dermed kreves det ofte andre metoder for å kunne løfte hulldekkene under demontering. Et alternativ kan være å benytte løftebukk med klypefunksjoner for de hulldekkene man har tilgang til fra begge sider. For elementene som bare er fristilt fra en av sidene, kan løftegafler være aktuelt. [12] Ved utheising kan 4 hull borres i hvert hulldekkelement. Disse bør maksimalt ha en diameter på 100 mm, som er gjennomgående i kanalene på hver side, så lenge det ikke overskrider 600 mm fra elementets ender. Kjettingen som er festet til elementene skal ha en vinkel på maksimalt 30° fra lodmlinjen. En prinsippskisse for utheising er vist i Figur 3.7 – se prosedyre for demontering 02 vist i vedlegg A.



Figur 3.7: Skisse av hulldekke ved utheising. Snittet viser kjettingens posisjon – *prosedyre for demontering 02 inkludert i vedlegg A, gjenskapet av gruppen.*

3.8.3 Testing

Som nevnt skiller det mellom destruktiv og ikke-destruktiv testing av betongelementer. Ved destruktiv testing er det mulig å bestemme den nøyaktige betongkvaliteten til elementene, siden det muliggjør knusing av materialet. I tillegg gir det muligheter for å dokumentere kvaliteten på armeringsjernet. Denne formen for testing må utføres på et bestemt antall hulldekker, og må være ihht. NS-ISO 2859. Videre er det mulig å benytte seg av ikke-destruktiv testing for å kvalitetssikre de resterende elementene [12].

Ved ombruk av hulldekker er det en rekke prøver som må gjennomføres for å sikre at de oppfyller de nødvendige kravene [56]. Tabell 3.2 fra NS 3682 gir en oversikt over hvilke egenskaper som skal testes, og minimum frekvens på antall dekker som skal undersøkes. For visuell kontroll samt dimensjoner på elementene, er det nødvendig å kontrollere alle dekkene hver for seg. Ved fullskalaprøving og testing av trykkfasthet, kreves det lavere frekvens. Dette gjelder også for de kjemiske egenskapene som karbonatiseringsdybde, kloridinnhold og alkalireaktivitet.

Tabell 3.2: Minste prøveomfang for vurdering av egenskaper av hulldekker [56], gjenskapt av gruppen.

Egenskap	Minste frekvens	Minste antall prøver
Mål	1/1	
Vekt	1/1	
Visuell kontroll	1/1	
Fullskalaprøving av hulldekker	1/50	3 b)
Betongtrykkfasthet – kjerneprøver	1/20	8 c)
Betongtrykkfasthet - prellhammer	1/5	3
Karboniseringsdybde a)	1/20	10
Kloridinnhold a)d)	1/50	3
Alkaliereaktivitet a)e)	1/50	3
<p>a. Visuell inspeksjon kan erstatte prøving der deklartert eksponeringsklasse er X0.</p> <p>b. Minste antall prøver forutsetter at resultat ikke viser lavere kapasitet enn beregnet kapasitet. Ved avvik skal årsak og konsekvens vurderes og dokumenteres.</p> <p>c. Det skal minst utføres en prøveserier bestående av 4 prøver fra to elementer.</p> <p>d. Dersom det kan påvises at dekket ikke har vært eksponert for kloridholdige miljøer kan prøven utgå.</p> <p>e. Dersom det kan påvises at dekket er produsert i 2007 eller senere kan prøven utgå.</p>		

3.8.4 Mellomlagring

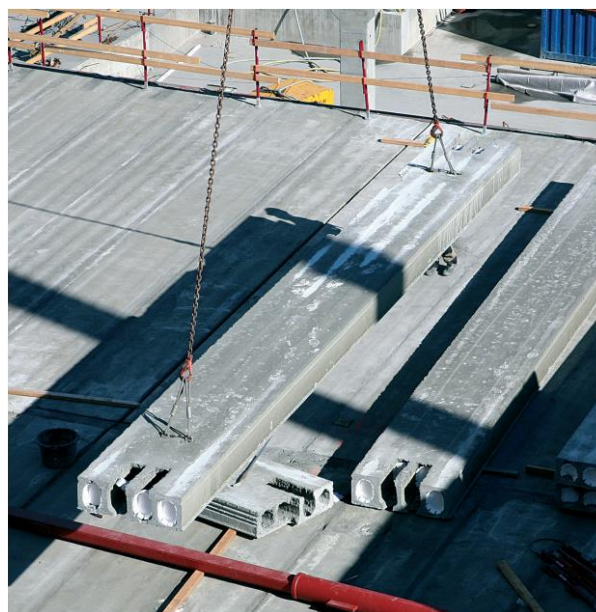
I enkelte tilfeller er det behov for at elementene skal mellomlagres etter demontering, noe som krever flere hensyn å ta stilling til. Dette er for å ivareta sikkerhetshensyn, i tillegg til å unngå skader eller deformasjoner av hulldekkene. Det er viktig å sjekke at grunnen er tilstrekkelig bæredyktig, der elementene lagres. I tillegg bør de ikke stables for høyt, slik at det er fare for velting og personskader kan oppstå. For å sikre et underlag som tåler kreftene fra stablene, er det foretrukket å benytte betongviller eller bjelker. Eventuelle andre materialer må ha tilstrekkelig kapasitet til å håndtere kreftene, uten for mye deformasjon. En annen forutsetning for å sikre underlaget, er at det er vatret. Dette forhindrer vridning av hulldekkene slik at de påføres skader, i tillegg til å bidra til større sikkerhet. I tillegg skal opplagringspunktene være bestemt og merket der dekkene skal understøttes. Mellomlegget som skiller dekkene, skal også plasseres loddrett under hverandre, slik som vist i Figur 3.8. For hulldekker skal opplagringspunktet maksimalt ligge 600 mm inn på dekkene, slik at de er tilstrekkelig nærme endene [57].



Figur 3.8: Hulldekker lagres i stabler som er adskilt med mellomlegg [57].

3.8.5 Montering

Hulldekker krever riktig håndtering og oppfølging gjennom hele monteringsprosessen. Det er viktig å påse at elementene ikke får uforutsette påkjenninger under prosessen, eller når de er ferdigstilt. Siden hulldekkene vanligvis er en del av byggets statiske system, er det viktig at kraftoverføringen ivaretas. Bæresystemet må betraktes i sin helhet, og er avhengig av tilstrekkelig detaljering. Ved montering etableres ofte forbindelsen mellom knutepunktene, eller en utfører med hensyn på ikke å oppnå forbindelse. Knutepunkter som ikke er kraftoverførende, kan i noen tilfeller skape uheldige effekter ved dårlig utforming [36]. Hvert enkelt hulldekke heises på plass ved hjelp av innstøpte løftecroker, som vist i Figur 3.9.



Figur 3.9: Løfting av hulldekker med innstøpte løfteanordninger [57].

4. Forskerspørsmål

Formålet med masteroppgaven er å undersøke mulighetene for å forenkle prosessene ved ombruk av hulldekker. Fokuset vil være på å identifisere eventuelle utfordringer tilknyttet ombruk av hulldekker, og deretter forsøke å finne potensielle tiltak som kan gjøre prosessene mer effektive og bærekraftige. Denne masteroppgaven har som mål å besvare forskerspørsmålet:

Hvordan kan ombruk av hulldekker bli mer relevant?

Besvart av følgende underspørsmål:

- Hvilke miljømessige konsekvenser medfører ombruk av hulldekker?
- Hvilke utfordringer er knyttet til ombruk av hulldekker?
- Hvordan forenkle prosessen i forhold til gjennomføring og logistikk?
- Hvordan kan ombruk av hulldekker bli økonomisk bærekraftig?

Gruppen har forsøkt å svare på forskerspørsmålet ved å se på forskjellige bærekraftforhold. Miljø og økonomi ble vurdert som særlig relevante i denne sammenhengen. Tankegangen bak utarbeidelsen av akkurat disse underspørsmålene er at ombruk av hulldekker kan bli mer relevant ved å se nærmere på miljømessige konsekvenser, håndtere relevante utfordringer, samt rette søkelyset på økonomidelen.

4.1 Avgrensninger

For at forskerspørsmålene skal kunne besvares innfor tidsrammen som er gitt, og ikke være for omfattende, er det noen avgrensninger som er lagt til grunn. Disse er presentert under:

- **Geografi**
Oppgaven vil fokusere på hvordan prosessen kan forbedres i den norske bransjen og det er dermed ikke forutsatt at tiltakene vil være like relevant i andre land. Det er likevel benyttet enkelte utenlandske studier som har relevans for prosessen.
- **HMS**
Oppgaven tar ikke for seg vurdering av tiltak knyttet til HMS.
- **Miljø**
I denne oppgaven ble tidligere studier benyttet for å se på miljøkonsekvenser av ombrukshulldekker. Det vil si at resultatene ble hentet fra tidligere rapporter, og ikke regnet ut av gruppen.
- **Tekniske løsninger**
Oppgaven gir et overordnet bilde av muligheter for tekniske løsninger knyttet til problemstillingen. Dermed er det ikke lagt vekt på detaljerte beskrivelser eller beregninger av knutepunkter, bæreevne, etc.

5. Case

I dette kapitlet presenteres caset som oppgaven tar utgangspunkt i. Dette gir en beskrivelse av Regjeringsbygget hvor hulldekkene ble demontert og brukt om igjen i Oslo Storbylegevakta og Kristian Augusts gate 13.

5.1 Regjeringsbygg R4

Caset som oppgaven vil ta for seg, er riving av Regjeringsbygg 4 (R4). Dette bygget ble revet i sammenheng med bygging av det nye regjeringskvartalet. Figur 5.1 viser plasseringen i kart der R4-bygget stod tidligere, før det ble revet. R4 ble bygget mellom 1985 og 1988 [58]. Konstruksjonen hadde 9 etasjer, kjeller og helikopterdekk på taket, se Figur 5.2. Etter bombeeksplosjonen 22. juli 2011, ble bygget hardt skadet. Det ble dermed bestemt at bygget skulle rives ned til grunnen i Møllergata. Arbeidet startet i april 2019, og ble ferdig i 2020 [58].

I prosjektet var Statsbygg bestiller av riving av R4-bygget, og Veidekke fikk jobben som total rive-entreprenør. I kontrakten ble det tydeliggjort et ønske om ombruk av bygningsmaterialer fra rivingen. De eksisterende hulldekkene fra R4-bygget ble levert av Heidelberg Materials, som også leverer råbygget i OSBL. Totalt ble ca. 300 m² med hulldekkelameller av typen HD 265 demontert, tilpasset og sertifisert på ny. Disse hadde opprinnelig et netto spenn på ca. 10 m, noe som gav mulighet for et relativt bredt bruksområde. Hulldekkene ble dermed videre brukt i Storbylegevakten ved Aker sykehus i Oslo, og Kristian Augusts gate 13 (KA 13) [29].



Figur 5.1: Tidligere Plassering av R4-bygget [59].

Underveis i R4-prosjektet ble det utarbeidet en rapport for konseptutredning med mål om å lage en prosessbeskrivelse som inneholdt nødvendige prosedyrer, prosjekteringsgrunnlag og dokumentasjon for prosessen. Utarbeidelsen tok utgangspunkt i eksisterende standarder for produksjon og montering av hulldekker, samt prosjektering. Standardene som den baserte seg på var dermed NS-EN 1992-1-1 + NA, NS-EN 13369, NS-EN 1168 og NS-EN 13670 + NA. Prosessbeskrivelsen ble sammen med standardene utgangspunktet for å sertifisere hulldekkene. I tillegg gir den krav til testing og nødvendig dokumentasjon for fasthets- og bestandighetsegenskaper, som brukes til vurdering av bæreevne og

restlevetid. I ettertid ble standarden NS 3682 utviklet på grunnlag av prosessbeskrivelsen, og utgitt i 2022 av Standard Norge [29].



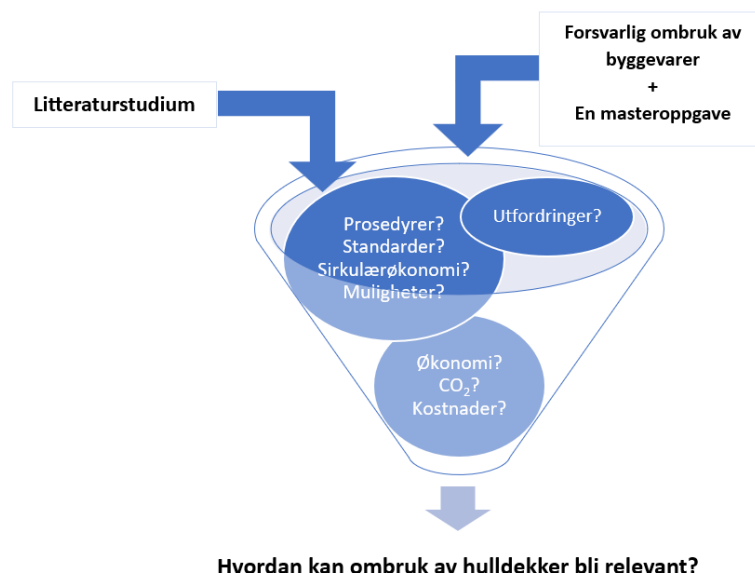
Figur 5.2: Fotografi av R4-bygget [60].

6. Metode

I dette kapitlet skal de vitenskapelige forskningsmetodene som er benyttet for å besvare forskerspørsmålet beskrives detaljert, slik at de skal være etterprøvbare. I tillegg skal valgte metoder begrunnes og evalueres.

6.1 Utvikling av problemstilling

For å skaffe kunnskap om temaet ble det gjort et foreløpig ustrukturert søk. Det vil si at søket ikke var systematisk gjennom en spesifikk søkemotor. Hensikten med denne strategien var å få et oversiktlig bilde på mulige forskningsområder, og deretter begynne å stille spørsmål som kunne bli grunnlaget for utviklingen av en forskbar problemstilling. Søkene var både på engelsk og norsk. Flere artikler, videoer, rapporter og studier ble funnet under dette søket. Det ble funnet en del rapporter som har vist seg å være pålitelige og relevante. Blant disse rapportene var «*Forsvarlig ombruk av byggevarer*» utarbeidet som en del av FoU-prosjektet «*Forsvarlig ombruk*» på oppdrag fra Direktoratet for byggekvalitet (DiBK) [12]. Den ga en helhetlig oversikt over ombruk av byggematerialer generelt, og hulldekker i betong spesielt. En annen tekst som ble lagt til grunn for utviklingsprosessen var en masteroppgave fra Nederland «*Reuse of hollow core slabs from office buildings to residential buildings*» [61]. Den sistnevnte teksten ga flere innfallsvinkler knyttet til temaet. Deretter ble det gjennomført et litteratursøk for å få enda dypere innsikt i temaet, og for å tilrettelegge for en mer helhetlig forståelse av problemområdet. Forskningsartiklene som er funnet gjorde det mulig for gruppen å etablere et teoretisk grunnlag, og ikke minst utvikle et forskbart forskerspørsmål. Figur 6.1 viser fremgangsmåten som er benyttet for å komme fram til en forskbar og relevant problemstilling.



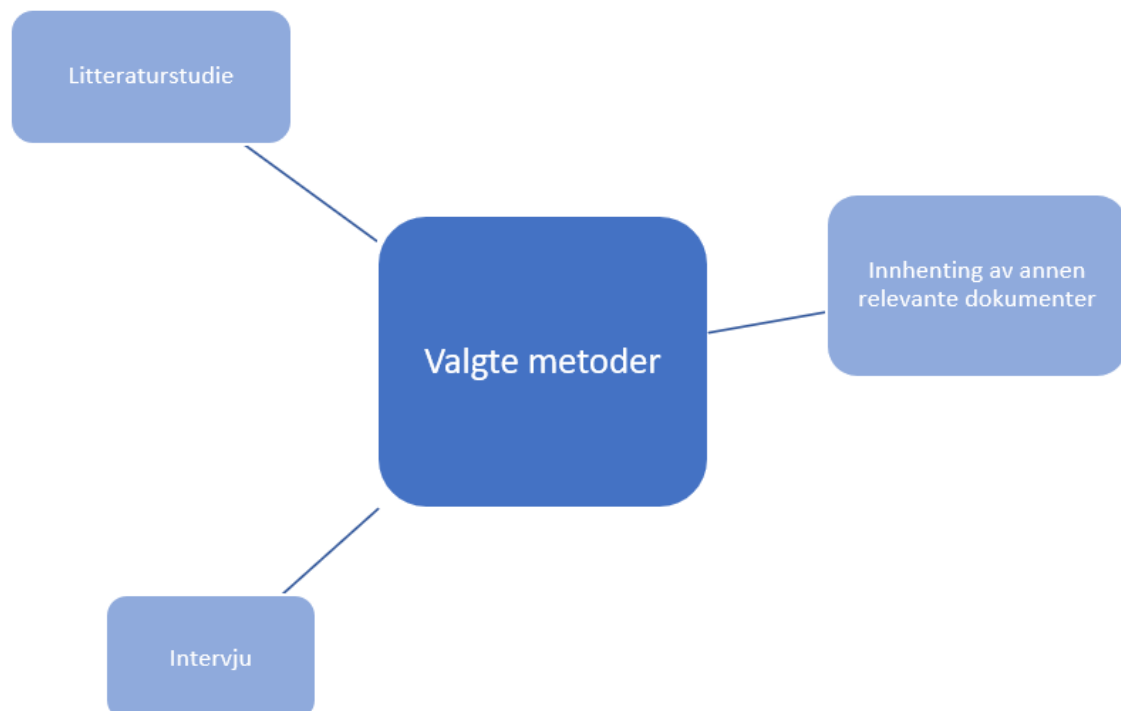
Figur 6.1: Framgangsmåte for utvikling av problemstilling, inspirert av kilden [2].

6.2 Valg av metode

Etter utviklingen av en forskbar problemstilling ble det forsøkt å finne den metoden som passet best for det spesifikke forskerspørsmålet. Det ble vurdert hvilke metoder som skulle benyttes for denne oppgaven. Dette resulterte i en kombinasjon av flere metoder, da dette ble vurdert som mest hensiktsmessig for å dekke de aktuelle problemområdene. Strategien inkluderte litteratursøk, innhenting av annen relevant informasjon og gjennomføring av intervjuer med nøkkelpersoner.

Litteraturstudiet skulle danne et solid grunnlag for forskningen i form av kunnskapsbakgrunn, samt bidra til å belyse problemområdet. Dette ville også gi innsikt i tidligere forskningsstudier, noe som skapte bedre forståelse av emnet, og ga oppgaven en større dybde. Det ble også bestemt å hente inn andre relevante dokumenter. Bakgrunnen for valget av denne metoden var en tilsynelatende mangel på tidligere forskningsstudier, og tilstrekkelig informasjon om prosessen med demontering av hulldekker.

I tillegg til disse metodene ble det valgt å gjennomføre intervjuer med nøkkelpersoner. Intervjuobjektene skulle representere en elite i byggebransjen, og kunne med deres ekspertise og erfaring innenfor ombruk av hulldekker gi verdifulle meninger og synspunkter, noe som kunne bidra til å svare på forskerspørsmålene i denne oppgaven. Figur 6.2 viser metodene som er valgt.



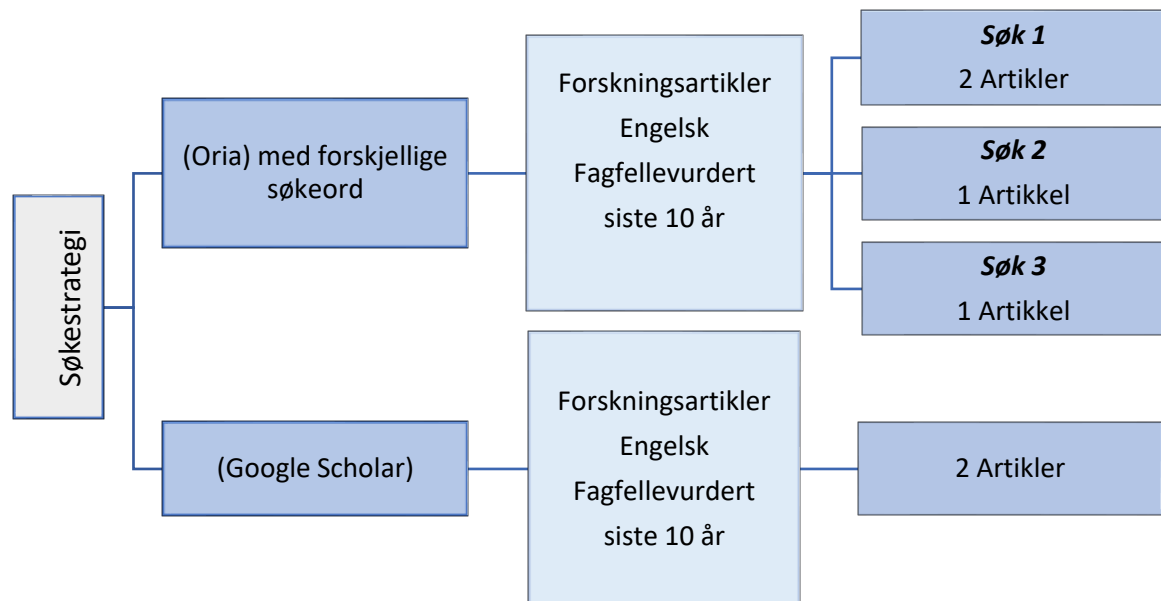
Figur 6.2: valgte metoder for masteroppgaven [1].

6.3 Kvalitativt Litteratursøk

6.3.1 Litteraturstudie

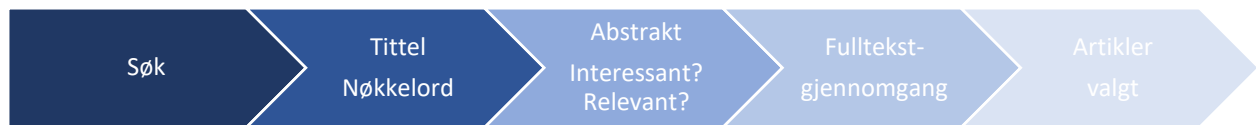
For å etablere et solid teoretisk grunnlag, samt undersøke den nåværende kunnskapen om oppgavens tema, er det gjennomført et litteraturstudium. Dette vil etablere et fundament for oppbygging av kunnskapsbakgrunnen, og dermed belyse forskningsområde. En metodisk søketeknikk ble brukt for å finne relevante publikasjoner for denne oppgaven. Søkestrategien er utført gjennom databasene Google Scholar og Oria (UiA). Søkeord som ble brukt for å finne relevante artikler om temaet er vist i en loggbok i vedlegg B.

Søkeprosessen begynte med et overordnet søk uten spesifikke kriterier med tilfeldige søkeord for å danne en oversikt over antall treff og relevansen for disse ordene. Deretter begynte søkestrategien å bli mer raffinert. Søkeresultatene ble filtrert i forhold til ønskede kriterier som er definert som følger: Publikasjonene skal kun inneholde forskningsartikler som er fagfellevurdert, samt avgrensninger i henhold til perioden artikler var publisert i justert til siste 10 årene, med skriftspråk engelsk. Det viste seg imidlertid å være en utfordring for gruppen å finne forskningsartikler som tok for seg ombruk av hulldekker. Mange av forskningsartiklene som ble funnet omhandlet blant annet resirkulering av betong eller implementering av sirkulærøkonomi i bygg- og anleggsbransjen, noe som ikke kunne kobles direkte til forskningsspørsmålene. Dette gav likevel et overordnet bilde av gjenbruk av byggematerialer. Det ble gjort flere søk med forskjellige søkefraser og samme kriterier som er nevnt tidligere i dette kapitlet for å treffe forskningsområdet best mulig. Figur 6.3 viser søkestrategiene med tilhørende søkemotorer, samt kriterier som er brukt ved gjennomføring av søkene.



Figur 6.3: Søkestrategien som er brukt ved litteratursøk [1].

Etter å ha fullført søkene ble det gjort et utvalg av artikler basert på flere faktorer. Artikkelen måtte være tilgjengelige på Oria, Universitetet i Agder, og skulle minst ha 20 kryssreferanser til andre artikler. Google Scholar ble også benyttet, men Oria var førsteprioritet som database fordi Oria gir tilgang til vitenskapelige ressurser lagret i norske biblioteker, og gjør det mulig for brukere til å utføre presist søk og filtrering. I starten ble det plukket ut artikler med titler som viste seg å være relevante til forskningsspørsmålet. Deretter ble abstraktet lest, så ble det gjort en vurdering for å se om artikkelen var relevant for forskningsspørsmålet og om den hadde sammenheng med forskningsområde, samt om den hadde relevante nøkkelord. Videre ble det gjort en gjennomgang av disse utvalgte artiklene. Fremgangsmåten for valg av artiklene er illustrert i Figur 6.4. Artikler som ble utelukket inneholdt titler som ikke var relatert til prosjektets tema. I utgangspunktet skulle tittelen inneholde noe om hulldekker, prefabrikkerte elementer og /eller betongpaneler. Andre byggematerialer som for eksempel stål, glass eller tre er ikke aktuelle i denne sammenhengen, og da ble artiklene utelukket. For å kunne gjenspeile dagens forskning og sikre oppdatert kunnskap om temaet ble artikler som var eldre enn 2013 ekskludert, samt de som inneholdt nøkkelord som ikke kunne belyse forskningsspørsmålet, eller som ikke var relevant for kunnskapsbakgrunnen. Det ble benyttet en loggbok for å vise den nøyaktige søkeprosessen, søkefraser og antall treff, samt kriterier for valg av artikler. Denne oversikten er vist i vedlegg B.



Figur 6.4: Fremgangsmåte for valg av forskningsartikler [1].

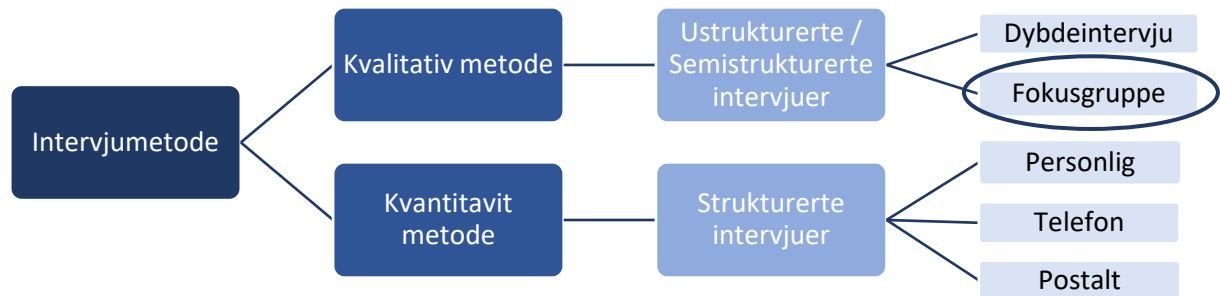
6.4 Innhenting av andre dokumenter

Det var viktig å innhente ytterligere data angående caset vårt, for å få bedre oversikt over temaet, supplere kunnskapsbakgrunn og for å svare på forskerspørsmålet. På grunn av den begrensede tilgjengeligheten av publisert litteratur om temaet, ble gruppen tilsendt en ressursmappe via mail fra de eksterne veilederne i Betong Norge. Denne mappen inneholdt 29 filer. 5 av disse filene inneholdt rammeverk og prosedyrer i prosessen ved ombruk av hulldekker fra prosjektet med R4-bygget. 4 av disse var referater angående ombrukshulldekker og teknisk godkjenning. 3 av filene var bilder og videoer fra selve gjennomførelsen, som viste hvordan prosessen foregikk. De resterende filene var notater, høringsspill, presentasjoner og vedlegg knyttet til prosessen. Dokumentene ble gjennomlest, slik at vi kunne benytte oss av den informasjonen som var relevant for å svare på forskerspørsmålet. Spesifikt ble dokumenter valgt ut fra deres evne til å fylle hull i kunnskapsbakgrunnen, og gi verdifull innsikt for å adressere forskningsspørsmålet. Dokumentene som er benyttet av gruppen er vist i *vedlegg A*.

6.5 Intervju

Svarene på forskerspørsmålene var vanskelig å finne ved litteratursøk alene. Vi ønsket derfor å benytte oss av forskningsintervjuer i form av samtaler, for å få en annen form for datainnsamling. Dette ble ansett som nyttig for å få personers kunnskap, tanker og opplevelser som ikke kommer frem i artikler alene. Målet var dermed å få ny informasjon vi ikke hadde fått tak i, samt nye tanker og vinklinger rundt metodene. I tillegg kunne det bidra til å bekrefte eller avkrefte tidligere informasjon fra forskningen [62]. Dette gjorde det naturlig å utføre kvalitative intervjuer, for å kunne hente inn mest mulig informasjon om forskerspørsmålene. Denne intervjuformen legger til rette for at informantene i større grad kan utdype svarene og komme med tilleggsopplysninger. En forutsetning er at det ble stilt åpne spørsmål, slik at informasjonen skulle bli minst mulig begrenset. I tillegg kunne vi få svar på spørsmål vi ikke hadde planlagt å stille i utgangspunktet. Figur 6.5 illustrerer at kvalitative metoder ofte er mindre strukturerte enn kvantitative og brukes for å få dybdekunnskap og enda bredere fakta. Kvantitative metoder brukes i større grad for å få ensartede svar i form av tall og statistikk. Den røde sirkelen markerer fokusgruppe, som var formen vi valgte på det kvalitative intervjuet. For å følge en

systematisk og naturlig oppbygging i prosessen, fulgte vi en video fra NTNU som omhandlet intervju som forskningsmetode [63].



Figur 6.5: Ulike metoder for intervju og gjennomføring der metoden som ble benyttet er markert med blå sirkel, inspirert av kilden [64].

6.5.1 Sikt - Kunnskapssektorens tjenesteleverandør

I forbindelse med behandling av personopplysninger var det bestemt å benytte Sikt sine tjenester for databehandling. Sikt (tidligere NSD) ble i hovedsak valgt som et verktøy for å håndtere persondata på en forsvarlig måte, etablere en formell struktur for intervjudeltakerne, vise profesjonalitet i arbeidet, og øke kredibilitet i utføring av intervjuene. I starten ble prosjektet registrert i Sikt og sendt inn for godkjenning. Deretter var det nødvendig å fylle ut et digitalt meldeskjema hvor gruppen detaljert beskrev formålet med prosjektet, samt andre relevante opplysninger som blant annet beskrivelse av utvalgene gruppen ønsket å behandle personopplysninger om, hvem som var ansvarlig for behandlingen, og ikke minst hvordan det var tenkt at dataene skulle behandles. Videre var det nødvendig å fylle ut et informasjonsskriv, noe som ga intervjuobjektene relevant informasjon om prosjektet og om fremgangsmåten dataene skulle behandles på, samt inneholdt informasjonsskrivet en samtykkeerklæring hvor intervjuobjektene kunne gi gruppen et samtykke på at informasjon om prosjektet er mottatt og forstått, og at invitasjonen til deltakelse er godtatt. Etter at meldeskjemaet ble godkjent, begynte gruppen å sende ut intervjuinnkallinger via epost med informasjonsskrivet vedlagt. De signerte informasjonsskrivene er vist i *vedlegg C*.

6.5.2 Fokusgruppe

Da vi skulle finne aktuelle informanter til intervjuene, var det avgjørende at personene hadde tilstrekkelig kunnskap og erfaring som kunne bidra til å svare på forskningsspørsmålene. Det var dermed en forutsetning at de hadde god kjennskap til bransjen og kunnskap om ombruk av

betongelementer. Videre gjorde vi et strategisk utvalg på en fokusgruppe med nødvendig bakgrunnskunnskap som vist i Figur 6.5. For å få mest mulig utfyllende informasjon og innblikk i problemstillingen, var det også ønskelig å ha noe variasjon i intervjuobjektene kompetanse. Dette innebar å spørre informanter som hadde noe ulike roller fra bransjen, slik at problemstillingen kunne belyses fra flere sider. De eksterne veilederne hadde kjennskap til forskjellige personer i byggebransjen som hadde kjennskap til ombruk av betongelementer. Dermed fikk vi tilsendt en liste med 6 kontaktpersoner som var aktuelle kandidater for intervjuene. Av disse var det 4 personer som hadde mulighet til å stille til intervju. Videre tok vi kontakt med tre andre kandidater som vi mente kunne bidra, der to av disse hadde mulighet til å delta. Tabell 6.1 gir en oversikt over informantene og hvilken rolle de har i byggebransjen. Alle fra intervju nr. 1-4 hadde vært involvert i prosjektet med R4-bygget, gjennom ulike entreprenørbedrifter. Intervju nr. 5-6 var med personer som var involvert i prosessen med utvikling av standarden for ombruk av hulldekker.

Tabell 6.1: Rekkefølge på intervjuene med informantens navn og rolle [1].

Intervju nr.	Navn	Rolle
1	Sverre Smeplass	Sjefsrådgiver Skanska
2	Øystein Rønningen	Teknisk leder Spenncon AS
3	Andreas Nyhus	Prosjektutvikler Heidelberg Materials
4	Oddvar Steinsholt	Prosjektleder Veidekke
5	Hauke Burkart	Prosjektleder Standard Norge
6	Terje Kanstad	Professor NTNU

6.5.3 Intervjuguiden

Det ble utarbeidet en intervjuguide som er vist i *vedlegg D*, for å begrense informasjonen til det som var relevant for forskerspørsmålene, i tillegg til å redusere mengden rådata som måtte behandles. Vi valgte å bruke en semistrukturert form på intervjuet, der de overordnede spørsmålene var skrevet på forhånd med mulighet for ulike oppfølgingsspørsmål til informantene. Metoden kan ifølge Andersen [65] beskrives som; «en samtale mellom forskeren og en respondent, der gangen i samtalen er styrt av forskeren». Intervjuguiden var delt inn i introduksjon, hoveddel og avslutning. Introduksjonen la til rette for at begge parter kunne presentere seg selv og snakke litt generelt om oppgaven. Hoveddelen bestod av fire åpne spørsmål, som tok utgangspunkt i forskerspørsmålene. Disse ble formulert på en forståelig og enkel måte, slik at de ikke skulle oppleves for avanserte. I tillegg hadde et av spørsmålene tre underspørsmål, for å få mest mulig dybde i hovedspørsmålet. Ved å sende spørsmålene til informantene i forkant, fikk de også mulighet til å stille mer forberedt til intervjuet. Dette hjalp også for å velge hvilken retning samtalen skulle ha, og for å formidle hvilke temaer som var relevante å gå inn på.

6.5.4 Gjennomføring av intervju

Intervjuene ble gjennomført via videosamtale på Microsoft Teams, der det i tillegg ble tatt opptak av samtalen. Dette startet med at vi presenterte oss selv og oppgaven, før informantene fikk muligheten til å presentere seg selv og sin rolle. Videre avklarte vi rammene for intervjuet, ved å vise til intervjuguiden som de hadde fått tilsendt på forhånd. Målet var at intervjuobjektene skulle gå mest mulig i dybden på forskerspørsmålene. Det var dermed ønskelig at de skulle lede samtalen selv. Ut ifra dette ønsket vi at informantene skulle snakke mest mulig åpent, for å få frem deres opplysninger og synspunkter i størst mulig grad. Dermed fikk vi også frem tilleggsinformasjon som kunne være relevant for oppgaven. I de tilfellene samtalen gikk for mye utenfor tema eller vi ikke følte at vi fikk svar på spørsmålene, henviste vi til intervjuguiden igjen. Der det var noe usikkerhet i formuleringene til informantene, ble det stilt oppfølgingsspørsmål for å få avklart hensikten. Dette gjorde vi også når det dukket opp informasjon rundt nye temaer vi ikke hadde kunnskap om fra før.

6.5.5 Transkribering av data

For å skrive ned det som ble sagt i intervjuene, benyttet vi transkriberings-funksjonen i Teams. Dette hjalp oss med å automatisk notere ned alt som ble sagt, slik at vi kunne fokusere på samtalen i intervjuet. Ettersom funksjonen i Teams ikke fanger opp alt ordrett, måtte transkriberingene etterbehandles for å få alt riktig. Intervjuene ble tatt opp på video, og det var derfor mulig å gå gjennom samtalen i ettertid og rette opp i feil. For å få frem det som ble sagt på en forståelig måte, tilpasset vi intervjuene til en standard ortografi. Dette var hensiktsmessig siden informantene ordla seg noe ulikt, og hadde forskjellige dialekter. Vi prøvde å tilpasse intervjuene slik at de ble mest mulig ordrett, og unngå at noen av opplysningene ble fremstilt feil. Etter at intervjuene var transkribert på en oversiktlig måte, var det lettere å analysere dataene fra informantene. Intervjureferatene er vist i *vedlegg E*.

6.5.6 Analyse av intervjudata

Etter at alle intervjuene var fullført og transkribert, analyserte vi intervjudataene. Hensikten var å hente ut den mest relevante informasjonen fra informantene, som kunne hjelpe oss å besvare forskerspørsmålene. Analysen ble gjort ved å dele informasjonen i mindre biter, sortere dem, for så å sette det sammen igjen. Dette gjorde vi ved å benytte oss av en programvare som heter Nvivo. Dette er et analyseverktøy som er egnet for å sortere data innfor kvalitativ forskning. Programmet hjalp oss å markere de delene av intervjuene som var relevante, for så å gi sitatene ulike koder. Dette gjorde at informasjonen som omhandlet samme temaer ble samlet i felles mapper. Dermed fikk vi en oversikt over fellestrekk og mønstre i de ulike opplysningene. Der det var motstridende opplysninger og uenigheter mellom informantene ble dette også samlet, for å belyse problemstillingen fra flere sider. Etter dette ble Nvivo benyttet til å presentere informasjonen i resultatkapittelet. Dermed hadde vi god oversikt når vi skulle presentere informasjonen som var relevant for forskningsspørsmålet.



6.5.7 Kvalitetssikring av analyse

For å kvalitetssikre resultatene vi fikk fra intervjuet, var det avgjørende å ha god systematikk og orden gjennom hele intervjuprosessen. Dette innebar å dokumentere intervjuene og dialogen med informantene i tilstrekkelig grad, og ha god struktur når vi samlet resultatene. I tillegg var det viktig å ta stilling til den interne validiteten, for å se om resultatene var gyldige for utvalget og temaet vi undersøkte. Etter at resultatene var sortert og samlet, ble det nøye gjennomgått for å sjekke at det stemte overens med de opprinnelige intervjuene. Vi tok også stilling til om gruppens oppfatninger i forkant av intervjuet og tilstedeværelsen under intervjuet, kunne ha påvirket resultatene i betydelig grad. Vi kom frem til at forståelsen vår i forkant av intervjuet, ikke hadde hatt betydelig påvirkning på resultatene. Dette ble antatt fordi vi forsøkte å ha en så objektiv rolle som mulig under hele intervjuprosessen, og gjengi resultatene mest mulig korrekt. Intervjuene bestod også i høy grad av åpne spørsmål der informantene kunne svare fritt. Det var heller ingen grunn til å anta at intervjuobjektene hadde egeninteresser som kunne føre til gale opplysninger, men at hver enkelt ønsket å belyse problemområdet på en objektiv måte. For å sikre den eksterne validiteten, ble resultatene sammenlignet med kunnskapsbakgrunnen som vi hadde tilegnet oss, for å sikre at resultatene hadde sammenheng med denne informasjonen. Det var dermed mulig å anta at opplysningene fra informantene, kunne generaliseres utover det bestemte utvalget vi undersøkte.

7. Resultat

I dette kapitlet presenteres resultatene som er funnet ved fra litteratursøk, dokumenter og intervjuene.

7.1 Konsekvenser av ombruk

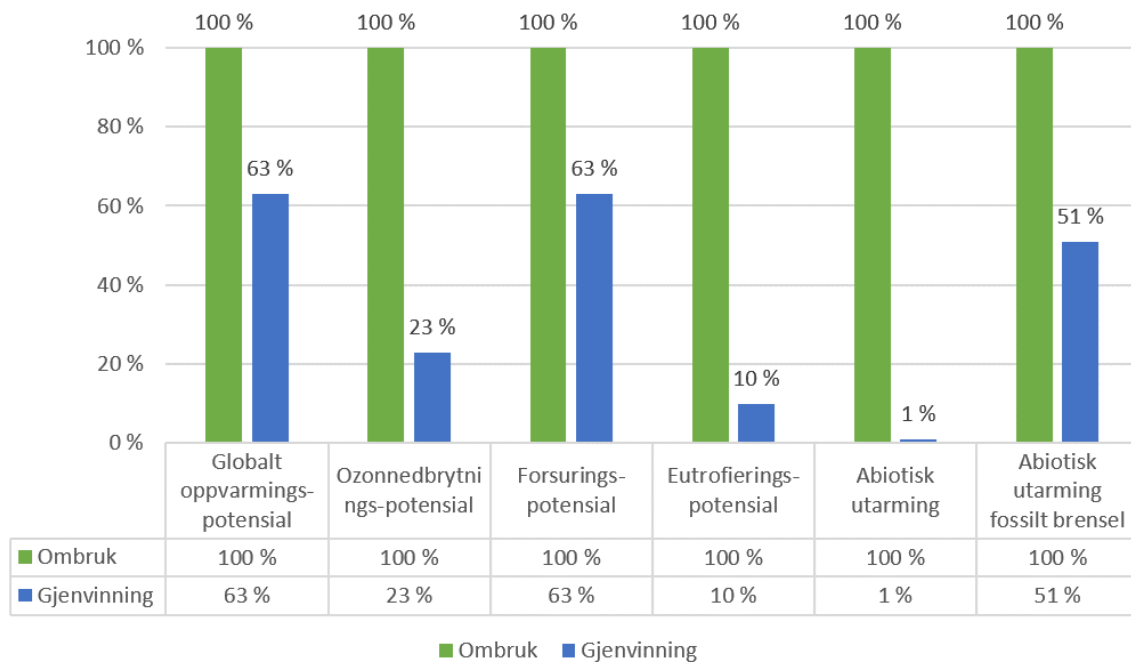
En studie fra Gallego-Schmid et al. [43] har tatt for seg 24 ulike studier som ser på sammenhengen mellom sirkulærøkonomi i byggebransjen og bedre klima, som omfatter EU-land. I artikkelen hevdes det at ombruk er bærekraftig i større grad enn resirkulering, og at for å øke graden av ombruk vil riktig design være avgjørende [43]. I et eksempelbygg ble miljøavtrykket redusert med 88 %, ved at prosessen tilrettela for ombruk. Dermed unngikk man spesialtilpassede løsninger, og det var mulig å demontere på forhånd. Forslag til løsninger som ble nevnt var større grad av standardisering og bruk av modulløsninger, samt fleksible bygg. Det pekes også på at graden av utslippsreduksjoner avhenger i stor grad av materialvalg, hvor de hentes fra, og den tekniske levetiden [31].

En studie fra Küpfer et al. [6] ser på 77 forskjellige ombruksprosjekter med betong fra perioden 1967-2022. Forfatterne argumenterer for at ombruk av betongelementer i nye konstruksjoner er en praktisk og bærekraftig byggemetode. De hevder også at praksisen rundt delvis ombruk av betongelementer har eksistert i mange år. Det geografiske området omfatter prosjekter fra Europa og USA. Det undersøkes hvilke trender som er gjort de siste tiårene ved ombruk av betongelementer, ulike designmuligheter som benyttes, og hvilke pådrivere og utfordringer bransjen har i dag.

Küpfer et al. [6] påstår at delvis ombruk av betongelementer har stort potensial for å redusere globaloppvarming og skadelige miljøpåvirkninger. Samtidig hevdes det at ombruk av betongelementer vil i stor grad begrense avfallsansamling på grunn av det høye volumet og masse det utgjør. I tillegg vil forbruket av naturens ressurser reduseres fordi behovet for nye materialer går ned.

Artikkelen skrevet av Minunno et al. [5] utforsker muligheten for å redusere de negative miljøpåvirkningene i byggebransjen ved å designe bygninger for demontering, noe som kan minimalisere avfallsmengder ved riving, og ikke minst øke levetiden av byggematerialer. Forfatterne hevder at ombruk har bedre miljøgevinster enn resirkulering. Dette samsvarer med de 3 nøkkelpriinsippene i sirkulærøkonomien «Redusere, ombruke og resirkulere». Resirkulering antas som det minst fordelaktige alternativet av disse. For å undersøke de miljømessige fordelene av Design for demontering, har forfatterne bygget et modulbygg «*Legacy Living Lab (L3)*», og utført en LCA-analyse for å måle miljøpåvirkningen til bygningens materialer og komponenter. Deretter ble resultatene av analysen sammenliknet med samme bygning forutsatt at den var bygget på en tradisjonell måte, som ikke er designet for demontering.

Resultatene Minunno et al. [5] kommer frem til viser at ombruk utgjør større miljømessige konsekvenser og er mer fordelaktig enn resirkulering. Ved ombruk kan det oppnås store miljøbesparelser sammenliknet med resirkulering. Dette kan muliggjøres ved å designe for demontering og ombruk. Figur 7.1 viser resultatene fra LCA-analysen i form av seks indikatorer inkludert i LCA-analysen, og peker på store miljøgevinster ved ombruk sammenliknet med gjenvinning. Sammenliknet med gjenvinning sparer ombruk omtrent 37 % når det gjelder globalt oppvarmingspotensial og omtrent 77 % når det gjelder utarming av ozonlaget.



Figur 7.1: Miljøbesparelser ved ombruk, sammenlignet med gjenvinning [5].

En artikkel skrevet av Joensuu et al. [50] blir det gjort en sammenligning mellom ulike metoder for å vurdere byggets livsløpsanalyse. Metoden som skiller seg fra en tradisjonell livsløpsanalyse av bygget som helhet, analyserer de enkelte bygningsdelene hver for seg. Denne ble anvendt på tre ulike alternativer: en typisk betongkonstruksjon, en trekonstruksjon og en hybrid kombinasjon av begge. I artikkelen peker forfatterne på at et av problemene med bygningers miljøpåvirkning er den begrensede levetiden. De hevder også at gamle bygg som rives i dag kan dekke materialbehovet til over halvparten av mengden nybygg som lages. Artikkelen forklarer at det ofte er varierte grunner til at bygninger rives i dag, men at det hovedsakelig ikke skyldes levetiden til konstruksjonen. Noen av årsakene er derimot endringer som følge av urbanisering, og krav til flere etasjer på et begrenset areal. I tillegg er endringer av design og tekniske krav en viktig faktor, samtidig som at det ofte er mindre kostbart å rive enn å renovere.

Likevel hevdes det i studien at ombruk forlenger materialenes livstid, samtidig som det bevarer verdien uten omfattende behandling. Videre hevdes det at utfordringene ved design for demontering ikke omhandler de tekniske løsningene, men heller markedet og verdikjedene. Et av hovedfunnene var at en betongkonstruksjon designet for demontering kan utgjøre lavere miljøutslipp enn en standard trekonstruksjon. Studiet anbefaler også at byggesektoren må se på bygninger som ett sett med separate produktsystemer med potensiale for ombruk [50].

7.2 Kartlegging av utfordringer fra litteraturstudie og dokumenter

En artikkel skrevet av Ghisellini et al. [66] går gjennom og organiserer nyere litteratur som omhandler sirkulærøkonomi for å utforske hvordan nøkkelpriussippene «Redusere, Ombruk og Resirkulere» kan anvendes på avfallshåndtering i byggebransjen. Publikasjoner som ble analysert er begrenset til engelsk og omfatter tidsperioden mellom 1990-2017. Litteraturgjennomgangen retter søkelys på miljøpåvirkninger som et resultat av å iverksette en sirkulærøkonomi, og benytter hovedsakelig en LCA-analyse for å kvantifisere effektene, samt en økonomivurdering av bygge- og rivningssektoren. LCA-analysen var ganske omfattende og inkluderte prosesser fra vugge til vugge «Cradle-to-Cradle». I denne artikkelen er det identifisert ulike barrierer som blant annet utfordringer knyttet til økonomi, samt løsninger og suksessfaktorer for å få gjennomført en effektiv forvaltning av avfallsmaterialer fra konstruksjons- og rivningssektor innenfor en sirkulærøkonomisk ramme.

I studien skrevet av Ghisellini et al. [66] hevdes det at ombruk/resirkulering av byggematerialer vil bidra til å redusere miljøpåvirkninger. Produkter kommer inn igjen i bruksfasen i syklusen, og dermed blir produksjon av nye produkter unngått. Det er også påstått at ved selektiv rivning er det mindre støvforstyrrelser og helsefarer sammenlignet med konvensjonell rivning. Det nevnes i tillegg at selektiv rivning som ombruk er avhengig av kostnader som demontering, kostnader fra transport og transport-avstander og midler, bygningstype og egenskaper, teknikken som brukes, og ikke minst økonomiske insentivforhold. Det er gitt et eksempel fra Nederland hvor den nederlandske regjeringen har innført deponiforbud på resirkulerbare produkter, noe som har økt ombruks-/resirkuleringsgraden til ca. 95 %. Studien konkluderer med at design for demontering er avgjørende for ombruk i framtiden. Tabell 7.1 presenterer en oversikt over relevante funn fra artikkelen.

Tabell 7.1: Hovedfunn for barrierer og løsninger fra artikkelen til Ghisellini et al. [66].

Barrierer	Mulige løsninger
Høye kostnader på ombrukselementer sammenlignet med nye produkter	Redusere avgifter knyttet til gjenbruk, og øke avgiftene på bruk av råmaterialer
Tilgjengelighet og lave priser på råvarer kan sees på som en barriere for å øke ombruksgraden.	Økning av deponiavgifter
Holdningen til ombruksmaterialer er negativ (tolkes av kunder som materialer med mindre kvalitet) og usikkerheten om holdbarheten	Tillegne høyere kunnskap rundt avfallshåndtering
Manglende informasjon om ombruksmaterialer, spesielt for leverandørkjede.	Bransjen må legge mer vekt på designfasen
Mangel på marked for forskjellige ombruksmaterialer	
Mangel på tilstrekkelig kunnskap om ombruk av materialer, samt mangel på motivasjonen hos ansatte	
Mangel på juridiske rammeverk forhøyet kostnadene.	

En artikkel skrevet av Huuhka et al. [67] undersøker potensialet for ombruk fra en boligmasse i Finland på 1960- og 70-tallet. De vurderer hvor egnet disse elementene er for ombruk ved å inspisere plantegninger for boligene. I tillegg er det gjennomført en litteraturgjennomgang fra tidligere studier. Det blir vurdert ulike tekniske detaljer på panelene til å identifisere kravforskjeller fra produksjonstidspunkt til dagens situasjon.

I studien til Huuhka et al. [67] argumenteres for at knutepunktene mellom panelene kan være til hinder for demonteringsprosessen. Fugemassen og armeringsjern som kobler elementene sammen, samt påstøp som dekker hulldekkeelementene gjør demontering svært krevende, noe som forårsaker høye kostnader. Et annet hinder som kan oppstå er mangel på passende anvendelsesområder. Det hevdes også at brukte betongpaneler ofte har dårlig holdbarhet, noe som fører til kort resterende levetid. Ifølge artikkelen er frost- og korrosjonskader de to sentrale årsakene til den fysiske tilstanden. Det nevnes også at skadegraden varierte mye avhengig av klimaet panelene var utsatt for, i tillegg til størrelsen på poreforhold i betongen, og overdekningen mellom betongoverflaten og armeringen. Samtidig er potensialet for reparasjon og dermed forlengelse av levetiden stor, siden skadene ikke er så omfattende. Forfatterne viser at en annen utfordring kan knyttes til endringer i geometrien til hulldekkeelementene. Disse endringene skyldes at dagens krav har utviklet seg i forhold til kravene som eksisterte på 1960- og 70-tallet.

Huuhka et al. [67] konkluderer med at prefabrikkerte betongpaneler er mye bedre egnet til ombruk enn plaststøpte plater. De kommer fram til at datidens boligmasse representerer en betydelig reserve for bygningskomponenter.

I studien til Küpfer et al. [6] hevdes det at en årsak til kostnadsøkning ved ombruk av prefabrikkerte betongelementer kan være dårlig koordinering mellom aktørene. De henviser til et tidligere prosjekt hvor arbeidet ble avbrutt på grunn av forsinkelser knyttet til dårlig koordinering, utfordringer med mellomlagring, og manglende motivasjon for skånsom demontering av elementene. Dette resulterte i en kostnadsøkning på 10-15 %. Videre henviser forfatterne til et annet prosjekt hvor arbeidet også ble avbrutt. Grunnen til avbruddet var at koblinger mellom elementene ikke ble utført som tegnet. Dette krevde ekstra sikkerhetstiltak, noe som førte til økt tidsbruk og høyere kostnader. Det nevnes også at manglende standarder og rammeverk, samt begrensede demonteringsmetoder er utfordringer knyttet til ombruk av prefabrikkerte betongelementer.

Forfatterne konkluderer med at flere erfaringer og nye metoder bidrar til at praksisen sprer seg blant aktører i byggebransjen. De etterspør bedre kunnskap rundt tidligere teknikker for demontering og remontering, i tillegg til en utvidelse av de gode eksisterende løsningene. Det blir også foreslått en tydeligere oppdeling og spesialisering av fagområdene innfor feltet [6].

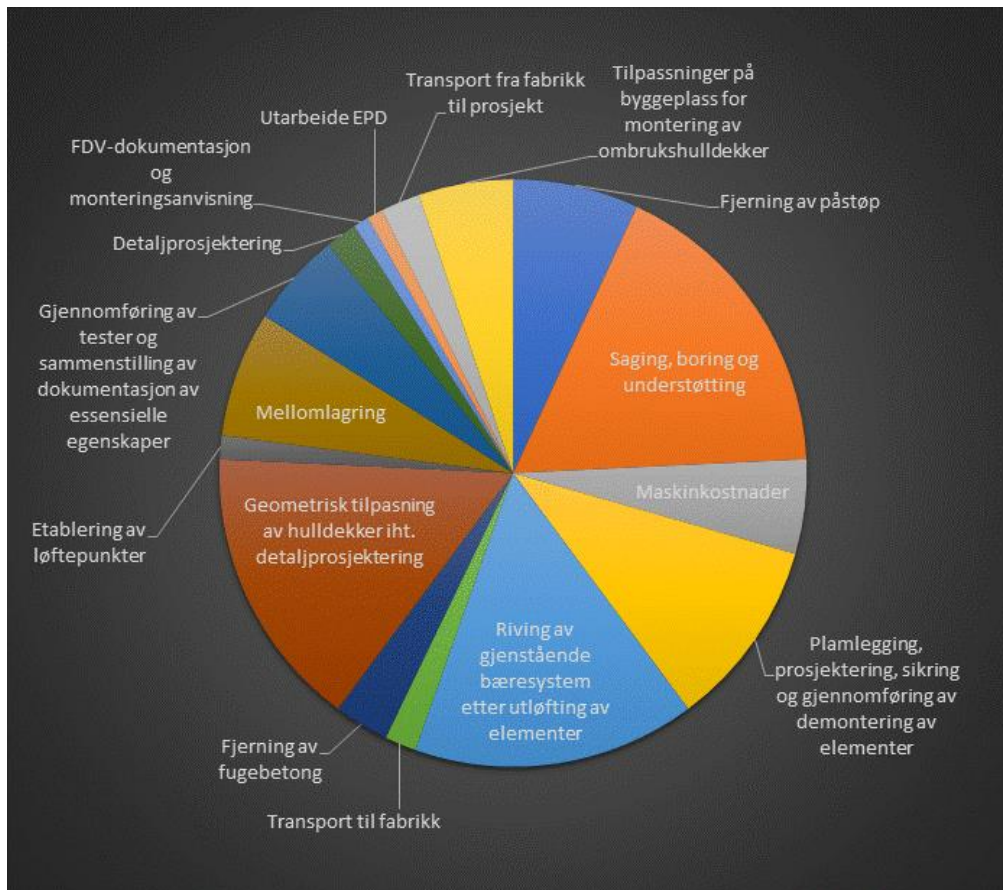
I artikkelen til Minunno et al. [5] nevnes det at mangelen på et attraktivt og kompatibelt marked av ombruksbyggevarer, samt evnen til å konkurrere med materialgjenvinning er utfordringer som knyttes til ombruk. Likevel hevder forfatterne at design for demontering er stadig mer populært og kan vinne frem.

Det hevdes i en rapport utarbeidet av ENOVA, vist i *vedlegg A* at resultater fra pilotprosjektet R4 viser mye høyere kostnader per kvadratmeter ombrukshulldekke enn for et nytt. Flere forhold i dette

prosjektet var avgjørende for de høye kostnadene, noe som i stor grad vil variere fra prosjekt til prosjekt.

- Blant annet var rivning av bygget R4 ganske utfordrende grunnet prosjektets lokasjon som lå i nærheten av Høyesterett, noe som medførte at alt måtte tilrettelegges for dette.
- Rivningstomten lå på et svært lite område med trang plass.
- Etter utheising av hulldekkene krevde rivning av gjenstående elementer av bæresystemet omfattende tiltak.
- Hulldekkene var dekket av solid påstøp, noe som var arbeidskrevende å få fjernet.
- Det krevde mye tilpasning i plan på grunn av komplikasjoner knyttet til arealer der ombrukshulldekkene var planlagt brukt i Oslo Storbylegevakten.

Figur 7.2 viser fordeling av de totale kostnadene tilknyttet demontering av hulldekker fra R4 og tilrettelegging for ombruk i OSBL. I figuren fremgår det tydelig hvor kostnadene ligger og hvilke poster som har vært mest kostnadsdrivende.



Figur 7.2: Fordelingen av de ulike kostnadene i R4-bygget, fra *Enova-rapporten* inkludert i *vedlegg A*. Figuren er gjenskapt av gruppen.

Det hevdes i tillegg at en sentral utfordring som må ivaretas for forsvarlig ombruk er hvordan man skal forholde seg til lovkrav og regelverket. Spesielt utfordrende når regelverket er tilrettelagt for ny produksjon. Den harmoniserte standarden NS-EN 1168 dekker nye hulldekkeelementer og er ikke lagt til rette for ombruk. Dette krevde ytterligere dokumentasjon for å kunne bruke ombrukshulldekker på en forsvarlig måte, og i tråd med Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK) og Byggesaksforskriften (SAK). Nærmere beskrivelse er vist i *ENOVA-rapporten i vedlegg A*.

7.3 Resultater fra intervjuer

Under presenteres resultatene som kommer frem i intervjuene. Opplysningene og synspunktene til informantene er fremstilt ved å vektlegge hovedpoengene fra intervjuene som er relevante for problemstillingen. Resultatene er hentet fra de fullstendige *møterefelatene i vedlegg E*.

7.3.1 Erfaringer fra ombruk i Regjeringsbygg 4

Informantene peker på flere utfordringer med arbeidet i Regjeringsbygg 4. Flere nevner at demoneringsprosessen var krevende på grunn av beliggenheten og høyden på bygget. Siden bygget var plassert midt i Oslo sentrum, var tilkomst med utstyr en utfordring på grunn av den trange plassen. Utløftingsprosessen krevde også kran som kunne nå helt opp, for å heise ned hulldekkene til gateplan. Dette krevde også en omfattende fundamentering under kranen, for å sikre tilstrekkelig stabilitet. Uttheisingen ble gjort ved å bore hull gjennom elementene og tre en kjetting gjennom, for så å løfte ved hjelp av et åk. En lang bjelke fra kranen ble benyttet til å feste kjettingen i. Denne prosessen ble gjentatt for hver av dekkene, noe som var tidkrevende. Videre ble alle dekkene fraktet til Moss for å behandles hos Contiga, før de ble fraktet tilbake til Oslo igjen. En av informantene understrekte også at dette genererte betydelige mengder trafikk, noe som ikke var gunstig. Det legges vekt på at alle disse prosessene førte til store kostnader. Flere av informantene sier Regjeringsbygget var krevende å benytte som donorbygg.

Det var ikke veldig sterkt fokus på den fysiske gjennomføringen i det prosjektet. Der så vi mest på den prosessen som gikk på dokumentasjon og ha struktur i dokumentene sånn at vi kunne forsvare ombruket rent Teknisk [...]. Å løfte elementene fra 11 og 12 etasje ned på gatenivå midt i Oslo sentrum. Det var ikke optimalt» (Sverre Smeplass, Skanska).

Smeplass understreker at prosjektet med Storbylegevakten var å anse mer som et forsøk enn et byggeprosjekt. Det var dermed ikke hovedsakelig fokus på den fysiske gjennomføringen, men heller på dokumentasjon og struktur i prosjektet. Et av målene var dermed å kunne vise at ombruk var gjennomførbart med de eksisterende retningslinjene. Det kommer tydelig frem at pilotprosjektet var viktig for dokumentasjonen og for å skaffe erfaringer fra prosessen.

«Det er klart de dekkene som ble montert der ble jo dyre hulldekker. Men det var jo også et prosjekt som hadde et høyere mål for å si det sånn, blant annet å utarbeide en standard og få erfaring og så videre da. Og det gjelder for hele ombrukskonseptet. Markedet har jo lite erfaring med det, så jo flere prosjekter man får testet her, jo mer trygghet får man på prosedyrer og hva ting koster» (Andreas Nyhus, Heidelberg Materials).

Alle informantene som var involverte i prosjektet, mente at det gav verdifulle erfaringer, og et godt resultat. En av de positive erfaringene var at det var liten forskjell på kvaliteten mellom de gamle og nye hulldekkene. De kunne dermed gå inn i produksjonen på samme måte som nye elementer. I tillegg var dimensjonen på elementene velegnet for videre bruk, da dekkene hadde 10-12 meters spenn. Disse ble sagt ut i 10-meters elementer. Steinsholt nevner også at selv om det var et trangt område å jobbe på, fikk de til en bra logistikk. Smeplass sier også at det ikke ble tatt hensyn til fremtidig demontering i Storbylegevaktan, siden de ombrukte hulldekkene ble betraktet på samme måte som nye. Det ble dermed utført fugestøp og innstøpte dybler ved opplegg, som ved engangs bruk. Det blir påpekt at bygget i større grad kunne vært tilpasset for ombruk på ny, hvis dette hadde blitt tatt hensyn til tidligere.

7.3.2 Logistikk

Generelt kommer det frem at ombruk av hulldekker innebærer mange logistikkoperasjoner, som igjen forvansker rivingsprosessen. Sammenlignet med en konvensjonell riveprosess der man barer klipper ned bygget, er det mye vanskeligere å løfte ut elementene strukturert. Det kommer også frem at det er svært få eksempelprosjekter, og at det dermed ikke finnes en standardisert måte å gjennomføre logistikken på. Ettersom byggene har svært ulike forutsetninger, vil kompleksiteten av gjennomføringen variere i høy grad. Siden dagens eksisterende konstruksjoner ikke er tiltenkt for ombruk, gjør også dette at prosessen kan bli svært komplisert.

«Og det er fordi at det er så mange logistikkoperasjoner med de ombrukte hulldekkene. De forvansker rivingsprosessen, ikke sant? Det er veldig enkelt å klippe ned et bygg. Det er mye vanskeligere å løfte ut ting helt strukturert» (Sverre Smeplass, Skanska).

For utfordringer knyttet til logistikk, nevnes særlig demontering av dekkene som en utfordring. Dekkene skal demonteres skånsomt, ved å fjerne element for element. Det nevnes at hulldekkene er sammenstøpt i fugene og på oppleggene, og at de dermed må skjæres fra hverandre. Fugene er det svakeste punktet på dekkene, og erfaringen viser at det dermed er enkelt å knekke de fra hverandre. Videre må elementene tilpasses for å få tilgang til feste ved utheising. Til slutt må hvert enkelt dekke heises ut ved hjelp av kran. Informantene legger også vekt på at dekkene ofte må behandles for å kunne brukes om igjen. Dette gjelder særlig påstøp som er svært godt festet til betongen. Det poengteres også at nesten alle bygg i Norge er avrettet med flytsparkel. Dette blir påført hulldekkene for å få en helt slett overflate. Den eksisterende flytsparkelen og påstøpen kan gjøre at dekkene får større dimensjoner enn det som er tiltenkt for bygget. I tillegg vil det ofte henge igjen rester fra fugestøpen fra demonteringen. Erfaringsmessig er dette mulig å pigge bort, slik at man kun sitter igjen med selve hulldekket. Det nevnes også at fugestøpene er enkle å fjerne, men at det kan være en

krevende prosess å fjerne påstøp. Denne må jobbes godt med for å få vekk, og tykkelsen kan variere mellom flere centimeter.

«Noe av poenget med påstøpen er jo at den skal feste godt til elementet. Og så når du da skal pigge det av, så er det ikke sånn at det bare flaker snilt av. Du må faktisk jobbe veldig med det for å få av en påstøp som varierte ... Jeg mener de var mellom 5 og 10 centimeter tykke» (Oddvard Steinsholt, Veidekke).

Tidsperspektivet blir også vektlagt i høy grad av Steinsholt. En utfordring i tradisjonelle byggeprosjekter er at det sjeldent settes av tid til å demontere. Det er ofte gitt en tidsfrist på å rive bygget, som vanligvis ikke gir rom for skånsom demontering. En forutsetning er dermed at byggherren som eier bygget, gir entreprenøren tilstrekkelig tid til å kunne demontere.

«I et riveprosjekt så er det som regel byggherren som sier at vi har en gitt tid til å rive på, og det er i hvert fall så langt, aldri inkludert en tid for å demontere. Så det er jo mye mer effektivt å stå med en stor rivemaskin og tygge ned et bygg enn å faktisk gjøre alt som trengs for å løfte ut» (Oddvard Steinsholt, Veidekke).

Det kommer frem at med dagens praksis kreves det en avtale mellom en kunde fra nybygg, og den som leverer fra donorbygg. Dermed kreves det en konkret forespørsel fra en kunde som ønsker å teste ut konseptet, for å inngå avtalen. Uten en avtale med en interessent, er det dermed lite økonomisk ansvarlig å gå i gang med ombruk. I tillegg pekes det på problemstillingen rundt tilgangen til ombrukte hulldekker. Dette er fordi det rives svært lite, sammenlignet med antall nye bygg som bygges. Det understrekes at ved å utføre prosjekter med ombruk, er det nødvendig med donorbygg som kan levere nok materialer.

«Den store utfordringen blir i tillegg til å få ned kostnader, så blir det å skaffe nok elementer. Fordi det er så lite riving. Vi river jo nesten ingenting. Vi bygger nok 10 ganger mer enn vi river, og da blir det litt vanskelig å skaffe ombrukte elementer» (Sverre Smeplass, Skanska).

Transporten nevnes også som en vesentlig problemstilling, i og med at de tunge bygningselementene må fraktes. Det poengteres at det alltid er ønskelig å gjøre transportveien så kort som mulig, ettersom det generer mye trafikk under frakting. Det er dermed en fordel at donorbygget er kortest mulig unna det nye byggeprosjektet. I motsetning til bruk av nye hulldekker, må de ombrukte elementene også fraktes til og fra testing for å dokumenteres. Det poengteres at dette ikke nødvendigvis gjelder alle dekkene, siden det ikke er nødvendig å teste alle destruktivt. Smeplass påpeker at hulldekkene fra Regjeringskvartal 4 hadde lang transportetappe, noe man prøver å unngå.

«Vi vil sørge for at transportveien blir så kort som mulig. Der var det altså først transport fra regjeringskvartalet til Moss, og så tilbake til Oslo og Storbylegevakten. Det genererer jo ganske mye trafikk. [...] Så må kun de elementene som vi prøver fraktes til en fabrikk eller noe tilsvarende» (Sverre Smeplass, Skanska).

For logistikk blir også behovet for plass og mellomagring nevnt som en betydelig problemstilling knyttet til ombrukshulldekker. Det nevnes at dette er en kontrast til nye hulldekker som produseres i dag, som vanligvis fraktes direkte fra produksjon til byggeplass. Produsentene har ofte fulle lagre fra

nyproduksjon som skal leveres innfor en svært liten tidshorison. Dette krever god flyt i logistikken og forutsigbarhet med hensyn til levering. Det er dermed liten lagervirksomhet for betongelementer i dag, noe som kan være krevende ved distribusjon av brukte hulldekker. Et annet problem er knyttet til tidsperspektivet mellom demontering fra donorbygg, og montering i nye konstruksjoner. Dermed er det vesentlig at produktene har tilstrekkelig lagerkapasitet. Bransjen har jobbet lenge for å opprettholde «Lean Production», noe som kan være motstridende med økt fokus på lagerkapasitet.

«Du kan ikke forvente at du har et sånn donorbygg som skal levere elementene og som skal rives akkurat når du skal bygge nye. Da har du flaks rett og slett. Det går jo ikke. Du er nødt til å ha en sånn mellomagring av elementer. Så da går vi bort ifra Lean Production, og det blir rart fordi det har vi jobbet med i ca. 20 år» (Sverre Smeplass, Skanska).

Rønningen påpeker også at hulldekker er svært plasskrevende, og at det fort tar opp mye lagerkapasitet. Dette gjelder særlig hvis ombruk skal kunne benyttes i større prosjekter, der det vil være store mengder betongelementer. Dette vil være utfordrende for dagens lagerkapasitet.

«Det er jo en utfordring når det kommer til ombruk, for det krever jo litt plass. Det er ikke mange byggene du skal demontere før du har mange tusen kvadrat med hulldekker på lager, og dagens produsenter har muligens ikke lagerplass til så mye» (Øystein Rønningen, Spenncon AS).

Samtidig poengterer Steinsholt at riktig koordinering i prosjektet, kan bidra til å unngå mellomagring av dekkene. Det kommer frem at dette er krevende, men at det kan føre til besparelser.

«Og så er det jo det med å koordinere med prosjekter, sånn at du ikke må legge elementer på mellomager. Det måtte jo faktisk de på den Storbylegevakten. De andre prosjektene, der koordinerte vi på en sånn måte at det ble kjørt rett på plass. Så da har du en besparelspotensiale der» (Oddvard Steinsholt, Veidekke).

Terje Kanstad nevner også problemstillinger knyttet til HMS. Hulldekker er svært tunge elementer som skal håndteres, noe som gjør at prosessen krever høy sikkerhet. I tillegg påpekes det at det har forekommet ulykker tidligere i forbindelse med håndtering av hulldekker, noe som understreker viktigheten. En utfordring med sikkerheten er at bæresystemet kan bli mindre stabilt, etter hvert som bygget demonteres. Demonteringen må dermed legge til rette for tiltak som ivaretar tilstrekkelig stabilitet under prosessen.

«[...] det er jo store tunge elementer som skal løftes og håndteres. Og så er det jo selvfølgelig HMS-utfordringer [...] når man begynner å demontere så blir det jo etter hvert ustabilt. Det er jo veldig utfordrende» (Terje Kanstad, NTNU).

7.3.3 Økonomi

Kostnader knyttet til prosessen med ombruk blir også sett på som en vesentlig utfordring. Det pekes særlig på at disse kostnadene er for store sammenlignet med bruk av nye elementer. Grunnet dette er at dagens produksjon av nye hulldekker er en svært optimalisert prosess med lave

produksjonskostnader. I motsetning er ombruk av hulldekker en svært lite standardisert prosess, som krever mye arbeid for å gjennomføres i dag. Det kommer frem at ombruk av hulldekker kan være mellom 4 og 10 ganger mer kostbart enn ved bruk av nye.

«Det som er den store utfordringen med det foreløpig, er at det er kostbart. Ombrukte hulldekkelementer koster jo mye mer enn nye. Det er 2 grunner til det. Det ene er jo at nye hulldekkeelementer er veldig billig, altså det er en veldig enkel måte å produsere de på. Og kostnadene knyttet til selve produksjonen er veldig lav. Når vi skal gjøre den samme prosessen med ombruk av hulldekker, så vil kostnaden bli mellom 4 og 10 ganger høyere enn det» (Sverre Smeplass, Skanska).

Informantene legger også vekt på hvilke deler av prosessen som potensielt vil bidra til de største kostnadene. Som nevnt er det de mange ekstra logistikkoperasjonene som krever mye ressurser og planlegging, noe som igjen er kostbart. Sammenlignet med produksjon av nye hulldekker, er det særlig prosessen med demontering og utløftning av hulldekkene som er kostbart. Det understrekes at kostnader knyttet til transport, er noe som medregnes ved bruk av nye dekker også. Dermed er dette noe som ikke nødvendigvis er særegent i en prosess med ombruk. Likevel påpekes det at transportavstanden kan være noe større hvis dekkene må fraktes langt for å testes. Det blir også lagt vekt på at prosessen med testing utgjør en kostnad alene som må medregnes i vurderingen.

«Når det gjelder hva som bidrar til de største kostnadene, så er det løsgjøringen av elementene og utløftning. Transport får jo du på en måte uansett hvor du henter elementer [...] Og så er det jo selvfølgelig en kostnad det å undersøke elementene, altså for å se om de er skikket til ombruk» (Oddvard Steinsholt, Veidekke).

Det kommer også frem at de største kostnadsdriverne vil variere noe, avhengig av forutsetningene for de ulike prosjektene. Demonteringsprosessen vil ofte utgjøre mesteparten, hvis det er kompliserte forhold i bygget. Dette kan f.eks være i tilfeller det er utfordrende med tilkomst til bygget, eller i svært høye konstruksjoner som krever høye kraner. I tillegg vil festemetoden for dekkene og graden av påstøp ha stor innvirkning på riveprosessen. Jo bedre elementene er sammenstøpt, desto mer krevende vil det være å skille dem fra hverandre. Siden prosessen må gjentas for hvert enkelt hulldekke, vil det også øke tidsbruken i prosjektet.

«I noen tilfeller så er det rivingsprosessen som er dyrest og i andre tilfeller er det tilpasningsprosessen som er dyrest. Men riving kan bli veldig kostbart hvis det er kompliserte bygg og vanskelige forhold» (Sverre Smeplass, Skanska).

Nyhus nevner at gamle dekker har herdet svært mye lengre enn nye dekker, noe som gjør at de er mer krevende å skjære gjennom. Når hulldekkene skal skilles fra hverandre, benyttes store diamantblader til å sage gjennom betongen. Dette gjøres for å kappe direkte lengder og lage slisser for forankring. Diamantblader er svært kostbare, og disse slites fort ned når man skal sage gjennom betong som har herdet såpass lenge. Han påpeker også at behovet for behandling av dekkene også vil variere noe. Tilstanden til elementene kan være noe forskjellig fra prosjekt til prosjekt. Dette kan påvirkes av hvordan den opprinnelige monteringen har blitt utført, alderen på bygget, og hvor skånsomt bygget rives. Rester fra den gamle betongen må fjernes tilstrekkelig fra hulldekket, og det vil dermed kunne

varierte hvor bra rensset det er. Dette vil igjen påvirke hvor godt egnet dekket er for blant annet utheising.

«Sånn som vi monterer hulldekker i dag, så bruker vi åk og klyper som det heter. Det er en sånn klype som klemmer rundt hulldekket. Det krever jo at vi har en ren kant. Det vil jo kunne variere da. Hvis dekkene er fine, så kan vi fortsette å bruke åk og klyper, og da slipper vi å støpe inn løft. Det er også en kostnad da det støpes inn manuelt» (Andreas Nyhus, Heidelberg Materials).

Informantene stiller også spørsmål til hvem som skal ta på seg den økonomiske risikoen, ettersom bedriftene er avhengige av å tjene penger. Dette er særlig utfordrende siden det kan oppstå spørsmål om hvem som skal dekke kostnadene for de ulike prosessene. I tillegg kan det bli en diskusjon om kostnadene skal knyttes til donorbygget, eller det nye bygget der de skal brukes. Det kan også være noe usikkerhet knyttet til hvem som skal gjennomføre de ulike oppgavene. Ute i markedet kan det være ulike oppfatninger og meninger om ansvarsfordelingen knyttet til prosessen. I tillegg er det vanskelig å beregne hvor kostbar gjennomføringen blir, ettersom hvert enkelt prosjekt har store variasjoner. Dette gjør også at prosjektene kan være svært lite forutsigbare, og dermed gi økt risiko for de ansvarlige. Samtidig understreker Nyhus at det er viktig at aktørene i bransjen tar initiativ og er positive til ombruk.

«Og vi er jo avhengig av å leve av det vi driver med, så vi er jo opptatt av å ikke bli sittende med all risiko og alene uten å få betalt for det. Vi må jo gå varsomt fram i tillegg til å være framoverlente og positive til dette da» (Andreas Nyhus, Heidelberg Materials).

7.3.4 Drivere

Informantene er tydelige på at med dagens praksis, er det mest gunstig for aktører å velge nye hulldekker fremfor ombruk. De peker dermed på det må ligge andre motiver til grunn, for at det skal bli mer utbredt. Ofte blir miljøperspektivet trukket frem som en årsak, ved at man ønsker å redusere klimagassavtrykket i prosjektet. Informantene er enige om at ombruk kan gi store besparelser for miljøet, og at bransjen er i en omstilling der man prøver å produsere mer miljøvennlig. Dette blir understreket av Rønningen.

«Hvem er det som egentlig har lyst til å betale mer for en vare som er brukt enn for en vare som er ny? Det må være en kunde som ikke har pris høyest på listen. Miljøet må være høyest på listen for at du skal være villig til å betale mer for en brukt vare per nå» (Øystein Rønningen, Spenncon AS).

Flere av informantene etterlyser incitamentene fra utsiden av bransjen, for å bidra til at bedrifter benytter seg av ombruk i prosjekter. Siden ombruk av hulldekker ikke er økonomisk bærekraftig isolert sett, kan andre drivere bidra til å gjøre det mer attraktivt. Et av forslagene som blir gjentatt er økonomisk bistand fra det offentlige, som kan være en bidragsyter i prosessen. Dette kan bidra til at det i større grad blir økonomisk og lovteknisk mulig å stå på produksjonssiden. Steinsholt understreker at dette må til for at det ikke skal være alt for kostnadskrevenende å spare miljøet.

«Jeg mener noe av nøkkelfokuset for å få til dette på sikt, er en viss økonomisk bistand fra det offentlige som jeg mener plikter å være med på å legge til rette for klimamessige smarte løsninger» (Oddvar Steinsholt, Veidekke).

Smeplass påpeker også at ombruk aldri vil bli bærekraftig å drive med på egenhånd. Han forslår at incitamentene kan bli direkte knyttet til besparelser av CO₂. Dette gjøres allerede på enkelte anleggsprosjekter i dag, der man får betalt per tonn CO₂ som spares i prosjektet. Ved å prise CO₂ direkte i byggeprosjekter med ombruk, vil det være lettere å kunne forsvare ombruk. Det kommer også frem at disse prisene øker stadig vekk, noe som gjør dette forslaget særlig relevant. Ved hjelp av et slikt insentiv kan man tjene på miljøbesparelsene, og dermed kompensere i større grad for kostnadene ved ombruk. Han nevner også at en mulighet er å innføre krav i Teknisk forskrift som krever en bestemt prosentandel ombruk i nye prosjekter.

«På noen av de anleggsprosjektene vi har i dag, så får vi betalt 1500 kroner per tonn CO₂ vi sparer i prosjektene. Da er CO₂ priset direkte. Hvis du gjør det også i byggeprosjektene, så vil du kunne forsvare ombruk ganske enkelt. Det er sånne ting som må inn da. Eller at det kommer i Teknisk forskrift at du skal ha minimum 20 % ombruk i nyprosjektet ditt. At det på en måte blir en forskrift eller en lovpålagt ordning» (Sverre Smeplass, Skanska).

Burkart nevner også at hvis eksisterende kvotepriser på CO₂ går opp, kan dette også være en driver for ombruk. I tillegg kan ytterligere føringer fra myndigheter også være positivt. Han understreker likevel at det ikke nødvendigvis vil være gunstig å innføre høyere byggekostnader for nye produkter. Hulldekker som produseres i dag er et svært bra produkt, som bransjen fortsatt er avhengig av. Han nevner at det ikke er nødvendig å se på nye byggeprodukter som noe negativt. I tillegg påpekes det at nye hulldekker også legger grunnlaget for det som skal brukes igjen senere. Det bør dermed hovedsakelig fokuseres på å optimalisere ombruksprosessen, fremfor å øke avgifter på nye produkter.

«Og så tror jeg at ytterligere føringer altså fra myndigheter og sånt kan være positivt. Men, jeg har ikke lyst til å heie på høyere byggekostnader heller. Jeg synes nok at man må prøve optimalisering i størst mulig grad enn å skrike ut behovet for høyere avgifter da som jo i praksis sånne krav fort kan være da» (Hauke Burkart, Standard Norge).

Smeplass peker også på en utfordring med ombruk av betongelementer, som potensielt vil bli større i fremtiden. I tillegg til at produksjonen av ny betong er betydelig billigere, blir den også mer miljøvennlig. Blant annet utvikler Heidelberg Materials en sementtype som heter CCS-sement, der CO₂-en er fjernet fra produksjonen. Denne skal etter planen komme på markedet i slutten av 2024. Dette vil bidra til at klimagassavtrykket fra betongprodukter vil bli betydelig lavere. Dette kan igjen føre til at CO₂-besparelser ikke vil være en like stor driver til å velge ombruk. Smeplass mener dermed at fokuset i større grad må rettes på besparelser av ressurser alene. Hulldekker inneholder både spennstål og materialer i form av sement, stein og tilsetningsmaterialer. Nyproduksjon bidrar dermed til et forbruk av naturressurser ved uthenting av jomfruelige råvarer.

«Så hvis vi har mer fokus på ressurser enn vi har på CO₂, så kan vi fortsatt forsvare ombruk. Og derfor må vi se på regelverket etter hvert som vi jobber nå, fordi at ting kommer til å forandre seg

ganske fort. Men sånne typer incitamenter og sånne typer regelverksendringer må til for at ombruk skal bli effektivt» (Sverre Smeplass, Skanska).

7.3.5 Forenkle prosessen

Informantene legger stor vekt på at en utfordring med dagens bygg er at de ikke er tilpasset for demontering. Siden bygningsdelene er festet på en irreversibel måte, er det vanligvis bare riving som er aktuelt etter byggets brukstid. Dette pekes på som et problem med dagens bygg, som i liten grad er designet for å kunne demonteres. For å kunne forenkle fremtidige prosesser knyttet til ombruk, legger informantene stor vekt på at byggene må tilpasses for senere demontering. Dette vil gjøre at elementene lettere kan brukes om igjen, også flere ganger. Smeplass nevner at praksisen med «Design for demontering» bygger på erfaringer fra Nederland, der uttrykket er noe mer etablert.

«Vi må begynne å bruke det som heter DfD-teknologi, altså «design for dissassembly», som går ut på at du finner løsninger for sammenkobling som er smartere enn det å støpe det sammen. Dermed blir lettere å ombruke dem i neste runde igjen» (Sverre Smeplass, Skanska).

Med dagens praksis vil det ofte være store variasjoner i demonteringsfasen, siden det er lite erfaring med skånsom demontering. Å skille elementene fra hverandre krever mye arbeid, og kan gi påkjenninger som skader dekkene. I tillegg kan det være utfordrende å få vekk alle betongrestene, som krever etterbehandling. Steinholt nevner at en løsning kan innebære enklere innstøpningsdeler som låses fast, fremfor sammenstøpning og sammenliming. Dermed kan elementene lettere demonteres strukturert, uten å påføre skader på hulldekket.

«Det er klart hvis du hadde hatt, enten sånne enkle innstøpningsdeler som gjør at du kanskje kan fjerne et lokk eller noe sånt, og så kan du stikke noe nede i en lås, i stedet for at du må bore igjennom. Da blir det mer elegant og du får mindre skader på elementene» (Oddvar Steinholt, Veidekke).

En fordel som kommer frem, er at hulldekker er elementer som potensielt vil være godt egnet for reversible løsninger. Selv med løsningene som brukes ved demontering i dag, har det vist at konseptet er gjennomførbart. Dermed er det et stort potensial for å effektivisere prosessen, ved å legge til rette for bedre løsninger i fremtiden. Nyhus nevner at å tilpasse fremtidens hulldekker for demontering, også kan ha store fordeler utover logistikk og tid. Det kan bidra til at demonteringsprosessen blir tryggere, ved at operasjonene blir mindre komplekse. Ved en standardisert modulløsning for å montere dekkene, kan det potensielt kreve mindre utstyr og personer i prosessen. Dette kan igjen bidra til lavere kostnader på sikt, etter hvert som praksisen blir mer utbredt.

«[...] vi må tenke mer på det i dagens verden og framover at det skal være demonterbart i fremtiden. Det har man jo ikke tenkt på før egentlig. Så det er jo egentlig bare tilfeldig at prefab egner seg jo ganske godt for demontering selv med de tradisjonelle løsningene [...]. Hvis man forbereder byggene i større grad for ombruk, så vil jo den kostnaden gå ned en gang i fremtiden. Da vil det være trygge og billigere operasjoner» (Andreas Nyhus, Heidelberg Materials).

Det poengteres også at dette krever mer planlegging fra de involverte i prosjektene, både produsenter og arkitekter. Prosessen vil dermed kreve tilpasning under produksjonsfasen av elementene, i tillegg til prosjekteringen av bygget. Dette er særlig avgjørende siden hulldekkene på forhånd må kappes og tilpasses svært nøyaktig. Bedre planlegging kan også løse utfordringer knyttet til utløftning av hulldekkene, ved at dette tilpasses under produksjonsfasen. Å ha god kommunikasjon mellom de involverte kan gi bedre tid til forberedelse av hulldekkene, og større forutsigbarhet i gjennomføringen. Ved at flere disipliner samarbeider med å legge til rette for ombruk, vil det bidra til en mer sømløs prosess. God planlegging i startfasen kan gjøre det enklere under selve monteringen ute på byggeplass.

«Det må legges til rette for allerede i produksjonen til type Contiga eller andre elementprodusenter. Og arkitekten må altså ta det innover seg i forhold til hvordan man kan sørge for at de løftepunktene og sånt er lett tilgjengelig, altså med tanke på om det skal være støp»
(Oddvar Steinholt, Veidekke).

Flere av informantene etterlyser en egen bransje som kan spesialisere seg på ombruk av tunge bygningselementer. Dette innebærer egne aktører som har den nødvendige kompetansen, og som kan sertifisere de brukte elementene for ny bruk. Smeplass nevner at det er flere bedrifter som har vist interesse for å bidra til en slik næringsgren. I praksis kan for eksempel elementprodusenter inngå samarbeid med en rivningsentreprenør som er ansvarlig for å løfte ut betongelementene. Videre blir de transportert til et lager som produsentene har, der de blir kontrollert. Til slutt kan de brukte elementene leveres på samme måte som nye. Han påpeker også at bransjen er i en tidlig startfase, men at det potensielt er store muligheter. Det blir også understreket at dette ikke kan overlates til tilfeldige aktører, men at det krever profesjonell kompetanse for å kunne levere brukte bygningselementer. Dette er avgjørende siden det må dokumenteres at man har full statisk kontroll i et bygg. I tillegg må det tas hensyn til jordskjelv, brannbelastning og andre tilfeller som vurderes ved standard prosjektering av bygg.

«Ja, det må utvikles en næringsgren. Noen som blir proff på det. Som vet hvordan vi skal gjøre det her mest mulig effektivt. Og hvordan kan vi tilby et utvalg av hulldekkelementer som passer til flere prosjekter» (Sverre Smeplass, Skanska).

Rønningen tror også at det er avgjørende å få til en ombruksprosess i større skala, for at kostnadene skal gå ned. Han påpeker at dette gjelder for mange typer produkter, som ofte er svært dyre i startfasen, men som blir billigere etter hvert som det blir en serieproduksjon. I tillegg vil flere og bredere erfaringer gjøre det lettere for aktører å teste ut konseptet, siden det reduserer usikkerhet. Også han påpeker at en form for varehus kan være avgjørende, for å få til distribusjon i større skala. I tillegg blir det nevnt at de som blir sittende på produktene må ha kontroll på tilstandsvurderingen. Dette kan blant annet omfatte forventet levetid og kapasiteten på hulldekkene. Det vil også være nødvendig å ha tilstrekkelig lagerkapasitet.

«Jeg tror det ideelle hadde vært å ha et sånt depot, et byggevarehus for ombruk av elementer, men det må være ganske svært. Det er jo muligheter for noen, hos oss inkludert sånn sett, men det krever jo investeringer og i det hele tatt. Men det kunne ha vært et samarbeid mellom aktører i bransjen» (Øystein Rønningen, Spenncon).

7.3.6 Regelverk

Siden ombruk av hulldekker fortsatt er i startfasen, nevner informantene at det er noen utfordringer knyttet til regelverket. Det er avgjørende å sikre at de gamle byggevarene opprettholder krav til kvalitet og styrke. Smeplass påpeker at dagens regelverk ikke er utviklet for ombruk i tilstrekkelig grad. Dette er en utfordring som kan bidra til komplikasjoner i prosjekter.

«Fordi at vi fraviker jo egentlig fra regelverket når vi driver med ombruk. Regelverket er heller ikke forberedt på ombruk» (Sverre Smeplass, Skanska).

Steinsholt peker på noen av utfordringene man står ovenfor som leverandør av hulldekker, da det krever at dekkene er godkjent før man inngår en formell salgssavtale med kunden. Dette kan skape en stor risiko, som man må være villig til å ta. Det pekes på at det må lages et lovverk som reduserer risikoen for aktørene, slik at det blir lettere å velge ombruk.

«Når vi som riveentreprenør skal demontere bygg og selge de elementene videre, så er vi jo å anse som en leverandør. Vi har ikke lov til å inngå salgssavtale formelt sett heller, før vi har dokumentert at dette er gode nok elementer. Da blir det en stor risiko for rive- eller demonteringsentreprenøren å påta seg. [...] Så myndighetene har også en jobb å gjøre når det gjelder å lage et lovverk som gjør at det er levelig for aktørene uten for stor risiko og faktisk gå for ombruk» (Oddvar Steinsholt, Veidekke).

En viktig del av å sikre godkjent dokumentasjon, er knyttet til testingen av hulldekkene. Disse er gitt i NS 3682 og beskriver hvilke fysiske tester som må gjennomføres. Alle elementene skal måles og veies, i tillegg til at det foretas visuell kontroll. 1 av 50 dekker krever fullskala kontroll, der de testes til brudd. Videre skal det bores kjerneprøver til testing av trykkfasthet, som omfatter 1 av 20 dekker. Det påpekes at det er mulig å utføre dette på endestykket, slik at resten av dekket er brukbart. I tillegg testes betongfasthet, karboniseringsdybde, kloridinnhold og alkalireaktivitet. Dette kan også utføres slik at resten av dekket er brukbart etterpå. Rønningen nevner likevel at enkelte mener at standarden krever for mye destruktiv testing av dekkene. Selv tenker han at det er fornuftig, siden det er mye usikkerhet knyttet til betong. Det kan likevel være en utfordring at andre aktører opplever det som for mye.

Videre kommer det frem at det kun er nødvendig med visuell kontroll der eksponeringsklassen er X0 og det ikke er mistanke om skader fra karbonatisering. Dette mener Rønningen kan gjøre prosessen betydelig enklere, ved at man får mindre omfattende testing. En forutsetning er at eksponeringsklassen blir definert som X0, der det lar seg gjøre. Denne klassen kan brukes i oppvarmede tørre rom, som for eksempel kontorbygg og leilighetsbygg. En utfordring er at rådgivende ingeniør ofte setter denne til XD1, som i enkelte tilfeller kan være noe konservativt. Dermed er det avgjørende at bruksområdet blir tydelig definert under prosjekteringen.

«Hvis man er mer bevisst på bruken av X0, og bruker NS-EN 206 som et grunnlag for dette, så vil det absolutt bidra. Det forenkler jo testregimet noe voldsomt og reduserer kostnadene. Så hvis man vet at det skal benyttes i tørre og oppvarmede bygg, så bør man benytte X0» (Øystein Rønningen, Spenncon AS).



Burkart stiller spørsmål til tilliten man har til nye byggevarer, sammenlignet med gamle. Han mener at hvis gamle betongelementer har stått over tid, bør det være grunn til å ha større tillit til at de oppfyller de nødvendige kravene til kvalitet og bæreevne. I motsetning til helt nye materialer har de blitt testet i praksis, noe som viser at de tåler belastningen. Samtidig understrekes det at det kan ta tid å få tillit til brukte bygningsselementer, og at erfaring kan bidra til å senke kravene noe.

«[...] personlig så synes jeg jo egentlig at vi kan ha vel så mye tillit til ombrukte byggevarer fordi de har blitt testet i praksis. Vi vet ikke når de er blitt testet for, men vi vet at de ikke har en kjempealvorlig feil hvis de har stått i lang tid. Og det tror jeg er litt sånn modning som må til innenfor dette. For det er jo sånn generell skepsis til konstruksjonssikkerhet og ombrukte byggevarer» (Hauke Burkart, Standard Norge).

8. Diskusjon

Dette kapittelet diskuterer resultatene som er funnet gjennom forskningsartikler, dokumenter og intervjuer.

8.1 Miljøkonsekvenser ved ombruk

Resultatene fra forskningsartiklene viser enighet om at ombruk har store miljøgevinster. Det slår fast at ombruk i stor grad vil redusere klimagassutslippene, minimalisere avfallsmengder og forbruket av naturens ressurser, og ikke minst øke levetiden av byggematerialer. Hvor store gevinster bransjen kan oppnå, er avhengig av flere faktorer. Blant annet kan beliggenhet av donorbygget være en viktig faktor for reduksjon av CO₂-utslipp. Transport bidrar også til en stor del av klimagassutslippene. Dersom det er store avstander mellom donorbygget og det nye prosjektet der ombrukselementer skal brukes om igjen, vil miljøbesparelsen kuttes ned. Videre kan tilstanden på materialene variere veldig fra et prosjekt til et annet. I noen tilfeller kan ombrukselementer bli skadet gjennom demonteringen og trenger dermed reparasjon for at de skal være egnet for ombruk, noe som igjen vil spille inn i miljøregnskapet. Grunnen til det er at reparasjon ofte krever frakt av ombruksmaterialene til det anlegget hvor elementene skal behandles og tilpasses. Store maskiner er nødvendig for å fullføre arbeidet, noe som medfører luftforurensning og klimagassutslipp. Derfor er det viktig å gjøre minst mulig skade på elementene under demontering. Samtidig kan det oppstå komplikasjoner knyttet til demontering av elementene, noe som krever bruk av flere verktøy for å få problemet løst. Avhengig av hvilken måte man velger å løse problemet på, kan miljøregnskapet påvirkes. Av den grunnen kan god koordinering og involverende planlegging gjøre miljøgevinsten enda større.

Betongkomponenter utgjør globalt en stor prosentandel av avfallsmengden. Resultatene viser at ombruk av betongkomponenter vil bidra til å redusere avfallsansamling på grunn av deres store volumer og masse. Samtidig er betong et av de mest brukte materialene som forbrukes i dag, og er i stadig økning. Dersom myndigheter og beslutningstakere ikke finner nye tiltak for hvordan avfall må håndteres, kan det argumenteres for at verden vil havne i et stort dilemma den kommende tiden. Ifølge avfallshierarkiet vist i Figur 3.3 er ombruk det nest prioriterte tiltaket i forhold til hvordan en skal håndtere avfall. Dette stemmer med resultatene der det er påstått at ombruk har større miljøgevinster enn resirkulering.

Forskning viser at betong antas å være ansvarlig for ca. 10 % av klimagassutslippene globalt. Sementen i betong står alene for omtrent 90 % av utslippene. Resultatene i denne rapporten viser at ombruk av betongelementer bidrar til å redusere klimagassutslippene betydelig. Selv om prosentandelen varierer noe fra forskjellige forskningsartikler er det åpenbart at store besparelser kan oppnås. I denne sammenhengen kan en anse besparelsene ved å fjerne store deler av produksjonsprosessen fra miljøregnskapet, og sette produktene rett inn i bruksfasen. Til tross for at demonteringsprosessen medfører miljøutfordringer, vil like fullt fordelene og fortjenestene i forhold til miljøet være større ved å ombruke betongelementene, ettersom en slipper produksjonsfasen av betong og sement. Det er derfor rimelig å anta at det er store besparelser. Når sementen utgjør så stor andel av utslippene knyttet til betong, vil bransjen spare veldig mye ved ombruk. I tillegg vil behovet for uthenting av jomfruelige materialer reduseres.

For fremtidig ombruk kan praksisen «design for demontering» bidra til enda større miljøgevinster. Dersom arkitektene finner tekniske løsninger som har potensialet for å forenkle demonteringsprosessen, vil miljøfortjenesten bli enda større. Det kommer frem i resultatene at betongkonstruksjoner som er designet med hensyn til fremtidig ombruk kan ha større betydning for miljøet, og vil føre til mye mindre miljøutslipp. Ved å benytte denne strategien kan en unngå skader på elementer, komplikasjoner og overprosessering knyttet til demontering. Bruk av flere maskiner for å separere elementene fra hverandre kan også unngås. Dette kan ha stor betydning for miljøkonsekvenser, og bidra til bedre resultater fra miljøregnskapet.

Av det vi har sett over kan ombruk betraktes som et viktig tiltak for å oppnå bærekraftsmålene. Ombruk av hulldekker vil bidra til:

- å redusere klimaendringer ved å minske miljøutslippene.
- å effektivisere forbruk av naturens ressurser ved å gi hulldekkene en ny bruksverdi, noe som i et lineært økonomisk perspektiv blir ansett som avfall.
- avfallsreduksjon, spesielt når hulldekker utgjør store volumer og masser.
- å gjøre byggebransjen mer bærekraftig i fremtiden.

8.2 utfordringer og potensielle løsninger

8.2.1 Demontering

Funnene fra forskningsartiklene peker på flere utfordringer knyttet til ombruk av betongkomponenter. Det kommer frem at kostnader vil variere veldig avhengig av forutsetningene for hvert prosjekt. Demontering blir ansett å være den største kilden for kostnadsøkningen, og mange av utfordringene er knyttet til demonteringsprosessen. Det er sammensatt av flere årsaker. Blant annet kan knutepunktene og fugemassen mellom elementene være arbeidskrevende å skille fra hverandre. Dette er særlig fordi knutepunktene ikke er designet med tanke på demontering. Samtidig kan fjerning av påstøp være til hinder for å få flyt i prosessen, og dermed kreve flere arbeidstimer for å få det til, noe som igjen øker kostnadene.

I forbindelse med R4 viser konseptutredningen at det var vesentlig høye kostnader på ombrukshulldekkene som er brukt i OSBL. Det slår fast at kostnader vil variere veldig avhengig av forholdene i hvert prosjekt. Det kommer fram at byggets beliggenhet førte til flere logistikkoperasjoner og mer tilrettelegging for å heise ned elementene. R4 lå midt i bykjernen og i nærheten av Høyesterett. Det var 10-12 m lange betongelementer som skulle demonteres og heises ned fra en høyblokk, og deretter fraktes. Store lastebiler måtte komme fram, og utstyr for utheising måtte monteres på plassen. I tillegg til dette var rivningstomten ganske trang. Derfor var demonteringsprosessen i dette prosjektet veldig krevende, og mye planlegging og koordinering var nødvendig ved gjennomføring.

Konseptutredningen nevner også at fjerning av påstøpet i R4 var særlig utfordrende under demonteringen. Hulldekkene var dekket av et solid sementlag som benyttes for blant annet å avrette underlaget og tilrettelegge for riktig høyde på gulvet. Ved demonteringen måtte dette laget fjernes, og

dermed var det arbeidskrevende å pigge det bort. Dette kan i tillegg påføre store skader på elementene, noe som krevde skånsomt arbeid. Av den grunn ble fjerning av påstøpet ansett som en av de postene som kostet mest.

En annen kilde for kostnadsøkningen som er avdekket i R4-prosjektet var rivning av gjenværende bæresystem. Etter utløftning av hulldekker var det viktig å sikre riving av det gjenværende bæresystemet, noe som krevde flere sikkerhetstiltak og god planlegging. Ifølge Figur 7.2 var denne posten veldig kostbar. Hvor omfattende dette kan bli, vil være avhengig av bygningshøyde og kompleksiteten i bæresystemet. Dersom bransjen skaffer seg mer erfaring om denne praksisen, og finner flere demonteringsmetoder, kan dette unngås i høy grad. Samtidig kan design for demontering gjøre situasjonen bedre med tanke på fremtidig demontering.

Fra intervjuene kommer det også frem at demonteringsprosessen ofte er krevende, som følge av alle logistikkoperasjonene. Erfaringene fra Regjeringskvartalet 4, viste at dette er særlig komplisert som følge av hvordan elementene er festet. Siden hulldekkene er sammenstøpt i fugene og på opplagerne, må elementene skjæres fra hverandre, før de kan løftes ut. Med dagens praksis er det dermed en tidkrevende prosess som må gjentas for hvert enkelt hulldekke. Siden praksisen med ombruk bare er i startfasen, finnes det lite erfaringer å bygge på. Dette krever at aktører som velger å bygge med ombrukte materialer, i høy grad må prøve seg frem. Samtidig er det tydelig at praksisen med ombruk har stort potensiale for å optimaliseres. Som nevnt varierer forholdene for de ulike prosjektene i høy grad, noe som gjør at kostnadsbidragene er avhengig av de enkelte prosjektene.

Fra intervjuene kommer det frem at løsgjøring av elementene og utløftning ofte bidrar til de største kostnadene. Likevel tyder informasjonen i intervjuene på at bransjen i større grad jobber for å implementere ombruk som en del av praksisen for sirkulærøkonomi. Etter hvert som bransjen får mer erfaring med gjennomføring av ombruk, vil det etableres bedre løsninger og høyere grad av effektivisering. Ved å skape flere standardiserte løsninger ved demontering, vil dette bidra til større forutsigbarhet knyttet til kostnadene. Dette gjelder også for dagens bygg som ikke er designet med hensyn til å kunne demonteres.

8.2.2 Geometrier og fysisk tilstand

En annen utfordring som kan oppstå er ulikheter i geometrien, sammenlignet med dagens standard. Det kommer fram i forskningsartiklene at dagens krav har utviklet seg med tiden. For elementer som er produsert på 1970-tallet, er det høy sannsynlighet for at de ikke tilfredsstillers dagens krav. Som følge av dette kan betongelementene ofte kreve tilpasning før de er klare for ombruk. I så fall kan det være mer gunstig å tilpasse arealene i det nye prosjektet til ombrukelementene, for å redusere ytterligere arbeid som kapping og saging. Dette er også faktorer som bidrar til høye kostnader.

Konseptutredningen påpeker at arealene for hulldekkene fra R4 som var tiltenkt i OSBL var kompliserte og krevde mye tilpasning i plan. Når ombrukshulldekkene ikke er tilpasset designkravene, og dimensjoner på opprinnelige elementer ikke er egnet for bruk i det nye prosjektet, blir det nødvendig med tilpasninger. Dette kan innebære å endre designet på det nye prosjektet slik at ombrukelementene skal passe inn i det nye bygget, noe som fører med seg uforutsette kostnader.

Videre hentes ofte ombrukselementene fra bygninger som har stått i lang tid, vanligvis over 40 år. Den fysiske tilstanden kan bli påvirket av hvilket klima elementene har blitt utsatt for. I noen tilfeller kan tilstanden til betongelementene være så dårlig at de trenger omfattende behandling før de kan brukes om igjen. I andre tilfeller har de god tilstand som tillater ombruk uten særlig behandling. Fra resultatene finner vi også at den fysiske tilstanden i stor grad påvirker holdbarheten til betongelementene, og dermed blir gjenværende levetid kortere. Derfor er det nødvendig å vurdere bygningens tilstand på forhånd før man går videre med arbeidet.

8.2.3 Design for demontering

Design for demontering blir nevnt som en avgjørende faktor for å kunne legge til rette for høyere grad av ombruk. Det kommer tydelig frem at et mer fleksibelt system for montering og demontering vil kunne bidra til store besparelser av tid og kostnader. DfD baserer seg på større grad av mekaniske forbindelser, fremfor kjemiske. Dermed kan en løsning være å låse elementene fast med bolter og liknende, slik at man reduserer behovet for støpning og sammenliming. I tillegg vil det være gunstig å unngå konstruktivt påstøp der det lar seg gjøre. Dette vil føre til mindre behov for bearbeiding og tilpasning av dekkene i ettertid. I tillegg kan det føre til en tryggere prosess med hensyn til sikkerhet, og gi lavere risiko for skader på hulldekkene. Design for demontering bør omfatte dagens eksisterende hulldekker, som også har et stort potensial for en enklere monteringsprosess. Samtidig har man en unik mulighet til å legge til rette for en enklere prosess i fremtiden, ved å tilpasse nye hulldekker som produseres i dag.

Det kan argumenteres for at sirkulærøkonomi er en langsiktig prosess, der man høster gevinstene langt frem i tid. Å tilpasse dekkene allerede i produksjonen vil være svært mindre arbeidskrevende enn å endre på ferdigstøpte elementer. Som Burkart påpeker i intervjuet, ligger de nyproduserte dekkene grunnlaget for senere ombruk. En av utfordringene med å innføre nye festesystemer for elementene, vil være at det krever en stor omstilling. Å gå vekk fra de tradisjonelle metodene som benyttes i dag, vil også føre til økte kostnader. Først må det utvikles gode nok løsninger som kan standardiseres uavhengig av variasjoner i de ulike prosjektene. Deretter må disse løsningene gjøres tilgjengelige for produsenter av betongelementer og andre aktører i byggebransjen. Selv om dette kan føre til økte kostnader i starten, er det gode grunner for at dette vil lønne seg på sikt. Blant annet vil man kunne spare kostnader på de ressursene man unngår ved en enklere monteringsprosess. Dette vil for eksempel være redusert bruk av betong for festing, og mindre bruk av bore- og sageverktøy. I tillegg vil en enklere prosess kreve mindre ressurser i form av arbeidskraft, som igjen gir besparelser.

8.2.4 Transport

Transport blir nevnt i resultatene som en utfordring, ettersom transportavstander kan øke kostnadene betydelig. Dette kan være særlig krevende ettersom det er store og tunge betongelementer som skal fraktes. Det kan godt sies at nye elementer også fraktes fra fabrikk til bruksområdet. Men når det gjelder ombruk, mangler bransjen fortsatt markeder for å selge ombruksmaterialer. Dette kan føre til lange avstander, sammenlignet med nye produkter som blir produsert flere steder. I tillegg er mangel på et kompatibelt marked for ombruksmaterialer ansett som en stor utfordring. Bransjen har per dags dato et svært lite ombruksmarked for brukte byggevarer. Dette er noe som kan få kundene til å velge

nye varer i stedet, og som ikke minst svekker evnen til å konkurrere med andre praksiser som f. eks gjenvinning.

8.2.5 Mellomlagring

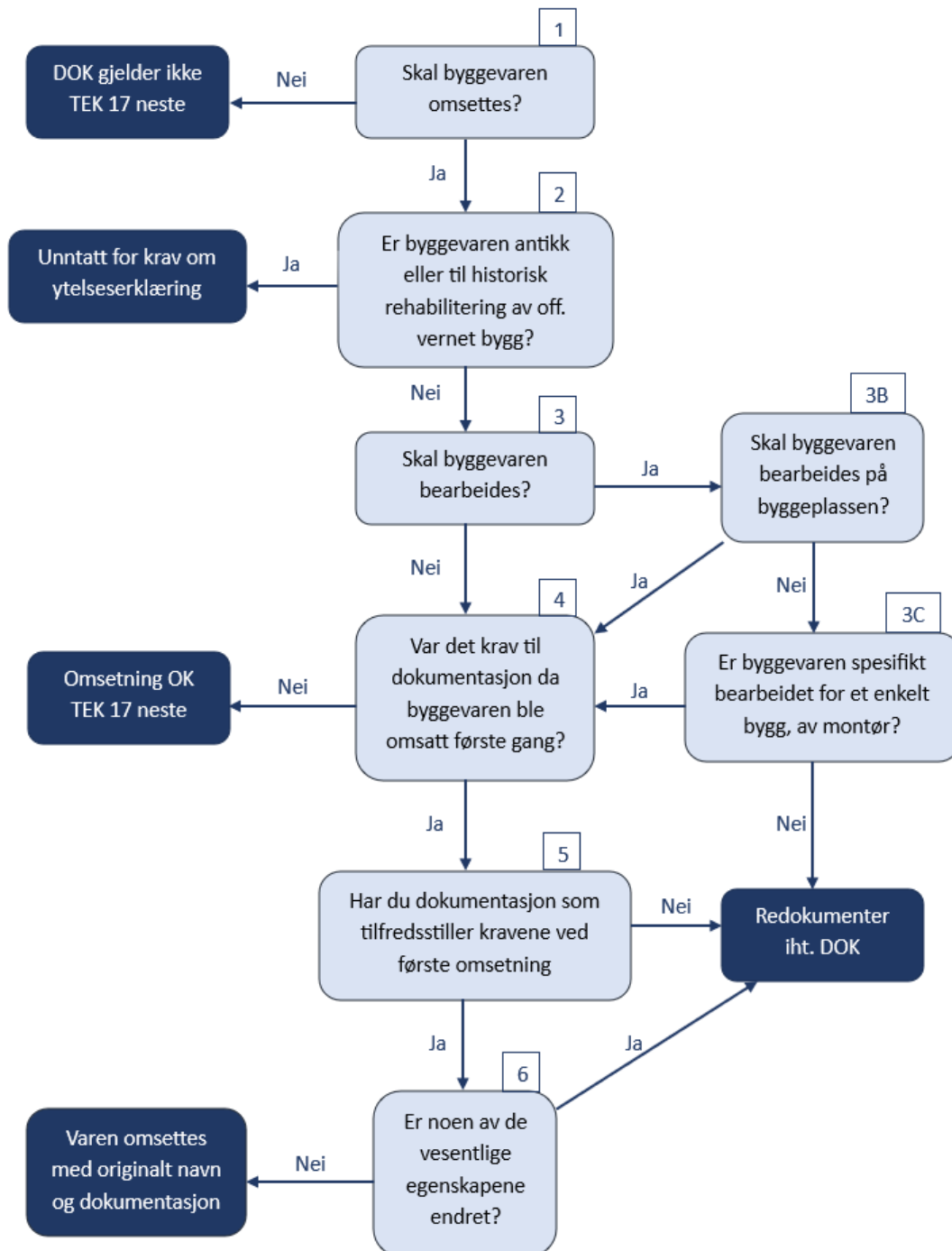
Fra intervjuene nevnes behovet for mellomlagring av hulldekkene som en stor barriere, ettersom elementene er svært plasskrevende. Det påpekes at dagens praksis forutsetter en avtale mellom river av donorbygg, og de som skal bygge nytt. Så langt har dermed logistikken fokusert på å få elementene direkte fra donorbygg til byggeplass, hvis man ser bort fra testingen. For å drive med lager, må det være noen som er villige til å satse på ombrukelementer som en egen nisje. Det vil være nødvendig å ha et bredt utvalg av hulldekker som passer til flere prosjekter. Et alternativ kan være å ha et utvalg av elementer i forskjellige dimensjoner, eller som krever liten tilpasning ved bruk. Konseptet vil kreve aktører som har nødvendig byggeteknisk kunnskap og som vet hvordan de skal gjøre prosessen effektiv.

Det kommer frem i intervjuet at å investere i større lagerplass vil gå imot konseptet med Lean Production, som bransjen har jobbet for i flere tiår. Dette er fordi man ønsker så god flyt i prosessen som mulig, og at varer ikke skal ta opp unødvendig plass, noe som koster tid og penger. Dagens produksjon av betongelementer er et resultat av en svært optimalisert prosess, noe som gjør det billig og effektivt. Samtidig går byggenæringen mot en sirkulærøkonomi, noe som vil kreve at man tester ut nye former for praksis. Det kan dermed ikke forventes at ombruk skal være en like optimalisert prosess som nyproduksjon, ettersom dette er i et svært tidlig stadium. En kan dermed argumentere for at det vil være nødvendig å tillate ekstra ledd i prosessen, selv om det går imot Lean Production. I tillegg skiller ombruksprosessen seg fra en konvensjonell byggeprosess, ved at det krever samhandling mellom to forskjellige bygg. Dermed er det ikke forutsagt at et gammelt bygg er klart til å rives på samme tidspunkt som et annet skal bygges. Dette understreker Smepllass i intervjuet.

8.2.6 Standarder og regelverk

Resultatene fra forskningsartiklene påpeker at mangel på standard for ombruk og et solid rammeverk også er utfordringer knyttet til ombruk av betongelementer. Flere land i verden mangler fortsatt standarder for ombruk, noe som setter spørsmålsteget ved demonterings- og ombruksframgangsmåten. Det får utførende til å finne på metoder som muligens ikke er effektive, og dermed muligheten for tap av tid og penger enda større. Likevel kan dette gi mulighet for kreativitet, og kan i noen tilfeller resultere i å finne metoder som er mer gunstige enn det som står i standarden. Derfor kan det være lurt å tilrettelegge standarder for ombruk, men også tillate rom for testing og kreativitet.

Konseptutredningen nevner også tolkning av regelverket som en sentral utfordring. Dagens regelverk er egnet for nyproduksjon, og er begrenset for gamle byggevarer. I prosjektet med R4-bygget var det avgjørende å gå gjennom relevante forskrifter og lover for at ombrukshulldekkene kunne brukes på en forsvarlig måte. Hovedutfordringen består i å dokumentere at de tekniske egenskapene tilfredsstilles for bruk i det aktuelle byggverket (TEK), og at kravene for omsetning i (DOK) overholdes. Det var også viktig å sikre etterlevelse av andre relevante forskrifter og lover. Dokumentasjonsprosessen var veldig komplisert og kostbar. En framstilling av ombruksprosessen for byggevarer fra eksisterende bygningsmasse med tilhørende dokumentasjonskrav er illustrert i Figur 8.1.



Figur 8.1: Prosessen med ombruk av byggevarer i henhold til regelverket, inspirert av figur i figur i *ENOVA-rapporten i vedlegg A*.

Det kan påstås at det ble gjort en stor innsats i R4 prosjektet for å realisere en forsvarlig og bærekraftig praksis for ombruk av hulldekker. Selv om kostnadene ble ganske høye per kvadratmeter ombrukshulldekker sammenlignet med nye, har bransjen likevel tilegnet seg ny og verdifull kunnskap.

Dette har også resultert i en stor gevinst i form av en ny standard: «NS 3682 – Hulldekker av betong til ombruk». Dette vil bidra til å demontere innenfor en bestemt retningslinje, noe som kan redusere kostnadene betraktelig i fremtiden.

8.2.7 Koordinering og samspill

Dårlig koordinering mellom aktørene kan også komplisere ombruksprosessen. Det er vist i resultatene at samspillet mellom de utførende er en viktig faktor for å unngå misforståelser under gjennomføring. Dårlig samhandling vil ofte føre til forsinkelser, motstridende meninger, problemer med å lage en gunstig plan, problemer med mellomlagring og negative holdninger hos arbeidere. Dette vil igjen øke kostnadene betraktelig, og ikke minst gjøre bransjen mindre motivert for ombruk. Derfor er det avgjørende å finne arbeidsprosedyrer og profesjonelle team for å gjennomføre slike prosjekter, særlig på et stadium hvor det mangler erfaring.

Fra intervjuene kommer det frem at det er viktig å legge til rette for ombruk tidlig i prosjekteringsfasen. Dette krever god samhandling mellom arkitekter, ingeniører og entreprenør. Ombruk kan dermed være vanskelig å gjennomføre i praksis, hvis ikke alle de involverte har tilstrekkelig kompetanse for den nødvendige gjennomførelsen. Siden det vanligvis bygges med nye bygningsmaterialer, kan det være krevende å gå bort fra den tradisjonelle praksisen. Ombruk krever operasjoner og praksis som det vanligvis ikke tilrettelegges for i prosjektene. Det er dermed avgjørende med god samhandling i prosjektet, for å sikre at alle involverte jobber med hensyn til ombruk. Et eksempel på dette er når byggherrer ikke gir tilstrekkelig tid for å demontere byggene strukturert. Dette kan skape stort tidspress for riveentreprenør, som må forholde seg til en tidsfrist. I tillegg nevnes behovet for å tilpasse elementene slik at de er tilrettelagt for senere demontering. Dette vil også kreve detaljprosjektering tidlig i startfasen for å tilrettelegge for reversible innfestninger. Et eksempel kan være at løsninger for feste til utheising blir etablert i forkant, for å forenkle prosessen. Entreprenørene må deretter påse at utførelsen blir gjort i henhold til beskrivelsene, og utføres riktig.

Som det kommer frem i intervjuene, er det behov for en egen næringsgren som kan håndtere de brukte hulldekkene. Dette kan innebære en tredjepart som behandler og tester elementene, for så å sikre nødvendig dokumentasjon og godkjenning. Deretter kan elementene sorteres og lagres i et stort varehus, etter dimensjoner og typer dekker. En fordel med å ha et sånt depot for ombruk vil være at interessenter kan bestille hulldekker som allerede er klargjort for bruk. Dermed vil man spare seg for arbeid som inkluderer riving, etterbehandling og testing. Ved at hulldekkene allerede innehar godkjent dokumentasjon, er det også mindre risiko knyttet til produktet. Samtidig er det avgjørende at aktører er villige til å tilpasse prosjekter etter ombruk. Dette kan innebære å først kartlegge hvilke elementer som er tilgjengelige, slik at bæresystemet kan dimensjoneres ut ifra disse dimensjonene. Hulldekker produseres vanligvis ut ifra kundens behov, og er derfor støpt i svært nøyaktige lengder. Derfor bør det også være mulig å tilpasse dekkene, uten at det krever for mye arbeid. For å kunne utvikle en slik næringsgren vil det kreve en stor satsing for å løse de eksisterende utfordringene. Som det kommer frem i intervjuet med Rønningen, kunne dette vært et samarbeid mellom flere aktører i bransjen. Å etablere et slikt mellomledd i prosessen kan bidra til mer effektiv koordinering mellom partene i et ombruksprosjekt.

8.2.8 Erfaring, metoder og verktøy

Et annet viktig poeng som er nevnt i resultatene er mangel på erfaring. Det mangler i tillegg flere demonteringsmetoder, som for eksempel egnet utstyr og gode teknikker. Dette kan være en årsak til komplikasjoner som oppstår under demonteringen. Byggebransjen har de siste tiårene laget flere mål for å redusere klimagassutslippene, og har begynt å bevege seg mot en sirkulærøkonomisk modell. En strategi som er tiltenkt å ha stort potensial for å oppnå målene er ombruk av materialer. Selv om bransjen mangler flere teknikker og metoder som kan gjøre demontering økonomisk bærekraftig, tilegner bransjen seg en verdifull kunnskap for senere prosjekter.

Fra intervjuene påpekes det at brukte byggevarer kan bli ansett som dårligere produkter i bransjen. Dette kan være en barriere som bidrar til at aktører ser på ombruk som en stor risiko. Erfaringer viser likevel at gamle betongelementer generelt opprettholder svært god kvalitet ved testing. Dette er påvist gjennom testing av de brukte hulldekkene, som har gitt svært gode resultater. Det er derfor stort grunnlag for at disse skal være pålitelige å benytte som elementer i nye bygg. Som Burkart også påpeker under intervjuet, har gamle hulldekker blitt testet i praksis i et bæresystem. Dette viser at elementene har tålt de påkjenningene de har blitt utsatt for over tid. Samtidig kan noe av skepsisen være knyttet til om dekket har fått slitasje over tid. Som resultatene fra forskningsartiklene viser, kan holdbarheten til betongpaneler reduseres som følge av frost- og korrosjonsskader. Dette vil igjen påvirkes av hvilket klima panelene har vært utsatt for, og kvaliteten på betongen. Denne usikkerheten vil dermed hovedsakelig være knyttet til konstruksjoner som har vært eksponert for tøffere miljøer, og ikke lavere eksponeringsklasser. For hulldekker som for eksempel har vært brukt i tørre oppvarmede bygg, er det grunnlag for større tillit til produktet. En forutsetning er likevel at man har tilstrekkelig dokumentasjon fra tidligere bruksområder, produksjonsår og betongtype. Det kan også argumenteres for at det generelt vil være stor skepsis når man prøver å endre en praksis som er svært etablert. Etter hvert som byggenæringen får flere eksempelprosjekter med ombruk, vil tiden vise i hvilken grad hulldekkene er holdbare. Større og bredere erfaring kan dermed være en viktig faktor for å endre holdningene til ombruksprodukter.

Alle i bransjen må tilegne seg høyere kunnskap rundt ombruk. Dette kan oppnås ved å pålegge bedriftene å delta på seminarer og kurs om temaet, og diskutere eventuelle problemstillinger. Dette kan også få personer på tvers av fagområdene til å bidra, noe som vil høste bedre resultater, og bidra til raskere utvikling på fagområdet.

8.2.9 Økonomi og insentiver

Fra intervjuene kommer det frem at det er svært krevende å få ned kostnadene på brukte hulldekker til samme nivå som nye. Dette anses i praksis som umulig når man sammenligner prisene isolert sett. Den lave prisen på betong generelt og produksjonen av hulldekker er svært lave, noe som gjør det til et egnet alternativ i byggeprosjekter. Den store fordelen med brukte hulldekker er at man sparer miljøet for uthenting av ressurser og utslipp under produksjonen. Som resultatene viser, er det større fokus på miljø i byggenæringen i dag, noe som også kommer frem gjennom nye krav og lovforslag. For å velge ombruk må hovedprioriteringen ligge i miljøbesparelser, fremfor det økonomiske alene. Det kommer frem flere forslag for hvordan ombruk skal bli økonomisk bærekraftig å drive med for

bedrifter. Økonomiske incentiver fra det offentlige blir nevnt flere ganger, ettersom dagens praksis ikke gjør det lønnsomt med ombruk.

Ett forslag vil være at man får betalt direkte for CO₂-besparelser i prosjektet, slik at det kompenseres for de ekstra kostnadene det medfører. Dette vil kreve mye støtte fra staten, da ombruk kan være opptil ti ganger dyrere enn ved bruk av nye byggeprodukter. Samtidig vil dette være en god bidragsyter for at flere aktører skal teste ut ombruk, noe som er nødvendig for å skaffe erfaring. Etter hvert som det utvikles en egen næringsgren og praksisen blir mer etablert, er det muligheter for at behovet for støtte reduseres. Det kan dermed være at incitamentene fra det offentlige vil være en god ordning for å skalere opp ombruksprosessen i starten. Som Steinsholt poengterer i intervjuene, ser byggenæringen et behov for bistand fra det offentlige, for å legge til rette for klimasmarte løsninger. Samtidig har myndighetene satt som mål å forberede mer bygg- og anleggsavfall for ombruk som en del av EØS-avtalen. Dette kan argumentere for at det også vil lønne seg for det offentlige å bidra med økonomisk støtte for å realisere målet. Som det poengteres av Smepluss, utvikles det betong i dag med redusert CO₂-utslipp. Dette kan føre til at gevinsten fra redusert klimagassutslipp vil gå ned. Dermed må fokuset i større grad rettes på besparelsen av ressurser. Å bruke hulldekker om igjen vil fortsatt være et viktig ledd i en sirkulærøkonomi, der en avgjørende faktor er å forlenge materialers levetid, fremfor å kaste. Som tidligere nevnt, bidrar byggenæringen til 29 % av den totale avfallsmengden i Norge [27]. Det vil dermed fortsatt være viktig å gjøre tiltak som reduserer ressursbruken og behovet for nye jomfruelige råvarer.

Et annet forslag som ble nevnt var å innføre krav til en viss prosentandel med ombruk i prosjekter, slik at det blir en forskrift eller lovpålagt ordning. På denne måten kan aktører i større grad bli «tvunget» til å benytte seg av ombruk i byggeprosjekter. Det vil likevel være vanskelig å forutsi hvilken påvirkning en slik ordning vil ha. Et positivt utfall ville vært at flere jobber mot å etablere praksis som legger til rette for ombruk i prosjektene. I tillegg kan det føre til bedre samarbeid i bransjen, siden flere blir avhengige av å lære av de som er ledende på ombruk. Dette kan også bidra til bedre flyt og samhandling med hensyn til byggeprodukter, der det åpner for at man kan møte hverandres etterspørsel og behov. Et slikt gjensidig bidrag mellom bedriftene kan dermed bidra til å redusere ulike risikoer. Samtidig kan lovpålagte krav skape utfordringer i de prosjektene man er avhengig av produkter som ikke er tilgjengelige fra andre donorbygg. Dette kan for eksempel være i særegne prosjekter som krever svært spesialtilpassede elementer eller materialer som ikke er mulig å få tak i brukt. Dermed kan det stilles spørsmål til om dette vil være rimelig å stille krav til som en generell praksis. Et alternativ kan være at dette bare skal gjelde for bestemte typer prosjekter, som f.eks i betongkonstruksjoner der det er mulig å erstatte deler av nyprodusert materiale med brukt. Likevel tyder resultatene på at bransjen har behov for ytre skyvefaktorer som kan legge et visst press på aktørene.

8.3 Svakheter

I dette delkapittelet presenteres det som er ansett av gruppen å være svakheter ved gjennomføring av denne masteroppgaven. Det diskuteres også enkelte tiltak som kunne vært gjort annerledes underveis i prosjektet.

8.3.1 Metode – Litteraturstudie

De fleste av forskningsartiklene som er funnet ved litteratursøket tar for seg ombruk av betongkomponenter, og undersøker konseptet som en strategi for sirkulærøkonomi. Dette ga et overordnet bilde av ombruk av betongelementer generelt, og prefabrikkerte elementer spesielt. Samtidig har de ikke gått i dybden i ombruk av hulldekker. Derfor kan dette anses som en svakhet i oppgaven.

Når det gjelder søkeprosessen ble følgende faktorer antatt av gruppen å ha påvirket resultatene. Søkeord og kombinasjoner som er benyttet ved gjennomføring av søkene vil naturligvis påvirke resultatene. Valg av søkeordene baserte seg på gruppens forkunnskap om tema, noe som kan argumentere for at utfallet ikke var tilstrekkelig og dermed ikke var godt nok til å fange litteraturen som var mest relevant. Dette kunne vært unngått ved å diskutere søkeordene og måten de ble kombinert på med veiledere eller fagfolk i forkant.

På den andre siden kan utvalgskriterier for ekskludering og inkludering av litteratur ha påvirket søkeprosessen, og forårsaket tap av nyttige forskningsstudier som kunne hatt nytte for oppgaven. Den begrensede tiden for gjennomføring av oppgaven var avgjørende, og gruppen måtte gjennomføre søkene med strenge kriterier for å snevre inn antall forskningsartikler. Flere databaser kunne vært brukt for å utvide søkene og dermed få tak i flere relevante artikler.

Samtidig ble troverdigheten til valgte artikler vurdert ved å sjekke om de var fagfellevurdert, og om de inneholdt mer enn 20 kryssreferanser. Flere faktorer måtte sjekkes for å sikre kredibilitet og validitet. Det kunne i tillegg vært gunstig å sjekke flere faktorer som forfatterens utdanning og kvalifikasjoner, og om dataene som ble brukt var valide. På grunn av tidsrammen ble det kun sett på to faktorer som er ansett av gruppen for å være de sentrale i evalueringsprosessen. Disse faktorene er som tidligere nevnt fagfellevurdering og antall kryssreferanser.

8.3.2 Metode – Innhenting av andre dokumenter

Det er forskjell mellom en akademisk prosess og en praktisk prosess. Akademiske prosesser har som mål å svare på en akademisk problemstilling, mens i et praktisk tilfelle ønsker man å løse praktiske utfordringer. Begge deler har forskjellige metodikk og hensikt. Ressursmappen gruppen benyttet seg av inneholdt praktisk informasjon som blant annet protokoller, presentasjoner og prosedyrer, noe som er ansett av gruppen å ha bidratt i en liten grad til å besvare problemstillingen.

8.3.3 Metode – Intervju

Under prosessen med å finne informanter ble det hovedsakelig fokusert på personer som hadde vært sentrale i prosjektet med R4-bygget. Disse hadde svært relevant kunnskap og erfaringer knyttet til problemstillingen som vi anså som verdifull. Samtidig kunne noe av informasjonen som kom frem være noe ensformig, ettersom dette hovedsakelig omfattet ett prosjekt. Mye av erfaringene de hadde, baserte seg dermed på de forutsetningene som gjaldt for akkurat det prosjektet. I tillegg er det flere år siden prosjektet ble ferdigstilt, noe som gjør at erfaringene ikke nødvendigvis sitter like ferskt i



minne lenger. Samtidig var dette eksempelprosjektet vurdert som det mest relevante for problemstillingen, i tillegg til at det var dette caset oppgaven baserte seg på.

Underveis ble det også diskutert hvor mange informanter som var nødvendig for å belyse problemområdet i tilstrekkelig grad. Som nevnt i kap. 6.5.2, ble det kontaktet flere personer som ikke hadde mulighet. Ettersom det tok tid å få svar fra de aktuelle kandidatene, i tillegg til selve intervjuprosessen, ble det besluttet å ikke forsøke å skaffe flere enn de seks som hadde sagt ja. Dersom søknaden til Sikt og intervjuguiden hadde vært utført tidligere, ville det vært aktuelt å kontakte enda flere kandidater.

Etter å ha fullført de første intervjuene, erfarte vi at enkelte av spørsmålene kunne oppfattes noe likt. Dette gjorde at noen av svarene til en viss grad ble gjentakende. Ettersom en forutsetning var at informantene ble stilt de samme spørsmålene, var dette noe som ikke kunne endres i ettertid. Likevel hjalp det oss til å utvikle enkelte av oppfølgingsspørsmålene til resten av intervjuene, ettersom vi hadde fått ny kunnskap og innsikt. I kapittel 6, er det beskrevet at vi valgte å formulere åpne spørsmål, slik at informantene kunne snakke mest mulig fritt. En ulempe med denne metoden er at man ikke alltid går like dypt i temaene, men at det i større grad blir grunnleggende informasjon. Likevel ble dette ansett som en god metode, ettersom informantene hadde noe ulikt erfaringsgrunnlag. For at spørsmålene skulle vært enda mer spesifikke, kunne en løsning ha vært å lage to eller flere intervjuguides som var tilpasset flere elitegrupper.

I etterkant er det dermed vurdert at intervjuene kunne omfattet en enda bredere gruppe med større erfaringsgrunnlag. Det kunne vært relevant å inkludere personer som var involvert i nyere ombruksprosjekter, i tilfelle informasjonen hadde vært enda mer oppdatert. I tillegg kunne det vært nyttig å intervju fagarbeidere som hadde vært direkte involvert i utførelsen av ombruk. Dette kunne bidratt til ny innsikt og kunnskap som ikke kom frem ellers.

9. Konklusjon

I dette kapittelet konkluderes funnene som er gjort i oppgaven. Oppbyggingen følger forskerspørsmålene kronologisk for å gi et oversiktlig svar på hver av problemstillingene.

Denne masteroppgaven definerer følgende forskerspørsmål.

Hvordan kan ombruk av hulldekker bli mer relevant?

Besvart av følgende underspørsmål:

1- Hvilke miljømessige konsekvenser medfører ombruk av hulldekker?

- Ombruk av hulldekker vil føre med seg store miljøgevinster i form av reduserte klimagassutslipp, avfallsmengder og uthenting av jomfruelige råvarer.
- Ombruk av hulldekker vil bidra til å øke elementenes levetid.
- Ombruk av hulldekker har større miljøpåvirkninger enn andre strategier for sirkulærøkonomi.

2- Hvilke utfordringer er knyttet til ombruk av hulldekker?

- Ombruk av hulldekker krever mange logistikkoperasjoner, noe som gjør det svært kostbart. Produksjon av nye hulldekker er en billig og optimalisert prosess, og er dermed vanskelig å konkurrere med.
- Demonteringsprosessen regnes som svært krevende med dagens festemetoder, ettersom påstøp må fjernes og hulldekkene skal løsgjøres og heises ut strukturert.
- Mangel på erfaring og eksempelprosjekter gjør at metodene er lite standardiserte, noe som igjen skaper risiko ved gjennomføring.
- Hulldekker krever stor plass ved mellomlagring, noe som er utfordrende med dagens mangel på lagervirksomhet.
- Mangel på et kompatibelt marked gjør det utfordrende å benytte ombrukshulldekker i nye prosjekter.
- Mangel på retningslinjer som er i tråd med eksisterende lovverk og tekniske forskrifter.

3- Hvordan forenkle prosessen i forhold til gjennomføring og logistikk?

- Det vil være avgjørende at elementene og byggene designes med hensyn til fremtidig demontering. Det anbefales å bruke boltede forbindelser og unngå konstruktiv påstøp der det er mulig.
- Det må utvikles en egen næringsgren som er spesialisert på distribusjon av ombrukshulldekker, og som kan drive med lagerhold.
- Det må legges til rette for ombruk tidlig i prosjekterings- og planleggingsfasen, i tillegg til å involvere alle aktørene i prosessen.

4- Hvordan kan ombruk av hulldekker bli økonomisk bærekraftig?



- Incitament i form av økonomisk støtte fra det offentlige kan gjøre det mer lønnsomt for aktørene som velger ombruk.
- Å prise CO₂-besparelser fra ombruk direkte i byggeprosjekter vil bidra til å kompensere for de ekstra kostnadene som prosessen medfører.
- Ved å utvikle flere demonteringsmetoder vil det være lettere å tilpasse gjennomføringen etter de ulike forutsetningene i hvert prosjekt.

9.1 Hovedfunn

Forskerspørsmålet «*Hvordan kan ombruk av hulldekker bli mer relevant?*» kan besvares som følger:

- Øke bevisstheten rundt miljøgevinstene fra ombruk av hulldekker.
- Ved å innføre krav til delvis ombruk i byggeprosjekter, der det er mulig å erstatte deler av bygningsmassen med brukte materialer.
- Forenkle prosessen i forhold til gjennomføring og logistikk.
- Få ombruk av hulldekker til å bli økonomisk bærekraftig.

10. Anbefalinger

I dette kapitlet presenteres forfatterens råd og anbefalinger for videre arbeid, samt råd til andre interessenter.

Råd til oppdragsgiver

- Videre forskning på prosjekter som gjennomfører ombruk av hulldekker i dag. Ved å få enda flere erfaringer og bedre kunnskap knyttet til aktuelle problemstillinger vil det være mulig å kartlegge enda flere barrierer og drivere.
- Videre vil det være nyttig å samle kunnskapen og jobbe for å rette søkelys på problemstillingene i bransjen. Dette kan bidra til at flere aktører undersøker og tester ut ombruk.
- En sentral utfordring med gjennomføring av master/ bacheloroppgaven er den begrensede tiden. Ut ifra dette kan det være gunstigere at oppdragsgiveren foreslår en konkret problemstilling innenfor ombruk av hulldekker som studentene skal se på, og dermed kan gruppen komme raskere i gang med oppgaven.

Videre arbeid

- Videre arbeid kan være å undersøke løsninger for de ulike barrierene i enda høyere grad. Særlig hadde det vært praktisk å se på konkrete løsninger for fleksible systemer som forenkler demontering. Dette kunne også omfattet å regne på hvordan boltede forbindelser ivaretar stabilitet og styrke sammenlignet med betongstøp.
- Det kan også være nyttig å velge et pågående prosjekt som case. Dermed kan gruppen i større grad være involvert i prosessen, og få tilgang til relevante dokumenter. På denne måten kan forfatterne få større innsikt i temaet og få bredere erfaringsgrunnlag.
- I tillegg ville det vært gunstig å skape en enda bedre oversikt over lovverket knyttet til ombruk. Dette vil gjøre det lettere å se hvilke konkrete endringer som må på plass, for at det skal være mindre omfattende å gjennomføre. Samtidig kan det være aktuelt å undersøke effekten av den nye standarden *NS 3682*.
- For fremtidig arbeid vil det være relevant å se nærmere på miljøpåvirkningene knyttet til ombruk av hulldekker. Dette kan oppnås ved å lage en LCA-analyse for å vurdere og kartlegge hele livsløpet til ombrukshulldekke.

Råd til interessenter

- Elementprodusenter bør jobbe med å utvikle produkter med reversible koblinger, som kan inngå i et fleksibelt system. I tillegg bør konstruktiv påstøp unngås der det er mulig.
- God samhandling mellom elementprodusenter, rivningsentreprenører og verktøyprodusent vil være gunstig for å utvikle metoder og verktøy for effektiv demontering.



- Planmyndigheter, skattemyndigheter og andre offentlige støtteordninger bør vurdere insentiver for byggherrer som kan tilrettelegge for ombruk i større grad. Dette kan være intensiver som omfatter regelverket eller økonomisk støtte.

11. Referanser

Benytt IEEE som referansestil: <http://kildekompasset.no/referansestiler/ieee.aspx>

- [1] A. Altinawi and S. Kismul, "Egenproduksjon," ed, 2023.
- [2] D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser?*, 3. ed. Oslo: Cappelen Damm akademisk, 2015.
- [3] FN-sambandet. "Bærekraftige byer og lokalsamfunn." <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn> (accessed 27 januar, 2023).
- [4] FN-sambandet. "Ansvarlig forbruk og produksjon." <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon> (accessed 21.04.2023).
- [5] R. Minunno, T. O'Grady, G. M. Morrison, and R. L. Gruner, "Exploring environmental benefits of reuse and recycle practices: A circular economy case study of a modular building," *Resources, conservation and recycling*, vol. 160, p. 104855, 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104855.
- [6] C. Küpfer, M. Bastien-Masse, and C. Fivet, "Reuse of concrete components in new construction projects: Critical review of 77 circular precedents," *Journal of Cleaner Production*, vol. 383, p. 135235, 2023/01/10/ 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135235>.
- [7] Miljødirektoratet. "Hva er sirkulær økonomi?" <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/> (accessed 18.03.2023).
- [8] lca.no. "Hva er LCA?" <https://lca.no/hva-er-lca/> (accessed 05.03.2023).
- [9] NorEngros. "Miljøvennlig – hva er det?" <https://www.norengros.no/miljovennlig-hva-er-det> (accessed 07.03.2023).
- [10] King County. "Design for disassembly (DfD)." <https://kingcounty.gov/depts/dnrp/solid-waste/programs/green-building/construction-demolition/disassembly.aspx> (accessed 20.05.2023).
- [11] I. G. S. Gunn Elin Birkenes, Thomas Bedin. "Bærekraftig interiør." <https://ndla.no/subject:1:792414c5-896f-470a-9558-6101d7266237/topic:1:acc1d825-004f-4c92-b3ff-bd8ba49a7c77/topic:1:3c344c4d-26c7-4ec5-a0de-7e05e3ccfd6a/resource:06193399-15ba-4e8a-bfd0-29a4ff830d37> (accessed 07.05.2023).
- [12] L. Kilvær, O. W. Sunde, M. S. Eid, O. Rydningen, and H. Fjeldheim. "Forsvarlig ombruk av byggevarer." Direktoratet for byggkvalitet (DiBK). https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer_resirqel-2019.pdf (accessed 15.02.2023).
- [13] B. Ebba. "Sirkulær framtid – om skiftet fra lineær til sirkulær økonomi." *Framtiden i våre hender*. <https://www.framtiden.no/aktuelle-rapporter/874-sirkulaer-framtid-om-skiftet-fra-lineaer-til-sirkulaer-okonomi/file.html> (accessed 20.02.2023).
- [14] Svanemerket. "Sirkulær økonomi." Miljømerking Norge. <https://svanemerket.no/sirkulaer-okonomi/> (accessed 05.03.2023).
- [15] Grønn byggallianse. "Planlegg for ombruk." <https://byggalliansen.no/kunnskapssenter/strakstiltak-eiendomssektorens-veikart-mot-2050/planlegg-for-gjenbruk/> (accessed 16.03.2023).
- [16] Regjeringen.no. "Fleire tiltak for å auke ombruk og redusere klimautslipp fra byggenæringa." <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/fleire-tiltak-for-a-auke-ombruk-og-redusere-klimautslipp-fra-byggenaringa/id2916781/> (accessed 16.03.2023).

- [17] Regjeringen.no. "Klimaendringer og norsk klimapolitikk." <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (accessed 17.03.2023).
- [18] Miljødirektoratet. "Andel bygg- og anleggsavfall som er forberedt til ombruk eller materialgjenvunnet." <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/forurensning/miljomal-4.4/miljoindikator-4.4.2> (accessed 17.03.2023).
- [19] Miljødirektoratet. "Sirkulære bygg." <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klimasats/2018/sirkulare-bygg/> (accessed 16.03.2023).
- [20] S. A. Miller and F. C. Moore, "Climate and health damages from global concrete production," *Nature Climate Change*, vol. 10, no. 5, pp. 439-443, 2020/05/01 2020, doi: 10.1038/s41558-020-0733-0.
- [21] D. Ioannidou, G. Meylan, G. Sonnemann, and G. Habert, "Is gravel becoming scarce? Evaluating the local criticality of construction aggregates," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 126, pp. 25-33, 2017/11/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.016>.
- [22] J. V. Thue. "prefabrikasjon." <https://snl.no/prefabrikasjon> (accessed 16.03.2023).
- [23] J. V. Thue. "elementbygging." <https://snl.no/elementbygging> (accessed 16.03.2023).
- [24] B. Huang *et al.*, "A Life Cycle Thinking Framework to Mitigate the Environmental Impact of Building Materials," *One Earth*, vol. 3, 11/26 2020, doi: 10.1016/j.oneear.2020.10.010.
- [25] T. Keilman. "Bygger bedre kunnskap for en mer bærekraftig byggebransje." <https://www.forskningsradet.no/sok-om-finansiering/hvem-kan-soke-om-finansiering/naringsliv/prosjekter-naringslivet/bygger-bedre-kunnskap-for-en-mer-barekraftig-byggebransje/> (accessed 27 januar).
- [26] N. Miller. "The industry creating a third of the world's waste." <https://www.bbc.com/future/article/20211215-the-buildings-made-from-rubbish> (accessed 20.03.2023).
- [27] C. Skjerpen. "Ingen endring i avfallsmengden i 2021." <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfallsregnskapet/artikler/ingen-endring-i-avfallsmengden-i-2021> (accessed 08.02.2023).
- [28] U. Solheim. "Vil ha strengere klimakrav for byggebransjen." <https://www.nrk.no/norge/byggebransjen-star-for-15-prosent-av-utslippene--na-vil-hoyre-ha-strengere-klimakrav-1.15971359> (accessed 30.04.2023).
- [29] T. Beck *et al.* "Sirkulærøkonomi for betong." Norsk Betongforening. <https://betong.net/wp-content/uploads/20221216-Rapport-10-formatert-08.03.pdf> (accessed 18.04.2023).
- [30] A. T. Marsh, A. P. Velenturf, and S. A. Bernal, "Circular Economy strategies for concrete: Implementation and integration," *Journal of Cleaner Production*, p. 132486, 2022.
- [31] E. Sandberg and A. K. Kvellheim, "Ombruk av byggematerialer – marked, drivere og barrierer," SINTEF akademisk forlag, Online 7. februar 2023 2021. [Online]. Available: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2828094>
- [32] Skanska. "Taking a pioneering approach to re-using concrete decks." <https://group.skanska.com/media/articles/taking-a-pioneering-approach-to-re-using-concrete-decks/> (accessed 21.03.2023).
- [33] S. Smepllass. "Ombruk og DfD." <https://betongklyngen.no/wp-content/uploads/2023/03/SVERRE-SMEPLASS-Ombruk-betongfagdagen-i-Narvik-mars-2023.pdf> (accessed 05.05.2023).
- [34] E. J. Ravndal and J. H. Halleraker. "FNs bærekraftsmål i Store norske leksikon på snl.no." https://snl.no/FNs_b%C3%A6rekraftsm%C3%A5l (accessed 2. februar, 2023).

- [35] FN-sambandet. "Ansvarlig forbruk og produksjon." <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (accessed 27 januar, 2023).
- [36] Betongelementforeningen, *Betongelementboken Bind A*, 2010. [Online]. Available: <https://betongelementboka.betong.no/betongapp/BookA.asp?isSearch=0&liID=Forord&DocumentId=BindA/Forord.pdf&BookId=A>. Accessed on: 20.02.2023.
- [37] A. V. Acker and S. Maas. "Historical Development of Hollow Core Slabs." <https://hollowcore.org/historical-development-hollow-core-slabs/> (accessed 22.02.2023).
- [38] O. Holm. "Avfallspyramiden." <https://olaholm.com/2021/03/01/avfall-norges-veikart-for-digitalisering/> (accessed 12.03.2023).
- [39] Regjeringen. "Endring av rammedirektivet om avfall (del av pakke sirkulær økonomi)." <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2014/des/endring-av-rammedirektivet-for-avfall-del-av-pakke-sirkular-okonomi/id2502169/> (accessed 20.04.2023).
- [40] EØS-notatbasen. "Byggevereforordningen." <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2011/des/byggevereforordningen/id2432242/> (accessed 07.02.2023).
- [41] Standard Norge. "CE-merking." <https://www.standard.no/standardisering/ce-merking/> (accessed 08.02.2023).
- [42] J. Kirchherr, D. Reike, and M. Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions," *Resources, conservation and recycling*, vol. 127, pp. 221-232, 2017.
- [43] A. Gallego-Schmid, H.-M. Chen, M. Sharmina, and J. M. F. Mendoza, "Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment," *Journal of Cleaner Production*, vol. 260, p. 121115, 2020/07/01/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121115>.
- [44] Betong Norge. "Fakta om betong." <https://www.betong.no/fakta-om-betong/> (accessed 13.03.2023).
- [45] A. K. Kvellheim and K. Bramslev. "Betong er en del av klimaløsningen." <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/-betong-er-en-del-av-klimalosningen/> (accessed 13.03.2023).
- [46] K. Sørnes, A. S. Nordby, H. Fjeldheim, S. M. B. Hashem, M. Mysen, and R. D. Schlanbusch. "Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer." https://www.sintefbok.no/book/index/985/anbefalinger_ved_ombruk_av_byggematerialer (accessed 14.03.2023).
- [47] X. Li, "Recycling and reuse of waste concrete in China: Part I. Material behaviour of recycled aggregate concrete," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 53, no. 1-2, pp. 36-44, 2008.
- [48] *Prosjektering av betongkonstruksjoner Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger* NS-EN 1992-1-1 :2004+NA:2008 Standard Norge, 2004.
- [49] M. Fuglseth, H. Haanes, O. D. A. A. S. Nordby, P. Brekke-Rotwitt, and S. Våtevik. "Studie potensial og barrierer for bruk av klimavennlige materialer." Asplan Viak <https://www.asplanviak.no/prosjekter/klimavennlige-byggematerialer-potensial-for-utslippskutt-og-barrierer-mot-bruk/> (accessed 10.02.2023).
- [50] T. Joensuu, R. Leino, J. Heinonen, and A. Saari, "Developing Buildings' Life Cycle Assessment in Circular Economy-Comparing methods for assessing carbon footprint of reusable components," *Sustainable Cities and Society*, vol. 77, p. 103499, 2022/02/01/ 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103499>.
- [51] B. f. T. m. veiledning. "Kapittel 9 Ytre miljø, § 9-5. Byggavfall og ombruk." <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-5> (accessed 25.03.2023).
- [52] B. T. Kalsaas, *Lean Construction - Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*, 1. ed. Oslo: Fagbokforlaget, 2017.
- [53] N. Norani, B. Deros, D. Abd Wahab, and M. N. A. Nizam, "A framework for organisational change management in lean manufacturing implementation," *International Journal of*

- Services and Operations Management*, vol. 12, pp. 101-117, 05/01 2012, doi: 10.1504/IJSOM.2012.046676.
- [54] *Prefabrikkerte betongprodukter Hulldekker* NS-EN 1168:2005+A3:2011 2012.
- [55] *Utførelse av betongkonstruksjoner*, NS-EN 13670:2009+NA:2010, Standard Norge, 2010. [Online]. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=447619>
- [56] Standard Norge. "Norsk Standard for hulldekker av betong til ombruk – NS 3682." (accessed 03.03.2023).
- [57] Betongelementforeningen, *Betongelementboken Bind G*, 2020. [Online]. Available: <https://betongelementboka.betong.no/betongapp/BookG.asp?isSearch=0&liID=Forord&DocumentId=BindG/Forord.pdf&BookId=G>. Accessed on: 20.02.2023.
- [58] Statsbygg. "Riving av Regjeringsbygg 4 (R4)." <https://dok.statsbygg.no/wp-content/uploads/2020/05/rivingR4.pdf> (accessed 04.03.2023).
- [59] Kartverket. "Norgeskart." <https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002&zoom=3&lat=7197864.00&lon=396722.00> (accessed 19.05.2023).
- [60] openhouseoslo. "REGJERINGSBYGG 4." <https://www.openhouseoslo.org/?portfolio=oah2016-regjeringsbygg-4-r4> (accessed 16.02.2023).
- [61] N. Naber, "Reuse of hollow core slabs from office buildings to residential buildings," 2012.
- [62] M. Moe. "Intervju som metode." <https://www.dintranskribent.no/intervju-som-metode/> (accessed 20.03.2023).
- [63] K. Sand. "Intervju som forskningsmetode." https://www.youtube.com/watch?v=odN7GD78jLc&t=1423s&ab_channel=NTNUUndervisning (accessed 31.03.2023).
- [64] K. Sander. "Intervjuer og intervjumetoden." <https://estudie.no/intervjumetoden/> (accessed 22.03.2023).
- [65] G. Andersen. "Kvalitative intervjuundersøkelser." <https://ndla.no/subject:1:54b1727c-2d91-4512-901c-8434e13339b4/topic:2:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:2:1db7bf3c-3a7b-44af-b632-e3c5ff2a999e/resource:201ce19e-7011-49a6-b415-91fd42d5dfe9> (accessed 20.03.2023).
- [66] P. Ghisellini, M. Ripa, and S. Ulgiati, "Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 178, pp. 618-643, 2018/03/20/ 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.207>.
- [67] S. Huuhka, T. Kaasalainen, J. Hakanen, and J. Lahdensivu, "Reusing concrete panels from buildings for building: Potential in Finnish 1970s mass housing," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 101, pp. 105-121, 2015.



12. Vedlegg

Dette kapittelet gir en oversikt over vedleggene som hører til oppgaven, organisert i rekkefølgen som vist.

Vedlegg A – Ressursdokumenter fra Betong Norge

Vedlegg B – Loggbok for litteratursøk

Vedlegg C – Informasjonsskriv

Vedlegg D – Intervjuguide

Vedlegg E – Intervjureferater

Vedlegg F – A3 Poster