



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi (REALTEK)

Muligheter med ombruk av prefabrikkerte betongelementer

Possibilities with reuse of prefabricated concrete
elements

Zazamit Micael

Byggeteknikk og arkitektur

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet våren 2023, og markerer avslutningen på studieprogrammet Byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven utgjør 30 studiepoeng.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder Gabrielle Bergh, førsteamanuensis ved NMBU, som har gitt meg god oppfølging og veiledning gjennom hele arbeidet. Takk til Resirqel for gode innspill og bidrag med oppgaven. Videre vil jeg takke alle informantene som tok seg tid til å bli intervjuet og dele sine verdifulle erfaringer og synspunkter. Uten deres bidrag ville det vært vanskelig å besvare problemstillingen som ligger til grunn for denne masteroppgaven. Gjennom deres perspektiver og innsikter har jeg lært mye om temaet jeg har valgt å utforske.

Til slutt vil jeg takke familie, venner og medstudenter for deres støtte og oppmuntring gjennom denne perioden.

Ås, 15.05.2023

Zazamit Micael

Zazamit Micael

Sammendrag

Klimagassutslipp er en av de største utfordringene verden står overfor i dag, og Norge må redusere utslipp av klimagasser i tråd med Parisavtalen og nasjonale målsetninger. Bygg- og anleggsbransjen utgjør en viktig brikke i Norges miljøregnskap, og er en viktig sektor å fokusere på for å nå Norges klimamål.

Ombruk av byggematerialer er et tema som er i ferd med å stedfeste seg i byggebransjen, og er en viktig del av sirkulær økonomi. Ombruk av betongelementer kan gi miljøfordeler ved å redusere utslipp av klimagasser knyttet til produksjon av materialet og minimere avfallsmengden som genereres i byggebransjen.

Målet med denne oppgaven er å undersøke potensielle muligheter med ombruk av prefabrikkerte betongelementer: hulldekker, søyler og bjelker. Oppgaven presenterer to casestudier, Kristian Augusts gate 13 og Oslo Storbylegevakt, som har realisert ombruk av betonghulldekker. I tillegg en casestudie som har realisert ombruk av betongsøyler, Fyresdal fabrikkhall. Casestudiene ble gjennomført ved hjelp av dokumentanalyse og kvalitative intervjuer. Informantene som ble intervjuet, inkluderer erfarne elementprodusenter og entreprenører som var involvert i casene som er undersøkt.

Resultatene viser at ombruk av hulldekker har gode muligheter på grunn av elementets oppbygning og standard modulmål, selv om eksisterende bygningsmasser ikke er prosjektert med tanke på ombruk. Kristian Augusts gate 13 og Oslo Storbylegevakt har vist at ombruk av hulldekker er mulig, men demontering kan være en krevende prosess. Det er imidlertid kommet en ny standard NS 3682 for ombruk av hulldekker som gir krav og retningslinjer for planlegging, demontering, bearbeiding, prøving, vurdering og dokumentasjon av brukte hulldekker for ombruk. Ombruk av betongsøyler er mulig, noe som ble realisert i Fyresdal fabrikkhall, men det krever nøye planlegging, presisjon og tilgang til opprinnelig dokumentasjon. Det er begrenset mulighet for ombruk av betongbjelker, men DT-elementer kan ha gode muligheter for ombruk på grunn av sine sveiste sammenføyninger.

Abstract

Greenhouse gas emissions are one of the biggest challenges facing the world today, and Norway must reduce greenhouse gas emissions in line with the Paris Agreement and national targets. The building and construction industry forms an important part of Norway's environmental accounts and is an important sector to focus on in order to achieve Norway's climate goals.

Reuse of building materials is a topic that is becoming established in the construction industry and is an important part of the circular economy. Reusing concrete elements can provide environmental benefits by reducing emissions of greenhouse gases linked to the production of the material and minimizing the amount of waste generated in the construction industry.

The aim of this paper is to explore potential opportunities for reuse of prefabricated concrete elements: hollow-core slabs, columns, and beams. This paper presents two case studies, Kristian Augusts gate 13 and metropolitan emergency room in Oslo, which have implemented reuse of concrete hollow core slabs. Additionally, the paper also includes a case study on reuse of concrete columns in Fyresdal factory hall. The case studies were conducted through document analysis and qualitative interviews. The interviewed informants included experienced manufacturers of building elements and contractors involved in the investigated cases.

The results show that reuse of hollow-core slabs has good opportunities due to the structure of the element and standard module dimensions. Kristian Augusts gate 13 and metropolitan emergency room in Oslo have shown that reuse of hollow-core slabs is possible, but dismantling can be a demanding process. However, a new standard NS 3682 has been introduced for reuse of hollow-core slabs which provides requirements and guidelines for planning, dismantling, processing, testing and documentation of used hollow-core slabs for reuse. Reuse of concrete columns has been successfully demonstrated in the Fyresdal factory hall, but it requires extensive planning and access to original documentation for it to be possible. There is limited opportunity for reuse of concrete beams, but DT-elements can have good opportunities for reuse due to their welded joints.

Innhold

Forord	II
Sammendrag	III
Figurliste	VII
Tabelliste	VIII
Ordliste	IX
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål og problemstilling.....	3
1.3 Illustrasjon av oppgaven.....	4
1.4 Avgrensninger.....	4
1.5 Oppgavens struktur	5
2 Teori.....	6
2.1 Sirkulær økonomi	6
2.2 Hva er ombruk?	9
2.3 Regelverk	10
2.3.1 Byggteknisk forskrift TEK17	10
2.3.2 Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK).....	11
2.4 Betong	12
2.4.1 Ombruk av betongelementer	12
2.4.2 Hulldekke	14
2.4.3 Søyle	16
2.4.4 Bjelke	17
3 Metode	19
3.1 Valg av metode.....	19
3.2 Litteraturstudie.....	19
3.3 Casestudie	20
3.3.1 Dokumentanalyse.....	20
3.3.2 Kvalitativ intervju.....	21
3.4 Kvalitetsvurdering	25
4 Casestudie	26
4.1 Case 1 - Kristian Augusts gate 13.....	27
4.2 Case 2 - Oslo Storbylegevakt	28
4.3 Case 3 - Fyresdal fabrikkhall	29

5 Resultat.....	30
5.1 Funn fra litteraturstudie.....	30
5.2 Resultat fra casestudie - dokumentanalyse	32
5.2.1 Case 1 - Kristian Augusts gate 13.....	32
5.2.2 Case 2 - Oslo Storbylegevakt	34
5.2.3 Case 3 - Fyresdal fabrikkhall	36
5.3 Resultat fra casestudie - intervju.....	38
5.3.1 Intervju gruppe 1	38
5.3.2 Intervju gruppe 2	39
5.3.3 Samtaler gruppe 3	43
6 Diskusjon	44
6.1 Hvilke erfaringer er det med ombruk av betonghuldekker?.....	44
6.2 Hvilke erfaringer er det med ombruk av betongsøyler og betongbjelker?.....	45
6.3 Hvordan kan erfaringene bidra for økt ombruk av betongelementer i fremtiden?	47
6.4 Mulige feilkilder og evaluering av egen metode	49
7 Konklusjon	50
7.1 Veien videre.....	51
8 Referanseliste.....	52
9 Vedlegg	57
Vedlegg A: Samtykkeerklæring for intervju.....	57
Vedlegg B: Intervjuguide gruppe 1 - Kristian Augusts 13 og Oslo Storbylegevakt	60
Vedlegg C: Intervjuguide gruppe 2 - Elementprodusenter	61

Figurliste

Figur 1: Avfallspyramiden (LOOP – Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2022)	2
Figur 2: Illustrasjon av masteroppgaven	4
Figur 3: Lineær og sirkulær økonomi (Optimera, u.å)	6
Figur 4: Noen eksempler på knutepunkter med hulldekker (Aleksander & Vinje, 2010)	14
Figur 5: Illustrasjon av hulldekke med påstøp (SINTEF Byggforsk, 2005).....	15
Figur 6: Innspenning av søyler til fundamentet (Aleksander & Vinje, 2010)	16
Figur 7: Vanlige bjelketyper (Aleksander & Vinje, 2010).....	17
Figur 8: Knutepunkter med DT-elementer (Aleksander & Vinje, 2010).....	18
Figur 9: Bilde av regjeringskvartalet fra 2017 (Grønvold, 2021)	26
Figur 10: Kristian Augusts gate 13. Foto: Mad arkitekter (Nordby et al., 2021)	27
Figur 11: Oslo storbylegevakt (Oslo kommune, u.å-a).....	28
Figur 12: Fabrikkhallen i Brobekkveien 50. Foto: Resirqel AS	29
Figur 13: Ombrukte hulldekker i KA13. Foto: Rune Andresen (Nordby et al., 2021)	33
Figur 14: Ombrukshulldekkene i OSBL. Foto hentet fra Skanska AS.....	35
Figur 15: Betongsøylene i Brobekkveien 50. Foto: Resirqel AS.....	36
Figur 16: Betongsøylene i Fyresdal fabrikkhall. Foto: Resirqel AS	37

Tabelliste

Tabell 1: Forskriftendringer i § 9-5 (2) før og etter	10
Tabell 2: Noe av søkeordene brukt i litteratursøket	20
Tabell 3: Oversikt over informanter	22

Ordliste

Begrep/forkortelse	Forklaring
CE-merking:	Byggevarer oppfyller de minstekravene som er fastsatt i en harmonisert Europeisk standard for det aktuelle produktet
Donorbygg:	Bygg som inneholder ombrukbare materialer som kan brukes på nytt
Ekstern ombruk:	Byggevarer som skal ombrukes på nytt i et annet prosjekt og skifter eier
FDV:	Forkortelse for forvaltning, drift og vedlikehold. Dokumentasjon av materialdata, tegninger, rapporter osv.
Gjenbruk:	«Nyttig gjøring av materialer og andre restprodukter ved både ombruk og gjenvinning» (Leland, 2008)
Intern ombruk:	Byggevarer som ombrukes på nytt i et annet bygg av samme eier
Lokal ombruk:	Byggevarer som ombrukes på nytt i samme eksisterende bygg
Ombruk:	«Ny utnyttelse av et produkt i sin opprinnelige form» (Leland, 2008)
TEK17:	Forkortelse for Byggeteknisk forskrift

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

I dag står verden overfor store miljøutfordringer knyttet til utslipp av klimagasser, hvorav bygg- og anleggsbransjen står for 40% av disse utslippene globalt. Ifølge en rapport fra Asplan Viak utgjorde utslippene fra bygg- og anleggsbransjen omtrent 15% av Norges totale klimagassutslipp i 2019, og en betydelig del av disse utslippene kom fra produksjonen av byggevarer (Larsen et al., 2022). Produksjon av materialer som betong, stål og tegl krever store mengder energi og resulterer i betydelige utslipp av klimagasser.

I tillegg produserer bygg- og anleggsbransjen store mengder avfall hvert år, der statistikken viser at i 2021 var avfallet fra byggeaktiviteter (nybygging, rehabilitering og riving) på ca. 1,82 millioner tonn (Statistisk sentralbyrå, 2022). Av dette utgjorde betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer ca. 38% av avfallet.

Norge må redusere utslipp av klimagasser i tråd med Parisavtalen og nasjonale målsetninger. Målet er å redusere klimagassutslippene med 50-55% innen 2030 (Regjeringen, 2021). Bygg- og anleggsbransjen utgjør en viktig brikke i det globale miljø regnskapet, og for Norge vil det være en viktig sektor å fokusere på for å nå klimamålene. I tillegg til å redusere klimagassutslippene er det også viktig å håndtere avfallsmengdene på en bærekraftig måte. Dette innebærer avfallssortering, gjenvinning og sirkulærøkonomi for å minimere miljøbelastningen og ressursforbruket.

Avfallspyramiden vist i figur 1 illustrerer avfallshierarkiet i norsk avfallspolitikk og EUs rammedirektiv for avfall, og består av fem nivåer (LOOP – Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2022).



Figur 1: Avfallspyramiden (LOOP – Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2022)

Høyest prioritert i pyramiden er avfallsreduksjon etterfulgt av ombruk, materialgjenvinning, energiutnyttelse og til slutt deponi. For byggebransjen vil det innebære å lage mindre avfall ved å rehabilitere framfor å rive eksisterende bygninger. Dersom rehabilitering er ikke mulig, er nivå to det nest beste ved å ombruke eksisterende materialer (Ruther & Rise, u.å) og dermed unngå å utvinne nye materialer. På nivå tre er det materialgjenvinning noe som betyr avfallet gjenvinnes slik at materialene knuses til rene materialfraksjoner og kan brukes som råstoffer i ny produksjon. Ved energiutnyttelse brennes avfallet og blir brukt til varme og strøm. Helt nederst i avfallspyramiden kommer deponi hvor materialene forsvarlig sluttbehandles (LOOP – Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2022).

Ombruk av byggematerialer kan gi miljøfordeler ved å redusere utslipp av klimagasser knyttet til produksjon av nye materialer og ved å minimere mengden avfall som genereres i byggebransjen (Sandberg & Kvellheim, 2021). Ombruk av byggematerialer kan dermed være en viktig strategi for å fremme bærekraftig bygging og redusere byggebransjens miljøpåvirkning.

1.2 Formål og problemstilling

Formålet med denne oppgaven er å undersøke muligheter ved ombruk av prefabrikkerte betongelementer -hulldekker, søyler og bjelker.

Problemstillingen er som følger:

«Hvilke muligheter er det med ombruk av prefabrikkerte betongelementer?»

For å besvare problemstillingen ble følgende forskningsspørsmål formet:

1. Hvilke erfaringer er det med ombruk av betonghulldekker?

Formålet med dette forskningsspørsmålet er å undersøke byggebransjens erfaringer med ombruk av betonghulldekker i Norge.

2. Hvilke erfaringer er det ombruk av betongsøyler og betongbjelker?

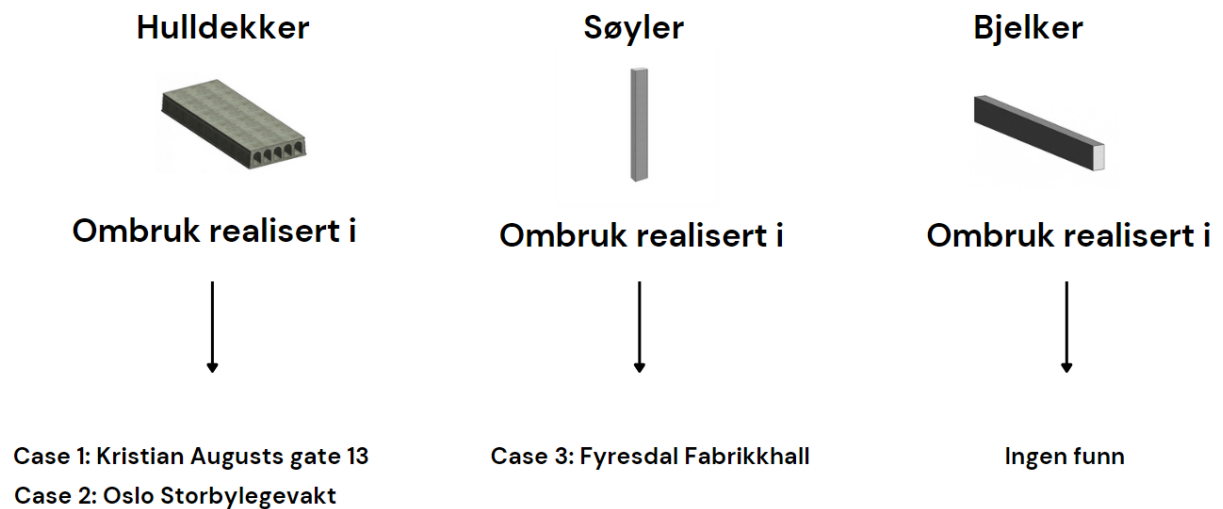
Formålet med dette forskningsspørsmålet er å undersøke byggebransjens erfaringer med ombruk av betongsøyler og betongbjelker i Norge.

3. Hvordan kan erfaringene bidra for økt ombruk av betongelementer i fremtiden?

Formålet med dette forskningsspørsmålet er å undersøke hvordan erfaringene som er gjort kan bidra til økt ombruk av betongelementer i fremtiden.

1.3 Illustrasjon av oppgaven

Ombruk av prefabrikkerte betongelementer



Figur 2: Illustrasjon av masteroppgaven

1.4 Avgrensninger

Avgrensninger gjort i denne oppgaven er:

- Oppgaven ser på ombruk av prefabrikkerte betongelementer -hulldekker, søyler og bjelker.
- Oppgaven ser på ombruk til samme formål.
- Casestudiene som er undersøkt i oppgaven er ekstern ombruk.
- Det er ikke sett på miljøanalyse, markedspotensial, LCA-beregninger, transportkost eller mellomlagring av casene i denne oppgaven.

1.5 Oppgavens struktur

Kapitel 1: Introduksjon

I introduksjonskapitlet presenteres det bakgrunn for masteroppgaven, etterfulgt av problemstilling og avgrensninger i oppgaven.

Kapitel 2: Teori

I teorikapitlet presenteres det relevant litteratur om temaet i oppgaven.

Kapitel 3: Metode

I metodekapitlet beskrives det valg av metode for å kunne besvare oppgavens problemstilling. I denne oppgaven ble det valgt litteraturstudie og casestudie som metode.

Kapitel 4: Casestudie

I dette kapitlet presenteres casestudiene Kristian Augusts gate 13, Oslo Storbylegevakt og Fyresdal fabrikkhall.

Kapitel 5: Resultat

I resultatkapitlet presenteres det funn som er avdekket gjennom litteraturstudie og casestudie.

Kapitel 6: Diskusjon

I diskusjonskapitlet drøftes funn fra teori og resultatkapitlet og svarer på problemstillingen.

Kapitel 7: Konklusjon

I konklusjonskapitlet oppsummeres masteroppgavens funn og forslag til videre arbeid.

2 Teori

Teorikapitlet tar for seg litteratur om temaet i oppgaven. Innledningsvis introduseres sirkulær økonomi og ombruk. Deretter presenteres regelverk, betong som materiale, etterfulgt av en gjennomgang av de konkrete betongelementene som er avgrenset i oppgaven, hulldekker, søyler og bjelker.

2.1 Sirkulær økonomi

I dag har byggebransjen en lineær prosess hvor materialer fra riving eller rehabilitering blir kastet som avfall. Sirkulær økonomi handler om å utnytte ressurser og materialer på en bærekraftig måte, hvor det legges vekt på å minimere avfall og ressursforbruk (Miljødirektoratet, 2022a). Mens lineær økonomi representerer en *ta-bruk-og-kast* tankegang, hvor materialer og ressurser har en lineær flyt fra råvareuttak til produksjon, forbruk og avfall (Miljødirektoratet, 2022a). Å gå fra lineær til sirkulær økonomi er et viktig steg for å nå Norges klimamål og forpliktelser. Figur 3 illustrerer lineær og sirkulær økonomi.



Figur 3: Lineær og sirkulær økonomi (Optimera, u.å)

I dag gjøres det en rekke tiltak for å få til en sirkulær økonomi i byggebransjen. Noen av tiltakene er:

FutureBuilt:

FutureBuilt, SINTEF og Asplan Viak har utarbeidet kriteriene for sirkulære bygg med mål om å gi et konkret definisjon til begrepet "sirkulære bygg" og øke fokuset på ombruk og ressurseffektivitet i byggebransjen (FutureBuilt, 2019). Kriteriene er delt inn i fem emner, som alle har fokus på å utvikle bygg som er mer ressurseffektive og bærekraftige på lang sikt (Nordby, 2020):

1. Miljøbasert beslutning om rehabilitering eller rivning
2. Ressursutnyttelse i rive- og byggefasen
3. Ombruk av bygningsdeler
4. Ombrukbarhet
5. Endringsdyktighet

Gjennom å følge disse kriteriene kan byggebransjen bidra til å redusere avfall, utnytte ressursene bedre og bygge bygg som er mer bærekraftige og ressurseffektive på lang sikt.

BREEAM-NOR:

BREEAM-NOR er Norges mest brukte miljøsertifiseringsverktøy for bygninger, der målet er å motivere til bærekraftig design og bygning gjennom hele byggefase (Grønn Byggallianse, u.å). Verktøyet vurderer miljøprestasjonene til bygg og innenfor kategorier som energibruk, transport, materialbruk, avfallshåndtering og innemiljø. BREEAM-NOR V6.0 er den oppdaterte versjonen av sertifiseringsordningen, og ble lansert vår 2022. Den har oppdaterte kriterier og fokusområder som tar hensyn til de siste utviklingene innen bærekraftig bygg og miljøprestasjoner. En av de nye temaene i BREEAM-NOR V6.0 er "Materialbruk og ombruk", som fokuserer på ombruk av materialer og ressurser i byggeprosessen for å redusere avfallsmengder og behovet for nye ressurser (Grønn Byggallianse, u.å).

Enova:

Enova er en norsk statlig etat som arbeider for å redusere klimautslipp og fremme fornybar energi. Enova tilbyr støtteordninger for ombrukskartlegging, prosjektering for ombruk og mulighetsstudie. Disse støtteordningene er rettet mot å stimulere til mer ombruk og gjenvinning av materialer og bygg, og dekker en del av kostnadene som påløper for å gjennomføre slike prosjekter (Enova, u.å).

Sirkulære nybygg (SirkBygg):

Sirkulære nybygg, forkortet SirkBygg, er et forskning- og utviklings prosjekt finansiert av Norges Forskningsråd. Prosjekteier er Skanska og har SINTEF Community, Contiga og Spenncon som partnere, blant en rekke andre partnere. Gjennom pilotprosjekter i SirkBygg utforskes det muligheter for å utvikle løsninger som kan gjøre nye bygninger til gode donorbygg i fremtiden (Skanska, 2022). Dette innebærer at demontering og ombruk av bygningsdeler skal være enkelt, sikkert og økonomisk lønnsomt. I første omgang fokuserer forskningen på materialer betong, stål og tre, der målet er å finne demonterbare løsninger som krever minimal ressursbruk (Skanska, 2022).

2.2 Hva er ombruk?

Ombruk av byggematerialer er et tema som er i ferd med å stedfeste seg i byggebransjen, og er en viktig del av sirkulær økonomi. Det er viktig å skille mellom begrepene «ombruk» og «gjenbruk» da de ofte blir brukt om hverandre, men betyr ikke det samme.

I rapporten «Prosjektering for ombruk og gjenvinning» skrevet av Rådgivende Ingeniørers Forening er begrepet ombruk definert som «*ny utnyttelse av et produkt i sin opprinnelige form*», mens gjenbruk er definert som «*nyttig gjøring av materialer og andre restprodukter ved både ombruk og gjenvinning*» (Leland, 2008). Videre skiller Grønn Byggallianse (2021) mellom tre former for ombruk og definerer dem som:

- **Internt ombruk:** byggevarer som ombrukes på nytt i et annet prosjekt av samme eier
- **Lokal ombruk:** byggevarer som ombrukes på nytt i samme eksisterende bygg
- **Ekstern ombruk:** byggevarer som skal ombrukes på nytt i et annet prosjekt og skifter eier

I denne oppgaven er begrepene ombruk og gjenbruk brukt i samsvar med Leland (2008) sin definisjon. I tillegg er casestudiene som er undersøkt i denne oppgaven ekstern ombruk.

Muligheter og utfordringer med ombruk

SINTEF skriver i sin rapport «Ombruk av byggematerialer – marked, drivere og barrierer» at reduksjon av avfallsmengde og klimagassutslipp er viktige drivere for ombruk (Sandberg & Kvellheim, 2021). Ved ombruk av materialer vil behovet for å utvinne nye jomfruelige råvarer reduseres, og dette bidrar til å senke utslippene. I tillegg forlenges materialets levetid. Rapporten viser også at markedet er i endring, og at det er en økende interesse for ombruk blant oppdragsgivere som nå begynner å stille krav om ombruk i prosjektene sine.

Sandberg og Kvellheim (2021) påpeker at økonomi er den største utfordringen når det gjelder ombruk av byggematerialer. Det kan være svært dyrt og tidkrevende å demontere bygningsdeler for ombruk dersom bygningen ikke er blitt prosjektert med tanke på ombruk. I tillegg kan det være kostnads-krevende å skaffe nødvendig dokumentasjon for ombruk eller resertifisere ombrukte materialer (Deloitte, 2022). Videre er det et krevende regelverk som gjør ombruk av byggematerialer vanskelig (Sandberg & Kvellheim, 2021).

2.3 Regelverk

Før materialer tas i bruk i nybygg må de oppfylle krav til helse- og miljøskadelige stoffer, konstruksjonssikkerhet og brannsikkerhet, uavhengig om det er nye eller ombrukte materialer (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). I dag er ikke forskrifter, standarder og prosedyrer tilrettelagt for enkel ombruk, men regelverket er i endring. Nedenfor presenteres noen endringer i regelverket som ble innført i 2022 som skal legge til rette for ombruk.

2.3.1 Byggteknisk forskrift TEK17

Byggteknisk forskrift (TEK17) er en forskrift som setter et rammekrav for minimumsegenskaper et byggverk må oppfylle for å kunne bygges lovlig i Norge. Den 1. juli 2022 innførte Direktoratet for byggkvalitet vesentlige endringer i TEK17 i kapittel 9 som omhandler ytre miljø (Direktoratet for byggkvalitet, 2022c). I § 9-5 (2) om byggavfall og ombruk kreves det nå at nye bygg må prosjekteres for slik at de kan demonteres i fremtiden (Direktoratet for byggkvalitet, 2022a). Tabell 1 viser forskriftendringer i § 9-5 (2) før og etter.

Tabell 1: Forskriftendringer i § 9-5 (2) før og etter

Før forskriftsendring: § 9-5 (2)	Etter forskriftsendringen § 9-5 (2)
<i>«Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning» (Direktoratet for byggkvalitet, 2022a).</i>	<i>«Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning. Byggverk skal prosjekteres og bygges slik at det er tilrettelagt for senere demontering når dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme» (Direktoratet for byggkvalitet, 2022a).</i>

Det ble også innført endringer i § 9-7 om kartlegging av avfall. Ved endring eller riving av eksisterende boligbygg eller yrkesbygg skal det gjennomføres en egen ombrukskartlegging av materialer og utarbeides en rapport (Direktoratet for byggkvalitet, 2022b).

Ombrukskartlegging innebærer å kartlegge og identifisere bygningsmaterialer i et eksisterende bygg, som har potensial til å ombrukes (Grønn Byggallianse, 2021). Det er

anbefalt at denne kartlegging gjøres i god tid før riving prosessen starter (Direktoratet for byggkvalitet, 2022b).

2.3.2 Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)

Regler for omsetning og tilsyn av CE-merkede byggevarer i EØS/EU er fastsatt av byggevareforordningen (Direktoratet for byggkvalitet, u.å). Byggevareforordningen er en forordning fra EU implementert i norsk rett gjennom forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), og trådte i kraft i 2013 (Kilvær et al., 2019; Wærner, 2020). Det vil si dersom en byggevare skal omsettes i et marked (ekstern ombruk) må byggevaren dokumenteres i henhold til DOK (Kilvær et al., 2019; Sørnes et al., 2014). Forskriften gjelder for byggevarer produsert etter 2013, der produsenten må dokumentere produktets egenskaper, produksjonskontroll og kvalitetssikring (Wærner, 2020).

En CE-merke bekrefter at byggevaren oppfyller de minstekravene som er fastsatt i en harmonisert Europeisk standard for det aktuelle produktet, og kan distribueres fritt i EØS/EU (Kilvær et al., 2019). Hvis det finnes en harmonisert produktstandard for byggevaren, er det pliktig å CE-merke byggevaren. Dersom det ikke finnes en harmonisert produktstandard for byggevaren, kan man velge å CE-merke den ved å få utført en ETA (European Technical Assessment) (Kilvær et al., 2019). Dokumentasjonskravet kan være krevende for ombruksvarer ettersom det kan være vanskelig å finne fram relevant dokumentasjon for byggevarer produsert før 2013 (Wærner, 2020). Hvis det er internt ombruk, der det er samme byggherre som skal ombruke byggevaren enten i samme bygg eller i et annet bygg vil ikke dokumentasjonskravet gjelde, men byggevaren må fremdeles oppfylle kravene i TEK17 (Wærner, 2020). Dersom det er ekstern ombruk, må det være en tilfredsstillende dokumentasjon i henhold til DOK (Kilvær et al., 2019; Wærner, 2020).

I juli 2022 vedtok regjeringen endring i DOK som gjør det nå enklere å omsette brukte byggevarer (Direktoratet for byggkvalitet, 2022c). Det tidligere kravet til produktdokumentasjon før en byggevare kan markedsføres, selges eller brukes gjelder ikke så lenge byggevaren ikke endres vesentlig (Direktoratet for byggkvalitet, 2022c).

2.4 Betong

Betong er et allsidig byggemateriale som har vært benyttet i flere tusen år, og består av sement, vann, tilslag og tilsetningsstoffer (Thue, 2019). Materialet er robust og har mange gode fordeler. Den kan støpes ut i hvilken som helst form og dimensjon, har god brannmotstand, høy styrke og har en levetid på minst 100 år (Betong Norge, u.å). En ulempe med betongen er at den har dårlig strekkstyrke og må forsterkes. Det legges dermed armeringsstål i de områdene av konstruksjonen som blir utsatt for strekkspenninger (Thue, 2019). Det skilles mellom slakkarmert og forspent armert betong. Ved slakkarmert betong støpes armeringsstålet inn i betongen uten å bli påført ytre krefter, mens i forspent armert betong spennes armeringsstålet før utstøping (Thue, 2019).

Det finnes to forskjellige metoder å bygge betongkonstruksjoner på, plasstøpt betong og prefabrikkert betong. Betongkonstruksjoner som blir støpt på stedet kalles plasstøpt betong, der en forskaling brukes til å lage støpeform, deretter legges armeringsstålet i formen før betongblandingen fordeles (Thue, 2019). Prefabrikkerte betongelementer derimot blir fremstilt i fabrikk og har vært i bruk i Norge siden 1950-tallet (Aleksander & Vinje, 2010).

I denne oppgaven undersøkes det på ombruk av prefabrikkerte betongelementer, og det er valgt å se nærmere på hulldekker, søyler og bjelker. Disse elementene produseres individuelt fra prosjekt til prosjekt, det vil si at armeringen er beregnet i henhold til prosjektets spesifikke behov for dimensjonerende last (Aleksander & Vinje, 2010).

2.4.1 Ombruk av betongelementer

Produksjon av betong er en svært energikrevende prosess, hvor sementen som brukes i betongen har høy utslipp av CO₂ (Kontrollrådet, 2021). Videre står betong, sammen med tegl og andre tunge byggematerialer, for omtrent 38 % av den totale avfallsmengden i byggebransjen (Statistisk sentralbyrå, 2022). Ombruk av betongelementer kan bidra til å redusere dette. Å knuse et betongelement og bruke det som tilslag er et godt alternativt til resirkulering, men mye av energipotensialet vil gå tapt når betongen knuses (Nordby & Wærner, 2017). Av den grunn er ombruk av betong som helhet mer gunstig (Leland, 2008).

I rapporten «Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer» skrevet av SINTEF trekkes prefabrikkerte betongelementer som godt egnet for ombruk fremfor plasstøpt betong, fordi det lar seg demontere. Under rivningen av Pilestredet park i regi av Statsbygg i 2002, ble det gjennomført et forskningsprosjekt som dokumenterte at det er mulig å demontere prefabrikkerte betongelementer (Sørnes et al., 2014). Rapporten påpeker en utfordring som kan gjøre ombruk av betongelementer vanskelig er dokumentasjon av krav til styrke og sammensetning, samt tilpasninger til ny funksjon. Det listes opp følgende sjekkepunkter før man vurderer ombruk av betongelementer (Sørnes et al., 2014, s.30):

- *Fins det FDV-dokumentasjon eller prosjekteringsgrunnlag som kan studeres?*
- *Er det mulig å demontere uten å skade komponenten?*
- *Hvordan er komponenten med tanke på dimensjonering?*
- *Hvilke påførte belastninger har vært under bruk?*
- *Hvilke påførte belastninger vil forekomme under demontering?*
- *Har det forekommet kjemiske påvirkninger under bruk?*
- *Er det korrosjonsskader på komponenten?*
- *Er tilstanden på armeringsjern tilfredsstillende?*

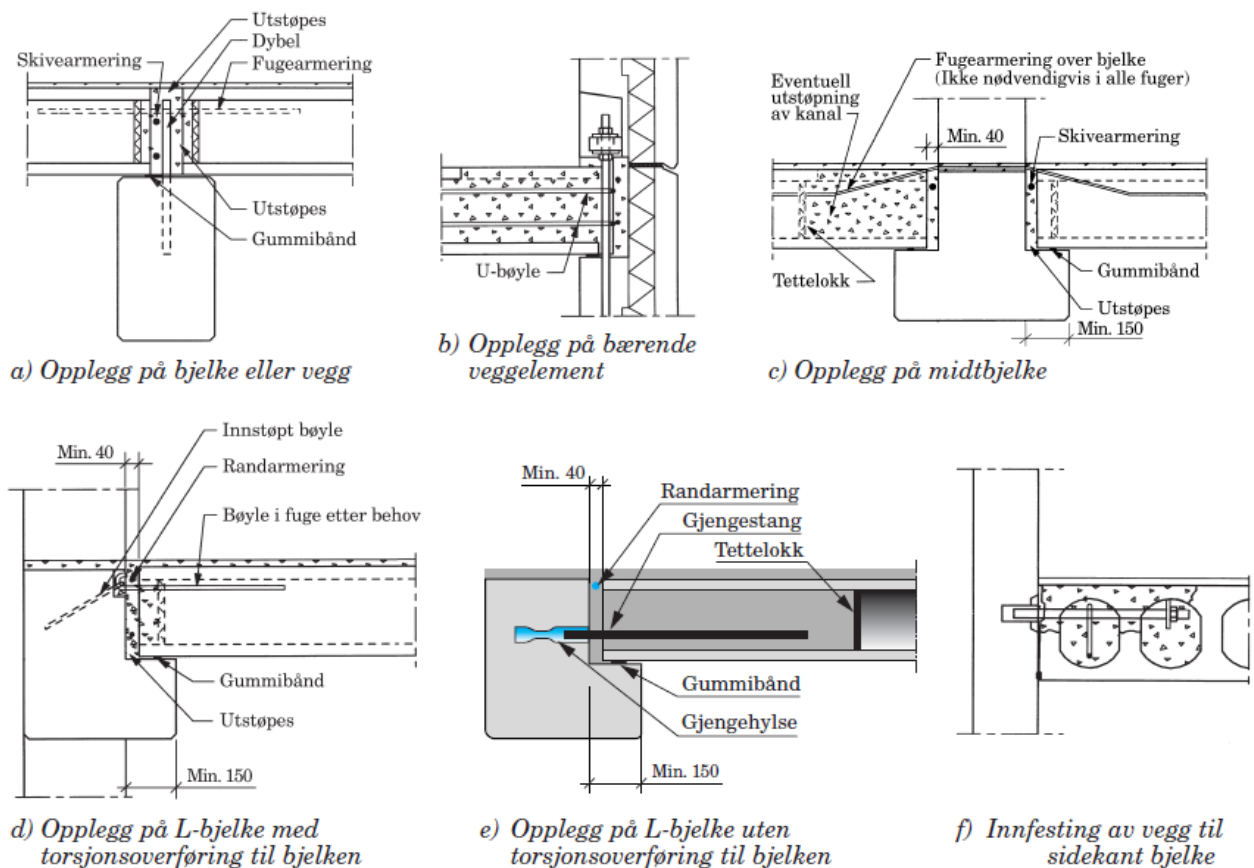
FDV står for forvaltning, drift og vedlikehold og er en type dokumentasjon som fungerer som en bruksanvisning for et bygg (Byggtjeneste, u.å). En FDV-dokumentasjon inneholder tegninger, beskrivelser, rapporter og annen viktig informasjon, og vil være verdifull å ha for å vurdere betongelementer for ombruk. Videre må det gjøres en grundig tilstandsvurdering for å sikre betongelementenes brukbarhet, bæreevne og bestandighet (Standard Norge, 2022; Sørnes et al., 2014).

Det er også viktig å gjennomføre miljøkartlegging for å identifisere betongelementer som er forurenset av helse- og miljøskadelige stoffer. Betong kan være forurenset av ulike miljøfarlige stoffer som PCB (polyklorerte bifenyler), tungmetaller, klorparafiner, flatlater, asbest og bly (Byggemiljø, u.å). Betongelementer som er sterkt forurenset og klassifiseres som farlig avfall bør dermed ikke ombrukes (Sørnes et al., 2014). I Norge er all bruk av PCB forbudt i dag (Miljødirektoratet, 2022b). PCB ble brukt som tilsetningsstoff ved påstøp, pussing, gysing og i maling i perioden 1930-1980, betongelementer fra denne perioden kan dermed inneholde spor av PCB og bør ikke vurderes for ombruk (Sørnes et al., 2014).

2.4.2 Hulldekke

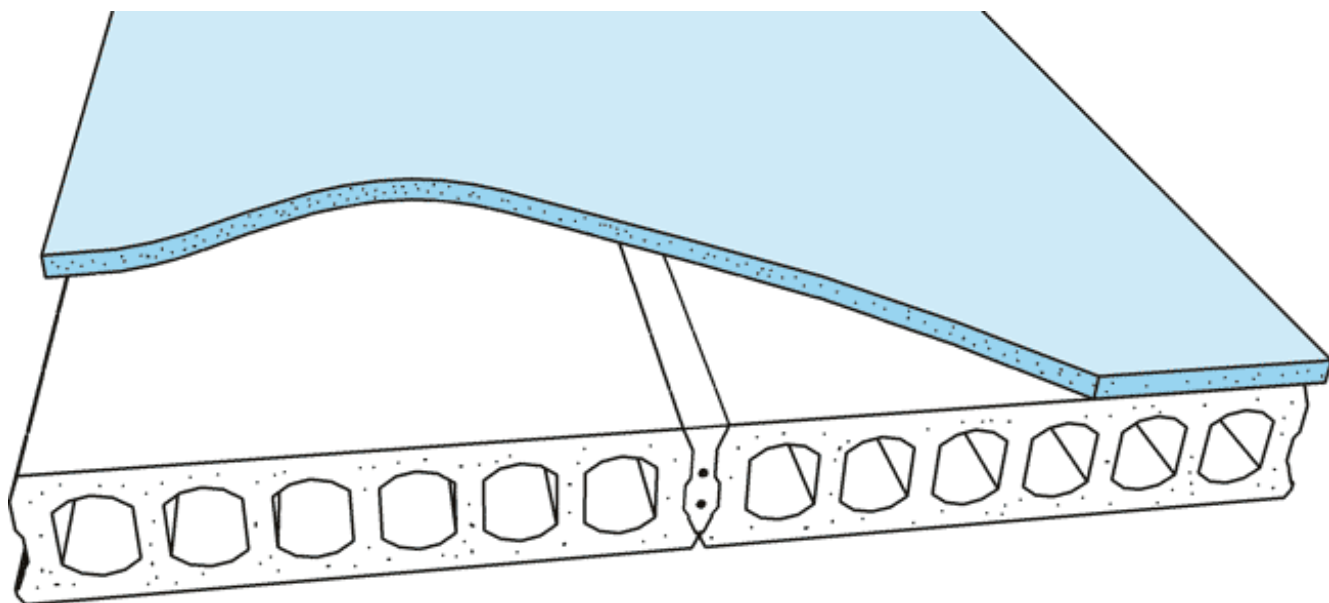
Prefabrikkerte hulldekker brukes er mest brukt i tak og dekker i forretningsbygg, skoler, boliger og sykehus (Aleksander & Vinje, 2010). De har stor spennvidde med liten byggehøyde, standard modulbredde på 1200 mm og høyde som varierer fra 200 til 500 mm, og kan leveres både forspente og slakkarmerte (Aleksander & Vinje, 2010). Hulldekker utformes med kanaler som normalt sett er oval eller sirkulær, og kan brukes til fremføring av el -og VVS-installasjoner (Aleksander & Vinje, 2010).

Hvordan hulldekker festes til andre elementer avhenger fra bygg til bygg, alt etter prosjektets spesifikke behov for dimensjonerende laster og design, se figur 4 for noen typiske knutepunkter. Vanlig praksis i dag er å støpe fast hulldekker i endene (Kilvær et al., 2019; Leland, 2008).



Figur 4: Noen eksempler på knutepunkter med hulldekker (Aleksander & Vinje, 2010)

Hulldekkeelementene har en fuge/profil i langsgående skjøt som støpes etter montering for å ta opp skjærkrefter (Kilvær et al., 2019). Etter fugestøp legges det ofte påstøp over hulldekkene for å jevne ut skjevheter og få bedre lastfordeling av større krefter (Aleksander & Vinje, 2010). Figur 5 viser illustrasjon av hulldekke med påstøp.



Figur 5: Illustrasjon av hulldekke med påstøp (SINTEF Byggforsk, 2005)

Norsk standard for hulldekker av betong til ombruk, NS 3682

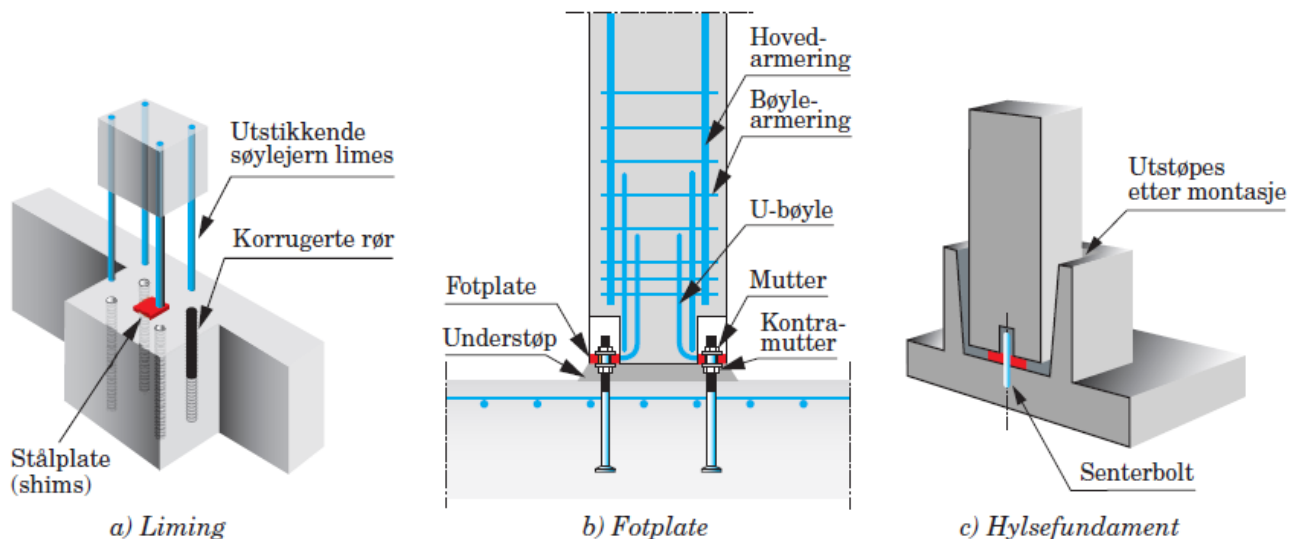
I februar 2022 lanserte Standard Norge «Norsk standard for hulldekker av betong til ombruk, NS 3682». Hensikten med standarden er å gi krav og retningslinjer for planlegging, demontering, bearbeiding, prøving, vurdering og dokumentasjon av brukte hulldekker for ombruk (Standard Norge, 2022). Ombruk av betonghulldekker er blitt gjennomført i to prosjekter i Norge, dette presenteres i kapittel 4.1.og 4.2.

2.4.3 Søyle

En søyle har bærende funksjon, og prefabrikkerte betongsøyler kan produseres i forskjellige dimensjoner og tverrsnitt alt etter et byggeprosjektets behov, men standard søyler har sirkulært eller rektangulært tverrsnitt (Aleksander & Vinje, 2010). Rektangulære søyler støpes liggende og kan være svært høye, mens sirkulære søyler støpes stående og er begrenset til etasjehøyde, og skjøtes ved etasjeskiller (Aleksander & Vinje, 2010).

Søyler innspenes til fundament eller andre tilstøtende konstruksjoner ved liming, fotplate eller hylsefundament slik som vist i figur 6 (Aleksander & Vinje, 2010). Runde søyler har vanligvis limt innfestning (Reiersen et al., 2020).

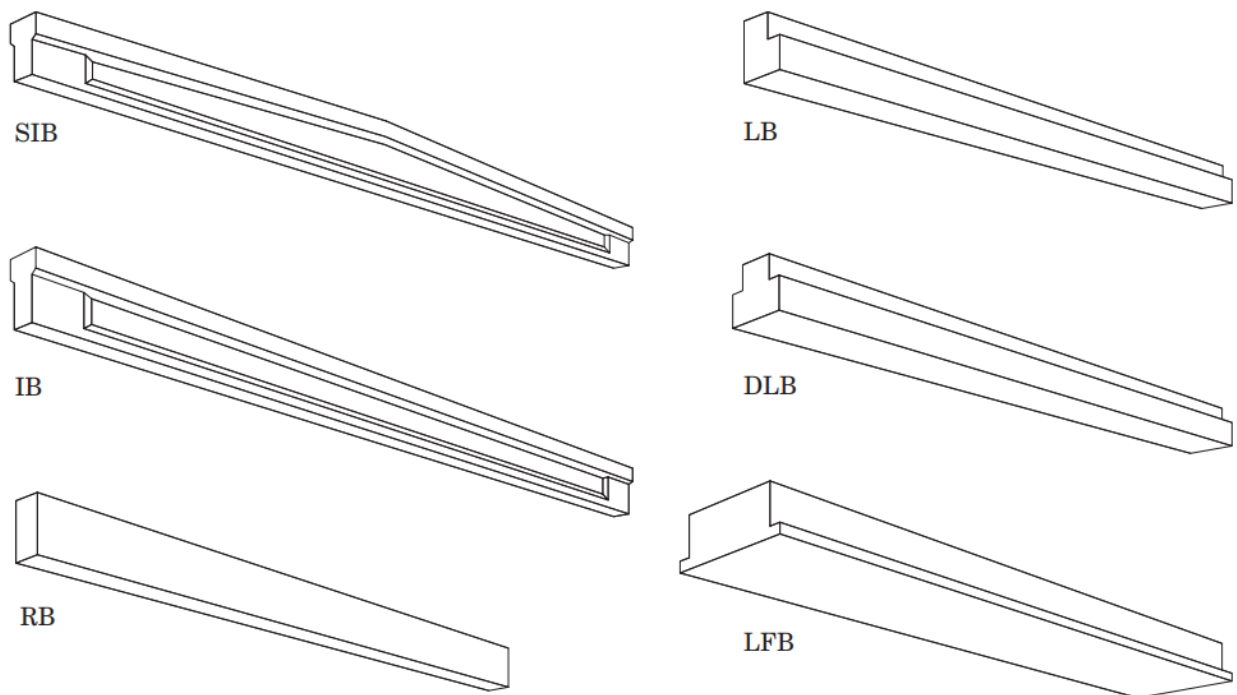
- Liming: ved liming knyttes søylen til fundamentet eller tilstøtende konstruksjoner med utstikkende søylejern limes fast i korrugerte rør.
- Fotplate: søylen spennes fast til fundamentet ved at hovedarmeringen i søylen forankres til en fotplate.
- Hylsefundament: søylen innspenes ved faststøping i hylsefundament.



Figur 6: Innspenning av søyler til fundamentet (Aleksander & Vinje, 2010)

2.4.4 Bjelke

En bjelke har bærende funksjon, og prefabrikkerte betongbjelker kan produseres i forskjellige tverrsnittformer som både forspente eller slakkarmerte (Aleksander & Vinje, 2010). Vanlige tverrsnittformer er RB-bjelker med rektangulært tverrsnitt, LB-bjelker med L tverrsnitt og SIB- og IB-bjelker med I tverrsnitt. Figur 7 viser noen vanlige bjelketyper.

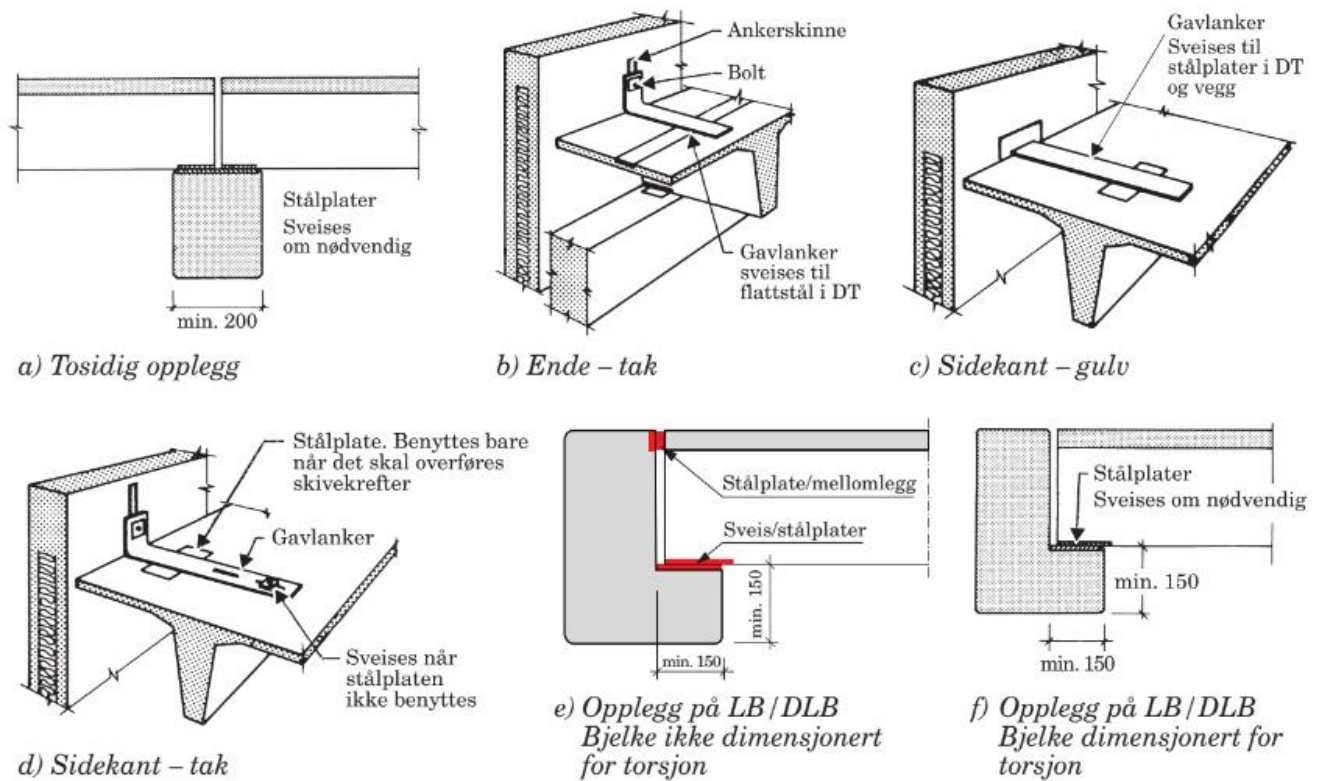


Figur 7: Vanlige bjelketyper (Aleksander & Vinje, 2010)

Innfestningsmetodene for bjelker avhenger av byggets spesifikke design og mål, og dermed festes bjelker til andre konstruksjonsdeler på flere måter (Aleksander & Vinje, 2010). I denne oppgaven er det valgt å se nærmere på DT-elementer.

Dobbel T element (DT-element)

DT-elementer refereres som ribbeplater i betongelementboken Bind A. Disse elementene brukes som tak -og dekkekonstruksjoner, samt stående veggelementer (Aleksander & Vinje, 2010). Med stor bæreevne i forhold til egenlasten, kan DT- elementer tåle store lastpåkjenninger, og kan produseres i flere lengder og dimensjoner (Aleksander & Vinje, 2010). Figur 8 viser typiske knutepunktforbindelser for DT-elementer.



Figur 8: Knutepunkter med DT-elementer (Aleksander & Vinje, 2010)

3 Metode

I dette kapitlet beskrives det valg av metode og fremgangsmåten som er blitt gjort for å kunne besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmålene.

3.1 Valg av metode

I den samfunnsvitenskapelige metodelæren skiller det mellom to typer forskningsmetoder, kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode. Ved en kvalitativ metode innhentes data i form av tekster, lyd og bilde (Johannessen et al., 2016). Denne metoden leter forståelse og prøver å få fram erfaringer, beskrivelser, holdninger og ønsker. Mens ved en kvantitativ metode kartlegger en utbredelse, der en teller opp fenomener i form av tall og målinger (Johannessen et al., 2016). Metoden søker forklaring, og tester hypoteser og kartlegger mønster.

I denne oppgaven er det blitt benyttet kvalitativ forskningsmetode. Kvalitativ forskningsmetode er hensiktsmessig da oppgaven undersøker muligheter med ombruk av prefabrikkerte betongelementer -hulldekker, søyler og bjelker.

3.2 Litteraturstudie

Formålet med en litteraturstudie er å samle inn relevant forskning på et område eller tema man ønsker å studere (Johannessen et al., 2016). Det ble dermed utført litteraturstudie for å skaffe oversikt og forståelse om ombruk og materialet betong. Det ble brukt databaser som Google Scholar, Oria og ResearchGate for å samle inn informasjon om temaet. Tabell 2 viser noen søkeord brukt i litteratursøket, både på norsk og engelsk. Resiqels database ble også benyttet for å finne relevant litteratur. Rapporter og vitenskapelige artikler som ble vurdert til å være relevant å ha med i forbindelse med oppgaven ble lagret. Litteratursøkingen ga noe funn på ombruk av hulldekker, men ombruk av betongsøyler og bjelker førte ikke til mange relevante funn.

Tabell 2: Noe av søkeordene brukt i litteratursøket

Norsk: søkeord	Google Scholar	Oria	Engelsk: søkeord	Google Scholar	Oria
Ombruk av betongelementer	73	3	Reuse of precast concrete elements	16 00	27
Ombruk av prefabrikkerte betonghulldekker	4	0	Reuse of precast concrete slabs	10 60	18
Ombruk av prefabrikkerte betongsøyler	73	0	Reuse of precast concrete columns	11 00	97
Ombruk av prefabrikkerte betongbjelker	54	0	Reuse of precast concrete beams	9710	16

3.3 Casestudie

I denne oppgaven er det sett på 2 caser som har realisert ombruk av betonghulldekker, og 1 case som har realisert ombruk av betongsøyler. Ifølge Johannessen et al. (2016) å kombinere forskjellige metoder i en casestudie gir det mulighet for å samle korrekt og detaljert data. Casestudiene ble dermed utført i form av dokumentanalyse og kvalitativ intervju. De valgte casene i denne oppgaven er:

- Kristian Augusts gate 13
- Oslo Storbylegevakt
- Fyresdal fabrikkhall

3.3.1 Dokumentanalyse

Dokumentanalyse er analyse av tekster i form av dokumenter brev og bøker (Johannessen et al., 2016). Noen av dokumentene som er blitt analysert i denne masteroppgaven ble tilgjengeliggjort etter forespørsel fra nøkkelpersoner.

De analyserte dokumentene er:

- **Case 1: Kristian Augusts gate 13**
 - Erfaringsrapport ombruk, Kristian Augusts gate 13
- **Case 2: Oslo Storbylegevakt**
 - Konseptutredning for fremstilling og dokumentasjon av ombrukshulldekker fra Regjeringskvartalet til bruk i Oslo Storbylegevakt
- **Case 3: Fyresdal fabrikkhall**
 - Demonteringsplan/tiltaksplan av Brobekkveien 50 (donorbygg)
 - Ombrukskartleggings rapport fra Resirqel

3.3.2 Kvalitativ intervju

Innenfor kvalitativ forskning er intervju den mest brukte metoden å samle egne data på, og egner seg når man ønsker å studere meninger, holdninger og erfaringer (Johannessen et al., 2016; Tjora, 2016). Kvalitativ intervju kan foregå i ulike former, det skilles mellom ustrukturert, semistrukturert og strukturert intervju. Ustrukturert intervju beskrives som uformelt og fleksibel, der spørsmålene og rekkefølgen av spørsmålene er ikke formet på forhånd (Johannessen et al., 2016). Mens i semistrukturert intervju har man en overordnet intervjuguide (Johannessen et al., 2016). En intervjuguide består av en liste over temaer og spørsmål som skal dekkes i intervjuet, med mulighet for oppfølgingsspørsmål. I tillegg, den som blir intervjuet står fritt og kan ta opp andre temaer som kan være relevant (Tjora, 2016). I et strukturert intervju har man også intervjuguide med forhåndsbestemt tema og spørsmål, men spørsmålene kommer i fast rekkefølge (Johannessen et al., 2016).

Oppstartsfase og rekruttering av informanter

I begynnelsen av denne oppgaven ble det opprettet kontakt med fagpersoner i byggebransjen som jobber med ombruk. Fagpersonene ble funnet via veileder, dokumenter, fagartikler og ble kontaktet enten på telefon eller e-post. Samtalene var åpne og handlet generelt om ombruk av byggematerialer.

Ved snøballmetoden rekrutterer man informanter ved å forhøre seg om det er andre aktuelle personer man bør komme i kontakt med (Johannessen et al., 2016).

Snøballmetoden ble brukt i disse samtalene for å rekruttere andre informanter. Fra disse samtalene, ble det vurdert å intervju informanter som ble ansett som relevante for å få mer innsikt i oppgavens tema basert på deres bakgrunn og erfaring med ombruk av byggematerialer. Aktuelle informanter fikk e-post med mer detaljert informasjon om oppgavens formål og omfang, og om kandidatene kunne tenke seg å bli intervjuet i forbindelse med oppgaven.

Semistrukturert intervju

Det ble vurdert at semistrukturert intervju var hensiktsmessig å benytte i denne oppgaven, fordi ved denne intervjuformen har man intervjuguide å forholde seg. I tillegg gir denne intervjuformen rom til å ta opp andre temaer eller spørsmål som ikke er dekket av intervjuguiden. Det ble gjennomført semistrukturert intervju med seks informanter for å samle egne data på. Informantene er delt inn i grupper. Gruppe 1 er personer som har vært med i to caser som er undersøkt i denne oppgaven, Kristian Augusts gate 13 og Oslo Storbylegevakt. Gruppe 2 er produsenter av betongelementer.

Gruppe 3 er personer som har vært med i casestudie Fyresdal fabrikkhall. Det var ønskelig å få utført intervju med gruppe 3, men på grunn av begrenset tid kunne ikke dette gjennomføres. Men det ble gjennomført fire telefonsamtaler med disse personene der det ble tatt notater. Tabell 3 viser oversikt over informantene.

Tabell 3: Oversikt over informanter

Gruppe	Informant	Bedrift	Rolle
1	Informant E1	Haandverkerne AS	Prosjektleder
1	Informant E2	Skanska AS	Prosjektleder
1	Informant E3	Skanska AS	Prosjektleder
2	Informant P1	Contiga AS	Konstruktør
2	Informant P2	Spenncon AS	Konstruktør
2	Informant P3	Hå-element AS	Prosjektleder
3	Informant I1	Midtstøl AS	Prosjektleder
3	Informant I2	Safe Control AS	Rådgivende ingeniør

Gruppe 1 av informanter: Kristian Augusts gate 13 og Oslo Storbylegevakt

- **E1:** Prosjektleder i Kristian Augustus gate 13, erfaring med ombruk av byggematerialer
- **E2:** Prosjektleder i Oslo Storbylegevakt, erfaring med ombruk av byggematerialer
- **E3:** Involvert i et kommende prosjekt med ombruk av hulldekker

Gruppe 2 av informanter: Elementprodusenter

- **P1:** Konstruktør, erfaring med ombruk av hulldekker
- **P2:** Konstruktør, erfaring med ombruk av hulldekker
- **P3:** Prosjektleder, erfaring med bygging av betongelementer

Gruppe 3 av informanter: Fyresdal fabrikkhall

- **I1:** Prosjektleder i Fyresdal fabrikkhall, erfaring med demontering av materialer
- **I2:** Rådgivende ingeniør (RIB), involvert i Fyresdal fabrikkhall

Forberedelse og gjennomføring av intervju

Intervjuguide 1 var generelt rettet mot personer som har vært med i case 1 og case 2, mens intervjuguide 2 var rettet mot produsenter av betongelementer. Intervjuguiden ble delt inn i introduksjonsdel, hoveddel og avslutning. Før intervjuene ble holdt ble det sendt meldeskjema og datahåndteringsplan for masteroppgaven til Norsk senter for forskningsdata (NSD). Etter godkjenning fra NSD ble det sendt informasjonsskriv og samtykkeerklæring til aktuelle informanter. Lydopptak kan være nyttig hjelpemiddel ved intervjuer, da det gir mulighet til å ta vare det som blir sagt (Dalland, 2017). I informasjonsskrivet ble det informert at det ville bli tatt lydopptak av intervjuet. Intervjuguiden ble sendt noen dager før avtalt intervju, slik at informantene kunne stille seg forberedt.

Alle intervjuene ble utført på Teams. Før et intervju er det viktig å sørge for at informasjon som er gitt på forhånd er forstått på riktig måte (Dalland, 2017). Ved introduksjon av intervjuene ble informantene informert om formålet med intervjuet og oppgavens mål. Det

ble gjentatt informasjon om samtykke til lydopptak og anonymitet, og hvordan lydopptaket skulle behandles. Hensikten med lydopptak var for å sikre nøyaktig utsagn og svar.

Intervjuene startet med oppvarming spørsmål som informantenes bakgrunn, stilling og erfaringer med ombruk av byggematerialer. Deretter ble det spurt om erfaringer, muligheter og utfordringer med ombruk av prefabrikkerte hulldekker, søyler og bjelker. Avslutningsvis ble informantene spurt om det var noe andre temaer de hadde lyst å ta opp. Intervjuguidene benyttet i denne oppgaven er vedlegg B vedlegg C.

Bearbeiding av data

Å transkribere betyr å overføre lyd eller videopptak til skrift (Dalland, 2017). Kort tid etter intervjuene ble lydopptakene transkribert og overført til tekst. Utskriftene fra transkripsjonen dannet grunnlaget for å analysere resultatene fra intervjuene. Analysen bestod av å sortere og organisere resultatene etter tema. Dette ble sortert ut etter erfaringer, muligheter og utfordringer med hulldekker, søyler og bjelker, og viktige sitater og utsagn ble fremhevet.

3.4 Kvalitetsvurdering

Reliabilitet

Reliabilitet handler om troverdigheten og nøyaktigheten av data som er undersøkt i en undersøkelse, og hvordan dataen er samlet inn og bearbeidet (Johannessen et al., 2016). For å sikre studiens pålitelighet, må man presentere studiens fremgangsmåte og begrunne valget av metode. I denne oppgaven er reliabiliteten fremvist og ivaretatt i kapitel 3.

Validitet

I kvalitative undersøkelser handler validitet om i hvilken grad dataene representerer det som undersøkes på en god og relevant måte (Johannessen et al., 2016). Ettersom informantene i denne oppgaven er fagpersoner som er godt kjent med temaet i denne oppgaven, er det usannsynlig at datamaterialet de har bidratt med, ikke er troverdig. Videre ble validiteten styrket ved å kombinere dokumentanalyse med intervjuer. Dokumentene som er analysert i casestudiene er utarbeidet av aktører som hadde direkte tilknytning til prosjektene.

Kildekritikk

Kildekritikk handler om å vurdere hvorvidt informasjonen man henter fra en kilde er relevant og troverdig. Rapporter og artikler som er brukt i denne oppgaven, ble vurdert ved hjelp av TONE-kildekritikkmodellen, som står for troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet (Orgeret, 2021). Orgeret (2021) forklarer TONE-kriteriet som:

- **Troverdighet:** vurdering av hvem avsenderen er, og om kilden er til å stole på
- **Objektiv:** vurdering av om kilden anses som nøytral
- **Nøyaktig:** vurdering av hvor nøyaktig og presis kilden er
- **Egnethet:** vurdering av om kilden er relevant for formålet man søker etter

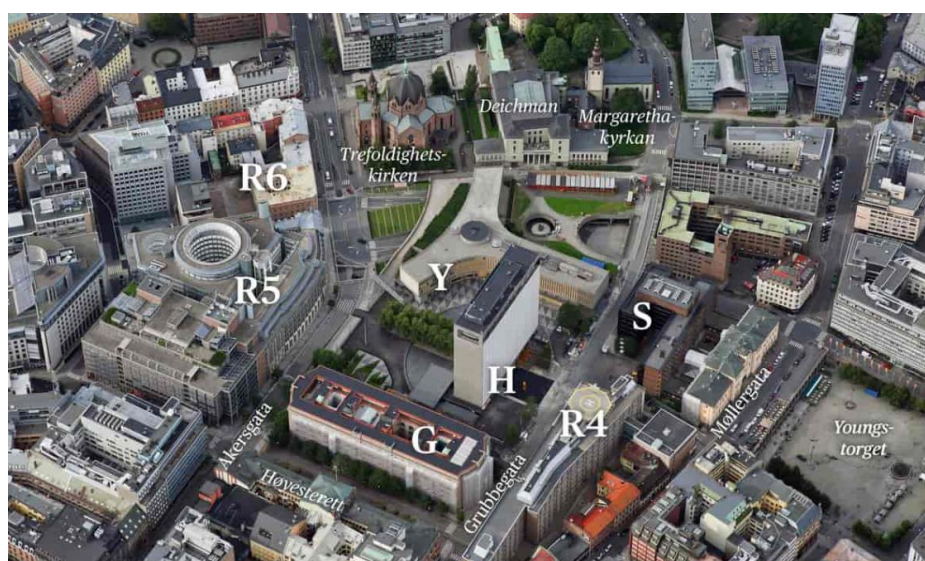
4 Casestudie

I dette kapitlet vil bakgrunnsinformasjon om casene Kristian Augusts gate 13, Oslo Storbylegevakt og Fyresdal fabrikkhall presenteres. I alle tre casene har det vært ekstern ombruk, der betongelementene er blitt demontert og ombrukt i et annet prosjekt.

Hulldekker fra Regjeringskvartalet

Terrorangrepet den 22. juli 2011 forårsaket store skader på Regjeringskvartalet i Akersgata, Oslo. Flere bygninger i området ble hardt skadet, og i 2014 bestemte regjeringen at H-blokka og G-blokka skulle bevares. Mens S-blokka, Y-blokka og R4 skulle rives og bygges om til et nytt Regjeringskvartal (Grønvold, 2021), se figur 9. Det er kommunal- og moderniseringsdepartementet som er ansvarlig for gjennomføring av nytt Regjeringskvartal, med Statsbygg som byggherre (Regjeringen, 2020). Statsbygg ønsker å være en pådriver i omstillingen til sirkulærøkonomi i byggebransjen, og ønsket dermed at gamle bygningsmaterialer fra R4 skulle få nytt liv etter rivingen (Statsbygg, u.å).

I april 2019 startet Veidekke arbeidet med riving av R4 bygget. Bygget ble bygget i 1985-1988 med 25.700 kvm fordelt over ni etasjer, to kjelleretasjer og helikopterdekk på taket (Statsbygg, u.å). Gamle hulldekker fra Regjeringskvartalet fikk nytt liv av Entra i Kristian Augusts gate 13, og av Omsorgsbygg (nå Oslobygg KF) i Oslo Storbylegevakt prosjektet (Statsbygg, u.å). For første gang ble gamle betonghulldekker ombrukt i Norge.

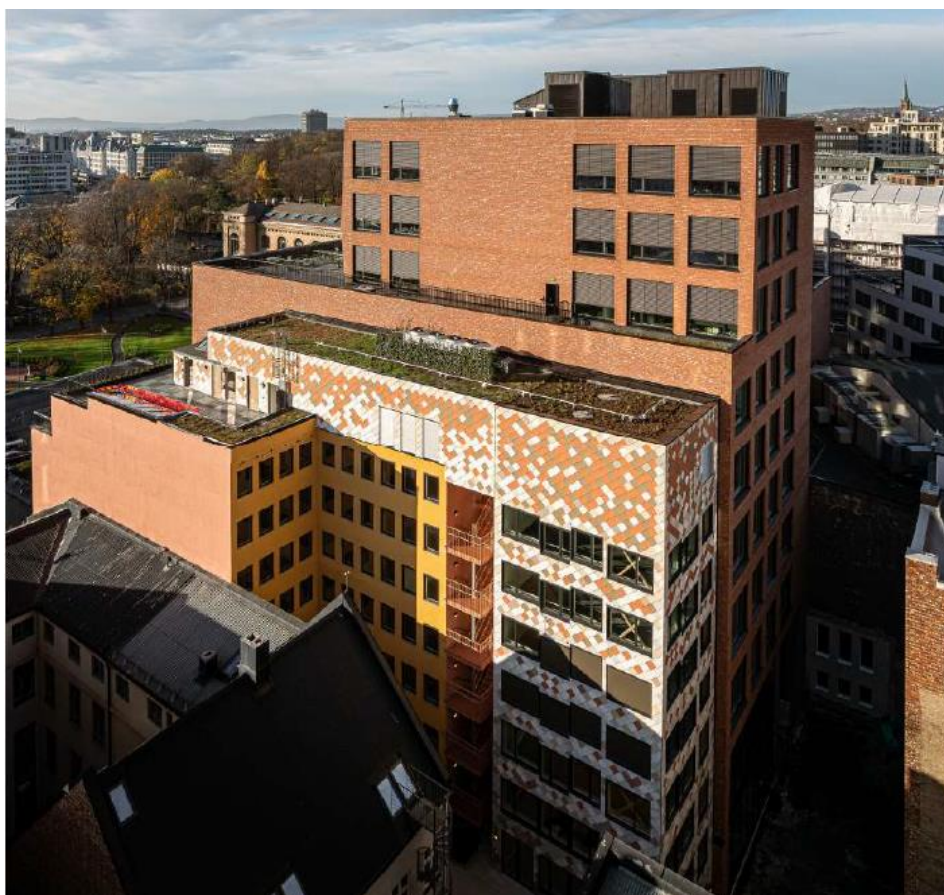


Figur 9: Bilde av regjeringskvartalet fra 2017 (Grønvold, 2021)

4.1 Case 1 - Kristian Augusts gate 13

Kristian Augusts gate 13 (heretter KA13) er et kontorbygg på 4300 kvm i Tullinkvartalet i Oslo, og regnes som Norges mest ambisiøse ombruksbygg. Bygget er fra 1950 tallet og har blitt rehabilitert med et nytt tilbygg på åtte etasjer, som ble ferdigstilt i 2021 (Entra, u.å). Entra var byggherre i prosjektet, med hovedentreprenør Haandverkerne AS. Dette er FutureBuilt første sirkulære pilot prosjekt med fokus på gjenbruk, ombruk og reduksjon av klimagassutslipp (Direktoratet for byggkvalitet, 2021; Nordby et al., 2021).

Materialer som ble ombrukt i dette prosjektet består av blant annet betonghulldekker, stålkonstruksjoner, vinduer og trekonstruksjoner fra ulike donorbygninger som skulle enten rives eller rehabiliteres (Entra, u.å). Totalt ble 21 hulldekker av type HD265 hentet fra R4 fått nytt liv i KA13 (Entra, u.å).



Figur 10: Kristian Augusts gate 13. Foto: Mad arkitekter (Nordby et al., 2021)

4.2 Case 2 - Oslo Storbylegevakt

Det kommunale eiendomsforetaket Oslobygg KF er en fusjon av tidligere Omsorgsbygg, Undervisningsbygg og Kultur- og idrettsbygg samt utbyggingsvirksomheten til Boligbygg (Oslo kommune, u.å-b). I 2019 ble eksisterende bygningsmasse ved Aker sykehus i Oslo revet ned for oppføring av et nytt legevakts bygg, Oslo Storbylegevakt. Oslobygg KF er byggherre i prosjekt med Skanska som entreprenør. Oslo Storbylegevakt (heretter OSBL) er på ca. 26 000 kvm og skal etter planen ferdigstilles i løpet av 2023 (Oslo kommune, u.å-a). I tillegg til OSBL, innebærer prosjektet også å oppføre et parkeringshus, oppgradere veier og legge om den tekniske infrastrukturen i området.

OSBL bygges etter passivhus-standarden, og har et mål om å oppnå graden «Excellent» i BREEAM (Oslo kommune, u.å-a). I dette prosjektet ble det ombrukt 28 hulldekker fra R4 (Fjeldheim et al., 2020).



Figur 11: Oslo storbylegevakt (Oslo kommune, u.å-a)

4.3 Case 3 - Fyresdal fabrikkhall

Underveis av denne masteroppgaven ble det kjent for forfatteren av denne oppgaven om et prosjekt som hadde ombrukt prefabrikkerte betongsøyler. Resirqel AS som er et rådgivingselskap innen ombruk av byggematerialer, hadde utført ombrukskartlegging av en fabrikkhall i Brobekkveien 50.

OBOS som var eier av fabrikkhallen hadde ønske om at muligheter for ombruk utnyttet før riving av fabrikkhallen. Det ble dermed inngått avtale med riveentreprenør Midtstøl AS om demontering og dokumentert oppføring av hallen på egnet lokasjon. Fabrikkhallen i Brobekkveien 50 ble demontert og gjenoppbygget som en ny fabrikkhall i Fyresdal i 2019.

Gamle fabrikkhallen var bygget i 2000-tallet og hadde et areal på ca. 1000 kvm. Fabrikkhallen ble skånsomt demontert bit for bit der 18 prefabrikkerte betongsøyler ble ombrukt på nytt i den nye hallen i Fyresdal (Eid & Sunde, 2019).



Figur 12: Fabrikkhallen i Brobekkveien 50. Foto: Resirqel AS

5 Resultat

I dette kapitlet presenteres det funn fra litteratstudie, og casestudie i form av dokumentanalyse og intervju.

5.1 Funn fra litteraturstudie

Hulldekker

Leland (2008) skriver i sin rapport «Prosjektering for ombruk og gjenvinning» at det er lettere å gjennomføre demontering og ombruk av prefabrikkert betongelementer dersom innfestningsmetoden er kjent. I rapporten blir det påpekt at hulldekker kan kappes uten å miste sin spennkraft, men siden vanlig praksis er å støpe hulldekkene fast i endene blir det utfordrende med demontering (Leland, 2008). I en annen rapport «Forsvarlig ombruk av byggevarer» skrives det at hulldekker ikke har reversible sammenføyninger som påstøp, fugestøp og endeforankring, noe som vanskeliggjør demontering (Kilvær et al., 2019).

En masteroppgave fra NMBU har sett på analyse av marked, barrierer, muligheter og potensiale for klimagassreduksjon ved ombruk av hulldekkene fra Regjeringskvartalet. Ifølge resultatene fra oppgaven er det økonomiske aspektet som utgjør den største utfordringen med ombruk av hulldekker (Reppe, 2021). Videre trekker oppgaven regelverk og lite utviklet marked som hindringer for ombruk av betonghulldekker.

Søylar og bjelker

I rapporten "Gjenbruk i byggebransjen - State of art" fra Rognlien (2002), påpekes det at ombruk av betongelementer er en utfordring da de ikke er designet med tanke på ombruk. Rapporten lister opp en rekke utfordringer, inkludert mangel på erfaring med ombruk av betongelementer i bransjen, ikke-reversible sammenføyninger som gjør det vanskelig å demontere elementene og krever mye manuelt arbeid. Videre nevnes utfordringer med løftepunkter som fjernes under montering, og som gjør at utheising av elementene ved eventuell demontering blir utfordrende. Rognlien (2002) påpeker at demontering av betongelementer krever grundig planlegging og detaljering, samt en nøye vurdering av sikkerhet, helse og arbeidsmiljø.

I rapporten vises det til noen generelle erfaringer med ombruk av betongelementer i Sverige (Rognlien, 2002):

- 1. Parkeringshus i Sverige i 2000:** Et 6000 kvm parkeringshus bestående av søyler, bjelker og SDT-dekkelementer ble demontert for å bli flyttet og oppført på nytt. Søylene lot seg ikke demontere siden de var faststøpt i bakken, og ble derfor knust ned og brukt som fyllmasse. Bjelkene ble også knust og brukt som fyllmasse. Løftepunktene til SDT-elementene var blitt fjernet etter første gangs montering, til nedløfting ble det boret hull i elementene for feste av vaier.
- 2. Møbelfabrikk i Sverige i 1996:** Demontering av 11 000 kvm møbelfabrikk som bestod av betongelementer av søyler og bjelker, tak og sandwichelementer med mineralull. Søyler og bjelker ble demontert fra hverandre ved utboring. Fasadeelementene og søylene var sammenføyd med bolter og muttere, noe som muliggjorde enkel demontering. Takelementenes gamle løftepunkter var blitt fjernet under bygging, det ble derfor laget et spesialløft for å løfte elementene ned. Søylene ble ikke ombrukt siden de var faststøpt i fundamentet og ble nedknust til fyllmasse.
- 3. CTM-fabrikk i Sverige i 1996:** Demontering og remontering av 1600 kvm fabrikkhall bestående av søyler, DT-elementer og fasadeelementer. DT-elementenes løftepunkter hadde blitt fjernet under første gangs montering, det ble dermed laget nye hull for å kunne løfte elementene ned. Prosjektet fikk ombrukt mange av elementene ved remontering. Det var utfordrende å demontere søylene, de ble dermed ikke ombrukt.

I 2021 ble det gjennomført et pilotprosjekt der en bærende ramme bestående av betonghulldekker og betongsøyler ble bygget, demontert og remontert på nytt (Yrjölä & Wanjala, 2022). Prosjektet var utført av den finske leverandøren Peikko, og hovedformålet med prosjektet var å teste demonterbarheten og ombrukbarheten til elementene. Som en løsning implementerte de en bolteplate innfestingsmetode som tillot at betongsøylene kunne demonteres og monteres på nytt (Yrjölä & Wanjala, 2022).

5.2 Resultat fra casestudie - dokumentanalyse

I dette kapitlet vil det bli presentert resultater fra dokumentanalyse av casestudiene.

Kapitlet er delt inn etter casene: Kristian Augusts gate 13, Oslo Storbylegevakt og Fyresdal fabrikkhall.

5.2.1 Case 1 - Kristian Augusts gate 13

Entra har utarbeidet «Erfaringsrapport ombruk, Kristian Augusts gate 13» der prosjekterende, utførende, leverandører og leietaker har delt sine erfaringer og læringspunkter fra ombruksprosjektet. Rapporten diskuterer teknisk gjennomføring, kvalitetssikring, dokumentasjon, kostander og miljøvurderinger av alle bygningsdeler som ble ombrukt i prosjektet.

Rapporten viser at en stor del av kostnadene knyttet til hulldekkene i dette prosjektet bestod av demontering, testing, ekstra prosjektering av RIB, transport og bearbeiding. Videre fremkommer det i rapporten at den totale utslippsbesparelsen ved ombruk av hulldekkene er på 89% sammenlignet med bruken av nye hulldekker (Nordby et al., 2021). Nedenfor gjennomgås erfaringene som ble gjort med ombruk av hulldekkene. Figur 13 viser de ombrukte hulldekkene i KA13.

Demontering av hulldekkene

I rapporten beskrives demontering av hulldekkene som en tidskrevende prosess som krever nøye planlegging. Det var Veidekke som stod for demonteringen og utheising av hulldekkene. Hulldekkene hadde en spennvidde på ca.11 m, høyde på 265 mm i tillegg til en påstøp på 8 cm. Dekkene ble kappet på innsiden av oppleggsbjelkene. For å løsne hvert element ble fugestøpen mellom elementene skjært vekk. Utheising av dekkene beskrives problemfritt, men vanlige klype kunne ikke brukes på grunn av påstøpen og det ble dermed produsert egne løfteåk for utheising. Dekkene ble transportert av Øst-Riv til et lager på Follestad, der de ble kappet til riktig lengde og fugestøpen ble rensset (Nordby et al., 2021).

Dokumentasjon og bearbeiding

Videre kommer det fram i rapporten at opprinnelig dokumentasjon av hulldekkene fra R4 var vanskelig å fremskaffe, og hulldekkene måtte gå gjennom diverse tester før de ble teknisk godkjent for ombruk. Dekketykkelsen, overdekning, tverrsnittet til spennarmeringen og antall spenntau ble målt og registret ved å slisse et dekkeelement. Boreprøver ble analysert av SINTEF for karbonatisering og kloridinnhold. Basert på prøvesvarene kunne det bekreftes at dekkene hadde god nok betongkvalitet, og beregninger utført av RIB viste at hulldekkene hadde god nok kapasitet (Nordby et al., 2021).

Regelverket

Det skrives i rapporten at regelverket knyttet byggevareforskriften var vanskelig å forholde seg til. I regi av FutureBuilt ble det holdt arbeidsmøter for å diskutere behovet for CE-merking, og Entra hyret inn advokatfirmaet Kluge for å tolke regelverket og undersøke risiko ved omsetning av brukte materialer. Det ble konkludert at det kan ikke være krav om CE-merking og ytelseserklæring, siden det ikke fantes en harmonisert standard for ombruk av byggevarer. Ifølge RIBs beregninger var kapasiteten til hulldekkene tilstrekkelig til å dokumentere egenskaper som oppfyller kravene i henhold til TEK (Nordby et al., 2021).



Figur 13: Ombrukte hulldekker i KA13. Foto: Rune Andresen (Nordby et al., 2021)

5.2.2 Case 2 - Oslo Storbylegevakt

Rapporten «Konseptutredning for fremstilling og dokumentasjon av ombrukshulldekker fra Regjeringskvartalet til bruk i Oslo Storbylegevakt» er utarbeidet av Skanska, Veidekke, Kontrollrådet, NTNU, Oslobygg Kf og Statsbygg. Rapporten tar for seg metode for å kunne dokumentere egenskaper til ombrukshulldekker, og sentrale erfaringer som er blitt gjort med ombruk av betonghulldekkene fra R4.

Store kostnader knyttet hulldekkene i dette prosjektet bestod av demontering, bearbeiding, fjerning av påstøp og geometrisk tilpasning iht. detaljprosjektering (Fjeldheim et al., 2020). Nedenfor gjennomgås erfaringene som ble gjort med ombruk av hulldekkene. Figur 14 viser de ombrukte hulldekkene i OSBL.

Demontering av hulldekkene

Veidekke stod for demonteringen av hulldekkene fra R4, og i likhet med KA13 prosjektet beskrives demonteringen som en krevende prosess som tok lengre tid enn konvensjonell riving. Før demonteringsprosessen startet ble påstøpen på de eksisterende dekkende pigget bort. Hulldekkene ble kuttet langs kjøtene og i ende oppleggene, og ble løftet ut med kran. Hulldekkene ble transportert til Moss hvor de ble bearbeidet og mellomlagret hos leverandøren Contiga (Fjeldheim et al., 2020).

Dokumentasjon og bearbeiding

Contiga tilpasset dekkene til riktig lengde, og lagde nye løfteinnretninger som for nye dekker. Det skrives i rapporten at det var krevende å sage i så sterk betong. Hvert element måtte vurderes av konstruktør etter at de ble kappet i ønsket lengde, siden det oppstod avskalling i endene. Ved montering av dekkene i OSBL ble avskalinger dekket over med reparasjonsmørtel. Videre ble det erfart vanskeligheter med skråkapp enn rettekapp. Ved skråkapp fikk noen av elementene skader i endekanalene og måtte kasseres (Fjeldheim et al., 2020).

Regelverk

Siden det ikke fantes en harmonisert standard som dekker ombrukshulldekker, beskriver konseptutredningsrapporten en prosess som ble etablert for å dokumentere egenskapene til hulldekkene i tråd med gjeldende regelverk og så tett opptil NS-EN 1168, som er standard for nyproduserte prefabrikkerte hulldekker (Fjeldheim et al., 2020).



Figur 14: Ombrukshulldekkene i OSBL. Foto hentet fra Skanska AS

5.2.3 Case 3 - Fyresdal fabrikkhall

Funn i dette kapitlet kommer fra demonteringsplan/tiltaksplan av Brobekkveien 50 fra Midtstøl AS og ombrukskartleggingsrapport fra Resirqel.

Byggeier OBOS avtalte med riveentreprenør Midtstøl AS om demontering og dokumentert oppføring av hallen i Fyresdal (Eid & Sunde, 2019).

Byggets konstruksjon bestod av betong-/stålkonstruksjon, med prefabrikkerte betong søyler og ståldragere, takkonstruksjonen av TRP metallplater og kledning av sandwich elementer. Fabrikkhallen vist i figur15 ble demontert ned til betong grunnplate, med unntak av betong midt-vegg. Noen materialer fra bygget ble sortert til avfall (Eid & Sunde, 2019). Figur 15 viser betongsøylene i Brobekkveien 50.



Figur 15: Betongsøylene i Brobekkveien 50. Foto: Resirqel AS

I demonteringsplanen/tiltaksplan for Brobekkveien 50 beskrives det hvordan fabrikkhallen ble demontert og oppført på nytt i Fyresdal. Betongsøylene hadde limt innfestning til

fundamentet, og ved demontering ble det først brukt stag for avstivning. Deretter ble en søyle stropet opp i kran, og en skinnesag ble boltet fast i søylen. Ved bruk av skinnesag som kunne fjernstyres ble søylens armering kuttet av ca. 10 cm i bunnen, og løftet opp av bakken med kran. Betongsøylene ble transportert på semitrailer etter å ha blitt lagt ned i horisontal posisjon. Under transporten ble de sikret med strø hver andre meter for å unngå skade og ytterligere sikret med kjetting.



Figur 16: Betongsøylene i Fyresdal fabrikkhall. Foto: Resirqel AS

Før søylene ble oppført på nytt i Fyresdal, ble det kjerneboret hull under søylene slik at nye dybler (kamjern) kunne støpes fast under søylene. Disse dyblene ble deretter plassert oppi spirorør som var allerede etablert i ringmuren/fundamentene, slik at søylene kunne løftes på plass med de nye dyblene under. Figur 16 viser betongsøylene i Fyresdal fabrikkhall

5.3 Resultat fra casestudie - intervju

I dette kapitlet presenteres resultatene fra intervju og samtaler gjennomført med informantene i denne oppgaven.

Alle Informantene peker på muligheter og utfordringer knyttet til ombruk av betonghulldekker, betongsøyler og betongbjelker. Tungvint demontering prosess, regelverk som er lite tilrettelagt for ombruk, transport og mellomlagring er noen utfordringer som trekkes frem av alle informanter.

Alle informantene ser store miljøfordeler med ombruk av betongelementer, og ønsker at det skal fokuseres mer på dette i byggebransjen. Flere av dem uttrykker et ønske om at byggherrer skal sette mer krav om ombruk og miljø i prosjektene sine for at det skal bli realisert i større skala. Videre gir flere uttrykk for at de ser det som svært positivt at det har skjedd endringer i regelverket som vil gjøre ombruk enklere, og at det nå finnes en ny standard for ombruk av hulldekker.

5.3.1 Intervju gruppe 1

I dette kapitlet presenteres resultatene fra intervju som ble gjennomført med gruppe 1. Gruppe 1 bestod av entreprenører som har vært involvert i KA13 og OSBL.

Informantene forteller om erfaringene sine med ombruk av betonghulldekker fra Regjeringskvartalet. Mye av det som ble avdekket fra dokumentanalysen, kom frem i intervjuene. Tungvint demontering prosess, regelverk, vanskeligheter med transport og mellomlagring er noen utfordringer som trekkes frem.

Påstøp på hulldekker beskrives som utfordrende, der informant E1 forteller at det var både tids- og kostnadskrevenende å pigge vekk påstøpen i OSBL. Mens informant E2 forklarer noen utfordringer som oppstod i KA13:

«Utfordring når det er påstøp på alle sårne hulldekker, du har sånn klemme som du klemmer fast når du heiser dem, og den passer ikke 100 % når det er ca.5 cm påstøp i tillegg. Så det var litt mer utfordring å lage om en sånn klemme i prosjektet.»

Informant E3 forteller om et pågående prosjekt som har mål med å ombruke hulldekker. Prosjektet er i prosjekteringsstadiet og demontering prosessen er ikke kommet i gang enda. Men informanten forteller at hulldekkene i dette prosjektet har ikke påstøp, men isolasjon og membran på topp, noe som vil lett skrelles av. Det foreslås av informanten om å bygge på en slik måte i fremtiden, at det ikke støpes noe fast til toppen av hulldekkene.

Informant og E1 og E2 forteller å montere opp hulldekkene i OSBL og KA13 var som omtrent det å montere et helt nytt hulldekke uten noe store problemer. Informant E1 påpeker noen utfordringer med tilpassing av hulldekkene i KA13, der enkelte åpninger ble støpt på plass siden det ikke alltid var lett å tilpasse mot vegger.

Informantene som ble intervjuet hadde ingen erfaring med ombruk av betongsøyler eller betongbjelker, og hadde ikke noe kjennskap til andre prosjekter som har gjennomført ombruk av dette.

5.3.2 Intervju gruppe 2

I dette kapitlet presenteres resultatene fra intervju som ble gjennomført med gruppe 2. Gruppe 1 bestod av produsenter av betongelementer.

Betonghulldekker

Alle informantene peker ut hulldekker som en konstruksjonsdel med gode muligheter for ombruk der det finnes et stort volum av dem i eksisterende bygninger. Produsentene forteller at hulldekker er den mest standardisert bærende konstruksjonsdel, med en bredde på 1200 mm og lang spennvidde. Det forklares at fordelene med et hulldekke er at det kan kappes uten at egenskapene til elementet endrer seg. Alle informantene trekker frem KA13 og OSBL som gode forbildeprosjekter, men at demontering prosessen har ikke vært økonomisk forsvarlig.

Men informant P2 påpeker at riveentreprenørene har utviklet metoder for å demontere hulldekker, mer effektivt og mer skånsomt basert på erfaringene som er blitt gjort fra KA13 og OSBL:

«Det har skjedd veldig mye de siste 2 årene. Kostnadene som kom fram etter demonteringen i Regjeringskvartalet, jeg tror de kostnadene er allerede kommet betydelig ned.»

Betongsøyler

Informantene som ble intervjuet hadde ingen erfaring med ombruk av betongsøyler og hadde ikke noe kjennskap til andre prosjekter som har gjennomført ombruk av dette. Ifølge informantene er det begrenset muligheter for ombruk av betongsøyler på grunn av måten de er festet med fundamentet og andre konstruksjonsdeler. P3 forteller:

«Problemet vil være koblingsdetaljer, der søylen er koblet på både i bunn mot et gulv eller mot et fundament, og der søyler er koblet på i toppen. Det er der du vil få utfordringer med ombruken av det, hvis det ikke er skikkelig gjennomtenkt under produksjon og prosjektering.»

P2 forteller at det er vanlig å lime betongsøyler til fundamentet eller til underliggende søyler med limt innfestningsmetode. Demontering prosessen av slikt antas å være veldig krevende og kostbar av informanten. P2 forklarer videre at dersom en søyle har bolteplate som innfestningsmetode i bunn så er det muligheter for å demontere elementet, og trekker frem et pilotprosjekt hvor dette nylig har blitt gjennomført. Prosjektet er utført av Peikko i Finland, hvor betongsøyler og betonghulldekker ble demontert og remontert på nytt. Søylene hadde en bolteplate innfestningsmetode.

På spørsmål om det ville vært mulig å kappe søyler slik som for hulldekker forklarer P1 og P2 at det vil endre elementets struktur og bæreevne. P2 utdyper:

«Nei, et hulldekke kan du kappe og forkorte og den mister ikke egenskapene sine. Men med en søyle så har du armering i bunn og topp som er helt essensiell. En søyle har den mengden den har og den kan ikke forkortes, uten at det er noen konstruktive konsekvenser.»

En annen utfordring som tas opp av informantene er at betongsøylene dimensjoner og design kan være en begrensende faktor for ombruk. P1 forklarer at søyler er ikke en standardisert konstruksjonsdel, de produseres etter et byggeprosjekts spesifikke behov med tanke på dimensjoner, laster og design. Dersom eksisterende betongsøyler skal demonteres og ombrukes et annet sted, kan det være vanskelig å finne et prosjekt med tilsvarende lastberegninger og etasjehøyder.

Betongbjelker

Informantene som ble intervjuet hadde ingen erfaring med ombruk av betongbjelker og hadde ikke noe kjennskap til andre prosjekter som har gjennomført ombruk av dette.

Det kommer frem i intervjuene at det er begrenset muligheter for ombruk av betongbjelker, på samme måte som for søyler. Det påpekes at det kan være krevende å demontere bjelker på en enkel måte på grunn av innfestningsmetoden til andre konstruksjoner. P1 forklarer hvorfor bjelker og søyler ikke ble vurdert for ombruk i forbindelse med riving av Regjeringskvartalet:

«Vi har jo vært med på det prosjektet som var i forhold til Regjeringskvartalet. Der leverte jo vi ombrukte hulldekker. Bjelker og Søyler har vi ikke ombrukt opp igjen, det er jo litt at det ikke kan kappes, også du må ha rett lengde og det er mye mer parameter der enn hulldekket. Litt enkelt sagt, men du har noe helt annet info i søyle og bjelke.»

Informant P2 gir et eksempel med kompliserte knutepunkter mellom hulldekker og bjelker som vanskeliggjør ombruk av bjelker:

«I en sånn L-bjelke eller dobbel DLB-bjelke, er det sånn hylle som hulldekker ligger oppå. Der er det et knutepunkt i enden av hulldekker som er støpt fast i bjelkene, men der som kappene må være i hulldekket før du kommer bort til bjelken, det vil du si at du ikke klarer å ombruke bjelken fordi da er det en liten bit av hulldekket som fortsatt sitter fast i bjelken. Men du klarer å ombruke hulldekket.»

Videre fremhever informant P2 DT-elementer som potensielt enkel element å demontere, og dermed ha muligheten til å ombrukes. Det forklares av informanten at DT-elementer er vanligvis ikke knyttet til andre elementer på noe måte som gjør dem vanskelig å demontere.

P2 forklarer:

«DT-elementer er enklere å demontere fordi de er ikke støpt fast med andre konstruksjonsdeler, de er bare sveist fast så de er veldig enkle å ta ifra hverandre uten å ødelegge elementet. Disse elementene er mye brukt i lager bygg, og de er mye brukt i tak og i en god del større bygninger. Så det finnes ganske stort volum av dem.»

Det understrekes av informanten at DT-elementer er en type bjelker med skjærarmering i opplegg soner, og må ikke kappes noe sted.

Fremtidsutsikter

Elementprodusentene forteller at de jobber med å finne løsninger på hvordan de kan tilrettelegge betongelementer for ombruk i fremtiden, mer spesifikt på hulldekker.

Informant P2 forteller at Spenncon jobber med å utvikle spesifikke knutepunkter for hulldekker som kan redusere kostnadene for demontering i framtiden, i samarbeid med Skanska og andre aktører i innovasjonsprosjektet SirkBygg.

P1 opplyser også om at de produserer demonterbare konstruksjonsløsninger. P1 forteller:

«Vi ser på løsninger for å lage demonterbare elementer. Særlig på stål, hulldekker på stål som det er det vi leverer mest. At vi klarer å få opp en løsning hvor du kan demontere det uten noe veldig store ekstra kostnader. Noe er det selvfølgelig, men at hulldekker løsner fra bjelken på en grei måte.»

En utfordring som påpekes av informantene er dårlig dokumentasjon og materialdata av eldre betongelementer. Informant P2 trekker frem et eksempel der ved trykktesting av et hulldekke for ombruk ble det avdekket en lavere trykkapasitet enn det som var forventet, hulldekket hadde ikke den forventede betongkvalitet slik som det var angitt i tegninger og materialdata. Videre forteller informant P2 at i dag leveres det mye bedre dokumentasjon, noe som vil gjøre ombruk lettere i fremtiden:

«I dag leverer vi en mye bedre FDV dokumentasjon, og dokumentasjonen vi leverer i dag er betydelig bedre. Så hvis du skal demontere et bygg om 15 år som er blitt bygget i dag, så vil jeg anta at det dokumentasjonsbehovet vil være mindre. Dokumentasjon kostnaden ville vært mindre.»

På spørsmål om det hadde vært mulig å tagge betongelementene med QR-kode eller lignende for dokumentasjon forteller P1 at det er mulig, men kostnadsdrivende:

«Alt ligger jo i en modell da, det er jo plantegning og sånt i FDV, også ligger Tekla-modell og IFC- modell i FDV nå. Vi har faktisk hatt et prosjekt hvor man støpte inn sånn nærmest QR-kode, sånn digital brikke som er skjult kan du si, men som du kan lese allikevel. Så det funker jo for så vidt, men det koster veldig mye penger. Men egentlig så har man all informasjon i modellen og FDV.»

5.3.3 Samtaler gruppe 3

I dette kapitlet presenteres telefonsamtaler utført med gruppe 3. Gruppe 3 bestod av riveentreprenør og rådgivende ingeniør som har vært med i Fyresdal fabrikkhall. Det var ønskelig å få utført intervju med informant I1 og I2, men på grunn av begrenset tid kunne ikke dette gjennomføres.

I samtale med informant I1 kom det frem at opprinnelige tegninger var fremskaffet av Brobekkveien 50, noe som var svært viktig i prosjekteringsarbeidet for demontering. Dette var avgjørende for å bestemme rekkefølgen på demontering og hva som var best å ta til slutt. Det ble gjort en grundig gjennomgang av tegningene med hensyn til bæring og fundamentering av betongsøylene før demontering.

Ifølge informant I2 som var rådgivende ingeniør i prosjektet, var betongsøylene i god tilstand og det ble det gjort en rekke beregninger som viste at søylene oppfylte dagens krav i TEK17. Betongsøylene ble ikke bearbeidet.

6 Diskusjon

I dette kapitlet vil teori og resultatene fra litteraturstudie og casestudie i form av dokumentanalyse og intervjuene diskuteres. Kapitlet er bygget opp etter rekkefølgen på forskningsspørsmålene.

6.1 Hvilke erfaringer er det med ombruk av betonghulldekker?

Leland (2008) og Kilvær et al. (2019) skriver i deres rapporter at ombruk av hulldekker er mulig, men at demontering av et slikt element kan være en krevende prosess. Dette er noe som ble erfart i KA13- og OSBL-prosjektene. Fra dokumentanalysen og intervjuene kom det frem at demonterings prosessen av hulldekkene fra Regjeringskvartalet var svært tungvint og kostnadskrevende. Likevel er skånsom demontering nødvendig for forsvarlig ombruk, slik at hulldekkene kan heises ut i sin helhet.

Påstøpen i betongen skapte en del utfordringer for begge prosjektene. I KA13 ble det vurdert at å fjerne påstøpen ville være krevende ettersom den satt godt fast til underlaget, og dermed ble det valgt å ikke fjerne det (Nordby et al., 2021). Dette resulterte i reduserte etasjehøyder enn opprinnelig plan, ekstra dødvekt som fundamentet ikke hadde kapasitet til å tåle og hulldekkende ble dermed kun anvendt i tre etasjer (Nordby et al., 2021). I OSBL derimot ble påstøpen pigget bort, dette gjorde at det var lettere å identifisere fuger noe som førte til mer nøyaktig saging av hulldekkene (Fjeldheim et al., 2020). Men denne prosessen tok betydelig mer tid enn forventet og førte til økte kostnader.

Dersom en byggevare skal omsettes i et marked for ekstern ombruk, må det være en tilfredsstillende dokumentasjon i henhold til DOK (Kilvær et al., 2019; Sørnes et al., 2014). Regelverket opplevdes som vanskelig å forholde seg til i både KA13- og OSBL-prosjektene ettersom det var ekstern ombruk, der hulldekkene skiftet eier fra Statsbygg til Entra og Oslobygg KF. I KA13 ble egenskapene til hulldekkene dokumentert i henhold til TEK. Tolkning av regelverket i dette prosjektet var at det ikke kan være krav om CE-merking og ytelseserklæring, siden det ikke fantes en harmonisert standard for ombruk av byggevarer. Utførte beregninger viste tilstrekkelig kapasitet for dekkene til å dokumentere egenskaper

som oppfyller kravene i henhold til TEK. I motsetning til KA13, ble det i OSBL benyttet en annen tilnærming til regelverket. Det ble utarbeidet en metode for å dokumentere hulldekkene i samsvar med gjeldende regelverk, som også var så tett opp standarden for nyproduserte hulldekker NS-EN 1168. Det kan bemerkes at denne prosessen resulterte i utviklingen av den nye standarden for ombruk av hulldekker (Standard Norge, 2022).

Fra dokumentanalysen og intervjuene fremkommer det at det var store kostander i både KA13 og OSBL med ombruk av hulldekkene. I KA13 bestod noen av kostnadspostene av testing og ekstra prosjektering av RIB i tillegg til demontering, transport og bearbeiding av hulldekkene. Dette var første gang hulldekker ble ombrukt i Norge, og naturligvis var det behov for ekstra arbeid og planlegging for å sikre at de demonterte hulldekkene kunne forsvarlig ombrukes. I OSBL var de store kostnadene knyttet til fjerning av påstøp og geometrisk tilpasning iht. detaljprosjektering.

6.2 Hvilke erfaringer er det med ombruk av betongsøyler og betongbjelker?

Betongsøyler

Metoder for innspenning av betongsøyler til fundament kan omfatte liming, bruk av fotplate eller hylsefundament (Aleksander & Vinje, 2010), se figur 6 i kapittel 2.4.3. I rapporten til Rognlien (2002) viste erfaringer fra Sverige at dersom en søyle har limt innfestning er det utfordrende å demontere det for ombruk, søylene som ble forsøkt ombrukt ble dermed knust og brukt som fyllmasse.

Informantene i gruppe 1 og gruppe 2 hadde ingen erfaring med ombruk av betongsøyler, men forteller at demontering av søyler kan være krevende og vanskelig. Det forklares at det er vanskelig å demontere søyler på grunn av måten de er festet sammen til fundamentet. På spørsmål om det ville vært mulig å kappe søyler slik som for hulldekker, forteller P1 og P2 at en søyle har viktig armering i bunn og topp, og dersom den kappes vil egenskapene til elementet endre seg.

I casestudiet Fyresdal fabrikkhall derimot ble det realisert ombruk av søyler som hadde limt innfestningsmetode til fundamentet. Søylene ble kuttet ca. 10 cm fra bunnen for å kunne

løsrive dem fra fundamentet, men ifølge informant I1 og I2 ble viktig armering ikke fjernet. Demonteringsplanen fra riveentreprenør viste at det ble gjort en omfattende demonteringsprosess som krevde presisjon og forsiktighet for å sikre at søylene ble demontert riktig og trygt. Ifølge I1 og I2 var det til stor fordel at opprinnelig dokumentasjon av søylene var tilgjengelig, og det ble gjort en rekke beregninger som viste seg å være tilfredsstillende.

Som informant P1 og P2 påpeker, kan kapping av betongsøyler endre elementets struktur og bæreevne. Selv om betongsøylene i Fyresdal fabrikkhall ble vurdert forsvarlig nok til å ombrukes, indikerer det at ombruk av betongsøyler kan være en kompleks prosess som krever grundig forberedelse og nøyaktighet for å kunne realiseres.

Betongbjelker

Betongbjelker kan produseres med ulike tverrsnitts former og innfestingsmetodene for disse bjelkene vil variere avhengig av byggets spesifikke design (Aleksander & Vinje, 2010).

Erfaringene fra Sverige viser at det er krevende å demontere betongbjelker på en forsvarlig måte uten å ødelegge elementene (Rognlien, 2002). Informantene i denne oppgaven hadde ingen erfaring med ombruk av betongbjelker, men forteller at demontering av betongbjelker for ombruk kan være krevende og vanskelig på grunn av kompliserte knutepunkter.

P2 fremhever DT-elementer som et potensielt ombruksbart element på grunn av deres sveisede sammenføyninger, som gir muligheter for å skjære over sveiseskjøtene for å demontere elementene. Det påpekes imidlertid av informanten at DT-elementer er bjelker med skjærarmering ved oppleggsonene, og de må ikke kappes noe sted.

Det kan likevel være utfordringer knyttet til demontering av DT-elementer, slik som erfaringene fra demonteringen av en CTM-fabrikk i Sverige viser. I dette tilfellet ble det vanskelig å heise ned DT-elementene siden løftepunktene hadde blitt fjernet under første gangs montering (Rognlien, 2002). Dermed kan det være flere faktorer som må tas i betraktning når man vurderer ombruksmuligheter for DT-elementer.

6.3 Hvordan kan erfaringene bidra for økt ombruk av betongelementer i fremtiden?

Tilrettelegging for ombruk av betongelementer kan bidra til å redusere behovet for produksjon av nye elementer, og dermed redusere klimautslippene og avfallsmengden i byggebransjen (Sandberg & Kvellheim, 2021). Dette vises i KA13-prosjektet, der ombruk av hulldekker viste en utslippsbesparelse på 89 % sammenlignet med kjøp av nye hulldekker (Nordby et al., 2021).

For å muliggjøre lettere ombruk av betongelementer i fremtiden, er det nødvendig å utvikle reversible innfestningsmetoder som for eksempel skruer og bolter (Fjeldheim et al., 2020; Leland, 2008). Det viser seg at sammenføyningene mellom betongelementer utgjør en stor utfordring for ombruk, da det kreves store ressurser for demontering, noe som ble erfart med ombruk av hulldekker både i KA13 og OSBL-prosjektene. I et pågående prosjekt til informant E3 har hulldekkene som skal ombrukes ikke påstøp, men isolasjon og membran på topp, noe som ifølge informanten vil være lett å skrelle av. Å bygge på en måte der det ikke støpes fast på toppen av hulldekker vil dermed være en viktig faktor. Påstøp på hulldekker må unngås hvis ombruk av betonghulldekker skal realiseres i større grad i fremtiden.

Informantene forteller at det er begrenset muligheter med ombruk av betongsøyler og betongbjelker på grunn av kompliserte knutepunkter. Betongelementer støpes ofte sammen ved hjelp av korrugerte rør med kontinuitetsarmering innebygget. Men med en slik utforming er det ikke mulig å skille elementene uten å ødelegge dem. Dersom man derimot legger inn koblingsdetaljer der elementene er boltet sammen, er det muligheter for å demontere elementene for ombruk. En mulig løsning for å håndtere utfordringene knyttet til ombruk av betongsøyler i fremtiden kan være å bruke bolteplate innfestningsmetode, slik som pilotprosjekt til Peikko i Finland (Yrjölä & Wanjala, 2022).

For å fremme ombruk av betongelementer i større grad i fremtiden er det nødvendig å ta vare på konstruksjonstegninger og ha god dokumentasjon tilgjengelig (Leland, 2008; Rognlien, 2002; Sørnes et al., 2014). Mangelfull eller dårlig dokumentasjon fører til at ombruk av betongelementer blir utfordrende, noe som flere av informantene i intervjuene

påpekte. Casestudiene av KA13 og Fyresdal fabrikkhall gir interessante eksempler på hvordan dokumentasjon kan påvirke muligheten for ombruk. I KA13 var det vanskelig å fremskaffe opprinnelig dokumentasjon av hulldekkene, noe som førte til ekstra kostnader og utfordringer. I Fyresdal fabrikkhall derimot var opprinnelig dokumentasjon av betongsøylene tilgjengelig, og dette var en viktig faktor for å kunne realisere ombruk av betongsøylene på en forsvarlig måte.

Ifølge elementprodusentene er det bedre materialdata og FDV-dokumentasjon i dagens produksjon, og dokumentasjonsproblemet er noe redusert for fremtidig ombruk av bygninger som bygges i dag. Det er også interessant å merke seg informasjonen om muligheten for å tagge elementene med QR-koder eller lignende for dokumentasjon. Selv om dette kan være forbundet med betydelige kostnader ifølge P1, kan det likevel være en verdifull investering på lang sikt, ettersom det gjør dokumentasjonen mer tilgjengelig.

Flere av informantene tok opp problematikken med regelverket i prosjektene sine. Kravene til dokumentasjon ved omsetting av byggevarer har vært en utfordring for ombruk, da disse kravene har hovedsakelig vært tilpasset nye byggevarer og ikke tatt hensyn til ombruksmaterialer. I løpet av de siste to årene har det vært endringer i regelverket til fordel for ombruk av byggematerialer. Produktdokumentasjon før en byggevare kan markedsføres, selges eller brukes er blitt endret (Direktoratet for byggkvalitet, 2022c). Regjeringen har nå godkjent endringer i DOK som vil gjøre det enklere å omsette brukte materialer. Regelverk som i økende grad fremmer ombruk av byggematerialer, vil bidra til få økt ombruk av betongelementer.

I rapporten til Sandberg og Kvellheim (2021) ble økonomi pekt ut som den største utfordring når det gjelder ombruk av byggematerialer. Før KA13- og OSBL-prosjektene hadde ombruk av betonghulldekker aldri blitt gjort i Norge, og det var dermed en helt ny prosess som krevde betydelige kostnader. Informantene beskrev demontering av hulldekkene fra Regjeringskvartalet som både tid- og kostnadskrevende. Imidlertid forteller elementprodusentene at de utvikler demonterbare knutepunkter som kan få ned kostnadene ved eventuell demontering av betongelementer for ombruk. I tillegg kan FoU-prosjekter som SirkBygg, som utforsker demontering og ombruk av byggematerialer som betong, tre og stål, bidra til økt ombruk av betongelementer i fremtiden.

Ifølge informant P2 har riveentreprenørene utviklet metoder for å kunne demontere mer effektivt og mer skånsomt basert på erfaringene som er blitt gjort fra Regjeringskvartalet, det kan dermed antas at demonterings kostnaden er noe redusert i dag.

I masteroppgaven til Reppe (2021) ble det trukket frem et lite utviklet marked som hindringer for ombruk av betonghulldekker. Basert på intervjuene som ble gjennomført i denne oppgaven, ser det ut til at det er manglende erfaring med ombruk av betongelementer i byggebransjen. Informantene i denne oppgaven uttrykte et ønske om at byggherrer skal sette mer krav om ombruk og miljø i prosjektene sine for at ombruk av betongelementer kan realiseres i større grad. Økonomisk støtte fra Enova eller BREEAM-sertifiseringer som gir poeng for ombruk av materialer, kan bidra til å øke byggherrers motivasjon for ombruk av betongelementer i prosjektene sine, og dermed gi bransjen mer erfaring.

6.4 Mulige feilkilder og evaluering av egen metode

Det var ønskelig å utføre intervju med en arkitekt, en rådgivende ingeniør og en entreprenør fra alle tre casene for å få et helhetlig bilde av casene. På grunn av tidsbegrensninger og utfordringer med å komme i kontakt med de rette personene var dette imidlertid ikke mulig. Resultatene fra intervjuene kan dermed oppleves som ensidige og mindre nyanserte innspill. Ved å ha et større utvalg av informanter kunne oppgavens problemstilling blitt belyst bedre.

Ved intervju kan kommunikasjonsprosessen mellom intervjueren og informanten være mulig feilkilde (Dalland, 2017). Det er en mulighet for at informantene i denne oppgaven ikke har forstått spørsmålene riktig, og dårlig formulerte spørsmål kan ha påvirket informantenes svar. I tillegg kan det ha vært en mulighet for at svarene ikke ble tolket og analysert korrekt av forfatteren bak denne oppgaven.

Tolkninger av innholdet i dokumentanalyse og litteraturstudiet er basert på forfatterens egen forståelse av materialet, og kan ha vært påvirket av personlige oppfatninger og holdninger. Det er også mulig at viktig informasjon kan ha blitt oversett, eller viktig informasjon kan ha blitt misforstått.

7 Konklusjon

Målet med denne oppgaven var å undersøke mulighetene for ombruk av prefabrikkerte betongelementer.

Det ble avdekket at det er gode muligheter med ombruk av hulldekker på grunn av elementets oppbygning, volum og standard modulmål. Selv om eksisterende bygningsmasser er ikke prosjektert med tanke på ombruk, har prosjekter som KA13 og OSBL realisert ombruk av hulldekker i Norge. Erfaringer fra disse prosjektene viser at demontering av hulldekker kan være en krevende prosess, men det er ikke umulig. I tillegg har det nylig kommet en standard NS3682 for ombruk av hulldekker som gir krav og retningslinjer for planlegging, demontering, bearbeiding, prøving, vurdering og dokumentasjon av brukte hulldekker for ombruk.

Demontering av betongsøyler kan være utfordrende på grunn av måten de er festet sammen til fundamentet, og har dermed begrensede muligheter for ombruk. Men ombruk av betongsøyler er blitt realisert i Fyresdal fabrikkhall, der det krevde omfattende planlegging og presisjon for å sikre at søylene ikke ble skadet og at de opprettholdt sine egenskaper. Å ha tilgang til opprinnelig dokumentasjon er avgjørende for å realisere ombruk av betongsøyler.

Det er begrenset muligheter med ombruk av betongbjelker, og det ble ikke funnet noen prosjekter som har realisert ombruk av betongbjelker i Norge. Demontering av betongbjelker for ombruk er utfordrende, da innfestingsmetoden til andre konstruksjonsdeler kan være komplisert. Imidlertid kan DT-elementer, med sine sveiste sammenføyninger, ha gode muligheter for ombruk.

7.1 Veien videre

Denne oppgaven berører et nytt og interessant tema med aspekter som kan utforskes videre. På grunn av avgrensningene i oppgaven, kan det være flere ubesvarte spørsmål som kan være verdt å undersøke videre.

En mulig vei videre kan være å utføre en miljø- og kostnadsanalyse av Fyresdal fabrikkhall. Det kan være nyttig å undersøke de miljømessige fordelene ved ombruk av de prefabrikkerte betongsøylene og sammenligne det med produksjon av nye elementer. Det kan også være interessant å se nærmere på alternative løsninger for ombruk av betongsøyer.

Til tross for begrensningene med ombruk av betongbjelker, kan det også være verdt å undersøke andre prefabrikkerte betongelementer, for eksempel veggpaneler, for å se om det er muligheter for ombruk.

8 Referanseliste

- Aleksander, S. & Vinje, L. (2010). *Betongelementboken Bind A: Bygging med betongelementer* Oslo: Betongelementforeningen.
- Betong Norge. (u.å). *Fakta om betong*. Tilgjengelig fra: <https://www.betong.no/fakta-om-betong/> (lest 20.02.2023).
- Byggemiljø. (u.å). *Mur og betong*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggemiljo.no/farlig-avfall-mur-og-betong/> (lest 25.04.2023).
- Byggtjeneste. (u.å). *Om FDV-dokumentasjon*. Tilgjengelig fra: <https://byggtjeneste.no/om-fdv-dokumentasjon/> (lest 05.05.2023).
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. 6.utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Deloitte. (2022). *Sirkulær økonomi i bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen. Kartlegging av status*. Tilgjengelig fra: <https://anskaffelser.no/sites/default/files/2023-01/Sirkular-okonomi-i-BAE-naringen.pdf> (lest 03.04.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2018). *Ombbruk av byggevarer – hvilke krav må oppfylles?* Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombbruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/> (lest 02.04.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2021). *Kristian Augusts gate 13*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/statens-pris-for-byggkvalitet/nominerte-2021/kristian-augusts-gate-13> (lest 02.02.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022a). *Kapittel 9 ytre miljø*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-5> (lest 03.02.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022b). *Kartlegging av farlig avfall*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-7> (lest 24.02.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022c). *Regelendringer fra 1. juli*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/regelendringer-fra-1.-juli/> (lest 05.02.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (u.å). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/dok/byggevareforordningen/byggevareforordningen> (lest 08.03.2023).

- Eid, M. & Sunde, O. W. (2019). *Brobekkveien 50 – Fabrikshall – Avfallsreduksjon ved demontering for ombruk*. Oslo: Resirgel.
- Enova. (u.å). *Prosjektering for ombruk*. Tilgjengelig fra: <https://www.enova.no/bedrift/bygg-og-eiendom/prosjektering-for-ombruk/> (lest 25.04.2023).
- Entra. (u.å). *Kristian Augusts gate 13. Norges første fullskala ombruksbygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.entra.no/properties/kristian-augusts-gate-13/195> (lest 16.02.2023).
- Fjeldheim, H., Smeplass, S., Rist, T., Kjøge, H., Kermit, P. H., Udahl, G., Steinholt, O., Eliassen, T., Karlsen, J., Kanstad, T., et al. (2020). *Konseptutredning for fremstilling og dokumentasjon av ombrukshulldekker fra Regjeringskvartalet til bruk i Oslo Storbylegevakt*.
- FutureBuilt. (2019). *Sirkulære bygg. Definert. Og snart realitet?* Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Nyheter#!/Nyheter/Sirkulaere-bygg.-Definert.-Og-snart-realitet> (lest 01.01.2023).
- Grønn Byggallianse. (2021). *Ombrukskartlegging- slik gjør du det*. Tilgjengelig fra: https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2021/08/Veilder_ombrukskarlegging_med_vedlegg-1.pdf (lest 04.02.2023).
- Grønn Byggallianse. (u.å). *Nysgjerrig på BREEAM-NOR?* Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/sertifisering/om-breeam/nysgjerrig-pa-breeam-nor/> (lest 01.03.2023).
- Grønvold, U. (2021). *Regjeringskvartalet: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Regjeringskvartalet> (lest 01.02.2023).
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskaplig metode*. 5.utg. Oslo: Abstrakt forlag.
- Kilvær, L., Sunde, O., Eid, M., Rydningen, O. & Fjeldheim, H. (2019). *Forsvarlig ombruk av byggevarer: DiBK*.
- Kontrollrådet. (2021). *Er betong miljøvennlig?* Tilgjengelig fra: <https://kontrollbetong.no/aktuelt/artikler/er-betong-miljovennlig/> (lest 04.04.2023).
- Larsen, H. N., Sandberg, H. M. & Heggelund, E. (2022). *Klimabidrag bygg & anlegg: En gjennomgang av alle klimagassutslipp som kan ansvarliggjøres norsk bygg og anleggsektor: Asplan Viak*. Tilgjengelig fra:

- <https://www.eba.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-publikasjoner/rapport-bygg-og-anlegg-endig.pdf> (lest 28.04.2023).
- Leland, B. N. (2008). *Prosjektering for ombruk og gjenvinning*. 1.utg. Oslo: Rådgivende Ingeniørers Forening. Tilgjengelig fra: https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/26_Prosjektering-for-Ombruk-og-Gjenvinning.pdf (lest 02.02.2023).
- LOOP – Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning. (2022). *Avfallshierarki*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki> (lest 02.03.2023).
- Miljødirektoratet. (2022a). *Hva er sirkulær økonomi?* Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/> (lest 12.02.2023).
- Miljødirektoratet. (2022b). *Polyklorerte bifenyler (PCB)*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/polyklorerte-bifenyler-pcb/> (lest 2023).
- Nordby, A. S. & Wærner, E. (2017). *Hvordan planlegge for mindre avfall*. Oslo: Norwegian green building council. Tilgjengelig fra: https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC_veileder_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf (lest 06.04.2023).
- Nordby, A. S. (2020). *FutureBuiltts kriterier for sirkulære bygg*. V 2.0. Oslo: FutureBuilt.
- Nordby, A. S., Lunke, R. & Andersen, R. (2021). *Erfaringsrapport ombruk: Kristian Augusts gate 13*. Rev.1: Entra. Tilgjengelig fra: https://entra.no/storage/uploads/article-documents/1_ka13-erfaringsrapport-ombruk-20012021.pdf (lest 13.01.2023).
- Optimera. (u.å). *Sirkulær økonomi - hva betyr det for deg og byggeplassen din?* Tilgjengelig fra: <https://www.kristiania.no/aktuelt/2020/02/fremtiden-ma-vare-barekraftig--derfor-lanserer-vi-dette-studiet/> (lest 01.04.2023).
- Orgeret, K. S. (2021). *Kildekritikk: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kildekritikk> (lest 04.04.2023).
- Oslo kommune. (u.å-a). *Nytt legevaktsbygg i Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/slik-bygger-vi-oslo/ny-storbylegevakt/#gref> (lest 01.02.2023).
- Oslo kommune. (u.å-b). *Oslobygg KF*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/etater-foretak-og-ombud/oslobygg-kf/#gref> (lest 01.05.2023).

- Regjeringen. (2020). *Nytt regjeringskvartal*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/regjeringskvartalet/nytt-RKV/id712726/> (lest 01.02.2023).
- Regjeringen. (2021). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (lest 20.04.2023).
- Reiersen, J.-E., Aleksander, S., Elvestuen, Å., Fosse, H., Injar, J., Lysberg, M., Ruud, B., Vestbekken, R. & Øverlid, S. (2020). *Betongelementboken Bind G: Transport og montasje*. Oslo Betongelementforeningen.
- Reppe, I. S. (2021). *Ombruk av betongelementer: Analyse av marked, barrierer, muligheter og potensiale for klimagasreduksjon ved ombruk av hulldekker fra Regjeringskvartalet*. Masteroppgave. Fornybar energi. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2787600/Reppe_masteroppgave.pdf?sequence=1&isAllowed=y (lest 05.03.2023).
- Rognlien, S. (2002). *Rapport 1: Gjenbruk i byggebransjen - State of Art*. Oslo: Statsbygg.
- Ruther, P. & Rise, T. (u.å). *Sirkulærøkonomi i bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/fagomrader/byggematerialer/sirkularokonomi-i-byggenaringen/> (lest 27.02.2023).
- Sandberg, E. & Kvellheim, A. K. (2021). *Ombruk av byggematerialer – marked, drivere og barrierer*. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Skanska. (2022). *SirkBygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.skanska.no/hvem-vi-er/barekraft/miljo-og-gronne-losninger/innovasjon-og-fou/sirkbygg/> (lest 20.04.2023).
- Standard Norge. (2022). *NS3682: Hulldekker av betong til ombruk*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1407012> (lest 02.04.2023).
- Statistisk sentralbyrå. (2022). *Avfall fra byggeaktivitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet> (lest 03.03.2022).

Statsbygg. (u.å). *Riving av Regjeringsbygg 4 (R4)* Tilgjengelig fra:

<https://dok.statsbygg.no/wp-content/uploads/2020/05/rivingR4.pdf> (lest 01.02.2023).

Sørnes, K., Nordby, A. S., Fjeldheim, H., Hashem, S. M. B., Mysen, M. & Schlanbusch, R. D.

(2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. Oslo: SINTEF akademisk forlag.

Thue, J. V. (2019). *Betong*: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/betong> (lest

03.02.2023).

Tjora, A. (2016). *Kvalitativ metode forskningsmetoder i praksis*. 3.utg. Oslo: Gyldendal

akademisk.

Wærner, E. (2020). *Ombruk av byggevarer-hva er kravene?* Tilgjengelig fra:

https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/06/Ombruk_krav.pdf (lest 08.04.2023).

Yrjölä, J. & Wanjala, P. (2022). *Dismount and reuse of precast concrete frame*. Finland.

9 Vedlegg

Vedlegg A: Samtykkeerklæring for intervju

Vil du delta i forskningsprosjektet ” [Ombruk av prefabrikkert betongelementer]”?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt/masteroppgave hvor formålet er å undersøke og belyse muligheter ved ombruk av prefabrikkerte betongelementer. I dette skrevet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Denne masteroppgaven handler om hvilke utfordringer og muligheter det er med ombruk av prefabrikkerte betonghulldekker, søyler og bjelker, og hvordan disse elementene kan tilrettelegges for ombruk i framtiden.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) er ansvarlig for prosjektet.

Dette forskningsprosjektet gjennomføres som en del av masteroppgave, og utgjør 30 studiepoeng, og markerer avslutningen på masterstudiet Byggeteknikk og arkitektur (Sivilingeniør) ved NMBU. Oppgaven skrives våren 2023 av student Zazamit Micael.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du har erfaring/kunnskap som er relevant for forskningsprosjektet, og som kan være nyttig å lære av.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du deltar på et intervju digitalt på den plattformen som passer deg best enten gjennom Teams eller Zoom. Intervjuet vil vare i ca. 60 min Det vil bli tatt lydopptak og notater av intervjuet.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Opplysningene vil anonymiseres og er kun tilgjengelig for student og veileder. Lyddopptak som tas skal oppbevares trygt, og transkriberes etter intervju. Navnet og kontaktopplysningene dine vil erstattes med en kode som lagres på en navneliste adskilt fra øvrige data.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes ca. 31. juni 2023, og når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent vil lydopptaket slettes.

Personopplysningene dine vil erstattes med en kode under transkriberingen, og ved prosjektslutt vil koden slettes slik at ingen vil få tak i dine personlige opplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Norges miljø- og biovitenskaplige universitet har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- *Norges miljø- og biovitenskaplige universitet ved Zazamit Micael.*
Epost: zazamit.elias.micael@nmbu.no, tlf: 95271944
- *Norges miljø- og biovitenskaplige universitet ved Gabrielle Bergh*
Epost: gabrielle.bergh@nmbu.no, tlf: 95156949
- *Vårt personvernombud: Hanne Pernille Gulbrandsen*
E-post: personvernombud@nmbu.no, tlf: 402 81 558

Hvis du har spørsmål knyttet til Personverntjenester sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- Personverntjenester på epost (personverntjenester@sikt.no) eller på telefon: 73 98 40 40.

Med vennlig hilsen



Gabrielle Bergh
(Hovedveileder)



Zazamit Micael
(student)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *ombruk av betongelementer* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju
- å ta lydopptak av intervjuet

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg B: Intervjuguide gruppe 1 - Kristian Augusts 13 og Oslo Storbylegevakt

Del 1: Introduksjon

1. Hva er din bakgrunn og din nåværende stilling?
2. Hva var din rolle i prosjektet?

Del 2: Hoveddel

3. Hva legger du i ordet ombruk av materialer?
4. Hva er din erfaring med ombruk av betonghulldekker i prosjektet?
5. Hvilke utfordringer var det med å ombruke hulldekkene?
 - a. Hvordan var demonterings prosessen av hulldekkene i prosjektet?
 - b. Hvordan var monterings prosessen av hulldekkene i prosjektet?
 - c. Hvor mye bearbeiding har det vært med hulldekkene?
 - d. Hvordan ble hulldekkene godkjent for ombruk?
6. Hvilke muligheter var det med å ombruke hulldekkene i prosjektet?
7. Hvordan tror du hulldekkene kan tilrettelegges for ombruk i fremtiden?
8. Hvordan ble informasjonen om egenskapene til hulldekkene funnet?
 - a. Var det vanskelig å finne fram til denne informasjon?
 - b. Tror du denne informasjonen kunne blitt funnet på en enklere måte?
 - c. Hvordan tror du informasjonen om hulldekkene kan dokumenteres på en enklere måte i fremtiden?

Tilleggsspørsmål utenom prosjektene

9. Har du vært bort i ombruk av betongsøyler eller betongbjelker i andre prosjekter?
 - a. Hvis ja, hvilke utfordringer og muligheter var det med å ombruke dem? Kan du utdype?
10. Hvilke muligheter ser du for ombruk av prefab hulldekker, søyler og bjelker i fremtiden?

Del 3: Avslutning

11. Er det noe du vil tilføye? Har du andre kommentarer?
12. Er det noen i bransjen som du mener kan bidra med relevant kunnskap/erfaring, som kan være nyttig for meg å kontakte ifbm. masteroppgaven min?
13. Dersom det er behov for avklaringer, er det greit om jeg tar kontakt igjen?

TUSEN TAKK FOR DIN TID.

Vedlegg C: Intervjuguide gruppe 2 - Elementprodusenter

Del 1: Introduksjon

1. Hva er din bakgrunn og din nåværende stilling??
2. Hva legger du i ordet ombruk av materialer?
3. Hva er din erfaring med ombruk av prefabrikkerte hulldekker, søyler og bjelker?

Del 2: Hoveddel

4. Hvordan produserer dere betonghulldekker, søyler og bjelker der du jobber?
5. Hvilke utfordringer kan det komme dersom eksisterende elementer (hulldekke, søyle og bjelke) skal demonteres for ombruk?
6. Hvilke utfordringer kan det komme dersom eksisterende elementer (hulldekke, søyle og bjelke) som er blitt demontert, skal monteres på nytt for ombruk?
7. Hvilke muligheter ser du for ombruk av hulldekker, søyler og bjelker i fremtiden?
8. Nå som ombruk blir mer aktuelt i byggebransjen, har dere planer/løsninger om å produsere disse elementene med tanke på ombruk?
 - a. Hvis ja, hvordan ser disse løsningene/planene ut? Hvordan kan hulldekker, søyler og bjelker produseres med tanke på ombruk?
 - b. Hvis nei, hvordan tenker dere at deres produkter skal inngå i sirkulær verdikjede?
9. Hvordan dokumenteres informasjonen/egenskapene om disse elementene i dag?
10. Hvordan tror du informasjonen/egenskapene om elementene kan dokumenteres for at de skal kunne ombrukes i framtiden?
 - a. Hadde det vært for eksempel vært mulig å tagge elementene med QR-kode eller lignende som sier noe om elementets egenskaper?

Del 3: Avslutning

1. Er det noe du vil tilføye? Har du andre kommentarer?
2. Er det noen i bransjen som du mener kan bidra med relevant kunnskap/erfaring, som kan være nyttig for meg å kontakte ifbm. masteroppgaven min?
3. Dersom det er behov for avklaringer, er det greit om jeg tar kontakt igjen?

TUSEN TAKK FOR DIN TID.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway