



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Metode for kartlegging av
ombrukspotensial til byggevarer i
bygninger

Method for mapping the reuse potential
of building materials in buildings

Karoline Horvei Andresen
Zazamit Micael

Bachelor i ingeniørfag - Bygg
Institutt for byggfag

Veiledere: Trond Nordvik og Trond Einar Martinsen
03. juni 2020

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1

Forord

Denne bacheloroppgaven er vårt avsluttende arbeid for institutt for bygg- og landmåling ved Høgskulen på Vestlandet, avdeling Bergen. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng, og er utarbeidet våren 2020. Den er skrevet i samarbeid med Advansia, som har lang erfaring med prosjekt- og byggeledelse, og leverer prosjekter som bidrar til bærekraftig utvikling.

Vi har vært med på mange spennende møter, ledet av Advansia, som har omhandlet bygninger som materialbanker. Det gjorde det mulig for oss å knytte nettverk med engasjerte mennesker i bransjen som alle har et felles mål: å gjøre byggebransjen mer bærekraftig.

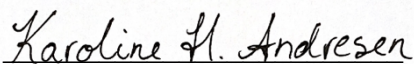
Vi vil rette en stor takk til vår kontaktperson i Advansia, Lars Clementsen Pedersen, som har satt oss i kontakt med aktuelle personer i bransjen, og som har vært en pådriver for at pilotprosjektene kunne bli gjennomført.

Videre vil vi takke Stian Veseth fra Veseth AS som har latt oss få være med på laserskanning av et bygg, og som tilveiebragte datagrunnlaget som vi kunne benytte i vår oppgave. En takk rettes til Michael Curtis fra GreenStock som har gitt oss opplæring i bruk av GreenStock sin interne markeds plass. Takk til Thomas Pfeffer fra Vill Urbanisme, Frode Kirkeli fra AFRY og Henning Bang fra Veidekke, som alle har vært støttende i oppgaven med å dele sine kunnskaper og erfaringer med oss.

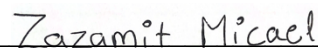
Til slutt vil vi rette en stor takk til våre veiledere ved Høgskulen på Vestlandet, Trond Nordvik og Trond Einar Martinsen, som har gitt oss god oppfølging og veiledning gjennom hele arbeidet.

Antall ord: 15977

Bergen, juni 2020



Karoline Horvei Andresen



Zazamit Micael

Sammendrag

Verden står i dag ovenfor store utfordringer tilknyttet miljøgassutslipp, der 40% kommer fra byggebransjen verden over. Bransjen har i dag en prosess hvor jomfruelige ressurser blir brukt til produksjon av nye byggevarer, som til slutt kastes som konstruksjonsavfall. En slik lineær prosess skaper risiko for ressursknapphet og er med på å ødelegge økosystemene. Det er et fokus i byggebransjen på å minske avfallsmengden, noe som vil være med på å senke klimagassutslippet.

Det er en økende praksis å gjenvinne materialer fra bygg, som gjør at det ikke alltid er nødvendig å utvinne jomfruelige ressurser for å produsere nye byggevarer. Ved direkte ombruk av byggematerialer vil avfallsmengden fra byggebransjen ytterligere reduseres. På grunn av et strengt regelverk og en destruktiv rivepraksis, er ombruk krevende å få gjennomført.

Noe som vil gjøre ombruk av byggevarer lettere å gjennomføre er å få byggevarerne tilgjengeliggjort i et marked. En måte å få gjort det er å kartlegge hvilke materialer som har ombrukspotensial i bygg som skal rives.

Det har blitt utført et litteraturstudium som har lagt grunnlaget for utarbeidelse av en foreslått metode for kartlegging av ombrukspotensial til et bygg. Denne metoden ble benyttet i tre forskjellige case-studier. Det ble brukt tre forskjellige registreringsverktøy i kartleggingen av bygningene: laserskanning og punktsky, manuelle registreringsverktøyer og IFC-modell i Solibri. Undersøkelsene la grunnlaget for vurderingen av hvilket registreringsverktøy som var det mest effektive å benytte.

Abstract

The world faces major challenges related to greenhouse gas emissions, with 40% coming from the construction industry worldwide. Today, the industry has a practice of producing new building materials using virgin material resources and eventually discarding them as construction waste. Such a linear process creates a risk of resource scarcity and is contributing to the destroying of ecosystems. The building industry is focusing on reducing the amount of waste, which will further help to reduce greenhouse gas emissions.

An increasing practice in the industry is to recycle materials from buildings, which means that it is not necessary to extract virgin resources to produce new building materials. By direct reuse of building materials, the amount of waste from the construction industry will be further reduced. Due to strict regulations and a destructive demolition practice, reuse is challenging to accomplish.

One way of making reuse of building materials easier to implement is making these products available in a market. To achieve this, it is necessary to map which materials have the potential for reuse in buildings that are to be demolished.

A literature study has been conducted which has laid the foundation for the proposed method for mapping the reuse potential of building materials in buildings. This method was used in three different case studies. Three different registration tools were used in the mapping of the buildings: laser scanning and point cloud, manual registration tools and IFC-model in Solibri. The case studies laid the foundation for the evaluation of which registration tool was the most effective to use.

Innholdsfortegnelse

Forord	ii
Sammendrag	iii
Abstract	iv
Figurliste	vii
Tabelliste	viii
Ordliste	ix
1 Innledning	1
1.1 <i>Problemstilling</i>	2
1.2 <i>Avgrensning av oppgaven</i>	2
2 Metode	3
2.1 <i>Registreringsverktøy benyttet i case-studie nr.1</i>	3
2.1.1 Laserskanning og punkttsky	3
2.1.2 Autodesk ReCap og Revit Structure.....	4
2.2 <i>Registreringsverktøy benyttet i case-studie nr. 2</i>	4
2.3 <i>Registreringsverktøy benyttet i case-studie nr.3</i>	5
2.3.1 IFC-modell.....	5
2.3.2 Solibri	5
2.3.3 Diverse tegninger.....	5
3 Teori	6
3.1 <i>Hvorfor bør byggevarer ombrukes?</i>	6
3.1.1 Miljø	6
3.1.2 Lineær prosess og sirkulærøkonomi.....	8
3.1.3 Avfall og ombruk.....	11
3.2 <i>Hvilke utfordringer er det ved ombruk?</i>	15
3.2.1 Helse- og miljøskadelige stoffer i materialer	15
3.2.2 Rivepraksis	15
3.2.3 Krav til dokumentasjon av byggevarer ved ombruk	17
3.3 <i>Hvilke materialer kan ombrukes?</i>	22
3.3.1 Betong.....	22
3.3.2 Stål.....	24
3.3.3 Trevirke	25
3.3.4 Tegl.....	27
3.3.5 Vinduer	29
3.3.6 Branntekniske materialer	30
3.3.7 Oppsummering av muligheter og utfordringer ved materialene	31
3.4 <i>Eksempler på ombruk og ombygging i praksis</i>	33
3.4.1 Ombruk: Hulldekker fra regjeringsbygg 4 i regjeringskvartalet Oslo.....	33
3.4.2 Entras prosjekt Kristian Augusts gate 13 i Oslo sentrum.....	33
3.4.3 Ombruk: Gjenbrukshuset i Trondheim.....	34
3.4.4 Ombygging: Media City Bergen	35
3.5 <i>Hvordan få byggevarene prosjektert inn i et nytt bygg</i>	36
3.6 <i>Innhenting av dokumentasjon tilhørende bygninger</i>	37
4 Foreslått metode for kartlegging	38

5 Mulighetsstudier	39
5.1 <i>Case-studie nr. 1: Kartlegging av MB-Auto ved hjelp av laserskanner og punktsky</i>	39
5.1.1 Miljøkartlegging	40
5.1.2 Innhenting av informasjon om bygget	40
5.1.3 Befaring av bygget og registrering av materialer	40
5.2 <i>Case-studie nr. 2: Kartlegging av Krokeideveien 13 ved manuell registrering</i>	47
5.2.1 Miljøkartlegging	48
5.2.2 Innhenting av informasjon om bygget	48
5.2.3 Befaring av bygget og registrering av materialer	49
5.3 <i>Case-studie nr. 3: Kartlegging av K2-bygget ved IFC-modell i Solibri</i>	58
5.3.1 Miljøkartlegging	59
5.3.2 Innhenting av informasjon om bygget	59
5.3.3 Befaring av bygget	59
6 Diskusjon	64
6.1 <i>Kartlegging av ombrukspotensial: Punkt 1 til punkt 3 i foreslått metode</i>	64
6.1.1 Miljøkartlegging av bygget	64
6.1.2 Innhenting av informasjon om bygget	64
6.1.3 Befaring av bygget	64
6.2 <i>Punkt 4: Registrering av byggevarer – registreringsverktøy</i>	65
6.2.1 Laserskanning og punktsky	65
6.2.2 Manuelle registreringsverktøy	66
6.2.3 IFC-modell i Solibri	66
6.3 <i>Sammenligning av registreringsverktøyene</i>	68
6.3.1 Måleusikkerhet ved registrering av materialer	70
7 Konklusjon	71
7.1 <i>Forslag til videre arbeid</i>	72
8 Litteraturliste	73

Figurliste

FIGUR 1: VISER FORDELING AV KLIMAGASSUTSLIPP FRA BYGG-OG ANLEGG SEKTOREN BASERT PÅ TALLENE SOM ER HENVIST OVER.....	6
FIGUR 2: ILLUSTRASJON AV LINEÆR PROSESS I BYGGEBRANSJEN. TALL FRA 2018 BASERT PÅ REFERANSEN I TEKSTEN (SSB,2020).	8
FIGUR 3: ILLUSTRASJONEN ER LAGET FOR Å VISE HVORDAN SIRKULÆRØKONOMI KAN SE UT I BYGGEBRANSJEN.....	9
FIGUR 4: FORDELING AV AVFALL PROSENTVIS FORDELT OVER NYBYGGING, REHABILITERING OG RIVNING FRA BYGGEAKTIVITET 2018.. LAGET AV TALLDATA FRA SSB, HENVIST TIL I TEKSTEN.	9
FIGUR 5: ILLUSTRASJON AV AVFALLSHIERARKIET.....	13
FIGUR 6: FORDELING AV AVFALL FRA BYGGEAKTIVITET I 2018, LAGET AV TALL FRA SSB. TIL SAMMEN 1,82 MILLIONER TONN AVFALL.	14
FIGUR 7: BETONGOVERFLATE. BILDE HENTET FRA (BYGGOGBEVAR, 2019).	22
FIGUR 8: STÅLKONSTRUKSJON.. BILDE HENTET FRA (BYGGOGBEVAR, 2019).....	24
FIGUR 9: TAKSTOL AV TRE. BILDE HENTET FRA (TREFOKUS, U.D.).....	25
FIGUR 10: MURSTEIN AV TEGL. BILDE HENTET FRA (THUE, 2017).....	27
FIGUR 11: OPPSUMMERING AV MULIGHETER OG UTFORDRINGER VED MATERIALENE.....	32
FIGUR 12: TIL HØYRE GJENBRUKSHUSET, TIL VENSTRE ORDINÆR BYGGET. BILDE HENTET FRA (TRONDHEIM KOMMUNE, 2019).	34
FIGUR 13: MEDIA CITY BERGEN. BILDE BLE TATT I FORBINDELSE MED OPPGAVEN.....	35
FIGUR 14: FORESLÅTT METODE FOR KARTLEGGING AV OMBRUKSPOTENSIAL I BYGG, LAGET I FORBINDELSE MED OPPGAVEN.....	38
FIGUR 15: FOTO AV FASADEN TIL MB-AUTO, TATT PÅ BEFARING	39
FIGUR 16: DE STORE VINDUENE I MB-AUTO. BILDE BLE TATT PÅ BEFARING.	40
FIGUR 17: LIMTREBJELKENE I MB-AUTO. BILDE BLE TATT PÅ BEFARING.	41
FIGUR 18: STÅLBJELKE I MB-AUTO. BILDE BLE TATT PÅ BEFARING.	41
FIGUR 19: PUNKTSKY AV LIMTREBJELKE I RECAP.....	42
FIGUR 20: LIMTREDRAGER TEGNET OVER PUNKTSKY I REVIT	43
FIGUR 21: UTKLIPP FRA SHEETS I REVIT, LENGDE OG TVERRSNITT LIMTREDRAGER.....	44
FIGUR 22: MATERIALEINFORMASJON EKSPORTERT FRA REVIT TIL EXCEL	44
FIGUR 23: MÅLSETTING AV STÅLBJELKE I RECAP.	45
FIGUR 24: MÅL AV VINDU I RECAP.....	45
FIGUR 25: FASADE AV BYGGET I KROKEIDEVEIEN 13. BILDE TATT PÅ BEFARING.	47
FIGUR 26: NOE KALK-ELLER SALTUTSLAG PÅ FASADETEGL.....	50
FIGUR 27: MIDTHENGSLET VINDU. BILDE BLE TATT PÅ BEFARING.	51
FIGUR 28: I-BJELKE FRITT OPPLAGT PÅ L-BJELKE STÅL.....	52
FIGUR 29: LIMTREBJELKE I AKSE 7, SALTAKSBJELKE.....	53
FIGUR 30: INNFESTNING MELLOM BJELKENE I AKSE 7, SKRUEFORBINDELSE.....	53
FIGUR 31: BJELKE FRITT OPPLAGT PÅ BETONGSØYLE I AKSE 7.....	53
FIGUR 32: KNOTEPUNKT SIDEBJELKE OG MIDTRE BJELKE I AKSE 6.....	54
FIGUR 33: UTSPARINGER MIDTRE TAKBJELKE AKSE 6	54
FIGUR 34: UTSPARINGER MIDTRE TAKBJELKE TIL VENTILASJONSFØRING AKSE 5	55
FIGUR 35: SKJERMDUMP FRA EN LIMTREBJELKE REGISTRERT I GREENSTOCK.....	57
FIGUR 36: K2-BYGGET. BILDE TATT I FORBINDELSE MED OPPGAVEN	58
FIGUR 37: BETONGSØYLER SOM HAR OMBRUKSPOTENSIAL.....	60
FIGUR 38: LIMTREBJELKENE I K2 BYGGET	62
FIGUR 39: LIMTREBJELKENE SOM ER BOLTET.....	63
FIGUR 40: FREMGANGSMÅTE FOR VALG AV REGISTRERINGSVERKTØY I KARTLEGGING AV BYGGEVARER.....	69

Tabelliste

TABELL 1: OVERSIKT OVER DE REGISTRERTE MATERIALENE	46
TABELL 2: OVERSIKT OVER REGISTRERT TEGLSTEIN.....	50
TABELL 3: OVERSIKT OVER REGISTRERTE VINDUER.....	51
TABELL 4: OVERSIKT OVER REGISTRERTE STÅLBJELKER.....	52
TABELL 5: OVERSIKT OVER REGISTRERTE BJELKER.....	56
TABELL 6: OVERSIKT OVER REGISTRERTE BETONGSØYLER MED OMBRUKSPOTENSIAL.....	61
TABELL 7: OVERSIKT OVER REGISTRERTE HULLDEKKENE MED OMBRUKSPOTENSIAL.....	62
TABELL 8: OVERSIKT OVER LIMTREBJELKENE MED OMBRUKSPOTENSIAL	63

Ordliste

Nedenfor følger en oversikt over noen sentrale begrep og forkortelser brukt i denne oppgaven.

As-built dokumentasjon: Begrepet omhandler dokumentasjon som er oppdatert etter det som faktisk er bygget, og kan avvike fra originale tegninger og underlag.

BAMB: Buildings As Materials Banks.

BIM: Bygningsinformasjonsmodulering hvor det moduleres en geometrisk digital modell av et bygg med informasjon om det som skal bygges.

BREEAM: Building Research Establishment Environment Assessment Method. Verktøy benyttet for å miljøsertifisere bygninger.

Byggavfall: SINTEF byggforsk definerer byggavfall slik: ”overflødige materialer og gjenstander fra bygging, rehabilitering og riving av bygninger, konstruksjoner og anlegg, men ikke gravemasser fra bygg- og anleggsvirksomhet eller avfall som oppstår ved slitasje på maskiner og utstyr, eller brakkeriggavfall” (SINTEF Byggforsk, 2018).

Byggevarer: Direktoratet for Byggkvalitet definerer byggevare slik: ”Vare eller byggesett som skal inngå permanent i byggverk eller deler av byggverk, og som har ytelser [...] som er av betydning for de grunnleggende kravene til byggverket”. (Direktoratet for Byggkvalitet, u.d.).

Deponering: Forsvarlig sluttbehandling av avfall (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018).

Energiutnyttelse: Betegnelse for avfall som brennes, hvor varmen blir utnyttet enten til oppvarming av varmtvann eller til elektrisk energi (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018).

EPD: Environmental Product Declaration. Et miljødeklarasjonsdokument for produkter.

ETA: Europeisk teknisk bedømmelse.

EØS: Europeisk økonomisk samarbeidsområde.

Farlig avfall: SINTEF byggforsk definerer farlig avfall slik: ”avfall som ikke kan behandles sammen med annet avfall fordi det medfører alvorlige forurensninger eller fare for skade på mennesker og dyr. Avfall som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer over konsentrasjonsgrenser i avfallsforskriften, er farlig avfall” (SINTEF Byggforsk, 2018).

FDV: Forvaltning, drift og vedlikehold. Dokumentasjon som omfatter, tegninger, bruksanvisninger, rapporter, beregninger og materialdokumentasjon.

Gjenbruk: Betegnelse for å bruke et materiale på nytt igjen, enten ved ombruk, eller ved at materialet gjenvinnes.

Gjenvinning: Samlebetegnelse for materialgjenvinning og energiutnyttelse (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018).

GNSS: Global Navigasjon Satellite System.

HDR-bildesystem: High Dynamic Range, en innebygd funksjon i laserskanneren som gjør at bildene settes sammen med flere ulike eksponeringer, som gir et svært detaljer bilde (Benediktsson, 2018).

Ikke-reversibel sammenføring: Innfestningsmetode for materialer som ikke er demonterbar, for eksempel innstøping.

Internt ombruk: Ombruk av materialer hvor materialene ikke skifter eier.

Karbonisering: Kjemisk prosess hvor kalsiumhydroksid i mørtel eller betong reagerer med CO₂ i luften, som senker PH-verdien i betong, og dermed utsetter armering i betong for rust (Thue, 2009).

Kartlettingsmetode: Metode for kartlegging av ombrukspotensial til byggevarer i bygg.

LIDAR: Light Detection and Ranging.

Lokalt ombruk: Å bruke et materiale på nytt i sin opprinnelige form, eller ved noe bearbeidelse, i samme bygg som den originalt er konstruert for.

Manuell registrering av materialer: Benyttet i denne oppgaven for å beskrive metoder for å innhente info om dimensjoner til byggevarer ved hjelp av byggetegninger, lasermåler og målebånd.

Materialgjenvinning: Gjenvinning av avfall slik at materialene kan benyttes som råvarer i produksjon av nye produkter (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018).

Miljøkartlegging: SINTEF byggforsk definere miljøkartlegging slik: ”påvisning av helse- og miljøskadelige stoffer i byggverk. Resultatet av kartleggingen må nedfelles i en miljøsaneringsbeskrivelse” (SINTEF Byggforsk, 2018).

Miljøsanering: SINTEF byggforsk definere miljøsanering slik: ”fjerning av bygningsdeler og installasjoner som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer i et rive- og rehabiliteringsarbeid” (SINTEF Byggforsk, 2018).

NANDO: New Approach Notified and Designated Organisations.

Ombruk: Ordet er benyttet om materialer eller byggevarer som kan brukes på nytt i sin originale form, enten direkte eller med noe bearbeidelse først.

Registrering av materialer/byggevarer: Det å innhente informasjon om byggevarer som kan bli ombrukt.

Registreringsverktøy: Verktøy benyttet for å utføre registreringen av byggevarer som kan ombrukes.

Resirkulering: Når materialer får ny bruk ved at de gjenvinnes (Persvold, 2019), for eksempel materialgjenvinning.

1 Innledning

Byggebransjen står i dag for omtrent 40% av verdens klimagassutslipp. I dag har byggebransjen i stor grad en lineær prosess, som vil si at det utvinnes, produseres, bygges og til slutt kastes. Det at byggematerialer ender som avfall har effekter som er med på å ødelegge økosystemer, øke miljøkostnadene og skape risiko for ressursknapphet (BAMB, u.d.). Det er i dag fokus på å resirkulere avfall fra byggeplass, som er med på å senke det totale klimagassutslippet, men det er ikke nok. For å ytterligere senke klimagassutslippene i byggebransjen må det være økt fokus på å ombruke byggevarer som allerede eksisterer.

Nicolai Riise som er konsernsjef i Mad arkitekter mener at rådgivere i byggebransjen stritter i mot når det gjelder å gjenbruke bygningsmaterialer, og videre utpeker han de unge rådgiverne som de verste (Mad, 2019). Den nye generasjonen som utdanner seg til byggingeniører må ta klimautfordringene på alvor. For å skape en bærekraftig fremtid må byggesektoren bevege seg mot en sirkulær prosess, hvor ombruk av byggevarer vil være et steg i riktig retning.

En utfordring med å planlegge å bygge med ombrukte bygningsmaterialer er at det ikke er etablert et stort marked for det i dag. Noen av utfordringene med å omdistribuere brukte byggevarer er at det er et strengt regelverk som gjør det krevende å få de godkjent. Det er derimot ikke umulig. Det er flere prosjekter som viser at ombruk fullt mulig lar seg gjøre i praksis.

1.1 Problemstilling

Et område som bransjen setter mer fokus på er å etablere et marked for ombruk. I den sammenheng er det nødvendig å få kartlagt eksisterende bygg som skal rives, slik at det kan tas vare på materialressursene i stedet for at det blir til avfall. Det er ikke etablert noe bransjestandard for en slik kartleggingsprosess.

Problemstillingen som er valgt er da:

«Hvordan gå frem for å kartlegge ombrukspotensial til et bygg, og hvilket registreringsverktøy vil være mest effektivt å benytte, basert på undersøkelsene som blir gjort?»

I tilknytning til problemstillingen vil denne oppgaven også forsøke å besvare følgende spørsmål:

- *Hvorfor bør byggevarer ombrukes?*
- *Hvilke utfordringer er det ved ombruk?*
- *Hvilke materialer kan ha ombrukspotensial?*

1.2 Avgrensning av oppgaven

Det vil være et hovedfokus på bærende konstruksjonsmaterialer i oppgaven.

Videre undersøkes det veien frem mot å innhente informasjon om materialer i eksisterende bygg. Det undersøkes ikke i hvordan veien er videre med transport, lagring, dokumentasjon/sertifisering og videre salg for de enkelte materialene. Det undersøkes hvordan prosessen kan være frem til demontering av bygget. Det velges videre å ikke undersøke det økonomiske aspektet rundt ombruk.

2 Metode

Det ble utført et litteraturstudium for å opparbeide nødvendig breddekunnskap rundt temaet ombruk. Litteraturstudium ble videre benyttet for å svare på delspørsmålene som er beskrevet i problemstillingen. Kunnskapen opparbeidet i forbindelse med litteraturstudiet gjorde det mulig å utarbeide en foreslått kartleggingsmetode som er benyttet i mulighetsstudiene.

For å kunne besvare problemstillingen ble det benyttet kvalitativ metode. Tre case-studier er utført, hvor det ble benyttet forskjellige verktøy for å registrere byggevarer med ombrukspotensial. Case-studiene legger grunnlaget for analyser, observasjoner og betraktninger rundt bruk av foreslått metode for kartlegging og for bruk av de forskjellige registreringsverktøyene.

2.1 Registreringsverktøy benyttet i case-studie nr.1

2.1.1 Laserskanning og punktsky

Terrestrisk laserskanning er en bakkebasert versjon av den luftbårne LIDAR som brukes til terreng og landskapskartlegging. Det er en metode som gir høy oppløsning ved kartlegging av objekter. Laserskanning fungerer ved at skanningsapparatet sender ut elektromagnetisk laserstråling. Mens apparatet beveger seg, spres disse strålene av et bevegelige speil inne i apparatet. Objektet som skal skannes reflekteres av strålingen, og det reflekteres tilbake til skanneren og registreres av en fotocelle (Karsrud, et al., 2011).

Skanningsapparatet registrerer retning, vinkel og avstand. Disse verdiene, i kombinasjon med skanneres posisjon og orientering, beregner 3D-koordinater til hvert enkelt punkt som laserstrålen har reflektert fra og til. Resultatet av punktene som dannes kalles punktsky (Karsrud, et al., 2011).

For å laserskanne bygget i case-studie nr.1 ble det brukt en Leica RTC360 laserskanner som har en målehastighet på opptil to millioner punkter per sekund, og har et avansert HDR-bildesystem. Den har en målenøyaktighet på 1.9 mm på 10 m og 2.9 mm på 20 m. Med den høye ytelsen til laserskanneren, kan opprettelsen av fargede 3D-punktskyer fullføres på under to minutter (Leica Geosystems, 2018).

I tillegg til laserskanneren ble det benyttet GNSS-mottaker og en Leica PinPoint R500 totalstasjon for å få plassert bygget med riktige koordinater. For å skanne bygget ovenfra ble det brukt en drone med et kamera med GNSS mottaker. Kombinasjonen av dronedata og laserskanning fra bakken kan gi punktskydata som sammenfatter innvendige og utvendige punkter av bygget.

2.1.2 Autodesk ReCap og Revit Structure

Autodesk ReCap (Reality Capture) er et program som er brukt i denne oppgaven til å behandle punktskyene og ta direkte mål av dimensjonene til objektene. Punktskyene er i et ASCII-format (American Standard Code for Information Interchange), som er et filformat som gjør det mulig å lese filene mellom forskjellige dataprogrammer. Autodesk ReCap kan konvertere punktskyen til et filformat som er leselig mellom flere Autodesk-programmer, deriblant Revit Structure (Coppinger, 2020). Revit er et Autodesk-program som benyttes i bygningsinformasjonsmodulering, og brukes i denne oppgaven til å lage modell av elementer fra punktskyen, og ta mål av dimensjoner.

2.2 Registreringsverktøy benyttet i case-studie nr. 2

For å utføre manuell registrering av byggevarer i case-studie nr.2 ble det benyttet følgende verktøyer: laseravstandsmåler, målebånd og eksisterende dokumentasjon tilhørende bygget.

I tillegg ble en digital markeds plass benyttet i registreringen. Den er en del av en digital infrastruktur under utvikling av GreenStock.

2.3 Registreringsverktøy benyttet i case-studie nr.3

2.3.1 IFC-modell

IFC står for ”Industry Foundation Classes”, og er et verktøy som brukes for å lagre endringer som er gjort i en bygningsmodell (Baldwin, 2018). IFC-filen fungerer som en ”frost” referansemodell av originalinnholdet, og kan bli brukt i forskjellige simuleringsprogrammer for å visualisere modellen, gjøre målinger, teste innholdet i modellen for konflikter, regne ut kostnadsestimater, kjøre simuleringer med mer (Baldwin, 2018). En IFC-modell oppdateres vanligvis kontinuerlig gjennom hele prosjektet mellom ingeniører og arkitekter, hvor den siste versjonen sannsynligvis vil være tilnærmet as-built. IFC-filen blir dermed brukt som utgangspunkt for registrering av byggevarer i case-studie nr.3.

2.3.2 Solibri

Solibri er et simulerings-verktøy som blir benyttet i denne oppgaven til å visualisere IFC-modellen og hente ut mengdedata av konstruksjonselementene. Microsoft Excel ble benyttet for å sortere mengdedata som er hentet ut av Solibri.

2.3.3 Diverse tegninger

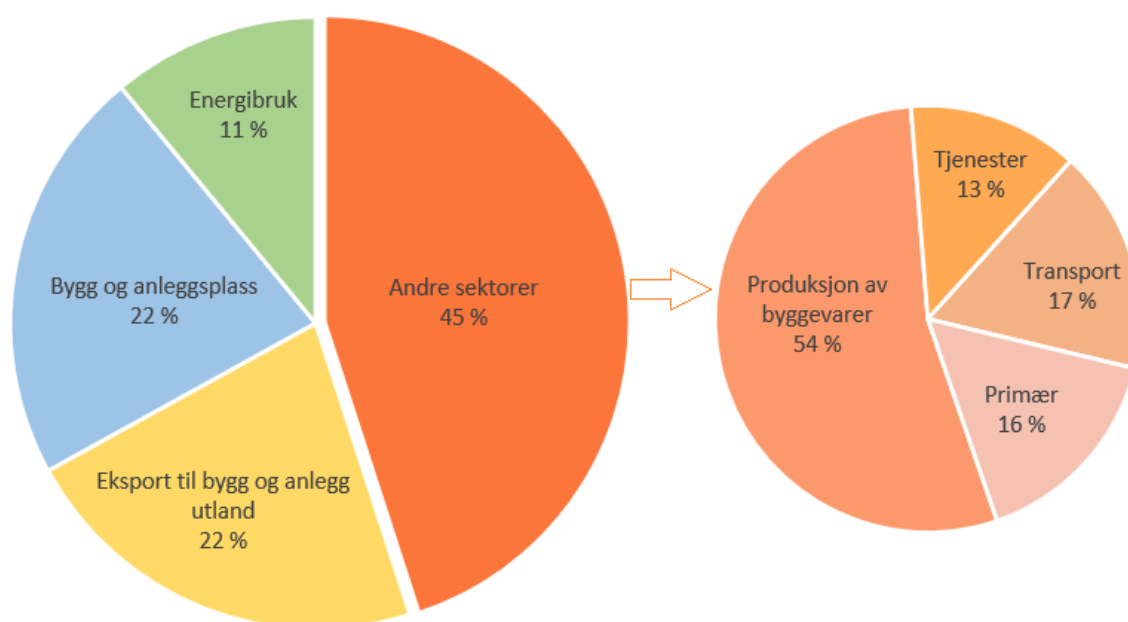
Følgende tegninger ble benyttet i kartleggingen: Fugearmeringstegning, oversiktstegninger over montering av søyler og z-bjelker, montasjeplan for hulldekker og oversikt over deltabjelker.

3 Teori

3.1 Hvorfor bør byggevarer ombrukes?

3.1.1 Miljø

De siste ti årene har verden opplevd klimaendringer der temperaturen øker, snø og is smelter og havet stiger, og hovedårsaken til disse klimaendringene er utslipp av klimagasser. I 2017 stod byggebransjen for 15,3 % av Norges totale klimagassutslipp. Av dette kommer 22 % fra bygg og anleggsplass, 22% fra eksport til bygg og anlegg utland, 11 % fra energibruk til bygg og 45 % av klimagassutslippene fra andre sektorer, se figur 1. Av klimagassutslipp i andre sektorer står produksjon av byggevarer for hele 54 % av utslippene (Larsen, 2019, s.11).



Figur 1: Viser fordeling av klimagassutslipp fra bygg-og anlegg sektoren basert på tallene som er henvist over

For å kunne håndtere konsekvensene av klimaendringer i framtiden, må klimagassutslippene reduseres betydelig, og det kreves et forpliktet globalt samarbeid. FNs klimakonvensjon har utarbeidet en rammeavtale for internasjonalt samarbeid mot klimaproblematikken. Under klimatoppmøtet i Paris i 2015 ble det vedtatt en juridisk forpliktene avtale, Parisavtalen. Parisavtalen sier at temperaturen må ikke øke med mer enn 2 °C, og helst ikke mer enn 1,5 °C. I tillegg så skal verden bli klimanøytralt en gang mellom 2050 til 2100. Det vil kreve en stor omstilling i de fleste sektorer for å oppnå dette (FN-sambandet, 2020).

For å nå klimamålene i Parisavtalen har Norge bestemt seg å redusere klimagassutslipp med 40 % fra transport, bygg, jordbruk, produkter og avfall innen 2030 (EnergiNorge, 2019). Byggebransjen har flere muligheter til å redusere sin andel av klimautslipp. I de siste årene har det vært et økende fokus på å kutte utslipp fra byggeplass og tilhørende transport. Bransjen begynner også å sette klimakrav til materialbruk ved å sette fokus på EPDer (Wærp, u.d.), og verktøy som BREEAM-NOR (Grønn Byggallianse, u.d.).

BREEAM-NOR

De siste årene har det blitt vanligere med miljøsertifisering av bygninger. BREEAM er et miljøsertifiseringsverktøy for bygninger som ble utviklet i Storbritannia i 1990 (Grønn Byggallianse, u.d.). Den norske tilpasningen BREEAM-NOR ble lansert i 2016, og ble utviklet av Grønn Byggallianse i tett samarbeid med bygg- og eiendomsnæringen. Dette verktøyet oppmuntrer til bærekraftig design og bygging gjennom hele prosessen i et byggeprosjekt, fra tidlig fase til ferdigstilt bygg (Grønn Byggallianse, u.d.).

Grønn Byggallianse (Grønn Byggallianse, u.d.) beskriver BREEAM-NOR som et effektivt verktøy som samordner de ulike aktørene i et byggeprosjekt, og innlemmer bærekraftig teknisk i alle ledd. Videre fremkommer det at sertifisering av et produkt baserer seg på en dokumentert miljøprestasjon av ni kategorier som – ledelse, helse- og innemiljø, energi, transport, vann, materialer, avfall, arealbruk og økologi samt forurensning. Et BREEAM-NOR sertifikat utgis i fem nivåer: pass, good, very good, excellent og outstanding (Grønn Byggallianse, u.d.).

Miljødeklarasjon

En miljødeklarasjon, også kalt EPD (Environmental Product Declaration), er et dokument som beskriver miljøprofilen til en komponent eller et produkt på en standardisert måte (EPD-Norge: The Norwegian EPD foundation, u.d.). I dag setter byggebransjen mer fokus EPDer der arkitekter og byggherrer må dokumentere en positiv miljøprofil i sine prosjekter. Dette er positivt med tanke på ombruk av bygningsmaterialer fordi en slik dokumentasjon vil bestå av bygningens samlede energiforbruk, valg av materialer, materialets innhold av miljøbelastende stoffer, og materialets gjenbrukspotensial når bygningen skal rives (Wiik, 2015).

Forvaltning, drift og vedlikehold

Forvaltning, drift og vedlikehold, FDV, er en lovpålagt dokumentasjon som omfatter blant annet materialdokumentasjon, tegninger, bruksanvisninger, beregninger og rapporter som skal sikre at konstruksjons- og brannkrav blir ivaretatt (Byggtjeneste, 2011). I rapporten *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer* utgitt av SINTEF (Sørnes, et al., 2014, s. 12) blir det nevnt eksempler på hva som kan skape insentiver for økt ombruk. I rapporten trekkes det frem at et krav om en mer detaljert FDV-dokumentasjon vil kunne være positiv for at en bygning enklere kan oppgraderes eller endres i fremtiden. Videre nevnes et eksempel om at det burde sees en sammenheng mellom konstruksjon, dets bæreevne, type element i bygget og en tilhørende veiledning på demontering av elementet. Detaljert FDV-dokumentasjon vil dermed være verdifull å ha for å tilrettelegge for ombruk av materialer i fremtiden.

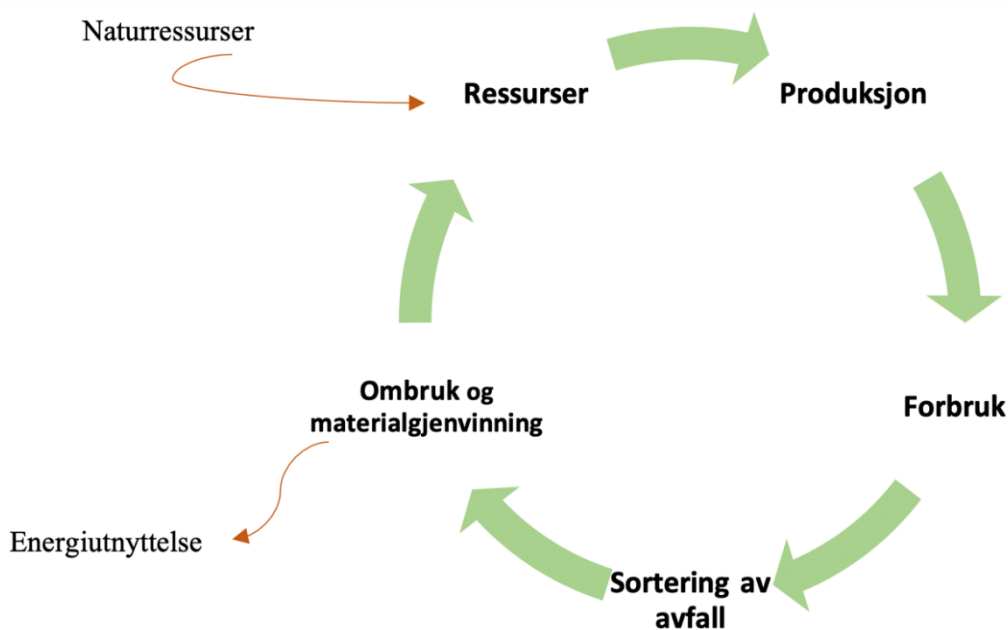
3.1.2 Lineær prosess og sirkulærøkonomi

I dag har byggebransjen lineære prosesser, hvor utgåtte byggematerialer ved rehabilitering og rivning blir avhentet som avfall, eller brukt til energiutnyttelse. Dette betyr at byggematerialene utvinnes, produseres, forbrukes og til slutt kastes, som vist i illustrasjonen i figur 2.



Figur 2: Illustrasjon av lineær prosess i byggebransjen. Tall fra 2018 basert på referansen i teksten (SSB, 2020).

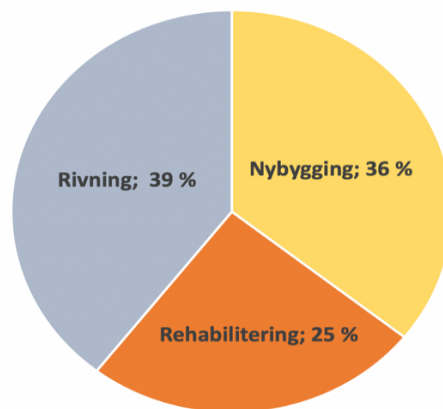
Sirkulær praksis vil derimot minske avfallet og øke ressursutnyttelsen av materialer. Ombruk av byggematerialer er et steg mot sirkulær praksis i byggebransjen. Figur 3 illustrerer hvordan en sirkulærøkonomi i byggebransjen kan se ut.



Figur 3: Illustrasjonen er laget for å vise hvordan sirkulærøkonomi kan se ut i byggebransjen.

I 2018 stod byggebransjen for 1.82 millioner tonn avfall. Her var det 36 % nybygging, 25 % rehabilitering og 39 % fra rivning, vist i sektordiagram i figur 4 (SSB, 2020).

Denne lineære prosessen gir store mengder avfall og tap av ressurser. Et stort problem er at dagens regelverk og rammevilkår er basert på lineær prosess, noe som gjør at det er vanskelig å praktisere en mer sirkulær praksis i byggebransjen (Hagen, 2019).



Figur 4: Fordeling av avfall prosentvis fordelt over nybygging, rehabilitering og rivning fra byggeaktivitet 2018.. Laget av talldata fra SSB, henvist til i teksten.

For at Norge skal kunne gå over til sirkulærøkonomi er det noen viktige byggeblokker og fagdisipliner som må realiseres.

I en rapport skrevet av SINTEF i 2017, på oppdrag fra Statsbygg, er det beskrevet om fire mulige innsatsområder for å gå over til sirkulærøkonomi i byggenæringen (Moum, et al., 2017, s.11-15). De fire innsatsområdene nevnt i rapporten er som følger:

Innsatsområde 1: Håndtering av byggematerialer og komponenter etter endt bruk

- En fremtidsvisjon der byggematerialer kan bli en ressurs i et sirkulært system er håndtering av byggematerialene når byggets levetid er over. Dette kan gjøres ved at dagens avfallspyramide snus opp ned (avfallspyramiden illustrert i figur 5 i kapittel 3.1.3), der det er en betydelig nedgang i avfall og at ressursene utnyttes maksimalt.
- Det må også utvikles nye designløsninger som gjør det mulig å velge komponenter med lang levetid og god holdbarhet, samtidig som komponenter er enkle å demontere. Det må også være mulig å gjenvinne råmaterialet fra brukte produkter, bygninger og avfall.

Innsatsområde 2: Ressursbruk i byggeprosessene

- I en sirkulær byggeprosess må aktører forstå et bygg som en del av et større system.
- Det bør være mer fokus på ombygning, tilpasning og gjenbruk enn å rive et bygg og bygge på nytt.
- Det bør i tillegg satses på digitale verktøy under hele byggeprosessen og byggets livsløp som sikrer god flyt av informasjon og ressurser. Samtidig bør det være god flyt og logistikkhåndtering gjennom hele prosessen.

Innsatsområde 3: Arealutnyttelse

- Det bør være fokus på mindre bygging, og i stedet fokusere på hvordan det offentlige og privat næringslivet kan utnytte areal, ved for eksempel deling av kontorarealer.

Innsatsområde 4: Energieffektive bygninger (og områder)

- Nullutslippsbygg har blitt standard der alle materialene i et bygg er miljøvennlige.
- I ombygning og rehabilitering av bygninger bør det også være en standard på nullutslippsbygg.

Å gå over mot en mer sirkulær økonomi i byggenæringen vil gi mange fordeler som å redusere materialkostnader, avfallsmengder, klimautslipp og miljøbelastning knyttet til byggeprosjekter. Bransjen har lang vei å gå for å oppnå dette, men sirkulære tilnærminger er nøkkelen til å øke kvaliteten, mengden av resirkulering og gjenbruk av konstruksjons- og rivningsmaterialer.

3.1.2.1 Bygninger som materialbanker

BAMB (Buildings as Material Banks) er et prosjekt finansiert av EU innen horisont 2020 programmet, som er verdens største forsknings- og innovasjonsprogrammer (BAMB, u.d.). Horisont 2020 har som mål å drive utvikling i Europa, for å skape en bærekraftig økonomi og vekst. I BAMB-prosjektet er det 15 samarbeidspartnere (bedrifter og akademiske institusjoner) fra syv ulike europeiske land. Målet er et systemisk skifte i bærekraftig bygging ved å minske avfall og bruk av færre jomfruelige ressurser (BAMB, u.d.).

Det er utviklet en rekke konsepter i BAMB, der samarbeidspartene utviklet en prototype kalt *Circular Building Assessment tool*. Verktøyet er bygget på en metodikk for vurdering av nye og eksisterende bygningers ressursproduktivitet, basert på materialvalg og designvedtak (European commission, 2019).

Prosjektpartnere utviklet også en *Reversible Building Design Protocol* som gjør det mulig for ulike aktører i bygg industrien å iverksette reversible designstrategier og tilnærminger i bygg- og oppussingsaktiviteter. Denne designtilnærmingen muliggjør ressurseffektiv reparasjon, gjenbruk og gjenvinning av bygningsmaterialer, produkter og komponenter (European commission, 2019).

3.1.3 Avfall og ombruk

Riktig avfallshåndtering er en god forutsetning for etablering av sirkulærøkonomi i byggebransjen. Avfallshåndtering i byggsektoren i Norge er allerede godt utviklet. I byggt teknisk forskrift (TEK) § 9-6 første ledd fremkommer det følgende om krav til avfallsplan ved tiltak på bygg:

For følgende tiltak skal det utarbeides en avfallsplan som gjør rede for planlagt håndtering av byggavfallet fordelt på ulike avfallstyper og -mengder:

a) oppføring, tilbygging, påbygging og underbygging av bygningen dersom tiltaket overskrider 300 m² BRA

b) vesentlig endring, herunder fasadeendring, eller vesentlig reparasjon av bygningen dersom tiltaket omfatter mer enn 100 m² BRA av bygningen

c) riving av bygning eller del av bygning som overskrider 100 m² BRA

d) oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, endring eller riving av konstruksjoner og anlegg dersom tiltaket genererer over 10 tonn bygg- og rivningsavfall.

Det kreves altså utarbeidelse av avfallsplaner for å kunne gå i gang med nybygging, renovering eller riving av bygg over en gitt størrelse. Videre i TEK17 §9-7 andre ledd står det: ”For tiltak nevnt i § 9-6 første ledd bokstav b til d skal det utarbeides en egen miljøsaneringsbeskrivelse.”

I de tilfellene må det dermed utvikles en miljøsaneringsplan for å identifisere og fjerne farlig avfall separat. TEK17 § 9-8 setter også terskler for avfallssortering og gjenvinning:

”Minimum 60 vektprosent av avfallet som oppstår i tiltak i § 9-6 første ledd skal sorteres i ulike avfallstyper og leveres til godkjent avfallsmottak eller direkte til gjenvinning”.

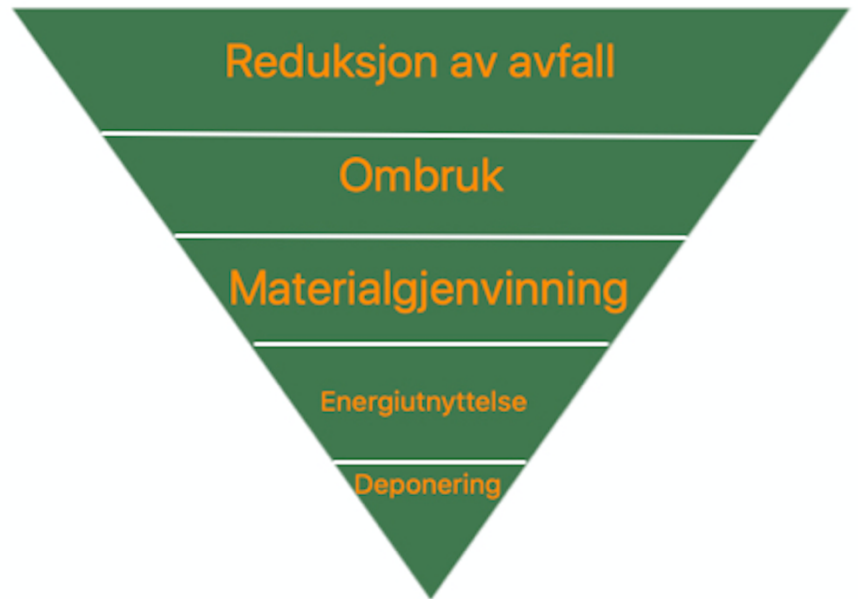
Et skjerpet krav til kildesortering vil kunne bidra til å øke materialgjenvinning av byggavfall. Hvis det er høyere krav til kildesortering, så blir potensialet for materialgjenvinning også høyere (Marchuk, 2019). Det er mulig å anse deler av byggavfallet som potensielle ressurser, i stedet for avfall. Det stilles i dag krav i byggt teknisk forskrift om at det skal benyttes materialer som egnes for ombruk i fremtiden (Byggt teknisk forskrift (TEK17), 2017, §9-5 (2))

Ved å bruke materialene på nytt igjen i sin opprinnelige form ved ombruk, i stedet for å deponere eller gjenvinne dem, vil materialets tekniske levetid bli bedre utnyttet og avfallsmengden vil kunne reduseres. En stor del av avfallet har et ombrukspotensial og er dermed også en verdifull potensiell ressurs.

Ved å bevare materialene lengst mulig i byggverket vil det i tillegg ha en positiv effekt på klimaavtrykket. Noen eksempler på bedre klimaavtrykk er blant annet at treverk har lagret CO₂ i materialet, som vil frigjøres ved brenning. Dersom levetiden til en bygge vare av tre forlenges vil også lagringen av CO₂ forlenges.

Et annet eksempel er betong som produserer CO₂ ved produksjonen av sement fra kalkstein. Betongen vil derimot karbonatiseres over tid, som vil si

at CO₂ binder seg til betongen igjen. Dersom betongen kan stå ut den prosjekterte levetiden sin, om ikke lenger, vil det være positivt for bygningsdelens totale miljøpåvirkning.

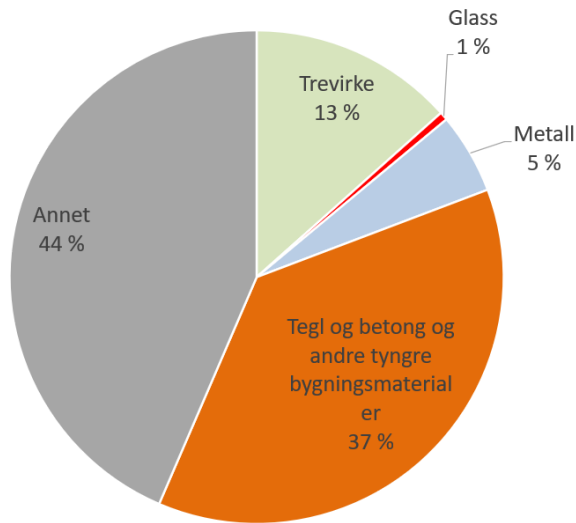


Figur 5: Illustrasjon av avfallshierarkiet

Ved å ombruke et materiale vil det også være andre positive effekter: Ressursene i naturen vil bli mindre utnyttet, bruk av energi og forurensning i fremstillingen av et produkt vil redusert, og arealer vil bli vernet om ved at det gjøres mindre uttak av råvarer og mindre deponering av materialer (Sørnes, et al., 2014, s. 7).

Å sende materialavfall til deponering vil si at materialet blir sluttbehandlet på en forsvarlig måte, slik at det kan hindres at miljøgifter skader mennesker eller natur (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018). Avfallshierarkiet, illustrert i figur 5, viser hvordan prioriteringene er i norsk avfallspolitikk, og i EUs rammedirektiv for avfall (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018). Det er videre tenkt at avfallshåndteringen skal behandles nærmest toppen av pyramiden dersom det er mulig.

Byggebransjen er på vei i riktig retning når det gjelder å minke avfallsproduksjonen, ved at det er strengere regler for sortering av avfallet fra byggeplass, og at deponering av biologisk avfall er forbudt (Nordby & Wærner, 2017, s. 3). Figur 6 viser fordelingen av avfall fra byggeaktivitet i 2018 i Norge, registrert i Statistisk Sentralbyrå (SSB, 2020). En mer nøyaktig



Figur 6: Fordeling av avfall fra byggeaktivitet i 2018, laget av tall fra SSB. Til sammen 1,82 millioner tonn avfall.

fremstilling av underkategorien ”Annet” kan studeres på SSB sine sider, da det er valgt å fremheve de materialene som generelt sett kan egne seg for ombruk. Tallene er regnet fra sammenlagt nybygging, rehabilitering og rivning.

For å ytterligere kunne redusere avfall tilknyttet byggeaktivitet er det nødvendig å fokusere på direkte ombruk av materialer og avfallsreduisering, der det ellers ville vært fokus på gjenvinning av

materialer (Nordby & Wærner, 2017, s. 3). Noen eksempler på dette er å ombruke stålkomponenter som ville gått til omsmelting, og å ombruke betongelementer som ville gått til knusing.

Oppsirkulering er en betegnelse for å bruke et materiale på nytt, til et annet formål enn det var konstruert eller designet for. Ved å oppsirkulere vil materialene få lengre levetid, og avfallsmengden reduseres ytterligere. Dersom materialene ombrukes eller oppsirkuleres vil avfallet behandles nærmere toppen av avfallspyramiden, i tråd med prioriteringene i norsk avfallspolitikk.

3.2 Hvilke utfordringer er det ved ombruk?

3.2.1 Helse- og miljøskadelige stoffer i materialer

Når det skal velges byggevarer er det viktig at det ikke er forekomst av stoffer som er skadelig for mennesker- og dyrs helse, eller at det kan være skadelig for naturen som er i kontakt med bygget. Det fremkommer følgende krav i TEK17 § 9-2:” Det skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer.”

Det er nødvendig å gjennomføre en miljøkartlegging av bygget hvor det blant annet blir gjort materialprøver for helse- og miljøskadelige stoffer. Miljøsaneringsbeskrivelsen som blir utarbeidet kan benyttes i den totale vurderingen av hvorvidt materialene har potensiell ombruksverdi. Viser det seg at det er ulovlige konsentrasjoner av farlige stoffer må materialene behandles for å fjerne stoffene før de eventuelt kan ombrukes. Dersom materialene ikke lar seg ombrukes eller gjenvinnes på grunn av for høyt innhold av tungmetaller må disse i deponi for farlig avfall (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018). Det blir gitt en oversikt over helse- og miljøskadelige stoffer i forskjellige materialer i kapittel 3.3 som handler om hvilke materialer som kan ha ombrukspotensial.

3.2.2 Rivepraksis

Dagens rivningspraksis er delt inn i to rivningskategorier, rehabiliteringsrivning og helrivning. I Byggforskserien 700.806 er dagens rivningspraksis av materialer beskrevet som følgende (SINTEF Byggforsk, 2011):

- Bærende betongkonstruksjoner rives av små rivemaskiner eller riveroboter ved at betongen tygges eller pigges i biter. Store maskiner benyttes også, her er det mulig å montere utstyr som pigg, saks, skuff eller klype. Dette avhenger av type konstruksjon, høyde og støykrav.
- Stålkonstruksjoner rives av gravemaskiner med påmontert klype eller saks. Manuell oppdeling med skjærebrennerutstyr kan være aktuelt i noen tilfeller.
- Bærende trekonstruksjoner blir revet med ulike rivemaskiner.
- Teglkonstruksjoner rives ned på samme måte som betongkonstruksjoner. I tilfeller der maskiner ikke kommer til, blir tegl revet ned med håndkraft fra toppen.

Videre er det anbefalt å følge denne rekkefølgen for riveprosessen av bygninger (SINTEF Byggforsk, 2011):

1. Prosjektering og planlegging inkludert miljøkartlegging, utarbeidelse av avfallsplan og miljøsaneringsbeskrivelse
2. Klargjøring av bygning
3. Miljøsanering
4. Demontering av bygningsdeler
5. Riving av ikke-bærende konstruksjoner og bygningsdeler
6. Etablering av åpninger og hulltaking
7. Riving av konstruktive bygningsdeler
8. Avfallshåndtering, -sortering og -levering

Ved riving for ombruk er det nødvendig med en fullstendig analyse og kartlegging av bygget før riveprosessen starter. I løpet av kartleggingen må materialene med ombrukspotensial tydelig merkes. En god måte å holde oversikt over materialene er å ha en database, gjerne supplert med fotografier (SINTEF Byggforsk, 2011).

Allerede ved punkt fire bør det gjøres en grundig vurdering på hvordan materialer som har potensiale for ombruk kan demonteres på en skånsom måte, og ikke destruktivt. Materialene bør ikke bli overbelastet eller ødelagt i prosessen. I Byggforskserien (SINTEF Byggforsk, 2011) kommer det videre frem at materialene med ombrukspotensial må beskrives, enten med tekst eller tegninger, som kan brukes i underlag for utførelse av rivning.

Før demonteringsprosessen starter er det nødvendig å ha klart tilgjengelige arealer for mellomlagring av byggevarene som skal ombrukes (SINTEF Byggforsk, 2011). Videre må det planlegges for transport fra riveprosjektet til lager/byggeplass for byggevarene. I forhold til miljømålet om å redusere energibruk og miljøbelastning tilknyttet transport av materialer er det nødvendig å gjøre en total vurdering av materialenes livsløp opp mot miljøbesparelsene tilknyttet ombruk (Leland, 2008, 12).

3.2.3 Krav til dokumentasjon av byggevarer ved ombruk

Lovverket og prosedyrene er i dag ikke tilrettelagt for enkel ombruk (Kilvær, et al., 2019, s. 21). En av problemstillingene ligger ved markedsføring av brukte byggevarer, der en ifølge lovverket blir ansett som distributør (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013). I Forskrift om dokumentasjon av byggevarer §1 står det: ” Bestemmelsene i denne forskriften gjelder for produkter som framstilles, omsettes, markedsføres og distribueres for bruk i byggverk.” I veiledningen til §1 står det at dette gjelder alle tilfeller der produkter blir gjort tilgjengelig på det norske markedet.

DOK setter krav til byggevarer som skal omsettes, og regler for dokumentasjon av CE-merkede byggevarer (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013). Nødvendig dokumentasjon for å markedsføre brukte byggevarer kan være krevende å fremskaffe, og byggevarerne må få korrekt dokumentasjon basert på angitte testmetoder av godkjente organer.

Hvilken dokumentasjon av byggevarerne kreves?

En byggevare som har CE-merke kan distribueres fritt i EØS. Dersom en byggevare omfattes av en harmonisert produktstandard, er det krav om at den skal CE-merkes i henhold til denne (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013).

Det er ikke alle byggevarer som det har blitt utarbeidet en harmonisert standard for. I et slikt tilfelle er det mulig å gjøre en frivillig CE-merking av en byggevare. Da må det først utarbeides en europeisk teknisk bedømmelse (ETA) av et utnevnt teknisk bedømmelsesorgan, etterfulgt av en ytelseserklæring av produsent/distributør (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013).

Ytelseserklæring skal inneholde informasjon om byggevareren som blant annet: produkttype, system benyttet for vurdering og kontroll av ytelser, aktuell harmonisert standard eller ETA, ytelsene til byggevareren med mer (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013). I Norge er det SINTEF som er utnevnt som teknisk bedømmelsesorgan, og fungerer også som teknisk kontrollorgan for bygg-produkter (SINTEF Byggforsk, 2020). Det er forskjellige kontrollorgan som dekker de forskjellige harmoniserte standardene, innenfor sitt respektive felt. CE-merket viser kun at varens egenskaper er dokumentert. Det betyr likevel ikke at

forskriftens krav til byggverket er oppfylt (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013). Et byggverk må oppfylle de tekniske kravene i byggteknisk forskrift (TEK17), uavhengig om byggevaren har CE-merke eller ikke.

Dersom en byggevare ikke er dekket av en harmonisert standard er det ikke krav til at den skal CE-merkes, men den må CE-merkes dersom en produsent velger å anskaffe seg en ETA (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013).

Dersom en byggevare ikke er CE-merket, er det fortsatt krav til dokumentasjon av egenskaper. I forskrift om dokumentasjon av byggevarer §10 stilles det følgende krav:

Byggevarer som ikke er CE-merket skal ha slike egenskaper som, når byggevaren er forsvarlig benyttet, medvirker til at byggverk tilfredsstiller grunnleggende krav til:

- a) Mekanisk motstandsevne og stabilitet
- b) Brannsikkerhet
- c) Hygiene, helse og miljø
- d) Sikkerhet og tilgjengelighet ved bruk
- e) Vern mot støy
- f) Energiøkonomisering og varmeisolering
- g) Bærekraftig bruk av naturressurser

Vesentlige egenskaper skal dokumenteres i den grad de er nødvendig for vurdering av byggevarens egnethet til bruk i byggverk. Minst én egenskap skal alltid dokumenteres.

Det er altså ikke alle de overstående egenskapene som behøves å dokumenteres for enhver byggevare, men de egenskapene som er relevante for den aktuelle byggevaren. Et eksempel på dette er en bjelke som har krav til bæreevne og stabilitet, mens et vindu har blant annet krav til U-verdi. Videre i forskrift om dokumentasjon av byggevarer §10 tredje ledd står det:

”Vesentlige egenskaper skal dokumenteres i henhold til en tilfredsstillende teknisk spesifisering. Det skal benyttes relevante beregnings-, prøvings- eller klassifiseringsstandarder”.

En tilfredsstillende teknisk spesifisering kan være for eksempel en Norsk Standard eller en annen standard som brukes i EØS-land, en teknisk godkjenning som utstedes av et tredjepartsorgan eller en egen teknisk spesifisering av produsenten selv (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013). I Forskrift om dokumentasjon av byggevarer del III §12 tredje ledd står det: ”Tredjepartsorgan skal være akkreditert for de aktuelle oppgavene. Der slik akkreditering ikke er mulig skal tredjepartsorganet dokumentere tilsvarende krav til kompetanse, uavhengighet og upartiskhet”.

I veiledningen til paragrafen kommer det frem at et tredjepartsorgan enten kan være et teknisk bedømmelsesorgan, teknisk kontrollorgan eller et godkjent sertifiseringsorgan. Det finnes ikke noe oversikt over godkjente sertifiseringsorgan, men teknisk bedømmelsesorgan og teknisk kontrollorgan kan det finnes en oversikt over i NANDO-basen til EU-kommisjonen.

En byggevare har altså krav til dokumentasjon dersom den skal omsettes. Dersom varen er CE-merket er det krav om å utføre en ytelseserklæring. I motsatt tilfelle, der byggevaren ikke er CE-merket, er det krav om en produktdokumentasjon. Både ytelseserklæring og produktdokumentasjon inneholder informasjon om byggevarens ytelse og egenskaper.

Et av unntakene fra regelen er når det skal omsettes byggevarer som er oppført før 1. juni 2013. I Byggevareforordningen artikkel 66 overgangsbestemmelser første ledd står det: ”Byggevarer som er bragt i omsetning i samsvar med direktiv 89/106/EØF før 1. juli 2013, skal anses å oppfylle denne forordning”. Det må altså være dokumentasjon på at byggevaren tilfredsstilte kravene i byggevaredirektivet 1989 og teknisk forskrift for tidspunktet byggevare ble omsatt (Espelid, et al., 2019, s. 3).

I rapporten Forsvarlig Ombruk av Byggevarer (Kilvær, et al., 2019, s. 25) kommer det frem at en byggevare som ble omsatt før byggevarerforordningen trådte i kraft likevel kan være vanskelig å omsette. Det er spesielt tre punkter som kommer frem i rapporten:

- ✓ Det må foreligge tilhørende dokumentasjon til byggevaren fra da den ble omsatt, noe som kan være krevende å finne
- ✓ Dersom det er ønskelig å gjøre noen forandringer på byggevaren, eller at det allerede har blitt gjort, vil den ikke lenger stemme overens med tidligere tilhørende dokumentasjon
- ✓ Egenskapene til byggevaren må samsvare med datidens dokumentasjon

Over tid kan en byggevare endre sine egenskaper. Eksempler på faktorer som kan svekke en byggevars er: byggevarer av tre som får fuktskade, et dekke eller bjelke som får nedbøyning, eksentrisitet i søyle som medfører moment ved aksialtrykk, riss og karbonatisering av betong, oksidering av stål og armering som medfører rust også videre.

Det er noen unntak fra kravene om å utarbeide ytelseserklæring. I byggevarerforordningen artikkel 5 kommer det frem at unntakene er for byggevarer som: Er individuelt produsert etter mål, er produsert på byggeplass eller som inngår som en del av en kulturarv (produsert på tradisjonelt vis).

Hva med kravene i teknisk forskrift?

Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) stiller minimumskrav til byggverk som skal oppføres i dag. Den nyeste versjonen av forskriften, TEK17, trådte i kraft 1. juli 2017.

I byggteknisk forskrift (TEK17) §2-3 første ledd står det følgende: ”Det skal dokumenteres at de prosjekterte løsningene og produktspesifikasjonene oppfyller de fastsatte ytelsene.” Det kommer videre frem i veiledningen til første ledd at slik dokumentasjon av løsninger alternativt kan gjøres ved prøvning eller beregninger etter standardiserte metoder. Dersom det ikke finnes passende standardiserte metoder kan det i følge veiledningen benyttes andre anerkjente metoder, eller det kan gjøres en dokumentert fagkyndig vurdering.

Videre i byggt teknisk forskrift (TEK17) §3-1 første ledd fremgår det følgende: ”Regler for dokumentasjon av produkter følger av forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk.”. Videre i andre ledd §3-1 står det: ”Før produkter bygges inn i byggverk skal det dokumenteres at produktene har de egenskapene som er nødvendige for at det ferdige byggverket skal tilfredsstillere kravene i forskriften”.

Det stilles altså krav til at produkter dokumenteres i henhold til kravene i DOK. De skal dokumenteres i slik måte at kravene i TEK17 tilfredsstilles. I veiledningen til andre ledd i paragrafen fremkommer det at selv om at et produkt lovlig kan omsettes, som ved at den for eksempel har CE-merke, vil det ikke si at produktet som helhet oppfyller kravene i TEK17. Ansvar for å velge riktig produkt havner vanligvis hos prosjekterende arkitekt, prosjekterende rådgiver eller hos utførende entreprenør (Sørnes, et al., 2014, s. 11).

Kravene i DOK gjelder ikke dersom det er snakk om internt ombruk, altså hvis byggevaren skal ombrukes i et bygg eid av samme eier (Espelid, et al., 2019, s. 3). Ved internt ombruk behøves det likevel dokumentasjon om ytelse, som det fremkommer i byggt teknisk forskrift. Alle øvrige krav i TEK må også oppfylles, som for alle bygg som skal oppføres i Norge.

Ombruk i dag med hensyn til lovverket er altså krevende. Det etterspørres at myndighetene gjør regelendringer som fjerner ”bremseklossene” for byggebransjen med hensyn til ombruk av byggevarer (Espelid, et al., 2019, s. 4). Da vil eksisterende byggevarer kunne bli bedre utnyttet i fremtiden ved ombruk enn hva det gjøres i praksis i dag.

3.3 Hvilke materialer kan ha ombrukspotensial?

3.3.1 Betong

Generelt

Betong, vist i figur 7, er et av de mest brukte byggematerialene i verden, og består av sand, stein, sement, vann, tilsetningsstoffer og tilsetningsmaterialer. Plasstøpt betong er betong som blir støpt på stedet, og brukes i konstruksjoner som blant annet dammer broer og kaier.



Figur 7: Betongoverflate. Bilde hentet fra (Byggogbevar, 2019).

Prefabrikkert betongelementer er derimot betong som blir fremstilt på fabrikk og kan brukes som søyler, bjelker, vegg og dekkelementer (Thue, 2019).

Muligheter for ombruk

I rapporten anbefalinger ved ombruk av byggematerialer fra SINTEF (Sørnes, et al., 2014, s. 29) er prefabrickerte betongelementer trukket frem som materialer som er aktuelle for ombruk. Dersom dette skal la seg gjøre er det en fordel at det eksisterer tegninger som viser innfestningsmetode for elementene. Et forskningsprosjekt som ble gjennomført ved riving av Pilestredet park av Statsbygg, viste at demontering av prefabrikkert betongelementer er mulig (Sørnes, et al., 2014, s. 29). Dette åpner muligheter for ombruk av betonghulldekker fordi de kan kappes og beholde sin originale spennkraft ettersom de er produsert slik at spennarmeringen vil ha kontinuerlig heftforbindelse med betongen (Leland, 2008, s.51).

Tekniske utfordringer

Grunnen til at ombruk av betongelementer ikke er vanlig i dag er fordi de ikke er konstruert med tanke på ombruk, og det er vanskelig å dokumentere krav til styrke og sammensetning. Dette er fordi dagens regelverk ikke anvendes til ombruk. Det som må vurderes ved ombruk av betongelementer er følgende punkter (Sørnes, et al., 2014, s.30):

- Finnes 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?

Hulldekker har et stort potensiale for ombruk, men de har ofte ikke-reversible sammenføyninger som endeforankring, fugestøp og påstøp, og kan dermed være en utfordrende å ombruke (Kilvær, et al., 2019, s.44). Demonterbare metoder for avstiving av konstruksjonene er dermed nødvendig å utvikle (Leland, 2008, s.9).

Helse, miljø og sikkerhet

Betongelementer som er forurenset og kommer under kategorien for farlig avfall skal ikke ombrukes. PCB er et helsefarlig stoff der all bruk av stoffet er forbudt i dag (Miljøstatus, 2019). Mørtler som ble brukt fra 1960 til 1980 kan inneholde PCB, i tillegg ble stoffet også brukt som tilsetningsstoff i maling mellom 1930 og 1980 (Sørnes, et al., 2014, s.31). Derfor er det viktig at det gjøres en grundig miljøsanering av betongelementer fra disse periodene. Dersom betongelementer inneholder asbest, skal materialet absolutt ikke ombrukes siden stoffet er kreftfremkallende (Sørnes, et al., 2014, s.32).

Tungmetaller, slik som krom6, kan også forekomme i betong. Normverdien for dette metallet må være veldig lavt (Kilvær, et al., 2019, s.56), hvis ikke er betongen uegnet for ombruk eller gjenvinning. Det kom i midlertid frem på Byggavfallskomferansen 2020 i Oslo at grenseverdien skal økes for krom6 i betong som skal gjenbrukes. Miljødirektoratets nye grenseverdier skal dermed økes fra 2 til 6 milligram per kg, som både vil åpne opp for mer gjenbruk og ombruk av betongprodukter (Strand, 2020).

Miljøgevinst

Betong er energikrevende å produsere, og produksjon av sement har veldig høyt utslipp av CO₂. I tillegg står betong og tegl for 37 % av avfallsfraksjon (SSB, 2020). Ved ombruk av betong vil dette kunne reduseres. Betong kan knuses og tilsettes som tilslag. Dette er et godt alternativ til resirkulering, men mye av energipotensialet vil gå tapt når betongen knuses. Derfor vil ombruk av betong være veldig gunstig (Leland, 2008, s.9).

3.3.2 Stål

Generelt

Stål er et sterkt og formbart bygningsmateriale som hovedsakelig består av legering av jern og karbon. Eksempel på konstruksjonsstål er vist i figur 8.



Figur 8: Stålkonstruksjon.. Bilde hentet fra (Byggogbevar, 2019).

Muligheter for ombruk

I dag resirkuleres stål ved omsmelting og brukes på nytt til nye formål (Widenoja, et al., 2018, s.9). Dersom stålkomponenter som søyler og bjelker ikke er deformert eller korrosjonsskadet, egner de seg godt for ombruk (Leland, 2008, s. 31). Stålmaterialet er bestandig, har lang levetid, er ubrennbart, trekker ikke vann og krymper ikke (Sørnes, et al., 2014, s.21), dermed er muligheten for ombruk av materialet stort.

Tekniske utfordringer

Ved ombruk av stålkonstruksjoner anbefaler SINTEF (Sørnes, et al., 2014, s. 21) å ta hensyn til følgende problemstillinger

- Er det mulig å demontere uten å skade komponenten?
- Hvordan er komponenten med tanke på dimensjonering?
- Hvilke påførte belastninger har vært under bruk, og har det ført til deformering?
- Hvilke påførte belastninger vil forekomme under demontering?
- Er det korrosjonsskader på komponenten?

En hindring som kan dukke opp ved ombruk av stål er standarden prosjektering av stålkonstruksjoner, NS-EN 1993-1-1. Denne standarden tillater ikke bruk av åpne profiler og plater som er eldre enn 2004, og hulprofiler som er eldre enn 2006 (Widenoja, et al., 2018, s.10).

Stålkonstruksjoner som er produsert før 1965 kan heller ikke ombrukes, fordi dette stålet har dårligere sveisbarhet (Kilvær, et al., 2019, s.41). I rapporten *Protocol for reusing structural steel* (the Steel Construction Institute, 2019, s. 14) blir det anbefalt å ikke gjenbruke stål som er produsert før 1970, da testingen og arbeidet med de moderne prosjekteringsstandardene

begynte etter 1970. Dette medfører at stål produsert etter 1970 er antatt å møte kravene i standardene. Videre kommer det frem i rapporten at stålprofilene må ha kontinuerlig tverrsnitt, og ikke vise tegn til plastifisering, dersom profilene skal kunne bli ombrukt (the Steel Construction Institute , 2019, s. 14).

Helse, miljø og sikkerhet

Stålkonstruksjoner med påført maling eller overflatebehandling som består av PCB, tunge metaller, asbest og klorparafiner skal ikke ombrukes (Kilvær, et al., 2019, s.41).

Miljøgevinst

Ombruk av stålkomponenter vil gi store kutt i klimagassutslipp. Stål er allerede et sirkulært produkt, ved at det smeltes og brukes til et nytt formål. Dette er en prosess som likevel fører til store utslipp. Klimagassutslippene vil være ca 80 % lavere ved ombruk enn ved sirkulært stål (Widenoja, et al., 2018, s.9), her er altså miljøgevinsten stor.

3.3.3 Trevirke

Generelt

Trevirke benyttes som konstruksjonsmateriale som bjelke, bindingsverk og takstoler, illustrasjon av takstol vist i figur 9. Det er flere høyblokker som bygges i dag hvor hele bærende konstruksjonen består av trematerialer.



Figur 9: Takstol av tre. Bilde hentet fra (Trefokus, u.d.).

Muligheter for ombruk

Det er mulig å ombruke alle typer trevirke og trefiberprodukter, da de som regel har lang levetid og kan generelt sett demonteres enkelt og har ofte reversible skruded innfestingspunkter (Sørnes, et al., 2014, s. 33). Det er en fordel om treverket er festet med skruer da det gir potensiale for en mer skånsom demontering (Kilvær, et al., 2019, s. 83). Ombruksrapporten fra SINTEF nevner følgende treprodukter som har stort potensiale for direkte ombruk (Sørnes, et al., 2014, s. 33):

- Hele og stemplede lengder av konstruksjonsvirke (takstoler, bjelker, stendere, tømmerammer og massivtreelementer)
- Søylar, bjelker og dragere av limtre
- Splittede limtretyper som I-profiler, trefiberlameller, parallellfiner med dokumentert fasthet på bygningsdelene
- Bygningens utvendige og innvendige kledning
- Hele rommoduler (brakker)

Tekniske utfordringer

Det er en utfordring å dokumentere egenskapene til brukt trevirke med bærende egenskaper, fordi det finnes ikke en ordning til å kunne godkjenne strykesortering av ombrukslast på en ikke destruktiv måte (Kilvær, et al., 2019, s. 86). Erfaringer tilsier derimot at styrken ikke vil være forringet dersom trevirket ikke har noe form for råte eller fuktskade (Kilvær, et al., 2019, s.85). SINTEF rapporten (Sørnes, et al., 2014, s. 35) nevner følgende punkter som er praktisk å vurdere for å avgjøre om et treprodukt lar seg ombruke. Punktene er som følger:

- Har produktets funksjonelle kvalitet blitt forringet av utvendige påvirkninger eller fukt?
- Har overbelastning eller ødeleggelse forringet den strukturelle kvaliteten til produktet?
- Har hakk, hull, maling eller festemidler forringet den estetiske kvaliteten til produktet?
- Har produktet for høye verdier av helse- eller miljøskadelige stoffer?

Videre forklarer rapporten (Sørnes, et al., 2014, s. 34) at det er viktig å ha en kvalitetssikret prosessbeskrivelse ved riving av gammelt trevirke, slik at materialet beholder sin kvalitet og brukbarhet. I tillegg kommer det frem at det er vanskelig å oppdage trykkbrudd i trevirke. Dersom trevirket blir utsatt for slag eller blir overbelastet når det rives ned, kan materialet få brudd og skade, og dermed miste sin fasthetsklasse (Sørnes, et al., 2014, s. 34). Derfor må demonteringen foregå i kontrollerte former.

Helse, miljø og sikkerhet

Dersom et treverk blir vått er det risiko for at giftige stoffer fra impregneringsmiddel lekker ut. Trevirke som er CCA-og kreosotimpregnert skal ikke ombruks da disse stoffene er klassifisert som farlig avfall (Sørnes, et al., 2014, s. 35).

Miljøgevinst

Tre blir ansett som et miljøvennlig byggemateriale fordi produksjonen av treprodukter er basert på råstoff fra skogbruk som er bærekraftig, og har lite innvirkning på CO2 utslipp (Trefokus, u.d.). Dermed vil økt bruk/ombruk av tre som et bygningsmateriale vil være gunstig. I tillegg står trematerialet for 14 % av avfallsfraksjonen fra byggeaktivitet (SSB, 2020). Ved ombruk vil dette tallet kunne reduseres.

3.3.4 Tegl

Generelt

Murstein av tegl er laget av leire ved forming og brenning.

Materialet benyttes i dag hovedsakelig som kledning, illustrasjon av tegl vist i figur 10.



Figur 10: Murstein av tegl. Bilde hentet fra (Thue, 2017).

Muligheter for ombruk

Murstein av tegl er et byggemateriale som er robust, har lang levetid og har et stort ombrukspotensial. SINTEF rapporten (Sørnes, et al., 2014, s.17) beskriver at hva materialet kan brukes til avhenger av de tekniske egenskapene materialet har med tanke på hva som kreves av frostsikring og trykkfasthet. Det kommer frem at teglsteinen ikke trenger å være frostsikker dersom den skal ombrukes i en pusset fasade, i motsetning til bruk til kledning i fasader, må den være frostsikker da den utsettes for fukt. I tillegg må den ha tilstrekkelig trykkfasthet dersom materialet skal benyttes som teglfasade over flere etasjer (Sørnes, et al., 2014, s.17).

Frem til året 1925 har det stort sett blitt benyttet svak kalkmørtel på teglkonstruksjoner. Teglkonstruksjoner som er murt av kalkmørtel er lett å frigjøre og rense (Sørnes, et al., 2014, s.18). Ødelagt teglstein som ikke kan ombrukes kan knuses og brukes som fyllmasse (Grønn byggalianse, 2017, s.103). Dette vil være nestbest i forhold til ombruk, sett i sammenheng med avfallshierarkiet.

Tekniske utfordringer

Det største problemet ved å ombruke teglstein vil være å skille og rense enkeltsteiner for mørtel etter riving. De fleste teglkonstruksjoner fra året 1950 og utover er ført opp med sementblandet mørtel. Det er vanskelig og krevende å demontere teglstein som er murt med sementbasert mørtel (Sørnes, et al., 2014, s.18), fordi mørtelen fester så godt at teglsteinen ødelegges når de skal skilles. Det betyr likevel ikke at ombruk av teglstein murt med sementmørtel er umulig. For slike typer teglkonstruksjoner må demonteringen gjøres i felter med diamantsag. Dette er en krevende prosess som krever blant annet skånsomt nedtaking, rengjøring, trimming til mål og forsterkning (Sørnes, et al., 2014, s.18).

Helse, miljø og sikkerhet

I tidsperioden mellom 1940 og 1980 ble det tilsatt PCB i elastiske fuger for at elastisiteten skulle beholdes (Sørnes, et al., 2014, s.18). Teglstein med over 0,01 mg/kg av PCB er uegnet for ombruk (Miljødirektoratet, 2019). Det kan i tillegg være forekomst av miljøfarlig stoffer som tungmetaller og klorparafiner dersom teglsteinen er malt eller har hatt annen type overflatebehandling (Sørnes, et al., 2014, s.18).

Miljøgevinst

I likhet med betong er produksjon av teglstein krevende og klimagassutslippene er store. Ved ombruk av tegl som kun krever rensing, vil klimagassutslippene bli redusert med 80 % i forhold til ny produsert teglstein (Kilvær, et al., 2019, s.70).

3.3.5 Vinduer

Muligheter for ombruk

Demontering vinduer er generelt sett lite krevende. For at ombruk skal være mulig må vinduer demonteres hele, uten at glasset blir skadet. Moderne vinduer med modulmål kan ombrukes forutsatt at de oppfyller krav til energiltak (Sørnes, et al., 2014, s.36). Eldre vinduer har ikke de samme egenskapene (U-verdi og motstand mot vanngjennomtrengning) som kreves av nye vinduer, men de kan eventuelt brukes som innervegger (Sørnes, et al., 2014, s.37).

Tekniske utfordringer

De tekniske utfordringene av vinduer er knyttet til helse-og miljøfarlige stoffer i isoleringsglass og energikrav (Sørnes, et al., 2014, s.37).

Følgene punkter bør være oppfylt når det skal vurderes om vinduer egner seg for ombruk (Sørnes, et al., 2014, s.37):

- Glasset og rammer bør være uskadd
- Glasset må kunne oppfylle gjeldene krav til energiltak

Helse, miljø og sikkerhet

Vinduer inneholder generelt sett miljøfarlige stoffer og bør behandles på en forsvarlig måte. Norske vinduer produsert mellom 1965 og 1975 kan inneholde PCB. Klorparafiner vil også kunne påvises i norske vinduer som er produsert fra 1976 til 1989. Andre helse- og miljøfarlige stoffer som kan finnes i vinduer er asbest, HKFK-gass og ftalater (Kilvær, et al., 2019, s.78).

Miljøgevinst

Det er energikrevende å fremstille vinduer, dermed er miljøgevinsten stor ved å ombruke vinduer framfor å fremstille nytt (Sørnes, et al., 2014, s. 38).

3.3.6 Branntekniske materialer

For å vurdere om en byggevare egner seg til ombruk er det nødvendig å undersøke hvordan dokumentasjonen til produktet tilfredsstiller dagens krav. Det har blitt innført regler for klassifisering av branntekniske byggevarer som er felles for land i EØS (SINTEF Byggforsk, 2017). I kapittel 11 Sikkerhet ved brann i TEK17, fremkommer det at det er en nasjonal overgangsordning mellom den gamle, norske standarden NS3919 og den nye NS-EN13501-serien (Byggteknisk forskrift (TEK17) med veileder, 2017). Det betyr at dersom en byggevare er testet og godkjent etter den eldre, norske standarden, vil den, så lenge overgangsordningen er gjeldende, være godkjent for å settes inn i et bygg i dag.

Dersom en byggevare allerede har vært plassert i et bygg, og vurderes å ombrukes, er det ikke nødvendigvis like enkelt å få til ombruk i praksis. En byggevare kan ha vært utsatt for slitasje eller skader over tid, som gjør at egenskapene ikke lenger samsvarer med den originale produktdokumentasjonen. Det er mulig å anskaffe en ETA eller SINTEF teknisk godkjenning for å fremskaffe ny produktdokumentasjon, noe som krever at byggevaren blir demontert og testet i SINTEF sine testlaboratorier.

Å omsette byggevarer basert på overgangsreglene fra før byggevarereordningen trådte i kraft i 2013 kan være en mer praktisk gjennomførbar måte å ombruke branntekniske byggevarer, enn å omdistribuere med ny teknisk dokumentasjon. Internt ombruk kan også være et mulig alternativ.

I et dansk tidsskrift om brann og sikring (DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk institut, 2020) blir det kastet lys over problemstillinger rundt gjenbruk av branndører. I artikkelen sies det at det er problemer rundt å gjenbruke og klassifisere materialer som krever branntesting (DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk institut, 2020, s. 8). Simon Sköld, som blir sitert i artikkelen, påpeker at en brannteknisk test er destruktiv. Etter en destruktiv test vil døren være ubrukelig. Artikkelen tar også for seg et eksempel hvor f.eks. hundre dører gjenbrukes fra et lokale, mens bare noen få kan bli testet. Det forklares at testen av noen få dører ikke kan si noe om de branntekniske egenskapene til de resterende dørene, da de kan ha blitt utsatt for forskjellig bruk og behandling som kan ha påvirket egenskapene.

Det konkluderes videre i artikkelen (DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk institut, 2020) at det i nåværende tidspunkt må anvendes nye produkter der det stilles krav til brannklassifisering av materialene.

3.3.7 Oppsummering av muligheter og utfordringer ved materialene

Det har blitt laget en oppsummering av muligheter og utfordringer knyttet til ombruk av materialene fra kapittel 3.3, se figur 11.

Materialer	Muligheter	Utfordringer
Betong	<ul style="list-style-type: none"> • Prefabrikkerte betongelementer • Betonghulldekker kan kappes og fremdeles beholde sin originale spennkraft 	<ul style="list-style-type: none"> • Vanskelig å dokumentere krav til styrke og sammensetning • Betonghulldekker har ikke reversible sammenføyninger som endeforankring, fugestøp og påstøp • 1930-1980: Betong fra denne perioden kan ha spor av PCB. • Betong med spor av asbest skal absolutt ikke ombrukes
Stål	<ul style="list-style-type: none"> • Er bestandig, har lang levetid, er ubrennbart, trekker ikke vann og krymper ikke • Søylar og bjelker som ikke er deformert eller er korrosjonsskadet har de mulighet til å ombrukes 	<ul style="list-style-type: none"> • NS-EN 1993-1-1: Standarden tillater ikke bruk av åpne profiler og plater som er eldre enn 2004, og hulprofiler som er eldre enn 2006 • Stålkonstruksjoner som er produsert før 1965 har dårligere sveisbarhet og kan ikke ombrukes • Stålkonstruksjoner som er produsert før 1970 møter ikke kravene i de moderne prosjekteringsstandardene. • Stålkonstruksjoner med påført maling eller overflatebehandling som består av PCB, tunge metaller, asbest og klorparafiner skal ikke ombrukes

<p>Trevirke</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Det er mulig å ombruke alle type trevirke og tre fiberprodukter, fordi de har som regel lang levetid og kan generelt sett demonteres enkelt og har ofte reversible skrudde innfestingspunkter • Erfaringer tilsier at dersom trevirket ikke har noen form for råte eller fuktskade, så er ikke styrken forringet 	<ul style="list-style-type: none"> • Vanskelig å dokumentere egenskapene til brukt trevirke med bærende egenskaper • Vanskelig å oppdage trykkbrudd i trevirket. Hvis trevirket blir utsatt for slag eller er overbelastet når det rives ned, kan materialet få brudd og skade og miste sin fasthetsklasse • Trevirke som er CCA-og kreosotimpregnert skal ikke ombruks
<p>Tegl</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Er robust og har lang levetid • Fram til 1925: kalkmørtel på teglkonstruksjoner som er lett å frigjøre og rense • For teglkonstruksjoner murt med sementmørtel kan demonteringen gjøres i felter med diamentsag. Prosessen er krevende, men ikke umulig 	<ul style="list-style-type: none"> • Fra 1950 og utover: sementblandet mørtel som er vanskelig å skille • Dersom teglsteinen er malt eller hatt overflatebehandling kan det forekomme miljøfarlige stoffer som tungmetaller og klorparafiner • Dersom konsentrasjonen av PCB i teglsteinen er over 0,01 mg/kg, kan det ikke ombrukes
<p>Vinduer</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Å demontere vinduer er generelt sett lite krevende • Moderne vinduer med modulmål kan ombrukes forutsatt at de oppfyller krav til energiltak • Eldre vinduer kan brukes som innervegger 	<ul style="list-style-type: none"> • Eldre vinduer har ikke de samme egenskapene (U-verdi og motstand mot vanngjennomtrengning) som kreves av nye vinduer • Norske vinduer produsert mellom 1965-1975 kan inneholde PCB • Norske vinduer produsert mellom 1976-1989 kan inneholde klorparafiner • Andre helse- og miljøfarlige stoffer som kan finnes i vinduer er asbest, HKFK-gass og ftalater

Figur 11: Oppsummering av muligheter og utfordringer ved materialene.

3.4 Eksempler på ombruk og ombygging i praksis

Slik som regelverket er i dag er det ikke til hinder for at for eksempel bærekonstruksjon kan bli brukt i prosjekter hvor det ombygges eller rehabiliteres et eksisterende bygg (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Det å ta vare på eksisterende konstruksjoner er en svært gunstig måte å få ned klimaavtrykket på. Lokalt ombruk av byggevarer i rehabiliterings og ombyggingsprosjekter vil som regel være mer praktisk gjennomførbart enn ombruk hvor byggevaren skal demonteres og plasseres inn i et nytt bygg. Det er blant annet fordi at det er ved omsetning av byggevarene at kravene i byggevarerforskriftene setter begrensninger (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). I de neste kapitlene vil det bli vist noen eksempler på ombruk, både lokalt og nye bygg.

3.4.1 Ombruk: Hulldekker fra regjeringsbygg 4 i regjeringskvartalet Oslo

I april 2019 startet rivningen av regjeringsbygg 4 (R4) i regjeringskvartalet i Oslo (Statsbygg, u.d.). R4 ble bygget i perioden fra 1985 til 1988, og utgjør 25700 kvadratmeter fordelt over ni etasjer (Statsbygg, u.d.). Betonghulldekkene i regjeringsbygget har blitt ombrukt i Entras prosjekt i Kristian Augusts gate 13 (KA13), og skal i tillegg bli ombrukt i nye Oslo Storbylegevakt av Omsorgsbygg (Statsbygg, u.d.). Det er for første gang at hulldekker skal bli flyttet og brukt på nytt i Norge (NRK, 2020).

3.4.2 Entras prosjekt Kristian Augusts gate 13 i Oslo sentrum

Det bygges et tilbygg til det eksisterende bygget i Kristian Augusts Gate 13 i Oslo (KA13), som er bygget på 50-tallet (Entra, u.d.). Prosjektet er et pilotprosjekt hvor Entra går inn for å restaurere og bygge med ombruksmaterialer (Espelid, et al., 2019). Tilbygget vil bestå av åtte etasjer, med en grunnflate på 60 kvadratmeter, hvor tre av etasjene vil bestå av ombrukte betonghulldekker fra regjeringskvartalet (Futurebuilt, 2020). I tillegg vil det være ombruk av konstruksjonsstål, isolasjon og materiell til kledning i det nye tilbygget, samt tekniske installasjoner og materiell til innvendig og utvendige overflater (Nordby & Shine, 2020). Før materialene kunne blir tatt i bruk måtte de gjennom ”en omfattende teknisk og juridisk kvern” (Espelid, et al., 2019), før de kunne bli godkjent til å ombrukes.

Betonghulldekkene ble kontrollert for bæreevne og kapasitet, og det ble tatt ut kjerneprøver av utvalgte dekker som ble testet av SINTEF for karbonatisering, klorinntrengning og trykkapasitet (Espelid, et al., 2019). Når hulldekkene besto testene ble det videre undersøkt hvordan dekkene juridisk kunne bli lovlig omsatt (Espelid, et al., 2019). Det som ble utslagsgiver på det juridiske var handlingsrommet på å omsette materialer som har blitt bygget før byggevareforordningen trådte i kraft (Espelid, et al., 2019). Prosjektet skal etter planen stå ferdig i løpet av 2020, og det skal utarbeides en bred erfaringsrapport fra prosjektet som vil deles med bransjen (Futurebuilt, 2020).

3.4.3 Ombruk: Gjenbrukshuset i Trondheim

I 2003 ble to like kommunale firemannsboliger bygget i Trondheim. Den ene ble bygget på ordinær måte med nye materialer, mens den andre ble bygget med vekt på gjenbrukte materialer, se figur 12. Dette var et pilotprosjekt der kommunen ville undersøke økonomiske, tekniske og miljømessige forhold knyttet til gjenbruk i moderne boligbygging. I gjenbrukshuset er det ca. 85 % av reisverk og kledning av trevirke som er blitt gjenbrukt og omdimensjonert til standarddimensjoner, og testet ut fra gjeldende styrke- og kvalitetskrav. I tillegg er all takstein og teglmur, alle innerdører, 16 av totalt 24 vinduer også gjenbrukte materialer. De ulike ombrukte materialene kom fra riveprosjekter i trondheimområdet. De gjenbrukte materialene i gjenbrukshuset har ikke gitt noen uforutsette overraskelser av betydning, og huset er fremdels i bruk (Trondheim kommune, 2019).

En miljømessig sammenlikning av disse to bygningene i oppføringsfasen viste at gjenbruk av bygningsmaterialer gav betydelig miljømessig gevinst iblant annet følgene miljøaspekter: drivhuseffekt, total energibruk og miljøøkonomi (Trondheim kommune, 2019).



Figur 12: Til høyre gjenbrukshuset, til venstre ordinær bygget. Bilde hentet fra (Trondheim kommune, 2019).

3.4.4 Ombygging: Media City Bergen

Media City Bergen, vist i figur 13, er et næringsbygg som huser blant annet TV2, BA og NRK, lokalisert sentralt i Bergen sentrum. Bygget ble transformert og bygget videre på den allerede eksisterende betongstrukturen og ble ferdigstilt i 2017 (Klokk, u.d.).



Figur 13: Media city Bergen. Bilde ble tatt i forbindelse med oppgaven.

Det ble foretatt et intervju med høgskolelektor Trond Einar Martinsen som var med å prosjektere ombyggingen av Media City Bergen. I intervjuet kom det frem at alt av råbygget ble gjenbrukt, som blant annet bestod av betongkonstruksjoner, søyler, bjelker, dekker og vegger. Videre forklarer Martinsen at en «nostalgisk og spesiell himling» ble ombrukt i prosjektet.

For å forsikre at materialenes ytelse fortsatt møtte dagens krav kommer det frem i intervjuet at de eksisterende betongkonstruksjonene ble kontrollert på kritiske steder ved at betongkjerner ble boret ut og trykktestet. I tillegg ble eksisterende tegninger og beregninger gjennomgått i detalj. Martinsen forklarer at deler av de eksisterende konstruksjonene ble revet for nytt atrium; her ble eksisterende konstruksjoner også dokumentert i forhold til eksisterende tegninger.

Media city oppnår høye ytelser på gjenbruk, materialvalg, bygningsfysikk, transport og energikonsept, og er sertifisert til nivået very good i BREEAM (Klokk, u.d.).

3.5 Hvordan få byggevarene prosjektert inn i et nytt bygg

I en rapport utgitt av Asplan Viak (Nordby, 2018) er det beskrevet diverse tiltak som kan bidra til å bygge opp et marked for ombruk. Det anbefales at en kartlegging av ombruksmulighetene gjøres i samme fase som en miljøkartlegging og avfallsplan utføres for et bygg som skal rives, eller når det utføres en tilstandsvurdering for et bygg som skal rehabiliteres (Nordby, 2018, s. 32). Videre fremkommer det i rapporten at det bør være informasjon om følgende for at materialene kan prosjekteres inn i et nytt bygg:

- *Volum*
- *Antall*
- *Plassering geografisk*
- *Kvalitet og tilstand*
- *Pris*
- *Leveringsbetingelser*
- *Behov for mellomlagring og muligheter*

Dersom det blir registrert hvilke materialer som har potensiale for ombruk vil det dessuten være lettere å planlegge rivning av bygget på en skånsom måte der det ønskes å ta vare på materialene.

3.6 Innhenting av dokumentasjon tilhørende bygninger

En av utfordringene med en kartlegging av ombrukspotensial er at det ofte er manglende informasjon om eldre bygninger. Det kan være praktisk å ha tilgang til byggetegninger, detaljetegninger og statiske beregninger for å finne ut hvilke materialer som har potensiale for ombruk.

I SINTEF Byggforsk 720.612 (SINTEF Byggforsk, 1999) er det beskrevet hvor det kan innhentes tegninger og beskrivelser til et bygg:

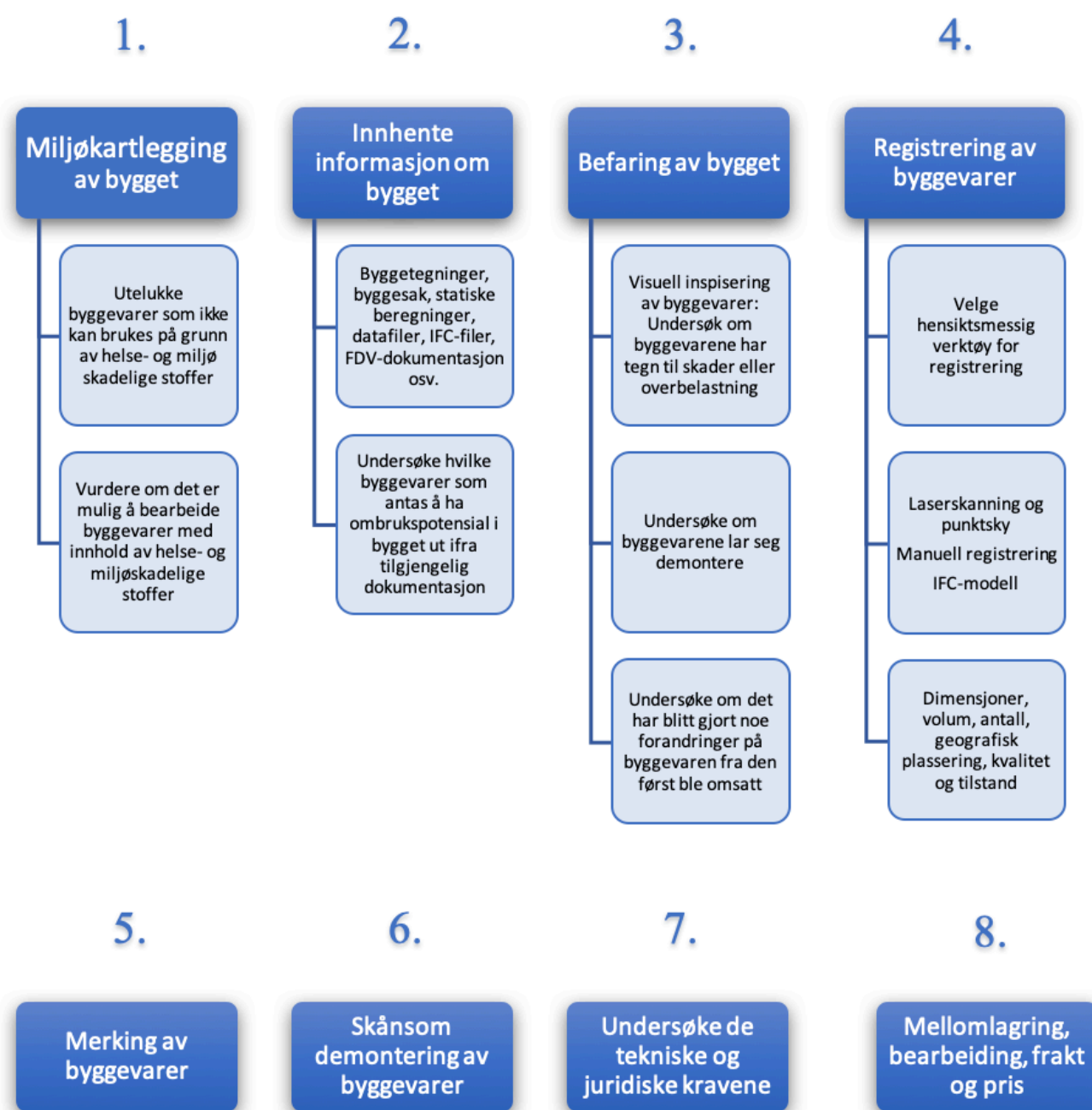
- Kommunen, kommunens arkivmyndighet, f.eks. Byarkivet
- Arkitekter, rådgivende ingeniør, entreprenør
- Egne arkiver, som til eiendomsforvaltere, borettslag, boligsameier og liknende
- Riksantikvar, fylkeskommunens kulturminneetat, byantikvar
- Norges brannkasse

Det har vært krav til å søke ved oppføring av bygninger siden 1965 i Norge (SINTEF Byggforsk, 1999). Dermed er det mulig å finne tegninger, statiske beregninger og beskrivelser i arkivene til kommunen. Som regel behøves det å ha gårds- og bruksnummer til bygget for å kunne finne informasjon i arkivene til kommunen.

Det vil i noen tilfeller være informasjon å finne om bygget hos arkitekter, rådgivende ingeniører og entreprenører som har vært tilknyttet byggeprosessen, men det vil variere hva som er arkivert hos dem, samt hvor lenge det blir lagret.

4 Foreslått metode for kartlegging

I forbindelse med oppgaven er det utarbeidet et forslag til metode for kartlegging av ombrukspotensial til et bygg. Den foreslåtte metoden er laget på bakgrunn av tilegnet kunnskap fra litteraturstudiet. Punkt 1. til 4. i metoden blir benyttet i de tre casene i den grad det er mulig, se figur 14. Stegene står nummerert i rekkefølge, men det presiseres at noen av punktene kan bli utført samtidig. Punktene 5. til 8. er ikke grundig undersøkt og tas ikke med i arbeidet i mulighetsstudiet på grunn av oppgavens avgrensning. Alle punktene vil derimot være viktige å utføre i en komplett kartleggingsprosess.



Figur 14: Foreslått metode for kartlegging av ombrukspotensial i bygg, laget i forbindelse med oppgaven

5 Mulighetsstudier

5.1 Case-studie nr. 1: Kartlegging av MB-Auto ved hjelp av laserskanner og punktsky

I denne delen av oppgaven ble det undersøkt om laserskanning av et bygg kan være praktisk for innhenting av informasjon om konstruksjonsmaterialer og vinduer. Skanningen og sammenslåing av punktskyen ble utført av Veseth AS, mens befaring og etterarbeid med punktskyen ble utført av studentene i denne oppgaven.



Figur 15: Foto av fasaden til MB-auto, tatt på befaring

Laserskanningen ble utført på et bygg som har ett plan, og som tidligere fungerte som bilforhandler. Adressen til bygget er Vestre Fantoftåsen 21. Grunneier for bygget er Veidekke Eiendom AS. Bygget står i dag tomt, og tomten rundt bygget blir benyttet som parkeringsplass, se figur 15.

5.1.1 Miljøkartlegging

Det var ikke mulig å få utført en miljøkartlegging av bygget.

5.1.2 Innhenting av informasjon om bygget

Byarkivet ble kontaktet for å innhente tegninger av bygget, men det var ikke noe å hente der fordi bygget ble oppført før Fana kommune ble slått sammen med Bergen kommune. Ut ifra byggesak som var tilgjengelig fra Byarkivet antas det at bygget er oppført mellom 1960 og 1966.

5.1.3 Befaring av bygget og registrering av materialer

Før skanningen ble satt i gang ble bygget inspisert for å undersøke konstruksjonsmaterialer og vinduer som potensielt kan ombrukes.

Vindu: Bygget har ni store vinduer, se figur 16. Vinduene så ut til å være i god stand, men de er såpass gamle at u-verdien ikke er god nok for dagens energiltak. De kan eventuelt brukes som innervegger.



Figur 16: De store vinduene i MB-auto. Bilde ble tatt på befaring.

Limtrebjelke: Det er åtte limtrebjelker som er malt hvite, og som strekker seg fra utsiden på tvers av bygget og igjennom hallen, se figur 17. Det er ikke mulig å se innfestningsmetoden av limtrebjelkene ettersom deler av bjelkene er kledd inn i veggen, og er derfor vanskelig å vurdere. I tillegg er det fare for fuktskade på bjelkene ettersom de strekker seg på utsiden av bygget.



Figur 17: Limtrebjelkene i MB-auto. Bilde ble tatt på befaring.

Stålbjelke: I garasjen på bilhallen er det to stålbjelker av H-profil, se figur 18. I likhet med limtrebjelkene er det også vanskelig å se innfestningsmetoden til stålbjelkene. Disse stålbjelkene er ikke egnet for ombruk siden de er fra før 1970 og har muligens dårlig sveisbarhet.



Figur 18: Stålbjelke i MB-auto. Bilde ble tatt på befaring.

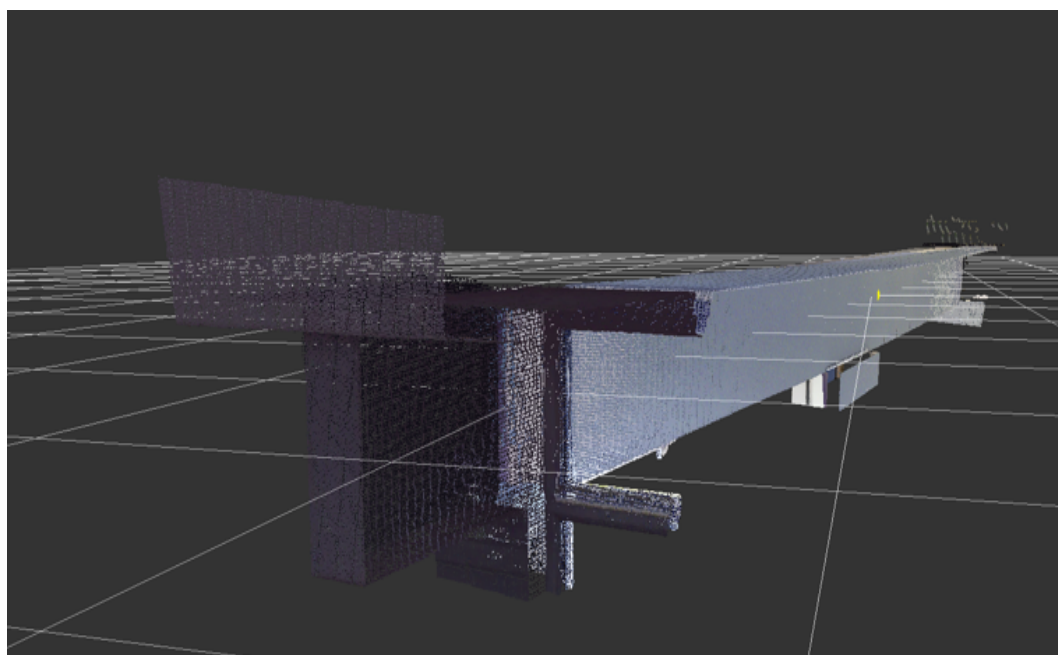
Utførelse av laserskanning

Laserskanneren ble plassert flere steder i rommet for å få tilstrekkelig med punkter som vil gi et tredimensjonalt bilde av alle delene av rommet. For å få plassert bygget med riktige koordinater ble det gjort en innmåling av bygget. Det ble målt inn tre punkter på kumløkk ved hjelp av GNSS-mottaker for å lage et hjelpepunkt. Disse hjelpepunktene ble videre brukt til å posisjonere totalstasjonen ved å sikte inn på en prismestav som var plassert i hjelpepunktet.

Etter at utsiden av bygget ble målt inn med koordinater, ble totalstasjonen plassert slik at det var mulig å måle inn noen punkter fra innsiden av bygget, via en åpen dør. I dette tilfellet var det hjørnene på en rist over et ventilasjonsavtrekk. Dette ble gjort for å knytte sammen punktskyen fra innsiden til utsiden av bygget. I dette bygget var det limtrebjelker som strakk seg fra utsiden av bygget og inn. Det var derfor mulig å få et godt mål av disse bjelkene når punktskyen ble knyttet sammen.

Behandling av punktskyen

På grunn av begrensninger med lagringsplass på tilgjengelig datamaskin ble det arbeidet med mindre punktskyer som var hentet ut fra hovedmodellen. Punktskyene inneholdt skannede konstruksjons- og bygningsdeler som var av interesse.

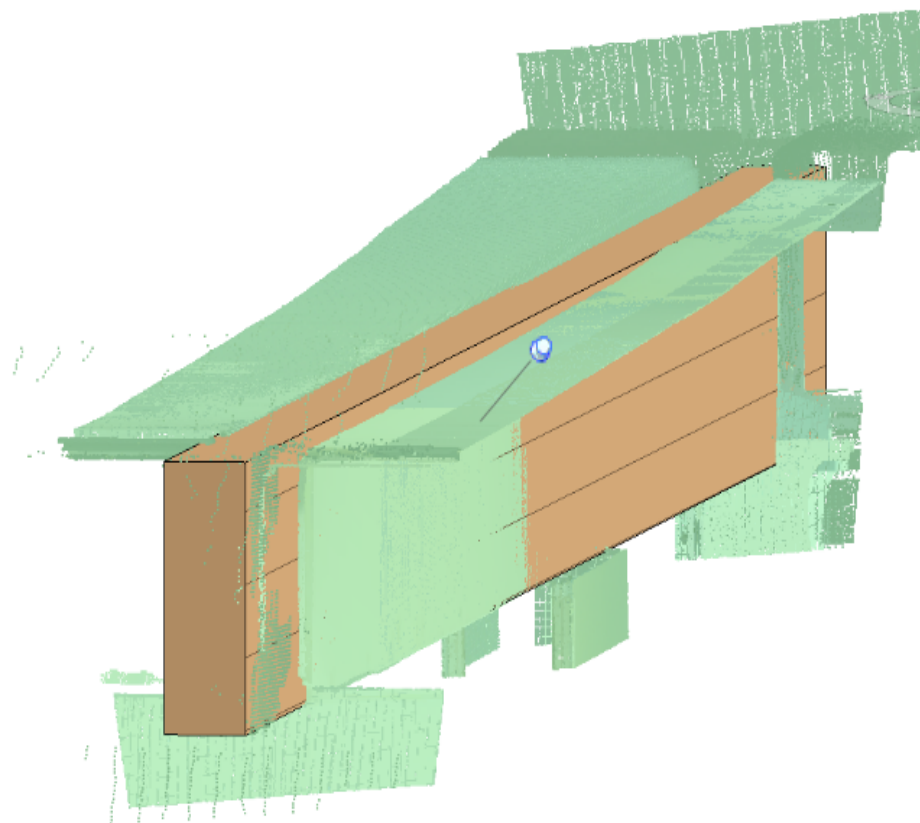


Figur 19: Punktsky av limtrebjelke i Recap

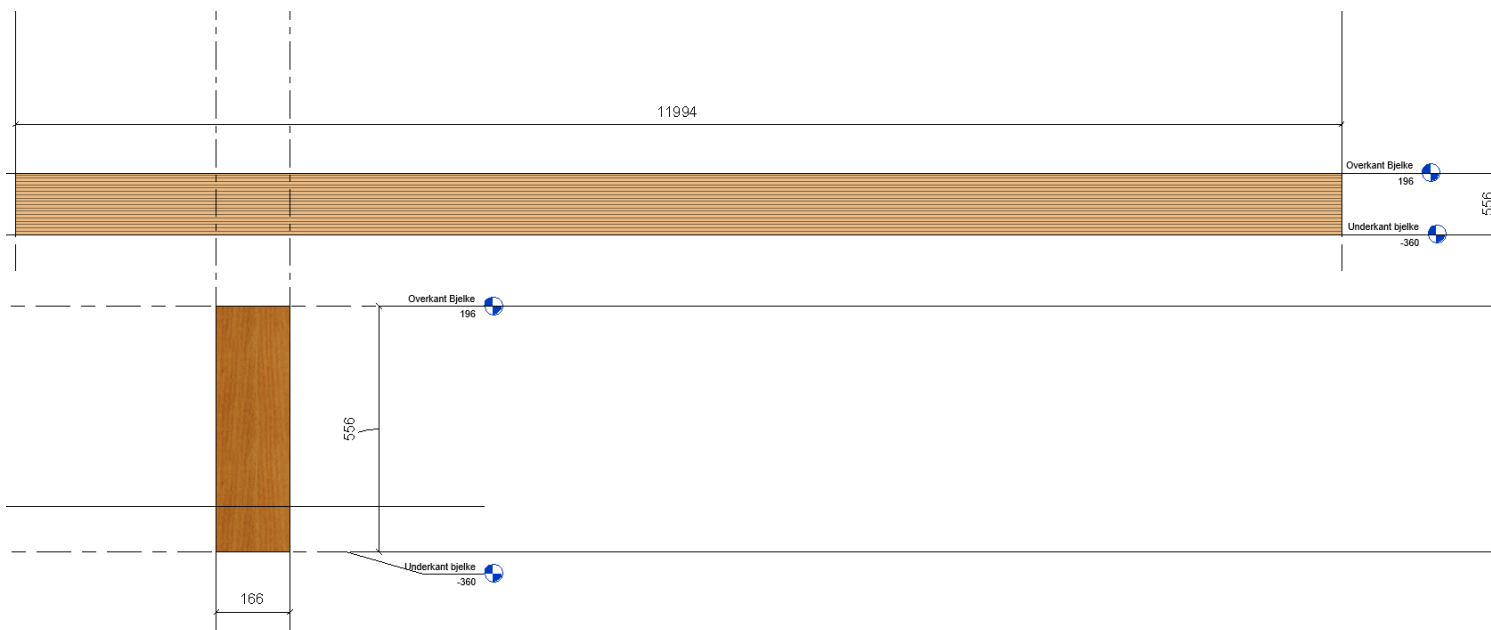
Punktskyen ble lastet opp i ReCap, hvor det var mulig å behandle punktskyen og ta mål av dimensjonene, se figur 19 for illustrasjon av punktsky i ReCap. Limtrebjelken er videre importert til Revit Structure hvor punktskyen ble videre behandlet.

I punktskyen vil det være koordinater tilknyttet hvert punkt. Disse punktene kan brukes til å tegne omriss av bygningselementene, som vil gi tilnærmet størrelse, basert på koordinatene til punktene.

Ytterhjørnene til den visuelle bjelken i punktskyen ble benyttet som referansepunkt til å lage hjelpelinjer. Videre ble bjelken tegnet i krysningpunktet mellom hjelpelinjene. For å få mest mulig nøyaktig resultat ble målene kontrollert opp mot målene gjort i ReCap. Bjelke som er tegnet på punktskyen i Revit er vist i figur 20.



Figur 20: Limtretrager tegnet over punktsky i Revit



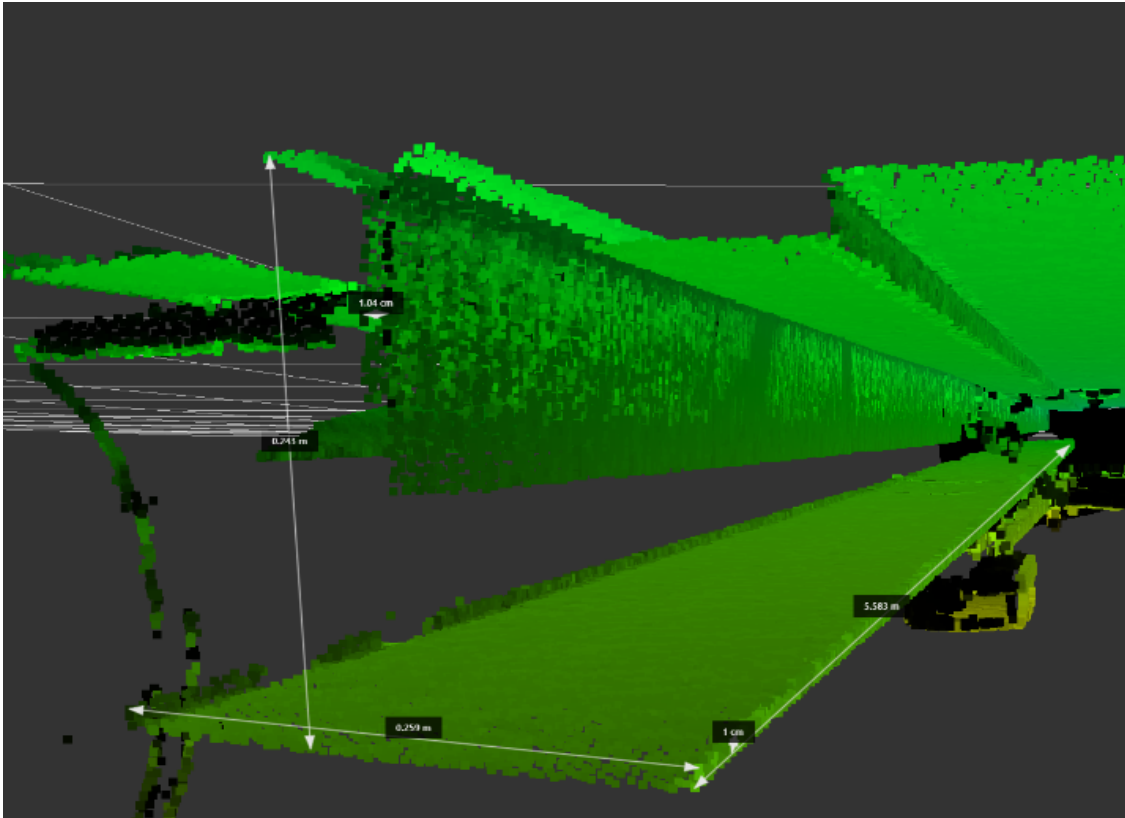
Figur 21: Utklipp fra sheets i Revit, lengde og tverrsnitt limtre drager

De ferdige målene av limtrebjelken, som ble tegnet og målt i Revit, er vist i figur 21. Revit ble videre benyttet til å hente ut tabeller over størrelsene til objektene. Dette gjør at kartleggingen av dimensjoner, volum og antall blir mer effektivt enn å notere de ned manuelt. Dimensjonene til bjelken ble videre eksportert fra Revit til Excel, vist i figur 22. Det totale antallet er 1 ettersom det ble arbeidet på en punktsky som har utklipp av én bjelke.

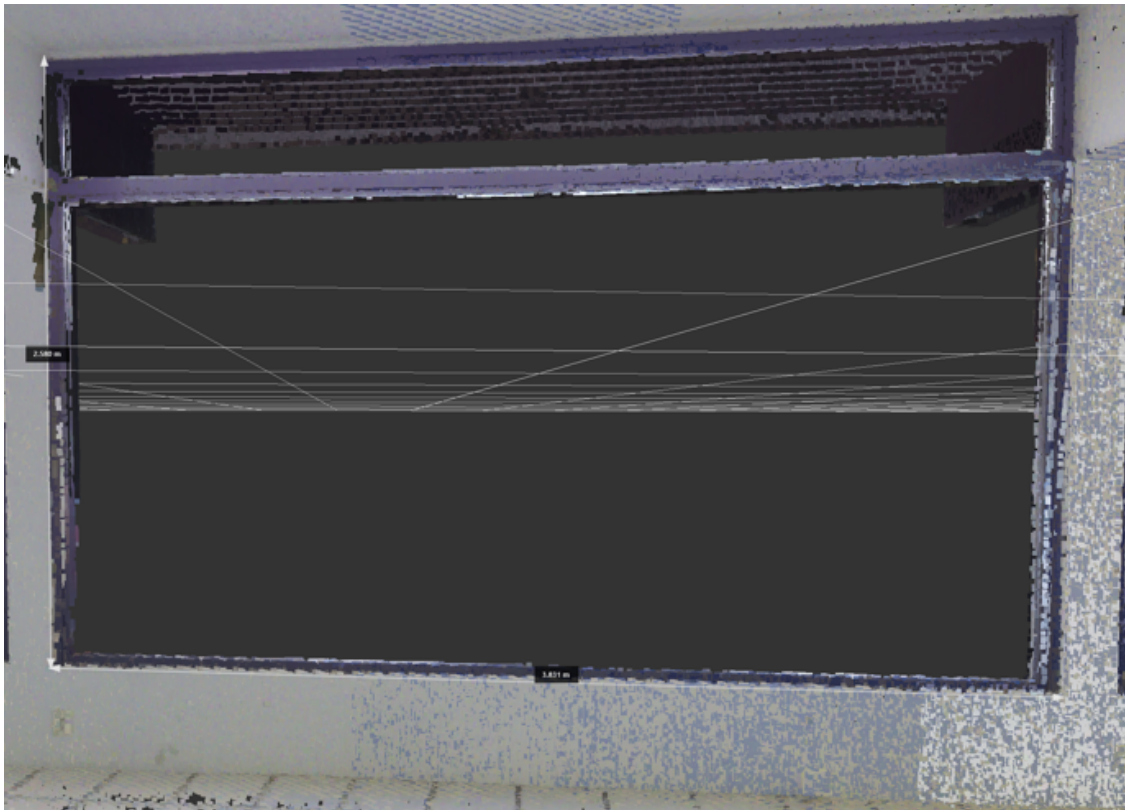
Level	Type	Structural Usage	Count	Element	+/-	Function	Material	QID	Host QID	Length/Width	Height	Thickne ss	Area	Volume
Underkant bjelke	Bjelke limtre	Bearing	1	Basic Wall1: Basic Wall: Bjelke limtre		Exterior		1	n/a					
			1	Layer 1: Main	+	Structure [1]	Wood - Stained	1		11994	556	166	7	1,11
	TOTAL: Bjelke limtre		1				Wood - Stained						7	1,11
TOTAL: Underkant bjelke			1				Wood - Stained						7	1,11
TOTAL: All Levels			1				Wood - Stained						7	1,11

Figur 22: Materialeinformasjon eksportert fra Revit til Excel

Videre ble størrelsene til stålbjelken og vinduet målt i ReCap. Stålbjelken i taket målsettes i tverrsnittet og i lengderetning bjelke, vist i figur 23. Målene tatt av et vindu er videre vist i figur 24. Merk at målene er litt vanskelig å lese av i figurene, men blir vist i tabell 1 lengre ned i oppgaven. Det understrekes at stålbjelken er kun tatt med her for å illustrere bruken av ReCap, da det er nevnt tidligere at bjelken ikke egner seg for ombruk.



Figur 23: Målsetting av stålbjelke i ReCap.



Figur 24: Mål av vindu i ReCap

Resultat:

Byggevarer med ombrukspotensial i MB-Auto er: limtrebjelker og vinduer, se tabell 1.

Lengdene registrert i tabell 1 er minimumslengder av materialene.

Type	Lengde [m]	Bredde [mm]	Høyde [mm]	t flens [mm]	t steg [mm]	Farge	Egnet for ombruk?	Volum [m ³]	Antall	Totalt	
Stålbjelke	5,583	259	243	10	10,4	Hvitmalt	Nei	0,042	2	11,166	m
Limtretrager	11,994	166	556			Hvitmalt	Mulig	1,107	8	95,952	m
Vindu		3831	2589			Mørk karm	Mulig	-	7	69,42921	kvm

Tabell 1: Oversikt over de registrerte materialene

5.2 Case-studie nr. 2: Kartlegging av Krokeideveien 13 ved manuell registrering

I dette case-studiet skal bygget kartlegges og registreres ved hjelp av manuelle registreringsverktøy. I tillegg skal materialene registreres i en digital markeds plass, som er under utvikling av GreenStock.

Generell informasjon om bygget



Figur 25: Fasade av bygget i Krokeideveien 13. Bilde tatt på befaring.

Bygget ble opprinnelig bygget som kontorbygg/administrasjonsbygg, se figur 25. Prosjektet fikk byggetillatelse i 1981, og ferdigattest desember 1983. Senere i 2012 ble det gjort ferdig en ombygging hvor første etasje ble gjort om til et butikklokale, med tilhørende lager og kontor i halve delen av 2. etasje. I dag er det KIWI som leier butikklokalet. Det planlegges at bygget skal rives, og bygges opp som et nytt butikklokale over ett plan, men med samme høyde som det originale bygget. Det skal undersøkes om det er noen materialer i bygget som kan ombrukes. Byggherre er interessert i å spare penger ved et eventuelt salg av materialene. Dersom materialene kan gis bort vil byggherre også minske kostnadene ved deponi av bygningsmassene som skal rives.

5.2.1 Miljøkartlegging

Det ble ikke utført en miljøkartlegging av bygget.

5.2.2 Innhenting av informasjon om bygget

Det ble gjort tilgang til komplett byggesak fra Bergen Kommune via eier av bygget. Denne ble benyttet i forarbeidet for å undersøke hvilke materialer som kunne forventes å finne. Det kom frem i byggemeldingen fra 1981 at det er plaststøpte gulv på grunn og etasjeskiller, som dermed ikke vil være gunstig for direkte ombruk. Bærende søyler i første etasje skulle i følge byggesak bestå av plaststøpte betongsøyler. Det kom videre frem at det skulle være stålsøyler i 2.etasje i bygget som kunne være av interesse å se på i forhold til ombruk

Det ble undersøkt hvordan det kunne fremskaffes i ytterligere informasjon om bygget, som byggetegninger og statiske beregninger. I den forbindelse ble tidligere arkitekt, entreprenør og rådgivende ingeniør fra tidligere ombygging kontaktet i håp om å finne noe underlag fra bygget. Det viste seg at det ikke var noe å hente av informasjon hos dem.

Byarkivet i Bergen Kommune gav innsyn i byggets statiske beregninger og byggetegninger. Både byggetegningene og beregningene er håndskrevet/tegnet fra 1982, og gav en bedre byggeteknisk oversikt over bygget enn dokumentene fra komplett byggesak. I tegningene kom det frem at søylene i andre etasje ikke skulle være av stål, men betong.

Vinduene skulle i følge byggesak være elokserte aluminiumsvinduer med tolags isolerglass. Aluminium som er eloksert vil si at metallet har vært igjennom en elektrolyseprosess som medfører at aluminiumen blir mer bestandig mot korrosjon, har høyere bestandighet mot slitasje og vil være mer dekorative, alle egenskaper som vil være positive med hensyn til ombruk (Norsk elokseringsbedrifters forening, 2014).

Vinduene i seg selv vil høyst sannsynlig ikke oppfylle dagens krav til U-verdi. Tatt i betraktning året for byggemeldingen, og kravene som gjaldt på det tidspunktet, kan det forventes en U-verdi på maksimum $2,8\text{W/m}^2\text{K}$, som er langt over dagens krav på

$U \leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Norconsult, 2013, s. 97). Vinduene kan muligens bli brukt som innervegg, gitt at de ikke inneholder noen helse-og miljøskadelige stoffer.

Videre skulle det i følge dokumentasjonen som var tilgjengelig være lette montasjevegger som innervegger og til dels murte teglvegger. Utvendig kledning skal i følge byggemeldingen til dels være forblendet med rød teglstein.

5.2.3 Befaring av bygget og registrering av materialer

Befaring av bygget ble gjort mens bygget var i bruk av leietaker. Det var derfor ikke mulig å flytte på inventar eller rive deler av bygget for å få tilgang til de aktuelle materialene. Dette hadde en innvirkning på mengden informasjon som kunne bli innsamlet.

Det var ikke tilgang til hele bygget, men hele første etasje samt halvparten av andre etasje var tilgjengelig. Ved befaring av bygget ble det oppdaget at ikke alt i bygget var som byggemeldingen beskrevet. Bærende søyler i andre etasje viste seg å være betongsøyler, som stemte overens med byggetegningen. Betongsøylene i både første og andre etasje hadde merker etter forskalingen, og kan dermed med høy sannsynlighet anses å være plasstøpte. Betongsøylene egner seg dermed ikke til direkte ombruk. Dersom det ikke er for høye verdier av for eksempel krom6, eller andre helse- og miljøskadelige stoffer, kan det vurderes om betongen kan benyttes som tilslag i ny betongmasse.

Teglstein: Teglsteinen i kledning så ut til å være i generelt god stand. Det var ingen tydelige tegn til mekaniske skader, bortsett fra områdene rundt utsparinger til rør eller kabler. Det var noe antydning til kalk- eller saltutslag på noen partier av kledningen, se figur 26.



Figur 26: Noe kalk-eller saltutslag på fasadetegl

I de øverste partiene på byggets sør-østlige side så det ut til å være noe mose i fugene.

Det var utfordrende å se om mursteinen i kledningen var bestående av hulltegl eller massivtegl. Undersøkelsene rundt bygget, der underside av murstein var synlig, gav en indikasjon på at det er benyttet både hulltegl og massivtegl i fasaden. Det var ikke tegn til sprekker eller frostskafer i fasadesteinen.

For å få ombrukt mursteinen må den enten sages ut i felter, eller mursteinene må rives ned forsiktig og pusses fri for mørtel. I dette bygget er mursteinen oppført i et tidsrom som tilsier at det med stor sikkerhet er sementbasert mørtel. Det er vanskelig å få revet murstein bygget med sementbasert mørtel uten at steinen blir ødelagt i prosessen. Det anbefales dermed at mursteinsfasaden blir demontert på en slik måte at fasaden blir skjært ut i partier i slik størrelse at de lett kan fraktes videre. En oversikt over mengder murstein med ombrukspotensial er vist i tabell 2.

Bygningsdel	Bredde [mm]	Høyde min [mm]	Lengde [mm]	Antall	Egnet for ombruk?	Areal [m ²]	Volum [m ³]
Teglstein	104	60	226	10924	Mulig	148,1	15,4

Tabell 2: Oversikt over registrert teglstein

Vinduer: Vinduene var som beskrevet i byggemeldingen, og er bestående av et tolags isolerglass, med en brunmalt treramme på innsiden, og eloksert aluminium på utsiden, se figur 27. Vinduene hadde varierende størrelsesmål, og kan tenkes å være spesialbestilt av produsent for å være tilpasset bygget. En liste over de forskjellige målene er gitt i tabell 3.

Vinduene er midthengslet, og kan vendes 180 grader horisontalt. Produsenten er Jon Hole Vaksdal. Vinduene fremstår som i god stand. En andel av vinduene har en folie festet på utsiden av glasset. Dette forringer den estetiske kvaliteten, men det antas at det er mulig å fjerne.



Figur 27: Midthengslet vindu. Bilde ble tatt på befarings.

Bygningsdel	Bredde [cm]	Høyde min [cm]	Tykkelse [cm]	Type	Antall	Egnet for ombruk?	Folie?	Vindusareal[kvm]
Vindu	222	222	-	Hole Iso	1	Ja	Nei	4,93
Vindu	122	142	11	Jon Hole Vaksdal	3	Ja	Nei	5,20
Vindu	95	69	11	Jon Hole Vaksdal	2	Ja	Nei	1,31
Vindu	118	142	11	Jon Hole Vaksdal	4	Ja	Nei	6,70
Vindu	122	128	11	Jon Hole Vaksdal	9	Ja	Ja	14,05
Vindu	95	128	11	Jon Hole Vaksdal	2	Ja	Ja	2,43
Vindu	115	128	11	Jon Hole Vaksdal	2	Ja	Ja	2,94
Vindu	118	128	11	Jon Hole Vaksdal	3	Ja	Ja	4,53
Vindu	117	108	11	Jon Hole Vaksdal	1	Ja	Ja	1,26
Vindu	122	142	11	Jon Hole Vaksdal	6	Ja	Ja	10,39
Vindu	122	142	11	Jon Hole Vaksdal	2	Ja	Nei	3,46
Vindu	118	142	11	Jon Hole Vaksdal	5	Ja	Ja	8,38
Sum					40			65,6

Tabell 3: Oversikt over registrerte vinduer

Stålbjelker: Det var noen mindre stålbjelker som holdt oppe selvbærende takplater og et loft, se figur 28. To av bjelkene, L-bjelkene, var boltet på langs inn i to limtredragere. Hver bjelke har til sammen 14 boltehull, og har ombruksverdi da de kan demonteres.



Figur 28: I-bjelke fritt opplagt på L-bjelke stål

Resten av stålbjelkene består av I-profiler i forskjellige lengder. Det er sveist fast noen mindre partier i underkant flens i bjelkene, men er ellers fritt opplagt på L-bjelkene. Profilene er hvitmalt. Det er ikke noe informasjon om malingen er flammehemmende, eller inneholder helse- og miljøskadelige stoffer. En endelig vurdering av bjelkene vil kunne gjøres etter en miljøsanering. En måte å behandle de på kan enten være å sandblåse bjelkene, eller male over dem på nytt.

Det er noe tegn til rust på bjelkene, men det ser ut til at det ikke har utviklet seg nok til å forringe den konstruktive kvaliteten av bjelken. Rusten fremstår som lett overfladisk, og vil sannsynligvis kunne fjernes ved behandling. En oversikt over stålbjelkene er vist i tabell 4.

ygningsdel	t flens[mm]	t steg [mm]	Bredde [mm]	Høyde min [mm]	Lengde [mm]	Type	Vekt [kg]	Volum [m ³]	Boltehull	Egnet for ombruk?	Antall
tålbjelke	11	11	120	120	6545	L-profil	145	0,0165	14	Mulig	2
tålbjelke	-	60	70	140	5220	I-profil	67		-	Mulig	2
tålbjelke	-	60	70	140	3170	I-profil	41		-	Mulig	2

Tabell 4: Oversikt over registrerte stålbjelker

Limtredragere: I andre etasje av bygget er det oppført noen limtredragere som bærer takkonstruksjonen. Det vil bli referert til hvilken akse bjelkene er hentet fra i forhold til byggetegningen fra 1982. Det er



Figur 29: Limtrebjelke i akse 7, saltaksbjelke

til sammen syv akser med bjelker i byggetegningen. Hvert bjelkespenn består av tre bjelker, hvor midtre bjelke er av typen saltaksbjelke. Bjelkene er sammenføydd med bolter, og opplagt på betongsøyler, se figur 29.

I en kommentar i de statiske beregningene ser det ut til at det er benyttet limtrebjelker fra Splitkon AS. Bjelkene og innfestningene er hvitmalte, og bør dermed vurderes om de bør behandles før ombruk. En malt bjelke kan anses som å ha forringet estetisk kvalitet.

Det er en fordel at dragerne er festet med bolter, da innfestningsmetoden er gunstig for en lettere og mer skånsom demontering. Som vist i figur 30 fremstår bjelkene i akse 7 som hele, og har potensiale for å kunne ombrukes. Bjelkene er preget av utskjæring i hver ende for å passe i opplegget, som vist i figur 30 og 31. Sidene kan vurderes å kappes dersom det ikke ønskes tilsvarende løsning.



Figur 30: Innfestning mellom bjelkene i akse 7, skrueforbindelse

I både byggetegningene og tilhørende beregninger fremkommer det at sidebjelkene skal ha en kontinuerlig høyde på 366mm. Ved befarings ble disse målt til å ha en høyere dimensjon på gavelveggen, og ser ut til å ha fasong som en pulttaksbjelke. Det var ikke mulig å måle den laveste høyden på bjelken, da det var vanskelig å komme til med stige på grunn av inventaret som sto i veien. Det antas derfor at bjelken har en minimumshøyde på 366mm, basert på byggetegningen, og en maksimumshøyde på 674 mm,



Figur 31: Bjelke fritt opplagt på betongsøyle i akse 7.

som ble målt ved opplegget vist i figur 30. Dimensjonene på bjelkene er videre vist i tabell 5 i rapporten.

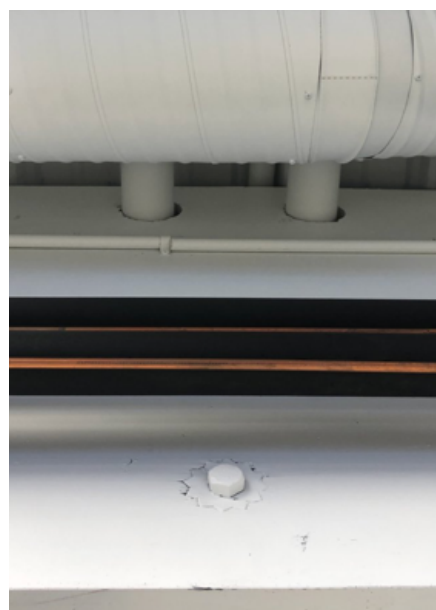
Pulttaksbjelken (vist i figur 30 og 31) var den eneste av de tilsvarende bjelkene som var mulig å visuelt inspisere, da de resterende befant seg enten i den delen av bygget som det ikke var tilgang til, eller lukket inn i en lettvegg. Det var mulig å se knutepunktet mellom sidebjelken og midtbjelken i akse 6, vist i figur 32.

Sammenlignet med detaljen i de originale byggetegningene ser det ut til at dimensjonen på sidebjelken i akse 6 stemmer bedre overens med byggetegningen med en høyde 366mm, enn hva knutepunktet i akse 7 i figur 30 og 31 viser. Det er dermed sannsynlig at målene i byggetegningene stemmer for sidebjelkene i akse 2 til 6, og ikke i akse 1 og 7 (gavelveggene).

I de to neste bjelkespennene, i akse 6 og 5, ble det gjort en visuell inspeksjon av midtre takbjelke. Saltakbjelkene hadde utsparinger fra innfestningen til et loft, som befinner seg mellom akse 5 og 6. I tillegg er det utsparinger i øvre del av bjelken fra rørføring, vist i figur 33.



Figur 32: Knutepunkt sidebjelke og midtre bjelke i akse 6



Figur 33: Utsparinger midtre takbjelke akse 6

I midtre bjelke i akse 5 er det to utsparinger på 25cm i diameter som originalt var ment til føring av ventilasjonsrør, se figur 34. Disse er dokumentert i statiske beregninger fra 1982, med konklusjon om at det ikke er behov for å forsterke drager i akse 5. Ut ifra dette antas det at utsparing til ventilasjon ikke medfører stor forringelse av den konstruktive kvaliteten til bjelken. Slik informasjon er praktisk å ha når det skal vurderes om byggevaren skal gå videre i prosessen med å fremskaffe teknisk dokumentasjon til videre ombruk. Det er likevel slik at hele konstruksjonsdeler egner seg best til ombruk.

En utsparing vil derimot være en forandring på byggevaren som endrer dens grunnleggende egenskaper, som medfører at den ikke videre kan bli juridisk godkjent for ombruk på grunnlag av ”unntaket” fra før byggevareforordningen trådte i kraft i 2014.

Dersom dragerne kan bli juridisk godkjent for ombruk på en annen måte vil de kunne ha en verdi i form av at de har ferdige, dokumenterte utsparinger som kan benyttes til ny ventilasjonsføring.

De midtre bjelkene i akse 5 og 6 bærer et loft, og har dermed fått stjerneformede utsparingene i bunn. Utsparingene forringer den estetiske kvaliteten til bjelkene. Midtre takbjelke i akse 5 og 6 vurderes dermed til å være mindre egnet for ombruk enn de resterende bjelkene. Bjelkene kan derimot ha en ombruksverdi dersom den estetiske verdien ikke er en avgjørende faktor.



Figur 34: Utsparinger midtre takbjelke til ventilasjonsføring akse 5

Det var ikke tilgang til visuell inspeksjon av resten av bjelkene i bygget, og må vurderes videre på grunnlag av tilgjengelige dokumenter. I statiske beregninger fremkommer det at dragerne i akse 3 og 4 har utsparinger til hull på 25cm i diameter, som også er dokumentert beregningsmessig i 1982. Basert på dette vil bjelkene stille likt som de midtre bjelkene i akse 5 og 6. Det er ikke mulig å finne ut om bjelkene i akse 1 til 4 er malt slik bjelkene i akse 5 til 7, som det var tilgang til. I beste fall har bjelkene i akse 1 til 4 beholdt sitt naturlige, trefargede utseende, som vil være positivt for den estetiske verdien av materialet.

Basert på byggetegningene og statiske beregninger, som ikke spesifiserer noen ekstra utsparinger på dragerne i akse 1 og 2, antas disse å være egnet for ombruk. En oversikt over bjelkene som egnes for ombruk er vist i tabell 5.

Det ble gjort en fuktmåling av bjelkene i akse 5 og 6 med en enkel fuktmåler. Bjelkene hadde et fuktinnhold på rundt 10%, som indikere at det ikke er noe fuktskade på bjelkene. Bjelkene har vært innendørs under tilsynelatende tørre forhold, og hadde ikke noe synlige tegn til fuktskade i materialet.

Bygningsdel	Bredde [mm]	Høyde min [mm]	Høyde maks [mm]	Lengde [mm]	Vekt pr enhet [kg]	Utsparinger	Volum [m ³]	Egnet for ombruk?	Antall
Pulttak	140	366	674	4200	146,5	Nei	0,30576	Mulig	4
Saltak	140	885	1000	8100	512,1	Nei	1,068795	Mulig	2
Bjelke	140	366	-	4200	103,1	Nei	0,215208	Mulig	10
Saltak	140	885	1000	8100	512,1	Ja	1,068795	Mindre	4
Saltak	140	885	1000	8100	512,1	Nei	1,068795	Mulig	1

Tabell 5: Oversikt over registrerte limtrebjelker

GreenStock

Det var enkelt å registrere materialene i GreenStock sin digitale markeds plass, se figur 35. Det var praktisk å benytte GreenStock sin app i kartleggingsarbeidet, og gav en fin oversikt av materialene med både bilder og tilhørende informasjon. Det var mulig å legge inn nødvendig informasjon under hvert materiale, men krevdes litt etterarbeid med beregninger for å gjøre en fullstendig registrering av materialene.

Beregningene av vekt ble utført på grunnlag av egenlaster fra Byggforsk artikkel 471.031.

Etasje: Etasje 2

Beskrivelse:
Bærende konstruksjon, støttet opp av betongsøyler, saltaksbjelke (pulttaksbjelke). Bjelken har 14 små utsparinger i nedre del bjelke på 8 cm i diameter. I Øvre del er det to utsparinger på 25 cm i diameter. Se bilder.

Dato tilgjengelig: Jun 15, 2020

1 / 1 stk
Tilgjengelig

Brukt
Materialkvalitet

Malt hvit
Farge

490,00 kg
Vekt

Ja
Demonterbar

831 cm
Lengde →

14 cm
Bredde ↔

97 cm
Høyde †

N/A
Diameter ø

Material Passport:

Hint: Inkluder: FDV Informasjon, EPD Informasjon, Teknisk Godkjenning, Bestilling / Kvittring, CE-Merking, Annet

Legg til dokumentasjon +

Figur 35: Skjermdump fra en limtrebjelke registrert i GreenStock

Resultat:

I Krokeideveien 13 er det potensiale for ombruk av følgende materialer: teglstein, limtrebjelker, stålbjelker og vinduer.

5.3 Case-studie nr. 3: Kartlegging av K2-bygget ved IFC-modell i Solibri

Den 2. april 2020 fikk Høgskulen på Vestlandet overta nøklene til det nye undervisningsbygget, K2 (Løvereide, 2020). Bygget har vært planlagt med høye miljøambisjoner. I følge Statsbygg (Statsbygg, 2017), som er byggherre for prosjektet, skal bygge miljøsertifiseres etter BREEAM-NOR standarden, og klassifiseres etter kravene til ”excellent”, som vil si at over 70% poeng er oppnådd. Dette er den nest høyeste BREEAM-NOR klassifiseringen, og regnes for å være beste praksis (Grønn Byggallianse, 2016). K2-bygget kommer til å være et nullutslippsbygg, og vil ha et klimagassutslipp som er 30% mindre enn for lignende bygg (Høgskulen på Vestlandet, 2020). Det er tydelig at K2-bygget er designet med tanke på å ha en høy bærekraftig standard på bygget. Et foto av bygget er vist i figur 36.



Figur 36: K2-bygget. Bilde tatt i forbindelse med oppgaven

Det skal undersøkes hvilket ombrukspotensial K2- bygget har ved å kartlegge materialressursene som kan hentes ut dersom bygget skal rives i fremtiden. I undersøkelsen er det valgt å fokusere på bærende konstruksjon i bygget. Vinduer og andre byggevarer vil ikke bli drøftet i denne delen.

5.3.1 Miljøkartlegging

Bygget er ikke miljøkartlagt i forbindelse med oppgaven.

5.3.2 Innhenting av informasjon om bygget

IFC-modellen ble gjort tilgjengelig via Høgskulen på Vestlandet. Det er antatt at denne er as-built.

5.3.3 Befaring av bygget

På grunn av korona-situasjonen var det ikke mulig å befare bygget. En virtuell befaring av bygget ble gjort i Solibri.

Vurdering av ombrukspotensial for hovedbæresystemene i K2-bygget

Bærende konstruksjon i bygget består hovedsakelig av betonghulldekker og deltabjelker, som bæres av betongsøyler, og betongbjelker i ytterveggene. Deltabjerkene stiver av rammekonstruksjonen mellom hulldekkene og tillater bruk av slankere konstruksjoner (Peikko, u.d.).

Materialer som er uegnet for ombruk

Deltabjelker: Betonghulldekkene er festet i deltabjerkene ved at det føres armering gjennom utsparingene og inn i hulldekkene. Videre støpes deltabjerkene ut med betong. Det er dermed ikke mulig å ombruke deltabjerkene, da de ikke er demonterbare, og er fylt med betong.

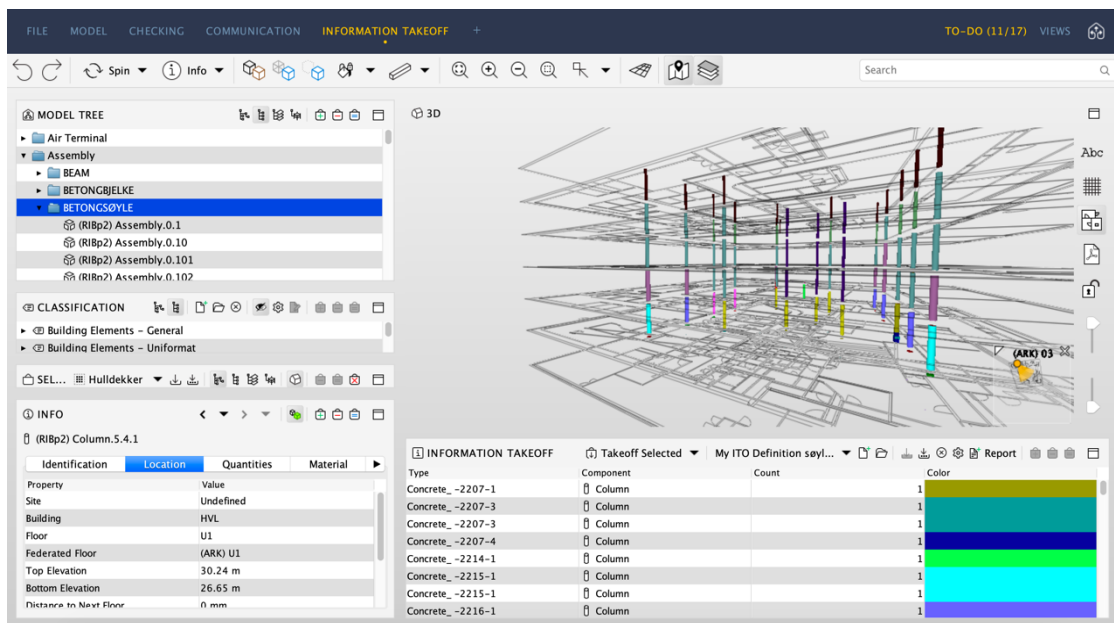
Betongbjelker: Betongbjerkene overlapper hverandre i endene og er skrudd sammen med et M24 stag. En skrudd forbindelse er positivt med hensyn til demontering og ombruk. Hulldekkene er derimot festet i betongbjerkene med støp, noe som gjør at bjerkene ikke lar seg enkelt demontere og ombruke. Betongbjerkene er dermed ikke egnet for ombruk.

Søyler ved betongbjelker: Betongsøylene ved betongbjerkene har en innfestning i bunn hvor armeringsjern stikker ut og skal festes i betongbjerkene. Dette er en festemetode som er vanskelig å reversere, og medfører at søylene er vanskelig å ombruke. Betongsøylene som

befinner seg i kjelleren har samme innfestning i underkant søyle, som festes i plasstøpt betongdekke. Disse er dermed ikke egnet for ombruk.

Materialer egnet for ombruk

Betongsøyler ved deltabjelker: Betongsøylene er prefabrikkerte, som i utgangspunktet gjør at de egner seg for ombruk. Betongsøylene som befinner seg ved deltabjelmene er sveiset, og er dermed egnet for ombruk ved at festsveiser kan brennes av. Disse er lokalisert i midten av bygget og er totalt 78stk, se figur 37.



Figur 37: Betongsøyler som har ombrukspotensial

”Information takeoff” i Solibri, eller ITO, ble benyttet for å hente ut informasjon om komponentene. For å hente ut informasjon om de søylene som var tilknyttet deltabjelmene ble det laget en definisjon tilknyttet søylene, eller et filter, som fjernet betongsøylene som var plassert på betongbjelker. Det ble gjort ved å definere x- og y-koordinater som ikke skulle bli tatt med i rapporten over søylene.

Betongsøylene er sirkulære med ulike størrelser, se tabell 6 for oversikt. Det er ombrukspotensial i alle søylene i tabellen. Søylene markert i grønt vil være lettere å få ombrukt da det er flere av samme størrelse.

Type	Lengde [m]	Diameter [m]	Volum [m ³]	Areal [m ²]	Type	Antall
Concrete_-2207-1	3,59	0,55	0,849	0,24	Betongsøyle	8
Concrete_-2207-3	0,29	0,585	0,032	0,11	Betongsøyle	2
Concrete_-2207-4	1,2	0,778	0,363	0,3	Betongsøyle	1
Concrete_-2217-1	3,59	0,45	0,568	0,16	Betongsøyle	7
Concrete_-2218-1	3,59	0,634	0,568	0,2	Betongsøyle	1
Concrete_-2219-6	3,57	0,45	0,565	0,16	Betongsøyle	23
Concrete_-2219-7	3,6	0,35	0,344	0,1	Betongsøyle	9
Concrete_-2219-8	3,57	0,55	0,845	0,24	Betongsøyle	7
Concrete_-2251-4	3,57	0,35	0,341	0,1	Betongsøyle	20
Sum	270,12					78

Tabell 6: Oversikt over registrerte betongsøyler med ombrukspotensial

Betonghulldekker: Betonghulldekkene lar seg i utgangspunktet ombruke. Hulldekkene er ikke festet med reversible forbindelser, men erfaringer fra bransjen har vist at det er mulig å demontere dem. Hulldekkene er festet med armeringsjern i hver ende, med etterfølgende utstøpning av endene på ca. 70cm.

I K2-bygget er det en blanding mellom hulldekker som er rette og som er slisset skrått i enden(e). I Solibri kom det ikke frem i informasjonen tilhørende hvert dekke om de var slisset eller ikke. Det var kun mulig å se og måle i 3D-modellen i programmet. Det ble tatt noen mål i Solibri av noen stikkprøver av elementer som var slisset, for å se hvor stor forskjell det var mellom korteste og lengste side. Det viste seg at det varierte med alt fra 40 cm til 2,5 meter. Da det ble laget tabeller over dekkene viste det seg at kun lengste lengde ble hentet ut av modellen. Dersom tabellen over dekkene blir benyttet i planleggingen av ombruk bør det være en viss sikkerhet i hvilke lengder som er tilgjengelig.

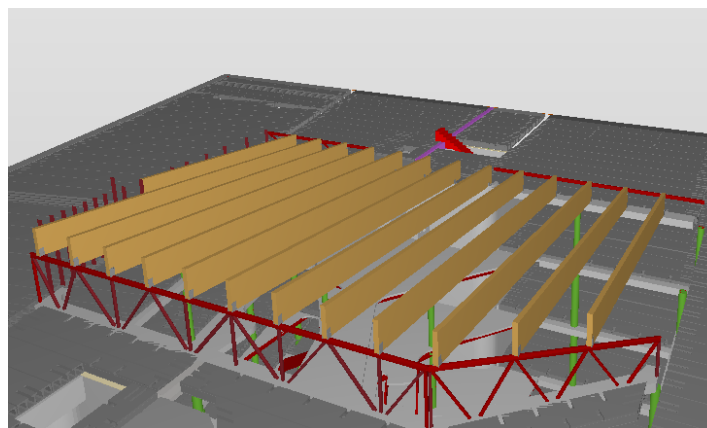
Etasje	Bredde [m]	Areal [m ²]	Lengde [m]	Høyde [m]	Antall
1	1,2	16,36	13,63	0,4	63
1	1,2	13,48	11,23	0,4	5
1	1,2	14,20	11,83	0,4	2
1	1,2	11,32	9,43	0,4	4
1,2	1,2	10,66	8,88	0,4	6
1	1,2	8,99	7,49	0,4	7
1	1,2	8,98	7,48	0,4	15
1,6	1,2	8,50	7,08	0,4	9
1	1,2	6,10	5,08	0,4	3
1	1,2	5,59	4,66	0,4	2
2,3,4,5,6	1,2	15,70	13,08	0,4	263
2,3,4,5,6	1,2	15,25	12,71	0,4	30
2,3,4	1,2	13,54	11,28	0,4	14
2,3	1,2	13,58	11,32	0,4	8
2	1,2	10,00	8,33	0,4	2
2,3,4,5	1,2	8,32	6,93	0,4	36
2,3,4,5	1,2	8,33	6,94	0,4	31
2	1,2	7,84	6,53	0,4	2
2,3,4,5,6	1,2	4,99	4,16	0,4	25
4,5	1,2	13,57	11,31	0,4	8
4	1,2	10,72	8,93	0,4	2
5	1,2	15,64	13,03	0,4	10
5	1,2	8,20	6,83	0,4	9
5	1,2	4,69	3,91	0,4	6
6	1,2	15,44	12,87	0,4	5
6	1,2	15,52	12,93	0,4	1
6	1,2	13,27	11,06	0,4	1
6	1,2	12,97	10,81	0,4	1
6	1,2	10,16	8,47	0,4	7
6	1,2	9,55	7,96	0,4	4
6	1,2	5,41	4,51	0,4	2
Sum		7768,13			583

Tabell 7: Oversikt over registrerte hulldekkene med ombrukspotensial

For at listen over dekker som egner seg for ombruk skal være mest mulig brukervennlig, og gi en nøyaktig oversikt over målene, ble det bestemt å plukke ut de elementer som ikke (i synlig grad) var slisset i enden. Det tilstrebes at målene er uniforme.

Listen over hulldekkene i de forskjellige etasjene som er egnet for ombruk vises i tabell 7. Hulldekkene uthevet i grønt utpeker seg da de har både et langt spenn samtidig som at det er et større antall av dem.

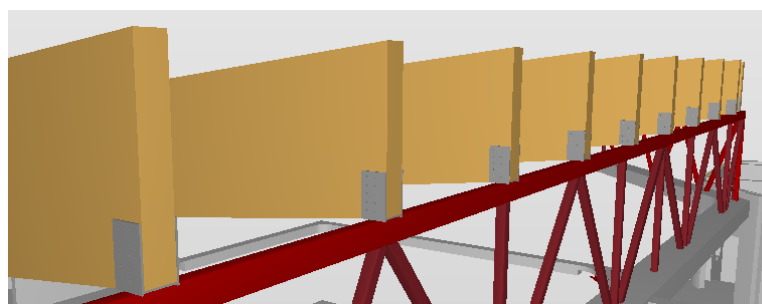
Limtrebjelker: Det er 13 limtrebjelker som fungerer som en del av bærende konstruksjon for glasstaket, se figur 38. Bjelkene har samme tverrsnitt på 190x1200, og er plassert i en skrå vinkel med en stigning på syv grader. Limtrebjelkene ligger parallelt i forhold til hverandre og hviler på stålfagverk i hver ende.



Figur 38: Limtrebjelkene i k2 bygget

Ut ifra IFC-modellen ser det ut som bjelkene er boltet i hver ende, se figur 39.

Limtrebjelkene har potensiale for ombruk ettersom innfestningsmetodene som er blitt brukt er enkel å demontere. Styrken til limtrebjelkene vil være god forutsatt at bjelkenes kvalitet ikke har blitt forringet av utvendige påkjenninger eller fuktskade. En oversikt over bjelkene er gitt i tabell 8.



Figur 39: Limtrebjelkene som er boltet

Lengde [m]	Bredde [m]	Høyde[m]	Mateialtype	Vinkel	Etasje	Profil	Antall
14,99	0,19	1,2	Limtre	7°	6	Rektangulært	1
16,67	0,19	1,2	Limtre	7°	6	Rektangulært	1
18,36	0,19	1,2	Limtre	7°	6	Rektangulært	1
18,57	0,19	1,2	Limtre	7°	6	Rektangulært	9
11,83	0,19	1,2	Limtre	7°	6	Rektangulært	1
80,42						Sum	13

Tabell 8: Oversikt over limtrebjelkene med ombrukspotensial

Resultat:

Ombrukspotensial til hovedbæresystemet i K2-bygget er som følger: Betonghulldekker, betongsøyler ved deltabjelkene og limtrebjelker.

6 Diskusjon

6.1 Kartlegging av ombrukspotensial: Punkt 1 til punkt 3 i foreslått metode

6.1.1 Miljøkartlegging av bygget

Det anbefales å få utført en miljøkartlegging av bygningen så tidlig som mulig i prosessen. Det er fordi en miljøkartlegging kan bli brukt for å utelukke byggevarer som ikke kan brukes på grunn av helse- og miljøskadelige stoffer. Det kan da spares tid ved å unngå å registrere materialer som ikke kan benyttes. Det ble ikke utført en miljøkartlegging i denne oppgaven på grunn av metodiske begrensinger.

6.1.2 Innhenting av informasjon om bygget

Det er utfordringer knyttet til å innhente dokumentasjon tilhørende eldre bygninger. I MB-auto var det kun byggesak som var tilgjengelig, mens Krokeideveien 13 i tillegg hadde statiske beregninger og byggetegninger. Det viste seg at byggetegninger og statiske beregninger var bedre å ha i forhold til kartleggingsprosessen. Byggesakene gav derimot noe praktisk informasjon om årstall og fasademateriell. IFC-modell var tilgjengelig for K2-bygget, og gav detaljert informasjon som var svært praktisk å ha i kartleggingen.

6.1.3 Befaring av bygget

Det er nødvendig å gjøre en visuell inspeksjon av byggevarerne som vurderes til å ha ombrukspotensial. Da kan det avdekkes eventuelle forandringer gjort på materialene, skader som har blitt påført materialene eller som har oppstått over tid. Det er ikke slik at alle bygningsdelene og innfestningsmetodene er mulig å visuelt undersøke før riveprosessen av bygget har startet.

6.2 Punkt 4: Registrering av byggevarer – registreringsverktøy

6.2.1 Laserskanning og punkttsky

Ved å laserskanne et bygg er det mulig å få mål av materialene som er synlige i bygget, da laserskanningen legger grunnlag for fremstilling av tredimensjonale modeller i punkttsky. En utfordring med arbeid med punkttskyer er at filstørrelsen kan være svært stor. Punkttskyen kan derimot deles opp i mindre skyer, som tar mindre plass å arbeide med på datamaskin.

I MB-auto var det utfordrende å få nøyaktige bilder av baksiden av bygget da en skråning med mye buskvekst gjorde det vanskelig å komme til med både drone og laserskanner. Dette kan ha gjort noe med de faktiske målene til limtrebjelkene og vinduene, og vil dermed være en feilkilde. Samtidig var det mange biler som var parkert på fremsiden av bygget som ikke kunne flyttes under skanningen. En annen feilkilde kan være at blanke overflater, som for eksempel vinduer, kan ha reflektert stråler og har gitt feil resultat på avstander.

Det var enklere å få målt tverrsnittet enn lengden av materialene i skanningen av MB-auto da noen av innfestningene til materialene var kledd inn i vegg. Det var derimot mulig å få målt en minimumslengde av synlige materialer. Konstruksjonsdeler som befinner seg bak vegger, gulv og i takkonstruksjonen vil dermed ikke være mulig å skanne uten delvis riving eller demontering av vegger, tak osv.

Dersom det kun er målene som er av interesse, og ikke Revit-modell av elementene, er det raskere å hente målene direkte i ReCap. Konstruksjonselementene kan derimot tegnes i Revit. Videre kan det lages tabeller over de tegnede materialene, som kan eksporteres til Excel. Det er et godt verktøy for å lage en oversikt over de tilgjengelige materialene, hvor det ikke er nødvendig å notere ned dimensjonene manuelt i tabeller. En metodisk begrensning ved utførelsen av case-studiet i MB-auto var det ikke var mulig å arbeide med hele punkttskyen samtidig. Dermed var det kun mulig å eksportere tabell med et eksempel på én bjelke. Det vil være mulig å eksportere tabeller med innhold av alle tegnede elementer fra punkttsky i Revit dersom større deler av punkttskyen arbeides med i programmet.

Dersom det behøves å kontrollere om bygget er konstruert slik eventuelle byggetegninger viser, kan målene enkelt hentes opp i punktskyen via Autodesk ReCap. Det vil være tidsbesparende da det ikke er nødvendig å reise ut til bygget for å ta mål til eventuell skisse.

Laserskanning og punktsky er et godt registreringsverktøy for kartlegging av materialer. Med å laserskanne et bygg vil det være mulig å rekonstruere planløsning av bygningen, samt hente informasjon om størrelser og dimensjoner på synlige materialer.

6.2.2 Manuelle registreringsverktøy

Det er mulig å benytte manuelle registreringsverktøy i kartlegging av ombrukspotensial i bygg. Det viste seg at både statiske beregninger og byggetegninger var nyttige å ha i forhold til registreringen av materialene. Målingene gjort på befaring ble vurdert opp mot dimensjonene i byggetegningen, og det viste seg deler av bygget avvirket fra byggetegningene. Det vil være mer effektivt å registrere dimensjonene til byggevarene direkte fra byggetegningene, men det er nødvendig å kontrollere om tegningene stemmer overens med det som er bygget.

Det var utfordringer med å gjøre registreringen i et bygg som var i drift. Det ville vært lettere å få tatt nødvendige mål dersom det ikke hadde vært inventar som sto i veien. Både laseravstandsmåler og målebånd var enkle verktøy å bruke.

6.2.3 IFC-modell i Solibri

Å benytte IFC-modellen i Solibri i kartleggingen av K2-bygget var en relativt rask måte å få kartlagt bygget på. Det var mulig å hente ut store mengdedata i Solibri av materialene som antas å ha ombrukspotensial. I eksempelet med hulldekkene ble det hentet ut 18 sider med tabeller fra Solibri. Disse ble sortert etter størrelse og plassering. Det krevdes en del arbeid i Excel for å kunne lage en brukervennlig oversikt over materialene.

Det var delvis mulig å se i modellen hvilken innfestningsmetode som var benyttet for de forskjellige materialene, som f.eks. for limtrebjelkene og delvis for hulldekkene.

Detaljtegninger med detaljene til søylene og søyleplassering var praktiske å ha for å vurdere

hvilke søyler som egner seg best for ombruk, og hvor i IFC-modellen disse er plassert. Ut ifra den informasjonen kunne det lages et egendefinert ITO-filter for å hente ut informasjon om de søylene var av interesse. Å lage et slikt filter for uthenting av ønsket data var tidsbesparende i etterarbeidet med tabellene.

Noe som kunne gjort kartleggingen med IFC-modell mer effektivt er hvis det hadde vært informasjon i IFC-modellen på de materiale som har en utradisjonell fasong eller som er spesialtilpasset bygget. Slik informasjon kan gjøre utsorteringen av bygningsdelene fra IFC-modellen enklere. Som ved case-studiet av K2-bygget, hvor enkelte av hulldekkene var skråskjært, ville det ha vært gunstig å ha informasjon om minste lengde av dekkene til partiet hvor de er slisset. Da kunne de skrå dekkene blitt tatt med i oversikten over ombrukbare materialer, men med en opplysning om at de må kappes i det skrå partiet og tilpasses til minste lengde.

IFC-modeller er praktiske å ta vare på for at ombruk skal bli lettere å vurdere i fremtiden. Dette registreringsverktøyet for kartlegging av materialer begrenser seg ikke til bare konstruksjonsmaterialer, men kan også benyttes i kartleggingen av ombrukspotensial til andre byggevarer, som for eksempel vinduer.

6.3 Sammenligning av registreringsverktøyene

Erfaringen fra registreringen av materialer i Krokeideveien 13 er at det er mulig å ta manuelle mål av materialer, men det vil ikke nødvendigvis være den mest effektive måten. Det var byggetegninger tilgjengelig som viste seg å ikke være 100% as-built. Dermed måtte bygget måles manuelt for å kunne registrere riktige dimensjoner av materialene. I tillegg besto store deler av fasaden av tegl, som ble registrert for ombruk. Det var ikke mulig å måle fasadene manuelt med det utstyret som var tilgjengelig. Det ble derfor gjort et svært grovt anslag av andel murstein ved telling i ytterkant fasade, som ikke er praktisk overførbart til større bygg.

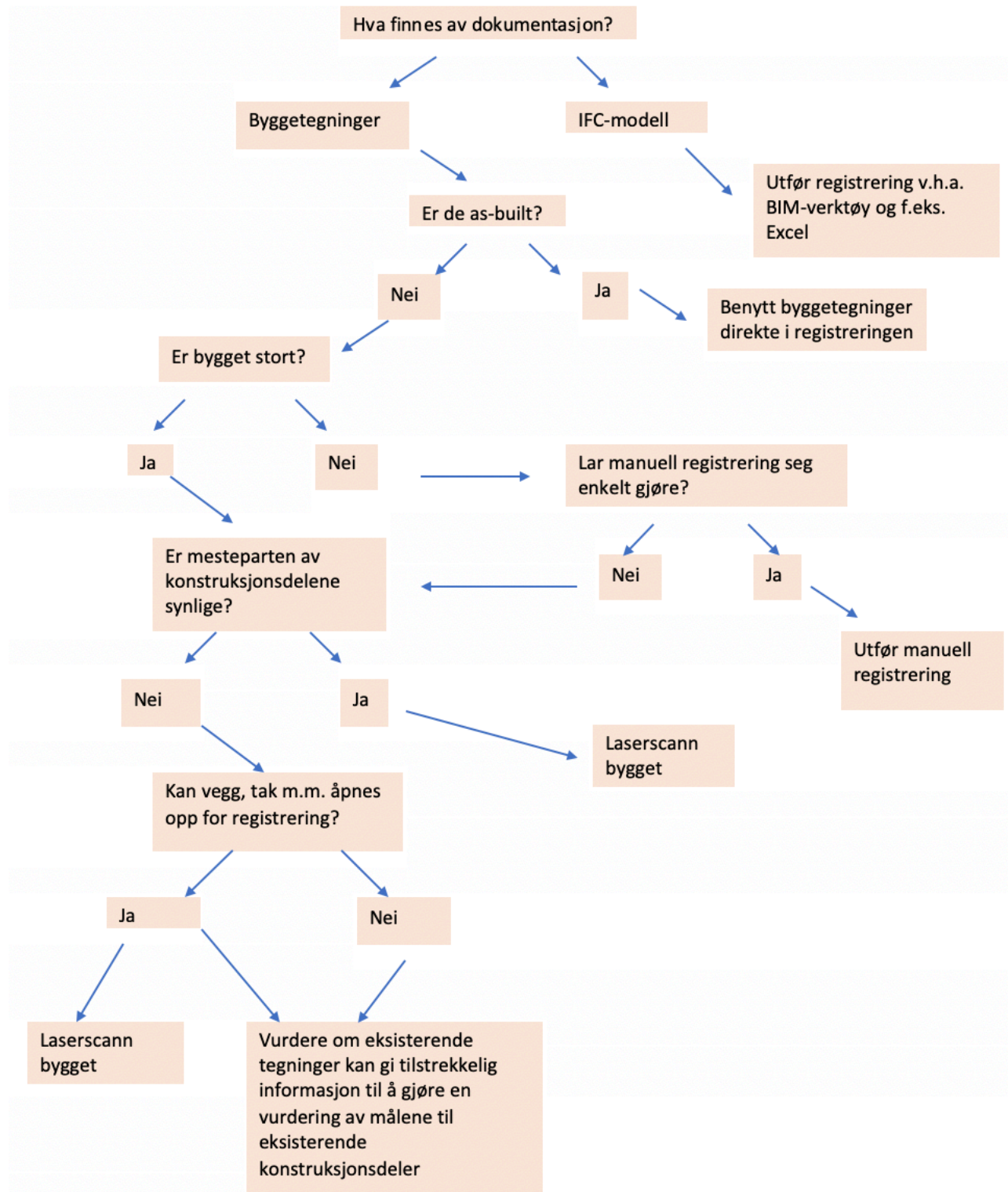
Laserskanning vil i dette tilfellet ha vært et effektivt hjelpemiddel for å måle arealet av fasaden, og dermed brukes i registreringen av teglstein. Samtidig kunne laserskanning blitt benyttet til å kontrollere om bygningen er as-built på en raskere måte enn ved målebånd og laseravstandsmåler. I tillegg gjør laserskanningen det mulig å ta mål fra bakkenivå av materialene som befinner seg i høyden. For å ta manuelle mål av materialer i høyden må det enten benyttes stige eller lift, som stiller høye krav til HMS for den som arbeider (Forskrift om utførelse av arbeid, 2011). Laserskanning kan dermed være praktisk å benytte i en slik situasjon.

Dersom det står mellom å registrere et bygg med laserskanner eller med en as-built tegning, vil det sannsynligvis være raskere å registrere materialene basert på tegningen, da byggetegninger allerede er målsatt.

Registrering av K2-bygget ved hjelp av IFC-modell og detaljetegninger viste seg å være en effektiv måte å få ut bygningselementenes dimensjoner og mengder på. En IFC-modell oppdateres vanligvis kontinuerlig gjennom hele prosjektet, hvor den siste versjonen sannsynligvis vil være tilnærmet as built. Det er også mulig å hente ut størrelsene og massene i tabeller direkte fra Solibri, som er en mye raskere måte å behandle dataene på enn å registrere de fra byggetegninger, punktsky eller ved manuelle målinger.

Det er verdt å merke seg at de byggene som skal rives i dag som regel ikke har nyere IFC-modeller av bygget, da utviklingen av BIM-verktøyer er kommet de siste årene. Da må registreringen av materialer baseres på hva som er tilgjengelig av dokumentasjon, og

vrurderes om det bør benyttes laserskanning eller manuelle registreringsverktøy. Det er laget en oppsummerende figur som viser et forslag til fremgangsmåte ved valg av hensiktsmessig registreringsverktøy når det skal kartlegges for ombrukspotensial i et bygg, se figur 40.



Figur 40: Fremgangsmåte for valg av registreringsverktøy i kartlegging av byggevarer

6.3.1 Måleusikkerhet ved registrering av materialer

Det vil være forskjellige målenøyaktigheter ved bruk av de forskjellige registreringsverktøyene. Laserskanning har i dag svært høy nøyaktighet på punktene som måles, opp til noen få millimeter i standardavvik. En manuell registrering med målebånd og lasermåler vil ha feilmargin ved for eksempel at laseravstandsmåler måler i en liten vinkel i stedet for helt rett, som vil gi utslag på målenøyaktigheten. Det samme gjelder for bruk av målebånd, spesielt over lengre måleavstander. Ved bruk av IFC-modell vil det muligens være noen mindre tilpasninger på byggeplass av materialene som ikke blir oppdatert i modellen.

Det er ikke utviklet noen standard for kartlegging av ombrukspotensial av et bygg. Det er dermed ikke funnet noe informasjon om hvor nøyaktig målene i kartleggingsprosessen før rivning av et bygg bør være. For å være på den sikre siden bør målingene gjøres så nøyaktig som mulig. Det vil gi et bedre utgangspunkt for den videre prosessen dersom det er kartlagt hvilke minimumsdimensjoner de forskjellige byggevarene har. Videre vil sannsynligvis materialene tilpasses det nye bygget de skal prosjekteres inn i, hvor for eksempel lengden må kappes. På en annen side vil det kunne oppstå situasjoner i riveprosessen hvor byggevarene for eksempel må kappes for å kunne demonteres fra bygget. I et slikt tilfelle må de registrerte lengdene oppdateres.

Målene av tverrsnittet til en bjelke eller søyle kan benyttes for å gjøre et anslag av styrken, men dersom den skal omdistribueres må styrken likevel dokumenteres på grunnlag av testing eller fra eldre dokumentasjon av byggevaren.

På grunnlag av dette bør registrering av dimensjonene i kartleggingen av et bygg utføres med konservative målinger, der minimumsdimensjonene av materialene registreres.

7 Konklusjon

En foreslått metode for kartlegging av ombrukspotensial til et bygg er å få utført en miljøkartlegging av bygget tidligst mulig for å utelukke byggevarer som ikke kan ombrukes på grunn av helse- og miljø skadelige stoffer. Videre må det undersøkes om det eksisterer dokumentasjon som kan gi informasjon om byggevarene i bygget. Det er nødvendig å gå på befaring for å undersøke om eventuelle byggetegninger stemmer overens med det som er bygget. Videre må det gjøres en visuell inspeksjon av bygget for å se om byggevarene er i god stand og for å undersøke om byggevarene lar seg demontere.

Det må vurderes hvilket registreringsverktøy som er mest praktisk og hensiktsmessig å benytte. Når det har blitt avdekket at det er potensiale for ombruk kan det settes i gang med registrering av byggevarene.

I de tre case-studiene som ble undersøkt ble det benyttet laserskanning og punktsky, manuell registrering og IFC-modell i Solibri som registreringsverktøy. Det konkluderes med at bruk av IFC-modell i Solibri som registreringsverktøy var det mest effektive å benytte i registrering av byggevarer med ombrukspotensial.

Oppsummering fra litteraturstudiet som svar på delspørsmålene under problemstillingen:

Hvorfor bør byggevarer ombrukes?

Det er store miljøgevinster forbundet med ombruk av byggevarer. I tillegg er ombruk et viktig steg mot en sirkulær praksis i byggebransjen. For å videre redusere utslippet knyttet til avfall er det nødvendig å fokusere på direkte ombruk av byggevarer.

Hvilke utfordringer er det ved ombruk?

En utfordring ved ombruk er at det er et strengt regelverk som stiller krav til teknisk og juridisk dokumentasjon av byggevarene. Videre er forekomst av helse- og miljøskadelige stoffer i eldre byggevarer en utfordring. En annen utfordring er at dagens rivepraksis ikke er egnet for ombruk. Å rive på en måte som gjør det mulig å ta vare på enkelte bygningselementer krever en mer skånsom riving enn dagens rivepraksis.

Hvilke materialer kan ha ombrukspotensial?

Byggevarer som kan ombrukes er følgende: Prefabrikkerte betongelementer, stålelementer, alle typer trevirke og trefiberprodukter, tegl og moderne vinduer med modulmål. Det vil være forskjellige faktorer knyttet til de enkelte materialene som vil være med på å avgjøre om de vil la seg ombruke i praksis.

7.1 Forslag til videre arbeid

Forslag til videre arbeid er å undersøke nærmere punkt 5. til 8. av foreslått metode for kartlegging av ombrukspotensial, som er beskrevet i kapittel 4. Disse punktene går ut på merking av byggevarer, å planlegge for skånsom demontering av byggevarer, undersøke om byggevarene tilfredsstillende de tekniske og juridiske krav, og undersøke mellomlagring, bearbeidelse, frakt og pris av byggevarene. Det vil være mulig å gjøre ytterligere undersøkelser av registreringsverktøy for registrering av materialer.

8 Litteraturliste

- Baldwin, M., 2018. *BIM connect*. [Internett]
Available at: <https://bimconnect.org/en/software/what-is-ifc/>
[Funnet 12 Mai 2020].
- BAMB, u.d. *BAMB*. [Internett]
Available at: <https://www.bamb2020.eu/about-bamb/>
[Funnet 4 April 2020].
- Benediktsson, A., 2018. *dataporten*. [Internett]
Available at: dataporten.net/hdr/
[Funnet 1 Juni 2020].
- Byggogbevar, 2019. *Bygg og bevar*. [Internett]
Available at: <https://www.byggogbevar.no/enoeck/groenne-materialvalg/konstruksjonsmaterialer/betong>
[Funnet 06 Mai 2020].
- Byggogbevar, 2019. *Byggogbevar*. [Internett]
Available at: <https://www.byggogbevar.no/enoeck/groenne-materialvalg/konstruksjonsmaterialer/konstruksjonsstaa>
[Funnet 6 Mai 2020].
- Byggteknisk forskrift (TEK17) med veileder, 2017. *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/i/innledning/>
[Funnet 07 05 2020].
- Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017. *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. [Internett]
Available at: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840#KAPITTEL_9
[Funnet 8 Mai 2020].
- Byggtjeneste, 2011. *byggtjeneste*. [Internett]
Available at: <https://byggtjeneste.no/wp-content/uploads/Om-FDV-dokumentasjon.pdf>
[Funnet 1 Juni 2020].
- Coppinger, J., 2020. *lifewire*. [Internett]
Available at: <https://www.lifewire.com/autodesk-recap-485205>
[Funnet 26 Mai 2020].
- DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk institut, 2020. Svært at genbruge byggematerialer med brandkrav. *DBI Brand og sikring*, Mars, 19(1), p. 38.
- Direktoratet for byggkvalitet, 2018. *DIBK*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/>
[Funnet 8 Mai 2020].
- Direktoratet for Byggkvalitet, u.d. *DIBK*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/veiledning-for-kommunalt-tilsyn-med-produktdokumentasjon/vedlegg/begrepsliste/>
[Funnet 6 Mai 2020].
- EnergiNorge, 2019. *Energi Norge*. [Internett]
Available at: <https://www.energinorge.no/fagomrader/energibruk-og-klima/nyheter/2019/norge-binder-sitt-klimamal-til-eu/>
[Funnet 24 April 2020].
- Entra, u.d. *Entra*. [Internett]
Available at: <https://entra.no/properties/kristian-augusts-gate-13/195>
[Funnet 10 Mai 2020].

EPD-Norge: The Norwegian EPD foundation, u.d. *epd-norge*. [Internett]
Available at: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>
[Funnet 5 Mai 2020].

Espelid, H., Apelseth, M. & Nyland, E., 2019. *Kluge*. [Internett]
Available at:
https://www.kluge.no/contentassets/3bffc3d960fa42bf80047f68f19ec963/ombruk-byggno_article1413876.pdf
[Funnet 8 April 2020].

European commission, 2019. *European commission*. [Internett]
Available at: <https://cordis.europa.eu/article/id/396059-dew-integrated-tools-help-the-building-sector-move-to-a-circular-economy>
[Funnet 10 April 2020].

FN-sambandet, 2020. *FN*. [Internett]
Available at: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen>
[Funnet 24 April 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok/veiledning-til/13.-ytelseserklaringen/>
[Funnet 08 04 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok/veiledning-til/10.-frivillig-ce-merking-og/>
[Funnet 08 04 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok/iii/10/>
[Funnet 08 04 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]
Available at:
<https://dibk.no/Templates/DIBK/Pages/Veiledninger/Print/PrintChapter.aspx?chapterId=17854>
[Funnet 2 April 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]
Available at:
<https://dibk.no/byggeregler/dok/byggevarerforordningen/byggevarerforordningen/>
[Funnet 3 April 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok/byggevarerforordningen/artikkel-8-allmenne-prinsipper/>
[Funnet 6 April 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok/definisjoner/begrepsliste/>
[Funnet 3 April 2020].

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), 2013. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]

Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok/veiledning-til/13.-ytelseserklaringen/>
[Funnet 8 April 2020].

Forskrift om utførelse av arbeid, 2011. *Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav*. [Internett]
Available at: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1357/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3
[Funnet 11 April 2020].

Futurebuilt, 2020. *Futurebuilt*. [Internett]
Available at: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#!/Forbildeprosjekter/Kristian-August-gate-13>
[Funnet 10 Mai 2020].

Grønn Byggallianse, 2017. *Grønn materialguide - veileder til miljøriktig materialvalg versjon 2.2*, s.l.: Grønn byggallianse.

Grønn Byggallianse, 2016. *BREEAM-NOR 2016 for nybygg*. s.l.: Grønn Byggallianse.

Grønn Byggallianse, u.d. *Byggalliansen*. [Internett]
Available at: <https://byggalliansen.no/sertifisering/breem/>
[Funnet 20 April 2020].

Hagen, T. M., 2019. *Bygg.tekna*. [Internett]
Available at: <https://bygg.tekna.no/sirkulaer-okonomi-i-byggebransjen/>
[Funnet 25 Mars 2020].

Høgskulen på Vestlandet, 2020. *HVL*. [Internett]
Available at: <https://www.hvl.no/om/campusar/nybygg-bergen/>
[Funnet 29 April 2020].

Karsrud, G., Rastad, F. & Rudi, M., 2011. *Buildingsmart*. [Internett]
Available at:
https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2011_hig_gkarsrud_framstad_mrudi_scanningidarosdomen.pdf
[Funnet 27 Mars 2020].

Kilvær, L. et al., 2019. *Forsvarlig ombruk av byggevarer*, s.l.: Resirqel .

Klokk, J., u.d. *Mad*. [Internett]
Available at: <https://mad.no/projects/mcb-scandinavias-first-media-tech-cluster/#read-more>
[Funnet 12 Mai 2020].

Larsen, H. N., 2019. *Bygg og anleggsektorens klimagassutslipp*, s.l.: Byggenæringens Landsforening.

Løvereide, E. A., 2020. *Hvl*. [Internett]
Available at: <https://www.hvl.no/aktuelt/hvl-har-fatt-noklene-til-k2/>
[Funnet 29 April 2020].

Leica Geosystems, 2018. *Leica-Geosystems*. [Internett]
Available at: <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360>
[Funnet 12 Februar 2020].

Leland, B. N., 2008. *prosjektering for ombruk og gjenvinning*, Oslo: Rådgivende Ingeniørers Forening.

LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018. *avfallshierarki i Store norske leksikon på snl.no*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/avfallshierarki>
[Funnet 3 Mai 2020].

LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018. *snl.no*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/materialgjenvinning>
[Funnet 26 Mai 2020].

Mad, 2019. *Mad*. [Internett]
Available at: <https://mad.no/radgiverne-er-verst/>
[Funnet 21 Mai 2020].

Marchuk, Y., 2019. *International development Norway*. [Internett]
Available at: <https://id-norway.com/circular-economy-in-the-construction-sector-the-norwegian-case/>
[Funnet 7 April 2020].

Miljødirektoratet, 2019. *miljødirektoratet*. [Internett]
Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M14/M14.pdf>
[Funnet 2 Juni 2020].

Miljøstatus, 2019. [Internett]
Available at: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/betong--og-teglavfall/>
[Funnet 1 Mai 2020].

Moum, A., Christofer, S. & Kjetil, M., 2017. *Sirkulær økonomi i morgendagens*, s.l.: Sintef.

Norconsult, 2013. *Praktisk veileder for energimerking*, s.l.: Norges vassdrags- og energidirektorat .

Nordby, A. S., 2018. *Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniskeinstallasjoner i bygg*, s.l.: Asplan viak.

Nordby, A. S. & Shine, C., 2020. *FORELØPIG ERFARINGSRAPPORT FRA KA13 ARBEIDSMØTER, OMBRUK*. s.l.:Asplan Viak.

Nordby, A. S. & Wærner, E. R., 2017. *Hvordan planlegge for mindre avfall, en veileder for å redusere avfallsgenerering i byggprosjekter*, s.l.: Grønn byggallianse.

Norsk elokseringsbedrifters forening, 2014. *NEF*. [Internett]
Available at: <https://eloksering.no/elokseringsprosessen>
[Funnet 21 April 2020].

NRK, 2020. *NRK*. [Internett]
Available at: https://www.nrk.no/video/ombruk-av-materialer-i-byggenaeringen-kan-spare-miljoet-for-store-klimagassutslipp_fcf410eb-f283-40e9-bf0e-8e917e27128b
[Funnet 18 Mai 2020].

Peikko, u.d. *peikko*. [Internett]
Available at: <https://www.peikko.no/produkter/produkt/deltabeam-product-information/>
[Funnet 2020].

Persvold, A. Z., 2019. *Store norske lesksikon*. [Internett]
Available at: snl.no/resirkulere
[Funnet 2 Juni 2020].

Sørnes, K. et al., 2014. *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*, s.l.: SINTEF akademisk forlag.

SINTEF Byggforsk, 1999. *byggforsk.no*. [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/2751/oppbygning_av_konstruksjoner_kartlegging_og_undersokelse
[Funnet 27 Mai 2020].

SINTEF Byggforsk, 2011. *Byggforskserien*. [Internett]
Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering_av_rivearbeider
[Funnet 14 Mai 2020].

SINTEF Byggforsk, 2017. *Byggforsk*. [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/315/brannteknisk_klassifisering_og_dokumentasjon_av

bygningsdeler og byggeprodukter#i1
[Funnet 7 Mai 2020].
SINTEF Byggforsk, 2018. *Byggforskserien*. [Internett]
Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/644/miljoekartlegging_og_miljoesanering_ved_riving_og_ombygging
[Funnet 6 Mai 2020].
SINTEF Byggforsk, 2020. *sintef*. [Internett]
Available at: <https://dibk.no/byggeregler/dok/byggevareforordningen/vedlegg-v-vurdering-og/>
[Funnet 3 April 2020].
SSB, 2020. *Statistisk sentralbyrå*. [Internett]
Available at: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avbygganl/aar>
[Funnet 3 Mai 2020].
Statsbygg, 2017. *Statsbygg*. [Internett]
Available at: <https://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/HVL-Bergen-Nybygg-Kronstad/BREEAM/>
[Funnet 29 April 2020].
Statsbygg, u.d. *Statsbygg*. [Internett]
Available at: <https://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/Regjeringskvartal-nytt/Riving-av-R4/>
[Funnet 10 Mai 2020].
Strand, S. S., 2020. *Byggeindustrien*. [Internett]
Available at: <http://www.bygg.no/article/1422590?image=dp-image139450-1422595>
[Funnet 5 Mai 2020].
The Steel Construction Institute, 2019. *Protocol for reusing structural steel*. 05 red. s.l.:s.n.
Thue, J. V., 2009. *Store norske leksikon*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/karbonatisering>
[Funnet 26 Mai 2020].
Thue, J. V., 2017. *Store norske leksikon*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/teglstein>
[Funnet 4 Mai 2020].
Thue, J. V., 2019. *Store norske leksikon*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/betong>
[Funnet 29 April 2020].
Trefokus, u.d. *Trefokus*. [Internett]
Available at: <http://www.trefokus.no/proff/artikler/a-bygge-med-tre/takstol/presentasjon-takstol>
[Funnet 21 Mai 2020].
Trefokus, u.d. *Trefokus*. [Internett]
Available at: <http://www.trefokus.no/treveilederen/temaer/miljo-og-berekraft/hvorfor-er-tre-et-miljoennlig-byggemateriale->
[Funnet 06 Mai 2020].
Trondheim kommune, 2019. *Trondheim kommune*. [Internett]
Available at: <https://www.trondheim.kommune.no/gjenbrukshuset/#heading-h2-10>
[Funnet 8 Mai 2020].
Wærp, S., u.d. *Sintef*. [Internett]
Available at: <https://www.sintef.no/epd-miljodeklarasjon-av-byggematerialer/>
[Funnet 24 April 2020].

Widenoja, E., Myhre, K. & Kilvær, L., 2018. *Ombruk av stål og tilknyttede byggematerialer*, s.l.: Norsk stålforbund.

Wiik, M. R. K., 2015. *Sintef*. [Internett]

Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/styrker-miljovennlig-bygging-med-epder/>
[Funnet 5 Mai 2020].