

Gjenbruk av bygningsmaterialer og -komponenter

Reuse of building materials and components

Trondheim Mai 2022

Yngve Øye Fremmerlid
Einar Steensohn

Intern veileder:
Rolf André Bohne

Ekstern veileder:

Prosjektnr:
2022-16

Rapporten er ÅPEN



NTNU

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet våren 2022 ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskaplig universitet. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng og markerer slutten på vår treårige bachelorstudie ved NTNU.

Gjennom våre tre år som byggingeniørstudenter har vi utviklet en interesse for byggetekniske løsninger som er både klimavennlige og effektive. Bacheloroppgaven handler om nettopp dette, hvordan implementere en effektiv og miljøvennlig gjenbruksprosess i en allerede etablert byggebransje. Vi har tilegnet oss mye nyttig kunnskap som vil være nyttig både i videre studier og arbeidslivet, der vi håper å kunne bidra til en mer bærekraftig byggebransje.

Vi ønsker å takke vår veileder, Rolf André Bohne, for hans bidrag i arbeidet med oppgaven og hyggelige møter.

Til slutt vil vi takke hverandre for et strålende samarbeid gjennom hele studietiden, spesielt under dette avsluttende semesteret!

Einar Steensohn

Einar Steensohn

Yngve Fremmerlid

Yngve Fremmerlid

Sammendrag

Overforbruk og befolkningsvekst har ført til at vi i dag kan observere klimaforandringer og en økende uttømming av ressursene i verden. Klimaforandringene viser seg i form av forhøyet temperatur, hyppigere forekomst av ekstremvær og naturkatastrofer, og et høyere havnivå. Stadig økende befolkning, komfortkrav og forbruk har satt jordens befolkning i en situasjon som krever umiddelbar handling. På bakgrunn av dette har FN utarbeidet en internasjonal klimaavtale, med målsetning om et klimanøytralt samfunn innen 2100. Norge er et av medlemslandene i denne avtalen.

For å oppnå klimamålene satt av FN er Norge avhengig av å redusere både klimagassutslipp og ressursforbruket. Byggebransjen står ansvarlig for store deler av både utslipp og forbruk, og må stilles til ansvar for sitt eget miljøavtrykk. I sammenheng med klimamålene har sirkulær økonomi vokst frem med økende popularitet som en mer gunstig modell enn dagens lineære økonomi. Sentralt i den sirkulære økonomien står gjenbruk. Denne bacheloroppgaven har gjennom litteraturstudier forsøkt å samle relevant data, erfaringer og kunnskap som belyser utfordringene og mulighetene for en storskala implementering av ombruk og gjenvinning i byggebransjen, samt hvilke materialer som er mest aktuelle.

Resultatene viser at det er en lav grad av ombruk i bransjen per i dag, og dermed er det et potensiale for en oppskalering. Det kommer klart frem av arbeidet at en slik oppskalering krever endringer i alle ledd. Både økonomiske, praktiske, samfunnsmessige og kulturelle endringer må skje. Det har vist seg vanskelig å tallfeste mengder av materialer tilgjengelig for gjenbruk fra den tilgjengelige avfallsstatistikken, og dermed vanskelig å anslå med nøyaktighet utviklingen gjenbruk vil ha i fremtiden. Likevel vil en endring i dagens riveskikken føre til at mengden ombrukbart materiale vil øke i fremtiden.

Videre er ombrukspotensialet til en rekke ulike materialer og produkter trukket frem og vurdert i oppgaven. Også her støter man på vanskeligheter da det er mange faktorer som regnes som prosjektspesifikke, og en generell ombruksverdi ikke nøyaktig kan anslås. En oppskalering vil trolig tjene mest på at enkelte materialgrupper prioriteres skjer først, for å utvikle sikre og effektive ordninger på testing, dokumentering og logistikk.

En omlegging av hele byggebransjen der det bygges *for* og *med* ombruk vil ta tid, penger og vilje. Det krever fagfolk med tverrfaglig kompetanse som er innovative og villige til å trække opp nye stier for andre. Til gjengjeld vil det åpne opp for ny industrivirksomhet og skape flere arbeidsplasser.

Summary

Overconsumption and population growth has led us to see the climate change and a growing depletion of the world's natural resources. Climate change is showing in the form of elevated temperature, more frequent occurrence of extreme weather and natural disasters, and a rise in sea levels. The continuous increase of the world's population and consumption in combination with a rising demand for comfort has led us to a situation that demands immediate action. Based on this, the UN has drawn up an international climate agreement, with the goal of being a climate neutral society by 2100. Norway is one of the signed countries in this agreement.

In order to reach the climate goals, set by the UN, Norway is dependent on minimizing both greenhouse gas emissions and the resource consumption. The construction industry is responsible for a major part of the world's, and Norway's, emissions and resource consumption, and need to be held accountable. With background in the climate goals, the concept of circular economy has gained popularity as a more favourable model rather than the current linear model. A key component to the circular is reuse. This thesis makes an effort to compile and review available literature, experiences and knowledge regarding possibilities and difficulties surrounding a large-scale implementation of reuse in the construction industry. The thesis also seeks to investigate and discuss which building materials and components might be best suited for reuse.

The results shows that the industry, as of today, have a low degree of reuse in general, thus have a potential for up scaling. It is evident that such a large-scale implementation requires big and intrusive changes in every stage of the construction process. Both economic, practical, societal and cultural changes need to happen. It has been a difficult task to get exact numbers quantifying reusable materials based on the available waste statistics in Norway, and therefore also difficult to predict exactly how the practise of reuse will grow in the future. Nevertheless, a change in how to demolish buildings will most likely lead to more available reusable material in the future.

Furthermore, the thesis discusses the potential for reuse in a range of different materials. Also at this stage significant challenges occurred. Since there are many project specific elements to consider when discussing the potential it is hard to give a quantifiable value to each material or component. A scaling of the reuse market would likely benefit from choosing some select materials and develop safe and efficient routines for testing, documentation and handling.

A shift in the industry in which the focus is on building *for* and *with* reusable materials is going to take time. The process needs innovative professionals with interdisciplinary expertise, willing to thread new paths for other to follow. In return it will establish new industries and open up for new fields of work.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Summary	iii
Figurer	iv
Tabeller	v
Definisjoner	vii
1 Innledning	1
1.1 Problemstilling	1
1.2 Avgrensninger	2
1.3 Oppgavens oppbygging	3
2 Teori	4
2.1 Gjenbruk	4
2.1.1 Hvorfor gjenbruk	6
2.1.2 FNs klimamål	7
2.2 Gjenbruk gjennom byggebransjens historie frem til i dag	7
2.3 Gjenbruk i et bærekraftsperspektiv	7
2.3.1 Miljøaspekt	8
2.3.2 Økonomiskaspekt	9
2.3.3 Samfunnsaspekt	13
2.4 Referanseprosjekt	15
2.4.1 Gjenbrukshuset i Trondheim	15
2.4.2 Kristian August Gate 13	16
2.4.3 Empire State Building	17
2.4.4 Studentsiloen på Grünerløkka i Oslo	18
2.5 Riving	19
2.5.1 Rivningsstatistikk	19
2.5.2 Riving i dag	22
2.5.3 Hvordan bør det rives med tanke på gjenbruk?	25
2.6 Lovverk ved Ombruk	27
2.7 Gjenbrukspotensial til materialer	29
2.7.1 Metall	29
2.7.2 Tegl	30
2.7.3 Betong	32
2.7.4 Tre	33
2.7.5 Vindu/glass	34
2.7.6 Varmeisolasjon	35
2.7.7 Gips	35
2.7.8 Takstein og skifer	36
2.7.9 Plast	36
3 Metode	37
3.1 Litteraturstudie	37
3.1.1 Strategi for søk	37

3.1.2	Kvalitetssikring	38
3.2	Dokumentstudie	38
3.2.1	Metode for søk	38
3.2.2	Kvalitetssikring	39
3.3	Korrespondanse med Nasjonalparken Næringshage	39
3.3.1	Ombrukshub ved Næringshagen	39
4	Resultat	40
4.1	Håndtering av avfall	40
4.1.1	Ombruk	41
4.1.2	Materialgjenvinning	42
4.1.3	Avfallsreduksjon	43
4.2	Gjenbrukspotensiale	44
4.2.1	Vinduer/glass	44
4.2.2	Betong	50
4.2.3	Tegl	52
4.3	Forutsetninger for vider utvikling av gjenbruksmarkedet	55
4.3.1	Endringer regelverk	55
4.3.2	Forbedring økonomi	56
4.3.3	Prosjektering og bygging med hensyn på gjenbruk	57
4.3.4	Tilgjengelighet på informasjon	58
5	Diskusjon	59
5.1	Oppsummering av resultat	59
5.2	Tilgjengelighet på materialer	59
5.3	Mulig utvikling av gjenbruksmarkedet	61
5.4	Endring i tankegang	62
6	Konklusjon	63
6.1	Hvordan er potensialet for en oppskalering av gjenbruksmarkedet?	63
6.2	Hvilke byggmaterialer egner seg best for gjenbruk?	64
7	Referanseliste	66

Figurliste

Figurer

1	Illustrasjon av avfallshierarkiet hentet fra miljodirektoratet.no	4
2	Tradisjonell illustrasjon av den sirkulære økonomien hentet fra SNL.no	5
3	FN	7
4	Gjenbrukshuset i Trondheim, hentet fra: <i>Trondheim Kommune</i>	9
5	Informasjonsflyt i en sentralisert handelsplattform for gjenbruksmaterialer	12
6	De to husene i pilotprosjektet, hentet fra: adressa.no	15
7	Kristian August Gate 13 hentet fra: dibk.no	16
8	Klimagassregnskap pr bygningsdel sammenlignet med referansebygg, <i>Kristian August gate 13</i>	16
9	Empire State Building hentet fra: Commons.wikimedia.org	17
10	Rehabilitering av vinduer i Empire State Building hentet fra: Greenbiz.com	17
11	Ombygging av silo til studentbolig på Grünerløkka i Oslo hentet fra: Wikipedia.org (Foto: Helge Høifødt)	18
12	Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving 2020, hentet fra SSB.no	21
13	Riverobot hentet fra anleggsmaskinen.no	24
14	Stålkutter hentet fra buildaustralia.com	24
15	Stålbjelke hentet fra byggforsk.no	30
16	Tegl hentet fra: Byggogbevar.no	30
17	Hulldukke av betong hentet fra: buildingsupply.no	33
18	Antikvarisk rehabilitering av vindu. hentet fra: glassogfasade.no	34
19	Polykarbonatplater hentet fra: Skanda.no	36
20	Eksempel på søkeord brukt i Scopus	37
21	Avfallsbehandling for ulike materialgrupper 2017 (Ibenholt <i>et al</i> , 2020).	40

22	Demontering av vinduer, hentet fra Trondheim kommune.	41
23	Typisk 2 lags isolerglassrute. hentet fra: Nordconsult.no	44
24	Typiske skadesteder på vinduer, hentet fra byggforsk.no	47
25	Bygningens lag. Illustrasjon fra Brand(1994).	58

Tabeller

1	Kostnader og besparelser i erfaringsrapport om gjenbruk av <i>Kristian August gate 13</i>	11
2	Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving 2020 angitt i tonn, hentet fra: SSB.no.	20
3	Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype, statistikkvariabel, år og behandlingsmåte, hentet fra: SSB.no.	21
4	Ombrukstabell for teglstein hentet fra: Sintefbok.no	31
5	TONE-prinsippet og hva det innebærer	38
6	U-verdi etter ulike vindustyper, hentet fra Sintef byggforsk.no	48

Definisjoner

Avfall: Er definert i forurensingslovens paragraf 27. Det som menes med avfall er løsgjenstander eller stoffer som noen har kassert, har hensikt å kassere eller er forpliktet til å kassere. Avgasser og avløpsvann regnes ikke som avfall (SSB, 2021a).

Avfallsanlegg: Er et anlegg som brukes til disponering/behandling eller forbehandling av avfall der bedrifter har dette som hovedaktivitet.

Avfallsfraksjon (SSB, 2021a):

Avfallsreduksjon: Reduksjon av avfallsmengder fra kilden gjennom endring i produksjonsprosesser, endret forbruksmønster eller redusert forbruk og bedre utnyttelse av råvarer.

BAMB: Buildings As Materials Banks

Byggeavfall: Avfall fra rehabilitering, nybygging og riving av bygninger (SSB, 2021a).

CE-merke: CE-merking betyr at en byggevare er i samsvar med byggevareforordningen og kan fritt omsettes over landegrensene innen EØS/EU (Kilvær et al, 2019).

Deponi: Endelig anbringelse av avfall på godkjent fyllplass (SSB, 2021a).

DiBK: Direktoratet for byggkvalitet.

Energigjenvinning: Utnyttelse av energi i avfallet fra forbrenning (Kilvær *et al.*, 2019).

Farlig avfall: Avfall som ikke kan håndteres sammen med annen avfall. Farlig avfall må sendes til godkjent mottak.

FDV: Vanlig forkortelse for forvaltning, drift og vedlikehold. Brukes som en samlebetegnelse for aktiviteter og kostnader gjennom et anleggs eller en bygningens totale levetid, fra bruk av nybygg til utrangering eller riving (Kilvær et al, 2019).

Gjenbruk: En samlebetegnelse for ombruk og gjenvinning, hvor materialer og andre restprodukter nyttiggjøres (Kilvær et al, 2019).

Gjenvinning: En samlebetegnelse for energiutnyttelse, materialgjenvinning og kompostering (SSB, 2021a).

Insentiv: noe som motiverer mennesker til handling (Sagberg, 2018).

Materialer: Betegner stoff som har forholdsvis like kjemiske og fysiske egenskaper (SSB, 2021a).

Materialgjenvinning: Også kjent som resirkulering. Gjenvinne avfall slik at materialer eller stoffer kan benyttes som innsatsfaktor i nye produkter/råvarer (Kilvær et al, 2019)

Nedsirkulering: Prosess med å bryte ned et produkt til enkeltbestanddeler, for potensiell energigjenvinning, deponi eller materialgjenvinning (Kilvær et al, 2019).

NTNU: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Ombruk: Utnyttelse av avfallet i den opprinnelige formen (SSB, 2021a)

Prefabrikasjon: Prefabrikkering eller prefabrikasjon beskriver en metode hvor bygningsdeler blir fremstilt på fabrikk, slik at det blir reduksjon av arbeid på byggeplass (Kilvær et al, 2019).

Re-dokumentere: Prosessen med å dokumentere egenskapene til en brukt byggevare (Kilvær et al, 2019).

Rehabilitering: Istandsettelse av en bygning eller komponent for nåtidig formål, eller for å rette på forsømt vedlikehold.

Selektiv riving: Rivemetode hvor materialer og bygningsdeler demonteres og sorteres, for å oppnå størst mulig gjenvinning- og ombruksgrad, og så lite deponering som mulig (Størnes et al, 2014).

Sirkulær økonomi: Utnyttelse av naturressurser og produkter effektivt og så lenge som mulig, i et kretsløp der minst mulig ressurser går tapt (Miljødirektoratet, 2022).

SSB: Statistisk Sentralbyrå

1 Innledning

1.1 Problemstilling

En bærekraftig miljøpolitikk handler om å ta vare på naturen og klimaet her på jorda, samtidig som menneskers behov blir ivaretatt i dag og i fremtiden (FN-sambandet, u.d.). Måten mennesket i dag utnytter og bruker naturressurser har store konsekvenser for alt liv på jorden. Til eksempel er klimagassutslipp fra olje, kull og gass svært skadelig og endrer på jordens klima og natur. Disse gassene varmer opp kloden og vil etter hvert ødelegge hele økosystemer og utrydde mange plante- og dyrearter. De gjør oss også mer utsatte for ekstremvær, naturkatastrofer og gjør det vanskelig å dyrke mat der det tidligere har vært mulig (European Commission, u.d.).

Klimaforandringene som skjer i dag har en direkte sammenheng med menneskers overforbruk av de naturressursene som finnes på jorden. Samtidig fører overforbruket til en tapping av ressurslagrene. Med stadig økende befolkningsantall og komfortkrav er dagens situasjon ikke bærekraftig, og drastiske tiltak må settes i gang snarest mulig. En betydelig andel av råvareuttak, energiforbruk og avfall i verden utgjøres av byggeindustrien. Derfor er det naturlig at det blir gjort endringer og at byggenæringen også stilles til ansvar. For å ta tak i miljøproblemene knyttet til denne næringen kreves det at det blir gjort driftsmessige endringer i retning av en mer sirkulær økonomi. Omfattende ombruk av byggevarer og komponenter kan potensielt gi umiddelbar virkning på både råvareforbruket, klimautslipp og avfallsproblematikken.

På grunnlag av dette ser vi på bacheloroppgaven som en god måte å undersøke mulighetene og utfordringene ved gjenbruk av komponenter og byggematerialer som et steg mot en mer miljøvennlig byggenæring og en mer bærekraftig fremtid. Hovedformålet med oppgaven er å undersøke og belyse viktige aspekter som forteller oss om det er verdt å satse på gjenbruk av byggematerialer, og hvilke materialer som eventuelt er mest relevante for gjenbruk.

Med bakgrunn i formålet til oppgaven er følgende problemstilling utarbeidet:

«Hvordan er potensialet for å oppskalere og utvikle gjenbruksmarkedet og hvilke materialer har størst potensiale for gjenbruk?»

For å svare på den utarbeidede problemstillingen er det formet følgende spørsmål som skal besvares i oppgaven:

- Hvilke miljømessige fordeler vil en mer utbredt bruk av gjenbruk ha?
- Hvor store sparinger og reduksjoner kan gjøres innen hhv. råvareforbruk og byggeavfall?
- Hvilke komponenter og materialer egner seg best for hhv. ombruk og gjenvinning?

- Hvilke tilrettelegginger trengs for å utvikle og etablere gjenbruk som en vanlig praksis? Se på mulighetene for å utarbeide standarder, regler og ordninger

Disse fire spørsmålene skal underbygge og hjelpe til med besvaringen av problemstillingen.

1.2 Avgrensninger

Oppgaven er definert relativt bredt og gir mange ulike retninger å angripe problemstillingen fra. De fire spørsmålene presentert over er med på å definere og begrense hva som har vært ønskelig å undersøke nærmere.

Siden gjenbruk er et svært omfattende og nytt tema som må involveres i alle ledd i byggebransjen er det i denne oppgaven valgt å se på gjenbruk i et overordnet nivå, med fokus på de mulige utfordringer og muligheter i hvert enkelt ledd uten å gå inn i detaljnivå på ett felt. Oppgaven er ment å gi leseren et overblikk over gjenbruksmuligheter og -utfordringer, fremfor prosjektspesifikke løsninger, da dette trolig har liten til ingen direkte overføringsverdi til andre prosjekter. Det er også sett på hvilke materialer som har størst gjenbrukspotensiale. De utfordringene og mulighetene som fremgår i oppgaven vil kreve undersøkelser og beregninger for å komme frem til de riktige løsningene.

Oppgaven tar utgangspunkt i at diskuterte rivningsbygg allerede er vurdert til rivningsklare og ikke verdt å rehabilitere.

Bruken av overskuddsmaterialer kan være en viktig del i arbeidet med å senke ressursforbruket, men er ikke en del av oppgaves definisjon på gjenbruk. Derfor er det valgt å ikke legge fokus på dette i denne oppgaven. Økonomien rundt gjenbruk er også forsøkt belyst, men det finnes få referanseprosjekter, og økonomien er svært prosjektspesifikk. Dermed har det vært vanskelig å finne godt datagrunnlag for å trekke konklusjoner basert på dette.

1.3 Oppgavens oppbygging

Oppgaven er i all hovedsak utarbeidet som en litteraturstudie, og er utformet etter en vitenskapelig struktur med innledning, hoveddel bestående av teori, resultat og diskusjon, metodevalg og konklusjon/avslutning (NTNU IPL, 2020). Disposisjonen sørger for en logisk oppbygging av oppgavene og en overordnet flyt.

Kapittel 1 tar for seg problemstillingen, supplerende forsknings spørsmål til problemstillingen, avgrensninger og valg gjort i arbeidet.

Kapittel 2 tar for seg det teoretiske grunnlaget for oppgaven: definerer gjenbruk, klimamål, riving, gjenbrukspotensiale i ulike materialer.

Kapittel 3 tar for seg valg av metode, søkstrategier og kvalitetssikring av oppgaven.

Kapittel 4 tar for seg resultatene utarbeidet gjennom litteraturstudien.

Kapittel 5 diskuterer resultatene og teorien og hvilke hensyn som må tas.

Kapittel 6 oppsummering av oppgavens innhold, og forklaring på hvordan problemstillingen er besvart.

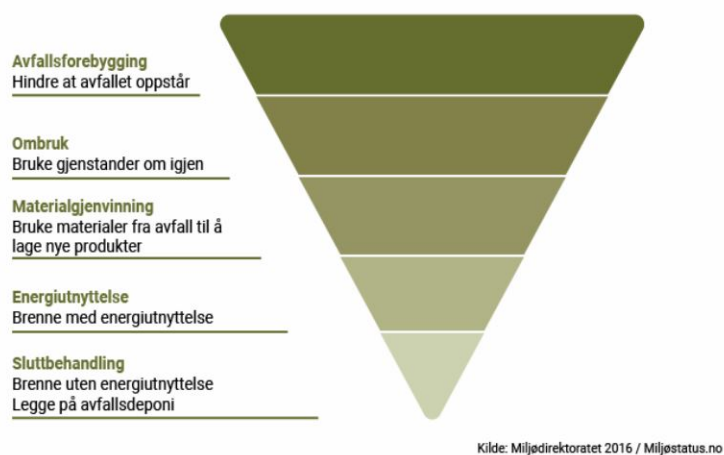
Kapittel 7 inneholder en alfabetisk referanseliste med alle referanser brukt i oppgaven.

2 Teori

I dette kapitlet presenteres begreper og den teoretiske bakgrunnen som er aktuell for å kunne besvare problemstillingen. Først forklares definisjonen på gjenbruk. Videre blir klimamål, historien til gjenbruk, de tre dimensjonene som inngår i bærekraft, samt riveskikk og -statistikk presentert. Til slutt teoretisk presentasjon av potensialet for gjenbruk i ulike materialer og komponenter.

2.1 Gjenbruk

Begreperne ombruk og gjenbruk forveksles ofte med hverandre, men i denne oppgaven er gjenbruk tenkt på som et samlebegrep for både materialgjenvinning og ombruk. Denne definisjonen på gjenbruk vil dermed utgjøre nivå 2 og 3 i avfallshierarkiet.



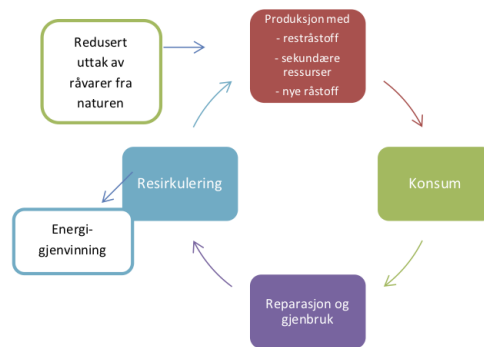
Figur 1: Illustrasjon av avfallshierarkiet hentet fra miljødirektoratet.no

Materialgjenvinning er definert som: enhver form for gjenvinning der avfallsmaterialer brukes til framstilling av stoffer eller løse gjenstander som ikke er avfall. Bruk av avfall til framstilling av energi eller materialer som skal anvendes som brensel eller fyllmasser, regnes ikke som materialgjenvinning (Det kongelige klima- og miljødepartementet, 2016-2017).

Ombruk på sin side blir definert som: en vare (produkter eller komponenter) som kan brukes på nytt i sin opprinnelige form (Det kongelige klima- og miljødepartementet, 2016-2017).

I figur 1 vises avfallspyramiden/hierarkiet der forholdet mellom ressursutbytte og grad av bearbeiding avgjør verdiplasseringen til de ulike formene av avfallshåndtering. Tanken bak avfallspyramiden bygger på ideen om sirkulærøkonomi og angir en tydeligere illustrasjon av stegene i den sirkulære tankegangen enn de tradisjonelle

illustrasjonene man ofte ser, som for eksempel i figur 2. Pyramiden leses fra øverst til nederst, og målet er å håndtere avfallet så nær toppen av pyramiden som mulig.



Figur 2: Tradisjonell illustrasjon av den sirkulære økonomien hentet fra *SNL.no*

Det skilles også mellom lokal ombruk og ombruk annensteds

Et annen faktor som inngår i tankegangen om gjenbruk er utnyttelsen av *overskuddsmaterialer*. Byggematerialer som ikke er tatt i bruk på en byggeplass må ikke nødvendigvis bli til avfall så lenge det blir håndtert og oppbevart på en hensiktsmessig måte. Ved å selge eller lagre overskuddsmaterialer til bruk i andre byggeprosjekter unngår man at det går som avfall. Dette skiller seg fra denne oppgavens definisjon på gjenbruk, men er likevel er det en viktig del av prosessen for å minimere avfall og optimalisere utnyttelsen av ressurser.

2.1.1 Hvorfor gjenbruk

Befolkningsvekst, globalisering og en forhøyet levestandard har medført en betydelig økning av menneskers innvirkning og fotavtrykk på jordkloden og miljøet det siste århundret. Forbruksmønsteret i dag er for det meste lineært og medfører et økt ressursforbruk i takt med økt levestandard og økonomisk aktivitet (Allwood og Cullen, 2012). Vi står nå ovenfor en av vår tids største og vanskeligste utfordringer med klimakrisen og global oppvarming. En hurtig og drastisk endring kreves for å hindre eller redusere omfanget av de alvorlige bivirkningene temperaturendringene kan ha på både menneskers liv og jordkloden vår. Ifølge FNs klimapanel vil klimaendringene føre til blant annet; dårligere tilgang på vann og mat, konflikter, helseproblemer og hyppigere forekomst av ekstremvær og naturkatastrofer. Konsekvenser som dette fører til at mange må flytte og i 2020 måtte over 30 millioner mennesker forlate sine hjem på grunn av klimarelaterte problemer (FN-sambandet, u.d.).

Det bygde miljøet vi lever i er en grunnleggende komponent i økonomisk og sosial utvikling. Naturligvis krever det bygde miljøet et stort materialforbruk og høyt energiforbruk, som gjør at byggesektoren står for omtrent 40% av verdens klimautslipp (Huang *et al*, 2018). Utslippene i byggebransjen deles gjerne inn i to kategorier: 1) Driftsenergi - energien brukt til bruk/drift av bygningen, 2) Legemliggjort energi - energien brukt til bygging, renovering, vedlikehold og riving av bygget. Driftsenergien står for omtrent 80% av den totale energibruken og dette feltet har derfor dominert bygningsteknologi i mange år (Sartori og Hestnes, 2007). I nyere tid har den legemliggjorte energi fått en større rolle i forskningen, ettersom driftsenergien er ventet å gå ned etter implementering av mer energieffektive byggemetoder.

Ved gjenbruk av byggeavfall kan man erstatte deler av bruken av primærråvarer. En stor del av byggebransjens legemliggjorte energi går med til produksjon, transport og montering av primærråvarer. Gjenbruk av materialer og komponenter, som ellers ville gått som avfall, fører til at det brukes mindre av primære råvarer og at utslippene ved raffinering av disse primære råvarene senkes. De innsparte forbrukene overgår som regel de direkte utslippene forbundet med gjenvinningsprosessen for de fleste bygningsmaterialene, avhengig av transportdistanse og type transport. (Ghisellini, 2017).

2.1.2 FNs klimamål



FNs bærekraftsmål nr. 12, ansvarlig forbruk og produksjon:

- 12.2 - Innen 2030 oppnå bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser
- 12.5 - Innen 2030 redusere avfallsmengden betydelig gjennom forebygging, reduksjon, materialgjenvinning og ombruk



FNs bærekraftsmål nr. 13, stoppe klimaendringene:

- 13.2 – Innarbeide tiltak mot klimaendringer i politikk, strategier og planlegging på nasjonalt nivå

Figur 3: FN

Under FNs Klimakonvensjon i 2015 forpliktet Norge og 194 andre land seg til å redusere sine klimagassutslipp. Denne felles innsatsen for klimaet går under navnet Parisavtalen. For å oppnå målene i Parisavtalen har Norge bestemt seg for å kutte klimagassutslippene med 50-55% fra de største sektorene som industri, energi, jordbruk, transport, bygg og avfall (Regjeringen, 2021). For å oppnå en bærekraftig utvikling og kunne sikre FNs bærekraftsmål om å stoppe klimaendringene er samfunnet avhengig av å bryte ressursbruk vekk fra velferd og økonomisk vekst (Bakshi, 2019). Dermed kan klimagassutslipp og ressursbruk senkes uavhengig av velferdsnivåer og økonomisk vekst. Ofte blir sirkulær økonomi tatt opp som en mulig løsning på denne nødvendige frabrytingen.

Sirkulær økonomi handler om sette til side den tradisjonelle ”bruk-og-kast”-økonomien som i dag er den dominerende økonomien og tankegang i store deler av samfunnet, også i byggebransjen. Tanken er å ta vare på produkter og materialer så lenge som mulig og redusere behovet for jomfruelige ressurser ved håndtering av de allerede uthentede ressursene i et sirkulært kretsløp. I denne økonomien regnes tradisjonelt avfall som en ressurs og gjenbruk står sentralt i tenkemåten.

2.2 Gjenbruk gjennom byggebransjens historie frem til i dag

2.3 Gjenbruk i et bærekraftsperspektiv

Med bakgrunn i det store klimautslippene byggebransjen er ansvarlig for og FNs klimamål er det klart at det er et stort behov for en reduksjon av ressursforbruk og utslipp. Et skifte mot større fokus på å redusere den legemliggjorte energien

i bygging gjør gjenbruk til et av mange mulige satsningsområder i byggebransjen (Sartori og Hestnes, 2007).

Skal det lønne seg for bransjen å satse på gjenbruk må det vise seg nyttig innen for de tre dimensjonene for bærekraft: *miljø, økonomi og sosiale forhold* (Bakshi, 2019). Dette rammeverket ble først utviklet av John Elkington i 1994 under navnet "The Triple Bottom Line" ofte referert til som "TBL" eller "3BL". Rammeverket bygger på ideen om at bedrifter og bransjer ikke bare skal basere sin vekst og suksess på økonomisk fremgang, men også en fremgang innen de sosiale og miljømessige aspektene. Disse tre dimensjonene utgjør en sjekklistemodell som lar oss enklere undersøke om en praksis eller ide kan karakteriseres som en bærekraftig praksis (Elkington, 2004). Videre vil dette delkapittelet ta for seg disse tre dimensjonene i en vurdering av gjenbruk i et bærekraftperspektiv.

2.3.1 Miljøaspekt

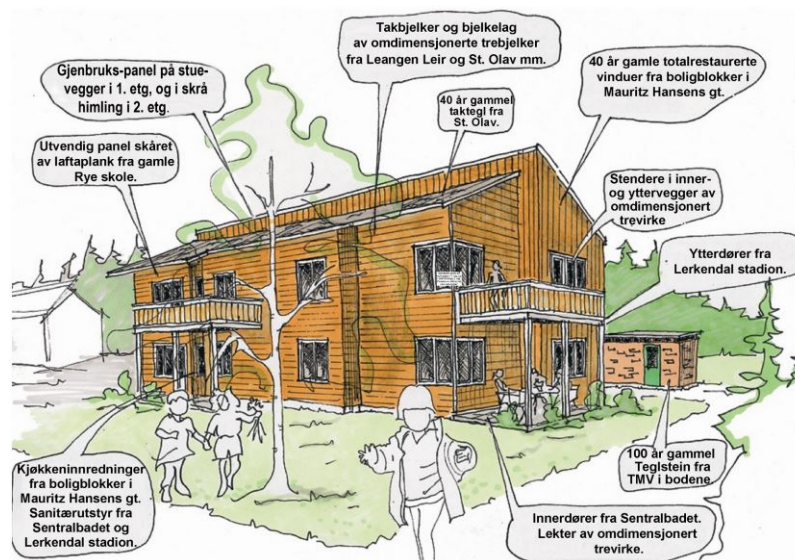
Et av de største drapunktene for en implementering av mer gjenbruk i byggebransjen er økt ressursutnyttelse og reduksjon av klimagassutslipp. Fordelen med gjenbruk kan forklares med begrepet *miljøforsvarlig levetid*, der materialer kan overgå sin tekniske levetid gjennom gjenbruk og dermed forsvare den miljøinnsatsen som gikk med på å produsere det gitte materialet. Gjenbruk vil redusere behovet for nye ressurser og hindre store opphopninger av avfall på deponi. Gjenbruk vil altså, gjennom materialets ulike stadier i levetiden, være med på å redusere forurensning, senke energibruk og redusere areal brukt til både materialutvinning og deponering av avfall.

I en analyse utarbeidet av SSB om generert avfall fra bygningsarbeid er det antatt at man kan gjenbruke 10% av avfallsmengdene i nybygging og rehabiliteringsarbeid. Med disse forutsetningene får man et nasjonalt reduksjonspotensiale på omtrent 2% sammenlignet med dagens utslipp fra produksjon, transport og avfallsbehandling av alt nytt byggmateriell. Med disse forutsetningene havner reduksjonspotensialet på omtrent 94 prosent. Dermed vil gjenbruk ha en vesentlig innvirkning på klimagassregnskapet i enklere prosjekt, dersom det utnyttes i større grad.

Miljøeffektene av gjenbruk vil avhenge av mengder og hvilke typer materialer som blir gjenbrukt. Materialer som utgjør store miljøbelastninger ved uttak av råvarer og produksjon, vil gi et tilsvarende miljøbesparende potensiale ved gjenbruk.

Referanseprosjektet Gjenbrukshuset i Trondheim er et eksempel på et gjennomført gjenbruksprosjekt. Dette prosjektet bestod av to like firemannsboliger, der ett av de i stor grad består av gjenbrukte materialer. 85% av trevirket som medgår i kledning og reisverk er gjenbrukt materiale, alle innerdører og all tegl er brukt. Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) ble engasjert for å utføre miljøanalysen og sammenligne de to byggene (Pettersen, 2005).

Evalueringen gjennomført av STØ ble gjort ved en forenklet LCA etter ISO-standardene 14040-43 for byggingen av Gjenbrukshuset sammenlignet med det tradisjonelt bygde



Figur 4: Gjenbrukshuset i Trondheim, hentet fra: *Trondheim Kommune*

huset med nye materialer. Resultatene av analysen viser at Gjenbrukshuset kommer klart best ut på alle miljøpåvirkningsfaktorene vist over. Der takstein/teglmur står for det meste av den miljømessige innsparingen (Modahl og Raadal, 2003).

I en artikkel fra Ghisellini *et al.* (2017) legges det fram at det foreløpig er lite å tjene på å implementere gjenbruk i demontering og riving av bygg, men det er fortsatt et større reduksjonspotensiale i konstruksjonsfasen av bygg. Det vises til to ulike livsløpsanalyser fra England og Italia. Resultatene fra England viser at gjenbruk av materialer og komponenter etter endt levetid for et bygg gir liten effekt på det totale miljøavtrykket med en reduksjon på 2-3%, avhengig av type bygg. Reduksjonen er betydelig større om man anvender gjenbruk i byggefasen, med en reduksjon på 28% (Cùellar-Franca *et al.*, 2012). Lignende tall fant man også i analysen fra Italia der reduksjonen i slutfasen av bygget var 1.6% og 18% i byggefasen (Blengini, 2009).

2.3.2 Økonomisk aspekt

I utgangspunktet skal gjenbruk av utvalgte materialer i byggeprosjekter føre til reduserte materialkostnader. I en rapport fra Norsk Stålforbund vises det til et suksessfullt gjenbruksprosjekt i England, 9 Cambridge Avenue. Der blant annet bærende stålrammer, ståltrekkverk, treverk, dører og betongfundamenter fra et eldre kontorbygg ble relokalisert, tilpasset og gjenbrukt. Dette gjenbruksbygget resulterte i 56% lavere utslipp av CO₂-ekvivalenter og 25% lavere økonomisk kostnad, sammenlignet med tilsvarende nybygg. Slike gjenbruksprosjekter viser at gjenbruk kan være lønnsomt og virker oppmuntrende for bransjen (Widenoja *et al.*, 2017). Likevel er det per i dag begrenset med erfaringstall tilknyttet økonomien i gjenbruksprosjekter. Lav grad av utvikling og usikkerhet rundt prosesser fører til at kostnadene forbundet til gjenbruk ofte er høyere enn hva innkjøp av jomfruelige ressurser er.

Materialer for ombruk må vanligvis gjennom en prosess bestående av blant annet; ri-

ving, rensking, vasking, lagring, transportering, testing, prosjektering og montering. I en slik prosess påløper det økonomiske kostnader for hvert av gjenvinningstrinnet avhengig av tiden som kreves. Prosesstiden kan variere fra produkt til produkt, der noen materialer ikke alltid krever en like omfattende klargjøringsprosess. Dermed blir en konkret estimering av kostnader involvert i gjenbruk av materialer og komponenter krevende. Pettersen (2005) skriver i sin rapport fra referanseprosjektet Gjenbrukshuset i Trondheim:

“Det finnes ennå ingen vanlig kommersiell leverandør, og dette gjør det umulig å foreta en direkte sammenlikning av kostnadsforskjellene mellom nye og bruktematerialer, og mellom de to ferdige firemannsboligene.”

En gjenbruksprosess kan altså medføre usikkerheter i de faktiske kostnadene som påløper i et prosjekt. Det vil si at entreprenør påtar seg gjenbruksprosjekter også påtar seg en risiko for økte utgifter. Ofte tar entreprenører denne risikoen med i prisingen av arbeidet, noe som også er gjort i referanseprosjektet Gjenbrukshuset i Trondheim:

“Prisene på gjenbruksmaterialene ble fastsatt ut fra nivået hos en trelastforhandler i distriktet utenfor Trondheim Dette ble ansett for å være lave priser. Likevel viste det seg at entreprenøren stort sett opererte med lavere priser på nye materialer.” (Pettersen, 2005)

De to byggene i referanseprosjektet endte opp med ganske like kostnader, men kan likevel ikke helt sammenlignes da deler av arbeidet ble gjort via arbeidstreningsubsidier.

Utviklingen av gjenbruk hemmes av en stor tilgjengelighet på jomfruelige råvarer med lave kostnader, og nødvendigheten for gjenbruksmaterialer er lav til ikke-eksisterende, sett fra et økonomisk perspektiv. Den økonomiske bærekraftheten til utbredt gjenbruk i byggebransjen avhenger av flere faktorer, blant annet (Ghisellini, 2017):

Rivbarhet:

Kostnadene ved demontering og gjenbruk av materialer og komponenter, i forhold til konvensjonell riving, er høyere. De individuelle delene må demonteres, renskes, vaskes og stables. Her knyttet det kostnader til tiden det tar å utføre arbeidet som krevest for å forvandle et materiale fra avfall til nytt byggemateriell. Derfor vil selektiv riving av bygg være den mest økonomiske metoden for riving. Inspeksjon og befaring av bygget før riving vil gi mulighet til å finne de best egnede komponentene for gjenbruk. Under riving hentes disse komponentene ut og resten av bygget rives tradisjonelt. Tilrettelegging for demontering i prosjekteringsfasen av nybygg er også viktig for å få ned kostnader ved fremtidig gjenbruk.

Type bygningsmaterialer:

Kostnadsberegninger utarbeidet i en erfaringsrapport for Kristian August Gate 11 (2021), viser at kostnader knyttet til ombruk oppstår i ulike faser for de ulike produktene. En stor kostnadspost ved gjenbruk er ekstra tid til prosjektering og prosjekt-

ledelse. Tidsbruken var spesielt høy når det gjaldt stål, hulldekker og tegl, ettersom dette krever ekstra oppfølging og planlegging (Nordby *et al*, 2021).

I erfaringsprosjektet ble den estimerte kostnad for hulldekkene omtrent 5-6 ganger ny pris for hulldekker, og her er heller ikke ekstra tid til prosjektering og prosjektledelse medregnet. Vinduene hadde ingen ekstra kostnader bortsett fra transport mellom

	Mengde	Enhetspris, ombrukt element	Enhetspris, nytt element	Prisforskjell
Vinduer¹	1588x1488 mm - 16stk	Ca. 6 017 kr/stk	Ca. 14 414 kr/stk	Ca. 59 % besparelse
	1588x2188 mm - 12stk	Ca. 8 336 kr/stk	Ca. 21 195 kr/stk	Ca. 61 % besparelse
Himplingsplater¹	Ca. 3 321 m ²	Ca. 228 kr/ m ²	Ca. 140 kr/ m ²	Ca. 63 % fordyrende
Stålkonstruksjoner²	Ca. 45 000 kg	Ca. 100 kr/kg	Ca. 67 kr/kg	Ca. 49 % fordyrende
Kjølebafler¹	138 stk	Ca. 1 840 kr/stk	Ca. 5 405 kr/stk	Ca. 66 % besparelse

Resultater fra kostnadsberegninger for vinduer, himlingsplater, stålkonstruksjoner og kjølebafler.

¹ Utført av studentene ved OsloMet (Jødal, Hansveen og Hall, Oslo Met Bachelor oppgave 2020)

² Utført av ombruksteamet, KA13

Tabell 1: Kostnader og besparelser i erfaringsrapport om gjenbruk av *Kristian August gate 13*

riving- og byggeplass i tillegg til prisen for byggevaren. Dette førte til stor grad av kostnadsbesparelse. Stålelementene måtte derimot gjennom lengre etapper med etterbehandling og kvalitetssikring bestående av scanning og destruktiv testing. Noe som presset gjenbruksprisen for stålet opp (Nordby *et al*, 2021).

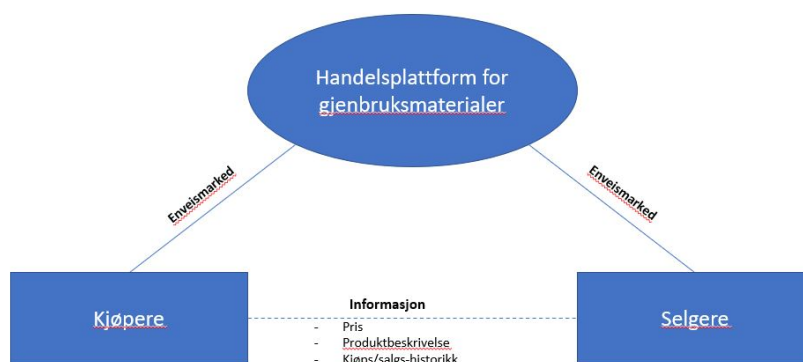
Lokalisasjon:

Transport og lagring utgjør en betydelig andel av kostnader for et byggeprosjekt. Her kan det bli en stor forskjell for nye og brukte elementer, spesielt ved lokal ombruk der bygningselementene nødvendigvis ikke trenger å bli fraktet over større distanser, og man unngår mellomlagring og raffinering. Dersom man derimot er avhengig av eksternt lagerplass og lengre transport, kan kostnadene av brukte materialer bli større.

Gjenbruksmarkedet:

Avfallsmaterialene må behandles på en som gjør gjenbruk mer tilgjengelig og ønskelig, derfor er det nødvendig å promotere strategier for kjøp og salg av sekundære materialer. Det finnes eksempel på slike markeder i Norge, eksempelvis har Resirqel arbeidet med ombruk siden 2013. Resirqel bistod blant annet med ombrukte vinduer i prosjektet i Kristian August Gate. Disse vinduene ble kjøpt opp av Resirqel fra et boligbygg og var på lager hos de i to år før de kom til nytte i Kristian August Gate 13 (Nordby *et al.*, 2021).

En sentralisert plattform som gir sanntidsinformasjon om tilgjengelige materialer, hvor materialene er tilgjengelige fra, priser, datoer, kategorier, osv., vil være effektiv og praktisk måte å øke gjenbruk i byggebransjen. En slik plattform vil være med på å senke prosjekterings- og prosjektledelsekostnadene for entreprenører (Wu *et al.*, 2022).



Figur 5: Informasjonsflyt i en sentralisert handelsplattform for gjenbruksmaterialer

Handelsplattformen kan eksistere fysisk eller virtuelt der brukerne utveksler informasjon eller gjennomfører handel på plattformen. Uten å ta del i produksjon av materialer bistår plattformen med informasjon, produktsøk, interaksjon og handel mellom kjøper og selger.

Økonomiske og politiske innvirkninger:

For å øke bruken av gjenbruk, kan en reduksjon av skatter på arbeid og en økning av skatter på bruk av primære råvarer, samt innføring av høyere avgifter for deponering av byggematerialer bidra til å øke markedet for sekundære materialer fra byggeavfall (European Commission, 2011). Parallelt med en slik skattemessig endring vil en endring i merverdiavgiftssystemet være gunstig. En endring der sekundær materialer hvor merverdiavgiften allerede er betalt én gang, bør unntas. En slik reform vil fremme bruken av gjenbruk og bidra til å rette opp en situasjon der det er oftere rimeligere å bruke jomfruelige materiale enn brukte (Wijkman og Skånberg, 2015). Bakshi (2018) påstår at markedet selv ikke kommer frem til den mest miljøvennlige ressursbruken, men at det kreves økonomiske og politiske tiltak for å fremme miljøaspektene.

2.3.3 Samfunnsaspekt

Sosial bærekraft er et stort, vidtspennende konsept med det underliggende temaet ”Hva er de sosiale målene med bærekraftig utvikling?”. Det sosiale aspektet ved bærekraft er det minst etablerte aspektet ved bærekraftig tenking, og litteratursøket gav begrenset kilder på en ensformig definisjon og hva det innebærer. Likevel kan man i en utvidet forstand dele sosial bærekraft inn i to deler (Dempsey *et al*, 2011):

Sosial rettferdighet:

Konseptet sosial rettferdighet bygger på distributiv rettferdighet eller ”rettferdighet i fordeling av ressurser”, og en likestilling av utgangspunktet for å kunne danne et godt liv. Et likestilt samfunn innebærer at det ikke finnes diskriminerende eller ekskluderende praksiser som hindrer individet i en gunstig deltagelse økonomisk, sosialt og politisk (Weckström *et al*, 2022).

Sosial tilhørighet:

En sterk sosial tilhørighet og samhold hevdes å bidra til sterke og rettferdige samfunn for nåværende og fremtidige samfunn (Dempsey *et al*, 2011). Sosial tilhørighet er tett knyttet til de kollektive sosiale livene i et samfunn. For å utforske den sosiale tilhørigheten og det sosiale livet, viser Dempsey, Bramley, Power og Brown (2011) til fem innbyrdesrelaterte målbare dimensjoner. Disse fem dimensjonene er:

- Deltakelse i sosiale sammenkomster/ha et sosialt nettverk i samfunnet
- Stabilitet i samfunnet
- Stolthet/hjemmefølelse
- Trygghet og sikkerhet

Den påståtte sammenhengende mellom de fem dimensjonene og sosial tilhørighet gir en god indikasjon på om samfunnet er bærekraftig i en sosial sammenheng. Ved gjenbruk er det spesielt aspektene sysselsetting og sosial tilhørighet som gjerne knyttes til gjenbruk. I tillegg vil ombruk hjelpe til å bevare eksisterende bebyggelse

og bygg, og dermed bevare verdifull kulturhistorie og styrker tilhørighetsfølelsen innad i lokalsamfunn.

Avfall- og gjenbruksbransjen er et voksende marked, og i 2014 var det over 7000 ansatte i bransjen med en samlet omsetning på rundt 20 milliarder kroner (Norsk Gjenvinning, 2016). En studie utarbeidet av tenketanken Club of Rome tar for seg potensiale for arbeidsplasser, verdiskapning og reduserte klimagassutslipp ved implementering av en mer ressurseffektiv og sirkulær økonomi. I denne studien deles implementeringen i Norge inn i tre ulike scenarier:

- Avfallsminimering - 25% høyere ressurseffektivitet
- Sirkulærøkonomi - 50% gjenbruk
- Ytelsesøkonomi - doubler livstiden til produkter

Resultatene fra studien viser at med en implementering av avfallsminimering vil gi Norge over 10,000 nye arbeidsplasser, sirkulærøkonomi vil gi rundt 5,000 arbeidsplasser og ytelsesøkonomi vil gi over 30,000 nye jobber (Wijkman og Berglund, 2017).

2.4 Referanseprosjekt

Det finnes flere norske eksempler på enkeltprosjekter der det er forsøkt å implementere gjenbruk på en større skala, med mål om å være miljøledende veitstikkere for videre utvikling i byggebransjen. I dette delkapittelet introduseres 3 referanseprosjekter i Norge, og et fra USA som har blitt brukt i arbeidet med denne oppgaven.

2.4.1 Gjenbrukshuset i Trondheim

Trondheim kommune stod for byggingen av to tilsynelatende like firemannsboliger på Tiller i Trondheim. Den ene av de to bygningene er imidlertid bygd med en vesentlig stor andel gjenbruksmaterialer, og det andre bygget er oppført på tradisjonell byggemåte. Begge bygningene fulgte gjeldende standard. Målet med pilotprosjektet var danne et solid sammenligningsgrunnlag for å samle erfaringer og kompetanse innen gjenbruk. Begge husene er bygd i tre med to etasjer.



Figur 6: De to husene i pilotprosjektet, hentet fra: *adresa.no*

Stiftelsen Østfoldforskning utarbeidet en rapport med mål om i grove trekk kartlegge de miljø- og ressurseffektene byggingen av Gjenbrukshuset hadde (Pettersen, 2005). Rapporten er gjort ved å gjennomføre en forenklet livsløpsanalyse av begge bygningene, for så å sammeligne dem. Det ble også gjennomført en grov miljø-økonomisk vurdering av de to byggemetodene. Resultatene fra rapporten oppsummeres med at Gjenbrukshuset kommer klart best ut for alle de vurderte miljøpåvirkningsfaktorene; drivhuseffekt, forsuring, eutrofiering, fotokjemisk oksidantdannning og total energibruk. Takstein/tegl kom fram som den viktigste komponenten å gjenbruke. Også reisverk og kledning viste seg å komme bedre ut enn ny produksjon, selv med belastningen av selektiv riving (Modahl og Raadal, 2003). Det presiseres at den forenklete livsløpsanalysen kun tar for seg miljøpåvirkningen i oppføringsfasen av byggene og sammenligner bare de materialene som har ulikt opphav i de to husene.

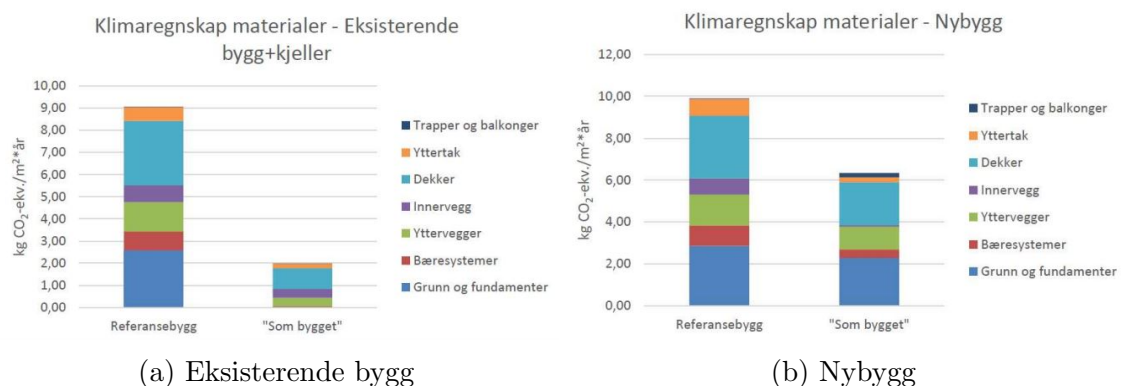
2.4.2 Kristian August Gate 13

Kristian Augusts Gate 13 ble kjøpt opp av Entra i 2016 og er en del av Tullinkvartalet sentralt i Oslo sentrum. Etter en mulighetsstudie ble det besluttet at man ønsket å gjennomføre et ombruksprosjekt for å rehabilitere eksisterende eiendoms- masse og reise et nytt tilbygg ved bruk av så mye ombrukselementer som lot seg gjøre. De ombrukte byggevarene stammer fra over 25 ulike bygg som har vært i rive/rehabiliteringsfasen eller i bygg der materialene har vært brukt midlertidig. De eksisterende bygningsmassene bestod av et 8-etasjers kontorbygg fra 1950-tallet, og det nye tilbygget er tilsvarende høyt med en grunnflate på $80m^2$. Samlet sett er totalt BRA $4101m^2$. (Nordby *et al.*, 2021)



Figur 7: Kristian August Gate 13 hentet fra: *dibk.no*

Bygget stod ferdig våren 2021 og har en lokal ombruksgrad på 80%. Av ombruk som er anskaffet fra andre bygg utgjør andelen omtrent 15% i vekt av tilførte elementer til prosjektet. Asplan Viak utarbeidet et klimagassregnskap for det samlede prosjektet, altså rehabiliteringen og nybygget, som viser at det ble oppnådd utslippsreduksjoner på rundt 70%. Regnskapet viser at bevaringen av eksisterende bygningskropp og bæresystemer fører til mest besparelser i klimagassutslippene, samt høy grad av ombruk i nybygget. (Nordby *et al.*, 2021)



Figur 8: Klimagassregnskap pr bygningsdel sammenlignet med referansebygg, *Kristian August gate 13*

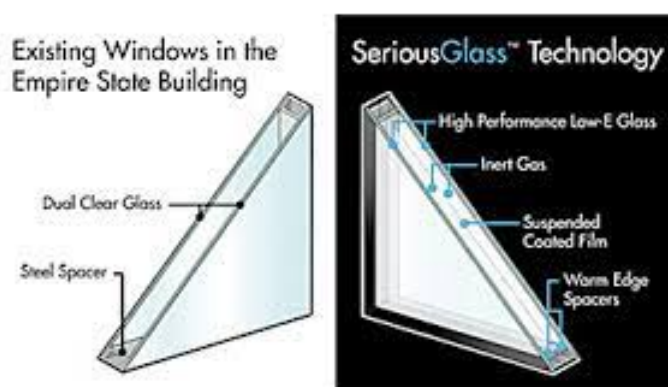
2.4.3 Empire State Building

Empire State Building tok kun 410 dager å bygge, og sto ferdig i 1931. I senere tid har det blitt nødvendig å renovere bygget. I 2009 startet prosjektet om å gjøre Empire State Building grønn. Målet med oppgraderingen var å ivareta bygningens historie og samtidig imøtekomme dagens standard (Drevon, 2011).



Figur 9: Empire State Building hentet fra: *Commons.wikimedia.org*

I rehabilitering av Empire State Building i New York i 2012, ble 6500 originale vinduglass brukt i en lokal produksjon ved hjelp av ny energieffektiv vinduteknologi. Glassene ble fjernet fra vindusrammene, separert og rensert. Deretter ble de installert med nye avstandsstykker mellom rutene sammen med en suspendert belagt film og en spesiell gassfylling. Enhetene ble så installert på nytt i eksisterende vindusrammer. Energieffektiviteten til vinduene ble 4 ganger stor og førte til store energibesparelser (Sørnes *et al.*, 2014).



Figur 10: Rehabilitering av vinduer i Empire State Building hentet fra: *Greenbiz.com*

2.4.4 Studentsiloen på Grünerløkka i Oslo

Grünerløkka studenthus, også kalt Studentsiloen er et hybelhus på Grunerløkka i Oslo. Studentbygget er en ombygget kornsilo fra 1953, som ble regulert i 1993 til boligformål. Det ble bygget 226 leiligheter og hybler i forskjellige størrelser, og sto ferdigstilt i 2001 (Openhouseoslo, u.d).

Prosjektet gikk ut på å ombruke den betongbaserte siloen i sin helhet. Bygningen besto av en servicedel i 10 etasjer, 14 siloceller og en kjeller. Bygget viste seg å være en gunstig konstruksjon for ombygging. Ettersom det ble dokumentert at ingen miljøfarlige komponenter hadde direkte tilknytning til veggene i silocellene eller ved utskjæringen av betongblokkene (Sørnes *et al.*, 2014).



Figur 11: Ombygging av silo til studentbolig på Grünerløkka i Oslo hentet fra: *Wikipedia.org* (Foto: *Helge Høifødt*)

2.5 Riving

Dersom materialer eller byggningskomponenter skal gjenbrukes etter riving, vil riveprosessen ha en stor betydning for både materialets og komponentenes gjenbrukspotensial. Kapitlet tar for seg rivningsstatistikk, dagens rivepraksis, hvordan det bør rives med tanke på gjenbruk og forskjellige erfaringer fra byggebransjen angående demontering og selektiv riving. Avfallsstatistikken til SSB er trolig høyere i virklighet.

2.5.1 Rivningsstatistikk

Avfall som genereres fra byggevirkksomhet er blant de største enkeltavfallsstrømmene internasjonalt og i Norge. Det vil da kreves god utnyttelse av avfallet, for å minimere mengde avfall generert.

Det er blitt forsøkt å finne statistikk på hvilke type og antall bygg som det rives mest av, men det har vist seg å være vanskelig å finne god informasjon og statistikk angående dette. Statistisk sentralbyrå (SSB) fører en del statistikk over genererte mengder byggavfall fra riving, nybygging og rehabilitering i bransjen. Avfallsregnskapet fra SSB gir en god oversikt over avfallssituasjonen i Norge. Regnskapene gir tall for de viktigste avfallsstrømmene i samfunnet og viser avfallsmengder fordelt på kilde, behandling og materiale (SSB, 2021a).

Regnskapet bygger på mange forskjellige datakilder. Datakildene i avfallsregnskapet omfatter både eksternt utarbeidende statistikk og mengdetall. Dette er basert på opplysninger som er samlet inn fra husholdninger eller foretak, virksomheter, og data fra forskjellige registre (SSB, 2021b). Ettersom informasjonen er innhentet fra mange ulike kilder, og ikke alle nødvendigvis er like pålitelige, er det viktig å huske på at statistikken kan ha avvik. SSB (2021b) har skrevet følgende angående nøyaktighet og pålitelighet til statistikken:

“Feil i grunnlagsdataene kan forekomme som følge av at oppgavegiverne rapporterer data med feil og mangler. Dette vil kunne gi seg utslag i feil i avfallsmengder for en eller flere avfallstyper. Dette gir feil i statistikken”

Datane SSB bruker i rivestatistikken er hentet fra avfallsplanen og sluttrapporten som innsendes til kommunen ved søknad om ferdigattest (SSB, 2021b). Slike rapporter utarbeides som regel kun i henhold til Tek17 kravene til avfallsplan. Etter tiltakene under skal det utarbeides en avfallsplan som gjør rede for planlagt håndtering av byggeavfallet fordelt på ulike avfallstyper og mengder § 9-6 (DiBK, 2017a).

1. Påbygging, tilbygging, oppføring og underbygging av bygninger dersom tiltaket overskrider 300m² BRA.
2. Vesentlig endring, herunder fasadeendring, eller vesentlig reparasjon av bygningen dersom tiltaket omfatter mer en 100m² BRA av bygningen.
3. Riving av bygning eller del av bygning som overskrider 100m² BRA.
4. Oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, endring eller riving av konstruksjoner og anlegg dersom tiltaket genererer over 10 tonn bygg og rivingsavfall.

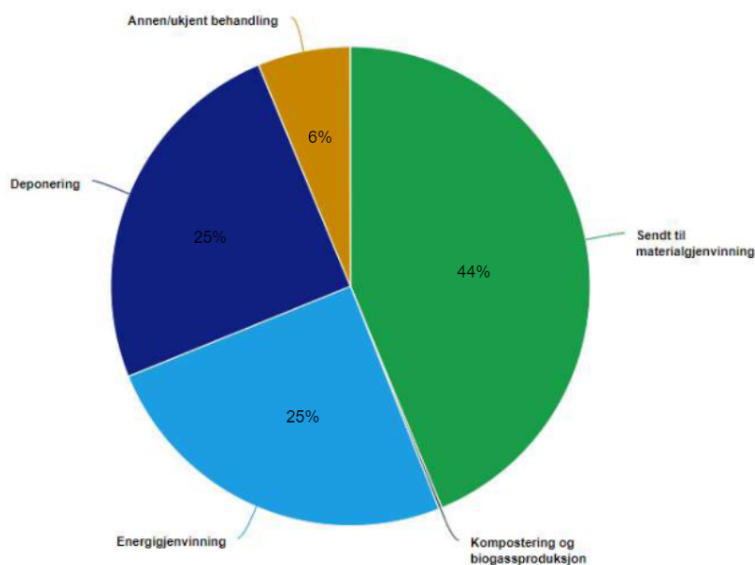
Her blir blant annet avfall fra bygg under 100m² BRA utelatt fra rivestatistikken til SSB. Spørsmålet blir da hvor mye avfall genereres fra bygge og anleggsbransjen som ikke har krav om avfallsrapport og sluttrapport? Og hva gjøres med dette avfallet?

Tabellen under viser mengde avfall fordelt på materialer. Ut ifra denne Tabellen kan man se at betong, tegl, tre og metall utgjør den største fraksjonen for bygningsavfall i 2020.

	Avfallsmengde			
	2020			
	Byggeaktivitet i alt	Nybygging	Rehabilitering	Riving
Treavfall	267 447	109 967	89 636	67 844
Papir og papp	22 110	13 915	6 222	1 974
Plast	11 204	6 808	3 423	973
Glass	11 130	3 796	5 510	1 825
Metall	116 981	24 058	33 405	59 518
Gips	78 714	45 894	24 936	7 884
EE-avfall	10 193	1 416	3 967	4 810
Farlig avfall	41 445	4 783	26 002	10 660
Farlig avfall. Oljeforurenset masse	5 419	1 866	1 350	2 203
Farlig avfall. PCB- og PCT-holdig avfall	591	0	474	117
Farlig avfall. Impregneret trevirke	12 526	0	11 063	1 463
Farlig avfall. Slagg, støv, flygeaske, katalysatorer, blåsesand m.m.	3 219	179	2 613	427
Farlig avfall. Asbest	6 028	0	2 446	3 583
Farlig avfall. Spillolje	996	677	301	18
Farlig avfall. Avfall med ftalater	2 611	197	1 107	1 306
Farlig avfall. Annet	10 055	1 864	6 649	1 543
Tegl og betong og andre tyngre bygningsmaterialer	865 325	113 848	170 024	581 454
Forurenset tegl og betong	197 528	9 932	35 387	152 209
Asfalt	201 255	190 171	7 135	3 949
Blandet restavfall	289 225	113 096	95 947	80 181
Annet avfall	23 189	9 058	9 212	4 918

Tabell 2: Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving 2020 angitt i tonn, hentet fra: SSB.no.

Diagrammet i figur 12 viser hvilken type behandling det totale avfallet fra byggeaktivitet får. Ut ifra diagrammet kan man se at 44% av avfallet er sendt til materialgjenvinning, 25% til energigjenvinning, 25% til deponering, og 6% til annen/ukjent behandling.



Figur 12: Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving 2020, hentet fra SSB.no.

	Avfallsmengde						
	2020						
	Avfallsbehandling i alt	Lever til materialgjenvinning	Lever til kompostering	Lever til biogassbehandling	Energiutnyttelse	Lever til deponering	Annen behandling/uspesifisert
Materialtyper i alt	2 135 747	935 358	402	3 648	525 355	536 002	134 981
Trevirke	267 447	12 978	367	2 758	251 020	28	296
Papir og papp	22 110	21 898	0	2	119	1	90
Plast	11 204	5 362	0	7	3 381	2 453	0
Glass	11 130	4 107	0	0	4 162	1 718	1 144
Metall	116 981	116 981	0	0	0	0	0
Gips	78 714	38 432	0	15	696	39 570	0
EE-avfall	10 193	7 657	0	0	1 187	0	1 349
Tegl og betong og andre tyngre bygningsmaterialer	865 325	501 447	0	0	0	242 582	121 296
Forurenset tegl og betong	197 528	0	0	0	0	197 528	0
Annet avfall	23 189	1 311	0	0	133	21 745	0
Blandet restavfall	289 225	17 015	35	865	256 448	14 862	0
Asfalt	201 255	201 255	0	0	0	0	0
Færlig avfall	41 445	6 915	0	0	8 209	15 515	10 806

Tabell 3: Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype, statistikkvariabel, år og behandlingsmåte, hentet fra: SSB.no.

I følge tabell 3 fra SSB, som er illustrert over ble det i 2020 generert totalt ca. 11,6 mill tonn med avfall, og 2,1 mill tonn av dette kom fra byggeaktivitet, som utgjør ca. 18,2% med avfall fra byggeaktivitet alene (SSB, 2021c; SSB, 2021b). Det antas at disse avfallstallene er noe usikre og at mengden avfall regnes med å øke betraktelig fremover (SSB, 2021a). Avfall fra rehabilitering og riving utgjør ca. 70% av det totale byggeavfallet i 2020 (SSB, 2021a). Ut ifra disse tallene, kan man se at det vil kreve betraktelige tiltak innen riving og rehabilitering for å redusere det totale avfallet (SINTEF, 2011).

2.5.2 Riving i dag

Rivingen av bygninger deles hovedsakelig inn i 2 rivingsformer, helriving der hele bygget rives og rehabiliteringsriving der bygget delvis rives for å bygge om (SINTEF byggforsk, 2011a).

Byggforsk har spesifisert en rekkefølge for riving av bygninger. Dette er en anbefalt rekkefølge og er en vanlig praksis å følge. Rekkefølgen på arbeidsoperasjoner ved riving kan variere fra prosjekt til prosjekt. Disse anbefalingene er hentet fra byggforsk sitt datablad ”Gjennomføring av rivearbeider” (SINTEF byggforsk, 2011a).

1. Prosjektering og planlegging inkludert miljøkartlegging, utarbeides 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

1. Miljøkartleggingen skal gi en oversikt over byggtekniske installasjoner, bygningsdeler og inventar i bygget som kan utgjøre farlig avfall. Miljøkartlegging skal i de fleste tilfeller inneholde en miljøsaneringsbeskrivelse som beskriver hvordan man skal håndtere og fjerne farlig avfall (SINTEF, 2021). Ved tiltak i eksisterende byggverk krever byggteknisk forskrift (TEK17) at det skal foretas en miljøkartlegging (SINTEF, 2021). Tiltak omfatter reparasjon, riving og endring - også tiltak som er unntatt fra søknadsplikt (SINTEF, 2021). Tiltakene for når avfallsplan skal utarbeides er beskrevet over i delkapittel 2.5.1.

2. Klargjøringen av bygningen inkluderer en rekke forarbeid som må utføres før man kan begynne å rive. For eksempel planer utarbeidet for rydding, fjerning av løsøre og annet avfall i bygningen, samt leveringsplan til avfallsmottak eller en plan for å samle sammen øvrig avfall fra riveprosjektet på byggeplass. Arbeid som innebærer å fjerne installasjoner som tanker, kummer og rørledninger for ikke-farlige stoffer (SINTEF, 2011) .

3. En miljøsaneringsbeskrivelse anbefales for alle tiltak der man må kartlegger helse- og miljøskadelige stoffer i bygninger (SINTEF byggforsk, 2021). Under har SINTEF beskrevet hva TEK17 krever at miljøsaneringsbeskrivelsen minst skal inneholde i sitt datablad ”Miljøkartlegging og miljøsanering ved riving og ombygging” (SINTEF, 2021b):

- hvem kartleggingen er utført av
- dato for kartleggingen
- byggeår og tidligere bruk, hvis dette er kjent
- resultat av representative materialprøver og analyser
- forekomst og mengden av farlig avfall og bygningsfraksjoner som må fjernes, for eksempel PCB-holdige materialer, fordelt på type
- plassering av farlig avfall og andre bygningsfraksjoner som må fjernes i bygget, angitt med foto eller tegning der det kan være tvil
- hvordan farlig avfall er identifisert ved merking, skilting eller andre tiltak
- hvordan det farlige avfallet og andre bygningsfraksjoner som må fjernes, er planlagt fjernet
- hvor det farlige avfallet er planlagt levert
- alle funn av farlig avfall og andre bygningsfraksjoner som må fjernes, sammenstilt i en tabell

Merking av bygningsdeler som skal miljøsaneres bør gjøres tidligst mulig for å unngå uforutsette av helse og miljøskadelige komponenter (SINTEF, 2011).

4. Bygningsdeler som skal demonteres for ombruk, må beskrives i tekst eller tegninger som underlag for utførelse(SINTEF byggforsk, 2011a). Demonteringen må bli utført med forsiktighet for at det ikke oppstår skader som må fikses før ombruk.

5. Ved riving av hele bygninger bør de ikke-bærende delene av konstruksjonen rives først, før konstruksjonens bæresystem rives (SINTEF byggforsk, 2011).

6. Det kan være aktuelt å etablere åpninger i vegger, etasjeskillere og diverse konstruksjoner av tegl, lettbetong og betong ved riving av deler av bygninger.(SINTEF byggforsk, 2011a)

7. Riving av bærende betongkonstruksjoner foregår i dag på flere forskjellige måter. Ved hjelp av små rivemaskiner eller riveroboter som vist i figur 13, kan betongen pigges eller ”tygges”. Det kan benyttes større maskiner dersom tomten tillater det, avhengig av støykrav, høyde og konstruksjonen. Betongkonstruksjonen kan også rives ved å demontere elementer eller sage bygningen i deler og heises ned (SINTEF, 2011).

I prinsippet rives teglbygninger på samme måte som betongbygninger med maskiner fra utsiden(SINTEF byggforsk, 2011a). Teglbygninger kan rives med håndkraft dersom man ikke kommer til med maskiner. Ved riving av bærende stålkonstruksjoner brukes det gravmaskiner med påmontert saks eller klype (figur 14). Det kan også i noen tilfeller være aktuelt med manuell oppdeling av stålkonstruksjoner som krever bruk av skjærebrennerutstyr.



Figur 13: Riverobot hentet fra anleggsmaskinen.no



Figur 14: Stålkutter hentet fra buildaustralia.com

Trehus blir i stor grad revet med ulike rivemaskiner(SINTEF, 2011). Trehus er i de fleste tilfeller sammensatte konstruksjoner. Det kan da bli arbeidskrevende å sortere avfallet riktig.

8. Avfallsplan skal utarbeides etter punktene beskrevet i delkapittel 2.5.1. Avfallsplan er en oversikt over forventet byggeavfall i tiltaket (DiBK, 2017a). Planen skal vise planlagt disponering og håndtering av avfallet fra byggeplass fordelt på forskjellige mengder og typer. Avfallsmengden fra miljøsaneringsbeskrivelsen skal bli ført inn i avfallsplanen, og minst 60% av avfallet skal kildesorteres på byggeplass (DiBK, 2017b). Det skal også utarbeides en sluttrapport som viser faktisk disponering av avfallet, fordelt på ulike avfallstyper og avfallsmengder inkludert farlig avfall, EE-avfall og andre bygningsdeler som har krav til å fjernes og destrueres. Andelen som er kildesortert skal vises, og rapporten skal inneholde dokumentasjon på levering til godkjent avfallsmottak (SINTEF, 2021).

2.5.3 Hvordan bør det rives med tanke på gjenbruk?

For at det skal være effektivt og lønnsomt å demontere bygg for gjenbruk, bør bygningene bli analysert for gjenbrukspotensial før riving/demontering starter. Det må benyttes selektiv riving for at komponentene og materialene skal kunne ombrukes. Selektiv riving krever en vurdering og kartlegging av eksisterende bygg for å kunne planlegge gjenbruk/sotering (Byggemiljø, 2009). Selektiv riving er en rivemetode hvor bygningsdeler og materialer demonteres og avfall sorteres slik at det kan oppnås størst mulig gjenvinning- og ombruchsgrad, og så lite deponering som mulig (Sørnes *et al.*, 2014). I praksis blir ofte selektiv riving gjennomført som en omvendt byggeprosess. En slik rivemetode er som regel teknisk komplisert og kostnad- og arbeidskrevende. Dette er noe av grunnen til at selektiv riving ikke har blitt brukt i stor grad i forhold til tradisjonell riving. Likevel har innføringen av krav til avfallsplan ført til økt fokus på selektiv riving og demontering for å sortere avfallet enklere og bedre (Kilvær *et al.*, 2019).

Vanlige riveprosjekt i dag omfatter ikke selektiv riving i stor grad, det har derfor vist seg å være vanskelig å finne erfaringer fra selektiv riving. Likevel er det noen bedrifter som i sin rivepraksis inkluderer selektiv riving. Det har blitt forsøkt å finne rapporter angående erfaringer som innebærer selektiv riving, men dette har vist seg å være vanskelig. Så det ble prøvd å kontakte Ragn Sells og R3 som inkluderer selektiv riving i deres rivepraksis om diverse erfaringer dem har gjort, men uten respons. Under har vi likevel beskrevet bedrifter som bruker selektiv riving i sin rivepraksis:

Ragn Sells er en bedrift som spesialiserer seg innenfor riving og har noe erfaring innen selektiv riving. De skriver følgende på sin nettside (Ragn Sells, u.d):

“Vi har god erfaring og kompetanse på selektiv riving. Miljøfarlig avfall sorteres ut manuelt og resirkuleres i godkjente systemer. Dette gjør at vi oppnår en god kildesortering. Når miljøsanering er utført starter vi med riving av lettere konstruksjoner etterfulgt av maskinell riving av de konstruktive bygningsdelene.”

R3 er også en bedrift som utfører innvendig- eller helriving som omfatter selektiv riving i mindre grad. De skriver følgende på sin nettside (R3, 2015):

“...helrivingsprosjekt har følgende hovedprosesser: Miljøkartlegging, Avfallsplan, Søknad til plan- og bygningsmyndighetene, Miljøsanering, Selektiv riving/rensk av lette konstruksjoner, Fjerning av bærende konstruksjoner”

2.6 Lovverk ved Ombruk

I denne oppgaven er det ikke gjort en grundig studie av lovverk og forskrift i byggeindustrien. Forskifter og lovverk er inkludert i kapitlene. Direktoratet for byggkvalitet stiller følgende krav som må følges ved ombruk av byggevarer (DiBK, 2018b):

- Regelverket skal bidra til at vi bygger sikre bygg, som både oppfyller krav til helse- og miljøskadelige stoffer, konstruksjonssikkerhet og brannsikkerhet. Dette er krav som gjelder uavhengig av om bygget er bygget av nye eller ombrukte materialer.
- Regelverket er ikke til hinder for ombruk av for eksempel bærekonstruksjoner i rehabiliteringsprosjekter.
- Regelverket begrenser heller ikke ombruk av materialer der de benyttes til å gjenoppbygge samme eksisterende bygg.
- Det er når man benytter ombruksmaterialer fra andre bygg at regelverket setter begrensninger i henhold til krav i byggevareforskriften.
- For å sikre god byggkvalitet, stilles det derfor både krav i TEK17 og byggevareforskriften til nye bygg inkludert ombruksbygg og materialene/ombruksmaterialene som inngår.
- Alle krav til bygget og materialene må dokumenteres.

Krav i Byggteknisk forskrift

Kravene i byggteknisk forskrift skal bidra til at det bygges sikre bygg, som oppfyller krav til konstruksjonssikkerhet og brannsikkerhet. Kravene gjelder uavhengig om bygget er bygget av ombrukte eller nye materialer (DiBK, 2018). Krav i byggteknisk forskrift er beskrevet nedenfor, kopiert fra "Ombruk av byggevarer – hvilke krav må oppfylles?" (DiBK, 2018b)

- "Byggteknisk forskrift setter krav til at det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning (TEK17 § 9-5) i nye bygg for å sikre at materialer som velges, er egnet for ombruk en gang i fremtiden. For at materialene skal kunne ombrukes på en forsvarlig måte, er det avgjørende at det finnes dokumentasjon om blant annet branntekniske og konstruksjonstekniske egenskaper og hva de inneholder av helse- og miljøskadelige stoffer."
- "Krav til innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i byggematerialer skal både sikre at bygget får et godt inn klima og at fremtidig rehabilitering og avfallshåndtering ikke bidrar til å spre disse stoffene i miljøet. Det er derfor også strenge krav til avfallsplan, kartlegging av farlig avfall og avfallssortering i TEK17. Regelverket bidrar til at materialene skal inneholde så lite som mulig av helse- og miljøskadelige stoffer og at de farligste stoffene tas ut av materialstrømmen og går til forsvarlig avfallsbehandling ved rehabilitering og riving."

Krav i byggevareforskriften

Krav i byggevareforskriften er beskrevet nedenfor, kopiert fra ”Ombruk av byggevarer – hvilke krav må oppfylles?” (dibk, 2018b)

”Omsetning av byggevarer i Norge er regulert av byggevareforskriften, som gjennomfører byggevareforordningen (forordning (EU) nr. 305/2011) i norsk rett. Byggevarer er ikke et sluttprodukt og man må derfor vite hvilke ytelser en byggevare har for å sikre at bygninger oppfyller de tekniske kravene i byggeteknisk forskrift. Alle byggevarer skal derfor ha dokumenterte egenskaper.”

”Byggevareforordningen slik den er utformet i dag, omtaler ikke ombruk av byggevarer. Ettersom reglene i dag ikke er spesielt innrettet mot ombruk, innebærer dette at distributører av ombrukte byggevarer kan få omfattende krav til dokumentasjon. For ombruk av produkter hvor man kan beregne egenskapene vil disse kravene være enklere å oppfylle. Mens for ombruk av produkter hvor man må teste produktet for å vite egenskapene (for eksempel for isolasjonsverdi på vinduer) vil dokumentasjonskravene kunne være kostnadskrevenende.”

Ombruksbygg

Krav til ombruksbygg er beskrevet nedenfor, kopiert fra ”Ombruk av byggevarer – hvilke krav må oppfylles?” (dibk, 2018b)

”Det er gjennomført mange rehabiliteringsprosjekter der bygg er ribbet for det meste av vegger og inventar, men der man har beholdt grunn og fundamenter, dekker, bæresystemer og eventuelt bærende yttervegger. Disse bygningselementene står for det største bidraget til klimagassutslipp fra bygg. Ombruk av disse bygningselementene er derfor viktig for å redusere klimagassutslipp i tillegg til bedre ressursutnyttelse. Regelverket er ikke til hinder for slik ombruk. Regelverket begrenser heller ikke ombruk av materialer der de benyttes til å gjenoppbygge samme eksisterende bygg. Det er når man benytter ombruksmaterialer fra andre bygg med til dels ukjent opphav, at regelverket setter begrensninger i henhold til krav i byggevareforskriften.”

”Oppfyllelse av alle krav til ombruksbygget og alle materialene som inngår – nye eller brukte, må uansett dokumenteres i henhold til kapittel 3 og dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) i kapittel 4 i TEK17.”

” Det er viktig å merke seg at når man river eller demonterer et bygg, er det krav til kartlegging av bygningsdeler, installasjoner og lignende som kan utgjøre farlig avfall, uavhengig av størrelsen på bygget (TEK17 § 9-7).”

2.7 Gjenbrukspotensial til materialer

Ved valg av materialer vil det fra et teknisk og miljømessig standpunkt være mest forsvarlig å gjenbruke materialer med lang levetid og høy råvarepris. Det vil også være hensiktsmessig fra et miljøperspektiv å gjenbruke materialer der det er begrenset tilgang på råvarer og materialer med energikrevende produksjonsmetoder (Sørnes *et al.*, 2014).

2.7.1 Metall

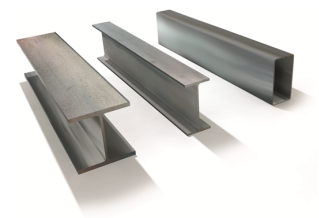
Metaller egner seg godt til ombruk da de er bestandige og har lang levetid. Metaller som aluminium og stål er energikrevende å produsere, og det vil derfor være fordelaktig å gjenbruke disse (Sørnes *et al.*, 2014).

Blant metallene er spesielt stål egnet for ombruk, men det er også mulig å ombruke sink, kobber og aluminiumskomponenter. Ombruk av konstruktivt stål vil ha en enorm klimagevinst, med tanke på redusert energiforbruk for omsmelting og logistikk. Erfaringen referanseprosjektet i delkapittel 2.4.2, Kristian August gate 13 i Oslo, er et tydelig eksempel på dette (Norskstål, u.d; Futurebuilt, 2020). Det er blitt beregnet at miljøbesparelsene knyttet til ombruk er på 97%, sammenlignet med bruk av nytt stål. Gjenbruk av stål vil redusere CO₂ utslippene med 95-98%, sammenlignet med produksjon (Norskstål, u.d). Klimagassutslippene ved ombruk vil være 80% mindre, sammenlignet med resirkulert stål (Myhre og Kilvær, 2018). Metallkomponenter som dørvidere, beslag, rekkverk, hengsler og trapper kan være aktuelle for ombruk hvis de er uskadede og lett demonterbare. Stålbjelker, kabelkanaler, stålprofiler, rør og bølgeblikkplater kan også være aktuelle for ombruk (Sørnes *et al.*, 2014).

Under har SINTEF har utarbeidet noen viktige spørsmål for ombruk av metallkomponenter (Sørnes *et al.*, 2014).

- 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?

Dersom metallkomponentene har blitt malt eller fått en form for overflatebehandling, må det kontrolleres at disse ikke inneholder noen miljøfarlige stoffer. Overflatebehandlingen og malingen kan inneholde miljøfarlige stoffer som PCB, tungmetaller, asbest og klorparafiner som gjør at man må vise ekstar hensyn i vurderingen (Sørnes *et al.*, 2014).



Figur 15: Stålbjelke hentet fra byggforsk.no

2.7.2 Tegl

Teglstein er et robust material med lang levetid. Produksjonen av teglstein er energikrevende som fører til høyt utslipp av klimagasser. Både tegl og betong står for mesteparten av avfallet i riveprosjekter(Rambæk, 2021). Teglsteinens energikrevende produksjon og lange levetid, gjør at direkte ombruk av teglstein har et besparingspotensial for både miljø og økonomi (Sørnes *et al.*, 2014).

Teglstein har et stort ombrukspotensial. Men i dagens riveprosjekter blir fortsatt mesteparten av teglstein kastet(Rambæk, 2021). De tekniske egenskapene til teglstein avhenger av hva det kan brukes til. Skal det brukes til en pusset fasade, så trenger ikke teglene å være frostsikker. Men hvis det brukes som kledning til fasade, må teglsteinen være frostsikker. Ved bruk i teglfasade som går over flere etasjer, må den ha tilstrekkelig trykkfasthet (Sørnes *et al.*, 2014). Teglstein som er produsert i dag er frostbestandige og derfor spesielt verdifulle i om brukssammenhengen(Sørnes *et al.*, 2014). Ombrukstegl kan brukes i fasade, ikke-bærende innervegger og som marktegl ved høy frostsikkerhet.

Det er helt avgjørende å ha ordninger for å dokumentere materialegenskapene, for å få brukt tegl ut på det norske markedet. I oktober 2020 ble en standard for dokumentasjon av produkttegenskaper for ombrukstegl godkjent av EU. Denne standarden heter European Assessment Document for Re-cycled clay masonry. Ombrukstegl er det første og hittil eneste brukte byggevarer som har blitt CE-merket. Det betyr at den kan omsettes og markedsføres lovlig i EØS og EU. SINTEF har allerede mottatt en søknad fra et norsk firma som vil få utarbeidet produktdokumentasjon for ombrukstegl(Sintef, 2021).



Figur 16: Tegl hentet fra: Byggogbevar.no

I praksis er det vanskelig å sjekke alle steinene i ett parti med eldre ombrukstegl om de er frostsikre. Man må derfor regne med å skifte ut ødelagt tegl ved utendørsbruk det første året. Tegl er mest brukt til fasade, og man kan si at den er sannsynligvis naturlig testet gjennom frostprøving i løpet av bruksfasen (Sørnes *et al.*, 2014). Ettersom tegl kan ha forskjell på frostsikkerheten i ytter- og innervange, må teglen sorteres allerede ved riving. For at det skal være mulig å separere steinen fra mørtelen, bør mørtelen være svakere enn teglsteinen (Kilvær *et al.*, 2019).

Type mørtel som er brukt for å mure sammen teglen, avgjør i flere tilfeller hvor arbeidskrevende det er å skille dem. Kalkmørtel er relativt enkel å fjerne, mens sementblandet mørtel er mer krevende å fjerne. I ettertid har dessverre bruken av sementmørtel blitt en dominerende praksis, noe som har gjort at ombruk av tegl har blitt mer krevende å utføre i praksis. Men det betyr ikke at det er umulig å ombruke teglstein murt med sementmørtel (Rambæk, 2021). I flere prosjekter er det blitt forsøkt å sage ned større felt av teglstein med diamantverktøy, men dette må utføres med forsiktighet slik at det kan ombrukes i prosjekter som fasadelementer. Tegl-vaskemaskin for å skille tegl fra mørtelen er blitt utviklet, men det viser seg å være vanskelig å fjerne sementmørtel som er strek med denne prosessen (Zhou *et al.*, 2020).

Det er viktig å ta hensyn til miljøfarligstoffer ved ombruk av tegl. I perioden 1940-1980 ble det tilsatt PCB (farlig miljøstoff) i elastiske fuger for å beholde elastisiteten. Dersom teglen har konsentrasjon av PCB er over 0,01 mg/kg, må den behandles på særskilt måte og ikke ombrukes videre (Sørnes *et al.*, 2014).

Tabell 4 viser ombruksnivå til diverse murverk:

Type murverk	Byggeperiode	Opparbeiding	Produkttype	Frost sikker	Mengde av total	Ombruksnivå
<i>Forblending, kalkmørtel,</i> Ute Inne	< 1920 < 1940	Forsiktig riving, lett fjerning av mørtel	teglstein "-"	ja nei	1-3% 1-3%	høy "-"
<i>Forblending, Sementmørtel,</i> Ute Ute Inne	> 1920 > 1920 "-"	Utsaging Nedknusing "-"	element pukk "-"	ja ja nei	5-15% 5-15% 1-3%	høy lav "-"
<i>Innvendig murverk</i> Svak kalkm., Sterk kalkm. "-" sementmørtel "-"	< 1920 < 1940 > 1920	Forsiktig riving Utsaging Nedknusing "-" utsaging	teglstein "-" pukk "-" element	nei nei nei nei nei	5-15% 5-15% 10-20% "-"	høy "-" lav "-" høy
<i>Utvend. vegg m/bakstein</i> Svak kalkm. "-" sterk kalkm., "-" sementmørtel	< 1920 < 1940 > 1920	Forsiktig riving Nedknusing Utsaging Nedknusing Utsaging Nedknusing	teglstein pukk teglstein pukk element pukk	blandet blandet blandet	10-20% 5-15% 15-30%	høy lav høy lav høy lav
<i>Alle typer murverk</i> Etter 1975, sementmørtel	> 1975	Utsaging Nedknusing	element pukk	ja "-"	5-15% 5-15%	høy lav

Tabell 4: Ombrukstabell for teglstein hentet fra: Sintefbok.no

2.7.3 Betong

Betong er en av de mest brukte materialene brukt i byggebransjen. Materialet har lang levetid og trenger vedlikehold i svært liten grad. Produksjon av både betong og tegl er energikrevende å produsere, i forbindelse med forbrenningsprosessen av sement (Sørnes *et al.*, 2014). Selve forbrenningsprosessen står for det største klimagassutslippet ved produksjon av betong og tegl. Betong blir ofte sett på som en klimaversting (Kvellheim, 2022).

Ombruk av betong kan omfatte en konstruksjon, hele bygninger eller bygningselementer. Ved lokal ombruk blir normalt ombruk omfattet i forbindelse med ombygging eller oppgradering av en bygning (Sørnes *et al.*, 2014). Betongelementer som er prefabrikkerte vil hovedsakelig være mest aktuell for ombruk. Prefabrikkerte løsninger er ferdigproduserte byggelementer som blir montert på byggeplass, som kan være mindre arbeidskrevende å demontere. Dersom betongelementer skal ombrukes, vil det være en stor fordel at det foreligger tegninger som viser innfestningsmetode for elementene (Sørnes *et al.*, 2014).

De fleste eksisterende bygninger er vanligvis ikke prosjektert med tanke på ombruk. Men denne type ombruk av betongbaserte bygninger har blitt stadig mer aktuell. Utfordringene med ombruk av betongelementer som etasjeskiller og veggblokker, er at dem ofte er murt sammen som gjør demontering vanskelig uten å påføre elementene skade. Manuelt arbeid kreves for at elementene skal bli løftet på riktig måte. Det kan også være vanskelig å dokumentere krav til sammensetning og styrke for ombruk (Sørnes *et al.*, 2014).

Under har SINTEF utarbeidet viktige sjekkpunktet man bør vurdere ved ombruk av bygningselementer, kopiert fra ”Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer” (Sørnes *et al.*, 2014). Disse sjekkpunktene er:

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

Materialer og komponenter som er sterkt forurenset kan havne under kategorien farlig avfall, og bør da ikke ombrukes (Sørnes *et al.*, 2014). Tenkt ombruksområde og grenseverdier avgjør om komponenter havner under farlig avfall kategorien (byggealliansen, u.d).



Figur 17: Hulldekke av betong hentet fra: buildingsupply.no

2.7.4 Tre

Materialgruppa til tre inkluderer alle typer behandlet og ubehandlet trevirke, trefiberprodukter og limtrevirke. I Norge er de mest brukte tresortene gran og furu. Tre brukes i konstruktive elementer og bindingsverk, utvendig og innvendig kledning, takstoler og taksperrer og bjelkelag (Kilvær *et al.*, 2019). Det brukes også i større elementer som bjelker, søyler av limtre og massivtreelementer. I tillegg finner man trevirke i innredning og som fiber i isolasjon og plater. Ombruk av trevirke i Norge er svært lite brukt, i forhold til for eksempel USA (Sørnes *et al.*, 2014).

I følge rapporten til SINTEF blir trevirke ombrukt i svært liten grad i Norge, fordi det viser seg i de fleste tilfeller at det er mer kostnadseffektivt å kjøpe nytt fremfor å ombruke fra riving (Sørnes *et al.*, 2014). Stor etterspørsel av returvirke til energigjenvinning, fører også til lav interesse for ombruk av trevirke.

I Sørnes (2014) sin ”Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer” er følgende treprodukter listet opp med potensiale for direkte ombruk:

- Hele rommoduler
- Stemplede og hele lengder av konstruksjonsvirke
- Bjelker, dragere og søyler av limtre
- Bjelker, takstoler, stendere, massivtreelementer og tømmerrammer
- Bygningens innvendige og utvendige kledning
- Diverse typer trefiberlameller, I-profiler, parallellfiner og andremsplittede limtretyper.
- Diverse typer trefiberplater med intakt egenskap og form.

2.7.5 Vindu/glass

Produksjon av glass er energikrevende, og dermed kan ombruk av hele glass/vinduer potensielt bidra med positiv effekt i et miljøregnskap for et byggeprosjekt, fremfor å bruke nye. Glass blir i hovedsak benyttet i vinduer, som fasade, som inner/delingsvegger, og til andre bruksformål som gulv, dører, støyskjermer og rekkverk. Produkter av glass er i stor utstrekning standardiserte produkter, som kan gjøre ombruk interessant fra et økonomisk og praktisk/teknisk perspektiv (Kilvær *et al.*, 2019). Ombrukspotensialet for ruter, hele vinduer og glassfasader vil være avhengig av hvor enkle de er å demontere, komponentenes U-verdi og om det finnes innhold av miljøfarlige stoffer (Sørnes *et al.*, 2014). Hvis vinduene ikke egner seg for ombruk, kan glassene i dem gjenvinnes (Kilvær *et al.*, 2019).

Minimumskravene til energieffektivitet etter TEK17 er $\leq W/m^2K$ 1,2 for vinduer og dører (dibk, 2018). Det kan da være krevende å ombruke gamle vinduer da disse ikke utfyller dagens krav, men det betyr ikke at det er umulig (Sørnes *et al.*, 2014).

Under har SINTEF utarbeidet følgende spørsmål som man bør kunne svare positivt på, for at vinduer skal ha et potensial for ombruk, kopiert fra "Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer" (Sørnes *et al.*, 2014):

- Er glasset og eventuelle rammer uskadd?
- Oppfyller glasset gjeldende krav til energiltak, eller kan det innenfor prosjektrammene oppgraderes til å oppfylle kravene? Ifølge TEK17 skal vinduer ha en U-verdi på $\leq 1,2 W/m^2K$.
- Kan glasset eventuelt brukes i en sammenheng der krav til U-verdi er lavere, for eksempel i uoppvarmet bygning eller innervegg?

De fleste vinduer inneholder miljøfarlige stoffer, det er da viktig at de håndteres på en forsvarlig måte (Sørnes *et al.*, 2014).



Figur 18: Antikvarisk rehabilitering av vindu. hentet fra: glassogfasade.no

2.7.6 Varmeisolasjon

Skumplast og mineralull er i dag de vanligste isjolasjonsmaterialene. Direkte ombruk av disse kan bli gjort i praksis, så lenge de er hele og uten skader(Kilvær *et al.*, 2019). Dersom det skulle være skader eller lignende på isolasjonen som gjør at direkte ombruk ikke går, finnes det flere løsninger for å gjenvinne disse. Det finnes flere former for isolasjon som er produsert av materialer som er gjenvunnet. Eksempler på disse er Mineralull laget om til blåseull, skumglassisolasjon laget av returglass, celluloseisolasjon laget av papir og treavfall(Sørnes *et al.*, 2014).

2.7.7 Gips

I 2020 ble det ifølge SSBs avfallsstatistikk fra byggeaktivitet generert 78 714 tonn med avfall fra gips alene(SSB, 2022b). Dette utgjør ca. 3,6 % av det totale avfallet fra byggeaktivitet. Det kan være utfordrende å ombruke gipsplater da disse lett kan bli utsatt for skader, spesielt i forbindelse med håndtering og logistikk/transport. Fra et kost-/nytteperspektiv med tanke på vekt/volum i forhold til lager, er et stort problem når det kommer til ombruk av disse (Kilvær *et al.*, 2019). Gips er ett relativt billig materiale i ny stand, så det lønner seg ikke økonomisk å demontere, lagre og transponere disse for direkte ombruk. Gips ødelegges også som regel ved demontering, dette materialet egner seg derfor dårlig for ombruk.

I 2020 stammet over halvparten av gipsavfallet fra nybygg. Da er det relevant å se på løsninger for avfallsreducerende tiltak(SSB, 2021b). Den større andelen av gipsavfall går i dag til deponi på grunn av mangel på løsninger til avfallshåndtering. Gips kan inneholde opptil 99% resirkulert innhold (Byggogbevar, 2019). Gjenvunnet gips brukes til produksjon av nye gips, men kan samtidig brukes til fyllemasse, finkust for jordforbedring og knust til landskapbehandling(Kilvær *et al.*, 2019). Gips blir ofte ødelagt under riving/demontering, som gjør det utfordrende å sortere disse da gips ikke kan sorteres sammen med annen avfall for gjenvinning(Byggogbevar, 2019).

2.7.8 Takstein og skifer

Takstein og skifer er i stor grad mulig å ombruke. Etterspørselen av gammel takstein er stor. Disse blir ofte brukt ved rehabilitering av antikvariske kulturminner og fredet bygg.

2.7.9 Plast

Det finnes svært mange bruksområder for plast i bygg, både utvendig og innvendig. Materialet blir også brukt sammen med andre produkter i bygningen, for.eks fugemasse og lim. Produksjon av plast foregår i ulike kvaliteter, med ulik levetid. Flere produkter blir også laget av en kombinasjon av flere ulike typer plastmaterialer, eksempelvis takbelegg. Plastmaterialer deles inn i herdeplaster og termoplast. Herdeplaster, som for.eks epoxy(EP), melaminplast(MF), fenoplast(PF), umettet plyster(UP) og polyuretan(PUR) kan i de fleste tilfeller ikke brukes på nytt i plastproduksjon, men kun energigjenvinnes(Sørnes *et al.*, 2014). Termoplast, som for.eks polystyren(PS), polyetyleneterepftalat(PET), polyetylen(PE-HD), polypropylen(PP) og isopor(EPS) egnes godt for materialgjenvinning(Sørnes *et al.*, 2014).

I dag er ombruk av plastprodukter lite utbredt, ettersom det er størst fokus på materialgjenvinning som avfallshandteringen. Gjenvunnet plast blir brukt i en rekke tekstiler og produkter. Eksempelvis kan det produseres rør, slanger og tykk folie av polyetylen (PE-HD), mens det kan lages stolper, stolpegjerder og paller av blandet plastemballasje. Det er også vanskelig å ombruke plast i praksis, på grunn av farlige tilsetningsstoffer. Dette gjør at det generelt sett ikke anbefales å ombruke plast(Sørnes *et al.*, 2014). Plast som ikke inneholder helse- og miljøfarlige stoffer og samtidig lar seg demontere, som for.eks polykarbonatplater, kan ombrukes som fasadeplater på næringsbygg(Sørnes *et al.*, 2014). Den største andelen av plastavfallet i byggebransjen blir deponert eller energigjenvunnet i dag, ettersom muligheten for gjenvinning og ombruk reduseres sterkt i bruksfasen. Dessuten kan ikke de forskjellige plastkvalitetene sorteres sammen for gjenvinning (Kilvær *et al.*, 2019).



Figur 19: Polykarbonatplater hentet fra: Skanda.no

3 Metode

I dette kapitlet vil metodevalg og fremgangsmåte bli presentert for å sikre oppgavens kvalitet, validitet og pålitelighet. Valg av feil metoder kan gi ugyldige resultater, derfor er det viktig å beskrive valget av metode og fremgangsmåte.

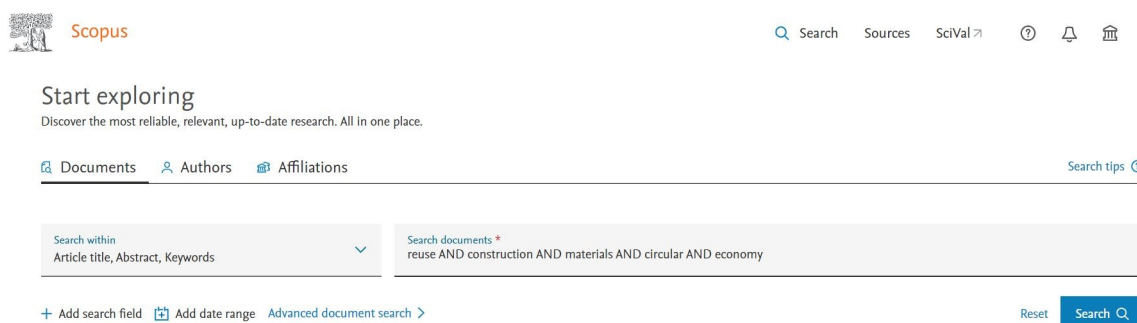
3.1 Litteraturstudie

Metoden bak litteraturstudie er en systematisk gjennomgang og innsamling av eksisterende litteratur og forskning innen ett problemområde for å kunne svare på en valgt problemstilling. Valg av denne metoden vil ikke medføre ny kunnskap, men det hjelper til å danne en helhet og bredere forståelse innen valgt tema. Dataene i litteraturstudiet skal være tilfeldige eller plukket ut for å fremme et bestemt synspunkt.

Det teoretiske grunnlaget for oppgaven er basert på litteraturstudier og gjennomført ved å søke i ulike databaser. Deler av litteraturen er innhentet gjennom referanser fra andre master- og bacheloroppgaver skrevet innen lik tematikk. Litteraturstudiet har spilt en stor rolle i besvaringen av problemstillingen og de fire supplerende spørsmålene i kapittel 1.1.

3.1.1 Strategi for søk

Innhenting av informasjon og data er basert på systematiske søk i databaser på internett. Databasene tatt i bruk ved akademisk litteratursøk er i all hovedsak Scopus, ScienceDirect og Google Scholar. De aktuelle søkeordene gir svært mange dokumenttreff, derfor er de ulike søkeordene ofte satt i kombinasjon ved hjelp av operatorene OG/ELLER for å kunne begrense resultatene. Figur 20 viser eksempel på aktuelle søkeord brukt i litteratursøkene.



Figur 20: Eksempel på søkeord brukt i Scopus

Utenom systematisk søk i databaser er flere av de brukte referansene har blitt funnet gjennom et såkalt "bakover kjedesøk". Denne metoden går ut på at man tar utgangspunkt i en relevant kilde og går gjennom, for så å bruke denne kildens referanser.

3.1.2 Kvalitetssikring

I enhver akademisk tekst er det viktig og nødvendig å kunne sikre kredibiliteten og validiteten til kilder og referanser. I vår oppgave er dette gjort ved å vurdere alle kilder i flere omganger. I første omgang ble kilder og referanser funnet basert på tittel, nøkkelord og sammendrag. Deretter ble funn og konklusjon i kilden vurdert opp mot vår problemstilling og tilhørende spørsmål, videre ble forfatter og utgiver vurdert. Også referansene til kildene ble gjennomgått.

For å evaluere kildene ble TONE-prinsippet tatt i bruk. Akronymet TONE står for Troverdighet, Objektivitet, Nøyaktighet og Egenhet [??]. Ved å følge dette prinsippet får man en uniform måte for å enten inkludere eller utelukke referanser. Vurdering etter TONE-prinsippet evaluerer både forfatter, metodikken og relevans.

TONE-prinsippet			
Troverdighet	Objektivitet	Nøyaktighet	Egenhet
Hvem har publisert artikkelen	Hensikt	Språk	Relevans
Hvor er artikkelen publisert	Nøytralitet	Dato	Entydige svar
Fagfellevurdert	Presentasjon	Kildehenvisning	
Institusjonstilknytning			

Tabell 5: TONE-prinsippet og hva det innebærer

3.2 Dokumentstudie

Utenom de akademiske litteratursøkene er det også gjort flere sekundære søk. Videre omtalt som dokumentersøk eller -studie. Dokumentersøkene ble gjennomført for å finne relevante norske rapporter fra gjenbruksprosjekt, gjenbruksstrategier og diverse andre publikasjoner fra relevante aktører. Disse dokumentene og publikasjonene er ikke nødvendigvis fagfellevurdert og etterprøvd til forskjell fra litteraturen funnet i det akademiske søket. Siden kvaliteten her ikke alltid er like god som i akademiske tekster er det spesielt viktig å lese med et kritisk hensyn på både forfatter, budskap og hensikt i tekstene. Eksempel på slike aktører er Trondheim Kommune, SINTEF og Direktoratet for byggkvalitet.

3.2.1 Metode for søk

I dokumentersøkene er det i flere tilfeller brukt Google Scholar og standard Google-søk, samt søk på internt på nettsider som Statistisk Sentralbyrå, Store Norske Leksikon og Byggforsk. Informasjon er innhentet fra både offentlige og private aktører. Eksempel på dokumenter innhentet i dokumentstudiet er erfaringsrapportene fra Gjenbruks- huset i Trondheim og Kristian August Gate 13, Norsk Stålforbund sin rapport for ombruk av stål og Strategien for avfallshåndtering fra Miljøverndepartementet

3.2.2 Kvalitetssikring

Siden dokumentene ikke nødvendigvis er fagfellevurdert og etterprøvd er det ekstra viktig å vurdere teksten etter opphav og formål. Informasjonen funnet her påvirkes av hvem teksten er skrevet for og av hvem den er skrevet av.

3.3 Korrespondanse med Nasjonalparken Næringshage

Under arbeidet med oppgaven har det blitt opprettet kontakt med Næringshagen Nasjonalpark angående deres forprosjekt med Ombrukshub. I vår e-post kommunikasjon med Næringshagen ble det uttrykt at de hadde interesse av å bli bedre kjent med hvilke materialer, hovedsakelig i fritidsboliger, som kunne ha størst potensiale for ombruk. Deres ønsker har blitt tatt i betraktning ved utarbeidelsen av problemstillingen for oppgaven.

3.3.1 Ombrukshub ved Næringshagen

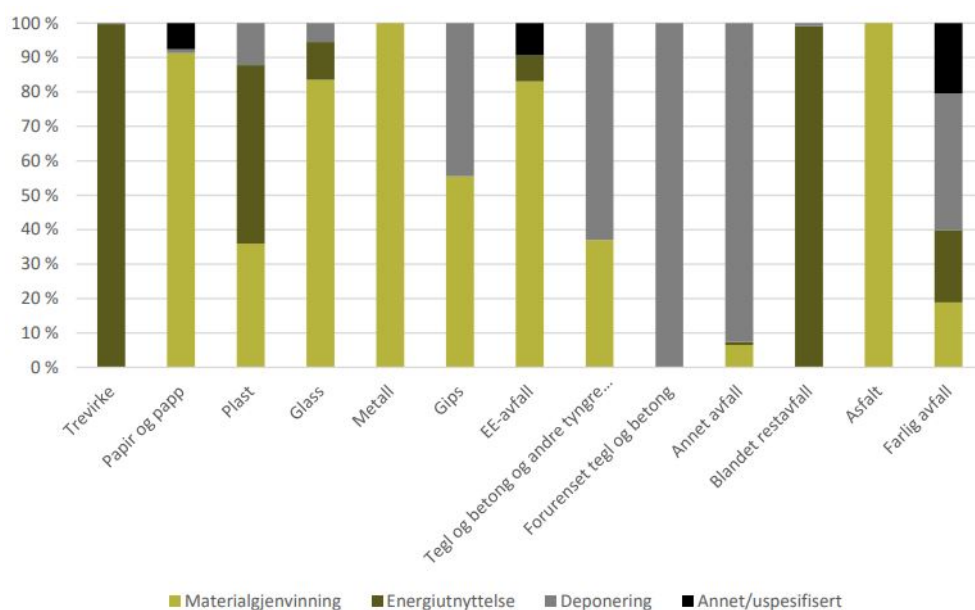
OmbruksHuben er tenkt å være et system for å tilrettelegge for ombruk av overskuddsmaterialer og brukte byggematerialer for næringslivet i Oppdal og Rennebu [??]. Forprosjektet de har gjennomført ser på mulighetene for å etablere en lokal løsning som sorterer masser, materialer og komponenter før de distribueres videre. Prosjektet skal se på løsninger for bedre ressursutnyttelse i bygg- og anleggsbransjen, både i rivingsprosjekter, nybygg og rehabilitering.

4 Resultat

I dette kapittelet presenteres resultatene fra litteraturstudiet gjennomført i kapittel 2. Først vil dagens praksis for avfallshåndtering gjennomgås. Deretter oppsummeres gjenbrukspotensialet i utvalgte komponenter og materialer, før muligheter og utfordringer ved gjenbruk presenteres. Til slutt blir det lagt frem forslag til endringer i lovverk og praksis som vil være med på å øke graden av gjenbruk i byggebransjen.

4.1 Håndtering av avfall

De siste tiårene har det vært en økende interesse blant et økende antall aktører for gjenbruk i byggebransjen, og riktig håndtering av avfall er en viktig forutsetning for etablering av sirkulærøkonomi i byggebransjen. Byggteknisk foreskrift (TEK17) angir et krav om 60% sorteringsgrad av alt avfall på byggeplass. Samtidig har EUs avfallsdirektiv satt et mål om at over 70% av avfall fra bygg- og anleggsbransjen skal materialgjenvinnes eller gå til ombruk. Avfallspyramiden i figur 1 forteller hvordan avfall bør håndteres for best mulig å utnytte ressursene som finnes. I dag ligger hovedfokuset med tanke på bærekraft i byggebransjen i størst grad innenfor gjenvinning av materialer, det er i mindre grad er det ”eksperimentert” med ombruk.



Figur 21: Avfallsbehandling for ulike materialgrupper 2017 (Ibenholt *et al*, 2020).

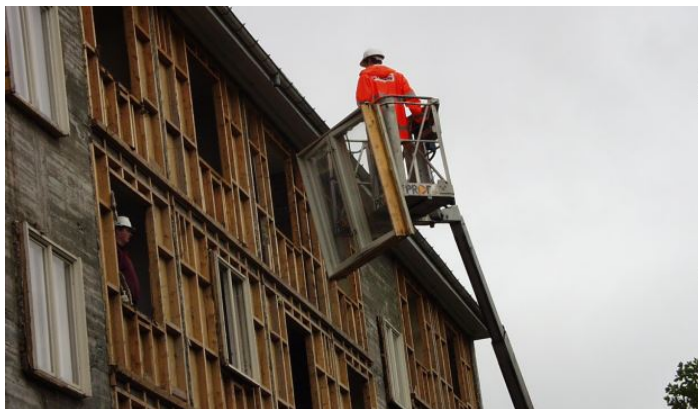
Figur 21 viser hvordan de største avfallsfraksjonene fra BA-næringen ble behandlet i 2017. Her ser vi at nesten 65% av tyngre bygningsmaterialer som betong og tegl går til deponi og nesten alt av trevirke går til energiutnyttelse. Dette forteller at det er potensiale for utbedringer av ressurseffektiviteten ved å forflytte avfallshåndteringen oppover i avfallspyramiden.

4.1.1 Ombruk

Ombruk av materialer og komponenter er definert ved at det brukes igjen til et nytt prosjekt i sin opprinnelige form. Til tross for en økende interesse er likevel ombruksgraden lav, mye på grunn av mangelen på et godt system. For ombruksprosjekt i byggebransjen er det viktig at det er ønskelig for tiltakshaver, da ombruk medfører usikkerhet både i kostnadsberegning og utforming av bygget. Tiltakshaver må være villig til å godta en viss grad av ekstrakostnader, samt både tekniske og estetiske avvik.

I en mastergradsavhandling om gjenbruk av bygningsmaterialer skrevet av Moldekleiv og T. Mynors (2017) er det gjennomført intervjuer av en rekke norske aktører i byggebransjen. Flere av intervjuobjektene har god erfaring innen materialgjenvinning, men få har erfaringer fra ombruksprosjekter utenom rehabilitering av eldre bygg. Tre av intervjuobjektene fra R3 entreprenør AS nevner at de har erfaring med salg av ombruksmaterialer fra riveprosjekter. De forteller at det var svært vanskelig å få økonomien til å gå rundt, selv med tilgang på gratis materialene og komponentene. Demontering, transport, lagring og salg utgjorde så store kostnader at de var helt avhengige av at salget skjedde hurtig og gjerne rett fra byggeplassen. Også kjøper av ombruksmaterialer er avhengig av at riktige materialer er tilgjengelig og klare til riktig tid, om de skal kunne benyttes i nye prosjekter.

Teorien viser at ombruk er det nest øverste trinnet på avfallshierarkiet, og dermed vurderes til den neste beste håndteringsmetoden for ressurser etter reduksjon av avfall. Ombruk regnes generelt som en mer høyverdig avfallshåndtering enn material- og energigjenvinning. Likevel er det ikke alltid den mest gunstige håndteringsmetoden for avfallsressursene. van Loon *et al.* (2021) trekker frem at en 1:1 erstatning av produktet er vanskelig. Sjeldent erstatter et ombrukt produkt det nye produktet fullstendig. Slike ”uperfekte” ombrukstilfeller kan i mange tilfeller medføre økt ressursbruk av nye produkter i tillegg til det ombrukte produktet. Ombrukshuset i Trondheim er et eksempel på dette der samtlige av vinduene hentet fra St.Olav Hospital måtte utbedres for å tilfredsstille byggeforeskriftens krav til maksimalt varmetap, ved blant annet å: oppgradere innvendig glass, nye tettelisten, utskifting av lukkebeslag, erstatning av gammel isolasjon (Pettersen, 2005).



Figur 22: Demontering av vinduer, hentet fra Trondheim kommune.

Disse ”uperfekte” ombrukstilfellene medfører også ofte svinn av materialer. En av grunnene til dette er at lite av den eksisterende bebyggelsen er designet for demontering og ombruk. Dersom byggene var bygget mer modulbaster med homogene materialsjikt, vil det gi en mer fullverdig utnyttelse av komponenter og materialer (Ghisellini *et al.*, 2018).

Lav grad av et effektivt marked, samt uavklarte spørsmål tilknyttet forsvarlighet, system og økonomi gjør at ombruk i dag innebærer en høy merkostnad for salg, anskaffelse og prosjektering. Sentrale aktører har en lav betalingsvillighet for denne merkostnaden. Dette gjør at ombruksmarkedet i dag for det meste er begrenset til enkeltstående pilotprosjekter. En endring i holdninger til sirkulærøkonomi, ombruk og forpliktelser overfor miljø og samfunn kan eventuelt føre til en økt etterspørsel for klima- og miljøvennlige bygningsløsninger, noe som igjen vil drive frem mer økonomiske ombrukssystemer (Ibenholt *et al.*, 2020; European Commision, 2017).

4.1.2 Materialgjenvinning

Materialgjenvinning innebærer å bruke ressursene i avfallet og restproduktene til produksjon av nytt materiale. Fullstendig gjenvinning av et materiale over flere sykluser vil være regulert av materialets fysiske egenskaper og en uendelig gjenvinning er ikke mulig. På et tidspunkt i den sirkulære gjenvinningprosessen vil materiale tvinges til en nedsirkulering. En nedsirkulering innebærer å gjenvinne et materiale til et annet med lavere verdi eller kvalitet. Et eksempel på dette kan være knusing av tegl eller betong til fyllmasser og tilslag. Kravet til sorteringsgrad i de byggtekniske forskriftene vil i utgangspunktet legge til rette for en mer effektiv avfallshåndtering. Sorteringsgraden på en byggeplass garanterer likevel ikke en god ressurseffektivitet. En bærekraftig gjenvinningsprosess burde beholde kvaliteten på materiale så langt det lar seg gjøre og ”utsette” nedsirkuleringen.

For at materialgjenvinning skal være en del av sirkulærøkonomien er det avgjørende at gjenvinningen erstatter ny produksjon. Om ikke ressursenes mengde og kvalitet blir bevart i gjenvinningsprosessen vil det kun fungere som et ekstra trinn i den lineære økonomien før ressursen blir eneriggjenvunnet eller ender opp som avfall på deponi. Ibenholt *et al.* (2020) presiserer at for å øke muligheten for å materialgjenvinne en større andel av de ulike avfallsfraksjonene, er det essensielt at riving og demontering foregår på en slik måte at separering og sortering kan foregå på en mindre ressurskrevende måte.

Materialgjenvinning er i dag tilpasset lover, regelverk og priser som innebærer at avfallsmaterialer ikke blir behandlet på en gunstig måte verdimessig. Eksempler på dette er lave deponipriser for betong, tegl og gips, samt rammevilkår for avfallsbransjen om direkte energigjenvinning av trevirke vanskeliggjør materialinnhenting for oppstartsbedrifter som satser på innovativ avfallshåndtering. Her må politiske og økonomiske endringer til.

4.1.3 Avfallsreduksjon

Avfallsminimering står som første punkt i avfallspyramiden og er et tiltak som skal forlenge bruksfasen, før og etter produktet er produsert. Dette vil si å produsere materialer av høy kvalitet med lang levetid, for å oppnå en lavere avfallsmengde i det totale livsløpet. Det innebærer også godt vedlikehold, ivareta byggverk og unngå tidlig riving.

En minimering av avfall implementeres også i mange tilfeller allerede i prosjekteringsfasen av bygg, før byggearbeidet tar til. God prosjektering og planlegging fører til at overflødige materialer, som ellers ville gått til avfall, ikke kjøpes inn i det hele tatt. Dette har den sterkeste miljømessige besparingen da materialene ikke blir produsert i det hele tatt. En høynet prosjekteringsgrad og ressurseffektivitet som dette fører også til at den overordnede ressursbruken i byggebransjen går ned.

4.2 Gjenbrukspotensiale

Ut ifra det vi har studert, har vi kommet frem til følgende materialer og komponenter som kan ha et potensial for gjenbruk i den norske byggebransjen.

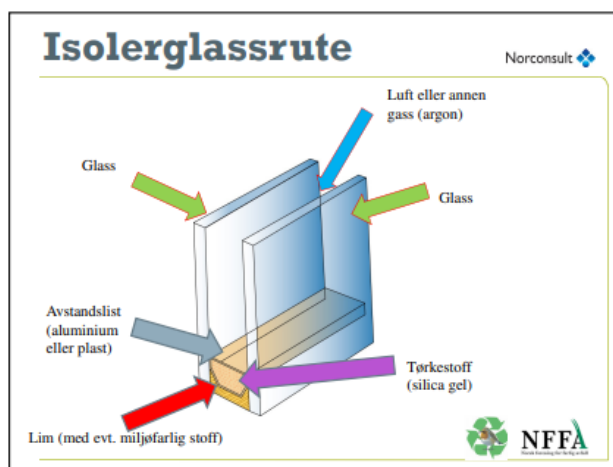
4.2.1 Vinduer/glass

Glass er energikrevende å produsere, dermed kan ombruk av hele glass/vinduer potensielt bidra med positiv effekt i et miljøregnskap for et byggeprosjekt, fremfor å bytte dem ut med nye. I dette delkapittelet er det prøvd å finne informasjon angående eldre vinduer. Samtidig har det blitt gjort en vurdering på om eldre vinduer kan ha potensial for rehabilitering og gjenbruk etter dagens minimumskrav til energieffektivitet.

Hva består vinduer av?

Vindu er en lysåpning i en bygnings yttervegg og består av gjennomsiktige glassruter/plastruter, bygd inn i en vinduskarm og eventuelle oppdelinger i vindussprosser. Vinduskarmen består for meste av plast, treverk, aluminium eller stål (Rygh, 2022). Hengslene er som regel av stål, og flere vinduer har beslag av aluminium utenpå karmen som beskytter for klimapåkjenninger. Vinduer kan også bestå av en blanding av de nevnte materialene.

Det finnes mange ulike vindustyper, en av de større forskjellene på disse er antall lag glass plassert i rammen. Et lags glass var normalt frem til 1950 da tolags isolerglass med tomrom mellom kom (Rygh, 2022). Dette er fortsatt brukt i dag, men har videre utviklet seg til trelags glass. Det finnes også en lang rekke type glass som brukes i vinduer. De vanlige typene er energispareglass, lyddempende glass, lysdempende glass, sikkerhetsglass, selvrensende glass og folierte eller matte glass (Rygh, 2022). Samtidig har glassrutene ulike egenskaper og tykkelse. Figur 23 illustrerer oppbygging av en typisk 2 lags glassrute:



Figur 23: Typisk 2 lags isolerglassrute. hentet fra: Nordconsult.no

Krav for energieffektivitet

Utviklingen av glassruter og vindusrammer de siste 60 årene, har brakt frem langt bedre vinduer i form av støydemping, økt isoleringsevne og jevnere overflate. Men med utvikling av nye og bedre vinduer, kan det føre til økt disponering av eldre vinduer. Det er da viktig å finne nye teknologiske løsninger for gjenbruk, fremfor å kaste dem. Tek17 stiller delvis høye krav til energieffektivitet.

Tekniske forskrifter stiller krav etter til U-verdi i yttervegg og vinduer etter tek17 er forklart under, kopiert fra (Dibk, 2018a):

§14-3 - Minimumskrav til energieffektivitet (dibk, 2018a):

- U-verdi for vindu og dør, inkludert karm og ramme $\leq 1,2$ [W/ (m² *K)]
- U-verdi for yttervegg $\leq 0,22$ [W/ (m² *K)]

Det stilles også krav til støyreduksjon gjennom §13-6-Lyd og vibrasjoner etter tek17, kopiert fra (dibk, 2018a):

”Lydforhold skal være tilfredsstillende for personer som oppholder seg i byggverk og på uteoppholdsareal avsatt for rekreasjon og lek. Krav til lydforhold gjelder ut fra forutsatt bruk, og kan oppfylles ved å tilfredsstille lydklasse C i Norsk Standard NS 8175:2012 Lydforhold i bygninger Lydklasser for ulike bygningstyper”

Demontering av Vinduer og glass

Vinduer og glass er generelt i stor grad modulbasert, som ofte lar seg demontere ettersom vinduene i de fleste tilfeller er mekanisk innfestet. Vinduer og glass demonteres i stor grad hele, ved rive- og rehabiliteringsprosjekter. Disse demonteres med hensyn på å ivareta produkter som kan inneholde helse- og miljøfarlige stoffer, og med hensyn på sortering av avfallet (Kilvær *et al.*, 2019). For at ombruk av vinduer og glass skal være mulig, må disse demonteres hele uten at glasset knuses.

Kilvær (2019) og andre involverte i Dikb FoU-prosjektet, var i intervju med Valdimar Karlsson i Acusto, som var med i arbeidene med ombruk av utvendig fasadeglass til innervegger/-dører i Powerhouse-prosjektet på Kjørbo. Under har Kilvær (2019) og de andre involverte i prosjektet kommet frem til særskilte hensyn angående demonteringsarbeid:

- Glasskiver bør inspiseres av kyndig personell ved demontering for å minimere svinn som oppstår etter transport og rengjøring.
- Ved levering til fabrikk av glass fra Kjørbo var det 25% svinn på grunn av riper og matthet. Dette skyldes hovedsakelig alder, men noe kan også stamme fra demonteringsfasen.
- Det kan ikke stilles samme krav til gammelt og nytt glass, man må akseptere riper og mindre skader.

Rehabilitering av eldre trevinduer

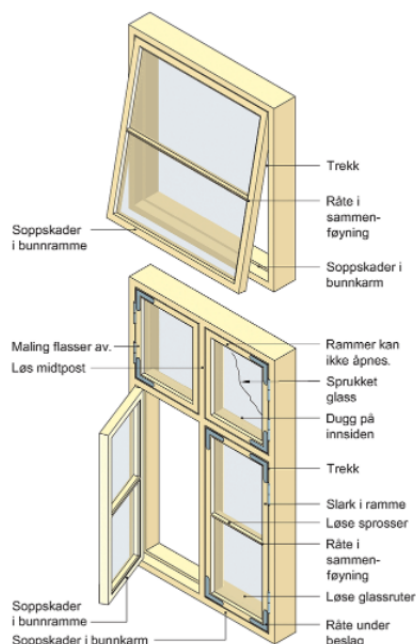
I eldre vinduer ble det som regel brukt trevirke med høy kvalitet. Diverse erfaring viser at trevirket i karm- og rammeprofiler ofte er i god stand selv om overflaten kan se slitt ut. Vinduene kan dermed ofte bevares uten større reparasjoner. Ved rehabilitering av eldre vinduer kan man oppnå en så god varmeisolasjonsevne at det i mange tilfeller ikke lønner seg med en fullstendig utbytting (SINTEF, 2016). Under har SINTEF flere eksempler på hva utbedring av vinduer kan innebære (SINTEF, 2016):

- demontere gammelt glass
- fjerne kitt og løs maling
- ta av, rense og rustbeskytte beslag
- erstatte soppskadd trevirke
- justere rammene slik at de lett lar seg åpne og lukke
- grunne trevirket og rustbeskytte beslag
- remontere glass
- produsere og montere nye innervinduer med enkeltglass eller isolerrute
- overflatebehandle
- montere tettliste

Det burde alltid bli gjennomført en tilstandsvurdering av vinduene for å finne ut hvilke utbedringer som må gjøres. Ofte kan det være kvaliteten på trevirket i ramme og karm som avgjør omfanget av reparasjoner på vinduene, og om disse må skiftes ut. Samtidig må tilstanden av glass og beslag vurderes. Dette gjelder også for lukke-/åpnefunksjonen (SINTEF, 2016). Under viser SINTEF sin utarbeidede punktliste for hva tilstandsvurderingen burde omfatte (SINTEF, 2016):

- Overflatebehandlingen
- Trevirket
- Beslagene
- Kittfalsene
- Glasset
- Åpne-/lukkefunksjonen
- Deformasjoner
- Varme- og eventuelt lydisolasjonsevnen

Tilstanden på vinduer vil være avhengig av hvor godt de er vedlikeholdt, om de ble riktig montert og hvor hardt klima de har blitt utsatt for. Figur 24 viser typisk skadesteder på vinduer (SINTEF byggforsk, 2016):



Figur 24: Typiske skadesteder på vinduer, hentet fra byggforsk.no

Forbedring av varmeisolasjonsegenskapene til vinduene vil ha en stor betydning for energiforbruket til bygningen, og samtidig forlenge levetiden til rammer og kårmer der kondes ellers kan ødelegge overfaltebehandlingen og fukte opp trevirket (SINTEF byggforsk, 2016). I flere tilfeller kan det også være nødvendig å forbedre lydisolasjonsevnen. Dette kan endres med antall glass, tykkelse og avstanden mellom dem. Samtidig er det viktig at det i stor grad er tett mellom karm og vegg og ramme og karm (SINTEF byggforsk, 2016).

I tabell 6 vises U-verdier for vinduer med enkeltglass supplert med varerammer med forskjellige rutetyper. U-verdiene er beregnet ut ifra vinduer av tre i størrelse 1*1,5m. Verdiene varierer med type vindu, og om det er tettelister mellom ramme og karm (SINTEF byggforsk, 2016):

Vindustype	U-verdi W/(m ² K)
Ett vanlig glass i ramme	4,1–4,5
Vareramme med ett vanlig glass	2,0–2,1
Vareramme med ett glass, varmerefleterende belegg på innerste glass	1,5–1,6
Vareramme med tolags isolerrute, vanlig glass, luftfylt hulrom	1,5–1,6
Vareramme med tolags isolerrute, varmerefleterende belegg på innerste glass, luftfylt hulrom	1,1–1,2
Vareramme med tolags isolerrute, varmerefleterende belegg på innerste glass, gassfylt hulrom	0,9–1,1
Vareramme med tolags isolerrute, varmerefleterende belegg på begge glass, luftfylt hulrom	1,0–1,1
Vareramme med tolags isolerrute, varmerefleterende belegg på begge glass, gassfylt hulrom	0,9–1,1

Tabell 6: U-verdi etter ulike vindustyper, hentet fra Sintef byggforsk.no

Helse- og miljøfarlige stoffer

Eldre vinduer kan inneholde helse- og miljøfarlige stoffer. Isolerglass produsert før 1965 er trolig av typen thermopane, som ikke inneholder fuglim og er da kategorisert som ikke-farlig avfall. I perioden 1965-1979 var det vanlig at fuglimet inneholdt PCB. Dette stoffet ble kjent som et farlig stoff og ble forbudt i 1975, og er derfor farlig avfall. Vinduer fra Perioden 1976-1990 skal håndteres som klorparafinruter som også er farlig avfall. Disse skal leveres til godkjent mottak, med mindre det kan bevises at de ikke inneholder miljøfarlige stoffer. Isolerglass fra 1991 og utover kan inneholde mindre mengder ftalater i fuglimet. Som hovedregel kan disse leveres som ikke-farligstoffer uten å analysere fuglimet (Glassportalen, 2019). Det kan også finnes asbest i vinduskitt i vinduer produsert frem til 1985.

Dersom en overflatebehandling er brukt kan det være helse- og miljøfarlig forbundet med dette. Mengden maling brukt på vinduer er ansett som svært lav, og blir derfor normalt sett ikke erklært som farlig avfall på bakgrunn av malingen brukt (glassportalen, 2019). Det er også brukt argongass mellom glasslagene i flere vinduer, mengede gass i vinduene er så lav at vinduene som inneholder dette ikke blir sett på som farlig avfall.

Vinduer som er kategorisert som farlig avfall, skal i utgangspunktet leveres til godkjent mottak og ikke ombrukes. Men de kan rehabiliteres og oppgraderes for ombruk dersom farlig avfall blir håndtert. Det kreves da tillatelse for bearbeiding av farlig avfall etter Avfallsforskriften § 6 (Amlo, 2019). Vinduer som inneholder asbest skal ikke gjenbrukes, og leveres til godkjent mottak for farlig avfall.

Utfordringer ved ombruk av vinduer

Den tekniske tilstanden til vinduene er avgjørende for mulighetene til ombruk, etter som levetiden til de forskjellige materialene vinduet består av kan være ulike. Dette kan medføre at et vindu blir ansett som dårlig i sin helhet, selv om det kun er en del som er i dårlig stand. Det er avgjørende å se på den samlede levetiden til de ulike komponentene vinduet består av, da disse blir behandlet som en enhet (Sørnes *et al.*, 2014).

Eldre vinduer inneholder ofte helse- og miljøfarlige stoffer, og er samtidig et relativt komplisert produkt som ikke er designet for oppgradering eller vedlikehold. Det er også faktorer som endringer i energikrav, vinduets levetid og behov for dokumentasjon og retesting som gjør det utfordrende å ombruke (Kilvær, 2019).

Muligheter for ombruk av vinduer

Utfordringer med ombruk av vinduer kan være mange, men det betyr ikke at det er umulig. Referanseprosjektet i delkapittel 2.4.3 Empire State building, hvor over 96% av de gamle vinduene ble rehabilitert og oppgradert, er et godt eksempel på at eldre vinduer kan ombrukes og bli energieffektive ved rehabilitering (Drevon, 2011). I dag finnes det ingen direkte standard der det kommer frem en standardisert metode for å kartlegge gjenbrukspotensialet til vinduer. Dette medfører at potensialet for gjenbruk av vinduer må vurderes individuelt, etter kunnskap og erfaring (Kilvær *et al.*, 2019).

Teknisk sett kan vinduer være gode ombruksprodukter, dersom det er gode muligheter for enkelt demontering fra vegg (Sørnes *et al.*, 2014). Ombruk av vinduer vil være mest aktuelt når de tilfredsstiller dagens krav til ytelse. Vinduer som ikke egner seg til ombruk i ytterveggen, kan brukes som innervegger/skillevegger. Mens Rehabilitering og oppgradering vil være mest aktuell ved oppussing/etterisolering av bygg. Ettersom det vil være krevende å ombruke vinduer i nye byggeprosjekt, der dimensjonene til vinduene som skal brukes må prosjekteres tidlig inn i det nye prosjektet. I så fall må de brukte vinduene være tilgjengelige før prosjekteringen starter, slik at det ikke blir feil ved montering.

Gjenvinning

Hvis vinduene ikke egner seg for ombruk, kan det være muligheter for å gjenvinne glasset i dem. Glass er energikrevende å produsere, det vil da være fordelaktig å gjenvinne disse (Sørnes *et al.*, 2014). Glass kan gjenvinnes i det uendelige, og er blant de mest miljøvennlige materialene som finnes (Sirkel, u.d).

4.2.2 Betong

Betong er en av de mest brukte materialene i byggebransjen. Materialet står samtidig for det meste avfallet generert fra byggeaktivitet. I 2020 ble det generert 865 325 tonn avfall fra betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer, som står for ca. 40% av det totale avfallet fra byggeaktivitet (SSB, 2021b). Av dette ble ca. 58% levert til materialgjenvinning, og resten til deponi (SSB, 2021b). En av årsakene til dette er et for høyt innhold av miljøforurensende stoffer. Ettersom betong er energikrevende å produsere, vil det være fordelaktig å gjenbruke materialet i større grad. Ombruk kan omfatte en konstruksjon, hel bygning eller bygningselementer (Sørnes *et al.*, 2014). Betong blir også ofte sett på som en klimaversting, som igjen har ført til økt fokus på gjenbruk av betong (Kvellheim, 2022).

Helse og miljøfarlige stoffer

Normalt sett er betong et relativt ufarlig materiale, men den kan i flere tilfeller være forurenset av en rekke ulike stoffer (Sørnes *et al.*, 2014). I 2020 ble det generert ca. 200 000 tonn med forurenset tegl og betong fra byggeaktivitet. Dette tilsvarer ca. 18% med forurenset betong og tegl av det totale avfallet fra betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer (SSB, 2021b). Betong som er stekt forurenset blir ikke gjenbrukt, denne mengde avfall blir da levert til deponier. Det skilles mellom lett forurenset og sterkt forurenset betong, som avhenger av grenseverdier for forurensningen (Sørnes *et al.*, 2014). Lett forurenset betong er mulig å gjenbruke, men da må det være et klart ansvar for å vurdere omfanget og virkningen av forurensningen (Sørnes *et al.*, 2014). Miljøkartlegging av betongkonstruksjoner må utføres slik at det ikke påføres skader på selve konstruksjonen.

Endring i avfallsforskriften

Det har i lengre tid vært forvirring i byggebransjen, der retningslinjene har vært uklare for når betong kan gjenvinnes (Kontrollrådet, 2021). I 2019 ble det gjort endringer med grenseverdiene for når betong er forurenset. Disse grensene ble satt til et høyere nivå, som har medført at en langt større andel av avfallsbetongen ble tilgjengelig for gjenbruk (Daler, 2020). Også i juli 2020 trådte en ny forskriftendring i kraft, som presiserer retningslinjene tydeligere for hvordan betong skal håndteres etter rivning, og hva som skal gjøres med både tegl og betong som et rest- og avfallsprodukt (kontrollrådet, 2021). Disse endringene presiserer kartleggingskrav, miljøhensyn og krav om forholdsmessig bruk. Dette har gjort det tydeligere hvordan man skal gå frem for å forhindre at tegl og betong unødvendig ender opp på deponi (Daler, 2020).

Utfordringer med ombruk

Vanligvis er eksisterende bygginger ikke prosjektert med tanke på ombruk. Men det har stadig blitt mer aktuelt å bygge med tanke på akkurat dette. I samfunnet skjer det en utvikling der nye behov skal dekkes basert på eksisterende bygningsmasse, hvor den gamle bruken av bygninger har blitt mindre aktuell (Sørnes *et al.*, 2014).

Etasjekiller og veggblokker er i de fleste tilfeller murt sammen, som kan gjøre det krevende å demontere uten å påføre skade på elementene. Manuelt arbeid kreves for

å løfte disse på en riktig måte. Krav til sammensetning og styrke ved ombruk kan også være vanskelig å dokumentere. I tillegg skal kanskje elementene tilpasses til en ny funksjon (Sørnes *et al.*, 2014). Det må også gjøres tester på betongen for å finne ut hvor forurenset den er og om den havner under kategorien farlig avfall. Hvis dette er tilfellet skal den ikke gjenbrukes. Grenseverdier og tenkt ombruk er avgjørende for hvorvidt komponenten havner under farlig avfall (Sørnes *et al.*, 2014).

Muligheter for ombruk

Ombruk av betongelementer er mest aktuell for prefabrikkerte elementer med lav volumvekt (Sørnes *et al.*, 2014). Hulldekker av betong kan være en god kandidat for ombruk. Disse dekkene har en lavere vekt enn plaststøpt betong, som gjør bygnings-elementet håndterbar.

Ombruk av betongbaserte bygninger vil være mest aktuell for bygninger som ikke inneholder for miljøfarlige stoffer. Referanseprosjektet i delkapittel 2.4.4 studentsiloen, er et godt eksempel på ombruk av hele betong-konstruksjoner.

Gjenvinning

Ombruk av betong er i dag lite utbredt i byggebransjen, fokuset er i større grad rettet mot gjenvinning (Daler, 2020). Ifølge statistikken til SSB (2022) ble ca. 41% av det totalet avfallet av betong, tegl og andre bygningsmaterialer sendt til deponi i 2020. Sammenlignet med 2017 har mengden betongavfall sendt til deponi blitt redusert med nesten 24% (SSB, 2020). En av årsakene til dette er endringene Avfallsforskriften, som har blitt enklere å forholde seg til. Dette har fremmet en miljømessig forsvarlig bruk av lett forurenset betong som ellers ville blitt sendt til deponi. En annen årsak er endringen som ble gjort i 2019 med grenseverdiene for når betong er forurenset. Resultatet av dette kan man se på avfallstallene fra SSB i delkapittel 2.5.1 og 4.1.

Avfallsbetong kan etter forskriftendringen brukes til erstatning for pukk og andre jomfruelige masse i større grad. På sikt håper byggsektoren at det også kan brukes som tilsalg i ny betong, slik blant annet Tyskland gjør i dag (Daler, 2020).

Når betong knuses for materialgjenvinning, vil den til en vis grad rekarbonatisere, at den tar opp CO₂ som under produksjon ble sluppet ut. For at dette skal ha noen effekt, må betongen bli knust ned til 1-8 mm i størrelse. Vanlig knusing til 32mm eller større vil få en liten effekt. Det viser seg da at 60-80% av utslippet tas opp igjen (Leland, 2008). Før materialet blir gjenvunnet må det sjekkes for innhold av PCB i betongen. Ettersom betong og armering må separeres før den knuses til materialgjenvinning (Leland, 2008).

4.2.3 Tegl

Teglstein er et robust material med lang levetid, betående av knust stein i standardformater, som er laget av brent eller tørket leire. Produksjonen av teglstein er energikrevende, som fører til høyt utslipp av klimagasser. Både tegl og betong står for mesteparten av avfallet generert fra byggeaktivitet (Rambæk, 2021). Teglsteinens energikrevende produksjon og lange levetid, gjør at direkte ombruk av teglstein har et besparingspotensial for både miljø og økonomi (Sørnes *et al.*, 2014). Det er også et materiale som egner seg godt til gjenbruk. Tegl er til nå det eneste brukte byggevare som er blitt CE-merket, som gjør at det kan markedsføres og omsettes lovlig.

Demontering av murstein av tegl

Type mørtel som er brukt til å mure sammen teglen, avgjør i flere tilfeller hvor arbeidskrevende det er å demontere dem. Kalkmørtel er relativt enkel å fjerne, mens sementblandet mørtel er mer krevende å fjerne. I ettertid har bruken av sementmørtel blitt en dominerende praksis, som har ført til en mer krevende prosess å demontere. Teglkonstruksjoner oppført før 1955 er ofte murt med kalkmørtel. Denne mørtelen er mindre komplisert å frigjøre fra rivingsteglen uten bruk av spesielt maskinelt utstyr, og demontering av konstruksjonene vil være enklere. Fra ca. 1955 og frem til idag er det meste av konstruksjoner oppført med sementblandet mørtel. Hvis dette er tilfelle er det stor sannsynlighet at murstein av tegl vil bli ødelagt før dem blir skilt fra mørtelen (Kilvære *et al.*, 2019).

For Teglkonstruksjoner som er utført med sementmørtel, kan det være aktuelt å sage ned større felt av tegl med diamantsag. Det krever saging, rengjøring, forsterkning, skånsom nedtaking, trimming til mål og innfesting av monteringsbeslag for at demontering skal være mulig (Kilvære *et al.*, 2019).

Tid og kostnad

Det er blitt forsøk å finne kostander relatert til uttak av tegl, men det er funnet svært få studier av dette. Likevel er det et prosjekt fra 2000 som har erfaringstall på kostnader. Under har ombruksprosjektet på Lilleborg som ble avsluttet i 2000 erfart følgende kostnad ved uttak av murstein av tegl, kopiert fra ”Forsvarlig ombruk av byggevarer” (Kilvær *et al.*, 2019):

- Riving og rensning: ca. 5,5 kr/stein
- Ombrenning av tegl med lav frostsikkerhet: ca. 3 kr/stein
- Nypris: ca. 3 kr/stein

Erfaringer gjort fra dette prosjektet viser at på grunn av kostander knyttet til kvalitetskontroll og prøveuttak, burde ombruksvolum per riveobjekt være minst 50 000 stein (Kilvær *et al.*, 2019).

Utfordringer med ombruk

De tekniske egenskapene til teglen er avgjørende for hvilke bruksområder den kan brukes til. Tegl som ikke er frostsikker kan brukes til pusset fasade, og frostsikker tegl kan brukes som fasade. Den må også ha tilstrekkelig trykkfasthet ved bruk i kledning som går over flere etasjer. Krav til tekniske egenskaper gjør det krevende å ombruke. I praksis er det vanskelig å sjekke alle steinene i et parti med eldre ombrukstegl for egenskaper (Sørnes *et al.*, 2014).

Tegl oppført med sementmørtel er vanskelig å skille og rense. Det vil kreve spesielt mekanisk rengjøringsutstyr for å utføre denne prosessen effektivt. Slikt utstyr er ikke tilgjengelig i dag, men det danske teknologiske institutt holder nå på å utvikle en maskin som kan fjerne sementbasert mørtel ved oppvarming (Zhou *et al.*, 2020).

Hvis murstein av tegl har vært i direkte kontakt med elastiske fuger som inneholder PCB, kan den ikke benyttes og må håndteres som farlig avfall avhengig av konsentrasjonen av PCB (Kilvær *et al.*, 2019).

Gjenbruk av tegl i Danmark

Gjenbruk av gamle mursteiner har over tid blitt en stor suksess i Danmark. Gamle mursten er en bedrift som selger ombrukstegl. Siden de startet i 2003 har de i 2016 sendt ut 45 millioner rensende mursteiner over hele landet til nybygg, og etterspørselen viser seg å stige. Etersom miljøregnskaper blir gjennomført i stadig flere byggeprosjekt (Andersen, 2017). Utfordringene de nå får er at de kan kun gjenbruke tegl fra bygg som er ført opp før 1960 som er murt sammen av kalkmørtel. Sementmørtel som er ført opp i senere tid sliter dem også med å fjerne uten å skade steinen.

Men det testes nå ut nye metoder av teknisk institutt (TI) og A/S Bachmanns Teglsværk. De tester nå herdet mørtel ved å varme små prøver til over 1000 grader for å sprengte sementbindingene (Andersen, 2017).

Muligheter for ombruk i Norge

Ved ombruk av murstein av tegl som kun krever rensning, kan klimagassutslippet bli redusert med over 80% sammenlignet med produksjon av ny tegl (Kilvær *et al.*, 2019). Ombrukstegl kan ha flere bruksområder, ettersom de tekniske egenskapene er gode nok til formålet. Hvis teglen oppnår disse kravene, kan den for eksempel brukes til marktegl, ikke-bærende innervegger, pusset fasade og kledning. Ombrukspotensialet vil i svært stor grad være større i Danmark enn Norge, ettersom det er brukt større mengder tegl i Danmark opp gjennom tiden.

Gjenvinning

Hvis det er ikke er mulig å ombruke steinen som den er, på grunn av dårlig kvalitet eller at det ikke er mulig å rense steinen, er neste alternativ materialgjenvinning. Teglstein kan gjenvinnes til flere formål, blant annet som tilslag i betong og til fyllmasse i veibygging (SINTEF, 2021). Avfallsforskriften og byggteknisk forskrift ble i juli 2020 endret slik at det er enklere å bruke knust tegl til disse formålene, fremfor å deponere det (SINTEF, 2021).

4.3 Forutsetninger for vider utvikling av gjenbruksmarkedet

Teorien har synliggjort flere utfordringer hva gjelder den praktiske gjennomføringen av gjenbruk i byggebransjen. I dette delkapittelet vil disse utfordringene for en oppskalering av gjenbruk legges frem sammen med mulige løsninger.

4.3.1 Endringer regelverk

For å lykkes med en overgang fra lineær til sirkulærøkonomi er det viktig at de regulerende styresmaktene støtter denne overgangen gjennom en oppklaring og forbedring i regelverk og rammevilkår, i favør gjenbruk. Av dagens krav i TEK17 §9-5 (2) fremgår det at:

“Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning.”

Det er likevel ikke en fullstendig klarhet i hva dette innebærer. Strengere krav til ombruk og forsvarlig materialforvaltning vil presse bransjen til å finne løsninger og bli et viktig virkemiddel. Det er også nødvendig med en oppklaring i hvordan det nåværende regelverket skal overholdes med tanke på omsetning og dokumentasjonskrav av brukte byggevarer. Deretter kan det være nødvendig med en forbedring av det overordnede regelverket i TEK17 og relevante standarder for å eventuelt legge føringer for gjenbruk og reduksjon av krav forbundet med dokumentasjonskrav forbundet til videresalg, uten at dette går utover sikkerhet. Slike endringer og revisjoner av regelverk krever lang behandlingstid og detaljerte utarbeidelser om brukte materialer, men vil gi gode insentiver for gjenbruk i et større tidsperspektiv.

Kommunene kan også spille en viktig rolle for de kortsiktige insentivene, ved å godkjenne gjenbruksprosjekter, stille krav til byggherre og i byggesaksbehandling. Dersom avfallsplanen til prosjekter er klar tidlig, gjerne i forbindelse med igangsetting, kan informasjon om gjenbrukbart materiale markedsføres for salg og utvide tidsrammen for materialinnhenting for andre aktører.

Bygninger kan anses som store materialbanker med et høyt potensiale for gjenbruk (BAMB). For at dette skal bli praktisk gjennomførbart er det nødvendig med informasjon om hvilke materialer og i hvilke mengder som er tilgjengelig i bygget, samt hvordan disse materialene er montert og hvor de befinner seg. Slik byggepraksisen er i dag legges det allerede store krav til fleksibilitet og endringsmulighet i nybygg over tid. Dette kan etterfølges ved å legge inn krav til en demonteringsveileder sammen med allerede utarbeidede forvaltningsdokumentasjon. Dette vil bidra til å minimere mengder materialer som går til avfall under rivnings- eller rehabiliteringsarbeid.

4.3.2 Forbedring økonomi

I delkapittelet 2.3.2 listes det opp en rekke utfordringen som gjelder de økonomiske utfordringene knyttet til gjenbruk. Det er i dag mulig å søke om økonomisk støtte fra ulike aktører, dersom man ønsker å satse på gjenbruksprosjekter. Et eksempel på en aktør som dette er FutureBuilt som bidrar i tiltak som redusere klimagassutslipp og en videreføring av gjenbruk og sirkularitet i bygg. FutureBuilt bidro blant annet med finansiell støtte til ombruksprosjektet i Kristian August gate 13. De fleste av disse ordningene for økonomisk støtte er relativt nyetablerte.

Flere ulike økonomiske tiltak nevnes i litteraturen for fremming av avfallsminimering og økt gjenbruk:

Endring i merverdiavgiftssystemet:

Ved å innføre endringer i momsfratak for salg og reparasjon av brukte materialer, vil man fremme ombruk ved å gjøre prisen mer konkurransedyktig i forhold til jomfruelige materialer (Wijkman og Skånberg, 2015; Asplan Viak, 2018).

Øking av avgifter:

Økte avgifter for avfallshåndtering, spesielt avlevering til deponi, er et etablert tiltak som allerede har gitt effekt i påvirkningen av avfallsstrømmene mot bedre sortering og gjenvinning (Asplan Viak, 2018). Dette danner et bilde for hvordan man også kan påvirke bransjen mot mer ombruk og insentiverer for avfallsbehandling på høyere nivå i avfallspyramiden. Dette vil senke bruken av jomfruelige råvarer og fremme gjenbruk (Asplan Viak, 2018; Nordby, 2009).

Forbedringer av støtteordninger:

Erfaringsrapporten fra Kristian August Gate 13 (2020) forteller om den økonomiske støtten de fikk fra FutureBuilt:

“... størrelsen på støtten ikke på langt nær dekket inn alle ekstra kostnader som har oppstått som følge av satsingen på et fullskala ombruksbygg”

Videre forbedringer av støtteordninger og subsidiering kan motivere til mer ombruk og gjenvinning i prosjekter. Støtteordninger for gjenbrukssentraler og markedsplasser anses også som viktig.

4.3.3 Prosjektering og bygging med hensyn på gjenbruk

For å enklere kunne gjenbruke materialer i bygninger kreves det at materialene ikke tar skade eller ødelegges under rivearbeidet. Dette kravet medfører at man allerede i prosjekteringsfasen må velge byggt tekniske løsninger som tillater og forenkler demontering på en ikke-destruktiv måte. Mesteparten av den eksisterende bebyggelsen i Norge har ikke vært prosjektert med hensyn på ombruk. Ved mer tilrettelegging og en bedre utforming av bygg vil man øke potensialet for mer gjenbruk i fremtiden. Under gjennomgåås noen sentrale punkter som bør legges hensyn på.

Valg av materiale

I et bærekraftsperspektiv er det viktig å sikre at bygg og bygningsmaterialer har lang levetid. For å sikre lang levetid er det flere faktorer som spiller inn: materialkvalitet, vedlikehold, belastning, design og utførelse. Det er også nødvendig å ta stilling til den miljøforsvarlige levetiden til hver enkelt komponent. Der levetiden kan forsvare den miljømessige påkjenningen som har gått frem av utvinningen av råmateriale.

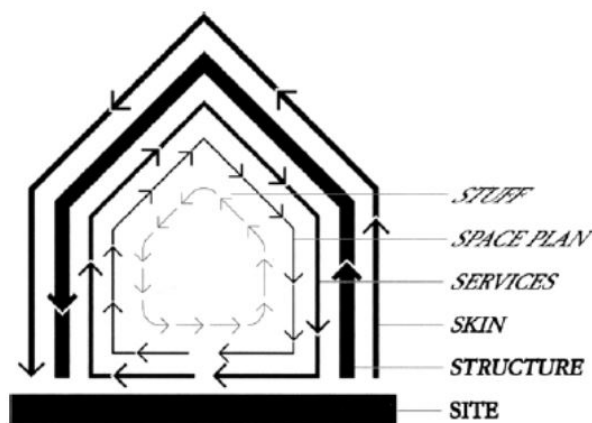
Det bør benyttes komponenter med moderat størrelse og vekt i standardiserte dimensjoner, gjerne modulbasert, som sikrer høy generalitet og fleksibilitet, og muliggjør ombruk ved forenklet demontering og montering i andre bygg. Videre er det viktig for bygg å være konstruert med færre materialer og komponenter totalt, og at disse består av så få bestanddeler som mulig. Dette er med på å gjøre sorteringsjobben enklere og gjøre det mulig å gjennomføre kvalitetskontroller på materialet. Til slutt er det viktig å velge materialer med ingen eller minimalt innhold av helse- og miljøfarlige stoffer, da dette gjør det vanskeligere for samtlige typer gjenbruk. Om det ikke kan unngås å bruke materialer med helse- og miljøfarlige stoffer, må disse enkelt kunne identifiseres og demonteres.

Struktur

Alle bygg består av ulike deler med ulik levetid. Det er da viktig å designet bygget slik at de komponentene og materialene som har kort levetid og høy omløpshastighet blir lettere tilgjengelig og kan byttes ut uavhengig av andre deler av bygget. De komponentene som er mest utfordrende å komme til, som bærekonstruksjon og fundament, bør også være de komponentene med lengst levetid. For eksempel bør gulvbelegg med høy belastning monteres på en slik måte at det lett kan byttes ut uten å måtte bytte ut resten av gulvet, eller byggets fasade som er værutsatt bør kunne fornyes uten for store virkninger på andre komponenter. Eksempel på en slik lagdeling av bygg er vist i figur 25 av Brand (1994).

Enkel demontering

Tilpasningsdyktighet og gjenbrukbarhet i bygg er i stor grad avhengig av hvor lett man kan ta fra hverandre og flytte på komponenter og materialer. Med tanke på ombruk er det viktig at dette kan gjøres uten å skade komponentene. For å sikre skadefri demontering er det fordelmessig å benytte mekaniske forbindelser fremfor liming, sveising og støping. Mekaniske forbindelser kan være bolter og låsesystemer, spiker bør unngås. Det er også essensielt at det beregnes god toleranse på de mekaniske forbindelsene da gjentatte demontering og monteringer tærer på systemet.



Figur 25: Bygningens lag. Illustrasjon fra Brand(1994).

4.3.4 Tilgjengelighet på informasjon

Anskaffelseprosessen ved ombruk er vanskeliggjort av mangelen på ombruksdatabaser med informasjon om hvilke materialer som er tilgjengelig for ombruk i markedet. (Nordby *et al.*, 2021; Asplan Viak, 2018; Ibenholt *et al.*, 2020). Slik det er i dag er det opp til prosjektledelsen å aktivt oppsøke og å etterspørre gjenbruksmaterialer, med unntak av enkelte mindre gjenbrukssentraler. Dette fører til usikkerhet både økonomisk, samt tid- og designmessig. Deler av denne problematikken kan fjernes ved å opprette større ombruksdepot og -markeder, som beskrevet i kapittel 2.3.2. På ombrukssentralene vil både private og kommersielle aktører kunne levere materialer sine direkte fra rivning for å slippe avgifter tilknyttet deponering og gjenvinning. Tilstrekkelig volum av ulike ombruksmaterialer og en økt forutsigbarhet i tilbud og etterspørsel vil bidra til å lettere kunne etablere ombruk i større skala.

Mangel på kvalitetsikkerhet, dokumentasjon og informasjon for ombruksmaterialene er også et problem for oppskaleringen. I prosjekteringen av nye bygg vil innsamling og behandling av tilstrekkelig informasjon om produktene være essensielt for tilretteleggingen for gjenbruk i fremtiden, og for ombruk spesielt. Data om materialets kvalitet, tekniske spesifikasjoner, garantier og veiledning for demontering kan inkluderes i FDV-dokumentasjonen (Leland, 2008). Digitaliserte modeller kan brukes for å effektivt etablere og bevare denne FDV-dokumentasjonen. I økende grad er digitale modeller i bruk på nybygg i dag, og kan fullt mulig utarbeides for eldre bygg. Gjenbrukssentraler med kyndige og erfarne ansatte kan også sørge for en viss kvalitetskontroll og godkjenning av materialer for ombruk gjennom standardiserte prosedyrer og stikktesting av produkter.

5 Diskusjon

5.1 Oppsummering av resultat

Ulike materialer kan gjenbrukes på ulike måter. Gjennom å studere ulike pilotprosjekter og eksisterende litteratur har vi forsøkt å danne en oversikt over muligheter, utfordringer, løsninger og hvilke materialer som egner seg best med tanke på gjenbruk.

I teorien har det vist seg klart at det er store miljømessige fordeler ved en implementering av mer gjenbruk i dagens BA-næring. Ombruk er med på å redusere behovet for utvinning og produksjon av nye jomfruelige materialer, og flere studier viser at ombruk gir klimagassbesparelser i flere prosjekter. Det overordnede inntrykket av gjenbruksmarkedet i Norge funnet i litteraturen er at det fortsatt er relativt umodent. Spesielt med tanke på ombruksmarkedet.

Ombruk av stål gir klart størst miljømessige besparelser, med en reduksjon på 80% sammenlignet med resirkulert stål (Widenoja *et al.*, 2018). Lignende reduksjonstall finnes også i DiBk sin rapport om forsvarlig ombruk av byggevarer, med 82% besparelse ved ombruk fremfor gjenvinning av stål (Kilvær *et al.*, 2019). Også betong viser seg å gi gode klimagassbesparelser, med en antatt reduksjon som tilsvarer utslippene ved nyproduksjon (Asplan Viak, 2018). Til tross for dette er det vanskelig å si med sikkerhet de faktiske besparelsene ved ombruk. I en bedømmelse av hvert enkelt materiale sin effekt må man vektlegge både funksjon og antall av produktet. Restlevetid er også en viktig faktor å ta med seg i besparelseregningen. Det mangler foreløpig rutiner og utprøvde måter for å fastslå et produkts gjenstående levetid. Dermed er tid før man må skifte ut ombrukskomponenter usikkert, og videre er derfor også besparelsene ved bruk av denne komponenten usikkert. Likevel vil en tallverdi, per enhet, gi en indikasjon på hvilke produkter som gir størst besparelse.

5.2 Tilgjengelighet på materialer

For at gjenbruk skal fungere på en industriell skala er det en nødvendighet at tilstrekkelig materialer er tilgjengelig for kjøp og salg. Tilstrekkelige mengder av det samme produktet er nødvendig for å utvikle prosesser og prosedyrer for re-dokumentasjon og produkttesting. Forutsigbarhet og økonomisk bærekraft er avhengig av mengdene på tilgjengelig materialer (Asplan Viak, 2018). Det har vist seg vanskelig å angi et estimat for hvor store mengder ombruksmaterialer som er tilgjengelig nå, eller i fremtiden. Det er også vanskelig å si hva som vil være en tilstrekkelig mengde for en oppskalering av ombruksmarkedet. Informasjon om akkurat dette er likvel etterspurt i bransjen.

En mulighet for et anslag av mengder er å ta utgangspunkt i avfallsstatistikken fra rive- og rehabiliteringsprosjekter. Vide og udefinerte avfallsfraksjoner gjør også dette arbeidet utfordrende. Den tilgjengelige statistikken fra SSB er ikke tilrettelagt for innsyn i produkter tilgjengelig eller hvor produktene kommer fra i bygget. Noe

som gjør det vanskelig å anslå mengder ombrukbart materiale. Statistikken viser likevel at majoriteten av de fleste fraksjonene går til energiutvinning, deponi eller ukjent behandling, det er her lett å se for seg at deler av dette materialet kunne blitt ombrukt. Ofte er også mye av dagens byggdokumentasjon fortsatt ikke tilstrekkelig for en mengdeberegning. Eksempelvis inneholder ofte BIM-modeller størrelsen og mengdene av komponenter, men gjengir ikke hvilke materialer komponenten inneholder.

Det er store mengder avfall i omløp hvert år, og det finnes ikke et fasitsvar på hvor store mengder som må være i omløp for å kvalifiseres som tilstrekkelig for en oppskalering. Det kan tenkes at denne mengden allerede er i omløp, men det er kan ikke sies med sikkerhet. Slik trenden ser ut i dag er det heller ikke grunn til å tro at mengdene i omløp vil gå ned, men implementering av tiltakene nevnt i kapittel 4.3 vil endre gjenbrukspotensialet til fremtidig bebyggelse og kanskje endre avfallsstrømmene mot et mer sirkulær materialomløp.

5.3 Mulig utvikling av gjenbruksmarkedet

Med bakgrunn i den gjennomførte litteraturstudien er det vanskelig å anslå hvordan den videre utviklingen av gjenbruk vil utspille seg. En stadig utvikling og få etablerte standarder gjør det utfordrende å se for seg utviklingen.

Gjenbruk har et stort potensiale på veien mot å redusere avfallsmengde og klimagassutslipp i BA-bransjen, avhengig av materialtype, fraktavstander og materialets kvalitet. Ombruk som et miljøtiltak er veldig aktuelt i dagens situasjon i EU, som påvirker Norge gjennom EØS-avtalen. Det oppleves også en stor interesse rundt tematikken som sprer seg i bransjen. Likevel er ombruksmarkedet i Norge lite utviklet og har en rekke barrierer å overkomme. Når og hvordan man skal overkomme disse barrierene er fremdeles usikkert.

Lave priser for byggevarer og avfallsbehandling og høye lønningsnivåer for arbeidskraft har ført til at det er billigere å kjøpe nytt enn å ombruke. Ombruk i det profesjonelle markedet er for det meste begrenset til testprosjekter i skrivende stund, og mye tilsier at det kommer til å være praksisen frem til det blir mer forsvarlig økonomisk forstand (Høiby og Sand, 2018). Det finnes likevel andre perspektiver, et bedre definert regelverk med krav om gjenbruk og strengere rammer for avfallshåndtering vil bidra til å presse bransjen til en mer sirkulær praksis. Også usikkerheten rundt anskaffelse av materialer trekkes frem som en viktig brikke som skal på plass for å videre utvikling av ombruksmarkedet.

Samtidig er verden under stort press om en hurtig endring for å unngå irreversible klima- og miljøendringer som negativt påvirker verden vi lever i nå og i fremtiden. All teori tilsier at det er mulig å gjøre store endringer i både klimagassutslipp og råvareforbruk ved hjelp av gjenbruk. Spørsmålet vi står igjen med er om bransjen klarer å implementere dette på en god og effektiv måte som gjør det attraktivt for aktører i bransjen å velge ombruk fremfor nyproduksjon.

5.4 Endring i tankegang

Teknologiutviklingen og industrialiseringen verden har gått gjennom de siste 200 årene har ført oss til et komfortnivå og -krav der alle ønsker å omgi seg med det nyeste og beste til enhver tid. Kjøpere eller leietakere av nybygg vil ikke være fornøyde med noe som bærer preg av å være brukt eller ikke nytt. En endring i tankegangen og holdninger til ombruk vil derfor kunne ha en betraktelig innvirkning på utviklingen av ombruksmarkedet. En slik holdningsendring vil derimot ta lang tid, og det kan være enklere å oppskalere ombruk ved å "skjule" de ombrukte bygningskomponentene i for eksempel bæringen, foreløpig.

Også endringer i holdninger til produsentansvar og produktlevetid vil ha stor påvirkningskraft. Endringer som insentiverer produsentene til å lage produkter med lengre levetid og mer hensyn på gjentatt demontering og ombruk vil skifte fokuset fra dagens "bruk og kast"-mentalitet til hvilket behovet og problem produktet løser. Muligheten for å kunne levere brukte produkter tilbake til leverandør for reparasjon eller forbedring vil også ha lignende påvirkningskraft i veien mot en mer sirkulær tankegang.

6 Konklusjon

Oppgavens problemstilling går ut på å undersøke potensialet for gjenbruk nå, og i fremtiden, samt hvilke materialer som er mest hensiktsmessige for gjenbruk. Resultatene fra analysen er i all hovedsak basert på en bred litteraturstudie. Ved en dokumentstudie av offentlig statistikk er det også forsøkt å anslå mengden avfall som genereres i dag, og hvilken andel av dette som kan gjenbrukes. Det knyttes usikkerhet til våre resultater angående potensialet for en oppskalering av gjenbruk i byggebransjen og avfallsstatistikken. Etter vårt skjønn er likevel validiteten i oppgaven likevel ivaretatt da slutninger er bekreftet flere steder.

Problemstillingen er i utgangspunktet omfattende og spenner over flere store fagfelt, derfor er visse emner mer nøysomt gjennomgått enn andre. Dette kan medføre konsekvenser for hvordan resultatene blir fremstilt.

6.1 Hvordan er potensialet for en oppskalering av gjenbruksmarkedet?

Dagens gjenbruksmarked er i en stadig utvikling og lite satt i system. I en bransje preget av strenge tids- og budsjetttrammer med veletablerte og prøvde prosesser, er innføringen av gjenbruk ofte forbundet med merkostnader og usikkerhet blant aktører i bransjen. Vi anser dette som den økonomiske situasjonen som største utfordringen bransjen og samfunnet er nødt til å takle før ombruk kan få en fast rolle. Videre er mangel på data om hvilke bruktvareer som *er* tilgjengelig og hva som *blir* tilgjengelig, juridiske usikkerheter, mangel på en effektiv marked- og insentivmodell med på å skape en uforutsigbarhet som mange helst vil unngå. Det er her viktig å understreke at dette er barrierer som må overkommes, og ikke ulemper med selve konseptet gjenbruk.

I bygningsrapporter og annen litteratur oppleves det et voksende fokus og ambisjonsnivå for å bygge stadig mer miljøvennlig, og etter vår bedømmelse er de miljømessige fordelene en av de sterkeste argumentene for mer gjenbruk. I dag jobber flere aktører aktivt mot å etablere nytenkende praksiser og metoder, dette arbeidet medfører at nødvendig kunnskap og erfaring blir utarbeidet i pilotprosjekter, slik at gjenbruk får et mer stødig fotfeste i BAE-næringen.

Dagens rivepraksis gjør at store deler av rivematerialene ikke egner seg for ombruk. Mye av grunnen til dette er fordi dagens bygningsmasse ikke er oppført med tanke på en ikke-destruktiv riving mot slutten av levetiden. For at ombruk skal kunne etableres er man avhengig av tilstrekkelige mengder med ombrukbart materiale. En jevn og betydelig materialstrøm er nødvendig for å sette prosesser i system med en bærekraftig effektivitet og lønnsomhet. Basert på avfallsstatistikk er det forsøkt å finne ut mengder tilgjengelig materiale for ombruk, men løst definerte avfallsfraksjoner og usikre tall gjør dette vanskelig. Man kan selvsagt betrakte dette som et resultat i seg selv, med stort forbedringspotensial. En endring i riveskikk er avhengig av en endring i måten vi bygger på. Bygging med tanke på en senere

ikke-destruktiv riving av bygget vil derfor stå sentralt for utviklingen av ombruk.

Det er i denne oppgaven kommet frem til at gjenbruk definitivt har et potensiale og en nødvendig rolle i BEA-næringen, hva angår miljø- og ressursbesparelser. Hvor stort markedet vil bli er usikkert og vil kreve nøyere undersøkelser angående re-dokumentasjon, testing, lagring, og bearbeiding.

6.2 Hvilke byggmaterialer egner seg best for gjenbruk?

I oppgaven har vi belyst ulike muligheter og utfordringer ved gjenbruk av materialer og bygningskomponenter. Det sterkeste argumentet oppgaven gir, er de positive miljø- og klimavirkningene gjenbruk vil medføre.

Det er mulig med forsvarlig gjenbruk i dag, men gjennomføringen av dette skaper store utfordringer. Regelverk, prosedyrer og standarder har den siste tiden blitt noe tilpasset gjenbruk, men usikkerheten rundt dette er fortsatt stor og utgjør et problem for oppskalering av gjenbruk i byggeindustrien (Kilvær et al, 2019). Samtidig er det store utfordringer rundt stort materialutvalg, og sammenføyde komponenter med irreversible løsninger. Dette gjør det vanskelig å demontere materialer/komponenter uten å påføre dem skade. For å oppskalere gjenbruk, må det i nye prosjekter benyttes monterbare løsninger. Dette vil føre til enklere demontering og vedlikehold.

Etter å ha studert flere ulike materialer og komponenter har vi valgt å se nærmere på betong, tegl og vinduer/glass som vi mener kan ha et potensial for gjenbruk. For de utvalgte materialene/komponentene har vi gjort en vurdering på gjenbrukspotensial ut ifra demontering, levetid, dokumentasjon, kvalitet, tekniske krav, kostnader, mengder og miljø.

Eldre vinduer inneholder ofte helse- og miljøfarlige stoffer, og er samtidig et komplisert produkt som ikke er designet for ombruk eller vedlikehold. Det er også faktorer som endringer i energikrav, levetid, og behov for dokumentasjon og testing som gjør ombruk av disse utfordrende. Spesielt ombruk av isoleringsglass vinduer kan være problematisk og utfordrende, og derfor egne seg bedre til materialgjenvinning. I dag gjøres ombruk av vinduer og glass i ulike former som innenbærer endring i form av oppsirkulering/bearbeiding eller bruksområde. Referanseprosjektet i delkapittel 2.4.3 er et godt eksempel som viser at ombruk av eldre vinduer er mulig så lenge de rehabiliteres og er vurdert i god stand.

Betong er et mest brukt materialet i byggeindustrien, og som samtidig utgjør det største avfall generert fra bygg- og anleggsbransjen. Det vil derfor ha store miljømessige fordeler å gjenbruke betong i større grad. Ombruk av betongbaserte bygg og komponenter er i dag lite utbredt. Ettersom eksisterende bygg ikke er prosjektert med tanke på ombruk, og elementer bestående av betong ofte er murt sammen. Som gjør demontering utfordrende uten å påføre elementene skade. Å dokumentere Krav til sammensetting og stryke er også et problem. Ombruk vil være mest aktuell for prefabrikkerte løsninger med lav volumvekt som foreksempelvis hulldekker av betong. Ombruk av plastøppte betongelementer er også mulig. Ved å benytte den brukte,

plasstøpte betongen som fundament for nybygg. Referanseprosjektet i delkapittel 2.4.4 er et godt eksempel på ombruk av hele betongbaserte bygg. Hvis det skal være mulig å ombruk av betongbaserte komponenter er det viktige sjekkpunkter som må sjekkes, disse er vist i delkapittel 2.7.3

Betong er også i stor grad egnet for materialgjenvinning. Det har tidligere vært stor forvirring i byggebransjen angående retningslinjene for når betong kan materialgjenvinnes. Dette ble i 2019 forbedret ved at grenseverdiene ble satt til et høyere nivå, slik at en større andel betong kan gjenbrukes istedet for å bli sendt på deponi.

I Danmark har ombruk av tegl blitt en lønnsom forretning. Sammenlignet med Norge har ombruk av disse vært i større grad aktuell, ettersom denne steinen er mye brukt i Danmark. I Norge vil det bli en større utfordring og ombruke disse fordi en større andel av tilgjengelig tegl er murt med sementmørtel. Sementmørtel har vist seg å være vanskelig å skille fra steinen uten å påføre den skader. Men det forskes nå i Danmark på ulike metoder for å fjerne mørtelen, som i senere tid kan føre til oppskalering av ombruk av tegl. Slik det er idag egner murstein av kalkmørtel seg godt for ombruk, til marktegl, pusset fasade, kledning og ikke-bærende innervegger ettersom de tekniske kravene er oppfylt. Murstein av sementmørtel kan materialgjenvinnes til andre formål som tilslag i betong og til fyllemasse i veibygging.

Gjenbruk er i dag lite utbredt, og det er fortsatt en lang vei å gå før eventuelt ombruk og gjenbruk kan oppskaleres. Det finnes likevel ulike materialer og komponenter som har et stort potensial. Tegl, Betong og vinduer har blitt belyst et potensial for videre arbeid. Det er likevel viktig å nevne at ulike faktorer kan føre til usikkerhet rundt resultatene. Gjenbruk er i dag mulig, men regelverk, prosedyrer og standarder må tilpasses dette dette formålet slik at det blir enklere å gå frem.

7 Referanseliste

- Aarhus, C., (2020). *Resirqel og Ragn-Sells lanserer Ombruksbank*. Hentet 1.mai 2022 fra: <https://www.bygg.no/resirqel-og-ragn-sells-lanserer-ombruksbank/1432810/>
- Allwood, J.M. og Cullen, J.M., (2012). *Sustainable Materials With Both Eyes Open*. Cambridge, England.
Hentet 30. mars 2022 fra: <https://www.uselessgroup.org/publications/book/chapters>
- Amlo, S. (2019). *Er isolerglassvinduer farlig avfall eller ikke?*.
Hentet 5.mai fra: <https://avfallsforum.mn.no/wp-content/uploads/2019/09/steinar-amlo-norsconsult.pdf>
- Andersen, U., (2017). *En tur i mikrobølgeovnen gjør gamle mursteiner klare til gjenbruk*, TU. Hentet 22.april fra: <https://www.tu.no/artikler/en-tur-i-mikrobølgeovnen-gjør-gamle-mursteiner-klare-til-gjenbruk/414271>
- Asplan Viak (2018). *Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniske installasjoner i bygg*.
Hentet 1.mai fra: <https://www.asplanviak.no/prosjekter/utredning-av-barrierer-og-muligheter-for-ombruk-av-byggematerialer-og-tekniske-installasjoner-i-bygg/>
- Bakshi, B.R., (2019). *Sustainable Engineering - Principles and Practice*
Hentet 1.april fra: <https://vdoc.pub/download/sustainable-engineering-principles-and-practice-6ptieu0njfe0>
- Blengini, G.A., (2009). Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy. *Building and Environment* (44). Hentet 26.april fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308000450>
- Brand, S., (1994). *What happens after they're built*. Penguin Books.
- Bygg og Bevar, grønn byggallianse (2019). *Gipsplater*. Hentet 4.mai fra: <https://www.byggogbevar.no/enøk/groenne-materialvalg/bygningsplater/gipsplater>
- Byggemiljø (2009). *Gjenbruk av rivemasser og gjenvinning av rivemasser*. Hentet 5.mai fra: <https://www.byggemiljo.no/gjenbruk-av-rivemasser-og-gjenvinning-av-rivemasser/#:~:text=Selektiv%20riving%20krever%20en%20kartlegging,kildesorteres%20for%20gjenbruk%20og%20gjenvinning.>
- Caldas, L.R., Silva, M.V., Silva, V.P., Carvalho, M.T.M., Filho, R.D.T., (2022). How Different Tools Contribute to Climate Change Mitigation in a Circular Building Environment?—A Systematic Literature Review. *Sustainability* (14). Hentet 1.mai fra: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/7/3759>

- Clausen, S.E. og Strømsnes, D.H. (2021). *Gjenbruk av utvalgte byggematerialer* [Bacheloroppgave: Høgskulen på Vestlandet]. Hentet 5.april 2022 fra: https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/bitstream/handle/11250/2760622/Clausen_Stroemsnes.pdf?sequence=1
- Cuéllar-Franca, R.M og Azapagic, A., (2012). Environmental impacts of the UK residential sector: Life cycle assessment. *Building and Environment* (54). Hentet 26.april fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132312000443>
- Daler, R., (2020). *Vil øke gjenbruk av betong*. Hentet 5.mai fra: <https://anleggsmaskinen.no/2020/04/vil-oke-gjenbruk-av-betong/>
- Dekkesystemer AS (u.d). *Hulldekker*. Hentet 5.mai fra: <https://dekkesystemer.no/wp-content/uploads/hulldekke-brosjyre-dekkesystemer-as-nettversjon2.pdf>
- Dempsey, N., Bramley, G., Power, S. og Brown, C., (2009). The Social Dimension of Sustainable Development: Defining Urban Social Sustainability. *Sustainable Development* (19). Hentet 28.april fra: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sd.417>
- Det kongelige klima- og miljødepartementet (2016-2017). *Meld. St. 45 Avfall som ressurs - avfallspolitikk og sirkulær økonomi*. Hentet 30.mars 2022 fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-45-20162017/id2558274/>
- Direktoratet for byggkvalitet (2017a). § 9-6. *Avfallsplan*. Hentet 30. mars 2022 fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-6/>
- Direktoratet for byggkvalitet (2017b). § 9-8. *Avfallssortering*, Hentet 22.april fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-8/>
- Direktoratet for byggkvalitet (2018a). *Dette er energikravene i byggteknisk forskrift*. Hentet 1.mai fra: <https://dibk.no/verktøy-og-veivisere/energi/dette-er-energikravene-i-byggteknisk-forskrift/>
- Direktoratet for byggkvalitet (2018b). *Ombbruk av byggevarer – hvilke krav må oppfylles?*. Hentet 1.mai fra: <https://dibk.no/verktøy-og-veivisere/energi/ombbruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/>
- Drevon, F., (2011). *Empire State ReBuilding*. Hentet 5.mai fra: <https://www.tu.no/artikler/empire-state-rebuilding/247234>
- Eckobo, C. (2021). *Ser på løsninger for å gjenvinne betong*. Hentet 5.mai fra: <https://www.nmbu.no/aktuelt/node/43349>
- Elkington, J. (2004). *Enter the Triple Bottom Line* Hentet 1.april fra: <https://www.johnelkington.com/archive/TBL-elkington-chapter.pdf>
- European Commision (u.d.) *Climat change consequences* Hentet 30.mars 2022 fra: https://ec.europa.eu/clima/climate-change/climate-change-consequences_en#ecl-inpage-994

- European Commission (2011). *Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste – SR1 Final Report - Task 2*. Hentet 26.april fra: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0c9ecefcd07a-492e-a7e1-6d355b16dde4>
- FN-sambandet. (u.d). *Klimaendringer*. Hentet 15.april 2022 fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>
- FN-sambandet. (u.d). *Bærekraftig utvikling*. Hentet 15.april 2022 fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- Futurebuilt (05.2022). *Kristian August gate 13*. Hentet 29.april fra: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#!/Forbildeprosjekter/Kristian-August-gate-13>
- Ghisellini, P., Ripa, M. og Ulgiati, S., (2017). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of cleaner production* (178). Hentet 21.april fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617328809?via%3Dihub>
- Gisvold, M., (2013). *Bruker gammel fasade som innvendige vegger*. Hentet 1.mai fra: <https://www.tu.no/artikler/bruker-gammel-fasade-som-innvendige-vegger/233506>
- Gjølme, H.S., (2020). *Sirkulær økonomi i bygg- og anleggsbransjen* [Masteroppgave: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim]. Hentet 5.april 2022 fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2779411>
- Glassportalen (2019). *Avfallshåndtering av bygningsglass*. Hentet 5.mai fra: https://www.glassportal.no/wp-content/uploads/2019/08/Avfallshandtering_av_Bygningsglass.pdf
- Grønn Byggallianse (u.d). *Ombruk i byggeprosjekter*, Grønn Byggallianse. Hentet 22.april fra: <https://byggalliansen.no/kunnskapscenter/ombruk-i-byggeprosjekter/#1613729332663-5b71492e-9d74>
- Huang, L., Krigsvoll, G., Johansen, F., Liu, Y., og Zhang, X., (2018). *Carbon emission of global construction sector*. Hentet 1.mai fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117309413?via%3Dihub>
- Høiby, L. og Sand, H., (2018). *Circular Economy in the Nordic Construction Sector: Identification and assessment of potential policy instruments that can accelerate a transition toward a circular economy*. Hentet 15.mai 2022 fra: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1188884&dsid=3836>
- Høydahl, V.V. og Walter, H.K., (2020). *Ombruk av byggematerialer og -produkter i et bærekraftperspektiv: Vurdering av miljøeffekt og kartlegging av potensialet for en oppskalering av ombruksmarkedet* [Masteroppgave: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. Hentet 21.april 2022 fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2779412>

- Ibenholt, K., Frisell, M.M., Gobakken, L.R., Hegnes, A.W. og Walbækken, M.M., (2020). *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen*, Direktoratet for byggkvalitet, Oslo. Hentet 11.mai 2022 fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/samfunnsokonomisk-analyse-av-reduisert-avfall-i-byggebransjen_nibio-og-samfunnsokonomisk-analyse-2020.pdf
- Kilvær, L., Sunde, O.W., Eid, M.S., Rydningen, O. og Fjeldheim, H., (2019). *Forsvarlig ombruk av byggevarer*, Direktoratet for Byggkvalitet, Resirqel AS, Skanska ASA. Hentet 1.mai fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer_resirqel-2019.pdf
- Kontrollrådet (2021). *Nå er det enklere å gjenbruke betong*. Hentet 5.mai fra: <https://kontrollbetong.no/aktuelt/artikler/na-er-det-enklere-a-gjenbruke-betong/>
- Kvellheim, A.K. og Bramslev, K., (2020). *Betong er en del av klimaløsningen*, SINTEF og Grønn Byggallianse. Hentet 22.april fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/-betong-er-en-del-av-klimalosningen/>
- Leland N.B., (2008). *Prosjektering for ombruk og gjenvinning*, Hentet 22.april fra: https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/26_Projektering-for-Ombruk-og-Gjenvinning.pdf
- Miljødirektoratet (2022). *Sirkulær økonomi*. Hentet 5.mai fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/#:~:text=I%20en%20sirkul%C3%A6r%20%C3%B8konomi%20utnytter,minst%20mulig%20ressurser%20g%C3%A5r%20tapt.>
- Miljøverndepartementet (2013). *Fra avfall til ressurs: Avfallsstrategi*. Hentet 1.mai fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/t-1531-fra-avfall-til-ressurs/id733163/>
- Modahl, I.S. og Raadal, H.L., (2003). *Evaluering av miljø- og ressursforhold ved bygging av Gjenbrukshus i Trondheim*. Hentet 1.mai fra: https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/faktaark/04--gjenbrukshuset/sto_rapport_rep17.pdf
- Moldekleiv, R.S. og Mynors, M.E.T (2017). *Gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer* [Masteroppgave: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet]. Hentet 21.april 2022 fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2465488>
- Nasjonalparken Næringshage (2021). *Forprosjekt: OmbruksHub*. Hentet 4.mai fra: <https://www.nasjonalparkhagen.no/ombrukshub1.html>
- Nordby, A.S., Lunke, R. og Andersen, R. (2021). *Erfaringsrapport Ombruk*. Entera, Oslo. Hentet 21.april fra: <https://www.futurebuilt.no/content/download/25496/14700>
- Nordby, A.S., (2009). *Berging av byggematerialer: Årsaker, kriterier og konsekvenser for arkitektonisk design som legger til rette for gjenbruk og resirkulering*. Hentet 1.mai fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/231092>

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for pedagogikk og livslang læring[NTNU, IPL] (2020). *Guide til akademisk skriving*. Hentet 30.mars 2022 fra: <https://www.ntnu.no/documents/4304188/1283448580/Guide+til+akademisk+skrivning+IPL+2020.pdf>

Norsk Gjenvinning (2016). *Avfalls- og gjenvinningsbransjens veikart for sirkulærøkonomi*. Hentet 29.april fra: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/2016-XX-Avfalls-og-gjenvinningsbransjens-veikart-for-en-sirkulaer-okonomi.pdf?mtime=20171005152839>

Norskstål og Norsk gjenvinning (u.d). *Enorme klimagevinster med ombruksstål*. Hentet 28.april fra: <https://www.norskstaal.no/om-oss/miljoe-og-baerekraft/ombruksstaal>

Nußholz, J.L.K., Rasmussen, F.N., Whalen, K. og Plepys, A.,(2020). Material reuse in buildings: Implications of a circular business model for sustainable value creation. *Journal of cleaner production* (245). Hentet 15.mai fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617328809?via%3Dihub>

Openhouseoslo (u.d). *GRUNERLØKKA STUDENTHUS, SILOEN*. Hentet 5.mai fra: <https://www.openhouseoslo.org/?portfolio=oah2016-siloen-studentbolig>

Overland, J.A., (2018). *TONE - strategi for kildekritikk*. Hentet 1.mai fra: <https://ndla.no/subject:1:090997c4-78d3-4a79-93ad-178d465cdba3/topic:1:61462d62-75f8-42fb\protect\@normalcr\relax-a823-d5a32afe0455/topic:1:3dfd8ebc-4c64-486c-a1ad-\protect\@normalcr\relaxd2f60f3cb486/resource:1:169741>

Pettersen, N., (2005). *Pilotprosjektet: Gjenbrukshus i Trondheim*, Trondheim kommune, Miljøenheten. Hentet 21.april fra: <https://www.trondheim.kommune.no/gjenbrukshuset/>

R3, (2015). *Helriving*. Hentet 5.mai fra: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/solvecms/R3kampanje/3d32703e-ab6d-4856-8b83-5b3d78e9ba58>

Ragn Sells (u.d). *Selektiv riving*. Hentet 5.mai fra: <https://www.ragnsells.no/tjenester/bedrift/miljosanering/riving/>

Rambæk, I., (2021). *Gjenbruk av murstein gir stor miljøgevinst*, Gemini. Hentet 22.april fra: <https://gemini.no/2021/03/gjenbruk-av-murstein-gir-stor-klimagevinst/>

Regjeringen (2021). *Internasjonale klimaforhandlinger*. Hentet 4.mai fra: www.regjeringen.no/no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/de-internasjonale-klimaforhandlingene/id2741333/

Resirqel, (2020) *Resirqel AS og Ragn-Sells AS lanserer Ombruksbank i byggebransjen*. Hentet fra: <http://www.resirqel.no/nyheter/2020/5/12/resirqel-as-og-ragn-sells-as-lansererombruksbank-i-byggebransjen>

Rygh, P., (2022). Vindu. I *Store Norske Leksikon* Hentet 5.mai fra: <https://snl.no/vindu>

- Sagberg, I., (2018). Incentiv. I *Store Norske Leksikon* Hentet 19.mai fra: <https://snl.no/incentiv>
- Sartori, I. og Hestnes, A.G., (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: a review article. *Energy and Buildings (39)*. Hentet 1.mai fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778806001873>
- Selvig, E., Enlid, E., Næss, A., Alfredsen, G., Gobakken, L.R og Sandland, K.M., (2020). *Lavutslippsmaterialer i bygg, Barrierer og muligheter*, Norsk Institutt for Bioøkonomi, Ås. Hentet 21.april fra: https://www.regjeringen.no/contentassets/\protect\@normalcr\relax72688a1ce00a423bb97ae6ca8bd286fa/nibio_rapport_2020_6_20-08.06.2020-publ..pdf
- SINTEF (2021a). *Gammel murstein lever videre i nye bygg*, SINTEF Hentet 28.april fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/gammel-murstein-lever-videre-i-nye-bygg/>
- SINTEF Byggforsk (2021b). *700.802 Miljøkartlegging og miljøansering ved riving og ombygging*. Hentet 30. mars 2022 fra: https://www.byggforsk.no/dokument/644/miljoekartlegging_og_miljoesanering_ved_riving_og_ombygging
- SINTEF Byggforsk (2011). *700.806 Gjennomføring av rivearbeid*. Hentet 30. mars 2022 fra: https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering_av_rivearbeider
- SINTEF Byggforsk (2016). *733.162 Utbedring av eldre trevinduer*. Hentet 5.mai fra: https://www.byggforsk.no/dokument/702/utbedring_av_eldre_trevinduer
- Sirkel (u.d). *Hvorfor velge glass og metall som emballasje?*. Hentet 5.mai fra: <https://www.sirkel.no/bruk/hvorfor-bruke-glass-og-metall-i-emballasje/#:~:text=Hvorfor%20velge%20glass%20og%20metall,og%20milj%C3%B8messige%20fordeler%20for%20bedriften.>
- Skogesal, O. (2019). *Statistikk over BA-avfall* Hentet 21.april fra: <https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2019/02/NHP-Statistikk-BA-avfall-2019.01.23.pdf>
- Spjøtvold, A., (2016). *Bærekraftige aspekter ved ombruk av teglstein* [Masteroppgave: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås]. Hentet 5.april 2022 fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2399490/Spjotvold2016.pdf?sequence=1>
- Statistisk Sentralbyrå (2021a). *Størst økning i avfall fra riving i 2020*. Hentet 30. mars 2022 fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet/artikler/storst-okning-i-avfall-fra-riving-i-2020>
- Statistisk Sentralbyrå (2021b). *Avfall fra byggeaktivitet*. Hentet 30. mars 2022 fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet>

- Statistisk Sentralbyrå (2021c). *Avfallsmengdene redusert i 2020*. Hentet 30. mars 2022 fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfallsregnskapet/artikler/avfallsmengdene-reduert-i-2020#:~:text=Avfallsmengdene%20i%20Norge%20i%202020,nye%20tall%20fra%20Avfallsregnskapet.&text=%2C%20som%20et%20m%C3%A5l%20p%C3%A5%20den,ble%20reduert%20med%205%20prosent.>
- Statsforvalteren (2014). *Regler for gjenbruk av betong og andre rive- og overskuddsmassermasser*. Hentet 5.mai fra: <https://www.statsforvalteren.no/nn/Nordland/Miljo-og-klima/Forureining/Regler-for-gjenbruk-av-betong-og-andre-rive--og-anleggsmasser/#:~:text=Det%20er%20milj%C3%B8vennlig%20%C3%A5%20gjenvinne,regler%20som%20gjelder%20for%20dette.&text=Betong%2C%20tegl%20og%20liknende%20avfall,eller%20anleggsprosjekter%20regnes%20som%20n%C3%A6ringsavfall.>
- Sørnes, K., Nordby, A.S., Fjeldheim, H., Hashem, S.M.B., Mysen, M., Schlanbusch, R.D., (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*, SINTEF Fag. Hentet 22.april fra: https://www.sintefbok.no/book/index/985/anbefalinger_ved_ombruk_av_byggematerialer
- Weckström, E., Lastikka, A. og Havu-Nuutinen, S., (2022). Constructing a Socially Sustainable Culture of Participation for Caring and Inclusive ECEC. *Sustainability* (14). Hentet 28.april fra: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85127601440&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=inclusive+social+sustainability&nlo=&nlr=&nls=&sid=d215dfcc61ed0537ff0fa84d5018306a&sot=b&sdt=sisr&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28inclusive+social+sustainability%29&ref=%28%28society%29%29+AND+%28Equity%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
- Widenoja, E., Myhre, K. og Kilvær, L., (2018). *DP188 - Ombruk av stål og tilknyttede byggematerialer*, Norsk Stålforbund, Oslo. Hentet 29.april fra: https://www.stalforbund.no/wp-content/uploads/2021/02/BD_Norway_Ombruksrapporten_utgave_1.1.pdf
- Wijkman, A. og Skånberg, K. (2015). *The Circular Economy and Benefits for Society*, The Club of Rome. Hentet 26.april fra: <https://www.lagazettescommunes.com/telechargements/etude-club-rome-eng.pdf>
- Wijkman, A.og Berglund, M., (2017). *The Circular Economy and Benefits for Society - A study pertaining to the Norwegian economy*,The Club of Rome. Hentet 29.april fra: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>
- Wu, W.W., Xie, L., og Hao, J.L., (2022). An integrated trading platform for construction and demolition waste recovery in a circular economy. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* (25). Hentet 27.april fra: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85122469988&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=reuse+construction+circular&nlo=&nlr=&nls=&sid=c7619281cb37371d0f0a801472d96fb&sdt=sisr&sl=42&s=TITLE-ABS-KEY%28reuse+construction+circular%29&ref=%28markets%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1

Zhou, K., Chen H., Yong, W., Lam, D., Ajayebi, A. og Hopkinson, P., (2020). Developing advanced techniques to reclaim existing end of service life (EoSL) bricks – An assessment of reuse technical viability, *Developments in the Built Environment*, (2). Hentet 28.april fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165920300028>