



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017

30 stp

Fakultet for realfag og teknologi

Gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer

Reuse and recycling of building components and
materials

Rebecca Saxe Moldekleiv
Maria Eileen Towers Mynors
Byggeteknikk og arkitektur

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på masterstudiet innen byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet ved fakultet for realfag og teknologi (Realtek). Gjennom vår tidligere foreleser ved NMBU, Kyrre Sundal, ble det inngått et samarbeid med arkitektfirmaet MAD Oslo AS. MAD har et pågående prosjekt, *Mad about ReUse*, som tar opp tematikken rundt gjenbruk i byggebransjen. Da miljø har vært en av hovedårsakene til vårt valg av studiested, synes dette prosjektet å belyse en svært interessant problemstilling. Særlig med tanke på den pågående diskusjonen rundt klimautviklingen. Problemstillingen ble utarbeidet med bakgrunn i MAD sitt prosjekt, og det har vært spennende å knytte oppgaven opp til et spesifikt prosjekt da dette føles å gi oppgaven merverdi. Denne oppgaven har vært svært lærerik og opplysende, og gitt oss en langt større interesse og forståelse for temaet gjenbruk og dens virkningskraft.

Masteroppgaven ble skrevet fra midten av januar til midten av mai som er en tidsperiode på ca. fire måneder. På grunn av manglende forkunnskaper om gjenbruk og fordi det er et lite utprøvd område, ble det brukt mye tid på å forstå og sette seg inn i kompleksiteten til temaet. Dette har gjort det svært krevende å definere oppgavens retning og mål. Det ligger dermed mye arbeid bak å begrense både teoridelen og resultatene.

Vi vil gjerne rette en stor takk til hovedveilederen vår Leif Daniel Houck for hjelp med å definere oppgaven, holde oss på rett kurs, gi oppmuntring og konstruktive tilbakemeldinger. En stor takk rettes også til MAD arkitekter, og da spesielt til Kyrre Sundal, Tom Juul Gam og Nicolai Riise for god hjelp gjennom hele oppgaven. Takk for innspill og oppmuntring, takk for arbeidsplasser med tilgang til datamaskiner og gode faglige samtaler. Takk for bidraget slik at vi fikk anledningen til å dra på Byggavfallskonferansen 2017. Og sist, men ikke minst, takk for god lunsj og nykvernet kaffe.

Vi takker samtlige intervju- og samtaleobjekter for å ta seg tid til å besvare våre spørsmål. Det rettes en særlig takk til Said Moqim Bani Hashem fra R3 Entreprenører AS for å ta seg god tid til nyttige innspill og tilgang til rivningsbygg og tilhørende miljøsaneringsrapporter.

Takk til Hans Jakob Saxe Moldekleiv og Filip Boman Drogseth for tålmodighet og god støtte gjennom hele prosessen.

God leselyst!

Sammendrag

Forandringene i klimaet, som observeres i dag, er sannsynligvis en konsekvens av menneskers overforbruk av jordens naturressurser. Klimaendringene vises ved forhøyet temperatur, og samtidig skjer en betydelig uttømming av naturens lagerressurser. Med stadig økende befolkning og vedvarende økning i krav til komfort, ser det ut til at denne situasjonen bare vil eskalere dersom det ikke iverksettes drastiske tiltak.

Byggenæringen utgjør hele ¼ del av råvareuttaket i verden og er en av årsakene til store irreversible endringer i naturen. Det er dermed naturlig at byggenæringen tar ansvar for sitt eget miljøfotavtrykk. I denne masteroppgaven er det blitt benyttet litteraturstudie, intervjuer og mulighetsstudie som forskningsmetode for å belyse utfordringene og mulighetene ved gjenbruk av bygningsmaterialer som et mulig tiltak for å minske dette fotavtrykket.

Resultatene viser at det er store muligheter for gjenbruk i byggebransjen, men det vil kreve en omstilling. Gjenbruk av bygningsmaterialer krever endringer i alle ledd av et byggeprosjekt, fra uttak av råvarer til siste malingsstrøk. Dette vil åpne opp for nye industrivirksomheter, og på den måten skape flere arbeidsplasser.

Gjenbruk i byggebransjen har flere miljømessige fordeler. Det vil føre til mindre CO₂-utslipp og redusert energiforbruk i forbindelse med produksjonen av nye varer. I tillegg vil gjenbruk av bygningskomponenter og materialer føre til redusert behov for jomfruelige materialer, noe som vil minke råvareuttaket. Byggebransjen er også en stor bidragsyter til genererte avfallsmengder. Ved innføring av krav om gjenbruk vil disse avfallsmengdene minke.

Per i dag er det svært vanskelig å omsette, markedsføre og distribuere gjenbruksprodukter da lovverket og myndighetene ikke tilrettelegger for dette. Det bør derfor tilrettelegges for gjenbruk gjennom endring av krav til blant annet CE-merking, annen produktdokumentasjon og tekniske krav til de enkelte gjenbruksprodukter. Det bør i tillegg settes strengere krav for design *for* gjenbruk, og i tillegg suppleres med krav om å prosjektere *med* gjenbruk. Utvikling av nyttige standarder og datablader vil kunne øke sjansen for at gjenbruk blir med utbredt.

Hele byggebransjen står til ansvar for å gjøre gjenbruk allment utbredt. Dette vil kreve tverrfaglig kompetanse og dyktige fagfolk, som er løsningsorienterte og innovative. Gjenbruk vil kreve at alle ledd i prosessen tenker nytt, og utvikler nye arbeidsmetoder innen sitt felt.

Abstract

The climate changes observed today, particularly increased temperatures, are most likely a consequence of human overuse of natural resources. In addition, the reservoirs of natural resources are being dramatically reduced. With the increase in population, and rising demands for increased comfort, this situation will likely only escalate if drastic measures are not taken.

The building industry is responsible for ¼ of the raw material extracted in the world, and is a major contributor to large-scale irreversible natural changes. It's appropriate therefore that the building industry should take responsibility for its own environmental footprint. Literature study, interviews and a feasibility study are used in this Master's thesis as research methods to illustrate the challenges and possibilities for material reuse as a means to reduce the environmental footprint of the building industry.

The results show that reuse of materials in the building industry has high potential, but this will require restructuring of the entire industry. Reuse of building materials will require changes in all parts of building production, from production of the raw building materials to the last coat of paint. This change will open the opportunity to establish new industries, and thereby create more jobs.

The environmental benefits of reuse of materials in the building industry are plentiful. Reuse will result in a lower emission of CO₂ and reduced energy consumption required for the production of new materials. In addition, the reuse of building materials will reduce the demand for, and extraction of raw materials. The building industry is a large contributor to the total waste generated, and by introducing demands for reuse, the amount of waste generated would be reduced.

As of today, it is very challenging to market, sell and distribute reusable products, as the legislation doesn't facilitate this. Reuse should therefore be facilitated through changes in requirements for, among other things, CE labelling, product documentation and technical requirements for reusable products. Stronger requirements for design *for* reuse should be implemented, as well as including requirements of compulsory use of reusable building materials. In this context, it would also be useful to develop standards to increase the demand for widespread reuse of building materials.

All parts of the building industry are responsible for increasing the degree of reuse. Reuse of both materials and components will require interdisciplinary expertise and skilled professionals. It will be important too that professionals are both innovative and seize the opportunities. Reuse will require new working methods for all participants in the building process.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract	iv
Definisjoner	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Problemstilling	3
1.2 Oppgaveavgrensinger	3
1.3 Oppgavens oppbygning.....	5
2 Metode.....	7
2.1 Teori	7
2.2 Intervju/samtale	7
2.3 Mulighetsstudie	9
3 Teori	11
3.1 Hva er gjenbruk?	11
3.2 Gjenbruk gjennom historien i byggebransjen	17
3.3 Referanseprosjekter	21
3.3.1 Oppsummering av referanseprosjektene	28
3.4 Hvorfor bør det gjenbrukes i byggbransjen?.....	29
3.4.1 Ressursforbruk	29
3.4.2 Miljøtiltak.....	32
3.4.3 Forhindre avfall	35
3.5 Rivepraksis	37
3.5.1 Hva rives?.....	37
3.5.2 Dagens rivepraksis	41
3.5.3 Hvordan bør det rives med tanke på gjenbruk?.....	44
3.5.4 Erfaringer med selektiv riving/demontering:	46

3.5.5 Oppsummering av rivepraksis.....	47
3.6 Design for gjenbruk.....	49
3.7 Hvordan gjenbruke.....	53
3.8 Materialers gjenbrukspotensial	59
3.9 Lovverk ved gjenbruk	65
3.9.1 Oppsummering av lovverket:	72
4 Observasjon av byggebransjens erfaringer	73
4.1 Byggavfallskonferansen	73
4.2 Nasjonal handlingsplan for bygg (NHP4).....	75
4.3 Intervjuer	77
4.3.1 Svar på intervju spørsmål:.....	78
4.3.2 Oppsummering av intervjuer.....	83
5 Mulighetsstudie	85
5.1 Tomteanalyse	86
5.2 Volumstudie	90
5.3 Kilden til gjenbruksmaterialer.....	93
5.3.1 Frysjaveien 42	94
5.3.2 Sinsenveien 47B og 47C	98
5.3.3 Universitetsgata 7-9.....	102
5.4 Kartlegging av gjenbrukspotensial til materialene og komponentene i rivningsprosjektene	105
5.4.1 Søyler	111
5.4.2 Dragere	116
5.4.3 Betonghulldekker	120
5.4.4 Teglstein	124
5.4.5 Stålstendere	129
5.4.6 Mineralull	130

5.4.7	Vinduer.....	132
5.4.8	Dører.....	137
5.4.9	Andre aktuelle ombruksmaterialer og -komponenter:	138
5.5	Prosjektering med gjenbruk i mulighetsstudiets skisseprosjekt.....	141
5.5.1	Bærekonstruksjonens oppbygning:	144
5.5.2	Veggoppbygning:	156
5.5.3	Fasadeuttrykk	159
5.5.4	Takkonstruksjon	161
5.5.5	Mulighetsstudiets endelige uttrykk	162
5.5.6	Oppsummering av mulighetsstudiet.....	166
6	Diskusjon.....	169
6.1	Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på anskaffelse av gjenbruksmaterialer?	169
6.2	Hvilke materialer er tilgjengelige og har gjenbrukspotensial?.....	175
6.3	Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på prosjektering med gjenbruk og design for gjenbruk?.....	179
6.4	Hvilke erfaringer har byggebransjen med gjenbruk i dag?	182
6.5	Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på lovverk og kvalitetssikring knyttet til gjenbruk?	184
6.6	Hvilke muligheter og utfordringer oppstår ved gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer?	188
7	Konklusjon	191
8	Videre arbeid	195
9	Litteratur.....	197

Definisjoner

Da flere av begrepene brukes unøyaktig og med flere formeninger om betydning, ses det derfor på som nødvendig å definere de mest sentrale begrepene som brukes i denne oppgaven, slik at innholdet og budskapet i denne oppgaven formidles korrekt. Flere av definisjonene tar utgangspunkt i ordbok for restprodukter og avfallshåndtering utgitt av Rådet for teknisk terminologi (RTT) i 1986. Nedenfor listes de mest sentrale begrepene knyttet til tematikken rundt gjenbruk i alfabetisk rekkefølge.

Avfallsfraksjon

Avfallskomponent som er skilt ut fra en avfallsmengde f.eks. metallfraksjon, papirfraksjon (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Avfallsreduksjon

Reduksjon av avfallsmengdene fra kilden gjennom redusert forbruk eller endret forbruksmønster, endrede produksjonsprosesser og bedre utnyttelse av råvarer. Som avfallsreduksjon regnes også det å erstatte miljøskadelige stoffer med mindre miljøskadelige stoffer (Norsas AS 1999).

Byggavfall

Avfall fra nybygging, rehabilitering og riving av bygninger (Norsas AS 1999).

Bygg- og anleggsavfall (BA-avfall)

Produksjonsavfall fra alle aktiviteter innen bygg- og anleggsbransjen. Dette inkluderer byggavfall (Norsas AS 1999).

CO₂-ekvivalent

Måleenheten for utslipp av klimagasser. Den samlede påvirkningen på global oppvarming (Global Warming Potential) for en gass fra ett tonn utslipp av gassen, sammenlignet med ett tonn utslipp av CO₂ over et bestemt tidsrom (SSB 2014).

Deponering

Endelig plassering av avfall på fyllplass (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Energigjenvinning

Utnyttelse av energien i avfallet gjennom forbrenning, pyrolyse e.l. (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Gjenbruk

Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved ombruk eller materialgjenvinning (Rognlien 2002a).

Helse- og miljøskadelige stoffer

Alle stoffer som omfattes av avfallsforskriften eller som likevel antas å være miljøskadelige (SINTEF byggforsk 2011a).

Klimagasser

Hovedgrupper av gasser og stoffer som slippes ut i miljøet, er klimagasser, forsurende stoffer, tungmetaller og miljøgifter, som hver for seg påvirker miljøet på forskjellige måter (SSB 2008).

Klimanøytralitet

Klimanøytralitet innebærer at man ikke slipper ut mer klimagass i atmosfæren enn det man greier å fange opp eller fjerne (*Dette er Parisavtalen* 2017).

Komposittmaterialer

Komposittmaterialer, kompositter, materialer sammensatt av to eller flere forskjellige materialer, slik at komposittmaterialet får bedre egenskaper (f.eks. styrke, slitasjeresistens, stivhet, seighet m.m.) enn grunnmaterialene har hver for seg (*Komposittmaterialer* 2009).

Livsløpsvurdering

En vurdering av et produkts effekt på miljøet gjennom alle stadier av produktets liv dvs. råvare uttak, produksjon, anvendelse og avfallshåndtering (Norsas AS 1999).

Lokal ombruk

Bruk av bygningselementer oppstått ved oppgradering av samme bygning som elementene er hentet fra (Sørnes et al. 2014).

Materialgjenvinning

Utnyttelse av avfall slik at materialet beholdes helt eller delvis. Ved direkte materialgjenvinning brukes avfallet som råstoff for tilsvarende produkter. Ved indirekte materialgjenvinning omdannes avfallet til andre typer produkter (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Miljøkartlegging

Kartlegging av bygningskomponenter med innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i riveobjektet. (Norsas AS 1999)

Miljøsanering

Kartlegging og fjerning av bygningskomponenter med innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i forbindelse med rehabilitering eller riving, samt fjerning av forurensninger i bygg eller byggegrunn. (Norsas AS 1999)

Miljøsaneringsrapport

Beskrivelse av hvor i bygget komponenter med miljøskadelig avfall finnes og hvordan disse fjernes fra bygget (Norsas AS 1999)

Ombruk

Utnyttelse av et restprodukt i dets opprinnelige form (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Ombruk annetsteds

Ombruk av bygningskomponenter som kommer fra andre bygninger (Sørnes et al. 2014).

Selektiv riving

En rivemetode der materialer/bygningsdeler demonteres og avfall sorteres med henblikk på størst mulig ombruk og gjenvinning og minst mulig deponering (Norsas AS 1999)

Sirkulær økonomi

En sirkulær økonomi er basert på gjenbruk, reparasjon, oppussing/forbedring og materialgjenvinning i et kretsløp hvor færrest mulig ressurser går tapt (closing the loop) – og hvor produktene og ressursene de består av blir høyt verdsatt (*Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi* 2016).

Vugge til vugge:

Fra *vugge til vugge* er et begrep som omhandler å gå fra lineære verdikjeder til sluttede kretsløp og ombruk av materialer er en måte å slutte kretsløpet (Rognlien 2002a).

1 Innledning

«Den største faren er at vi vet lite og derfor ikke forbereder de nødvendige mottiltak. Vi vet ikke om de forestående klimaendringer kun får negative følger. Men vi har ingen rett til å ta sjansen»

FNs klimapanelts første leder, Bert Bolin, 1989

Verden er preget av et kapitalistisk samfunn. Så lenge noe ikke er økonomisk lønnsomt, med unntak av lovpålagte tiltak, blir det sjeldent gjennomført. Denne tankegangen er dessverre vanskelig å forene med tiltakene som bør iverksettes for å «redde» miljøet. Dersom vi ikke er villige til å betale for de nødvendige mottiltakene som må iverksettes nå, vil trolig verden selv sørge for at generasjoner etter oss må betale dyrt. Men som Bert Bolin sier; «... vi har ingen rett til å ta sjansen»

Dagens levemåte vil ikke være bærekraftig særlig mye lenger. Dette kan ses av tall fra 2011 som kan fortelle at verdens forbruksgjennomsnitt det året var 1,54 jordkloder (Global Footprint Network). Overforbruket av jordas ressurser har skutt til værs de siste 200 årene. Teknologeutvikling har vært en stor del av dette og, i prosessen, vært med på å endre menneskers livsstil, komfort og holdninger. De teknologiske fremskrittene har likevel hatt sin pris.

En pris det under Klimakonvensjonen i 2015 ble bestemt å gjøre noe med gjennom en inngåelse av Paris-avtalen (*Dette er Parisavtalen* 2017). Denne avtalen setter blant annet krav om at verden en gang mellom 2050 og 2100 skal bli klimanøytral. For å nå målene satt i denne avtalen har Norge satt seg strenge miljømål som følge (Norwegian Ministry of Climate and Environment 2015). For å nå disse målene må drastiske endringer iverksettes.

Som en betegnelse på endringene som må til, har begrepet «grønt skifte» fått et populistisk fotfeste i Norge, men uten en presis definisjon (Olerud 2016b). Store Norske Leksikon beskriver grønt skifte på følgende måte: «Grønt skifte betyr generelt forandring i mer miljøvennlig retning» og tillegger at «begrepet brukes både overordnet om omlegging av samfunnet og mer avgrenset om forandring på spesifikke saksområder og i enkeltsaker».

Klimagassutslipp, stort ressursforbruk og enorme avfallsmengder, er alle konsekvenser av menneskets ukritiske tro på deres rett til å tilfredsstille hvert eneste behov. Samt årsaken til at dagens nyhetsbilde stadig preges av diskusjoner om veien mot «grønt skifte», «klimaendringer», «sirkulær økonomi» og «bærekraftig utvikling». Begrepene og uttrykkene er mange, men hovedpoenget er at tiltak må iverksettes mens vinduet ennå er åpent. Et «grønt skifte» skjer ikke over natten og krever et komplekst samarbeid på tvers av alle fagområder og industrier, helt ned til individnivå.



Figur 1: Utklipp av overskrifter fra nyhetsbildet

Bygg- og anleggssektoren som industri har mye å bidra med. Byggenæringen er nemlig en storforbruker av ressurser og står dermed også for store deler av alt avfall som genereres (*Byggeindustrien: Byggenæringen avgjørende for miljøproblemer* 2002; Dixit et al. 2010; Zabalza Bribián et al. 2011). *40%-næringen* har lenge vært et beskrivende kallenavn.

Ved både nybygging, rehabilitering og riving av bygg produseres tonnevis av byggavfall (SSB 2014). Flere av disse materialene har gode gjenbruksmuligheter, men betraktes likevel ikke som potensielle for bruk i nybygg. Men ved å vurdere disse kasserte materialene som gjenbrukbare, vil avfallsmengdene i byggebransjen kunne reduseres drastisk, og behovet for jomfruelige materialer vil synke.

Gjenbruk er et aktuelt mottiltak for å endre dagens byggepraksis til det bedre med tanke på miljøet, og på bakgrunn av dette ønskes det i oppgaven å utforske mulighetene og utfordringene som oppstår ved gjenbruk i byggebransjen.

1.1 Problemstilling

Masteroppgaven har som mål å besvare følgende problemstilling:

«Hvilke muligheter og utfordringer oppstår ved gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer?»

Ut fra problemstillingen ble det fokusert på fem delspørsmål for å underbygge besvarelsen av problemstillingen:

- *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på anskaffelse av gjenbruksmaterialer?*
- *Hvilke materialer er tilgjengelige og har gjenbrukspotensial?*
- *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på prosjektering med gjenbruk og design for gjenbruk?*
- *Hvilke erfaringer har byggebransjen med gjenbruk i dag?*
- *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på lovverk og kvalitetssikring knyttet til gjenbruk?*

1.2 Oppgaveavgrensinger

Grunnet oppgavens begrensede tidsomfang ble det, både på forhånd og underveis i oppgaven, sett på som nødvendig å gjøre flere begrensninger. Forutsetningene og avgrensningene som er blitt gjort i denne oppgaven er listet opp under.

I denne oppgaven vil det kun pekes på utfordringer og muligheter med gjenbruk på et overordnet nivå. Muligheter og utfordringer som fremkommer i oppgaven vil kreve ytterligere beregninger, detaljeringer og utvikling for å komme frem til de riktige løsningene. Dette er gjort av to årsaker:

1. Gjenbruk er et svært omfattende og nytt tema. Det berører alle ledd i byggebransjen, og det er derfor valgt å belyse de enkelte utfordringene og mulighetene for hvert ledd, fremfor å gå i dybden på ett felt. På denne måten danner oppgaven et overblikk over gjenbruksmuligheter og -utfordringer i byggebransjen.
2. Når det gjelder utfordringer og muligheter ved spesifikke prosjekteringsløsninger, vil disse være så prosjektspesifikke at det sees som lite hensiktsmessig å gå i detalj for de

enkelt løsningene, da dette trolig ikke vil gi direkte overføringsverdi til andre prosjekter. Det er likevel presentert ideer til mulige gjennomførbare forslag til løsninger der dette har vært mulig å utrede.

Det tas utgangspunkt i at rivningsbyggene det hentes gjenbruksmaterialer fra, allerede har blitt vurdert med tanke på rehabilitering, og at riving var det beste alternativet. Ved valg av riveprosjekter til mulighetsstudiet ble det kun undersøkt prosjekter i Oslo-området som det allerede var utarbeidet miljøsaneringsrapporter for.

Oppgaven vil kun ta utgangspunkt i tilgjengelige materialer fra utvalgte rivningsklare objekter. Oppgaven vil derfor ikke fokusere på bygningsmaterialer som ellers er tilgjengelig for det åpne markedet via andre kilder. Den vil heller ikke fokuseres på generelle avfallsfraksjoner som for eksempel husholdningsavfall, som, gjennom materialgjenvinning, kunne blitt potensielle bygningsmaterialer.

Skisseprosjektet i mulighetsstudiet konsentreres om prosjektering frem mot tett bygg. Dette inkluderer: bæresystem, veggoppbygning, vinduer og dører, fasade og takoppbygning. Det er ikke blitt gått i detalj på utførelse av innvendig planløsning eller innvendige overflater og utførelser grunnet begrenset tidsomfang.

Det ble sett på muligheten for å belyse økonomien rundt gjenbruk. Men da det finnes få referanseprosjekter, og økonomien er svært prosjektspesifikk, ville det vært vanskelig å finne godt datagrunnlag for å trekke konklusjoner basert på dette. Sammenligning av den økonomiske lønnsomheten ved å benytte seg av gjenbruksmaterialer fremfor nyproduserte materialer, ble derfor ikke undersøkt i denne oppgaven.

Et av ønskene ved oppgaven var å se på de kvantitative miljømessige fordelene ved å gjenbruke bygningsmaterialer gjennom kartlegging av CO₂ utslipp. Det viste seg, etter nærmere undersøkelse, å være en svært tidkrevende og vanskelig oppgave, da det finnes flere ulike tall for CO₂ utslipp ved produksjon av de forskjellige materialene. Årsaken til dette er at det finnes flere måter å avgrense systemet på ved beregning av CO₂ utslipp. Dette gjør det vanskelig å finne konkrete sammenlignbare tall for nyproduserte materialer og komponenter. Det er derfor ikke blitt gjennomført kvantitative studier av miljøkonsekvenser, gjennom for eksempel beregning av CO₂-utslipp for gjenbruksmaterialer fremfor nyproduserte materialer.

1.3 Oppgavens oppbygning

Det er i denne oppgaven blitt benyttet en mulighetsstudie og observasjoner av byggebransjens erfaringer for å innhente data og resultater som kan belyse problemstillingen. Da resultat er et begrep som først og fremst benyttes om kvantitative data, vurderes det som unaturlig å benytte dette begrepet om det kvalitative produktet av disse to metodene. Det er derfor valgt å avvike fra resultatbegrepet i denne oppgaven. Kapittel 4 og 5 vil utgjøre det kvalitative studiet.

Kapittel 1: Innledning

I dette kapitlet presenteres bakgrunn og motivasjon for oppgaven, problemstillingen og oppgavens struktur.

Kapittel 2: Metode

I dette kapitlet beskrives metodikken benyttet for å besvare oppgavens problemstilling.

Kapittel 3: Teori

I teoridelen gis et innblikk i kompleksiteten til gjenbrukstemaet. I litteraturstudiet er det kartlagt hva gjenbruk er, hvordan gjenbruk er blitt gjennomført til nå i ulike referanseprosjekt og motivasjonen for å gjenbruke. I tillegg presenteres en del om hvordan rive- og avfallspraksisen er i dag og hvordan det bør designes for ombruk, da dette er nødvendig for å danne seg et helhetlig bilde av hele livssyklusen til bygningskomponenter og -materialer i dag. Til slutt presenteres ulike materialers ombrukspotensial, samt dagens lovverk knyttet til gjenbruk.

Kapittel 4: Observasjon av byggebransjens erfaringer

Under dette kapitlet presenteres observerte erfaringer av bransjen gjennom deltagelsen på Byggavfallskonferansen 2017 og møte med NHP-gruppen for avfallsreduksjon (NHP4). I tillegg presenteres svar fra intervjuer med fagfolk og aktører i bransjen.

Kapittel 5: Mulighetsstudie

I mulighetsstudiet gjennomføres først en introduksjon av tomten for nybygget, samt en analyse av denne. Deretter presenteres riveprosjektene som er kildene for gjenbruksmaterialene som skal benyttes i skisseprosjektet. Materialene analyseres for gjenbrukspotensial og materialene med gjenbrukspotensial benyttes til slutt i designet av skisseprosjektet.

Kapittel 6: Diskusjon

I diskusjonen drøftes og diskuteres hvert delspørsmål ved erfaringer gjort gjennom mulighetsstudiet opp mot kunnskap tilegnet i litteraturstudiet, mulighetsstudiet og erfaringene hentet fra intervjuene og møtene med aktørene i bransjen.

Kapittel 7: Konklusjon

Til slutt trekkes viktige konklusjoner på bakgrunn av diskusjonen for å besvare oppgavens problemstilling.

Kapittel 8: Veien videre

I denne delen drøftes det som anses som viktig å jobbe videre med for temaet gjenbruk.

Kapittel 9: Litteratur

I dette kapittelet finnes utfyllende kildehenvisninger.

Andre bemerkninger:

For bilder benyttes det fotnoter for utfyllende kildehenvisninger.

Der det ikke er presisert noe i fotnote er:

- Tegninger og illustrasjoner produsert av: Maria Mynors og Rebecca Saxe Moldekleiv
- Bilder: uten opphavsrett, og fri til bruk

2 Metode

For å besvare problemstillingen, *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår ved gjenbruk av bygningsselementer og materialer?* er det gjennomført en litteraturstudie for å opparbeide kunnskap om temaet. En mulighetsstudie er benyttet for å belyse konkrete konsekvenser ved prosjektering med ombruksmaterialer i nybygging. I tillegg er det knyttet kontakt med ulike fagdisipliner som berøres av problemstillingen for å samle data om bransjens holdninger og erfaringer med gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer.

Denne oppgaven er utarbeidet i samarbeid med MAD Oslo AS, og oppgavens opphav er på bakgrunn av prosjektet deres, *MAD about ReUse*, som ønsker å bidra til å sette økt fokus på gjenbruk i byggebransjen.

2.1 Teori

Et litteratursøk på gjenbruk var nødvendig for å få innsikt i dagens erfaringer om temaet. Både engelske, norske, svenske og danske artikler, rapporter og bøker har blitt studert for å få bedre oversikt over, og kunnskap om, temaet gjenbruk. Søkemotorene som har blitt benyttet er google scholar, biblioteksbasen Oria og web of science. Søkeord som «reuse», «ombruksmaterialer», «materialgjenvinning», «ombruk», «demontering av bygg», «gjenbruk», «byggavfall», «demolition vs deconstruction» og «genbyg» har blitt benyttet i søket på nyttig og relevant fagstoff. Litteratursøket avslørte at kunnskapen var spredt og lite oversiktlig.

2.2 Intervju/samtale

Gjenbruk innen byggebransjen er fremdeles et lite diskutert tema, så for å øke kunnskapen om dette temaet er deler av gjenbruks-nettverket som finnes i Oslo, og omegn, blitt kontaktet. Gjennom denne prosessen har det blitt knyttet viktige kontakter som har vært til stor hjelp for å forstå kompleksiteten rundt gjenbruk og gitt oppgaven tyngde.

Gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer i nybygg berører flere ledd i en byggeprosess. Det ble derfor forsøkt å kontakte de ulike fagdisiplinene innen byggebransjen for å kartlegge dagens erfaring med og bransjeholdning til gjenbruk i Norge.

Følgende aktører ble kontaktet:

Fagperson	Firma
Sigurdur Gunnarsson	Asplan Viak
Anne Sigrid Nordby	Asplan Viak
Per Jørgensen	Asplan Viak
Eirik Rudi Wærner	Hjellnes consult
Said Moqim Bani Hashem	R3 Entreprenør AS
Lars Henrik Moe	R3 Entreprenør AS
Odd Martin Sand	R3 Entreprenør AS
Harald Gether	Gether AS
Nicolai Riise	MAD Oslo AS
Steinar Amlo	Norconsult
Olaf Brastad	Bellona
Jarle Drogseth	Drogseth AS
Jørn Frydenlund	Norsk Gjenvinning
Marianne Kjendseth Wiik	SINTEF byggforsk
Tormod Aurlien	Norges Miljø og Biovitenskaplige Universitet

Det blir redegjort for resultater av intervjuene før det ses på mulighetsstudiet da disse vil ha betydning for flere valg gjort i mulighetsstudiet.

Byggavfallskonferansen 2017 og møtet med NHP-gruppen for byggeavfall (Nasjonal handlingsplan) var også to viktige arenaer for opparbeidelse av kunnskap rundt gjenbrukstemaet. Et utdrag fra både Byggavfallskonferansen 2017 og NHP4-møtet presenteres under kapittel 4: *Observasjoner av byggebransjens erfaringer.*

2.3 Mulighetsstudie

Denne oppgaven vil følge Rambølls tolkning av hva en mulighetsstudie innebærer. Ifølge *Rambøll: Mulighetsstudier Arealbruk og Infrastruktur 2017*) synliggjør en mulighetsstudie prosjektets potensial. Gjennom en mulighetsstudie utvikles idéer på skissenivå med lav detaljeringsgrad. *Rambøll: Mulighetsstudier Arealbruk og Infrastruktur 2017*) påpeker ytterligere at «en mulighetsstudie gir de tidlige fasene i et utviklingsarbeid mer oppmerksomhet».

Det er i denne oppgaven utført en mulighetsstudie for å avdekke muligheter og utfordringer som oppstår ved prosjektering av et bygg med bruk av gjenbrukskomponenter og -materialer fra rivningsbygg. Da det er vanskeligere å oppnå høy gjenbruksgrad i nybygg fremfor i et rehabiliteringsprosjekt, vil mulighetsstudiet fokusere på prosjektering av nybygg.

Rehabiliteringsbygg skiller seg fra nybygg ettersom startpremissene vil være ulike. I et rehabiliteringsprosjekt med fokus på ombruk vil utgangspunktet være å beholde mest mulig av det eksisterende. Ombruksgraden er dermed høy ved oppstart, fordi eksisterende bæresystem allerede kan ombrukes. Et nybygg vil derimot trenge alt av materialer og komponenter, fra første byggestein til siste malingsstrøk.

I dette mulighetsstudiet ble det bestemt å benytte materialer og komponenter fra et utvalg rivningsprosjekter. Disse rivningsprosjektene ble funnet ved å kontakte syv rivningsfirmaer for å høre om de hadde noen aktuelle prosjekter som kunne være av interesse for oppgaven. Av disse syv svarte kun to, men bare R3 Entreprenør AS fulgte saken videre opp. Ved hjelp av R3 ble to, av flere riveprosjekter, utvalgt grunnet deres gjenbrukspotensial. R3 Entreprenør AS har vært svært behjelpelige med innhenting av dokumentasjonsgrunnlag, befaringer og kunnskap om både riveprosess og gjenbruk. Det siste rivningsprosjektet, i mulighetsstudiet, ble funnet på bakgrunn av tips fra MAD. Dette riveprosjekt er drevet av Insenti som har vært behjelpelig i prosessen med anskaffelse av miljøsaneringsrapport og befaring.

Tre forskjellige riveprosjekter med beliggenhet i Oslo er benyttet for å begrense mengden dokumenter, tegninger og rapporter som vil måtte gjennomgås. Det har vært et viktig poeng i mulighetsstudiet å benytte bygg som skal rives i nærmeste fremtid, da det, for disse rivningsprosjektene, vil være utarbeidet nødvendige rapporter.

Gjennom samarbeidet med MAD Oslo AS ble et utvalg tomter foreslått av MAD som potensielle byggeområder for dette mulighetsstudiet. På det tidspunktet Christian Krohgs gate 35 ble valgt til oppgavens mulighetsstudie, ble denne tomten vurdert som den mest aktuelle

og ønskelige for MAD arkitekter og deres gjenbruksprosjekt. Dessverre viste det seg at Christian Krohgs gate 35 ikke ble tilgjengelig for kjøp. Det vil derfor ikke bygges et gjenbruksprosjekt tegnet av MAD på denne tomten. Men grunnet oppgavens begrensede tidsomfang ble tomten likevel beholdt som utgangspunkt for mulighetsstudiet.

Mulighetsstudiet gjennomføres ved å først utføre en tomteanalyse for å avdekke fordeler og utfordringer med tomten som vil ha betydning for bygningens form og design. Tomteanalysen munner ut i en volumstudie med valg av volum og grov skisse av nybygget.

Deretter vil riveprosjektene gjennomgås og undersøkes for materialer med gjenbrukspotensiale. Undersøkelsen av materialene gjennomføres ved hjelp av et flytdiagram, utviklet på bakgrunn av kunnskapen tilegnet gjennom litteraturstudiet.

Etter å ha gjennomført en analyse av gjenbrukspotensialet til aktuelle komponenter og materialer, utføres et skisseprosjekt frem til tett bygg, der de gjenbrukbare materialene og komponentene danner utgangspunktet for skisseprosjektets materialpalett.

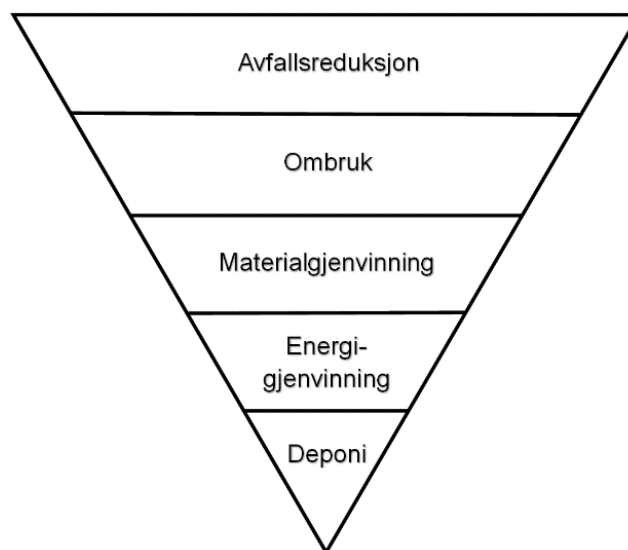
3 Teori

3.1 Hva er gjenbruk?

Det finnes flere ord og uttrykk som omhandler ressursutnyttelse av brukte materialer eller materialer som anses som avfall. Gjenbruk, ombruk og gjenvinning er noen av disse. Men hva er egentlig forskjellen og hvordan skal begrepene brukes?

Store norske leksikon setter gjenbruk synonymt med ombruk, som er trinn to i avfallspyramiden (Rosvold 2012). Gjenbruk betegnes om gjenstander som er blitt overflødige, men likevel benyttes igjen, fremfor å kastes. Gjenvinning defineres av Store norske leksikon som «*ting (som) plukkes fra hverandre til råvarer og settes sammen igjen til et nytt produkt*».

Avfallspyramiden/hierarkiet er en verdikategorisering av forholdet mellom ressursutbytte og bearbeidelsesgrad til de enkelte formene for ressursutnyttelse i pyramiden (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning 2015). Fra et miljøperspektiv vil det være ønskelig å bevare mest mulig av komponentens verdi i form av materiale, energiinnhold og informasjon som er innarbeidet under foredlingsprosessen. Desto mer en komponent bearbeides og tilføres ny energi, desto lenger ned vil den flyttes i avfallspyramiden, og desto mindre blir igjen av komponentens opprinnelige ressurs. Norsk avfallspolitikk dreier seg om å være nærmest toppen av hierarkiet. Avfallspyramiden som LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning (2015) arbeider med har to typer gjenvinningsformer; materialgjenvinning og energigjenvinning.



Figur 2: Avfallspyramiden

Pyramiden består av følgende fem verdistadier (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning 2015);

1. *Avfallsreduksjon*: Det beste for miljøet vil være om verden stopper å produsere avfall og klarer seg med det som allerede finnes.
2. *Ombruk*: Før et produkt/gjenstand defineres som avfall bør alle ombruksmuligheter vurderes. Ombruk gir produktet/gjenstanden et nytt liv og forlenger dermed dets funksjonelle levetid.
3. *Materialgjenvinning*: Produktets/gjenstandens materialer benyttes til å lage noe nytt. Store deler av ressursene som går med til å lage produktet ivaretas, men produktet/gjenstanden mister sin opprinnelige funksjon, evt. foredles på nytt til å oppnå sin gamle funksjon, som ved omsmelting av stål.
4. *Energiutnyttelse*: Ved forbrenning av materialer fås energi tilbake som en ressurs, men materialet går tapt. Det vil si, den opprinnelige ressursen går tapt, men en ny ressurs skapes, nemlig energi.
5. *Deponi*: Det som havner på deponi er alt det ikke er funnet alternativer til. Det er det laveste stadiet i avfallshierarkiet, og det minst ønskelige utfallet. Deponi gir ingenting tilbake til systemet utenom søppelberg, nedbrytning og forurensning.

Leland og Svendsen (2006) har i sin bok beskrevet gjenbruk som et samlebegrep for både ombruk og gjenvinning, noe som går igjen i annen litteratur på dette feltet (Rognlien 2002c; Sørnes et al. 2014). Av ombruk og gjenvinning er det ombruk som krever minst bearbeidelse av materialene og komponentene, før de på ny utgjør en nyttig ressurs. Leland og Svendsen (2006) har lagt ombruk i en egen kategori, og gitt materialgjenvinning flere nivåer etter hvor mye energi som må tilføres systemet for å få tilbake en nyttig ressurs.

I ordboken utgitt av Rådet for teknisk terminologi deles kategorien for materialgjenvinning i direkte og indirekte materialgjenvinning (Rådet for teknisk terminologi 1986). Direkte materialgjenvinning brukes om avfall som benyttes som råstoff i tilsvarende produkter, men når avfallet brukes som råstoff til å lage nye produkter betegnes det som indirekte materialgjenvinning. Begrepet ombruk benyttes om restprodukter som benyttes i dets opprinnelige form.

Addis (2012) og Sørnes et al. (2014) peker på to måter å *ombruke* bygningsmaterialer:

1. Ved lokal ombruk benyttes bygningskomponenter på den opprinnelige tomten. Lokal ombruk er den formen for gjenbruk som produserer den laveste mengden byggavfall. Ved å benytte lokalt ombruk vil bruken av store mengder nye materialer unngås.
2. Dersom det av forskjellige grunner ikke er mulig å ombruke bygningens hovedkomponenter på den opprinnelige tomten kan det være mulig å ombruke komponentene et annet sted. Dette kalles for ombruk annensteds. Ved ombruk i et nytt prosjekt vil det være nødvendig å kontrollere at komponentene er egnet for det bruksområdet de vil ha i det nye prosjektet.

Addis (2012) bruker et tredje begrep om måter å benytte produkter fra bygninger;

3. Å bruke resirkulerte materialer til å lage nye produkter. På denne måten er det mulighet til å benytte komponenter/materialer som av ulike grunner ikke egner seg til videre bruk i sin opprinnelige form og funksjon.

Det er i tabellen nedenfor forsøkt å sette de ulike begrepene opp mot hverandre for å gi en visuell oppsummering av forskjellen i begrepsbruk. Selv om mange av begrepene og inndelingene er nokså like, er forskjellene store nok til at det fort kan skapes forvirring i hva slags type ressursutnyttelse det er snakk om.

Strekene i tabellen angir at det, i denne oppgaven, ikke er sett på kildenes definisjon av disse begrepene.

Avfallspyramiden LOOP (2015)	Store norske leksikon (2012)	Leland og Svendsen (2006)		Rognlien (2002a)		Sørnes et al. (2014)		Addis (2012)		RTT 50 (1986)	
Avfallsreduksjon	-	-		-		-		-		-	
Ombruk	Gjenbruk = ombruk	Gjenbruk	Ombruk	Gjenbruk	Ombruk	Gjenbruk	Ombruk	Lokal ombruk	Ombruk	Lokal ombruk	-
										Ombruk annensteds	Ombruk annensteds
Materialgjenvinning	Gjenvinning	Gjenbruk	Materialgjenvinning Nivå 1 Nivå 2 Nivå 3 osv..	Gjenbruk	Materialgjenvinning	Gjenbruk	-	Resirkulering av materialer		Materialgjenvinning	
Energi-gjenvinning	-								-	-	-
Deponi	-	-		-		-		-		-	

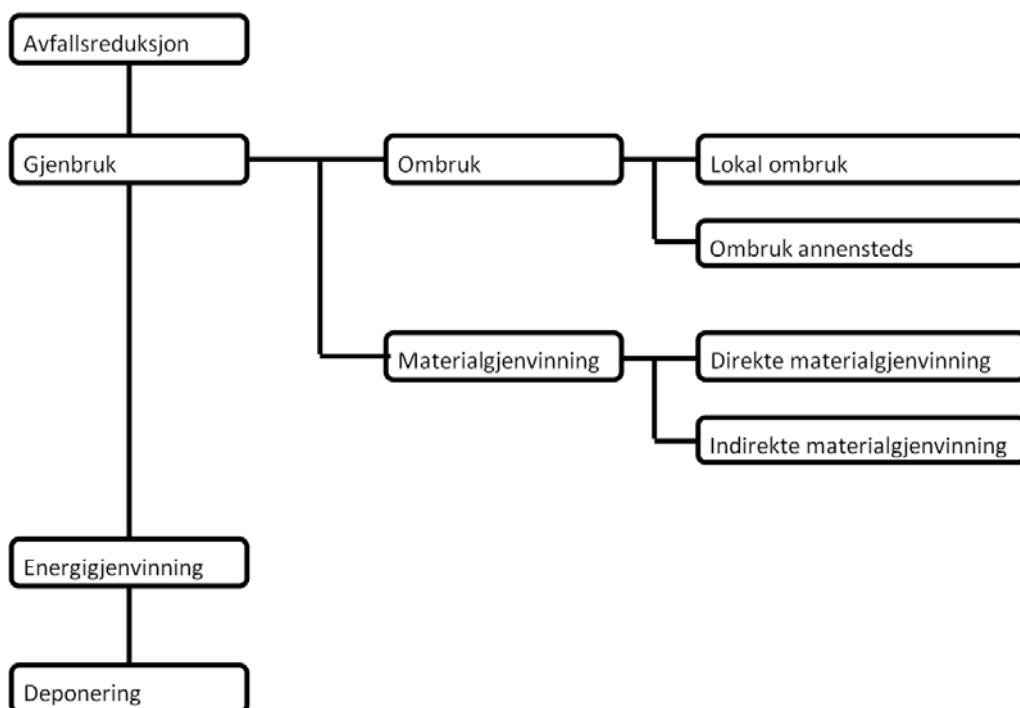
Tabell 1: Tabell for begrepsammenligning

Tabellen viser at det er ulike formeninger om hvor grensen går mellom de ulike formene for ressursutnyttelse i faglitteraturen i dag. Det er derfor sett på som nødvendig å presisere hva denne oppgaven tar utgangspunkt i, ved bruk av de ulike begrepene. I tabellen nedenfor vises begrepene oppgaven benytter knyttet opp mot avfallspyramiden.

Avfallspyramiden LOOP (2015)	Oppgavens definisjon	
Avfallsreduksjon	Avfallsreduksjon	
Ombruk	Gjenbruk	Ombruk
		Lokal ombruk Ombruk annensteds
Materialgjenvinning	Gjenbruk	Gjenvinning
		Direkte materialgjenvinning Indirekte materialgjenvinning
Energigjenvinning		Energigjenvinning
Deponi		Deponi

Tabell 2: Oppgavens bruk av begreper sammenlignet med avfallspyramiden

Flytskjemaet nedenfor indikerer rekkefølgen på hvilke tiltak for ressursene som er mest ønskelig, der avfallsreduksjon er det beste tiltaket. På neste side fremkommer definisjonene som legges til grunn for de ulike ressursutnyttelsesbegrepene i denne oppgaven.



Figur 3: Flytskjema for håndtering av ressurser

Avfallsreduksjon

Reduksjon av avfallskilden gjennom redusert forbruk eller endret forbruksmønster, endrede produksjonsprosesser og bedre utnyttelse av råvarer. Som avfallsreduksjon regnes også det å erstatte miljøskadelige stoffer med mindre miljøskadelige stoffer. (Norsas AS 1999)

Gjenbruk

Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved ombruk eller materialgjenvinning (Rognlien 2002c)

Ombruk

Utnyttelse av et restprodukt i dets opprinnelige form (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Lokal ombruk

Bruk av bygningselementer oppstått ved oppgradering av samme bygning som elementene er hentet fra (Sørnes et al. 2014).

Ombruk annetsteds

Ombruk av bygningskomponenter som kommer fra andre bygninger (Sørnes et al. 2014).

Materialgjenvinning

Utnyttelse av avfall slik at materialet beholdes helt eller delvis. (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Direkte materialgjenvinning

Når avfall brukes som råstoff for tilsvarende produkter. (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Indirekte materialgjenvinning

Når avfallet omdannes til andre typer produkter (Rådet for teknisk terminologi 1986).

Energigjenvinning

Utnyttelse av energien i avfallet gjennom forbrenning, pyrolyse e.l. (Rådet for teknisk terminologi 1986)

Deponering

Endelig plassering av avfall på fyllplass (Rådet for teknisk terminologi 1986).

3.2 Gjenbruk gjennom historien i byggebransjen

Gjenbruk er ikke et nytt fenomen. Det har fra gammelt av vært vanlig å gjenbruke bygningsdeler, og det var naturlig at bygg var endringsdyktige i tradisjonell byggeskikk (Leland & Svendsen 2006; Leland 2008). I Norge i middelalderen ble de fleste bygningselementene som hadde potensiale for gjenbruk, gjenbrukt i nye konstruksjoner (Mikalsen 2008). Dette ble sett på som en ren nødvendighet. Det finnes flere eksempler på bygninger som var designet for å kunne demonteres og flyttes (Leland & Svendsen 2006). Laftehus er et eksempel på en konstruksjon der det er lagt til rette for utskiftning av enkeltelementer, ombygging og flytting av hele konstruksjoner (Leland 2008).



Figur 4: Laftehus i Sigdal¹

Kunnskapen om den tradisjonelle byggemåten av laftehus var vanlig både i byer og på bygda. I tillegg var materialene som var nødvendige, for tilnærmet hver eneste del av huset, lokalt produsert (Nordby 2009). Dette var viktig for å produsere hus av god kvalitet.

Gjenbruk var et vedvarende og påfallende trekk i arkitekturen fra middelalderen og helt frem til gotikken, og var et kjennetegn på stor oppfinnsomhet og variasjonsrikdom (Hansen 2007). Gjenbruksmaterialene ble brukt åpenlyst, uten forsøk på å skjule dem, snarere tvert imot. Blant annet ble søyler, kapiteler og marmorpaneler fra forfalne bygg gjenbrukt, tolket på nytt, reorganisert og blandet med nye materialer, noe som ga byggene flere historiske lag. Det ble for eksempel kombinert forskjellige materialer, størrelser, stilarter og kapiteltyper i en og samme søylerekke i senantikken kirker. Denne «sammenstykkede» byggemåten var

¹ Foto: Maria Mynors

karakteristisk for den gjenbruksbaserte kirkearkitekturen på den tiden. Denne formen for gjenbruk gjorde at byggenes arkitektur ble en form for kommentar til den eldre tradisjonen.

To byggverk i Italia som illustrerer hvordan ombruk gjør seg gjeldende i arkitekturen er San Nicola in Carcere og Markuskatedralen i Venezia. Disse byggverkene legger ikke skjul på at søylene som er benyttet er ombrukssøyer.



Figur 5: Ombrukssøyer i San Nicola in Carcere²

² Foto: Dale Kinney. Hentet den: 06.04.17, Tilgjengelig fra: http://www.sacredarchitecture.org/articles/trophies_and_orphans_the_use_of_spolia_columns_in_ancient_churches



Figur 6: Markuskatedralen, Venezia. Vest fasaden med ombrukssøyler fra Konstantinopel³

De siste tiårene har det oppstått en ny interesse for, og aksept av, gjenbruksarkitektur (Hansen 2007). Middelalderens gjenbruksarkitektur kan inspirere og gi det nødvendige motet til å tørre å velge det nye og utilpassede, fremfor det familiære og velprøvde. Disse gjenbruksløsningene kan gi nye kvaliteter til bygningene og byene i dag, og bidra til at disse blir mer «levende».

Antall materialer i bygg har økt kraftig, noe som gjør ombruk vanskeligere (Leland 2008). For 120 år siden ble det kun brukt rundt 50 byggematerialer, et tall som i dag har økt til flere titalls tusen. Byggematerialer som er helt fine blir sendt rett på fyllingen i motsetning til før, da brukte byggematerialer ble ansett som mer verdifulle (Leland & Svendsen 2006). Denne bruk og kast mentaliteten har blitt vanlig i vår moderne tid, som gjenspeiles i industrialiseringens produksjonsmetoder og konsumsamfunnets idealer.

³ Foto: Dale Kinney. Hentet den: 03.05.17, Tilgjengelig fra: http://www.sacredarchitecture.org/articles/trophies_and_orphans_the_use_of_spolia_columns_in_ancient_churches

3.3 Referanseprosjekter

Som nevnt i forrige delkapittel, ble de fleste bygningsmaterialene som lot seg gjenbruke benyttet i nye bygninger i middelalderen. Tradisjonen for å reparere, vedlikeholde og ivareta satt nærmere hjertet hos folk før enn hva det gjør nå. Selv om normen nå er å bygge «splitter nytt», finnes det likevel en del eksempler på gjennomførte prosjekter med fokus på gjenbruk av bygningsmaterialer. I de neste avsnittene trekkes det frem innovative gjenbruksprosjekter både innenlands og utenlands. Gjenbruksandelen og størrelsen på prosjektene varierer fra prosjekt til prosjekt.

Scrap House er et utstillingsprosjekt laget av Jensen Arkitekter til World Environment Day 2005 i samarbeid med Public Architecture og andre lokale designere (*Jensen Architects: Scrap House* 2006). Scrap House er laget av gjenbrukte materialer som enten er transformert til nye bruksområder eller brukt til sitt opprinnelige formål. En av de innvendige veggene er eksempelvis «kledd» med 500 gamle telefonkataloger stablet vertikalt. Dette gir veggen både tekstur og isolerende effekt. Ytterkledningen består for det meste av ulike typer skrapmetall. Scrap House viser ombrukspotensialet til flere typer avfallsfraksjoner, og retter seg ikke bare mot avfallsfraksjonene fra byggeaktivitet.



Figur 7: Scrap House; utvendig fasade og innvendig vegg kledd med telefonkataloger⁴

⁴ Navn: Scrap House, utstillingsobjekt, Sted: San Fransisco, CA, Byggeår: 2006, Arkitekt og foto: Jensen Architects, Hentet den: 18.04.2017, Tilgjengelig fra: http://jensen-architects.com/our_work/scrap_house

Kamikatz Public House, tegnet av Hiroshi Nakamura & NAP, vant prisen WAN Sustainable Buildings Award 2016 for deres originale tilnærming til bygningsmaterialer og inventar (*Hiroshi Nakamura & NAP: Kamikatz Public House* 2015). I dette bygget finnes blant annet avispapir-tapet, lysekroner av tomflasker, gjenbrukte vinduer og gjenbrukte fliser til gulvbelegg.



Figur 8: Kamikatz Public House⁵



Figur 9: Gjenbrukte fliser som gulvbelegg⁴



Figur 10: Lysekroner laget av gamle flasker⁴

Rural studios er et design- og byggeprogram ved Auburn Universitet i Alabama (*Rural studios: Purpose & History* 2017; *Samuel Mockbee: History and Philosophy* 2017). Studieprogrammet ble opprettet i 1993 av Samuel Mockbee og D.K. Ruth, med den filosofien at alle, fattig som rik, fortjener å få oppleve god design og fordelene dette medbringer.



Figur 11: Bryant Haybale House, det første huset designet og bygget av Rural Studios i 1995⁶

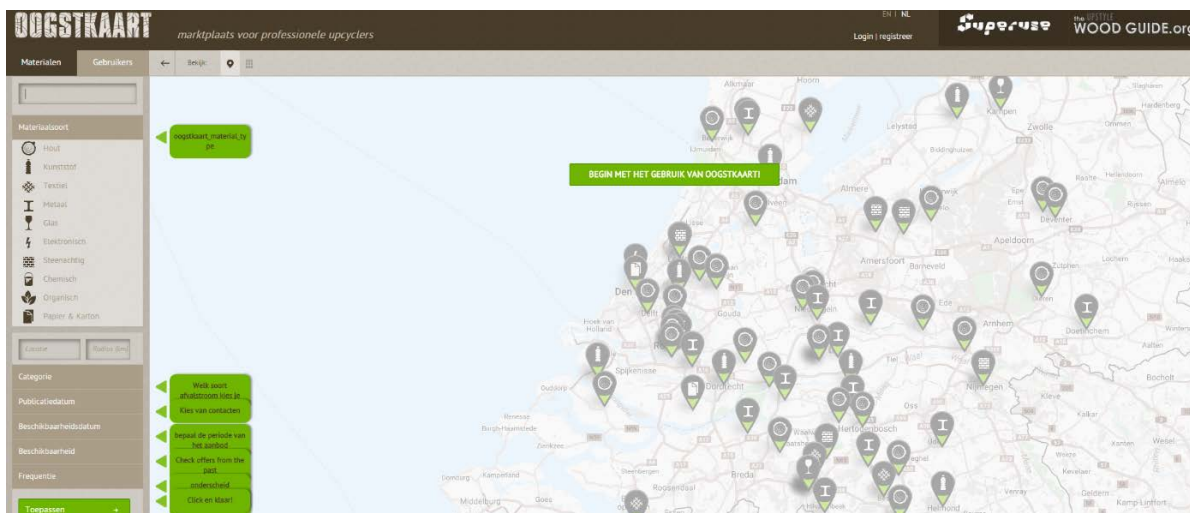
⁵ Navn: Kamikatz Public House, butikk og bar, Sted: Kamikatsu, Tokushima, Byggeår: 2015, Arkitekt: Hiroshi Nakamura & NAP, Foto: Koji Fujii/Nacasa and partners Inc, Hentet den: 04.04.2017, Tilgjengelig fra: <http://www.nakam.info/en/>

⁶ Tilgjengelig fra: <http://www.ruralstudio.org/projects.html> dato: 03.05.2017

Mockbee ønsket også at programmet skulle fungere som en tankevekker for studentene med tanke på hva arkitektur kan utrette. Gjennom programmet drar studentene til vanskeligstilte områder for å bygge hus for de som ikke har råd eller mulighet til dette selv. Studentene må finne løsninger, samle inn penger til prosjektet, designe bygget, og til slutt bygge huset de selv har designet. Prosjektene er sentrert rundt resirkulering, ombruk og gjenvinning. Husene, som bygges av studentene, blir bygget med ukonvensjonelle byggematerialer. Høyballer og bildekk fylt med jord brukt som bærende vegger og frontruter fra biler som tak er noen eksempler på dette.

Superuse Studios i Nederland er et arkitektfirma som satser på gjenbruk (*Superuse Studios: About*). De fleste av deres prosjekter benytter seg av deres *Superuse strategy* som går ut på å lokalisere og få tilgang til potensielle bygningsmaterialer (*Ellen MacArthus Foundation: Superuse Studios, Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes*).

Arkitekten, Jan Jongert, forteller at de bruker både «avfalls»-nettverk og «Google Earth» for å lete etter potensielle materialer i nærområdet og på avfallslagre i industriområder. I tillegg har de utviklet en nettplattform *the harvest map* for å lokalisere mulig bygningsmaterialer (*Harvestmap*). The harvest map fungerer som en nettbasert «søppelplass» hvor ulike aktører kan legge inn brukte materialer som de selv ikke har bruk for. Slik kan andre kan benytte seg av materialene å gi dem nytt liv, i stedet for at de havner på dyngen. Noe av det som legges ut blir solgt, mens andre materialer er gratis mot henting.



Figur 12: Harvest map⁷

⁷ Harvest map, Skjermdump av nettside. Hentet 06.04.2017. Tilgjengelig fra: <https://www.harvestmap.org/>

Selv om de fleste av Superuse Studios prosjekter er små i størrelse, viser de et knippe ulike innovative tilnæringer til gjenbruk i nybygg. De viser at gjenbruk i bygg kan vise seg i mange former. Det er nesten bare fantasien som setter grenser.



Figur 13: Villa Welpeloo⁸

Eneboligen **Villa Welpeloo** er ett av deres prosjekter, hvor hele 60% av byggematerialene kommer fra brukte materialer det har vært mulig å anskaffe fra nærområdet (*Ellen MacArthus Foundation: Superuse Studios, Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes*). Hele bærekonstruksjonen stammer fra demontert stål fra en brukt tekstilmaskin, som en gang var en viktig industri for regionen eneboligen ligger i. Fasaden er kledd i ombruks-tre fra kjernene i kabeltromler som ellers ville gått til produksjon av sponplater eller til brensel.

Eneboligen på Kirkøy på Hvaler ble bygget i karakteristisk lokal «Hvaler-stil» med fokus på gjenbruk (Leland & Svendsen 2006). I denne eneboligen ble det gjenbrukt både teglstein, takstein og rivningsmaterialer fra en gammel låve.



Figur 14: Villa på Hvaler⁹

⁸ Navn: Villa Welpeloo, Sted: Rotterdam, Nederland, Byggeår: 2005, Ombruksandel: 60%, Arkitekt: Superuse Studios, Foto: Allard van der Hoek, Hentet den: 06.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.flickr.com/photos/2012architecten/4504735455/>

⁹ Sted: Kirkøy, Botne, Hvaler, Arkitekt: Nils Petter Solheim, Fredrikstad, Byggherre: Solveig og William Jansen, Areal: ca 300 m², Byggeår: 2000, 2005-2006, Hentet fra: (Leland & Svendsen 2006)

Teglsteinen kom fra en gammel industribygning i Oslo, og taksteinen kom fra ulike steder i Østfold. Teglsteinen kom fra en gammel industribygning i Oslo, og taksteinen kom fra ulike steder i Østfold. Fra låven ble både bjelker og planker benyttet. Plankene ble grundig slipt og benyttet som gulvbord i det nye bygget. Egeninnsatsen var stor fra byggherrens side i dette prosjektet. Byggherren mener likevel at prosjektet ville blitt rimeligere enn et bygg med nye materialer selv om egeninnsatsen ikke medregnes. Men dette forutsetter en engasjert byggherre med håndverksmessig erfaring, evne til tilpasning og mulighet til tett oppfølging av byggeplassen og prosjektet.



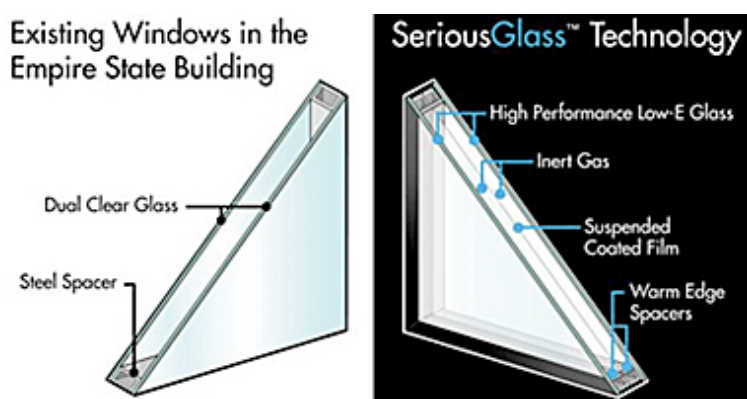
Ludeboden i Bergen ble restaurert av Norges Miljøvernforbund i perioden 1998 til 2003 (Leland & Svendsen 2006). Bygget er Norges største ombruksbygg (*Norges Miljøvernforbund: Miljøhuset - Ludeboden, Historie*).

Figur 15: Ludeboden, Bergen ¹⁰

Ved rehabilitering av bygningen ble det lagt vekt på gjenbrukte eller resirkulerte bygningsdeler og produkter. Det ble brukt materialer fra 50 forskjellige rivningsobjekter fra Bergen-omegn, pluss noen fra Oslo for å restaurere bygget (*Norges Miljøvernforbund: Miljøhuset - Ludeboden, Historie*). Det ble gjenbrukt blant annet stein, tømmer, gulvbord, takstein, elektrisk utstyr, sanitærutstyr og radiatorer. Arbeidet var arbeidskrevende og dyrt, men byggherren mente likevel at det var verdt det (Leland & Svendsen 2006).

¹⁰ *Navn:* Ludeboden, *Sted:* Skutevigsbod 24, Bergen, *Arkitekt:* Jarle Pedersen, *Prosjektutvikling:* Kurt Oddekav, *Byggherre:* Norges Miljøvernforbund, *Byggeår:* Ferdigstilt 2006, *Byggekostnader:* ca. 34 mill., *Størrelse:* ca. 2350 m², Hentet fra: (Leland & Svendsen 2006)

I 2012 ble **Empire State building** i New York rehabilitert (*Empire State Building sustainability exhibit 2012*). 96% av de opprinnelige vinduene fra 1931 fikk nytt liv gjennom vindusteknologien utviklet av «Serious Materials». Vinduene ble demontert, glasset rensset, vasket og gjeninnsatt i de gamle rammene med nye avstandsstykker mellom vinduene. I tillegg ble det påført en suspendert belagt film og en spesiell gass ble fylt mellom glassene. Dette tiltaket førte til en betydelig reduksjon av kostnader og CO₂-utslipp, og åpnet opp for gjenbruk av eksisterende vinduer (Jelle et al. 2012). Ifølge *Empire State Building sustainability exhibit 2012*) førte fornyelsen til opptil fire ganger mer energieffektive vinduer.



Figur 16: Vindusoppgradering fra Empire State Building, NY ¹¹



Figur 17: Innvendige glassvegger i Powerhouse på Kjørbo¹²

I rehabiliteringsprosjektet **Powerhouse Kjørbo** i Bærum kommune ble den gamle glassfasaden plukket ned og glassrutene gjenbrukt innvendig som glassvegger til kontorer og møterom (Strand 2014). Renoveringen førte til at bygget ble Norges første pluss hus. Det fikk også BREEAM-karakteren *Outstanding*. Det er i tillegg også verdens første rehabiliteringsprosjekt som har blitt kategorisert som et pluss hus.

¹¹ Sted: New York, NY, Renovert: 2012, Teknologi utviklet av: Serious Materials, Hentet: 04.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.greenbiz.com/news/2010/03/03/tall-order-serious-materials-retrofit-empire-state-buildings-windows>

¹² Navn: Powerhouse Kjørbo, Sted: Kjørbo i Bærum, Norge, Arkitekt: Snøhetta, Byggherre: Entra Eidendom, Totalentreprenør: Skanska, Renoveringsår: 2013, Hentet: 06.04.2017, Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1186020>

På **Borgerskogen Industriområde i Stokke** ble planleggingen av et nytt kontor- og lagerbygg startet (Leland 2008). Nybygget skulle benytte seg av prefabrikkerte betongelementer hentet fra et lagerbygg med en grunnflate på 2600 m² og etasjehøyde på 6-8 meter som skulle rives. Demonstreringen av lagerbygget ble gjennomført på under 6 uker. Nybygget skulle benytte så mange av betongelementene som mulig, og akseavstandene måtte være like for rivningsbygg og nybygg. Tegningsgrunnlaget for rivningsbygget ble et nyttig verktøy for både demonteringsprosessen og prosjekteringen av nybygget. Gjennom prosjekteringen ble flere utfordringer kartlagt (Leland 2008):

- Det var usikkert om det var noen entreprenører som var villige til å ta på seg oppgavene ved å transportere og montere elementene på grunn av manglende erfaringer med kostnadsbildet av oppgavene.
- Detaljprosjekteringen og beskrivelser av blant annet løsninger for tilpasninger, justering av søylenes lengder og innfestingsdetaljer ville kreve mye jobb.

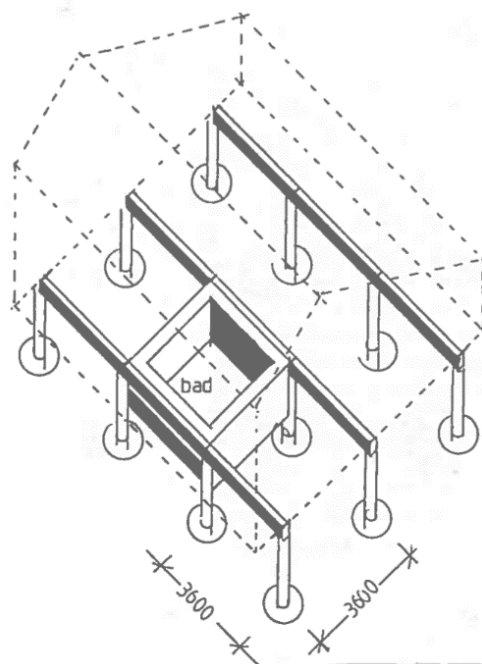
Da det i denne oppgaven ikke ble funnet noen annen informasjon om dette prosjektet enn i rapporten «prosjektering for ombruk og gjenvinning» (Leland 2008), ble Kokkersvold AS, som stod for designet av det nye bygget, kontaktet for å undersøke hva som skjedde videre med prosjektet. Dessverre viste det seg at prosjektet strandet grunnet økonomiske problemer under finanskrisen i 2008, og eieren gikk senere konkurs. Prosjektet ble derfor aldri realisert, og det er uvisst hva som ble gjort med de demonterte betongelementene i etterkant.



Figur 18: Design av nybygget¹³

¹³ Hentet fra «prosjektering for ombruk og gjenvinning» (Leland 2008)

Marnardal Elementhus i Vest-Agder ble bygget for å demonstrere et byggesystem designet for ombruk (Leland & Svendsen 2006). Eneboligen er bygget med bruk av nye materialer med fokus på design for ombruk. De ulike komponentene består av enhetlige materialer, enkle å demontere og har standardisert form. Byggesystemet baserer seg på modulbygging med prefabrikkerte komponenter som settes sammen til fullstendige bygg ved hjelp av mekaniske forbindelsesmidler. Veggene, konstruert med treverk, er isolert med celluloseisolasjon. Pilarfundamentene og dragerne er av prefabrikkert betong produsert med resirkulert tilslag.



Figur 19: Marnardal Elementhus, skisse av konstruksjonssystemet ¹⁴

Målet med prosjektet var å minimere mengden materialer som må sendes til deponi ved riving (Leland & Svendsen 2006). Fra dette huset kan 82% av materialmassen ombrukes lokalt mens 7% av materialene kan benyttes som fyllmassene.

3.3.1 Oppsummering av referanseprosjektene

I dette delkapittelet har 10 prosjekter med fokus på gjenbruk blitt presentert. Ludeboden, Powerhouse Kjørbo og Empire State building er eksempler på rehabiliteringsprosjekter der gjenbruk har vært et stort fokusområde. Scrap House, Kamikatz public house, Villa Welpeloo; Superuse Studios og Bryant Haybale House; Rural Studios er eksempler på prosjekter hvor det er benyttet alternative avfallstyper som bygningsmaterialer. Borgerskogen er et eksempel hvor det ble prosjektert *med* gjenbruk av betongelementer, mens Marnardal Elementhus er et eksempel på design *for* gjenbruk bygget med nye materialer.

¹⁴ *Navn:* Marnardal Elementhus, *Sted:* Vest-Agder, Øyslebø, *Arkitekt og foto:* siv.ark. Bjørn Berge, Gaia Lista AS, *Byggherre:* Økologiske Hus AS, Marnadal, *Byggeår:* 1995-96, *Størrelse:* Enebolig på 132 m², *Byggekostnader:* 10% mer enn konvensjonell byggemåte, *Publisert:* Byggekunst nr. 6/97. Byggesystem for ombruk (BfO): hovedrapport. Bjørn Berge, Gaia Lista AS 1996.

3.4 Hvorfor bør det gjenbrukes i byggbransjen?

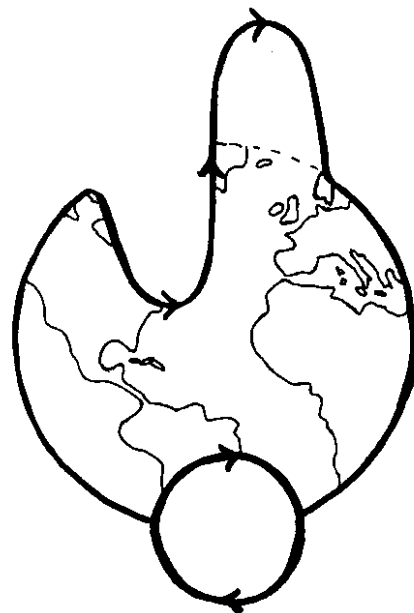
3.4.1 Ressursforbruk

Ressurser deles ofte inn i fornybare og ikke-fornybare. Ikke-fornybare naturressurser kalles også lagerressurser. Disse finnes kun i begrensede mengder, og er dermed ikke utømmelige kilder (Olerud 2016c). Eksempler på slike ressurser er stein, grus, sand, mineraler, og grunnstoffer. Fornybare ressurser er betegnelsen på ressurser som dannes på nytt og som derfor i teorien kan benyttes «fritt» uten at de brukes opp (Olerud 2016a). Eksempler på slike ressurser er skogbruk, solenergi, vannkraft, vindkraft og jordbruk.

Likevel er overgangen mellom ikke-fornybare og fornybare ressurser glidende (Olerud 2016c). Olje dannes hele tiden og er dermed teoretisk sett en fornybar ressurs, men fordi det tar så lang tid for nydannelse av olje vil det i praksis være en ikke-fornybar-ressurs. I tillegg overforbrukes mange fornybare ressurser og noen av disse prosessene vil være irreversible. Et eksempel på dette er utrydning av dyre- og plante arter (Olerud 2016a). Fornybare ressurser bør derfor heller ikke benyttes fritt, da jorda kommer med begrensede midler.

L. P. Hedeberg mener det er fire forhold, med tanke på forbruk av råvarer, som må implementeres for å kunne oppnå et bærekraftig samfunn (Berge et al. 2009):

1. Ikke forbruke mer av jordas overflate enn det som kan erstattes
2. Ikke bruke menneskelagede materialer som har lang nedbrytningstid
3. Legge til rette forholdene slik at naturen kan opprettholde dens produksjon og mangfold
4. Bruke ressurser effektivt og rett – stopp «bruk og kast» tankegangen.



Figur 20: Øvre del av jordkloden viser lineær tankegang. Det som forbrukes av jordens ressurser har ingen returordning, og ubrukelig avfall samles på overflaten. Nedre del viser sirkulær tankegang, det tas ikke mer fra jorden enn hva som gis tilbake. Verden er i balanse.

I dag forbrukes store mengder råvarer og ulike studier har forsøkt å beregne forskjellige råstoffs *gjenværende levetid* av de ikke-fornybare ressursene. Med gjenværende levetid menes det hvor lang tid det er igjen før råstoffet tar slutt dersom dagens forbruk fortsetter. Marques og Loureiro (2013) har i sin artikkel om bærekraftig arkitektur estimert at råolje har en forventet gjenværende «levetid» på 41 år, naturgass 63 år, jern 95 år og kull 150 år.

Global footprint network er en ideell organisasjon opprettet for å fremme bærekraftig levestandard (Global Footprint Network). I deres årlige rapporter, *National footprint account*, publiseres det beregnede *økologiske fotavtrykk* målt i *globale hektar*. Det økologiske fotavtrykket er et mål på hvor mye av ressurser som går med til å opprettholde menneskers levestandard. *Globale hektar* er en måleenhet som sier noe om hvor mye landområde som går med til å forsyne et menneske gjennom dyrket mark, beitemark, skog, nedbygde arealer, forbruk av fisk og utslipp av klimagass (Global Footprint Network).

Dersom ressursene som er til rådighet skulle blitt fordelt likt på verdens befolkning, ville dette tilsvart 1,72 globale hektar per person per år (Global Footprint Network). Data fra 2012 forteller at en gjennomsnittlig nordmann benytter seg av 5 globale hektar pr år (Global Footprint Network). Dersom alle skulle levd som nordmenn flest ville hele 2,9 jordkloder gått med til dette per år. I 2011 var verdens forbruksgjennomsnitt 1,54 jordkloder (Global Footprint Network). Det sier seg selv at dersom flere land adopterer Norges og andre I-lands forbruksmønster vil råstoffenes gjenværende «levetid» forkortes enda mer. Denne levemåten vil ikke være bærekraftig særlig mye lengre.

Tønnessen et al. (2016) har gjort analyser av befolkningsframskrivninger i Norge, og estimerer at befolkningstallet i Norge vil øke med 20 % frem mot 2040. Oslo er kommunen/fylket med høyest prognoser for befolkningsvekst, og vil trolig oppleve en økning på hele 30% frem mot 2040. En slik befolkningsvekst vil føre til en ytterligere økning i ressursforbruket.

En overgang mot en sirkulær økonomisk utvikling ble vedtatt av EU-kommisjonen i 2015 som EUs nye handlingsplan (*Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi 2016*).

Samfunnet i dag er bygd opp under en lineær økonomi. Dette betyr at samfunnet baseres på at ressurser utvinnes, produseres, forbrukes og til slutt kastes. Sirkulær økonomi, derimot, er «basert på gjenbruk, reparasjon, oppussing/forbedring og materialgjenvinning i et kretsløp hvor færrest mulig ressurser går tapt (*closing the loop*) – og hvor produktene og ressursene de består av blir høyt verdsatt» (*Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi 2016*).

Gjenbruk er med andre ord et middel for å nå EUs nye mål om en sirkulær økonomi.

Byggenæringen er en av de største forbrukerne av naturens råvarer (Dixit et al. 2010), og ifølge Berge et al. (2009) er det kun matvareindustrien som forbruker mer enn byggenæringen. Byggenæringen utgjør hele 24 % av råvareuttaket i verden, noe som tilsvarer nesten ¼ del av verdens ressursuttak (Zabalza Bribián et al. 2011). Gjennom historien har bygg- og anleggsektoren forårsaket irreversible endringer av naturen gjennom konsumering av skog-, land- og jordbruksarealer, bidratt til luftforurensning, og forbrukt store mengder av verdens ikke-fornybare energiressurser og mineraler (Spence & Mulligan 1995).

I dag tilbys det et bredt utvalg av over 100 000 ulike byggematerialer, men i motsetning, er et godt ombruksmarked basert på et begrenset antall byggematerialer (Nordby 2009). Nordby (2009) peker også på at ombruksvennlige bygninger bør ha tydelige materialsjikt som enkelt lar seg demontere uten at andre materialsjikt påvirkes eller ødelegges. Samfunnets bruk- og kast-mentalitet fører til at det rives stadig yngre bygg, avfallsmengdene vokser og presset på nye råvarer økes ytterligere (Nordby 2009). Bygningsmassene i dag representerer dermed ikke det ideelle ombrukspotensialet på grunn av *gårsdagens* material- og byggeteknikkvalg.

Mange hus består av ulike komposittmaterialer, som er produkter laget av to eller flere materialer for å gi produktene nye og bedre egenskaper som for eksempel armert betong og plast (Komposittmaterialer 2009). Dessverre utgjør komposittmaterialer en gruppe materialer som er vanskelig å ombruke (Berge et al. 2009; Sørnes et al. 2014).



Figur 21: Ødelagte fliser etter rehabilitering ¹⁵

Dette er fordi materialsjiktene ofte er forbundet med midler som ødelegger sjiktene dersom det forsøkes å skille materialene fra hverandre. Et godt eksempel er lim som gjør det tilnærmet umulig å skille materialene fra hverandre uten at ett eller begge ødelegges og dermed gjør materialene vanskeligere å ombruke (Sørnes et al. 2014).

¹⁵ Hentet den: 07.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://pixabay.com/no/fliser-brutt-%C3%B8delagte-fliser-1501782/>

3.4.2 Miljøtiltak

De siste 200 årene har verden gjennomgått en enorm endring. Mennesket har utviklet blant annet biler, fly, PC-er, mobiler, nye materialer, vaskemaskiner, frysebokser og tv-er. Listen over oppfinnelser er lang, og oppfinnelsene har vært med på å endre både menneskers livstil og holdninger. Men alle disse oppfinnelsene har på hver sin måte kostet miljøet vårt. Mange av teknologiutviklingene har bidratt til økte klimagassutslipp. Denne utviklingen ble det bestemt å gjøre noe med under FNs Klimakonvensjon 2015, COP 21 (*Dette er Parisavtalen 2017*). Som et resultat av denne konvensjonen trådte Paris-avtalen i kraft den 4. november 2016, med en bestemmelse om at temperaturen på kloden ikke skal stige med mer enn maks 2 celsiusgrader før århundreskiftet er omme. I tillegg ble det bestemt at verden skal bli klimanøytral en gang mellom 2050 og 2100. Dette innebærer «at man ikke slipper ut mer klimagass i atmosfæren enn det man greier å fange opp eller fjerne» (*Dette er Parisavtalen 2017*).

For å nå målet i Paris-avtalen, må utslippet av drivhusgasser reduseres, og det er blitt bestemt at det skal fokuseres på følgende sektorer i Norge: Energi, industriell prosess og produktbruk, jordbruk, arealbruk, arealbruksendring og skogsbruk og avfall (Norwegian Ministry of Climate and Environment 2015). Alle land skal lage en nasjonal plan for hvordan, og hvor mye de skal kutte klimagassutslippene (*Dette er Parisavtalen 2017*). Norge har i den forbindelse satt seg som mål å redusere utslipp av drivhusgasser med 40% innen 2030 sammenlignet med utslippsnivåene fra 1990 (Norwegian Ministry of Climate and Environment 2015).

Selv om det rår uenighet om byggenæringens totale bidrag til klimautslippene (Hong; et al. 2015; Nässén et al. 2007), er det ingen tvil om at endringer i forbruket til byggenæringen vil ha betydelige konsekvenser for miljøet (*Byggeindustrien: Byggenæringen avgjørende for miljøproblemer 2002*).

For å vurdere et produkts miljøbelastning benyttes livssyklusanalyser eller livsløpsvurderinger (LCA) (Nordby et al. 2015). Det er blitt utviklet flere standarder for LCA-er for ulike produkter, men selve LCA-opphavsstandardene er ISO 14040 og 14044 (ISO 2006a; ISO 2006b). LCA beregner produkters «miljøavtrykk» og resultatet avhenger av hvilken standard som følges og hvilke mål og systemavgrensninger som defineres. En systemavgrensning kan være å kun se på utvinning og foredling av råvaren. Andre systemer kan ta med tilvirkning av produktet, transport av produktet og vedlikehold av produktet. Noen livsløpsvurderinger

regner også med ombruk, gjenvinning eller deponi i systemavgrensingene (Nordby et al. 2015). Ulike LCA-metodikker er blitt brukt i flere verktøy utviklet spesifikt for byggbransjen som Futurebuilt, BREEAM , ZEB (Zero Emmission Buildings), EPD-dokumentasjon (Environmental Product Declaration) og klimagassregnskap.no.

I 1997 ble *Återvunnet huset* bygget i Malmø med en stor andel ombruks-materialer og komponenter fra selektiv riving/demontering. Thormark (2000) ønsket i sin rapport å redegjøre for *Återvunnet husets* miljøbelastning, og sammenlignet derfor *Återvunnet huset* med et tenkt identisk hus bygget med bare nye materialer. Resultatene viste at miljøbelastningen til *Återvunnet huset* tilsvarte kun 55% av den miljøbelastningen som huset bygget av nye materialer stod for (Thormark 2000). Det var ombruk av murstein og takteglstein som utgjorde den største reduksjonen av miljøbelastningene. I dette studiet var systemet for beregningene av miljøbelastningen avgrenset til følgende aktiviteter: For de nye materialene gjaldt systemet utvinning av råvarene, foredlingsprosessene av materialet og transporten til byggeplassen. For ombruksmaterialene gjaldt systemet demontering, bearbeiding og oppgradering av materialene og transporten til byggeplassen.

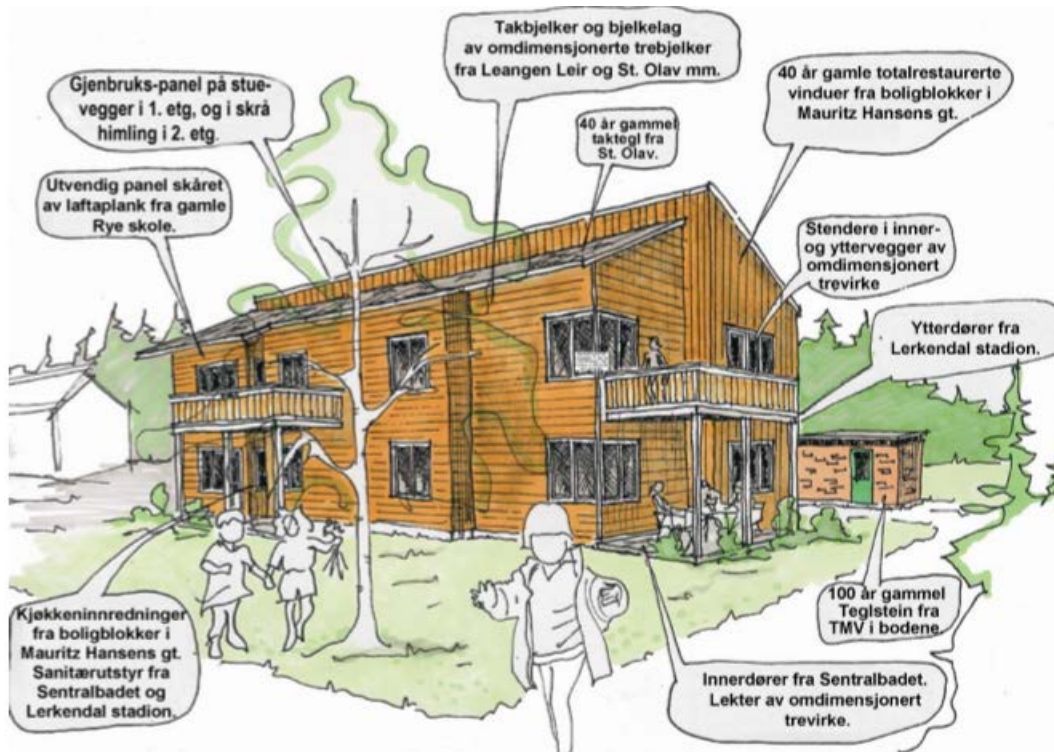


Figur 22: *Återvunnet huset* i Malmø¹⁶

Gjenbrukshuset i Trondheim var et pilotprosjekt med fokus på ombruksmaterialer, hvor det ble utført miljøkostnadsanalyser i etterkant (Pettersen 2005). I dette prosjektet ble to firemannsboliger bygget. Ett med stor vekt på ombruksmaterialer, det andre med tilsvarende nye materialer. Prosjektet skulle gi datagrunnlag for å trekke konklusjoner og erfaringer ved

¹⁶ Arkitekt: P. Lewis Jonsson, Bilde hentet fra: (Thormark 2000)

bruk av gjenbruksmaterialer i nybygg sammenlignet med nye materialer. I prosjektrapporten kom det frem at ombruk av bygningsmaterialer gav miljømessig gevinst (Pettersen 2005). Dette gjaldt særlig ombruk av tegl. I tillegg kom gjenbrukshuset best ut på alle miljøaspektene undersøkt i oppføringsfasen. Dette gjaldt blant annet miljøgevinsten ved drivhuseffekt, total energibruk og miljøøkonomien.



Figur 23: Gjenbrukshuset i Trondheim¹⁷

Klimagassregnskapet er et verktøy Statsbygg har utviklet for å beregne klimagassutslippet for bygg og byggeprosjekter (*Klimagassregnskap*). Dette er en web-basert modell som beregner byggets karbon-fotavtrykk eller klimaspor målt i CO₂-ekvivalenter. Beregningene har et 60-års perspektiv og er basert på mange variabler hvor lokalisering av bygget spiller en viktig rolle. Slike variabler kan være: Hvor langt må varer fraktes? Hvordan er kollektivtilbudet på plassen? Hva slags energikilde benyttes? Hvilket material gir minst utslipp? Verktøyet benyttes til å analysere, vurdere, tallfeste og forstå byggets klimagassutslipp gjennom byggets livstid.

¹⁷ Arkitekt: HSØ arkitektkontor, Bilde hentet fra: (Pettersen 2005)

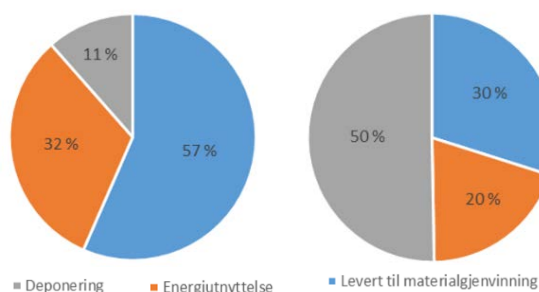
3.4.3 Forhindre avfall

Norge er underlagt EUs rammedirektiv for avfall og er pliktig til å utarbeide konkrete planer for hvordan avfallsforebygging skal gjennomføres (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning 2015). I arbeidet mot avfallsforebygging skal det tas utgangspunkt i avfallspyramiden. Ombruk er et sentralt tiltak. Tiltaket skal redusere mengden avfall, negative helse- og miljøeffekter som oppstår grunnet de genererte avfallsmengdene og innholdet av helse- og miljøskadelige stoffer i materialer og produkter (EU Commission 2008).

Den første nasjonale handlingsplanen for byggavfall, NHP, ble fremlagt i 2001 og igangsatt som en reaksjon på byggsektorens miljøpåvirkning (NHP- nettverket 2001). NHP-nettverket skulle utarbeide en handlingsplan for behandling av bygg- og anleggsavfallet som den gang genererte 1,5 millioner tonn byggavfall hvert år. NHP-nettverkets hovedmålet er at «alt bygg og anleggsavfall skal reduseres med høyest mulig gjenvinningsgrad og forsvarlig håndtering» (NHPs sekretariat 2013). Siden 2001 har det kommet to nye revisjoner, NHP2 og NHP3. En fjerde, NHP4, er nå også på vei (*Byggemiljø: Arbeidet med NHP4 er i gang!* 2016).

Riving og rehabilitering skaper enorme avfallsmengder hvert eneste år (SSB 2014). Fra 2001 til 2014 har andelen avfall fra sorteringsmottakene levert til materialgjenvinning økt fra 30% til 57%, og andelen sendt til energigjenvinning økt fra 20% til 32%. Andelen sendt til deponi sank fra omkring 50% til kun 11% i 2014 (SSB 2001; SSB 2014). Dette er en dramatisk endring til det bedre siden 2001, men fortsatt ikke godt nok, da EUs avfallsdirektiv ønsker å oppnå hele 70% materialgjenvinning innen 2020 (SSB 2014). Sammenligningene er gjort ved å studere statistikken for avfall levert til materialgjenvinning, energigjenvinning og deponering. Statistikken viser også at avfallsmengdene fra BA-næringen har økt fra 1,24 millioner tonn i 2004 til 1,87 millioner tonn i 2014 (SSB 2004; SSB 2014).

Avfallsfordeling i 2014 Avfallsfordeling i 2001



Figur 24: Fordeling av avfall fra byggeaktivitet i avfallsfraksjonene som gikk til materialgjenvinning, energigjenvinning og deponi for 2014 og 2001¹⁸

¹⁸ Diagrammet er laget etter statistikk fra SSB hentet den: 07. 04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/a/kortnavn/avfbygganl/arkiv/tab-2002-11-27-01.html> og <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>

3.5 Rivepraksis

Dersom bygningskomponenter eller -materialer fra et rivningsklart bygg skal gjenbrukes, vil riveprosessen ha stor betydning for komponentenes og materialenes gjenbrukspotensial. Dette kapitlet tar for seg rivningsstatistikk, dagens rivepraksis, hvordan riving bør gjennomføres for å legge til rette for gjenbruk, samt forskjellige erfaringer gjort med selektiv riving og demontering.

3.5.1 Hva rives?

Det er forsøkt å finne statistikk på antall bygg som rives og hvilke typer bygg det rives mest av, men det har vært vanskelig å finne god statistikk og informasjon om dette. Statistisk sentralbyrå fører en del statistikk over genererte mengder byggavfall. Men SSB skriver følgende om deres statistikk for byggavfall (SSB 2014):

«Grunnlagsdataene som benyttes i denne statistikken, er i stadig forbedring. Den største usikkerheten for de genererte avfallsmengdene er knyttet til avfall fra riveaktivitet, da det er usikkerhet i dataene for antall kvadratmeter revne bygg».

Det er derfor viktig å huske på at noe avfall vil mangle i statistikken som presenteres fra SSB nedenfor. I et intervju av Eirik Wærner i «Byggeindustrien»-magasin fremkommer det at statistikkgrunlaget for bygningsavfallet er dårlig i Norge, og at de reelle avfallsmengdene fra byggebransjen trolig være mye høyere i virkeligheten (Hindklev 2013).

Dataene i rivningsstatistikken fra SSB hentes fra avfallsplanen og sluttrapporten som innsendes til kommunen ved søknad om ferdigattest. Slike sluttrapper utarbeides som regel kun der det er krav til det i henhold til forskriftskrav i TEK10 §9-6 (SSB 2014; TEK10 2010).

Krav om sluttrapport gjelder for følgende tiltak:

«a) oppføring, tilbygging, påbygging og underbygging av bygning dersom tiltaket overskrider 300 m²BRA

b) vesentlig endring, herunder fasadeendring, eller vesentlig reparasjon av bygning dersom tiltaket berører del av bygning som overskrider 100 m² BRA

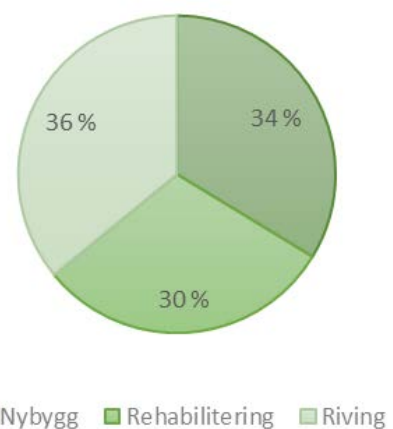
c) riving av bygning eller del av bygning som overskrider 100 m² BRA

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

Da dette er kravene som legger grunnlaget for statistikken fra SSB, vil blant annet avfall fra alle bygninger under 100 m² som rives utelates fra avfallsstatistikken. Et viktig spørsmål er derfor: hvor mye avfall fra bygge- og anleggsbransjen genereres av tiltak der det ikke er krav om avfallsrapport og sluttrapport? Hva skjer med dette avfallet? (Bjerkli 2015).

SSB forholder seg kun til mengdene rapportert i sluttrapporter fra avfallsplaner og i en artikkel, fra *Byggeindustrien magasin*, skriver Hindklev (2013) at avfall fra private oppussingstiltak faller utenfor SSBs statistikk for bygg- og anleggsavfall. I tillegg vil mye av anleggsvirksomheten reguleres etter andre lover enn plan- og bygningsloven, og vil derfor ikke medregnes i SSBs datagrunnlag. Utskiftning av vinduer på fasader kan også potensielt falle utenfor statistikken. Dette er fordi det heller ikke her foreligger krav om byggemeldingspliktig tiltak dersom fasaden ikke endres. Da vil det heller ikke være krav om avfallsrapport. En siste ting som påpekes i artikkelen, fra *Byggeindustrien magasin*, er at EU opererer med 1,72 tonn generert avfall per innbygger per år, mens SSB opererer med 0,32 tonn per innbygger per år. Statistikken for bygningsavfallet har med andre ord store hull (Hindklev 2013).

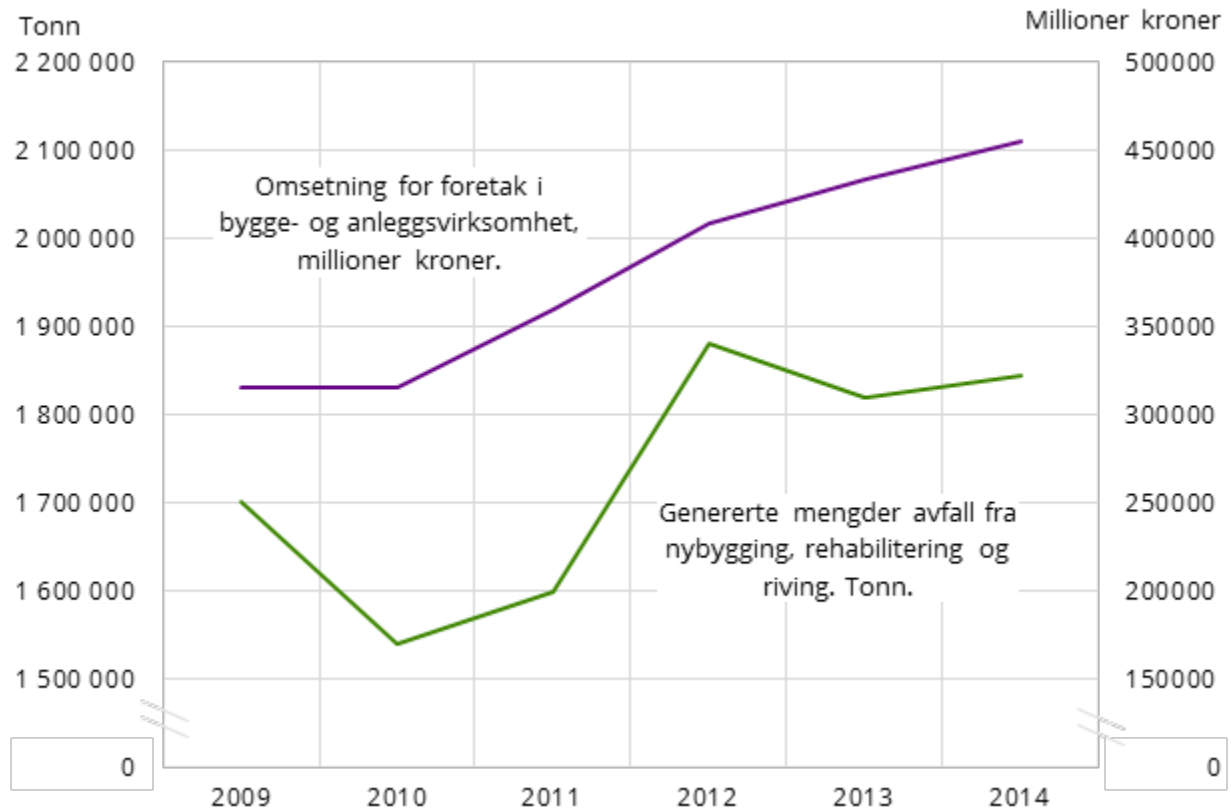
Til tross for at rivningsstatistikken fra SSB mangler mye avfall, utgjør bygg- og anleggsavfall en av de største avfallskildene i Norge. Byggeaktivitet genererte 1 866 947 tonn avfall i 2014 ifølge SSB (2014), noe som tilsvarer 21% av alt generert avfall i Norge. Av dette stod nybygging for 33,7%, rehabilitering for 30,4% og riving for 35,9%.



Figur 25: Avfallsfordelingen mellom nybygging, rehabilitering og riving ¹⁹

¹⁹ Figuren er laget etter statistikk fra SSB, hentet den: 07.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/avfbygganl>

Ut fra grafen under kan det ses at det har vært en svak økning av generert avfallsmengde fra bygge- og anleggsvirksomheten mellom 2013 og 2014. Fra riving har avfallsmengdene økt med 17,8% (SSB 2014).



Figur 26: Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving og omsetning for foretak i bygge- og anleggsvirksomhet²⁰

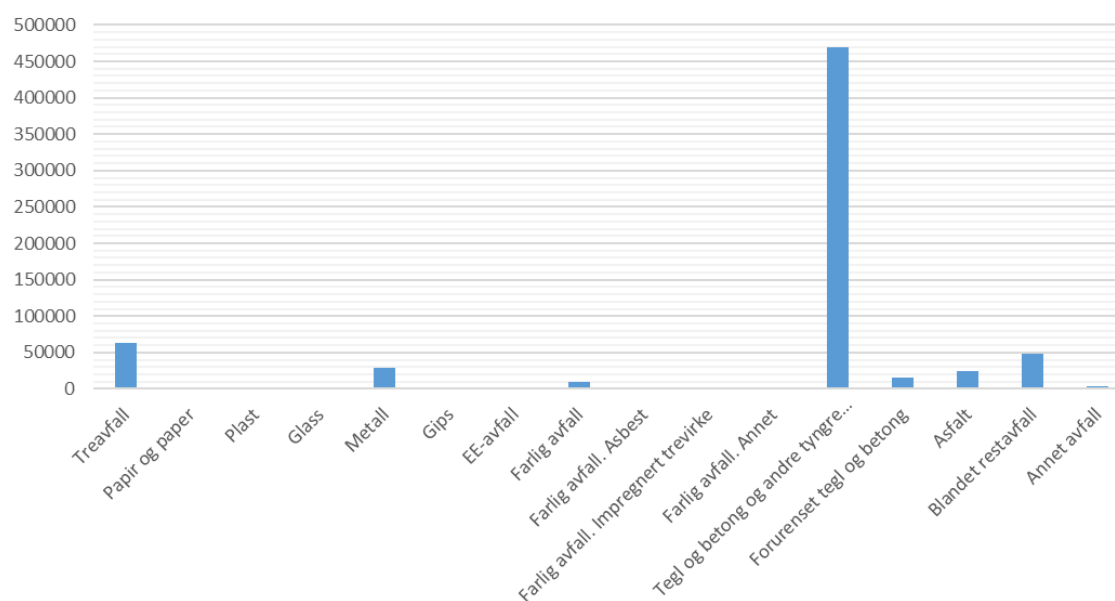
²⁰ Grafen er fra SSB, hentet den: 07.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/avbygganl>

Tabellen under viser avfall fordelt på materialfraksjoner. Av denne tabellen kan det ses at tre, tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer utgjør de største fraksjonene av bygningsavfallet levert i 2014. Treavfallsfraksjonen stammer i hovedsak fra nybygging.

	Byggeaktivitet i alt	Nybygging	Rehabilitering	Riving
2012	1879975	615093	702166	562716
2013	1818896	620526	628600	569770
2014	1866947	629258	566777	670913
2014				
Treavfall	262087	116556	82760	62771
Papir og paper	25266	14316	8859	2091
Plast	5149	3435	1668	45
Glass	9056	2476	4922	1659
Metall	86714	22052	35574	29089
Gips	65922	37782	25448	2692
EE-avfall	9751	2236	5296	2220
Farlig avfall	23243	2166	11700	9377
Farlig avfall. Asbest	2578	0	1663	915
Farlig avfall. Impregnert trevirke	4650	0	4063	587
Farlig avfall. Annet	5365	871	3681	813
Tegl og betong og andre tyngre bygningsmaterialer	777165	106437	202179	468550
Forurenset tegl og betong	21937	0	5873	16065
Asfalt	237876	180891	32590	24395
Blandet restavfall	320119	135864	136235	48019
Annet avfall	22661	5047	13673	3941

Tabell 3: Genererte avfallsmengder fra nybygging, rehabilitering og riving og omsetning for foretak i bygge- og anleggsvirksomhet ²¹

Søylediagrammet viser en oversikt over avfallsfordelingen som genereres fra riving. Det kan ses av dette diagrammet at tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer utgjør den største delen av avfall.



Figur 27: Genererte mengder avfall fra riving i tonn ²²

²¹ Hentet den: 07.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/avfbygganl>

²² Hentet den: 07.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/avfbygganl>

3.5.2 Dagens rivepraksis

SINTEF byggforsk (2011b) deler riving av bygninger inn i to hovedkategorier:

1. riving av hele bygninger
2. riving av deler av en bygning

Dersom et rivetiltak er søknadspliktig i henhold til avfallsforskriften §9-6 (TEK10 2010), er det en rekke krav som må etterfølges. Byggforsk har i sitt datablad «Gjennomføring av rivearbeider» (SINTEF byggforsk 2011b) spesifisert en anbefalt rekkefølge for riving av bygninger, som er en vanlig praksis å etterfølge:

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

1. Prosjektering og planlegging, inkludert miljøkartlegging, utarbeidelse av avfallsplan og miljøsaneringsbeskrivelse:

Miljøkartleggingen av bygget med tilhørende miljøsaneringsbeskrivelse skal foreligge når søknad om tillatelse til tiltak sendes til kommunen (SINTEF byggforsk 2011a). Kartleggingen skal inneholde informasjon om helse- og miljøskadelige komponenter og stoffer i bygningsmassen. Avfallsplan for tiltaket skal utarbeides og skal inneholde en oversikt over hvilke typer avfall som genereres i tiltaket, samt hvor mye som genereres av hver fraksjon. Denne planen er et nyttig verktøy for planlegging av avfallshåndteringen, prosjektlogistikken og som grunnlag for samarbeid med avfallsmottak.

2. Klargjøring av bygning:

Før riving av en bygning kan starte må bygningen ryddes og tømmes, i tillegg til at installasjoner i bygningen må kobles fra og merkes (SINTEF byggforsk 2011b). I noen tilfeller må det også utføres en supplerende kartlegging av bygget. Dette gjelder der det ikke var mulig å utføre en fullstendig kartlegging av helse- og miljøskadelige stoffer før oppstart.

3. Miljøsanering:

Før rivetiltaket igangsettes må stoffer som kan medføre skade på helse og/eller miljø kartlegges, fjernes og håndteres på en forsvarlig måte (Norsas AS 1999). Denne prosessen kalles miljøsanering og gjøres på grunnlag av miljøsaneringsbeskrivelsen.

4. Demontering av bygningsdeler:

Dersom bygningen inneholder bygningsdeler som skal ombrukes må disse demonteres med forsiktighet slik at det ikke oppstår skader (SINTEF byggforsk 2011b). Bygningsdelene som skal ombrukes må identifiseres på forhånd og beskrives i underlaget for arbeidet.

5. Riving av ikke-bærende konstruksjoner og bygningsdeler:

Ved riving av hele bygninger bør de delene av konstruksjonen som ikke er bærende rives først, før bygningens bæresystem rives (SINTEF byggforsk 2011b). Dette gjør at den bærende konstruksjonen hovedsakelig kan rives som en homogen avfallstype, som f.eks. betong.

6. Etablering av åpninger og hulltaking (gjelder ved riving av deler av bygning):

Ved riving av deler av bygninger kan det være aktuelt å etablere åpninger i etasjeskillere, vegger og andre konstruksjoner av betong, tegl og lettbetong. (SINTEF byggforsk 2011b)

7. Riving av konstruktive bygningsdeler:

Bærende betongkonstruksjoner rives i dag på flere forskjellige måter (SINTEF byggforsk 2011b). Betongen kan «tygges» eller pigges ved hjelp av små rivemaskiner eller rivningsroboter. Dersom tomten tillater det vil det være mulig å benytte seg av større maskiner avhengig av blant annet konstruksjon, støykrav og høyde. Betongkonstruksjonen kan også sages i større deler og heises ned.



Figur 28: Riverobot ²³



Figur 29: Stålkutter ²⁴

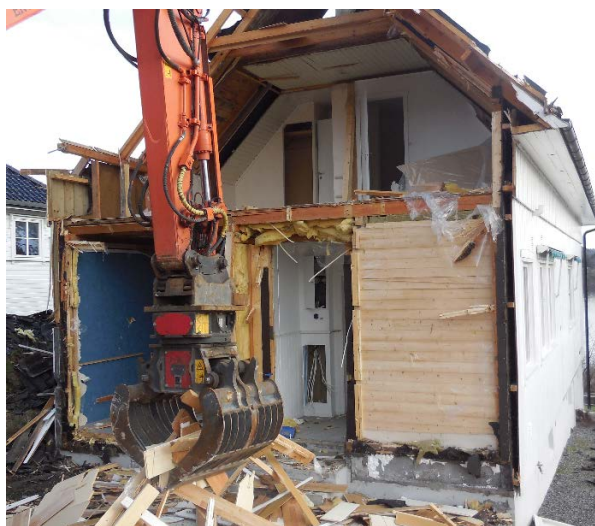
²³ R3 entreprenører fra Norsk Gjenvinning. Hentet den: 06.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://twitter.com/NGjenvinning/status/827090893106708480>

²⁴ Hentet den: 06.04.2017, Tilgjengelig fra: <http://www.at.no/anlegg/2016-03-16/N%C3%A5-kan-denne-bli-din-20443.html>

Teglkonstruksjoner rives hovedsakelig på samme måte som betongkonstruksjoner (SINTEF byggforsk 2011b). Dersom det ikke er plass til store maskiner på tomten kan teglsteinen rives med håndkraft fra toppen.

Bærende stålkonstruksjoner rives i dag ved bruk av gravemaskiner med påmontert klype eller saks. I noen tilfeller kan det også være aktuelt med manuell oppdeling med skjærebrennerutstyr.

Ved riving av trehus blir det i stor grad brukt ulike rivemaskiner (SINTEF byggforsk 2011b). Disse konstruksjonene er ofte så sammensatte at det både er vanskelig og arbeidskrevende å oppnå en god sortering av avfallet.



Figur 30: Trehus som rives i Østvendthagen av PeWE entreprenør AS²⁵

8. Avfallshåndtering, -sortering og -levering:

Avfall som genereres ved riving av bygg skal sorteres i henhold til avfallsplanen som er utarbeidet i henhold til TEK10 (2010). Reelle avfallsmengder som har oppstått i rivetiltaket skal føres inn i avfallsplanen ved ferdigstillelse. Avfallsdokumentasjonen som vedlegges sluttrapporten skal angi hvor avfallet er levert, tidspunkt for levering og leverte mengder.

Rivebransjen har gjennom årene blitt utsatt for press når det gjelder blant annet tid, kostnad, HMS, materialgjenvinning og avfallshåndtering (Addis 2012). For å imøtekomme de økende kravene og forventningene som stilles, har rivebransjen gått fra å benytte seg av manuell arbeidskraft til å bruke maskiner og roboter i stor grad. Eksempler på maskiner som benyttes ved riving i dag er: hjullastere, riverobot, rivemaskin, teleskop-truck, wiresag, betongsag, vakuumsuger, kran lift, knuseverk og sikteverk (SINTEF byggforsk 2011b). Disse maskinene gjør riveprosessen mer effektiv når det gjelder tid og kostnader, men håndterer ikke komponentene og materialene forsiktig nok til at de vil ha gjenbrukspotensial.

²⁵ Foto: Øystein Wingereid, Hentet den: 06.04.2017, Tilgjengelig fra: <http://www.pewe.no/bilder-av-diverse-riving/category154.html>

3.5.3 Hvordan bør det rives med tanke på gjenbruk?

Chini og Bruening (2003) mener at alle bygg bør analyseres på forhånd for å avdekke om bygget er en potensiell kandidat for demontering med tanke på ombruk. For at materialer og komponenter i bygget skal kunne ombrukes må det benyttes selektiv riving (Addis 2012). Selektiv riving er av Norsas AS (1999) definert som en rivemetode der materialer og bygningsdeler demonteres og avfall sorteres for å oppnå størst mulig ombruk- og gjenvinningsgrad, og minst mulig deponering. Selektiv riving blir i praksis ofte gjennomført som en omvendt byggeprosess. Denne rivemetoden er teknisk komplisert og arbeids- og kostnadskrevende. Dette er også noen av grunnene til at tradisjonell riving av bygninger i de siste årene ikke har omfattet selektiv riving i stor grad (Husbanken et al. 2005). Innføringen av krav om avfallsplan har likevel ført til et økt fokus på demontering og selektiv riving for å bedre sorteringen av avfallet.

På den neste siden vises en illustrasjon av hvordan bygg rives i dag kontra hvordan bygg bør rives med tanke på gjenbruk.

	Sanering av miljøfarlige stoffer		Sanering av miljøfarlige stoffer
	Tømming av bygg og stripping av innvendige materialer/ komponenter		Tømming av bygg og stripping av innvendige materialer/ komponenter
	Noen få objekter tas ut ved selektiv riving		Demontering av ombrukbare materialer/ komponenter
	Maskinell rivning		Distribuering av materialer/ komponenter til nye prosjekter eller lager
	Material- og energigjenvinning		Resirkulering
	Bortkjøring		Bortkjøring
	Tilbakestilling av tomt		Tilbakestilling av tomt

Figur 31: Tradisjonell riveprosess vs. ønsket riveprosess for gjenbruk²⁶

²⁶ Illustrasjonene er gjengitt fra boken *Building a circular future* (Merrild et al. 2016)

3.5.4 Erfaringer med selektiv riving/demontering:

Det er gjort flere sammenligningsstudier av kostnader ved demontering og rivning. Resultatene viser at det er stor variasjon fra prosjekt til prosjekt. Det økonomiske aspektet vil også variere mye fra land til land, fordi lokale forhold påvirker kostnadsbildet i stor grad (Coelho & de Brito 2011). Arbeidslønn, type bygg, kostnaden av å transportere/levere avfallsfraksjoner til deponi eller gjenvinning, mengden ombrukbart materiale og markedspris på ombruksvarer er forhold som vil være avgjørende for det totale kostnadsbilde for demontering av et bygg. For å sikre at bygningskomponentene ikke blir skadet eller ødelagt bør det i noen tilfeller gå over til ren mannskraft fremfor maskinkraft, noe som fører til økt bemanningsbehov. Dette skaper igjen utfordring med tanke på økonomi fordi manuell arbeidskraft ofte er en dyrere enn maskinell arbeidskraft.

Coelho og de Brito (2011) refererer i sin artikkel til Ruch et al. (1997) sitt arbeid hvor det ble utført en studie av selektiv riving, og følgende erfaringer ble gjort:

- Transportkostnadene til nærmeste gjenvinningsstasjon, deponi eller lager utgjør en stor andel av de totale prosjektkostnadene
- Det tok over fire ganger så lang tid å demontere bygget i forhold til å rive det på vanlig måte
- Demonteringsutførelseskostnadene var 70 % høyere enn for tradisjonell rivning
- Bemannings-/arbeidskostnadene for demonteringstilfellet stod for 50 % av de totale kostnadene, for tradisjonell rivning var denne prosentandelen 23 %
- Avhendingskostnadene, inkl. transport, ble redusert med 20 % for demonteringstilfellet
- Kvaliteten på de demonterte bygningskomponentene var mye bedre sammenlignet med bygningskomponentene i rivningstilfellet
- Det ville være mulig å gjenvinne/gjenbruke 93,4 % av hele bygningsmassen ved demonteringsprosessen

Schultmann og Rentz, har studert demonteringsprosjekter i Tyskland og Frankrike (Kibert & Chini 2000). Fra studiene av disse prosjektene kan følgende felles konklusjoner trekkes ved en sammenligning med tradisjonell riving:

1. Resirkulering-, deponi- og transportkostnader vil være større for tradisjonelle riveprosjekter
2. Demonteringsprosesser er oftere dyrere enn tradisjonelle rivningsmetoder
3. Med godt forarbeid, god planlegging og utføring, vil de totale avhendingskostnadene være lavere for demonteringsprosjekter enn for tradisjonelle riveprosjekter

3.5.5 Oppsummering av rivepraksis

I følge Coelho og de Brito (2011) sine undersøkelser er det grunnlag for å konkludere med at demontering av bygg med tanke på gjenbruk har klare miljømessige fordeler sammenlignet med tradisjonell rivepraksis. Først og fremst kommer dette av at mengden avfall som havner på deponi reduseres, både fordi demontering muliggjør å gjenbruke en del av bygningskomponentene til nybygging, og fordi det muliggjør å oppnå renere fraksjoner.

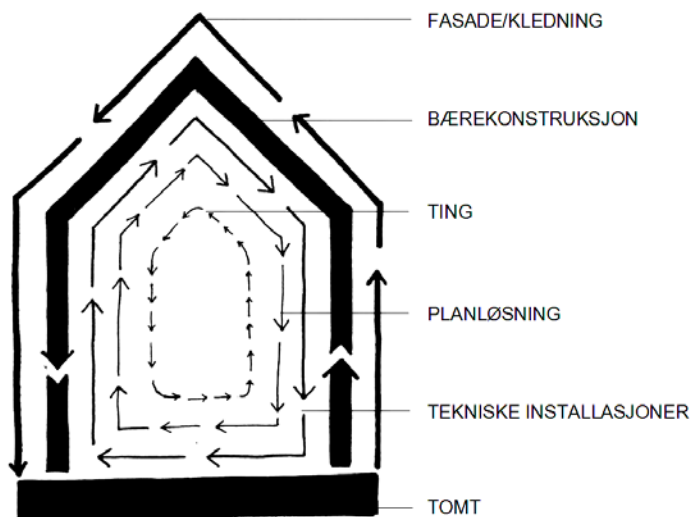
Et annet aspekt ved riving med tanke for ombruk er tidsaspektet. Tidsspørsmålet er ofte den største utfordringen fordi demontering er en tidkrevende prosess, og rivningsbygg som regel er under stort tidspress når det gjelder jevning med jorden. Chini og Bruening (2003) skriver i sin rapport om demontering og materialgjenbruk i USA. Der estimeres det at det vil ta mellom 2-10 ganger så lang tid å demontere ett bygg fremfor å rive det på tradisjonell måte.

Statistikken fra SSB viser altså en stadig svak økning av avfallet fra bygge- og anleggsvirksomhet, og i tillegg mangler denne statistikken mye avfall. Dagens rivepraksis er et produkt av effektivitet og praktiseres først og fremst med tank på å få rene avfallsfraksjoner som kan sendes til avfallsmottak. Metodene benyttet i dagens rivepraksis ødelegger bygningsmaterialene og -komponentene. Selektiv riving og demontering er en metode som benyttes der det ønskes å ivareta bygningsmaterialene og -komponentenes gjenbrukspotensial.

Erfaringer fra selektiv riving/demontering viser at denne metoden er mer tidkrevende enn tradisjonell rivepraksis, men muliggjør renere fraksjoner som vil gi lavere avhendingskostnader. I tillegg vil materialene og komponentene ha større gjenbrukspotensial. I demonteringsprosjekter vil bemanningskostnadene stå for 50% av de totale prosjektkostnadene, til forskjell fra tradisjonell riving der denne posten står for 23%.

3.6 Design for gjenbruk

Ifølge Brand (1994) består bygninger av materialer og komponenter som eldes med ulik hastighet. Videre påpeker Brand (1994) at dersom en bygning skal være fleksibel og tilpascningsdyktig, må disse forskjellige delene av bygningen være mulig å demontere individuelt. Figuren under viser hvordan det er mulig å kategorisere delene i ulike lag etter de forskjellige livssyklusene.



Tomt: Grensene og konteksten til tomten varer gjerne gjennom flere generasjoner. *Evigvarende*

Bærekonstruksjon: Fundament og bærende elementer er farlige og vanskelige å skifte ut, så de fleste unngår dette. 30-300 år.

Fasade/Kledning: Utvendig kledning byttes for å holde tritt med trender, ledende teknologi, eller når det er behov for større reparasjoner. 20-50 år.

Tekniske installasjoner: Elektriske kabler, vann- og avløpsrør, varme, ventilasjonssystem, heiser og rulletrapper. 7-15 år.

Planløsning: Hyppigheten på flytting av vegger, tak, etasjer og dører varierer i forhold til bruksområdet til bygningen. 3-30 år

Ting: Stoler, bord, bilder, kjøkkenutstyr, lamper. Alle tingene vi omgir oss med.

Daglig-månedlig

Figur 32: Bygningens lag. Gjengitt etter illustrasjon fra: Brand (1994)

For å redusere byggavfallsmengdene i fremtiden er en løsning å designe *for* gjenbruk. Det vil si at det gjennom hele designprosessen er fokus på byggets totale levetid, en «vugge til vugge» tankegang. Fra «vugge til vugge» er et begrep som omhandler å gå fra lineære verdikjeder til sluttede kretsløp der ombruk av materialer er en måte å slutte kretsløpet (Rognlien 2002c).

I sin doktorgrad drøfter Nordby (2009) kriterier for gjenbrukbarhet som er nyttige å ta med seg i en designprosess med fokus på gjenbruk:

Begrenset materialvalg

Ved å begrense materialvalget i bygget oppnås forenklet demontering og sortering, redusert forurensning ved eventuell materialgjenvinning, og økt ombrukspotensiale.

Lang holdbarhet

Lang holdbarhet på komponenter vil resultere i økte mengder ombrukbare elementer samt

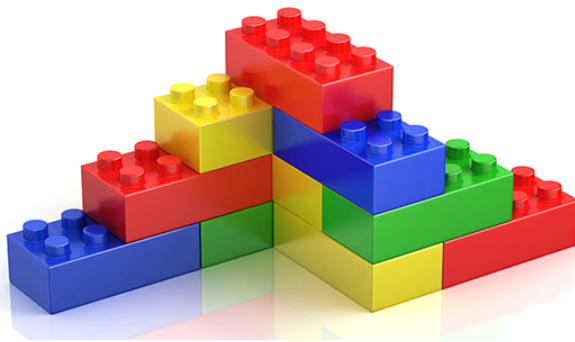
forenklet demontering og remontering. Komponenter med lang holdbarhet vil også øke sjansene for omsorgsfullt vedlikehold og ombruk.

Høy generalitet

Ved å bruke komponenter med lav kompleksitet, moderat størrelse og lett vekt, samt benytte seg av moduldesign og standard dimensjoner vil den arkitektoniske fleksibiliteten øke mulighetene for ombruk. Høy generalitet forenkler håndtering og transport, i tillegg til at selvbygging og lokalt ombruk vil fremmes.

Reversible forbindelser

For at en konstruksjon skal være ombrukbar må knutepunktene utføres som reversible forbindelser. Dette forenkler demontering av komponentene i tillegg til at demonteringen av enkeltkomponenter kan utføres uten å skade andre bygningsdeler.



Figur 33: Bygningskomponentene bør ha reversible forbindelser, LEGO illustrerer dette prinsippet.

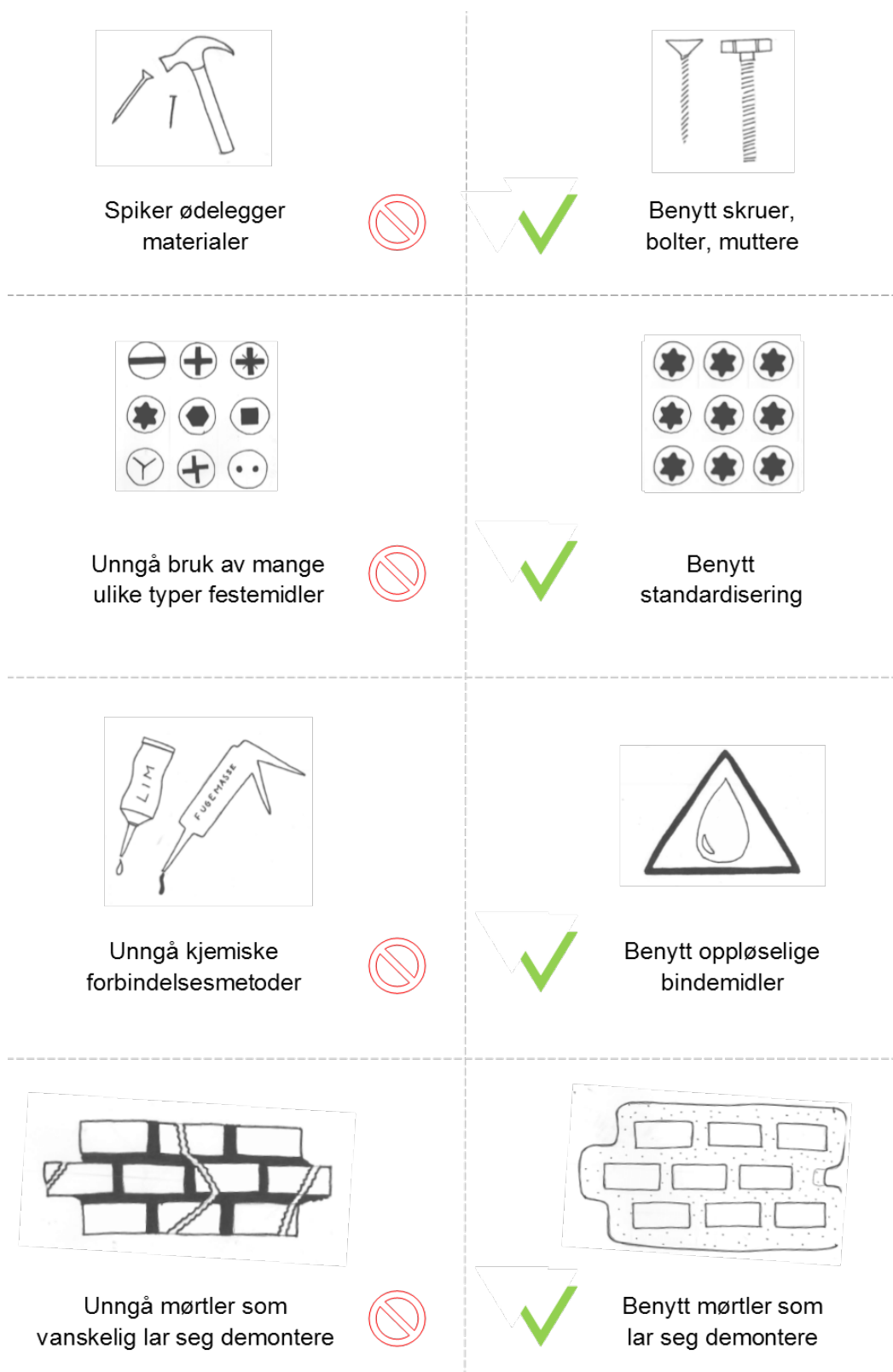
Fornuftig lagdeling

I en bygning vil ulike lag eller sjikt endres i ulik takt. Ved å formgi de ulike sjiktene i bygningen som konstruktivt uavhengige systemer og arrangere sjiktene med tanke på forventet funksjonell og teknisk levetid for komponentene, vil demontering og utskifting av enkeltkomponenter forenkles.

Tilgjengelig informasjon

Informasjon om materialene, komponentene og knutepunktene i konstruksjonen vil forenkle planleggingen av riveprosessen. Det vil også gjøre demontering, sortering og remontering lettere. Denne informasjonen kan gjøres lett tilgjengelig ved å merke materialer, komponenttyper og tilgang til knutepunkter i konstruksjonen. Demonterings- og riveprosessen forenkles også ved å sørge for at oppdaterte tegninger av bygget (slik det ble bygget), materiallogg og demonterings-beskrivelse er lett tilgjengelig.

Nedenfor vises en illustrasjon av ulike forbindelsesmetoder som bør benyttes når bygg skal designes for gjenbruk.



Figur 34: Forbindelsesprinsipper for design for gjenbruk²⁷

²⁷ Illustrasjonen er gjengitt av boken *Building a circular future* (Merrild et al. 2016)

3.7 Hvordan gjenbruke

Som det fremkom av referanseprosjektene i delkapittelet 3.3, har gjenbruk blitt benyttet i ulike prosjekter. Men hva skiller et gjenbruksprosjekt fra et ordinært byggeprosjekt? I de neste avsnittene fremkommer ulike aspekter gjenbruksprosjekter ofte medfører, og hvordan det kan gås frem for å anskaffe potensielle gjenbruksmaterialer.

Prosessten:

For å lykkes med et gjenbruksprosjekt må grundig planlegging og prosjektering ligge til grunn, og fokuset på gjenbruk må implementeres tidlig i prosessen (Rognlien 2002c). Selv om prosjektering og produksjon av bygget kun representerer en liten del av byggets levetid, er valgene som gjøres her helt avgjørende for hvilken miljøbelastning og økonomi bygget sitter igjen med. Det er bred enighet om at tidligfasen er kritisk for et prosjekts suksess. En sentral oppgave i tidligfaseprosjekteringen ved et gjenbruksprosjekt er å identifisere de ulike alternativene, få frem riktige løsninger og dokumentere disse godt. Det er derfor viktig å få tak i og nyttiggjøre seg av den kompetansen som finnes om gjenbruksmaterialer og -komponenter for å øke sannsynligheten for å gjøre gode valg.

Tidsaspektet:

Leland (2004) skriver i sin rapport at dersom prosjektering for ombruk og gjenvinning skal være gjennomførbart, er det en forutsetning at det settes av tilstrekkelig tid til prosjekteringen. Dette må det settes av tid til allerede i fremdriftsplanen. Statsbygg har, gjennom sitt FoU-prosjekt «Gjenbrukshuset», erfart at det er mulig å redusere kostnader, få bedre løsninger og oppnå tidsbesparelser senere i prosjektet ved å sette av godt tid til planlegging tidlig i prosessen (Rognlien 2002b).

Deltakere i prosessen:

Et gjenbruksprosjekt vil være mer utfordrende for prosjektdeltakerne enn et tradisjonelt byggeprosjekt vil være. Det er derfor viktig at alle deltakerne av byggeprosessen er engasjerte og motiverte for å benytte gjenbruksmaterialer (Leland & Svendsen 2006).

Tiltakshaver:

For å øke potensialet for gjenbruk av materialer er det viktig at tiltakshaver er involvert og engasjert i gjenbruksstrategien tidlig i prosessen (Gorgolewski 2008). Å bygge med gjenbruksmaterialer krever ekstra innsats i arbeidet og tilfører prosjektet nye aspekter. Tiltakshaver må ha forståelse for den økte risikoen og at gjennomføringen av gjenbruksprosjektet kan ta lenger tid enn vanlige byggeprosjekt. Tiltakshaver må også være

fleksibel med tanke på anskaffelsesprosessen. Det er viktig å erkjenne at påvirkningskraften i prosjektet vil avta over tid. Bevisst prosjektstyring er derfor nødvendig for å øke sannsynligheten om å nå det definerte målet.

Prosjekterende:

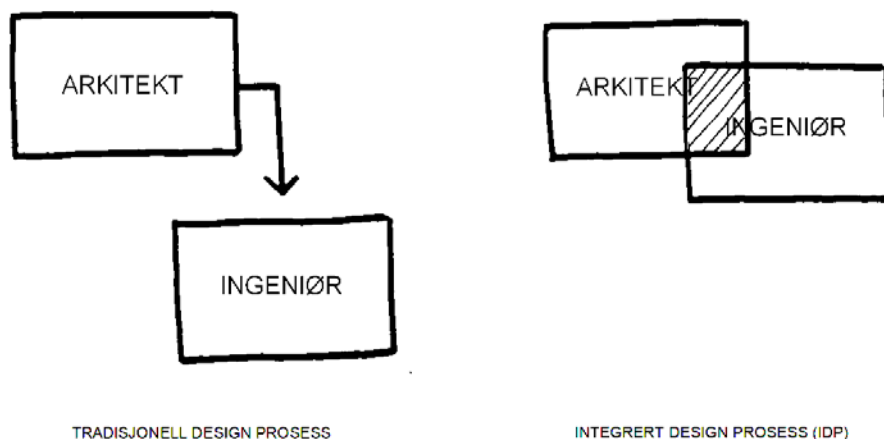
De prosjekterende må være mer fleksible og villige til å tilpasse designet etter hvilke materialer som er tilgjengelig (Gorgolewski 2008, s. 6). Tilgjengeligheten av materialer og komponenter, og koordinering av disse, er ett av de større problemene knyttet til gjenbruk, og kan påvirke både design- og byggeprosessen.

Entreprenører:

Gorgolewski (2008) har i sin rapport skrevet om erfaringene som ble gjort i to prosjekter. Der nevnes det blant annet at entreprenører kan være tilbakeholdende for å involvere seg i uvanlige prosjekter, som eksempelvis gjenbruksprosjekter. Det er derfor viktig at entreprenørene har, eller får, tilegnet seg kunnskap om gjenbruk, slik at prosjektet blir så kostnadseffektivt som mulig.

IDP – integrert designprosess

Når det skal jobbes med gjenbruk kan et nyttig verktøy være å få til en integrert designprosess så tidlig som mulig i prosjektet (Rognlien 2002c). En integrert designprosess kjennetegnes ved tverrfaglig samarbeid mellom aktørene, bruk av spesialister, og mål og strategier som oppdateres kontinuerlig av designteamet. Det er ønskelig å få til en god integrering gjennom IDP i tidligfasen av prosjektet fordi det er da påvirkningskraften er størst. I tidligfasen er det fremdeles rom for å være kreativ og det bør derfor sikres et bredt spekter av spesialister som kan hjelpe til med prosjektet i denne fasen.



Figur 35: Tradisjonell designprosess versus Integrert designprosess. Gjengitt etter illustrasjon fra (Trebilcock 2009)

Materialanskaffelse:

Et viktig aspekt ved gjenbruksprosjekter er tilgjengeligheten av komponenter og materialer (Addis 2012). I prosjekteringsfasen må eventuelle eksklusive og unike gjenbruksprodukter identifiseres og sikres (Rognlien 2002c). Ved å finne og sikre disse produktene raskt kan de implementeres tidlig i designet. Dette vil redusere eventuelle tilleggs kostnader for redesign senere i prosessen. Leland og Svendsen (2006) påpeker også at materialer bør sikres allerede under prosjekteringen. Dermed kan nødvendige tilpasninger av gjenbruksmaterialene gjennomføres. På en annen side vil det oppstå et behov for mellomlagring av materialer og komponenter, dersom de kjøpes tidlig, noe som kan bety en betydelig kostnad (Gorgolewski 2008).

I boken «*Boligdesign – omforming og gjenbruk*», påpeker Leland og Svendsen (2006) at en betydelig endring av markedssituasjonen for gjenbruksprodukter må til for å sikre tilgang på materialer og komponenter til rett tid. Her vil det være snakk om å opprette nye markeder som eksempelvis sentrale gjenbruksdepoter og gjenbruksmarkeder på internett. Det påpekes videre at dersom prosjektet baserer seg på å skaffe materialer og komponenter underveis, må designprosessen være fleksibel.

En fremgangsmåte for å anskaffe potensielle gjenbruksmaterialer og -komponenter er å gjøre seg kjent med, og eventuelt kjøpe, rivningsklare bygg og gjenbruke komponentene fra rivningsobjektet (Gorgolewski 2008). Dette reduserer problemene som kan oppstå i forbindelse med timing og garanti for at materialene som trengs er tilgjengelig. Det vil være hensiktsmessig å ombruke komponenter med samme bruksområde som de hadde i det rivningsklare bygget. Dette danner et bedre grunnlag for at komponenten er tilstrekkelig dimensjonert for formålet.

I boken “Building with reclaimed components and materials: a design handbook for reuse and recycling” har Addis (2012) beskrevet en annen fremgangsmåte for å anskaffe og gjenbruke materialene eller komponentene i et nytt prosjekt:

1. Lag en liste over byggevarene som trengs og mulige kilder for disse
2. Forbered et grovt utkast av bygningens omriss/yttermål
3. Lag en beskrivelse av type/størrelse/mengde/kvalitet på byggevarene/materialene som trengs.
4. Identifiser kilden til byggevarene
5. Kartlegg tilstanden til byggevarene

6. Beskriv fremgangsmåte og kostnad for prosessen som trengs for å kunne gjenbruke bygningskomponenten
7. Kom til enighet om pris, og gå til innkjøp av komponenten
8. Lag foreløpig detaljtegning av bygningen med komponenten
9. Gjør en avtale med rivningsfirma om selektiv og varsom demontering av komponenter
10. Tilrettelegg og forbered for pakking, transport og mellomlagring av komponenter
11. Legg til rette for at materialene/komponentene blir tilfredsstillende oppgradert, rehabilitert, bearbeidet og testet
12. Avtale og planlegge for tilkjøring av komponenter til byggeplass, inkludert lagring på byggeplass dersom det er nødvendig.
13. Ferdigstill design av bygningen når tilstanden til bygningskomponentene er kjent

I rapporten *Prosjektering for ombruk og gjenvinning* (Leland 2008) har Sivilarkitekt Bente Nuth Leland lagt frem noen grunnleggende spørsmål som bør stilles i undersøkelsen av om et materiale er egnet for ombruk eller gjenvinning:

- Hvor lett vil det være å separere materialet?
- Hvor skadet er det?
- Hvor rent er det?
- Innebærer det noen helsemessig risiko ved å ta det ut eller bearbeide materialet?
- Foreligger det relevant dokumentasjon av materialet eller konstruksjonen?

Kvalitetssikring av materialer/komponenter

Det er viktig å ha god kvalitetssikring i alle ledd av materialleveransene i et gjenbruksprosjekt (Leland & Svendsen 2006). Før gjenbruksmaterialer og -komponenter tas i bruk, er det viktig å kontrollere at disse er av god nok kvalitet til å kunne benyttes i et nytt bygg. Komponentene og materialene må undersøkes for eventuelle feil og mangler. Skader på komponentene vil være av betydning i varierende grad, avhengig av hva materialene skal brukes til i et nytt prosjekt. I boken «Boligdesign – omforming og gjenbruk» påpeker Leland og Svendsen (2006) at det må etableres standardiserte prosedyrer for kvalitetskontroll og ansvarsforhold for at gjenbruk skal kunne bli mer vanlig enn det er i dag.

Mulige tiltak for økt gjenbruk:

En av SINTEFs rapporter, «Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer», har undersøkt hvordan det er mulig å oppnå en høyere andel ombruk (Sørnes et al. 2014). Det nevnes i denne rapporten at logistikk er en grunnleggende forutsetning som må utarbeides for at

ombruk skal kunne fungere optimalt i en byggsammenheng. Det foreslås at nettbaserte databaser kan brukes som en ombrukssentral hvor bygg som skal rives kan legge inn bilder og informasjon om aktuelle gjenbrukskomponenter til salg. I dag finnes det allerede slike aktører i markedet som finn.no, byggigen.se, genbyg.dk og salvo.co.uk, men disse kunne blitt brukt enda mer aktivt for å øke graden av gjenbruk (Sørnes et al. 2014).

Videre peker SINTEFs rapport på myndighetens ansvar når det gjelder selve rammebetingelsene for ombruk (Sørnes et al. 2014). Det menes i rapporten at ombruk vil bli mer utbredt dersom det kommer nye krav i byggevareforordningen om at deler av byggverk skal kunne benyttes på ny eller gjenvinnes. Rapporten peker på en rekke tiltak og insentivordninger som også kan være med på å hjelpe ombruk på vei:

- FDV- dokumentasjon som inneholder informasjon om konstruksjon, bæreevne og demonteringsveiledning
- Veiledere for ombruk bør utarbeides
- panteordning på byggevarer vil kunne bidra til å finansiere tiltak med det formål å gjøre ombruk og gjenvinning lettere
- økonomiske tiltak som støtter ombrukstiltak
- økonomiske insentiver gjennom støtteprogrammer
- markedsdrivere som BREEAM- NOR bør utvikles mer

3.8 Materialers gjenbrukspotensial

Ved valg av materialer vil det fra et miljømessig og teknisk standpunkt være mest forsvarlig å gjenbruke materialer med høy råvarepris og lang levetid (Leland 2004) 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). «Grønn Materialguide» utviklet av Bramslev et al. (2016), gir en god oversikt over flere materialers klimagassutslipp, ressursgrunnlag og avhendingsmuligheter, og er nyttig ved kartlegging av materialers gjenbrukspotensial. I de følgende avsnittene vil ulike materialers gjenbrukspotensial belyses.

Vinduer:

For hele vinduer, ruter og glassfasader vil ombrukspotensialet avhenge av hvor enkle disse er å demontere, U-verdien til komponentene og om de inneholder miljøfarlige stoffer (Sørnes et al. 2014). Ifølge «Grønn materialguide» av Bramslev et al. (2016) har «glass relativt høye utslipp pr m² sammenlignet med andre fasadematerialer», noe som gjør at gjenbruk av dette materialet vil være ønskelig fra et miljøperspektiv.

Vinduer som skal være i fasader nær trafikkerte veier og gater må også tilfredsstille dagens lydkrav (Leland & Svendsen 2006). Dersom U-verdien eller lydkravet for vinduene ikke er tilstrekkelig for direkte ombruk, kan de benyttes til eksempelvis å lage innvendige glassvegger som bildet nedenfor viser (Nielsen et al. 2014).

Miljøfarlige stoffer er et viktig tema når det kommer til vinduer, da de aller fleste vinduer inneholder en form for miljøfarlige stoffer. Vinduer som inneholder miljøfarlige stoffer må håndteres på forsvarlig måte, og er i mange tilfeller klassifisert som farlig avfall (Sørnes et al. 2014).



Figur 365: Innvendig glassvegg laget av ombrukte vegger²⁸

²⁸ Hentet fra: (Nielsen et al. 2014)

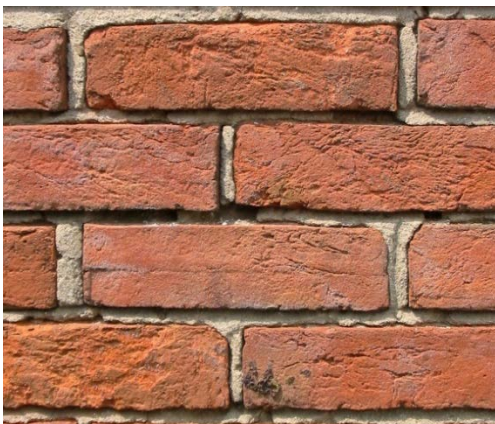
Tegl

Teglsteinens lange levetid, og energikrevende produksjonsprosess gjør at direkte ombruk gir et stort besparingspotensial både økonomisk og miljømessig (Sørnes et al. 2014). Teglstein utgjør en stor del av riveavfallet og er tilnærmet vedlikeholdsritt (Bramslev et al. 2016; Leland & Svendsen 2006). Dette øker interessen for gjenbruk av tegl. Gjenbruk av teglstein skjer i dag, først og fremst, ved knusing og bruk i fyllinger eller som tennissand (Kunstakademiets Arkitektskole Institutt for Bygningskunst og Teknologi 2015; Nordby 2009). Men det har også potensiale for direkte ombruk (Bramslev et al. 2016).

Ombrukspotensialet til tegl er avhengig av det nye bruksområdet for teglsteinen med tanke på hva som kreves av frostsikring og trykkfasthet (Sørnes et al. 2014).

Tegl kan ombrukes direkte som enkeltstein eller som større felter (Leland & Svendsen 2006). Dersom tegl skal ombrukes som enkeltstein, bør mørtelen være svakere enn teglsteinen slik at det er mulig å separere mørtel og stein. Ren kalkmørtel er derfor ideelt i ombrukssammenheng. I senere tid har dessverre bruk av sementbasert mørtel blitt regjerende praksis, noe som har gjort det vanskeligere å ombruke tegl, da denne mørtelen er sterkere enn teglsteinen. Dette betyr derimot ikke at teglstein, murt med sementmørtel, er umulig å ombruke. OMMAT-prosjektet er et eksempel der større felter av teglstein sages ned med diamantverktøy. Dette må utføres med forsiktighet, slik at disse feltene kan ombrukes i nye prosjekter som fasadelementer (Gether & Gether 2000).

Ved ombruk av tegl er det viktig å ta hensyn til miljøfarlige stoffer. PCB er et miljøfarlig stoff som ble tilsatt i elastiske fuger mellom 1940 og 1980. Dersom tegl har en konsentrasjon av PCB på over 0,01 mg/kg kan den ikke ombrukes videre (Sørnes et al. 2014).



Figur 37: Murt teglstein

Gamlemursten.dk er en netthandler i Danmark som har profilert seg ved å selge gjenbrukt tegl (*Gamle mursten: om gamle mursten*). Gamle Mursten informerer på sin nettside at én gjenbrukt teglstein, sparer miljøet for 0,5 kg CO₂. De har utviklet en egen renseteknologi som kan rense 5-6000 teglstein i timen. Denne renseteknologien benytter både manskraft og maskinell kraft.

Betong

Betong er et byggemateriale som er mye brukt i bygg i dag (Nielsen et al. 2014; Sørnes et al. 2014). Det er et materiale med lang levetid og trenger svært lite vedlikehold (Bramslev et al. 2016). Betong er, i likhet med tegl, energikrevende å produsere grunnet forbrenningsprosessen i forbindelse med produksjonen av sementen (Nielsen et al. 2014, s. 19). Denne forbrenningsprosessen fører til store klimagassutslipp (Bramslev et al. 2016).

Betong kan gjenbrukes ved at det knuses og brukes som fyllmasse eller som tilslag i nyprodusert betong (Bramslev et al. 2016; Kunstakademiets Arkitektskole Institutt for Bygningskunst og Teknologi 2015). Det kan også benyttes som hele betongelementer ombrukt direkte. Dersom det er ønskelig å ombruke betongelementer, vil det være en fordel om det foreligger tegninger som viser innfestingsmetode for elementene (Leland & Svendsen 2006).

Komponenter og materialer som er sterkt forurenset bør ikke ombrukes da de kan havne under kategorien farlig avfall. Om komponenter havner i denne kategorien avhenger av grenseverdier og tenkt ombruksområde (Sørnes et al. 2014).



Figur 38: Overflaten av støpt betong

Tre

Når det gjelder treverk er det ifølge rapporten fra SINTEF nærmest alltid mer kostnadseffektivt å kjøpe nytt treverk fremfor å ombruke fra rivningsobjekter. Trevirke blir derfor i liten grad ombrukt i Norge i dag (Sørnes et al. 2014).

Likevel lister Sørnes et al. (2014, s. 33) opp følgende treprodukter med stort potensiale for direkte ombruk:

- Hele og stemplede lengder av konstruksjonsvirke
- Søyler, bjelker og dragere av limtre
- Splittede limtreyper som I-profiler, trefiberlameller, parallellfiner med dokumentert fasthet på bygningsdelene
- Trefiberplater med intakt egenskap og form
- Bygningens utvendige og innvendige kledning
- Hele rommoduler

Metall

Metaller er godt egnet for ombruk da de er bestandige og har lang levetid (Sørnes et al. 2014). Stål og aluminium er eksempler på metaller som er svært energikrevende å produsere, og det er derfor ønskelig å gjenbruke disse metallene (Sørnes et al. 2014).

Både ombruk og gjenvinning av konstruksjonsstål har klare miljømessige fordeler. Ombruk av konstruksjonsstål fører til 96% reduksjon av miljøbelastningen ved nyproduksjon. Gjennom materialgjenvinning ved omsmelting reduseres miljøbelastningen med 50% sammenlignet med miljøbelastningen til nyprodusert stål (Sørnes et al. 2014). Bramslev et al. (2016) påpeker i «Grønn materialguide» at det er mulig å kreve varierende innhold av resirkulert stål i konstruksjonsstål, og at armeringsjern kan leveres med et innhold av 100% resirkulert stål. Dersom det ikke er mulig å ombruke metallet fra bygget direkte, kan det sendes til omsmelting (Leland & Svendsen 2006).

Dersom komponenten har blitt malt eller har en form for overflatebehandling er det viktig å kontrollere at denne overflatebehandlingen ikke inneholder miljøfarlige stoffer.



Figur 396: I-bjelke i stål²⁹

Plast

Mange av dagens bygningskomponenter inneholder plast (Sørnes et al. 2014). Plast er en svært generell betegnelse, da det finnes mange ulike typer plast med forskjellige egenskaper. Plasttypene deles gjerne inn i to hovedgrupper; termoplast og herdeplast. Forskjellen mellom disse to typene i gjenbrukssammenheng er at termoplasten kan omsmeltes og egnes derfor godt for materialgjenvinning. Herdeplasten kan ikke omsmeltes og egnes derfor først og fremst kun til energigjenvinning. Det er generelt ikke anbefalt å ombruke plast fordi plast svært ofte inneholder farlige tilsetningsstoffer. Plastproduktet er også ofte forbundet til andre komponenter ved hjelp av lim, og ødelegges derfor ved demontering. Det vil likevel være store miljøgevinster å hente ved å tilrettelegge dagens plastbruk for ombruk.

Dersom plasten ikke inneholder helse- og miljøfarlige stoffer, og i tillegg lar seg demontere uten å at produktet ødelegges, kan komponenten følgelig ombrukes (Sørnes et al. 2014). Et eksempel på ombrukbar plast er polykarbonatplater brukt som fasadeplater.

²⁹ Hentet fra: <https://www.indiamart.com/aayushiscaffold-supportsystems/mild-steel-product.html> dato: 07.04.17

Gips

Gips utgjør en stor andel av byggavfallet, og er ifølge Bramslev et al. (2016) en av de mest brukte bygningsplatene i norsk byggebransje. Gips blir et problem ved avfallshåndtering da nedbrytning av gipsprodukter kan forårsake svovelforurensning (Bramslev et al. 2016). Det er en nasjonal målsetting om å gjenbruke 40% gips, noe som gjør at gjenbruk av dette materialet er ønskelig.

I dag blir gips revet på byggeplass, knust og resirkulert. 20% av gipsavfallet gjenvinnes i dag og brukes i produksjon av nye gipsprodukter (Rønning et al. 2016). Bramslev et al. (2016) påpeker at gips kan inneholde 99% resirkulert innhold. Gjenvunnet gips kan også brukes finknust for jordforbedring og knust til landskapsbehandling og fyllmasse (Leland & Svendsen 2006).

Da gips som regel ødelegges ved demontering, er dette materialet ikke egnet for ombruk (Bramslev et al. 2016). Leland og Svendsen (2006) påpeker at systemvegger med to lag gipsplater er mer ombruksvennlige, da det lettere gir mulighet for ombruk av det innerste gipslaget.



Figur 40: Gipsplater ³⁰

Varmeisolasjon

I dag er de vanligste isolasjonsmaterialene mineralull og skumplast. Disse kan ombrukes direkte dersom de er hele og uten skader (Leland & Svendsen 2006). Dersom det ikke er mulig å ombruke isolasjonen direkte er det flere løsninger for gjenvunnet isolasjon. Mineralull laget om til blåseull, celluloseisolasjon laget av tre- og papiravfall og skumglassisolasjon laget av returglass, er eksempler på former for isolasjon produsert av materialer som er gjenvunnet. (Leland & Svendsen 2006; NHP- nettverket 2001)

³⁰ Hentet fra: <http://www.gipsplate.no/> dato: 07.04.17

Takstein og -skifer

Ombruk av takstein og -skifer er fullt mulig. Det er også stor etterspørsel etter gammel takstein til bruk ved rehabilitering av fredede bygninger og antikvariske kulturminner. (Leland & Svendsen 2006)

Andre materialer

Dersom det er mangel på gjenbrukte bygningskomponenter og -materialer, er det mulig å se til andre materialer som ikke opprinnelig ble produsert til ønsket formål. I rapporten «Nordic Built Component Reuse» (Nielsen et al. 2014) har forfatterne foreslått flere eksempler på nye anvendelser av materialer. Valsing av ventilasjonskanaler for gjenbruk som fasadekledning, og biter av gulvbelegg som fasadekledning er eksempler på anvendelser av materialer med nye formål. Isolasjon laget av oppkuttet tekstilavfall er et tredje eksempel (Leland & Svendsen 2006; NHP- nettverket 2001). Flere av referanseprosjektene, presentert i delkapittel 3.3, benyttet seg av ukonvensjonelle byggematerialer. I disse prosjektene ble blant annet avispapir brukt som tapet, telefonkataloger som isolasjon, skrapmetall som fasadekledning, stål fra gamle maskiner ble brukt som bærekonstruksjon, trekledning ble til fra kabeltromler, høyballer og bildekk fylt med jord ble til bærende vegger og frontruter på biler ble brukt som tak. Alle disse eksemplene viser at gjenbruk er mulig for andre typer materialer som ikke opprinnelig var tiltenkt som bygningsmaterialer. Her er det kun kreativiteten som må testes.



Figur 41: Oppskårede betongelementer som veggkledning



Figur 42: Metallkledning av valsede ventilasjonskanaler



Figur 43: Biter av gulvbelegg som fasadekledning³¹

³¹ Bilde hentet fra: (Nielsen et al. 2014)

3.9 Lovverk ved gjenbruk

I de neste avsnittene presenteres en studie av de ulike kravene og lovene det må tas stilling til ved prosjektering *med* og *design for* gjenbruk. Det er i denne oppgaven ikke gjort en grundig studie av lovverk og forskriftskrav som gjelder byggeindustrien, men det er forsøkt å fremlegge et utvalg av noen lover og forskrifter knyttet til gjenbruk.

TEK10:

TEK10 (2010) gir et generelt krav for dokumentasjon om egenskapene til alle produkter som skal bygges inn i byggverk:

TEK10 § 3-1 tredje ledd; «Før produkter bygges inn i byggverk må det være dokumentert at produktene har de egenskapene som er nødvendige for at det ferdige byggverket tilfredsstiller kravene som følger av denne forskriften»

Alle produkter og komponenter som brukes i nybygg skal tilfredsstille de gjeldende kravene i det norske bygningsreglementet, TEK10 (2010).

Byggeteknisk forskrift: §9- 5 Avfall

Første ledd i §9- 5 i TEK10 (2010) tar for seg aspektet rundt avfallsreduksjon, og handler om plikten til å prosjektere for lite avfall.

«Byggverk skal sikres en forsvarlig og tilsiktet levetid slik at avfallsmengder over byggverkets livsløp begrenses til et minimum»

Tredje ledd i §9- 5 i TEK10 (2010) omtaler gjenbruk direkte:

«Det skal velges produkter til byggverk som er egnet for ombruk og materialgjenvinning».

Veiledningen til §9- 5; (3) i TEK10 (2010) tillegger at:

«prosjektering for ombruk vil bidra til at en bygning kan demonteres slik at materialer og produkter brukes om igjen. Det må i prosjekteringen vises til konkrete vurderinger mht. ombruk og materialgjenvinning. Produkter til byggverk anses lite egnet for materialgjenvinning dersom de inneholder helse- og miljøskadelige stoffer og består av materialtyper som er vanskelig å skille fra hverandre».

TEK10 sier med andre ord ikke noe spesifikt om at det skal benyttes gjenbrukbare materialer i nybygg, men kun at nybygg skal prosjekteres *for* at materialene en gang i fremtiden kan ombrukes.

TEK17 (2017) er i disse dager ute for høring. I høringen er overskriften til §9-5 endret fra «avfall» til «byggavfall», mens det andre leddet, som i TEK10 er definisjonen for avfall, er tatt ut av forskriften. TEK10 §9- 5; (3) er nå blitt til §9-5; (2) i TEK17 og har følgende ordlyd:

«Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning.»

Helse- og miljøskadelige stoffer:

Direktoratet for byggekvalitet har sammen med Klima- og Forurensingsdirektoratet utgitt en veileder for byggherre, prosjekterende og utførende aktører for å unngå helse- og miljøskadelige stoffer i bygg (Hambra, ; & Hjellnes Consult 2013). I veilederen fremkommer det at helse- og miljøskadelige stoffer i bygningskomponenter kan utgjøre en fare ved produksjon, montering, bruk eller ved avhending. Problemet med disse stoffene er at naturen eller kroppen ikke er i stand til å nedbryte disse naturlig, eller at prosessen er så tidkrevende at det skjer en skadelig opphopning av stoffer som etter hvert vil utgjøre en fare for mennesker og natur (Hambra, ; & Hjellnes Consult 2013). Det er derfor ønskelig å unngå eller begrense bruken av disse stoffene.

Veilederen (Hambra, ; & Hjellnes Consult 2013) henviser videre til *den europeiske kandidatlisten* og *den norske prioritetslisten* for innsikt i hvilke helse- og miljøskadelige stoffer det er størst fokus på å unngå. I følge Hambra, ; og Hjellnes Consult (2013) er det viktig å bruke begge listene, da ingen av de dekker alt men begge overlapper delvis hverandre.

Den europeiske kandidatlisten er utviklet av det europeiske kjemikalierregelverket REACH (*REACH*). Kandidatlisten inneholder stoffer med alvorlige langtidseffekter på helse og miljø og er kandidater til å underlegges godkjenningsordningen, som er de strengest regulerte stoffene i Europa (Hambra, ; & Hjellnes Consult 2013). Listen oppdateres kontinuerlig da det stadig dukker opp nye stoffer som viser seg å kreve ny regulering etter hvert som ny informasjon innhentes om dem (Hambra, ; & Hjellnes Consult 2013).

Den norske prioritetslisten er en liste med over 30 ulike stoffer og stoffgrupper det har blitt valgt å sette særlig fokus på, fordi de har skadelige langtidseffekter på både helse og miljø (Miljødirektoratet 2017).

Kapittel 9 i TEK10 (2010) omhandler det ytre miljø, og er særlig aktuelt for rivningsprosjekter. §9-7 gjelder kartlegging av farlig avfall og krav om utarbeidelse av en miljøsaneringsbeskrivelse.

«Ved endring eller rivning av eksisterende byggverk skal det foretas kartlegging av bygningsdeler, installasjoner og lignende som kan utgjøre farlig avfall, jf. forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) § 11-2.»

Substitusjonsplikt:

Substitusjonsplikten innebærer at det, så langt det er mulig, skal unngås bruk av de mest skadelige stoffene, og derfor benytte mer helse- og miljøvennlige substitutter.

TEK10 (2010) §9-2 sier følgende:

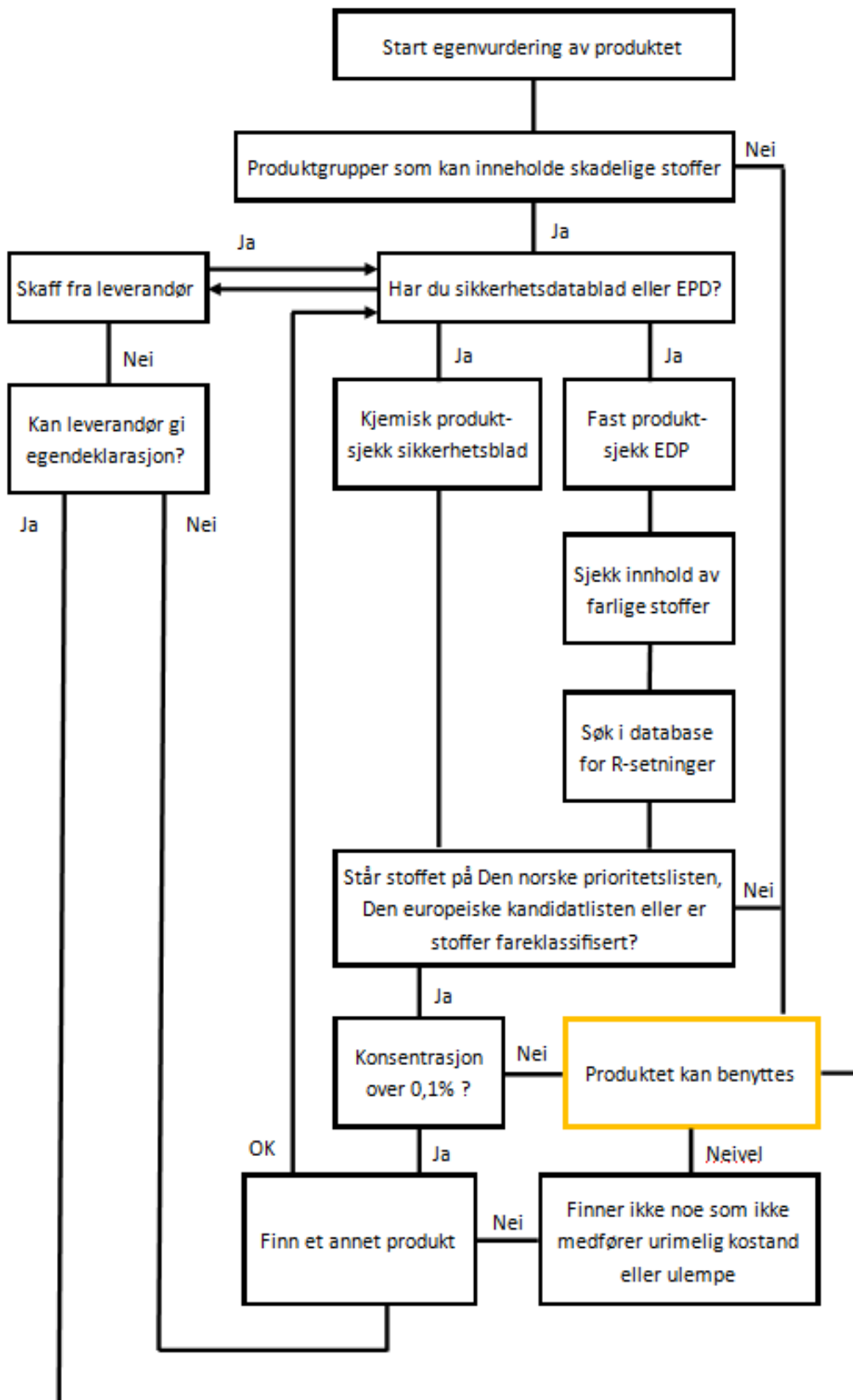
«Det skal velges produkter til byggverk uten, eller med lavt, innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer»

Det er altså et lovpålagt ansvar å unngå bruk av de mest skadelige stoffene. I veiledningen til bestemmelsen nevnes substitusjonsplikten, som:

«pålegger enhver virksomhet som benytter produkt med innhold av kjemiske stoffer som kan medføre helseskade eller miljøforstyrrelse å undersøke om det finnes produkter som medfører mindre risiko for slik virkning. Slike alternativ skal velges dersom det kan skje uten urimelig kostnad eller ulempe.»

Veiledningen til §9-2 i TEK10 (2010) anbefaler videre å benytte forhåndsvurderte produkter. Produkter som er merket med Svanemerket eller EU-blomsten, SINTEF Teknisk Godkjenning eller er merket ECO Product er blitt forhåndsvurdert og forenkler avgjørelsen om hvorvidt et produkt inneholder ulike miljø- og helseskadelige stoffer (Hambra, ; & Hjellnes Consult 2013).

For produkter som mangler forhåndsvurdering, beskriver veiledningen i TEK10 (TEK10 2010) en mer krevende løsning som innebærer at informasjon må innhentes om stoffinnhold og en vurdering må gjøres på egenhånd. Dette kalles for en substitusjonsvurdering og på neste side vises et flytskjema utviklet av Hambra, ; og Hjellnes Consult (2013) som angir denne prosessen.



Figur 44: Flytskjema for substitusjonsvurdering, gjengitt fra Hambra & Hjeltnes Consult (2013)

Avfallsforskriften:

For de virksomhetene hvor det oppstår farlig avfall gjelder Avfallsforskriften (2004), § 11- 8 som omhandler leveringsplikten. Avfallet skal leveres til den som kan håndtere avfallet etter §11-6 og §11-7. Det vil si at dersom det oppdages at en bygningskomponent inneholder farlig avfall er det plikt til å levere disse materialene til et godkjent avfallsmottak.

Forurensingsloven:

Forurensingsloven (1981) åpner for at avfall kan gjenvinnes såfremt det brukes til et nyttig formål og ikke er i strid med forurensningsforbudet. Forurensningsloven §2:

«4. avfall skal tas hånd om slik at det blir minst mulig skade og ulempe. Det skal gjenvinnes, fortrinnsvis ved at det forberedes til ombruk eller materialgjenvinnes, med mindre gjenvinning ikke er berettiget ut fra en avveining av miljøhensyn, ressurs hensyn og økonomiske forhold»

Dersom det benyttes avfall til nyttige formål, er det plikt til å sørge for at det ikke blir gjort noe som kan medføre fare for forurensning i henhold til §7 i forurensningsloven. Ved bruk av gamle bygningsmaterialer i nybygg må det derfor sørges for at materialene ikke inneholder helse- og miljøfarlige stoffer hvor det er fare for utlekking eller avgassing.

Forurensingsloven (1981) §27 omhandler definisjonen av avfall og hva som skal til for at avfall opphører å være avfall. Avfall er ifølge første ledd definert som:

«Løse gjenstander eller stoffer som noen har kassert, har hensikt å kassere eller er forpliktet til å kassere»

Videre påpeker §27:

«Løse gjenstander (...) som har blitt avfall, kan først opphøre å være avfall når de som minimum:

- 1. Har gjennomgått gjenvinning*
- 2. er alminnelig brukt til bestemte formål*
- 3. kan omsettes i et marked eller er gjenstand for etterspørsel*
- 4. innfrir de tekniske kravene som følger av de aktuelle bruksområdene og eventuelle produktkrav og -standarder, og*
- 5. ikke medfører nevneverdig høyere risiko for helseskade eller miljøforstyrrelse enn tilsvarende gjenstander og stoffer som ellers kunne blitt brukt.»*

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK):

I 2014 bestemte Byggevareforordningen at de fleste kommersielle byggevarer for *salg* i EØS-området skal ha dokumenterte produktegenskaper, enten gjennom CE-merking eller ytelseserklæring (Sørnes et al. 2014). Produktegenskaper for byggevarer kan eksempelvis være brannmotstandsevne, fasthet, styrke, luftmotstandsevne, lyd- og varmeisoleringssevne, luft-, regn- og damptetthet, osv. Alle produkter med dokumentasjon av de aktuelle produktegenskapene blir CE-merket som et synlig bevis på at produktet oppfyller minimumskravene og at de ikke er skadelig for menneskers og miljøets sikkerhet og helse. CE-merket fungerer også som en garanti på at produsenten av produktet tar ansvar for at alle krav til produktet er oppfylt på det tidspunkt det selges.

Produkter produsert før 2014 krever ikke CE-merking eller ytelseserklæring (Sørnes et al. 2014). Materialer som ombrukes på stedet ved rehabiliteringsprosjekter rammes heller ikke av disse dokumentasjonsbestemmelsene, men dette er fordi produktene i praksis aldri når det kommersielle markedet, men ombrukes lokalt i et nytt prosjekt.

I DOK (2010), «Forskrift om dokumentasjon av byggevarer», omhandler §10 dokumentasjon av byggevarer uten CE-merking:

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

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

Dette betyr at dersom et produkt ikke har CE-merking, men ønskes å omsettes, distribueres eller markedsføres skal «*vesentlige egenskaper (...) dokumenteres i den grad de er nødvendige for vurdering av byggevarerenes egnethet til bruk i byggverk*» ifølge veiledningen til andre ledd. I tillegg skal «*vesentlige egenskaper (...) dokumenteres i henhold til en tilfredsstillende teknisk spesifisering.*» For å dokumentere disse egenskapene, skal det, ifølge veiledningen til §10, tredje ledd «*benyttes relevante beregnings-, prøvings- eller klassifiseringsstandarder*».

CE-merking alene er som regel ikke tilfredsstillende dokumentasjon. Det stilles ofte krav i norske forskrifter om supplerende dokumentasjon som angir produktets brukbarhet tilpasset til norsk byggeskikk og klimaforhold. SINTEF teknisk godkjenning er tilleggsdokumentasjon som foreligger når produkter er klarert som egnet til bruk når det anvendes som beskrevet i godkjenningen (Sørnes et al. 2014). ETA er en dokumentasjonstype som kan utarbeides for produkter som ikke dekkes av en europeisk produktstandard, og dermed ikke kan CE-merkes. ETA står for europeisk teknisk bedømmelse (European Technical Assessment), og i Norge er det SINTEF Byggforsk som har fått rollen som teknisk bedømmelsesorgan og utsteder av ETA-er.

§10 i forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK 2010) knyttes opp mot temaet ombruk og materialgjenvinning i veiledningen til §9-5; (3) i TEK10 (2010):

«I forskrift om dokumentasjon av byggevarer §10 er det krav om dokumentasjon av bærekraftig bruk av naturressurser. Det innebærer at det må dokumenteres at byggevarer har egenskaper som bidrar til at byggverket oppfyller krav til god utnyttelse av naturressurser. Egnethet for ombruk og materialgjenvinning vil være sentrale egenskaper i denne sammenheng»

Kvalitetssikring og garanti av produkter:

Ved ufullstendig og manglende dokumentasjon av materialers produkttegenskaper er det nødvendig å utføre tester for å verifisere brukbarheten av materialet. For å utføre tester må det være tilgang på identiske eksemplarer ettersom noen tester påfører varige skader og vil gjøre materialet ubrukelig i etterkant av prøvetakingen. Norsk Gjenvinning Entreprenør AS, SINTEF Byggforsk og Norsk Treteknisk Institutt er organer som kan kontaktes for utførelse av ulike tester på forskjellige materialer (Sørnes et al. 2014).

Ansvar og forsikringsforhold med tanke på garanti vil være et utfordrende tema ved gjenbruksprodukter, ettersom det ikke finnes ordninger for gjenbruksprodukter, slik det gjør ved nye (Sørnes et al. 2014).

3.9.1 Oppsummering av lovverket:

Det er kun én forskrift i TEK10 som omhandler ombruk og materialgjenvinning direkte, men denne handler kun om design *for* gjenbruk. Det ser heller ikke ut til at ombruk er noe som vil dekkes av TEK17, som i disse dager ligger ute for høring, i større grad.

Helse- og miljøfarlige stoffer, som utgjør en fare ved produksjon, montering, bruk eller avhending, er ønskelig å unngå eller begrense bruken av. Dette er også noe som er lovpålagt gjennom §9-2 i TEK10. Når det gjelder sanering av helse- og miljøfarlige stoffer er det, gjennom §9-7 i TEK10, krav om å utarbeide en miljøsaneringsrapport for prosjekter der eksisterende byggverk skal endres eller rives.

De fleste kommersielle byggevarer for salg i EØS-området skal ha dokumenterte produktegenskaper. Dette være seg enten gjennom CE-merking eller ytelseserklæring. Dersom et produkt som ikke er CE-merket ønskes å omsettes, distribueres eller markedsføres, skal vesentlige egenskaper dokumenteres i henhold til gjeldende krav.

4 Observasjon av byggebransjens erfaringer

4.1 Byggavfallskonferansen

Ikke lenge etter arbeidet med denne oppgaven startet, ble det oppdaget at Byggavfallskonferansen 2017 var like rundt hjørnet. Da dette ble ansett som en viktig arena for å få et inntrykk av bransjens holdninger og fokus når det gjelder byggavfall, ble det prioritert å delta på denne konferansen. Konferansen gikk over to dager, og det var et mangfold av foredragsholdere. Foredragsholderne var, blant andre: Geir Lippestad, Hege Rooth Olbergsveen, Rannveig Landet, Trine Dyrstad Pettersen og Eirik Wærner. Powerpointene til foredragene er tilgjengelige på Norsas sine hjemmesider (*Byggavfallskonferansen 2017 - Oslo kongressenter 2017*). Nedenfor er et utdrag fra de foredragene som anses som mest aktuelle for denne oppgaven.

Geir Lippestad, byråid for næring og eieskap i Oslo kommune

Det ble påpekt av Lippestad at byrådet i Oslo har satt seg ambisiøse klimamål, og vil med dette være med på å nå Parisavtalen. Stortinget ønsket å oppnå en bedre miljøvennlig tankegang i byggebransjen, og vedtok derfor nye regler for innovativ anskaffelse.

Hege Rooth Olbergsveen, sjefingeniør i Miljødirektoratet

Olbergsveen påpekte at for å nå de ambisiøse miljømålene satt i Parisavtalen må byggesektoren bidra. Dette betyr at graden av kildesortering, ombruk og materialgjenvinning må øke. Dette krever innovasjon og utvikling av nye markeder og forretningsmodeller. Olbergsveen trakk også frem forslag til hva både EU og Norske myndigheter kan gjøre for å nå målene satt i Parisavtalen. Hun trakk frem økte krav for kildesortering i TEK10 (2010), innføring av forskriftsregulering for nyttig bruk av lett forurenset betong og forbedret statistikk som de tre viktigste grepene som kan gjøres av norske myndigheter. Utover dette ble det nevnt: innføring av krav til materialgjenvinning av usortert avfall, økonomiske virkemidler, som for eksempel avgift på forbrenning av avfall, samt krav til håndtering av avfall som muliggjør materialgjenvinning.

Rannveig Landet, leder av NHP-nettverket

Rannveig Landet fra Byggenæringens Landsforening, trakk frem de tre foreløpige hovedmålene for den nye Nasjonale Handlingsplanen (NHP4). Det første hovedmålet ble sentrert rundt farlig avfall. Landet trakk frem viktigheten av at farlig avfall og miljøgifter bør etterstrebes å fjernes fra kretsløpet, slik at det ikke resirkuleres eller gjenvinnes. Det andre

hovedmålet handlet om materialgjenvinning. Det ene av to foreslåtte tiltak, var å forbedre bygningsavfallsstatistikken fra SSB. Det tredje hovedmålet handlet om avfallsreduksjon gjennom prosjektering for lite avfall, i tillegg til ombruk og gjenvinning.

Trine Dyrstad Pettersen, teknisk sjef i Byggevarerindustriens Forening

Trine Dyrstad Pettersen diskuterte i sitt foredrag sirkulær økonomi. Hun tok for seg avfallspyramiden og hvordan denne er sentral i handlingsplanen for sirkulær økonomi. Foredraget omhandlet også tiltak for hvordan det var oppnå de ulike nivåene i avfallspyramiden. For å oppnå avfallsreduksjon vil det være viktig å ha fokus på dette fra både byggherresiden og produksjonssiden. Dyrstad Pettersen trakk frem design for ombruk som et viktig moment for å få økt graden av gjenbruk, men påpekte at flere utfordringer står i veien for å få til dette. Miljøfarlige stoffer, manglende dokumentasjon av eksisterende produkter, manglende marked for gjenbruk, manglende forretningsmodeller sentrert rundt gjenbruk og det økonomiske aspektet, er noen av disse utfordringene bransjen i dag står ovenfor.

Samtale om fremtidens byggebransje – på vei mot grønt skifte?

På slutten av konferansen ble det gjennomført en meningsutveksling om fremtidens byggemasse med tittelen: «*på vei mot grønt skifte?*». Gjennom samtalen mellom Jonas Vevatne, Øyvind Spjøtvold, Petter Nøstdal og Cecilie Lind, kom det frem at det i dag brukes 1,6 ganger av det jorden har av ressurser, samt at ombruk og materialgjenvinning er nødvendig. Andre temaer som ble trukket frem var design for ombruk, fleksibilitet i bygget, innføring av insentiver, samt at fokuset måtte snus fra materialgjenvinning til avfallsreduksjon. Det ble også påpekt at demontering for ombruk krever fagkompetanse. Utover disse innleggene var det stort fokus på betong. Det dreide seg da først og fremst om hvordan betongmasser kan benyttes gjennom gjenvinning.

4.2 Nasjonal handlingsplan for bygg (NHP4)

5. mai 2017 ble det avholdt et møte for å avklare fokusområdene for NHP4 med tanke på avfallsreduksjon. Utgangspunktet for arbeidet er at Norge må endre forbruket sitt, slik at samfunnet klarer seg med en tiende-del av hva det gjør i dag. Dette bør gjøres uten at velferden reduseres sterkt. NHP4s nye tiltak for avfallsreduksjon dreier seg blant annet om hvordan ombruk kan være en viktig nøkkel til dette. Det ble nevnt både *design for* gjenbruk og prosjektering *med* ombruk, i tillegg til hvordan det bør prosjekteres for å minimere avfallsmengdene i byggefasen.

Ved prosjektering *med* gjenbruk ble det foreslått tiltak om:

- innføring av et større elektronisk marked for gjenbruksprodukter
- innføring av poeng i BREEAM-NOR for å benytte ombruksprodukter i nye prosjekter
- utvikling av veiledere for å demontere med tanke på ombruksprodukter
- konkrete pilotprosjekter med stor overføringsverdi
- innføring av krav om å benytte en viss prosentandel med ombruksprodukter i rehabiliteringsprosjekter
- innføring av krav om å benytte en viss prosentandel med ombruksprodukter i prosjekter der et bygg rives for å bygge nytt.

Ved *design for* gjenbruk ble det foreslått tiltak om:

- redusere bruken av kjemiske festemetoder og øke bruken av mekaniske festemidler
- Standardisere produkter
- Designe fleksible bygg som takler bruksendringer

Det siste området, som dreiet seg om avfallsreduksjon i byggeprosessen, havner utenfor oppgavens hovedtema, gjenbruksaspektet. For dette området ble det foreslått følgende tiltak:

- Mindre feil i byggebeskrivelser slik at det blir bygget riktig første gang. Feilbygging, som senere må rettes opp, genererer mye avfall.
- Benytte flere prefabrikkerte elementer, skreddersydd for det enkelte prosjekt, slik at det kommer ferdig kappet på byggeplass.

Lovverket ble også nevnt som en utfordring. Diskusjonen omhandlet i stor grad dokumentasjonskrav for produkter som skal omsettes, markedsføres og distribueres. CE-merking ble, i denne forbindelse, nevnt som en stor utfordring. CE-merking er en dokumentasjon av produktens egenskaper på det tidspunktet det selges. Det vil si at det ikke nødvendigvis er lettere å gjenbruke produkter som allerede er CE-merket. Dette er fordi CE-

merket trolig ikke lenger vil være representativt for gjenbruksproduktets egenskaper når det skal omsettes, markedsføres og distribuere på nytt ved en senere anledning. Det ble også nevnt at veien mot å få et gjenbruksprodukt som ikke er CE-merket, tilstrekkelig dokumentert med tanke på å kunne omsette, markedsføre og distribuere det på nytt, vil være både tid- og ressurskrevende. Det ble også påpekt at det er EU som styrer CE-merkingen, og at Norge i denne sammenheng har liten påvirkningskraft.

Til tross for et stort engasjement i NHP-gruppen, ble det påpekt at de store endringene som må til i bransjen vil være svært utfordrende å gjennomføre. Markedet må omlegges og stimuleres dersom gjenbruk skal bli mulig. Det økonomiske aspektet også ble nevnt i de fleste argumenter. Økonomien er styrende og vil gjøre veien mot gjenbruk svært tung å begi seg ut på, da dagens marked baserer seg på en lineær økonomi.

4.3 Intervjuer

Valg av intervjuobjekter er gjort med utgangspunkt i de kontaktene som ble opprettet gjennom samtaler og mailkorrespondanser i forbindelse med oppgaven. Disse kontaktene er blitt knyttet både på bakgrunn av anbefalinger og via Byggavfallskonferansen 2017.

Kontaktene representerer ulike ledd i verdikjeden til byggenæringen, og gir dermed et bredt perspektiv på gjenbruksholdningen og erfaringen i byggebransjen.

Intervjuene ble gjennomført uformelt skriftlig ved å sende ut spørsmål på mail til intervjuobjektene. De fleste svarene var korte og konsise i notatformat. Svarene er derfor blitt parafasert i teksten under. Svarene til intervjuobjektene for hvert delspørsmål er blitt samlet for å gjøre sammenligning enklere.

Intervjuobjekter:

Steinar Amlo, Sivilingeniør i Norconsult

Olaf Brastad, Seniorrådgiver, industri og avfall i Bellona

Jarle Drogseth, Daglig leder i Drogseth AS

Jørn Frydenlund, Salgssjef Region øst i Norsk gjenvinning

Harald Gether, Daglig leder i Gether AS

Sigurdur Gunnarsson, Prof.Dr.-Ing. i AsplanViak

Said Moqim Bani Hashem, Avdelingsleder Rådgivning i R3 entreprenør AS

Lars Henrik Moe, Avdelingsleder Riving R3 entreprenør AS

Nicolai Riise, CEO i Mad arkitekter

Odd Martin Sand, Avdeling Service og sanering i R3 entreprenør AS

Marianne Kjendseth Wiik, SINTEF Byggforsk

Eirik Wærner, Miljørådgiver og firmaets miljøansvarlige i Hjellnes Consult

4.3.1 Svar på intervju spørsmål:

Hvilke erfaringer har du eller ditt firma med gjenbruk av byggematerialer i byggeprosjekter?

Amlo har bred erfaring innen gjenbruk. Gjennom flere titalls miljøkartleggingsoppdrag har Amlo opparbeidet seg god innsikt i hva som er tilgjengelig og hva som blir gjort med materialene. Han nevner at gjenbruk av bærekonstruksjoner er blitt gjennomført i svært mange rehabiliteringsprosjekter, og at dette vanligvis er helt uproblematisk og uspektakulært. Amlo var også med på gjenbruksprosjektet Pilestredet Park gjennom Statsbygg. I dette prosjektet ble det utført flere utredninger av spesifikke materialer/installasjoner egnet til gjenbruk til gjenbrukshuset. Erfaringen ble samlet, og det ble utarbeidet flere gjenbrukskataloger. I tillegg har Amlo vært med på fem FoU-prosjekter med fokus på gjenbruk.

Wærner har ingen erfaring med ombruk i jobben han besitter i dag, men fra tidligere arbeidserfaring i Norges Miljøvernforbund, har han erfaring med salg av ombruksbyggematerialer fra bruktbuikk. Gjennom Norges Miljøvernforbund var Wærner også med på lokal ombruk, hvor rivemassene fra et stort trelastlager ble brukt til å bygge gulv i en annen del av lageret.

Tre av intervjuobjektene arbeider i R3 entreprenør AS, Bani Hashem, Moe og Sand. R3 (tidligere Norsk Gjenvinning Entreprenør) har hatt erfaring med salg av brukte byggematerialer gjennom et tidligere drevet selskap, som solgte gjenbruksmaterialer fra riveprosjekter. Dette selskapet gikk til slutt i null. Moe forteller at selv om det var gratis tilgang på materialene og komponentene gjennom riveprosjektene gjorde kostnadene ved å demontere, transportere, lagre og selge varene, at selskapet gikk i null, selv med lønnstilskudd fra NAV. R3s erfaring med salg av gjenbruksvarer er at det var svært vanskelig å drive denne formen for virksomhet. Bani Hashem, Moe og Sand nevner imidlertid at det fremdeles blir solgt vinduer, dører, kjøkken og annen innredning fra riveprosjektene, men påpeker utfordringen med at salget må skje raskt, rett fra byggeplass og at riktig kjøper må være tilstede til rett tid.

Moe forteller også at det er få byggeprosjekter som legger til grunn at det skal benyttes materialer fra eksisterende bygningsmasse. Enkelte prosjekter han har vært med på har benyttet seg av tegl og betong som ikke inneholder helse- og miljøskadelige stoffer over myndighetenes krav til oppfyllingsformål, gangveier etc. på stedet.

Både Drogseth og Frydenlund har hatt erfaring med gjenbruk av dører og vinduer. Frydenlund har også erfaring med gjenbruk av garasjeporter.

Drogseth forteller at deres firma først og fremst har erfaring med gjenbruk i form av levering til gjenvinningsmottak. Tegltakstein og skifer ombrukes i en viss grad, men da først og fremst ved rehabilitering av tak. De få gangene materialer ombrukes direkte i nytt bygg skjer dette ved mer eller mindre parallelle prosjekter, dvs. at det som skal ombrukes, demonteres og fraktes direkte til det nye prosjektet.

Gunnarsson forteller at Asplan Viak, som han arbeider for, har stort fokus på gjenbruk. Et eksempel er deres rehabiliterte hovedkontor i Sandvika nevnt i delkapittel 3.3.

Wiik henviser til erfaring med gjenbruk gjennom forskningsprosjekter og casestudier som blant annet Glitne, UPGRADE, Powerhouse Kjørbo og ZEB Multikomfort hus.

Brastad har ingen erfaring med ombruk i sin jobb, men mener at ombruk stort sett sees hos privatpersoners byggeprosjekter knyttet til privatboliger og hytter.

Riise forteller at Mad foreløpig ikke har noen konkret erfaring med gjenbruksprosjekter, men at dette er et område de ønsker å legge større vekt på. Riise forteller videre at Mad derfor har påbegynt to-tre gjenbruksprosjekter som er i tidlig utviklingsfase.

Gether forteller at de har hatt erfaring med ombruk av energianlegg. Dette viste seg å være noe problematisk da utstyret var dels slitt, og ikke evnet å levere høy nok virkningsgrad.

Hva skal til for at gjenbruk skal bli mer utbredt i byggebransjen? Hva er utfordringene?

Flere påpeker de samme utfordringene med logistikkføring (Amlo, Drogseth og Frydenlund). Ombruksmaterialer må være tilgjengelige og klare til rett tid når de skal brukes i nye prosjekter. Demontering, transport og lagring er viktige temaer å finne gode ordninger for.

De aller fleste av intervjuobjektene nevner dokumentasjon og kvalitetssikring av produkttegenskapene til gjenbruksproduktene som et viktig tema. Spørsmålet om hvem som skal stille garanti for produktet som skal ombrukes, byr også på en stor utfordring (Amlo, Bani Hashem, Moe og Sand).

Riise mener at myndighetene må komme sterkere på banen og sette krav til reduserte klimagassutslipp. Han påpeker også at gjennom å høyne avgiftene på produksjon av nye produkter, kan graden av gjenbruk i bransjen økes.

Mange av intervjuobjektene mener at dagens forskriftskrav ofte er til hinder for å benytte seg av ombruksprodukter (Amlo, Gether, Bani Hashem, Moe og Sand). Gunnarsson mener at dagens pre-aksepterte løsninger motvirker gjenbruk, og at det bør skapes en bevissthet rundt dette. Både Brastad og Gunnarsson mener begge at det bør arbeides med å finne nye pre-aksepterte løsninger som er med på å fremme gjenbruk. Brastad peker også på at gjenbruk vil kreve økt materialbevissthet. Gether mener at standardisering må til, og at dette må være profesjonelt håndtert.

Riise etterlyser gode forbildeprosjekter, men Wærner mener det mangler krav til gjennomføring av mulighetsstudier av ombruksmuligheter i bygg, slik det er i BREEAM WST01. Frydenlund mener at det ikke bør være lov å rehabilitere kontorlokaler yngre enn 10 år uten at alt inventar gjenbrukes.

Riise mener at frykten for endring i en konservativ bransje vil bli en stor utfordring for hans fagfelt. Gunnarsson mener det må skje en holdningsendring når det gjelder gjenbruksprodukter, da dagens syn på gjenbruk ofte forbindes med noe negativt. Han sier at: «det må opp en stolthet omkring alder, litt som med god rødvin og stavkirker». I dag brytes prosjekter opp i mange små avkoplede prosjekter, som fører til at samarbeidet mellom de ulike aktørene blir vanskeligere å styre mot et felles ombruksmål.

Wærner mener gjenbruk skjer i liten grad fordi prosjekthavere ikke kjenner til noen som kan ha bruk for gjenbruksmaterialene. Han mener at prisen for å drive med salg av gjenbruksvarer er for lav i forhold til lønningen, og nevner MVA-fritak i 10 år etter oppstart som et godt virkemiddel for å motvirke dette.

Det er flere som mener at det må skje en økning i etterspørsel etter gjenbruksvarer med et definert marked (Brastad, Bani Hashem og Sand). Det må skapes gode forretningsmodeller som tilrettelegger for salg av ombruksprodukter. Bani Hashem mener at det er opp til byggherre og riveentreprenør å tilrettelegge for dette salget. Moe mener det er byggherre selv som må ønske gjenbruk i prosjektet og være villig til å betale for det. Gjenbruk bør derfor være en del av tilbudsgrunnlaget. Riise mener at gjenbruk må være økonomisk lønnsomt for den som bestiller.

Frydenlund mener at prisen for gjenbruksvarer i dag er for høy i forhold til hva det er mulig å få tilbake. Prisdifferansen mellom nye og brukte materialer bør være større. Han peker også på at det bør utvikles insentivordninger for å oppmuntre til å gjenbruke materialer.

Wiik henviser til ulike tiltak og insentiver som er beskrevet i SINTEFs rapport *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer* (Sørnes et al. 2014). Et utdrag av dette finnes under delkapittelet 3.7 *Hvordan gjenbruke*.

Hvilke fordeler mener du gjenbruk kan gi?

Nesten alle intervjuobjektene nevner miljømessige fordeler ved gjenbruk. Flere peker på reduserte CO₂-utslipp som følge av reduksjon av transport og produksjon av materialene (Amlo, Bani Hashem, Moe, Riise, Sand og Wiik). Brastad mener at gjenbruk vil føre til reduksjon av klimabelastningen knyttet til produksjon og transport ved at produktets levetid forlenges. Gether og Wiik mener at økt fokus på gjenbruk vil føre til mindre uttak av råvarer. Wiik tilføyer at gjenbruk kan føre til lengre levetid på eksisterende konstruksjoner/bygninger. Wærner mener at gjenbruk vil føre til mindre økologisk fotavtrykk og lavere energiforbruk.

Riise peker også på avfallsreduksjon som en stor fordel, i tillegg til at gjenbruk vil skape økt fokus på kvalitet og varighet ved det som produseres. Frydenlund mener at gjenbruksfokus vil føre til økt bevissthet ved valg av materialer til nybygg.

Markedsfordeler blir også nevnt av intervjuobjektene. Drogseth mener at gjenbruk i prosjekter vil være positivt for omdømmet til aktørene, som vil yte godt av et «ombruksmiljøbygg». Gunnarsson mener også at gjenbruk i prosjekter vil gi en markedsfordel på grunn av økende ønske om dette blant kundene.

Både Frydenlund og Wærner mener at gjenbruk vil tilføye flere arbeidsplasser i forbindelse med lagring og sortering.

Hvilke ulemper mener du gjenbruk kan gi?

De fleste av intervjuobjektene nevner først og fremst faren for at helse- og miljøfarlige stoffer blir værende i kretsløpet, dersom gjenbruken av materialer skjer ukritisk. Wiik tilføyer vanskeligheten av å gjenbruke og sortere komposittmaterialer, og mener at bruk av gjenbruksprodukter kan føre til høyere kostander for prosjekter. Gether sammenligner gjenbruksprodukter med gamle biler; de kan se bra ut, men er teknologisk dårligere enn nye. Gether mener at dersom det ikke er mulig å legge opp til et system som sikrer at gjenbruksprodukter «yter» kvalitet, vil det være bedre å benytte nytt, og heller resirkulere det gamle.

Tidsaspektet i ulike deler av verdikjeden er også en gjenganger i intervjuobjektene svar. Amlo mener at det må påberegnes mer tid til bygg som skal rives med tanke på gjenbruksprodukter. Gunnarsson mener gjenbruk i prosjekter krever oppmerksomhet og

gjennomgående dedikasjon av både prosjekterende og utførende. Dette tankegodset er vanskelig å smelte sammen med dagens «hit-and-run» mentalitet, som Gunnarsson mener oppstår i total og generalentrepriser. Ulempen er at avgrenset tid og økonomi fører til at prosjektene ofte ender opp i en dyr og skuffende løsning, som ødelegger ryktet til en visjon om gjenbruk, som alle behøver.

Bani Hashem og Sand peker på utfordringene ved å unngå skader på gjenbruksproduktet under demontering, transport og montering. Tilpasning av gjenbruksproduktene til nytt bygg vil også by på utfordringer.

4.3.2 Oppsummering av intervjuer

Erfaringen med gjenbruk er svært varierende, og få av intervjuobjektene har bred erfaring med gjenbruk. De fleste av intervjuobjektene har kun erfaring med ombruk gjennom rehabiliteringsprosjekter, og ytterst få har vært med på gjennomføring av et rent gjenbruksprosjekt. Nedenfor er intervjuobjektene svar blitt kategorisert i hvilke fordeler, ulemper og utfordringer gjenbruk av bygningsmaterialer og -komponenter medfører, og hvilke tiltak som kan iverksettes for å øke gjenbruksandelen.

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Reduksjon av klimabelastning• Redusert CO₂-utslipp• Mindre uttak av råvarer• Lenger levetid på eksisterende konstruksjoner/ bygninger• Mindre økologisk fotavtrykk• Lavere energiforbruk• Avfallsreduksjon• Økt fokus på kvalitet og varighet ved det som produseres• Økt bevissthet ved valg av materialer til nybygg• Flere arbeidsplasser• Positivt omdømme for aktørene	<ul style="list-style-type: none">• Fare for at helse- og miljøfarlige stoffer blir værende i kretsløpet dersom gjenbruk skjer ukritisk• Vanskelig å gjenbruke og sortere komposittmaterialer• Gjenbruk kan føre til høye kostnader• Kvalitetsmessige problemer• Gjenbruksprosjekter tar mer tid• Det kan være vanskelig å tilpasse gjenbruksprodukter i et nytt bygg• Dagens prosjekteringsprosess er vanskelig å forene med gjenbruksprosessen

Utfordringer for gjenbruk:

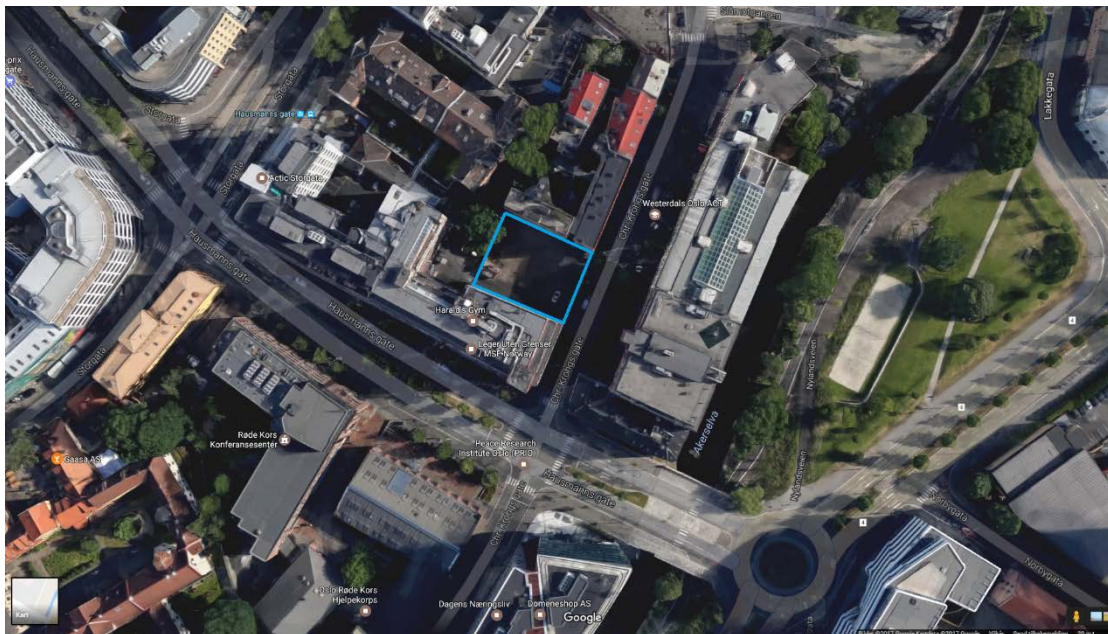
- Dokumentasjon og kvalitetssikring av gjenbruksprodukter
- Garantier og hvem som skal stille disse
- Mangel på definert marked og gode forretningsmodeller som tilrettelegger for salg av ombruksprodukter
- Dagens forskriftskrav er ofte til hinder for å benytte seg av ombruksprodukter
- Frykt for endring
- Krever holdningsendring

Tiltak for å øke gjenbruksgraden i byggebransjen:

- Utvikling av logistikken rundt gjenbruksprosjekter
- Sterkere krav fra myndighetene til reduisering av klimagassutslipp
- Justering av forskrifter for å tilrettelegge for gjenbruk
- Krav til gjennomføring av mulighetsstudier av ombruksmuligheter i bygg
- Utvikling av standardiserte og preaksepterte løsninger som fremmer gjenbruk
- Krav om gjenbruk fra Byggherre
- Økonomiske insentiver eksempelvis i form av MVA-fritak
- Høyne avgifter på produksjon av nye produkter
- Gjennomføring av gode forbildeprosjekter
- Utvikling av gode forretningsmodeller

5 Mulighetsstudie

Mulighetsstudiet skal forsøksvis avdekke muligheter og utfordringer som oppstår ved prosjektering med gjenbruksmaterialer i et nybygg for kontor og næring. Det ble valgt å legge mulighetsstudiet til Oslo, ettersom Oslo har satt seg ambisiøse mål når det gjelder klima (*Det grønne skiftet, Klima- og energistrategi for Oslo* 2015). Kommunens visjon er «nullutslippsbyen Oslo» og at «Oslo skal være en stødig pådriver og tilrettelegger for nye løsninger og endringer som baner vei for nullutslippssamfunnet». I tillegg ble det nevnt, i teoridelen, at det er forespeilet en befolkningsvekst i Oslo på 30% frem mot 2040 (Tønnessen et al. 2016). Dette vil bety et økt behov for flere arbeidsplasser og boliger, som igjen vil føre til en økning i byggeaktivitet. Oslo blir derfor ansett som et godt egnet analyseområde for denne oppgaven.



Figur 45: Flyfoto: mulighetsstudiets tomt er markert med blått omriss.³²

³² Redigert skjermbilde fra Google Maps, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://www.google.no/maps/@59.9158338,10.7593105,223m/data=!3m1!1e3>

5.1 Tomteanalyse

Prosjektet på tomten i Christian Krohgs gate 35 vil være et såkalt «infill-prosjekt». Et infill-prosjekt dreier seg om å utnytte tomrom mellom eksisterende bebyggelse som en fortettingsstrategi. Mulighetsstudiet skal være et nybygg-prosjekt, og det er derfor viktig at det ikke finnes noe eksisterende bebyggelse på tomten, da denne oppgaven ikke vil gå inn på riving vs. rehabiliteringsaspektet. I dag er Christian Krohgs gate 35 kun en parkeringsplass.



Figur 46: Infill-området er sammensatt av to eiendommer med gårds- og bruksnummer 208/118 og 208/217³³

Beliggenhet og adkomst

Tomten har sentral beliggenhet i Oslo-sentrum, med gode trafikal- og kollektivforbindelser. Nærmeste buss- og trikkeholdeplass ligger i Hausmannsgate, ca. 200 m fra adkomsten til bygget fra Christian Krohgs gate.



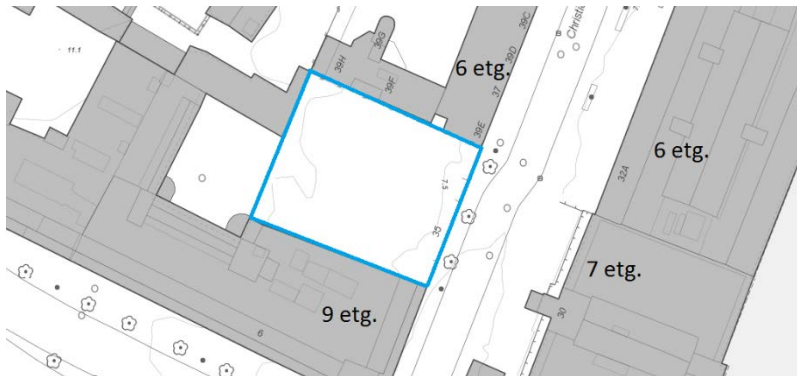
Figur 47: Kollektivforbindelser i nærheten av tomten, markert med blått omriss³⁴

³³ Redigert skjermbilde fra Oslo kommunes kart for planinnsyn, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#598364.6643348.9>

³⁴ Redigert skjermbilde fra Oslo kommunes kart for planinnsyn, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#598364.6643348.9>

Omkringliggende bebyggelse

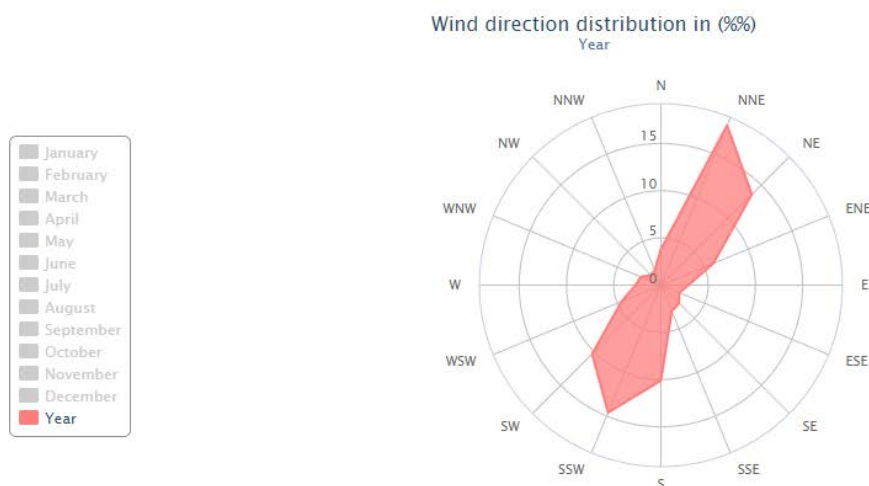
Tomtens tilgrensende nabobygg er på 9 og 6 etasjer og henholdsvis 29,5 m og 20 m høye. Byggene som ligger på andre siden av gaten fra tomten, er på 6 og 7 etasjer, på henholdsvis 22 og 25 meter.



Figur 48: Antall etasjer for omkringliggende bygninger, tomt i blått omriss³⁵

Vindforhold

Vindrosen under, viser at fremherskende vind i Oslo vil være fra sørsørvestlig og nordnordøstlig retning. Dette betyr at fremherskende vindretning går parallelt med Christian Kroghs gate. Dette gjør at gaten vil kunne fungere som en vindtunnel, dersom der er for høye bygg på hver side. Dette medfører høyere vindhastighet forbi tomten. Det er likevel viktig å påpeke at tomtens mikroklima trolig vil være noe annerledes. Dette må undersøkes nærmere ved grundigere utredelser av tomten.



Figur 49: Vindrose for Blindern, Oslo³⁶

³⁵ Redigert skjermbilde fra Oslo kommunes kart for planinnsyn, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#598364.6643348.9>, Dato: 23.04.2017

³⁶ Data for vindrosen er hentet fra <https://www.windfinder.com/windstatistics/oslo-blindern>, Dato: 23.04.2017

Solforhold

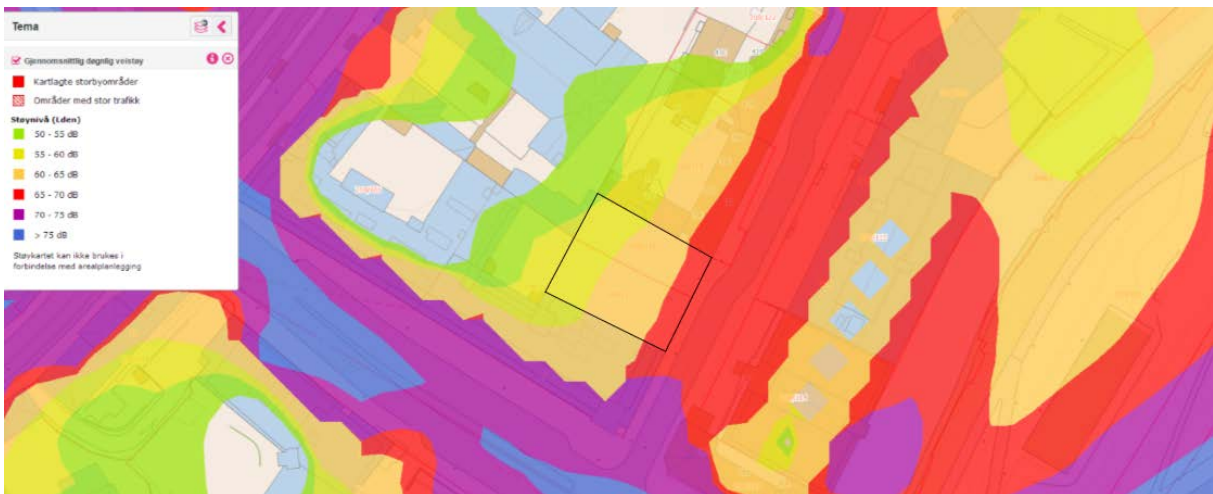
Tomtens beliggenhet og omkringliggende bebyggelse har mye å si for solforholdene på tomten. De høye omkringliggende bygningene vil skyggelegge store deler av tomten, og det vil derfor være viktig å ta hensyn til dette i utformingen av bygget.



Figur 50: Solforhold for Oslo 21. mars ³⁷

Støy

Som kartet under viser, ligger hele tomten i et støyutsatt område. Dette betyr at bygget som oppføres på tomten vil ha behov for støyreducerende tiltak på den østvendte fasaden da denne ligger i rød sone. Rød sone indikerer at støynivået vil ligge mellom 65 og 70 db.



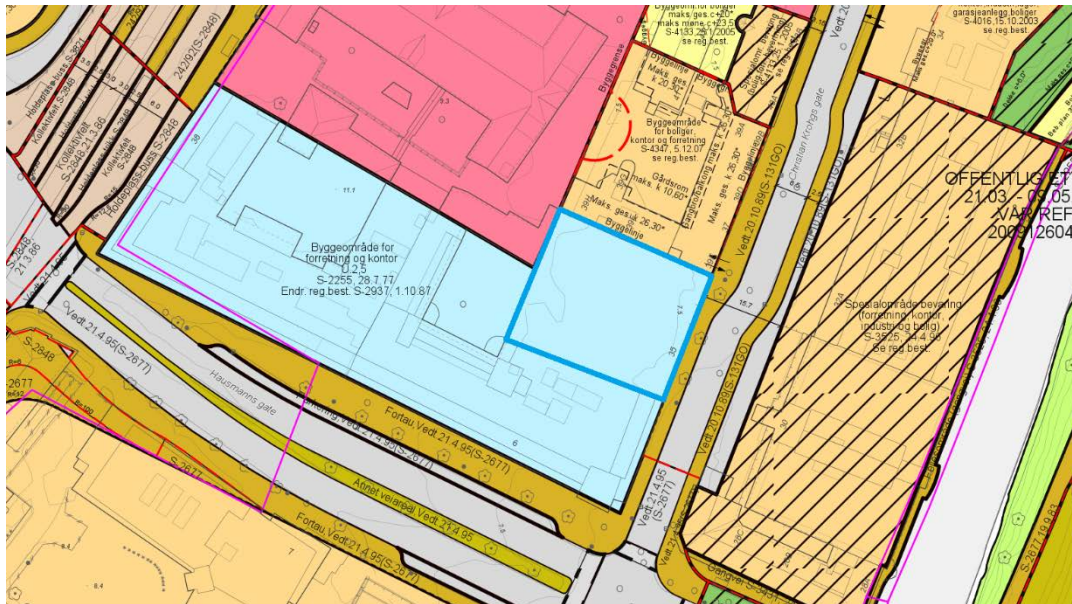
Figur 51: Støykart for området med tilhørende støyskala. Tomten er markert med svart ramme ³⁸

³⁷ Redigert skjermbilde Hentet fra: <http://suncalc.net/#/59.9159,10.7591,17/2017.03.20/14:46>, Dato: 19.04.2017

³⁸ Redigert skjermbilde fra miljøstatus sitt støykart, hentet fra <http://www.miljostatus.no/kart/?lang=no&extent=-729814|6259283|1761546|8127803&layers=261:70:&basemap=KART&opacity=48&saturation=100> Dato: 23.04.2017

Områderegulering:

Christian Kroghs gate 35 er en attraktiv tomt i Oslo sentrum, regulert i reguleringsplanen til byggeområde for forretning og kontor. Det skal derfor, i mulighetsstudiet, prosjekteres et bygg med næringslokaler i første etasje og kontorlokaler i de øvrige etasjene. Tomten er regulert til en utnyttelsesgrad på 2,5. Grunnet tomtens beliggenhet er det ikke usannsynlig at denne utnyttelsesgraden kan forhøyes.

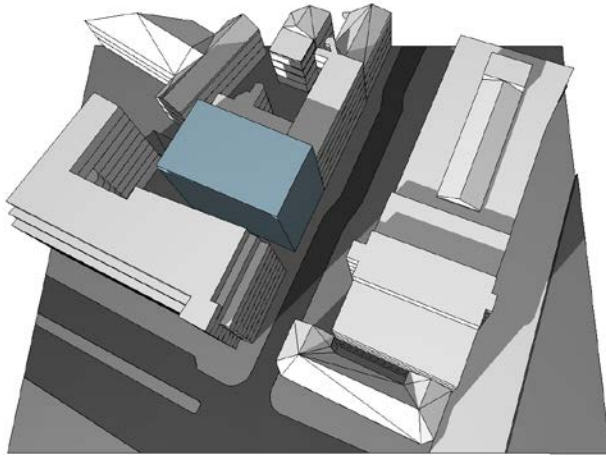


Figur 52: Reguleringskart for byggeområdet, byggetomt i blått omriss³⁹

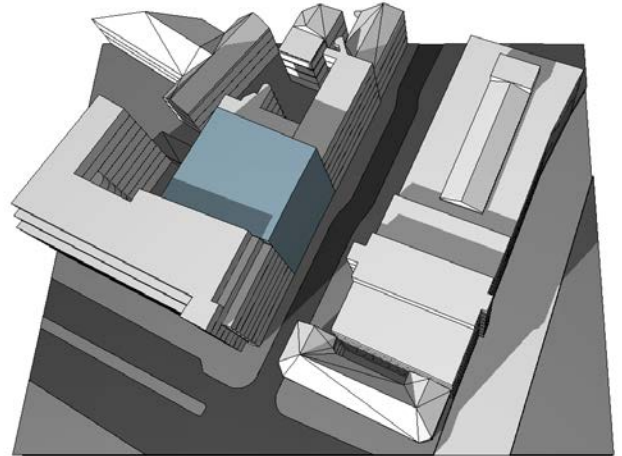
³⁹ Redigert skjermbilde fra Oslo kommunes reguleringsplan, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#598319.6643355.9>

5.2 Volumstudie

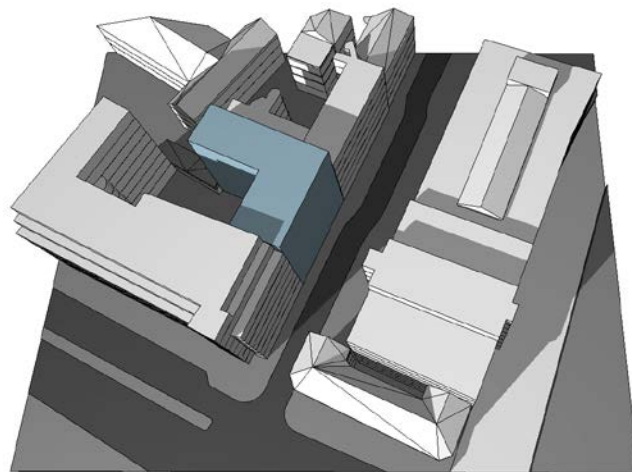
For å komme frem til et passende volum for bygget som tar høyde for de ulike fordelene og utfordringene tomten medbringer, gjennomføres volumstudiet på bakgrunn av tomteanalysen.



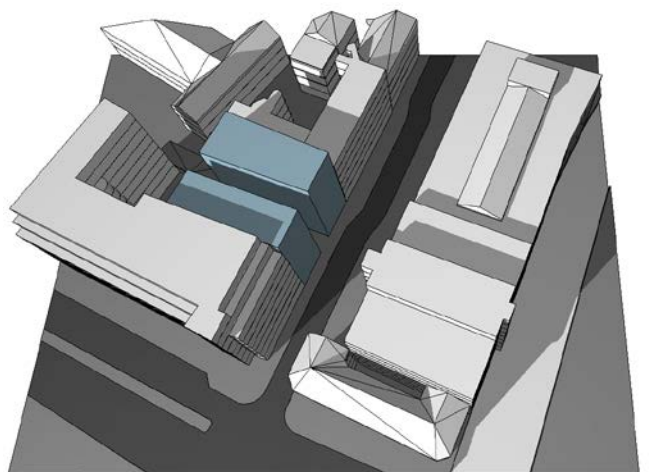
1



2



3



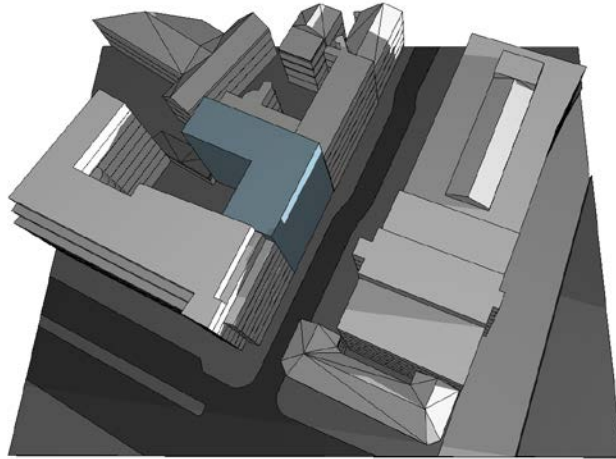
4

Figur 53: Ulike volumstudier for tomten med tilhørende solanalyse kl. 16.00 den 21. mars ⁴⁰

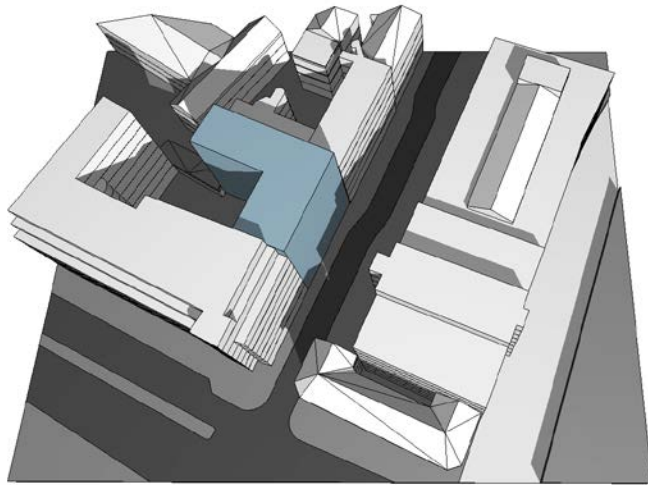
Bilde nummer 3, som viser et volum med «L»-form, vil gi mest solutsatt fasadeareal. Dette vil være en viktig faktor for kontorlokaler, og vil tillate at større deler av det innvendige arealet får gode dagslysforhold. Med denne formen skapes det i tillegg en romsligere lukket bakgård med potensial for et hyggelig uteoppholdssted for kontorlokalenes brukere.

Solstudiet på neste side presenterer en grov skisse av bygget med ønsket form. Volumet vil justeres for å tilpasses ombrukskomponentene fra rivningsmassene.

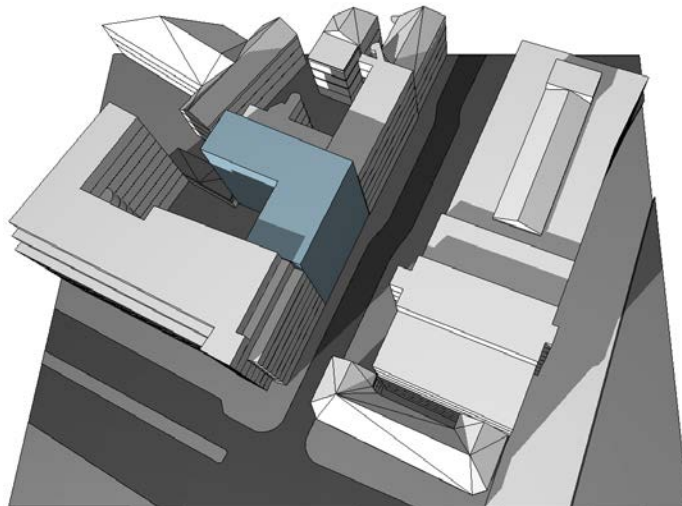
⁴⁰ Omkringliggende bebyggelse er modellert av MAD arkitekter. Volumstudier utført av Maria Mynors og Rebecca Saxe Moldekleiv



Figur 54: Bilde av sol/skygge studie for L-formet volum for kl.: 08:00, 21. mars



Figur 55: Bilde av sol/skygge studie for L-formet volum for kl.: 12:00, 21. mars



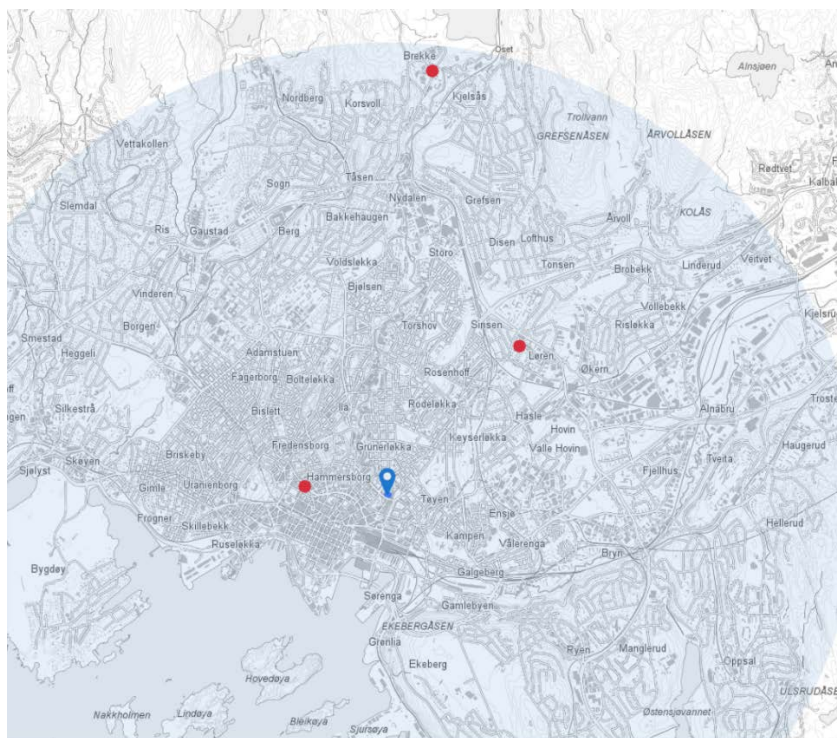
Figur 56: Bilde av sol/skygge studie for L-formet volum for kl.: 16:00, 21. mars ⁴¹

⁴¹ Omkringliggende bebyggelse er modellert av MAD arkitekter. Sol/skygge-studier utført av Maria Mynors og Rebecca Saxe Moldekleiv

5.3 Kilden til gjenbruksmaterialer

Det ble i mulighetsstudiet valgt å benytte Gorgolewski (2008) sin metode for anskaffelse av gjenbruksmaterialer fra rivningsbygg. Kildene til gjenbruksmaterialene benyttet i mulighetsstudiet, er tre riveprosjekter med beliggenhet i Frysjaveien, Sinsenveien og Universitetsgata i Oslo. Disse byggene ble funnet ved å kontakte ulike rivningsfirmaer i Oslo-området og gjennom tips fra MAD. Byggene i Frysjaveien og Sinsenveien skal rives for å legge til rette for oppføringen av nye boligblokker. Kontorlokalene i Universitetsgata i sentrum av Oslo, skal rives for å bygge nye kontor- og næringslokaler. Det observeres i dag en tendens til at næringsbygg rives for å bygge boligblokker i Oslo, da presset på boligmarkedet er stort.

Ved valg av rivningsbyggene ble byggenes plassering vektlagt. Riveprosjektene skulle være så nære tomten for mulighetsstudiet som mulig. Ved å velge rivningsklare bygg i Oslo minimeres behovet for transport fra rivningsbyggene til tomten der nybygget skal stå. Rivningsbyggene som ble valgt, ligger innenfor en radius på 6 kilometer fra tomten til mulighetsstudiet, og er mellom 54 og 31 år gamle.



Figur 57: Den blå sirkelen indikerer området dekket av 6 kilometers radiusen. Beliggenhet til nybygg i Chr. Kohgs gt 35 er markert i blått og beliggenhet til rivningsprosjektene er markert med rødt ⁴²

⁴² Redigert skjermbilde fra Oslo kommune kart for planinnsyn, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#599819,6645211,3>

5.3.1 Frysjaveien 42



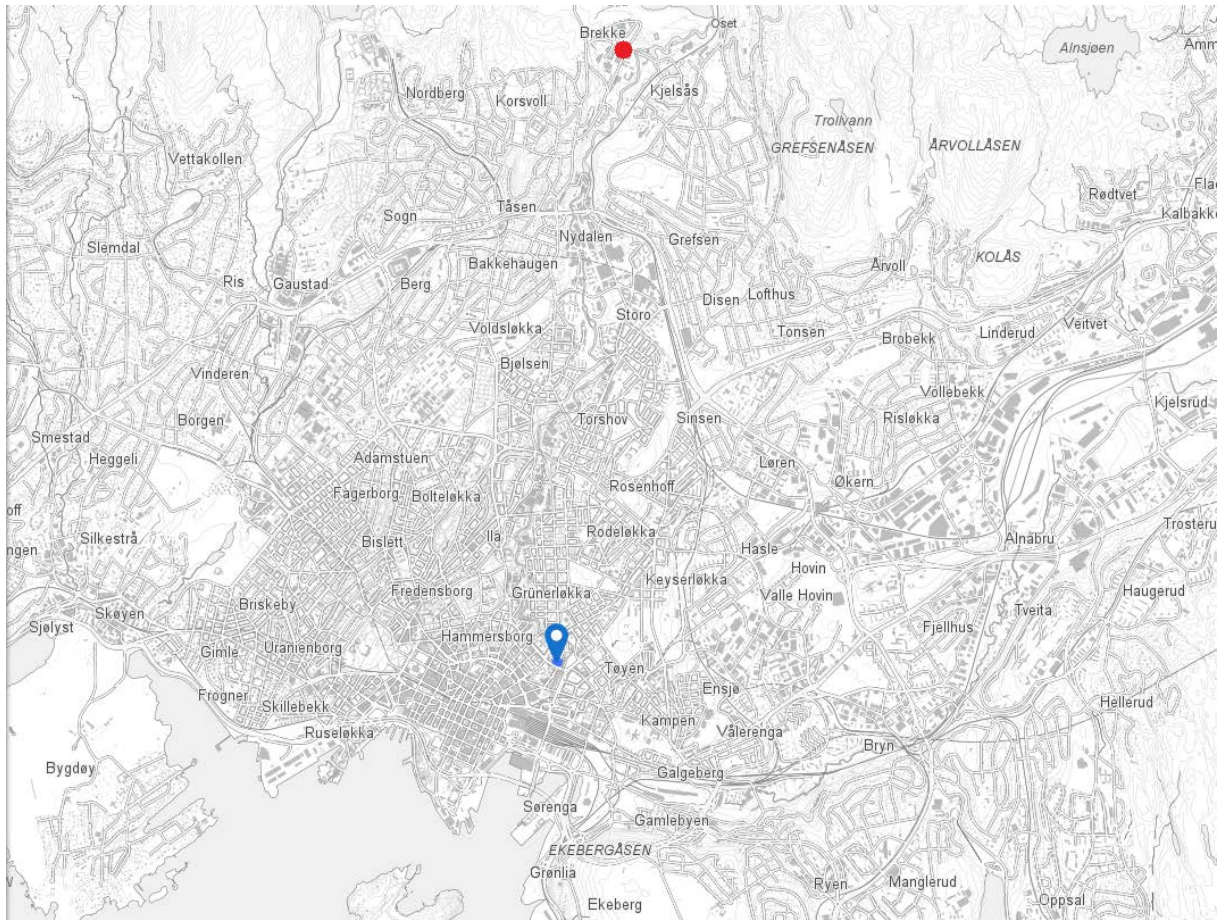
Figur 58: Bilde av Frysjaveien 42 ⁴³

Bygget i Frysjaveien 42 på Kjelsås ble påbegynt på starten av 60-tallet, med ferdigattest i 1963. I senere tid har bygget blitt utvidet og oppgradert i form av mindre påbygg og tilbygg. Bygget ble opprinnelig bygget som et trykkeri, men har hatt flere bruksområder opp igjennom årene. Nå skal bygget rives da området skal utvikles til boligformål.

Byggeår	Størrelse	Etasjer	Type	Gnr/Bnr
1963	Omtrent 12 000 m ²	3	Opprinnelig trykkeri	59/324

⁴³ Bilde tatt fra Frysjaveien på befaring, Dato: 17.05.2017, Foto: Maria Mynors

Beliggenhet



Figur 59: Beliggenhet til nybygg i Chr. Kohgs gt 35 er markert i blått, beliggenhet til rivningsprosjektet i Frysjaveien er markert i rødt⁴⁴

Dokumentasjon

I Plan- og bygningsetatens arkiver foreligger det omfattende dokumentasjon om oppføring av det opprinnelige bygget, samt påbygg i senere tid (*Plan- og bygningsetaten: Saksinnsyn - plan- og byggesaker i Oslo*). I arkivet ligger blant annet byggebeskrivelse, plantegninger, snitt og fasader tilgjengelig. Det er også opprettet en rivesak for bygget med tilhørende plantegninger.

Miljøsaneringsrapporten, tilgjengelig på plan- og bygningsetaten sine hjemmesider, inneholder viktig informasjon vedrørende miljøfarlige stoffer i dette bygget.

Miljøsaneringsrapporten, utført av R3 Entreprenør AS, avdekket en forekomst av en rekke helse- og miljøfarlige stoffer i bygget, deriblant asbest, PCB, klorparafiner, ftalater og tungmetaller.

⁴⁴ Redigert skjermbilde fra Oslo kommune kart for planinnsyn, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#599819.6645211.3>

Selv om store deler av bygget inneholder helse- og miljøfarlige stoffer, avskrives likevel ikke bygget som en potensiell kilde for gjenbruksmaterialer. Dersom det er ønskelig å gjenbruke materialer eller komponenter fra dette bygget må disse vurderes i hvert enkelt tilfelle. For eksempel bør vinylbelegg ikke ombrukes, fordi klorparafiner og ftalater kan overføres til inneluft og føre til helseskader. PCB-vinduer er forbudt å ombruke, men betong med malingrester under visse konsentrasjoner, kan gjenbrukes i noen tilfeller. Produkter som ønskes å gjenbrukes kan ikke inneholde stoffer som er forbudt, og må heller ikke avgasse farlige stoffer slik at inneluften blir påvirket (Eirik Rudi Wærner, Miljørådgiver i Hjellnes Consult, mailkorrespondanse 27.03.2017). Bygget vil også inneholde en del materialer og komponenter som ikke inneholder helse- og miljøfarlige stoffer. Disse vil være ufarlige å gjenbruke fra et helse- og miljømessig perspektiv.

Konstruksjonsbeskrivelse/byggebeskrivelse

Byggebeskrivelsen for bygget ligger tilgjengelig på Plan- og bygningsetaten sine nettsider, og gir en beskrivelse av oppbygningen til bygget. I den gjengitte byggebeskrivelse nedenfor, er det tatt utgangspunkt i byggebeskrivelsen fra byggingen av det første bygget i 1963. Da bygget har gjennomgått flere på- og tilbygg i senere tid vil det være stor variasjon i utførelsesmetodene for de ulike delene av bygget.

Fundamentering	I alt vesentlig på fjell
Grunnmur	Jernbetong 20 cm Innvending lettbetong 10 cm
Yttervegg	Lettbetong 20 cm 1/2 steins fasadeteglforblending spekket
Innvendige bærevegger	Kun ved tilfluktsrom
Trapperomsvegger	Jernbetong 15 cm 1 stens fasadeteglforblending
Andre Innvendige vegger	1 sten fasade spekket / pusset 1/2 stens fasade spekket / pusset Trevegger med gipsplater
Etasjeskillere over kjeller og/eller ikke utgravet rom	Lagerrom o.l. gulv på kult. Spisesal kontorer o.l. 20 cm kult. Magerbetong. sperreskikt 15 cm Leca 1 lag papp. avretning

Andre etasjeskillere	Jernbetong-gulv i aggregatrom
Øverste etasjeskiller	-
Takkonstruksjon og tekking	Jernbetongdragere med jernbetongplate. Lettbetong takelementer. 3 stk. 30 mm mineralull matter. Luftet tretak
Oppbygg over tak	Aggregatrom se takplan jernbetong innvendig isolert
Innvendige trapper	Jernbetong, bredde 135 cm Fri høyde 255 cm. H/B 19,7 / 27,5 Rekkverkhøyde 90 cm. Rikelig overlys
Vinduer	-

I den opprinnelige byggebeskrivelsen er det ikke oppgitt noe informasjon om vinduene, eller hva slags kvalitet disse har. Det ble på befaring observert at vinduene i bygget varierer med tanke på alder og kvalitet. Det er heller ikke oppgitt noen informasjon om isolasjonen i den opprinnelige byggebeskrivelsen fra 1963.

5.3.2 Sinsenveien 47B og 47C



Figur 60: Bilde av bygget i Sinsenveien 47B ⁴⁵



Figur 61: Bilde av bygget i Sinsenveien 47C ⁴⁶

⁴⁵ Bilde tatt fra Sinsenveien 47B på befaring, Dato: 17.05.2017, Foto: Maria Mynors

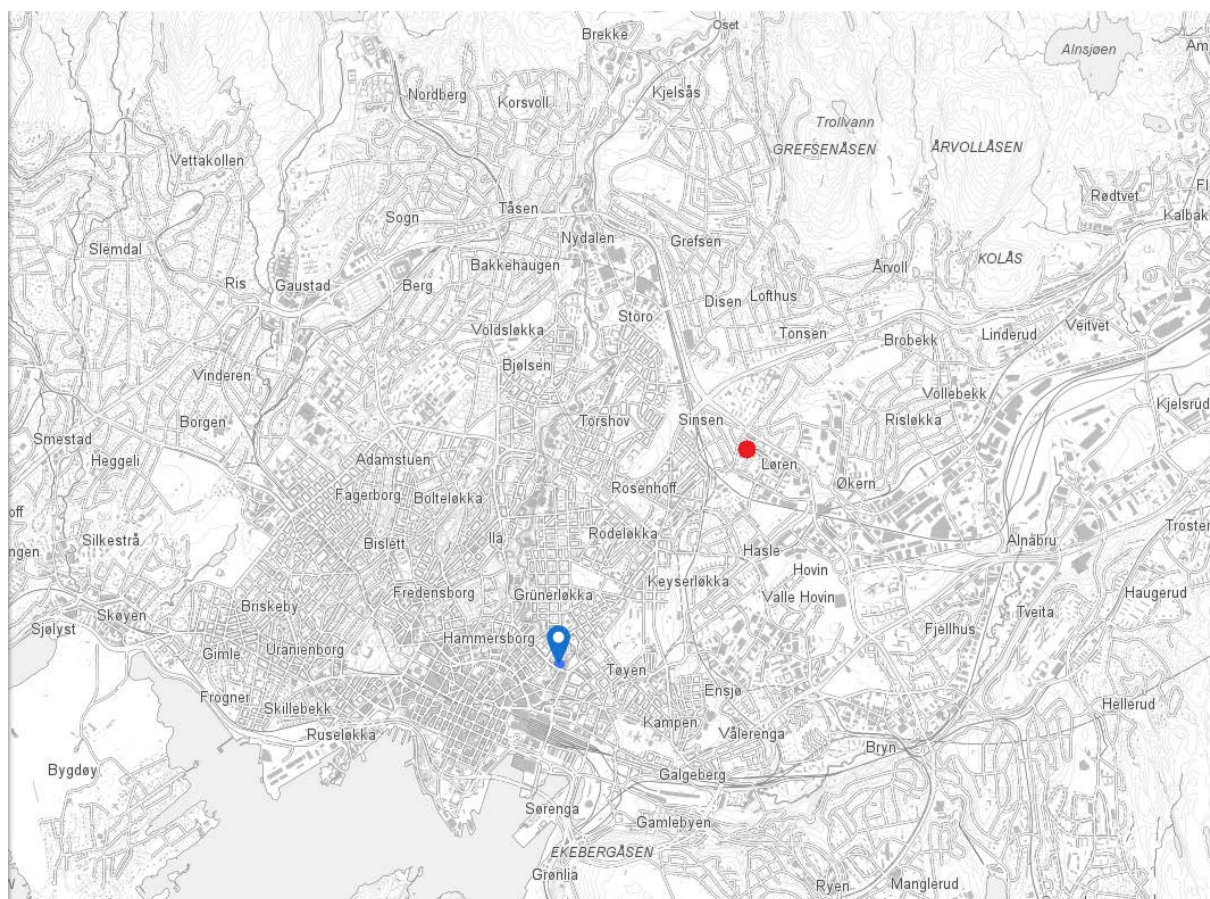
⁴⁶ Bilde tatt fra Sinsenveien 47C på befaring, Dato: 17.05.2017, Foto: Maria Mynors

I Sinsenveien 47, skal bygg B og C rives for å gjøre området tilgjengelig for boligutvikling. Disse to byggene er tilnærmet identiske og er utført av samme entreprenør.

Sinsenveien 47B				
Byggeår	Størrelse	Etasjer	Etasjer	Gnr/Bnr
1985	Ca 6000 m ²	6	Forretnings- og kontorbygg	83/1

Sinsenveien 47C				
Byggeår	Størrelse	Etasjer	Etasjer	Gnr/Bnr
1986	ca 5000 m ²	7	Forretnings- og kontorbygg	83/517

Beliggenhet



Figur 62: Beliggenhet til nybygg i Chr. Kohgs gt 35 er markert i blått, beliggenhet til rivningsprosjektet i Sinsenveien 47 er markert i rødt ⁴⁷

⁴⁷ Redigert skjermbilde fra Oslo kommune kart for planinnsyn, *Produsert av: Maria Mynors og Rebecca Saxe Moldekleiv, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#599819.6645211.3>*

Dokumentasjon

På Plan- og bygningsetaten sine hjemmesider foreligger det dokumentasjon og tegninger for byggene med blant annet planløsninger, fasadetegninger, utomhusplan og byggebeskrivelse. (*Plan- og bygningsetaten: Saksinnsyn - plan- og byggesaker i Oslo*). Byggebeskrivelsen for byggene, med beskrivelser av komponenter og oppbygning, er nyttig med tanke på å tilegne seg kunnskap om hva som har potensial for gjenbruk i et nytt bygg.

Det er også, for disse byggene, utarbeidet miljøsaneringsrapporter av R3 Entreprenør AS. Miljøsaneringsrapporten er viktig for å kunne kartlegge om det er noen materialer eller komponenter i bygget som ikke kan gjenbrukes grunnet helse- og miljøhensyn.

Konstruksjonsbeskrivelse/byggebeskrivelse

I tabellen nedenfor er byggebeskrivelsen for bygget gjengitt. Det er tatt utgangspunkt i byggebeskrivelsen som ligger tilgjengelig på Plan- og bygningsetaten sine nettsider.

Fundamentering	-
Grunnmur	Kjelleryttervegg: Betongvegger
Yttervegg	Gavler: 20 cm betong, diffusjonssperre, 10 cm mineralull, forhudningsplate, 1/2 stens teglforblending. For øvrig: platekledning, diffusjonssperre, 145 mm stålstender med 150 mm mineralull, forhudningspapp, utlekting, metallplate kledning
Innvendige bærevegger	20 cm prefabrikkert betong
Trapperomsvegger	<u>Hovedtrapp</u> : bærende A-30 stålsøyler, glassfasade med 3 lags glass. <u>Bitrapp</u> : 20 cm prefabrikkert betong
Andre innvendige vegger	95 mm stålstendervegger med enkel og dobbel (A-60) gipsplatekledning. Hulrom er isolert der det er krav til lydisolasjon.
Etasjeskiller over kjeller og/eller ikke utgravet rom	Kontorblokk: 29 cm hulldekkelementer med sparkelavretting. Tilfluktsrom: plass-støpt 40 cm betong.
Andre etasjeskillere	29 cm hulldekkelementer med sparkelavretting

Øverste etasjeskiller	29 cm hulldekkelementer
Takkonstruksjon og tekking	Over betongdekke: diffusjonssperre, isolasjon i fall 1:50 med minimum tykkelse 150 mm, papptekking, innvendig nedløp.
Oppbygg over tak	Tekniske rom, vegg: innvendig platekledning, bærende stålstendervegg med 100 mm mineralull, utlektet metallplatekledning. Tak: korrugert bærende stålplate, isolasjon og tekking
Innvendige trapper	<u>Hovedtrapp</u> : prefabrikkert betong i repos til trappeløp, fri bredde 120 cm, rekkverkshøyde 90 cm, stigning 160-164/290 mm. Røykluke 120x120 cm. <u>Bitrapp</u> : prefabrikkert betong spiraltrapp, fri bredde 90 cm, rekkverkshøyde 90 cm, stigning 178/240. Røykluke 120x120 cm.
Vinduer	Trappehus aluminiums vinduer, for øvrig aluminiumskledde trevinduer, 3 langs glass. Kontorblokk har hvert andre vindu hengslet innad slående.
Observert fra befaring og tegningsunderlag fra plan- og bygningsetaten	Kontorskillevegger av tre og glass med tilhørende dører, varmtvannsberedere, kjøkkeninventar, sanitært utstyr

5.3.3 Universitetsgata 7-9



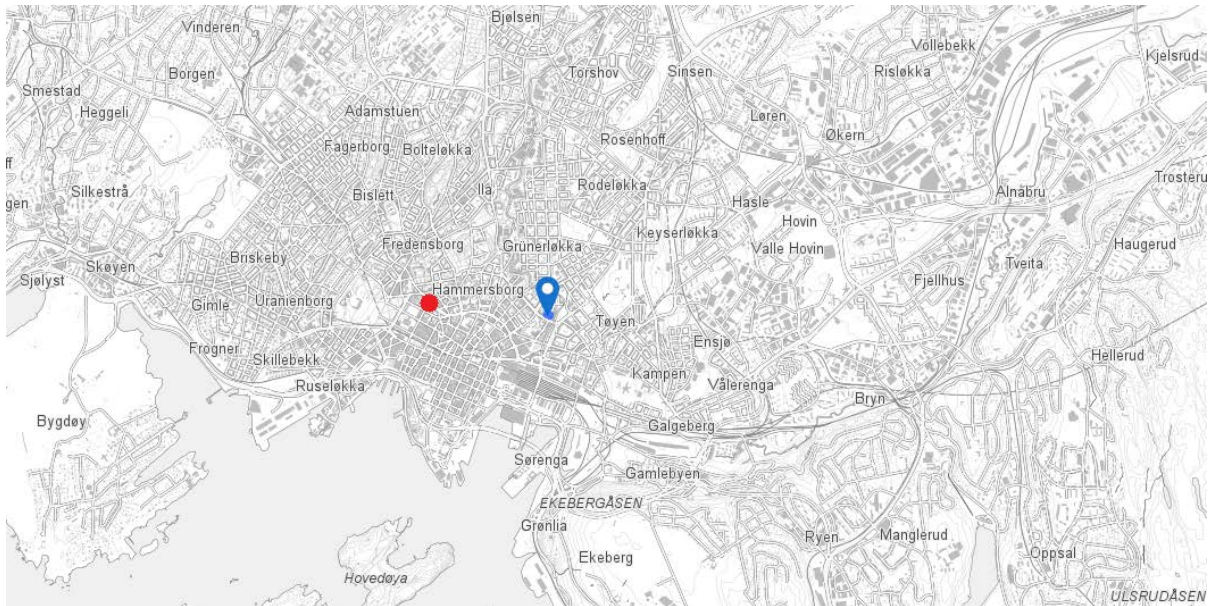
Figur 63: Bilde av bygget i Universitetsgata 7-9 ⁴⁸

Universitetsgata 7-9 er en attraktiv tomt, i Oslo sentrum, for kontor og forretningsvirksomhet. Bygget skal rives for å gjøre plass til et nytt kontorbygg. Himlingshøydene i dagens bygg er for lave med tanke på den nødvendige plassen som trengs til de tekniske føringene.

Byggeår	Størrelse	Etasjer	Type	Gnr/Bnr
1982 - 1989	ca 13 000 m ²	8	Forretnings- og kontorbygg med boligetasje	209/388

⁴⁸ Bilde tatt av Universitetsgata 7-9 på befaring, Dato: 17.05.2017, Foto: Maria Mynors

Beliggenhet



Figur 64: Beliggenhet til nybygg i Chr. Kohgs gate 35 er markert i blått, beliggenhet til rivningsprosjektet i Universitetsgata 7-9 er markert i rødt ⁴⁹

Dokumentasjon

I arkivene til Plan- og bygningsetaten foreligger det omfattende dokumentasjon og tegninger for bygget med blant annet planløsninger, fasadetegninger, utomhusplan og byggebeskrivelse (*Plan- og bygningsetaten: Saksinnsyn - plan- og byggesaker i Oslo*).

Det er utarbeidet en miljøsaneringsrapport av Norconsult AS for bygget i Universitetsgata 7-9. Denne rapporten inneholder viktig informasjon om forekomster av helse- og miljøfarlige stoffer i bygget.

Konstruksjonsbeskrivelse/byggebeskrivelse

I tabellen nedenfor er byggebeskrivelsen for bygget gjengitt. Det er også her tatt utgangspunkt i byggebeskrivelsen som ligger tilgjengelig på Plan- og bygningsetaten sine nettsider.

Fundamentering	Peler til fjell, Geoteknikk stabilitetsberegning mot nabobygg foretatt av Noteby A/S 1983, nye beregninger utført av Geoteam A/S. Gravedybde 3 - 4 m.
Grunnmur	13 mm gipsplate, diffusjonssperre, stolper 36 x 73 mm, 7 cm steinull, ca 25 cm armert betongvegg (vanntett), platonplate og lignende.

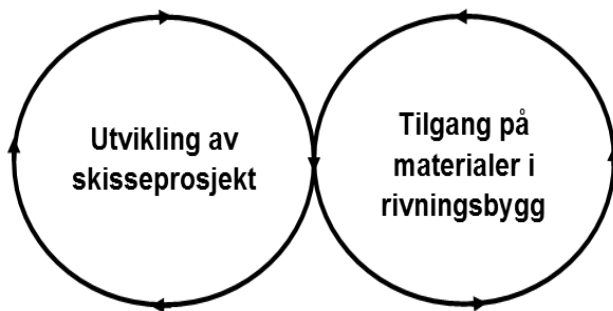
⁴⁹ Redigert skjermbilde fra Oslo kommune kart for planinnsyn, Dato: 23.04.2017, Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#599819.6645211.3>

Yttervegg	13 mm gipsplate, diffusjonssperre, stolper 42 x 98 mm, med 10 cm steinull. Mot gaten 12 mm asfaltplate og teglforblending, alternerende som prefabrikkerte elementer. Mot bakgård 13 mm gipsplate (G.U.) og utlektet platekledning.
Innvendige bærevegger	Prefabrikkerte betongsøyler og bjelker. Gavlvegger mures (A 120)
Trapperomsvegger	Armert betong/murvegger. Nødtrapper A60 innvendige konstruksjoner.
Andre innvendige vegger	-
Etasjeskiller over kjeller og/eller ikke utgravet rom	Armert betongdekke, avrettingsmasse, belegg
Andre etasjeskillere	Prefabrikkerte hulldekkeelementer, avrettingsmasse, belegg. Kjerneparti får støpt betongdekke.
Øverste etasjeskiller	Prefabrikerte hulldekkeelementer, avrettingsmasse, belegg. Kjerneparti får støpt betongdekke.
Takkonstruksjon og tekking	Prefabrikerte hulldekker, oppforet, isolert luftet, kaldt tak med platetekledning i fall min. 1:100 og rammekonstruksjon i stål/limtre som varmt tak. Isolasjon i undergurt mot kaldt loft.
Oppbygg over tak	Ventilasjonssjakter
Innvendige trapper	<u>Hovedtrapp</u> : I stål, B= 130, H=300, 17,6/29 <u>Nødtrapp</u> : Stål/betong, B=120, H=300, 18,75/23, med overlys/røykluke Rekkverk over alt: H=90
Vinduer	2 lag isolerglass, innadslående, delvis med varmereflekerende glass. Lydvinduer mot gatene.
Observert fra befaring og tegningsunderlag fra plan- og bygningsetaten	Marmorfliser, lydtafler, kontorskillevegger av treverk og glass, systemhimling, kjøkkeninventar

5.4 Kartlegging av gjenbrukspotensial til materialene og komponentene i rivningsprosjektene

I denne delen vil ombrukspotensialet til materialer og komponenter fra rivningsmassen kartlegges ved hjelp av et egenutviklet flytskjema, beskrevet lengre ned i teksten. På grunn av oppgavens begrensede tidsskjema, er det valgt å kartlegge kun et fåtall av materialene som er til rådighet. Materialene og komponentene er valgt med hovedfokus på bærekonstruksjonen og aktuelle materialer og komponenter frem mot tett nybygg.

Utvelgelsen av hvilke materialer og komponenter som skulle bli kartlagt, ble vurdert gjennom en iterativ prosess.



Figur 65: Mulighetsstudiets iterative prosess

Ulike konstruksjonsmåter og byggeprinsipper ble vurdert etter hvilke typer materialer og komponenter som var å finne i rivemassene. Nedenfor beskrives de ulike alternativene som ble vurdert.

Under kartleggingen av ombrukspotensialet til materialene og komponentene, ble det vurdert flere alternativer til oppbygningen av bæresystemet. Det ble vurdert å benytte bærende vegger av tegl, men etter et grovt anslag av mengde tilgjengelig tegl i rivemassene, ble dette alternativet avfeid. Bærende stålkonstruksjon var et annet forslag, men grunnet dårlig tilgang på tilstrekkelige mengder konstruksjonsstål, ble også dette forslaget avfeid.

Bygget i Frysjaveien har tilsynelatende bærekonstruksjon av plastøpt jernbetong noe som, så lenge massene ikke er forurenset, egner seg best til indirekte materialgjenvinning som fyllmasse eller til direkte materialgjenvinning som tilslag i ny betong ved å knuse betongmassene.

Byggene i både Universitetsgata og Sinsenveien har bæresystem av prefabrikkerte betongelementer. For Universitetsgata foreligger det noen armeringstegninger for både søyleelementene og dekkeelementene. Det er stor variasjon i kapasitet og utforming av de enkelte elementene. Denne variasjonen gjør at de nødvendige statiske beregningene blir mer komplekse ved eventuelt ombruk. Det vil også være mer krevende å arbeide med varierende elementdimensjoner og kapasiteter. Det er i denne oppgaven derfor valgt å ikke gå i dybden på kartleggingen av bæresystemet i Universitetsgata.

Sinsenveiens to bygg har enklere geometri og planløsninger, og bæresystemet anses derfor å være lettere å ombruke enn det i Universitetsgata. Valget falt til slutt på å benytte det prefabrikkerte bæresystemet av betong i Sinsenveien, og videre kartlegging av disse elementene ble dermed gjennomført.

Etter det ble bestemt å benytte de prefabrikkerte elementene som bærekonstruksjon i nybygget, ble det vurdert flere alternativer til veggoppbygning. Et alternativ var å ombruke veggkonstruksjonen fra Sinsenveien. Men fordi det var ønskelig med et annet uttrykk, enn en ren kopi av Sinsenbyggene, ble dette forslaget avfeid. Det ble også vurdert å benytte en standard veggoppbygning av stenderverk i tre med en alternativ fasadekledning. Men grunnet store mengder av tegl var det ønskelig å prosjektere en vegg som utnyttet denne ressursen fra rivningsprosjektene. Valget falt dermed på en ikke-bærende skallmursvegg av tegl.

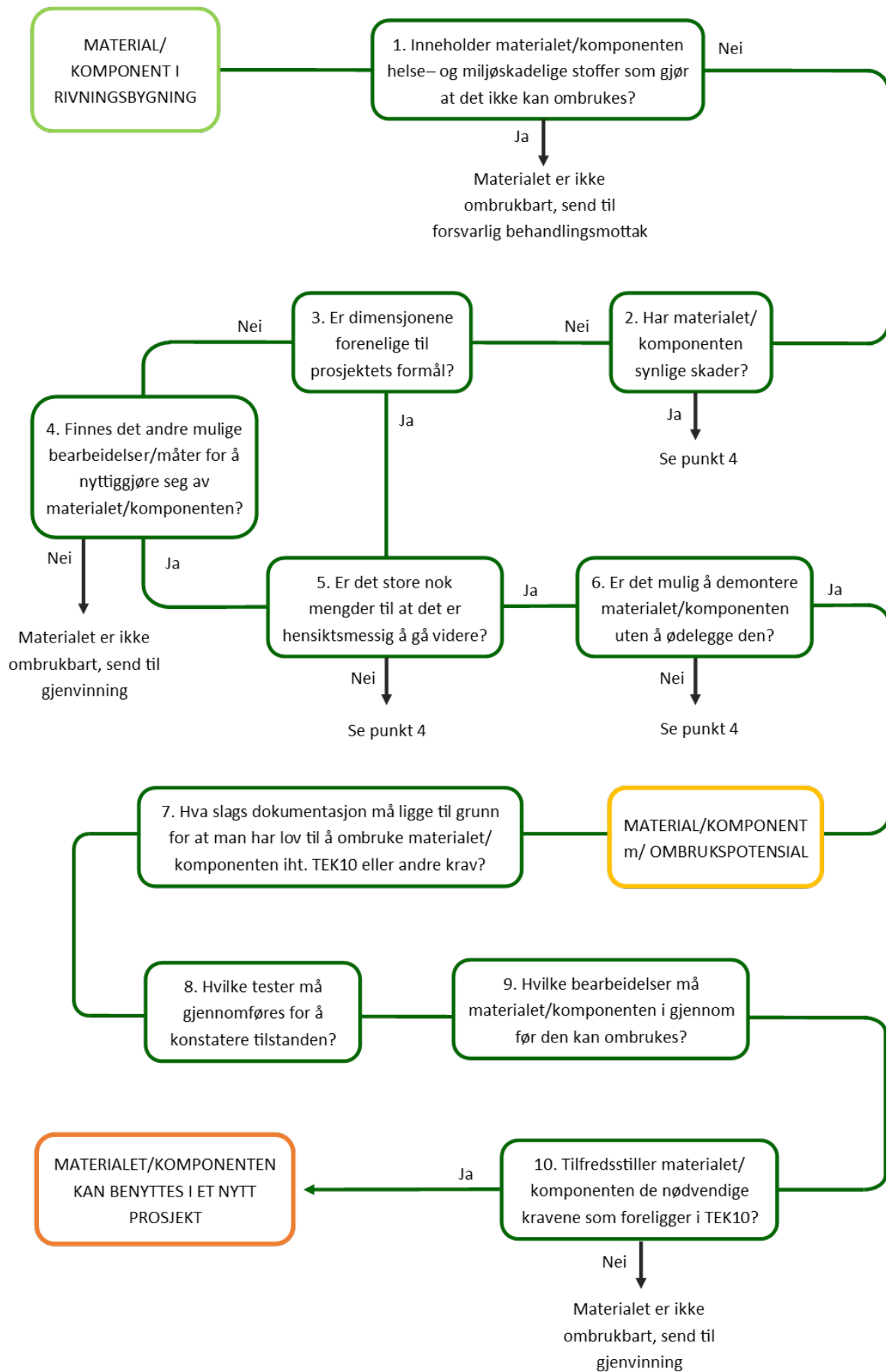
Flytskjema benyttet for kartlegging av gjenbrukspotensial til de enkelte materialene og komponentene:

Rivningsprosjektene danner grunnlaget for hvilke materialer som er tilgjengelig for gjenbruk i prosjektet. I teoridelen under delkapittel 3.9, *Hvordan gjenbruke*, ble en overordnet fremgangsmetode for å anskaffe ønskede gjenbruksmaterialer beskrevet av Addis (2012). Addis' fremgangsmåte tar utgangspunkt i at prosjektet er førende for hvilke gjenbruksmaterialer det letes etter. Punkt 4 handler om å identifisere kilden til byggevarene, og jakten etter aktuelle gjenbruksprodukter skjer på bakgrunn av hva som trengs til prosjektet etter kartlegging av punkt 1-3.

Fremgangsmetoden for mulighetsstudiet skiller seg fra Addis' metode på punkt 3, fordi kilden til gjenbruksproduktene vil være førende for prosjektet, og ikke motsatt. Prosjektet blir utformet på bakgrunn av de materialer og komponenter som finnes i rivningsbyggene. I Addis' metode letes det, i flere mulige gjenbrukskilder, etter spesifikke materialer som ønskes til prosjektet.

Når det kommer til punkt 5 og 6 i Addis' metode er gjenbruksproduktet identifisert og skal kartlegges for mulig gjenbruk. Flytdiagrammet som benyttes i dette mulighetsstudiet konsentrerer seg om ombrukspotensialet til enkelte bygningskomponenter, og vil være en utdyping av punkt 5 og 6 i Addis' fremgangsmetode.

Når aktuelle gjenbrukskomponenter og -materialer lokaliseres i rivningsobjektene, tas flytdiagrammet i bruk for å kartlegge potensialet til komponentene og materialene ytterligere. Ved bruk av flytdiagrammet er det viktig å bruke skjønn. Det er ikke alle spørsmål som er like svart-hvitt som de fremkommer. Flytdiagrammets rekkefølge er kun veiledende og vil variere for de ulike materialene og komponentene. I virkeligheten vil dette være en prosess hvor flere spørsmål undersøkes parallelt, og ikke en suksessiv rekke slik det er vist i flytdiagrammet.



Figur 66: Flytdiagram for vurdering av gjenbrukspotensial til materialer og komponenter

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Desto mer dokumentasjon som er tilgjengelig av et materiale/komponent, desto lettere vil det være å avgjøre gjenbrukspotensiale til materialet/komponenten. Innhenting av tegningsunderlag vil være viktig for den videre kartleggingen. Dersom tilgangen til slik dokumentasjon er vanskelig å oppdrive, kan det være risiko for å bruke mye tid på komponenter og materialer som ikke lar seg ombruke. Dimensjoneringstegninger, armeringstegninger, byggetegninger og plantegninger inneholder viktig informasjon om komponentenes brukbarhet, og blir et nyttig verktøy for videre kartlegging. Slik dokumentasjon vil være viktig med tanke på demontering og vurdering av komponentens dimensjoner. En tommelfinger-regel er derfor at desto mer dokumentasjon som er tilgjengelig, desto lettere og billigere blir kartleggingsprosessen. FDV-dokumentasjon vil også være en nyttig kilde til ekstra informasjon om byggets tilstand.

Helse- og miljøskadelige stoffer:

Dersom en komponent inneholder miljøfarlige stoffer er det ønskelig å fjerne disse stoffene fra kretsløpet, og komponenten blir dermed kategorisert som lite gjenbruksvennlig. En miljøsaneringsrapport vil være et nyttig verktøy for denne delen av kartleggingsprosessen. Produkter som ønskes å gjenbrukes kan ikke inneholde stoffer som er forbudt, og må heller ikke avgasse farlige stoffer slik at inneluften blir påvirket (Eirik Rudi Wærner, Miljørådgiver i Hjellnes Consult, mailkorrespondanse 27.03.2017).

Synlige skader:

Dersom en del av materialet/komponenten har synlige skader betyr dette ofte at materialet/komponenten ikke kan ombrukes grunnet tekniske årsaker, eller ikke egner seg grunnet estetikk. Dette innebærer ofte en ekstra kostnad ved bearbeiding for å få materialet/komponenten tilbake til brukbar tilstand igjen.

Dimensjoner:

Dimensjonene til materialer/komponenter vil ofte være avgjørende for mulig ombruk. Ved uforenelige dimensjoner vil det som regel være fire valg;

- Endre designet til nybygget slik at dimensjonene blir forenelige
- Bearbeide ombrukskomponenten slik at dimensjoner blir forenelig med nybyggets design
- Forkaste materialet/komponenten og se etter andre alternativer
- Benytte deler av komponenten til et nytt produkt

Hvilket valg som gir mest igjen blir en skjønnsmessig vurdering avhengig av hvor langt designprosessen er kommet og hva det er behov for.

Mengder:

Dersom mengden gjenbruksmateriale fra rivningsbygget er mindre enn det reelle behovet i nybygget, må det vurderes om det er ønskelig å benytte de mengdene det er mulig å få tak i fra rivningsbygget, og deretter supplere med tilsvarende nytt materiale eller annet tilsvarende materiale fra andre rivningsbygg.

Demontering:

Dersom demontering ikke lar seg gjøre uten å skade eller ødelegge komponenten, er det ikke hensiktsmessig å gå videre med kartleggingen. Slik informasjon er dessverre ikke alltid mulig å få tak i før det går i gang med demontering av bygget. Noe tegningsunderlag vil kunne gi nyttig informasjon om gjennomføringen av demontering.

Material/komponent med ombrukspotensial:

Materialet/komponenten viser ombrukspotensial for det aktuelle prosjektet etter foreløpig kartlegging.

Dokumentasjonskrav:

Ved prosjektering av nybygg er det mange krav som skal oppfylles med tanke på både oppføring og materialbruk. Det er derfor viktig å kartlegge hva slags dokumentasjon som bør ligge til grunn før komponenten eller materialet kan tas i bruk, og evt. hvilke dispensasjoner som vil være nødvendige.

Tester:

I noen tilfeller vil krav eller design kreve at materialets/komponentens egenskaper testes. Disse testene bør kartlegges, beskrives og gjennomføres.

Bearbeidelse:

Mange av materialene/komponentene vil kreve reparasjon, bearbeidelse, eller rehabilitering før det kan ombrukes. Hva som bør gjøres og hvordan det er mulig å gjennomføre, bør undersøkes og beskrives.

Materialet/komponenten kan benyttes i et nytt prosjekt:

Etter å ha gjennomgått flytdiagrammet for kartlegging av materialenes og komponentenes gjenbrukspotensial vil noen materialer og komponenter ha stort potensial for enten ombruk eller gjenvinning. Disse materialene/komponentene vil, etter gjennomgått flytdiagram, ha en gjennomføringsplan for hvordan det er mulig å få materialet fra grav til vugge.

5.4.1 Søylar

Søylene som skal kartlegges er fra byggene i Sinsenveien B og C, og er prefabrikkerte betongsøylar med to ulike lengder.

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Det ble funnet plantegninger av byggene som viser søyleplassering og ytre dimensjoner. Det ble også forsøkt å finne armeringstegninger for søylene ved å kontakte firmaet som stod bak dimensjoneringen, men det viste seg å være vanskelig å oppdrive. Det finnes dermed ingen eksakt dokumentasjon om søylenes beregnede kapasitet, men det er likevel mulig å gjøre noen antagelser om søylenes dimensjonerende kapasitet, ut i fra deres plassering, og hva de bærer i dagens bygg.

Miljøskadelige stoffer:

Miljøsaneringsrapporten fra R3 viser ingen tegn til at betongen i søylene inneholder miljøfarlige stoffer, men malingen som søylene er overflatebehandlet med inneholder sink over normverdier. Verdiene er likevel under grensen for hva som betegnes som farlig avfall, og faller dermed under betegnelsen forurenset materiale. Det største problemet med helse- og miljøfarlige stoffer, er der det er fare for avgassing eller utlekking til omgivelsene. Utlekking av forurensende masser vil først bli et problem ved avhending og deponering, eller der stoffene er montert/plassert/benyttet på en slik måte at de står i direkte kontakt med jorden, som ved utvendig bruk.

Betongsøyleelementene vil ikke være i direkte kontakt med bakken/grunnen dersom de benyttes innvendig i det nye bygget også, og utgjør dermed ingen særlig helse- eller miljøskadelig fare ved ombruk. Likevel bør det utvises forsiktighet med tanke på svevestøv som kan oppstå ved demontering, bearbeiding og montering. Eventuell mellomlagring må også oppfylle krav til forsvarlig lagring med tanke på forurensning, tyveri og skader.

Synlige skader:

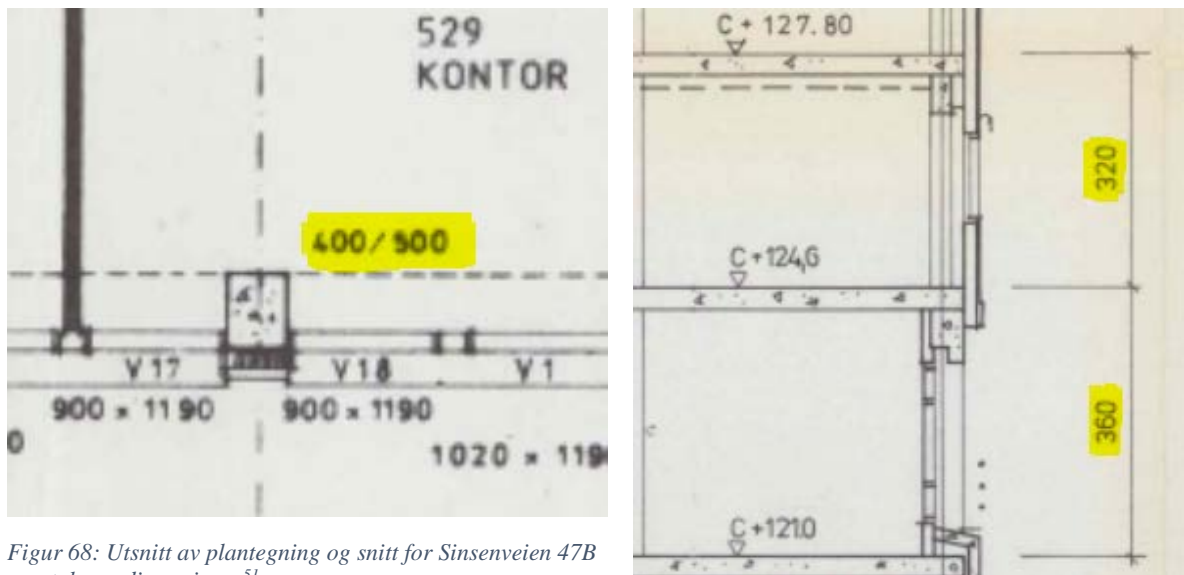
På befaring ble det ikke observert noen synlige skader. Likevel er det sannsynlig at det ved demontering oppdages at ikke alle søylene er i like god stand, og det må påregnes en viss andel svinn fordi noen søylar ikke vil egnes til vidare ombruk.

Dimensjoner og kapasitet:

Armeringstegninger for søylene mangler, men med utgangspunkt i dagens situasjon er det likevel mulig å si noe om kapasiteten og videre potensial i nytt bygg. Søylene er rektangulære med tverrsnittet 400x500mm, og med lengder på 3200 mm og 3600 mm. Søylene har konsoller på tverrsnittets langside, parallelt med byggets langside, hvor dragerelementene har opplager. Alle søylene har likt tverrsnitt, men det er sannsynlig at det har blitt prosjektert med minkende kapasitet oppover i etasjene. Ved ombruk av søylene bør gridsystemet, lastbilde og etasjeplassering adopteres for hver søyle så langt det er mulig. På den måten trengs det minst mulig forsterkninger i det nye bygget.



Figur 67: Bilde av søyle-drager-skjøt fra befaring i Sinsenveien 47B⁵⁰



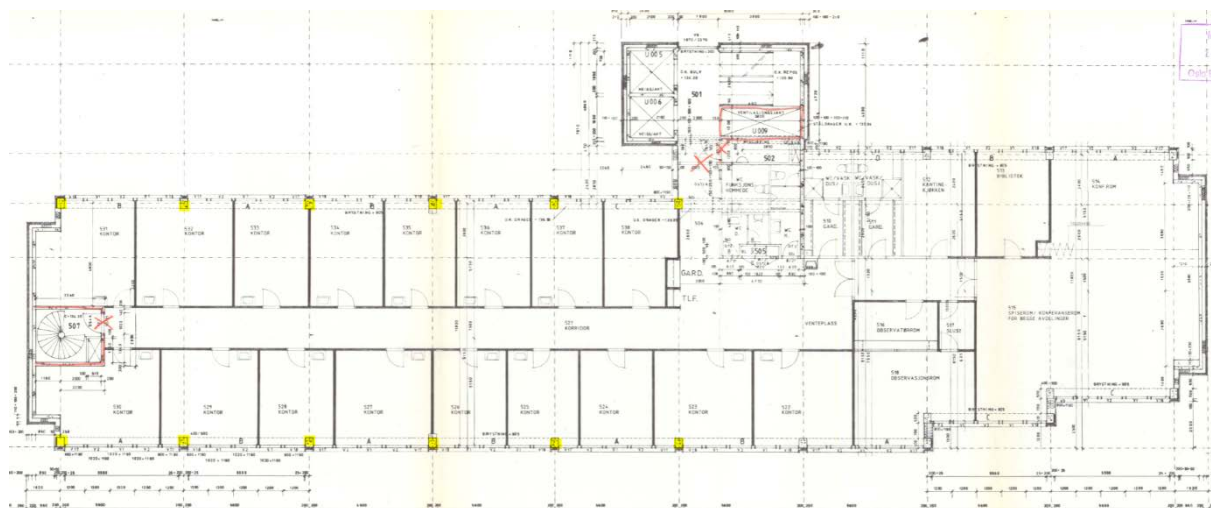
Figur 68: Utsnitt av plantegning og snitt for Sinsenveien 47B av søylenes dimensjoner⁵¹

⁵⁰ Bilde tatt på befaring av Sinsenveien 47B, Dato: 14.02.2017, Foto: Rebecca Saxe Moldekleiv

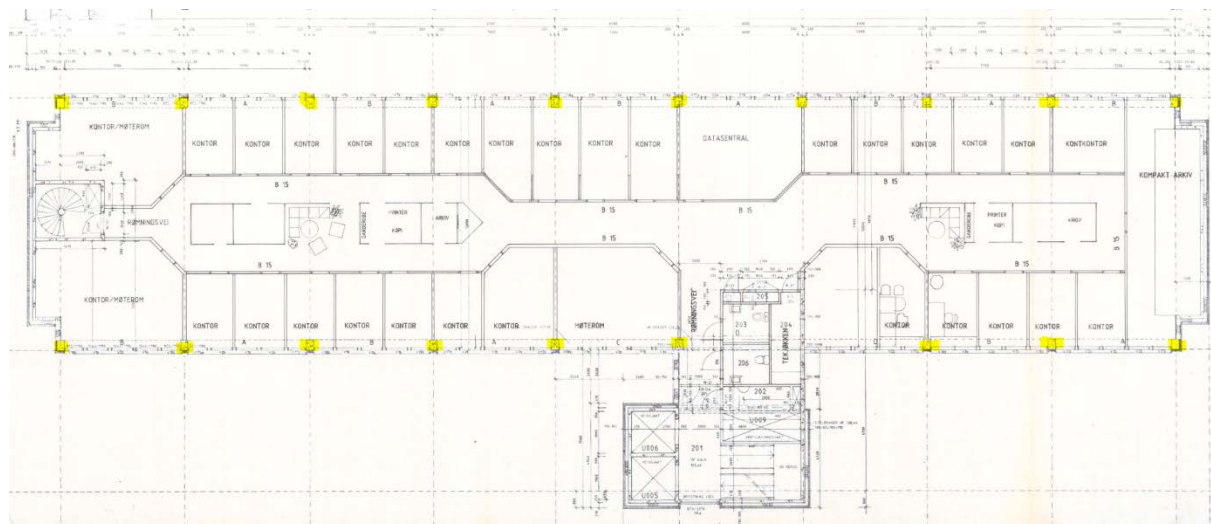
⁵¹ Plantegninger av Sinsenveien 47B er hentet på Plan- og Bygningsetatens hjemmesider, Dato: 27.02.2017, Tilgjengelig på: <http://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?mode=&caseno=198450454>

Mengder:

På neste side er det presentert en tabell hvor det er forsøkt å klassifisere søyler med lik kapasitet (hvor mye vekt de bærer) etter hvilken etasje de er funnet i og hvilket grid de står i. Hvilket grid de står i er avgjørende, da det sier noe om hvor mange kvadratmeter last hver søyle bærer. Søylene i Sinsenveien som står i et 11500x6000 grid og bærer dekker med en tykkelse på 290 mm. I opptellingen nedenfor er kun søyler som står i dette gridet med denne lasten medregnet.



Figur 69: Utsnitt av plantegning for Sinsenveien 47B; gul markering angir hvilke søyler som medregnes i mengdebergeningene⁵²



Figur 70: Utsnitt av plantegning for Sinsenveien 47C; gul markering angir hvilke søyler som medregnes i mengdebergeningene⁵³

⁵² Snittegning av Sinsenveien 47B hentet på Plan- og Bygningsetatens hjemmesider, Dato: 27.02.2017, Tilgjengelig på: <http://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?mode=&caseno=198450454>

⁵³ Snittegning av Sinsenveien 47C hentet på Plan- og Bygningsetatens hjemmesider, Dato: 27.02.2017, Tilgjengelig på: <http://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?mode=&caseno=198450454>

Sinsenveien 47B	Antall søyler med dimensjonen 400x500x3200 som står i et	Antall søyler med dimensjonen 400x500x3600 som står i et
Etasjeplassering	11500x6000 grid	11500x6000 grid
U	-	-
1	-	12
2	12	-
3	12	-
4	12	-
5	12	-
6	12	-
SUM	60	12
Antall lengdemeter	192 m	43,2 m

Sinsenveien 47C	Antall søyler med dimensjonen 400x500x3200 som står i et	Antall søyler med dimensjonen 400x500x3600 som står i et
Etasjeplassering	11500x6000 grid	11500x6000 grid
U	-	-
1	-	19
2	19	-
3	19	-
4	19	-
5	19	-
6	19	-
7	19	-
SUM	114	19
Antall lengdemeter	364,8 m	68,4 m

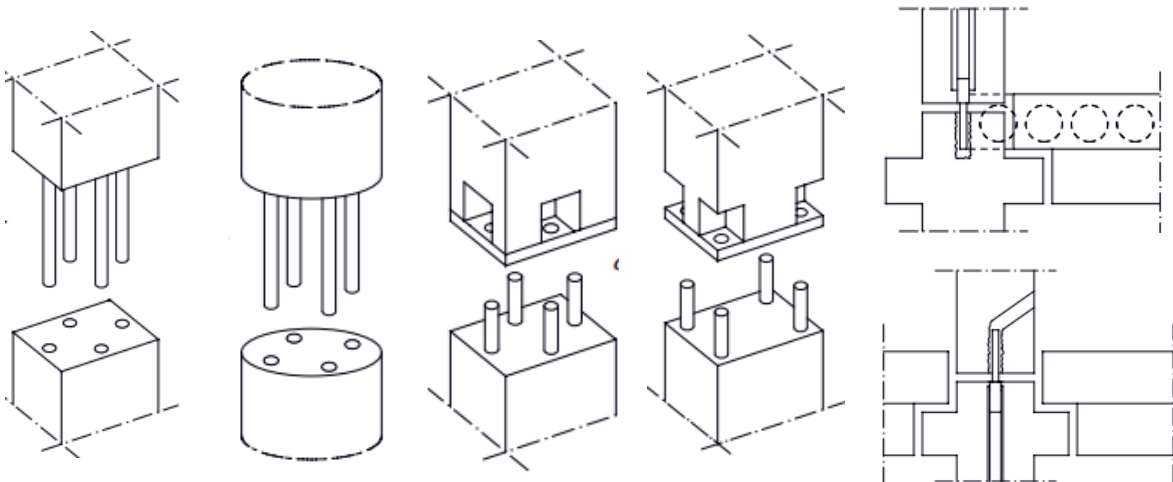
Antall søyler for begge bygg	174	31
Antall lengdemeter m/søyle for begge bygg	556,8 m	111,6 m

Demontering:

En felles utfordring for alle deler av bæresystemet, vil være demontering og frakt til ny lokalisasjon. Dette vil være en kritisk del av ombruksprosessen, da det er stor risiko for at elementene kan skades når de løftes ut av bygget og fraktes videre. En mulig måte å hindre skader ved demontering er å studere hvordan elementer monteres i dag, og deretter reversere denne prosessen etter beste evne. Det anbefales, så langt det går, å ikke foreta noen endringer av søyleelementene ved eksempelvis avkutting eller boring. Stropper og andre ikke-ødeleggende løfteanordninger er dermed å foretrekke.

Demontering av søylene vil avhenge av hva slags type opplager som er blitt benyttet i rivningsbygget. På grunn av manglende dokumentasjon, og fordi det under oppgavens periode ikke var mulig å få tilgang til denne informasjonen ved befaring, er det umulig å vite hva slags type opplager som er blitt benyttet i byggene. Dette må utredes ved en mer omfattende befaring eller en type prøverivning av en del av bygget.

Nedenfor er det skissert eksempler på ulike forankringsmåter på hvordan disse opplagene kan utføres eller er blitt utført. Det vil finnes flere variasjoner av disse.



Figur 71: Eksempler på typiske søyleskjøter⁵⁴

Ombrukspotensial:

Etter gjennomgått flytskjema konkluderes det med at søylene viser ombrukspotensial og er aktuelle for videre bruk. Søylene må justeres for å tilpasses skisseprosjektet, samtidig som designet til skisseprosjektet må tilpasses bæresystemets grid og lastbilde. Forslag til tilpasning av søylene til nybygget vil belyses senere.

⁵⁴ Bilde hentet fra Betongelementboken, side 157 i bind C kapittel 7.2, Dato: 22.04.2017 Tilgjengelig fra: <http://www.betongelement.no/betongbok/default.asp>

5.4.2 Dragere

Dragerne som kartlegges er prefabrikkerte betongdragere fra Sinsenveien 47 B og C.

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Det er ikke spesifisert dragerdimensjoner i tegningene, byggebeskrivelsen eller de håndskrevete lappene som ligger tilgjengelig på Plan- og bygningsetatens hjemmesider (*Plan- og bygningsetaten: Saksinnsyn - plan- og byggesaker i Oslo*). Det ble forsøkt å kontakte firmaet som var ansvarlige for dimensjoneringen av dragerne i bygget, men det viste seg å være vanskelig. Det er dermed verken kunnskap om dragernes dimensjoner eller dragernes kapasitet. Dimensjonene kan likevel anslås ved å måle på befaring i bygget og ut ifra snitt-tegninger tilgjengelig på nett. Ut ifra disse dimensjonene er det mulig å gjøre noen antagelser om dragernes dimensjonerende kapasitet.

Miljøskadelige stoffer:

Miljøsaneringsrapporten som foreligger for byggene i Sinsenveien, utarbeidet av R3 Entreprenører AS, viser at betongen i dragerne ikke inneholder miljøfarlige stoffer. I likhet med søylene, er dragerne overflatebehandlet med en hvit maling som inneholder sink over normverdier. Her vil samme forhold som for søylene gjelde, med tanke på ombrukspotensial og mellomlagring.

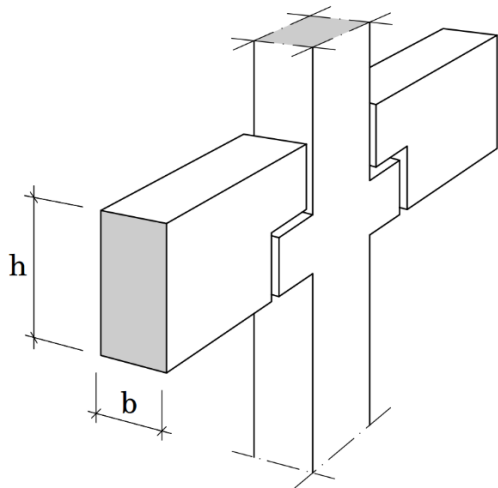
Synlige skader:

Det ble ikke observert noen synlige skader på dragerne ved befaringen av byggene. Det må likevel tas høyde for at det ved demontering oppstår skader, eller avdekkes skader som ikke er synlig ved befaring. Det må dermed regnes med at noen dragere ikke egner seg for ombruk.

Dimensjoner og kapasitet:

Da det ikke finnes noen dokumentasjon på dragernes dimensjoner eller kapasitet, er det gjort et overslag av dette med grunnlag i tilgjengelige plan- og snitt-tegninger. Dragerne er såkalte RB-bjelker med rektangulært tverrsnitt og neseopplegg på søylenes konsoller.

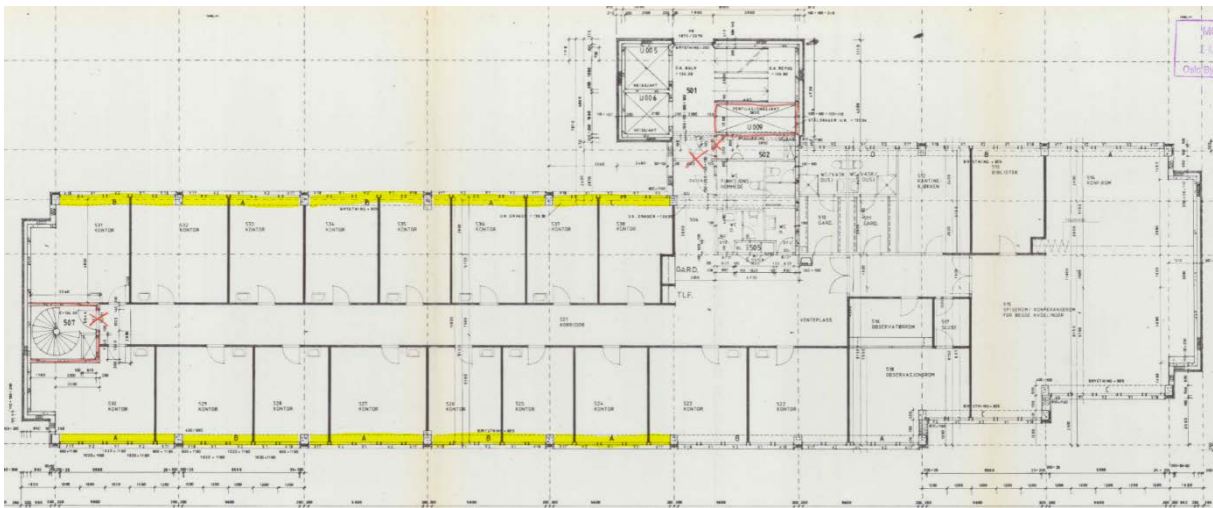
Tverrsnittsdimensjonen til dragerne er anslått å være 300 x 500 mm. Dette er anslått ut fra snittegningene for bygget i Sinsenveien 47C, og vanlige tverrsnittsdimensjoner for RB-bjelker fra betongelementboken (Betongelementforeningen 2010). Betongdragerne har en lengde på 5600 mm. Dermed vil dragernes ytre dimensjoner være: 300 x 500 x 5600 mm.



Figur 72: eksempel på overgang mellom RB-dragere med neseopplegg og søylekonsoll⁵⁵

Mengder:

Med utgangspunkt i plantegningene for bygget er det gjort et anslag av antall dragere med dimensjonene 300 x 500 x 5600 som finnes i byggene. Ut fra snittegningen ble det observert at dragerne i første etasje har en annen utforming, det vil derfor ses bort ifra disse. Da dragerne i 7. etasje i C bygget kun bærer takkonstruksjonen, kan disse ha en annen dimensjonert kapasitet enn de øvrige dragerne. Det samme vil gjelde for 6. etasje i B bygget. Disse dragerne er derfor heller medberegnet i summen av drager dimensjonert for brukslast. På neste side er det utarbeidet to tabeller med antall drager og antall løpemeter drager for hver av byggene i Sinsenveien.



Figur 73: Dragere fra Sinsenveien 47B medtatt i beregningene markert i gult⁵⁶

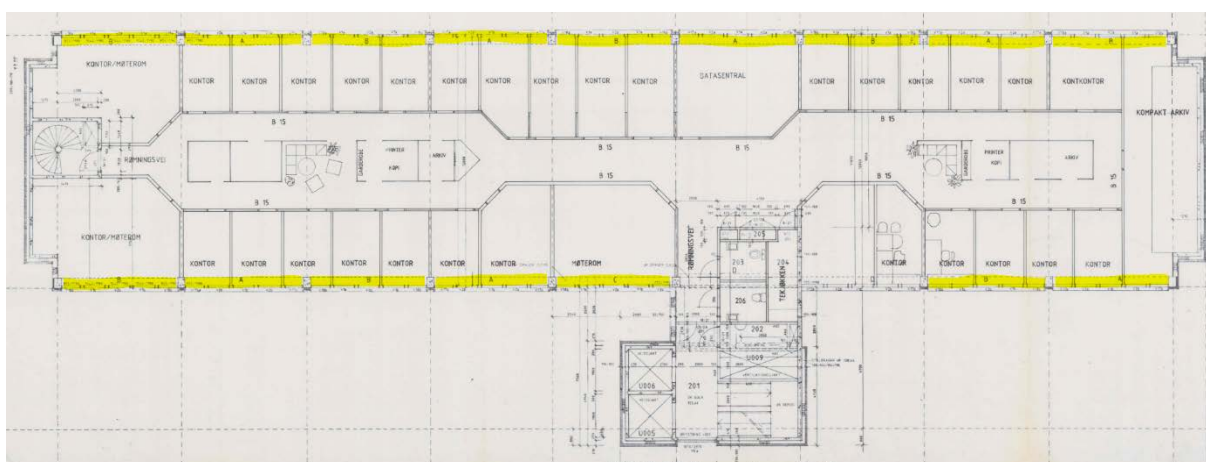
⁵⁵ Bilde hentet fra Betongelementboken, bind A kapittel 4.3.4. tilgjengelig fra:

<http://www.betongelement.no/betongbok/default.asp> hentet dato: 22.04.2017

⁵⁶ Plantegning av Sinsenveien 47B er hentet på Plan- og Bygningsetatens hjemmesider, Dato: 27.02.2017 tilgjengelig på:

<http://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?mode=&caseno=198650434>

SINSENVEIEN 47B		
Etasje	Antall	Løpemeteter
2	10	67,2
3	10	67,2
4	10	67,2
5	10	67,2
SUM	40	268,8
6 (medregnes ikke)	10	67,2



Figur 74: Dragere fra Sinsenveien 47C medtatt i beregningene markert i gult⁵⁷

SINSENVEIEN 47C		
Etasje	Antall	Løpemeteter
2	16	89,6
3	16	89,6
4	16	89,6
5	16	89,6
6	16	89,6
SUM	80	448
7 (medregnes ikke)	16	89,6

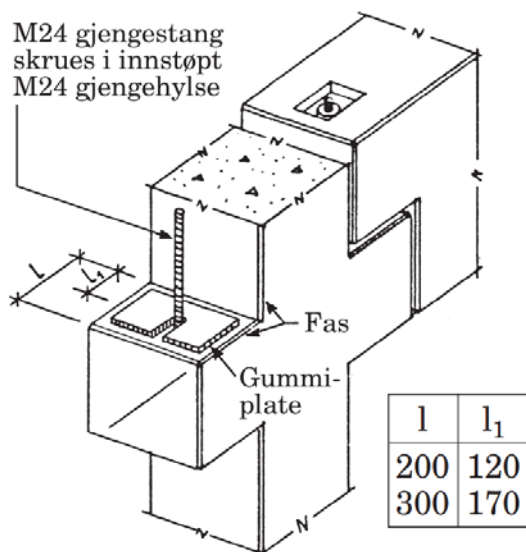
I de to byggene er det da 128 dragere tilsvarende 716,8 løpemeteter med ombrukspotensial.

⁵⁷ Plantegning av Sinsenveien 47C er hentet på Plan- og Bygningsetatens hjemmesider, Dato: 27.02.2017 tilgjengelig på: <http://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?mode=&caseno=198650434>

Demontering:

Ved demontering av de prefabrikkerte dragerne vil det være viktig å benytte seg av en skånsom metode for å unngå at elementene skades. En måte å finne en god demonteringsprosedyre, er å observere hvordan dragerne monteres for så å reversere denne prosessen. Det bør unngås å bore eller sage i betongen, da dette kan svekke dragernes kapasitet og føre til riss.

Demonteringen og metoden brukt vil være avhengig av utførelsen av opplageret mellom søylekonsollene og dragerne. Grunnet manglende dokumentasjon er det ikke mulig å vite typen opplager benyttet i byggene i Sinsenveien. Et eksempel på utførelse av opplager vises på bildet under. Opplager utført på tørrest mulig måte er ønskelig med tanke på demontering av dragerne for å unngå å skade elementene. Eksempelen under viser en «tørr» løsning der et gjenget stag føres gjennom drageren og festes med en mutter. «Våte» løsninger der dragerne er faststøpt, limt eller sveiset gjør demonteringen mer komplisert og komponentene vil ha større sjanse for å bli skadet og dermed minkes ombrukspotensialet. Stropper og andre ikke-ødeleggende løfteanordninger er å foretrekke.



Figur 75: Eksempel på opplager mellom RB-drager med neseopplegg og søylekonsoll⁵⁸

Ombrukspotensial:

Etter gjennomgått flytskjema konkluderes det med at dragerne har ombrukspotensial, og er aktuelle for videre bruk dersom de benyttes i samme grid som de står i rivningsbygget.

⁵⁸ Bilde hentet fra Betongelementboken, bind A kapittel 4.4.2. Dato: 22.04.2017, Tilgjengelig fra: <http://www.betongelement.no/betongbok/default.asp>

5.4.3 Betonghulldekker

Dekkeelementene som undersøkes er prefabrikkerte hulldekker fra byggene i Sinsenveien.

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

For Sinsenveien 47C ble det beskrevet i byggebeskrivelsen (Delkapittel 5.3.2) hva slags type hulldekkeelementer som er blitt benyttet i bygget. Plantegningene for byggene viser ingen informasjon om hulldekkene. Da 47B og 47C er tilnærmet identiske bygg, og i tillegg bygget av samme entreprenør, antas det at 47B også er bygget med samme type hulldekker. Det har ikke vært mulig å oppdrive informasjon om lasten dekkene er dimensjonert for, men ut ifra dagens bruk og bygningstype kan det likevel gjøres noen antakelser om dekkenes kapasitet.

Miljøskadelige stoffer:

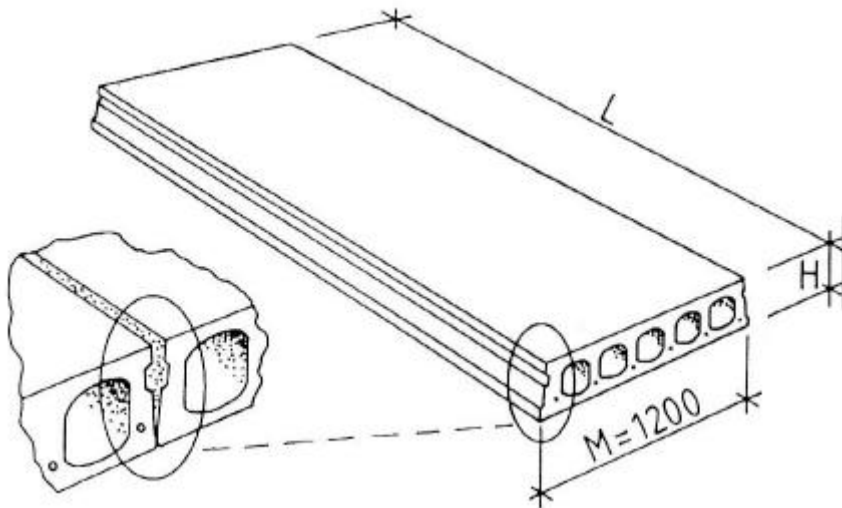
For byggene i Sinsenveien har R3 entreprenør AS utarbeidet en miljøsaneringsrapport. Det har, ifølge miljøsaneringsrapporten, ikke blitt funnet noen miljøfarlige stoffer i betongen. Dersom betongelementene hadde inneholdt miljøfarlige stoffer ville det vært nødvendig å enten utføre en miljøsanering av elementene, eller forkaste elementene som ombrukbare. Det er derfor viktig å avklare dette tidlig, slik at det er tid til å finne nye potensielle elementer som kan ombrukes. Det viser ingen tegn til at betongelementene vil frembringe helse- eller miljøskade ved ombruk.

Synlige skader:

Dersom elementene har synlige skader som riss, fukt eller korrosjon av armeringsjern kan elementene ikke ombrukes. Ved befaring ble det ikke observert noen riss eller skader i betongelementene.

Dimensjoner:

Byggebeskrivelsen som er tilgjengelig på Plan- og bygningsetaten sine hjemmesider oppgir tykkelsen til hulldekkene. Lengde og bredde av dekkeelementene det ble funnet ved måling på befaring og kontroll av plantegninger. Hulldekkene spenner fra yttervegg til yttervegg og har dimensjoner på 12000x1200x290 mm. I tillegg har hulldekkene en sparkelavretting.



Figur 76: Forspent betonghulldekke⁵⁹

Mengder:

Ved å studere plantegninger og data fra befaring på bygget vil det være mulig å telle opp hvor mange hulldekker som finnes i bygget.

I Sinsenveien 47C består tilnærmet alle etasjeskiller av prefabrikkerte hulldekker. I hver etasje er det 45 elementer, som gir totalt 270 dekke-elementer. Her er ikke elementene i takkonstruksjonen medregnet.

SINSENVEIEN 47C			
Etasje	Antall	Løpemeter	Kvm.
2	45	540	648
3	45	540	648
4	45	540	648
5	45	540	648
6	45	540	648
7	45	540	648
SUM	270	3240	3888

Sinsenveien 47B har ikke like rektangulær planløsning som 47C. For dette bygget regnes det bare med den delen av bygget som er like dypt som 47C hvor hulldekkene har samme dimensjoner. Dekkene som ligger i delen av bygget med en annen geometri er med andre ord

⁵⁹ Illustrasjon er fra Nordland betongelement, Dato: 22.04.2017, Tilgjengelig fra: http://nordland-betongelement.no/produkt/spennarmerte_hulldekker/

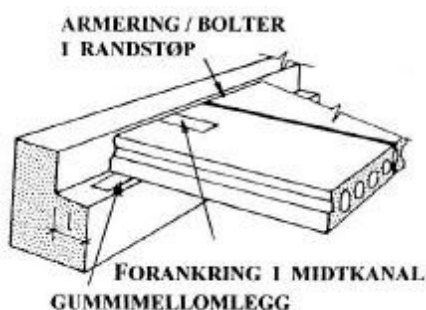
ikke tatt med i opptellingen. Her er det da 25 dekker i en etasje. Bygget består av 6 etasjer som gir et totalt antall på 125 hulldekker. Det blir også i dette bygget sett bort fra dekker over kjeller/underetasje og elementene i takkonstruksjonen.

SINSENVEIEN 47B			
Etasje	Antall	Løpemeter	Kvm.
2	25	300	360
3	25	300	360
4	25	300	360
5	25	300	360
6	25	300	360
SUM	125	1500	1800

Til sammen fra de to byggene regnes det da med at 395 dekke-elementer har ombrukspotensiale. Disse hulldekkene dekker et samlet areal på 5688 m².

Demontering:

Dagens rivepraksis utføres først og fremst ved knusing av betongen. Dette vil gjøre dekkene ubrukelige for ombruk, og det vil derfor kreve en annen fremgangsmetode for demontering, slik at funksjonen til dekkene ivaretas. Opplagring av dekkeelementene vil ha mye å si for demonteringsprosessen og ombrukbarheten til elementene. Opplagringsmetode av dekkeelementer vil variere fra prosjekt til prosjekt. I alle tilfeller bør det unngås, så langt det er mulig, å skjære eller bore i elementene og armeringsjernene da dette kan ødelegge elementene og gjøre at kapasiteten forringes (Sigurdur Gunnarsson, prof.Dr.-ing. ved Asplan Viak AS, mailkorrespondanse 6.03.2017).

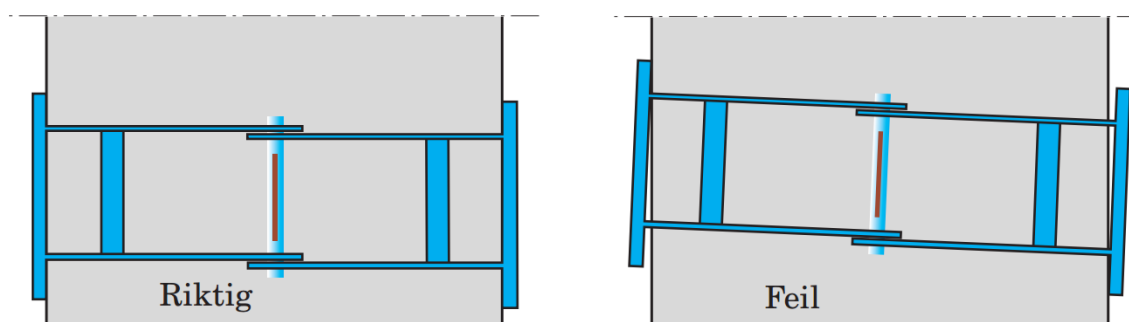


Figur 77: Eksempel på opplagerløsning for hulldekkeelement på drager⁶⁰

⁶⁰ Illustrasjon er fra Nordland betongelement, Dato: 22.04.2017, Tilgjengelig fra: http://nordland-betongelement.no/produkt/utsparinger_i_hulldekker/opplegg_og_mellomlegg/

Når elementene er frie fra dragerne må elementene løftes forsiktig ut fra bygget. Dette er en kritisk del av prosessen, da det er stor risiko for at elementene kan bli skadet. For at elementene skal kunne løftes ut av bygget må taket først demonteres, slik at det er mulig å komme til med kran ovenfra. En vanlig praksis for å løfte ut betongelementer i dag, er å bore hull igjennom på oversiden i hver ende av elementet. En bolt tres deretter igjennom hullet og sikres på undersiden. Slik lages et løftepunkt på oversiden av elementet og løftes ut ved hjelp av disse løftepunktene. Dette er en risikabel metode med tanke på ombruk av elementene, fordi det kan resultere i oppsprekking og knekking av elementene.

For å finne en mer skånsom måte å demontere elementene, er det sett på løftemetoden som benyttes ved montering av hulldekkeelementer. Ved montering av hulldekker løftes elementene ved hjelp av løfteklyper festet til en bom. Klypene festes maksimum 1 m fra enden av elementet. Det er viktig å benytte lange nok klyper for å unngå skader i elementet (Betongelementforeningen 2010).



Figur 78: Anbefalt løfteløsning av forspente hulldekker⁶¹

Neste kritiske del av prosessen er transporten og eventuell lagring av elementene. Det er viktig at elementene transporteres varsomt for å unngå skade.

⁶¹ Bilde fra betongelementboken bind G, kap 7.5.2. s. 1. Dato: 22.04.2017, Tilgjengelig fra: <http://www.betongelement.no/betongbok/default.asp>

5.4.4 Teglstein

Da alle tre rivningsbygg har kledning av teglstein med tilsynelatende gode muligheter for ombruk, blir ombrukspotensialet for teglsteinen fra alle tre byggene kartlagt hver for seg.

Universitetsgata:



Figur 79: Bilde av teglfasade i Universitetsgata ⁶²

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Bygget i Universitetsgata har, ifølge byggebeskrivelsen fra 1984, teglforblending, alternerende som prefabrikkerte elementer. Dette gjelder store deler av fasaden ut mot Pilestredet og Universitetsgata. Det finnes ingen tegninger eller ytterligere beskrivelse av gjennomføringen av forankringen av fasadeelementene.

Miljøskadelige stoffer:

Det er blitt utarbeidet en miljøsaneringsrapport for Universitetsgata 7-9 av Norconsult AS. Av rapporten fremkommer det ingen informasjon om at teglsteinen eller mørtelen som er brukt i forblendingen, inneholder helse- eller miljøskadelige stoffer. Teglsteinen anses derfor som ombruksvennlig i henhold til et helse- og miljømessig aspekt.

Synlige skader:

Det meste av teglfasaden sitter høyt over bakkenivå, noe som ga, begrenset tilgang til gjennomføring av en omfattende vurdering av tilstanden til teglsteinen. Teglsteinen som ble vurdert på befaring, var tilgjengelig fra vinduspostene. Det ble på befaring ikke observert noen skader. Teglfasaden oppfattes som ren og jevn, uten antydninger til sprekker eller frostskafer. Noen få steder observeres saltutslag, men dette er kun et estetisk problem.

⁶² Bilde tatt på befaring av Universitetsgata 7-9, Dato: 17.04.2017, Foto: Maria Mynors

Dimensjoner og kapasitet:

Ettersom det ikke har vært mulig å oppdrive relevant informasjon om teglforblendingen er det vanskelig å si noe om teglsteinens eksakte materialegenskaper som densitet, frostmotstandsevne, trykkfasthet og lignende.

Mengder:

Fasadene ut mot i Universitetsgata og Pilestredet består av ca. 2/3 tegl og 1/3 vinduer. Dette tilsvarer et areal på anslagsvis 700 m² teglsteinsfasade.

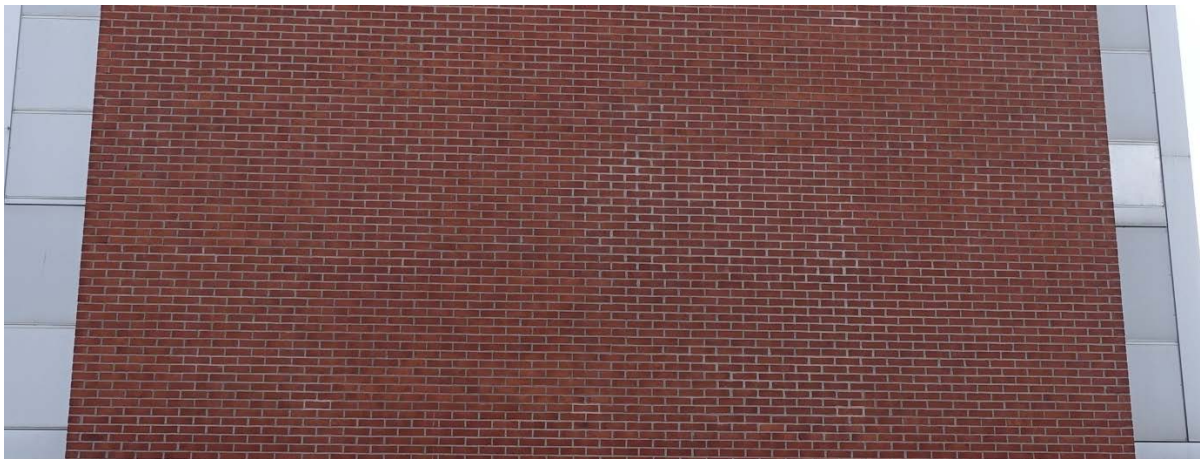
Demontering:

Byggets byggeperiode tilsier at mørtelen som er blitt brukt er sementbasert. Den mest aktuelle demonteringsmetoden vurdert i denne oppgaven, er dermed å sage ned elementer av teglforblendingen som i OMMAT-prosjektet (Gether & Gether 2000).

Ombruksmuligheter:

Etter gjennomgått flytskjema konkluderes det med at teglsteinen fra Universitetsgatas fasade har ombrukspotensial, og er aktuell for videre utnyttelse.

Sinsenveien:



Figur 80: Bilde av teglfasade i Sinsenveien 47B⁶³

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

For byggene i Sinsenveien finnes det tilhørende plantegninger hvor det fremkommer noe informasjon om teglfasadens dimensjoner og omfang. Det finnes i midlertid ingen ytterligere beskrivelse av gjennomføringen av veggoppbygningen.

⁶³ Bilde tatt på befaring av Sinsenveien 47B, Dato: 17.04.2017, Foto: Maria Mynors

Miljøskadelige stoffer:

I miljøsaneringsrapporten, utført av R3 entreprenør AS, ble det undersøkt innhold av metaller i puss på tegl. Resultatet gav verdier under normverdi, og teglmassene ble kategorisert som rene masser.

Synlige skader:

Teglforblanding oppfattes etter befaring i Sinsenveien som ren og jevn, uten antydninger til sprekker eller frostskafer. Det ble observert antydning til saltutslag på deler av fasaden.

Dimensjoner og kapasitet:

Teglsteinsfasaden har, ifølge plantegninger, en tykkelse på 110 mm og beskrives som en ½ stens teglforblanding i byggets byggebeskrivelse.

Mengder:

Sinsenveien har ubrutt teglsteinsfasade på gavlveggene til begge byggene. I tillegg har trappesjakten til hvert av byggene, fasade av tegl. Dette tilsvarer et estimert areal på 1900 m².

Demontering:

Disse byggene har sementbasert mørtel og det beste alternativet for demontering med tanke på ombruk vil, som for Universitetsgata, være å sage ned elementer av teglfasaden.

Ombrukspotensial:

Etter gjennomgått flytskjema, konkluderes det med at teglsteinen fra Sinsenveiens fasade har ombrukspotensial og er aktuell for videre bruk.

Frysjaveien:



Figur 81: Bilde av teglfasade i Frysjaveien 42⁶⁴

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Det er funnet lite informasjon om veggoppbygningen for dette bygget. Det fremkommer av byggebeskrivelsen og fra befaring at det finnes forekomster av tegl både inne og ute i Frysjaveien. Ifølge byggets byggebeskrivelse fra 1958 består ytterveggen av ½ stens fasadetegl og en del av de innvendige veggene av enten 1 eller ½ stens teglfasade.

Miljøskadelige stoffer:

I miljøsaneringsrapporten, utført av R3 entreprenør AS, ble det undersøkt innhold av metaller og PCB for teglsteinen og murpussen mellom teglsteinene. Resultatet gav verdier under normverdi for metaller, og det ble ikke påvist innhold av PCB. Teglmassene er dermed, i miljøsaneringsrapporten, kategorisert som rene masser. Det ble derimot påvist asbest-holdig fugemasse noen steder på teglfasaden og mellom vinduskarm og tegl. Delene av teglfasaden som har vært i kontakt med slike fuger må saneres og behandles som farlig avfall.

Ved befaring ble det observert malingsløs på store deler av de innvendige teglveggene. Malingsløset er oppstått etter at miljøsaneringsrapporten ble utarbeidet, grunnet et arrangement avholdt i bygget. For disse teglmassene vil det dermed være en viss usikkerhet knyttet til teglsteinens innhold av ulike helse- og miljøskadelige stoffer. De innvendige teglmassene blir derfor ikke regnet som ombruksvennlig tegl i dette mulighetsstudiet.

⁶⁴ Bilde tatt på befaring av Frysjaveien 42, Dato: 17.04.2017, Foto: Maria Mynors

Synlige skader:

Teglfasaden fremstod noe skitten ved befaring, men dette er rent kosmetisk og teglsteinen vil trolig fremstå som ny etter en god vask. Teglforblendingen oppfattes ellers som en god ombrukskilde uten antydninger til sprekker eller frostskafer.

Dimensjoner og kapasitet:

Teglsteinsfasaden beskrives som en ½ stens spekket fasadeteglforblending i byggets byggebeskrivelse. Spekket overflate er en betegnelse på etterbehandling av fugene mellom teglsteinen. Fugen kan være utført glatt, konkav eller med skrå skyggefuge.

Mengder:

Frysjaveiens teglfasade dekker et estimert areal på 1400 m². Det må regnes med at noe av denne massen likevel ikke vil ha ombrukspotensial ved nærmere inspeksjon, og dermed ikke kan medregnes i mengde tegl med ombrukspotensial.

Demontering:

Teglsteinen er forbundet med sementbasert mørtel, og det beste alternativet for demontering med tanke på ombruk vil, som for de overstående beskrivelsene, være å sage ned elementer av teglfasaden.

Ombrukspotensial:

Etter gjennomgått flytskjema konkluderes det med at teglsteinen fra Frysjaveiens fasade har ombrukspotensial og er aktuell til videre bruk.

5.4.5 Stålstendere

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

I byggebeskrivelsen fra Sinsenveien fremkommer det at veggens oppbygning består av blant annet stålstendere. Dette er det eneste stedet det finnes informasjon om disse stålstenderne i det dokumentasjonsgrunnlaget det har vært mulig å oppdrive for denne oppgaven. Grunnet begrenset tilgang ved befaring ble stålstenderne ikke undersøkt. Veggene må åpnes opp, slik at veggoppbygningen fremkommer klart, ved en mer omstendelig befaring.

Miljøskadelige stoffer:

Stålstenderne er blitt brukt i innvendig del av yttervegg, og ettersom det ikke finnes noe informasjon om stenderverket i miljøsaneringsrapporten for bygget anses stålstenderne, med stor sannsynlighet, å ikke inneholde helse- og miljøskadelige stoffer. Stenderverket kan dermed trygt ombrukes med hensyn til helse- og miljøaspektet.

Dimensjoner:

Fra byggebeskrivelsen fremkommer stålstendernes dimensjon å være 145 mm. Profil-type, oppbygningen, stenderavstand og mengden til stenderne vil lett kunne avsløres ved en prøverivning av en del av veggen, for å få innsikt i bygningens virkelige oppbygning.

Mengder:

En stendervegg vil bestå av toppskinne, bunnskinne, losholt og stender. I mengdebergingen er det tatt utgangspunkt i at disse komponentene har samme type profil og at stenderne står med c/c 600 mm mellom hver av de bærende betongsøylene. Det ble dermed gjort et grovt overslag med anslagsvis 13650 lengdemeter med stenderverk.

Demontering:

Ved rivning er det viktig at stålet blir demontert med forsiktighet, slik at stålet ikke bøyes eller får andre skader som gjør det vanskelig å ombruke.

Ombrukspotensial:

Av litteratursøket fremkom det at metaller er godt egnet for ombruk, ettersom det er svært energikrevende å produsere. Stål er et fleksibelt materiale og det vil være mulig å både skjøte og kutte stålstenderne etter behov.

5.4.6 Mineralull

Det er i byggebeskrivelsene oppgitt mineralull som en del av veggoppbygningen for rivningsprosjektene i Universitetsgata og Sinsenveien. Av det som er blitt funnet av dokumentasjon om Frysjaveien finnes det ingen informasjon om bruk av isolasjonsmaterialer i veggoppbygningen. Det tas dermed ikke utgangspunkt i oppgaven at Frysjaveien er en mulig kilde til mineralull for veggoppbygningen, selv om det med stor sannsynlig vil finnes forekomster av dette.

Det er usikkerhet knyttet til kvaliteten på mineralullen, da det ved befarings av Universitetsgata og Sinsenveien ikke var mulighet for å åpne veggen og se på den. Dersom mineralullen i byggene er ren, vil det være mulig å ombruke denne direkte i nytt bygg. Uren mineralull vil ikke være mulig å ombruke, da den vil ha mistet sin varmeisolasjonsevne.

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Universitetsgata:

I byggebeskrivelsen til bygget i Universitetsgata er oppbygningen av ytterveggen med de forskjellige sjiktene beskrevet. Veggen inneholder et sjikt med 100 mm mineralull. Ved hjelp av fasadetegninger, plantegninger og snitt kan det gjøres et overslag av mengden mineralull i bygget. Det er ikke funnet noen tilstandsrapport for bygget. Tilstanden til mineralullen er dermed ukjent før veggen åpnes og undersøkes.

Sinsenveien:

I byggebeskrivelsen til byggene i Sinsenveien er oppbygningen av veggene med de forskjellige sjiktene beskrevet. Gavlene inneholder et sjikt med 100 mm mineralull. Øvrige vegger har et sjikt med 150 mm mineralull. Ved hjelp av fasadetegninger, plantegninger og snitt kan det gjøres et overslag for mengden mineralull i byggene. Det er heller ikke funnet tilstandsrapport for disse byggene, så tilstanden til mineralullen vil også her være ukjent før veggen åpnes og undersøkes.

Miljøskadelige stoffer:

Ingen av miljøsaneringsrapportene utarbeidet for byggene i Universitetsgata, Frysjaveien eller Sinsenveien, nevner mineralull. Det antas derfor at mineralullen i byggene ikke inneholder miljøfarlige stoffer.

Synlige skader:

Da det ikke er mulighet for en visuell inspeksjon av mineralullen ved befarings av de tre rivningsprosjektene, var det heller ikke mulig å vite om mineralullen hadde noen skader som

gjør at den ikke egnes for ombruk. I denne oppgaven gås det derfor ut fra at mineralullen er uten skader, og at den har potensial for ombruk. Det vil likevel være fornuftig å ta høyde for at noe av mineralullen ikke kan ombrukes.

Dimensjoner:

Universitetsgata:

Tykkelsen på mineralullen i Universitetsgata er 100 mm.

Sinsenveien:

Tykkelsen på mineralullen i Sinsenveien er 100 mm og 150 mm.

Mengder:

Ved å beregne fasadeareal og trekke fra vindusareal, kan mengden isolasjonsmateriale beregnes grovt. Dette gjøres ved å multiplisere arealet med tykkelsen til mineralullen. Under er det presentert tabeller for rivningsbyggene med oversikt over beregnet mengde mineralull.

Universitetsgata:

0,1 m tykkelse	Totalt
Kvadratmeter mineralull [m ²]	1400
Totalt volum mineralull [m ³]	140

Sinsenveien:

0,1 m tykkelse	Bygg B	Bygg C	Totalt
Kvadratmeter mineralull [m ²]	1085	930	2015
Totalt volum mineralull [m ³]	108,5	93,0	201,5

0,15 m tykkelse	Bygg B	Bygg C	Totalt
Kvadratmeter mineralull [m ²]	1230	1025	2255
Totalt volum mineralull [m ³]	184,5	153,75	338,25

Totalt areal med 0,1 m mineralull fra byggene i Universitetsgata og Sinsenveien er: 3415 m²

Totalt areal med 0,15 m mineralull fra byggene i Sinsenveien er: 2255 m²

Demontering:

Mineralullen må uthentes ved selektiv riving av bygget. Det må påses at mineralullen ikke kommer til skade eller blir forurenset ved uttak.

Ombrukspotensial:

Etter gjennomgåelse av flytskjemaet konkluderes det med at mineralullen har ombrukspotensial under visse forutsetninger. Disse forutsetningene antas i oppgaven å være oppfylt.

5.4.7 Vinduer

Perioden byggene er fra, gjør at de fleste vinduene vil ha for høye U-verdier for å tilfredsstillе dagens krav. U-verdien til vinduene i samtlige bygg er for høy, med unntak av et par i Frysjaveien, noe som tilsier at disse ikke kan ombrukes direkte i et nybygg. Dette gjør direkte ombruk av vinduene vanskelig. Mange av vinduene inneholder, ifølge miljøsaneringsrapportene, en del miljøgifter. Dette tilfører i mange tilfeller en ekstra utfordring når det gjelder ombruk. Det finnes likevel tilfeller hvor det er gjenbrukt vinduer med for høy U-verdi i rehabiliteringsprosjekter. Dette ble gjort i det tidligere nevnte Empire State building prosjektet, i delkapittel 3.3, hvor vinduene ble oppgradert ved hjelp av en ny vindusteknologi.

Frysjaveien:

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Da det ikke foreligger god dokumentasjon på vindustyper i byggebeskrivelser eller plantegninger for bygget i Frysjaveien, vil vinduene fra dette bygget ikke bli vurdert med hensyn på gjenbrukspotensial. Det fremkommer i tillegg av miljøsaneringsrapporten, at vinduenes kvalitet er svært varierende, og innholdet av miljøfarlige stoffer er betydelig. Ytterligere anses vindusarealet fra de øvrige byggene å være tilstrekkelig til nybygget, og det vil derfor ikke være behov for å gjennomgå grundig analyse av vinduene i Frysjaveien.

Universitetsgata:

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Plantegninger, fasadetegninger og snitt er tilgjengelig for bygget i Universitetsgata, men disse har ingen informasjon om vinduenes dimensjoner. I byggebeskrivelsen er det beskrevet at vinduene er av typen 2-lags isolerglass med delvis varmereflekterende glass. Det foreligger

også miljøsaneringsrapport for bygget som undersøker hvorvidt vinduene inneholder miljøfarlige stoffer.

Miljøfarlige stoffer:

I miljøsaneringsrapporten som foreligger for bygget i Universitetsgata, er det kartlagt at bygget har 1044 vinduer produsert i 1983, 1984, 1986 og 1987. Disse vinduene inneholder klorparafiner, og må dermed behandles som miljøfarlig avfall. Det er også funnet vinduer produsert etter 1990 som inneholder ftalatholdig isolerglasslim. Det vil dermed ikke være mulig å ombruke disse vinduene direkte i et nytt bygg. Det vil imidlertid være liten fare for utlekking av disse stoffene dersom vinduene ikke punkteres eller ødelegges (*Er det farlig? Vinduer - ytterdører* 2017).

Synlige skader:

Ved befaring ble det observert at vindusrammene er noe slitt.

Kapasitet:

Det er brukt flere forskjellige typer vinduer i bygget i Universitetsgata. Alle vinduene vil trolig ha nokså lik U-verdi fra den tiden det ble bygget. Denne U-verdien vil trolig være på tilnærmet 2,4 W/m²K, langt over dagens krav på 1,2 W/m²K.

Dimensjoner og mengder:

Alle vinduene vil dermed ha det samme ombrukspotensialet, med tanke på ombruk av selve glasset. Da det ikke foreligger informasjon eller dokumentasjon om vinduenes dimensjoner, ble disse målt ved befaring av bygget. En oppsummerende vindustabell med aktuelle ombruksvinduer finnes på slutten av delavsnittet for vinduer.

Demontering:

Vinduene må demonteres hele, uten at glasset knuses, for at ombruk skal være mulig. Det er også viktig å demontere vinduene forsiktig, da knusing av glasset vil forårsake eksponering av de miljøfarlige stoffene.

Ombrukspotensial:

Etter å ha vurdert vinduenes gjenbrukspotensial ved å gjennomgå flytskjema, konkluderes det med at vinduenes glassfelt kan gjenbrukes ved å oppgradere disse i henhold til metoden brukt i Empire State building, og sette de inn i nye rammer med god varmeisoleringssevne.

Sinsenveien:

Undersøk hva slags dokumentasjon som finnes:

Byggebeskrivelsen, tegningene og miljøsaneringsrapporten, som foreligger for byggene i Sinsenveien, inneholder informasjon om vinduenes størrelse, kvalitet og eventuelt innhold av miljøfarlige stoffer. Det fremkommer av byggebeskrivelsen at byggene er oppført med hovedvekt av aluminiumskledde trevinduer med 3 lags glass. Byggebeskrivelsen angir også at annet hvert vindu er hengslet innadslående. Resterende vinduer er faste felt.

Miljøskadelige stoffer:

I miljøsaneringsrapporten, utarbeidet av R3 Entreprenør AS, fremkommer det at 700 av vinduene inneholder klorparafiner. Disse vinduene må dermed miljøsaneres, før glasset kan gjenbrukes.

Synlige skader:

Ved befaring ble det observert at vindusrammene er noe slitt.

Dimensjoner, mengder og kapasitet:

Vinduene fra Sinsenveien som undersøkes i forbindelse med gjenbrukspotensial er fra 80-tallet og vil derfor trolig ha en U-verdi på 2,4 W/m²K. Dette er langt over gjeldene krav i TEK10 (2010), og vinduene må derfor oppgraderes for at de skal kunne gjenbrukes i et nytt bygg. En oppsummerende vindustabell med aktuelle ombruksvinduene finnes på slutten av delavsnittet for vinduer.

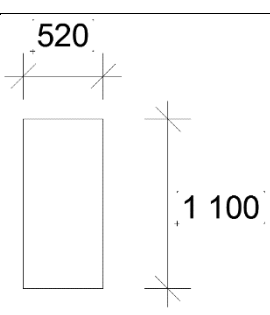
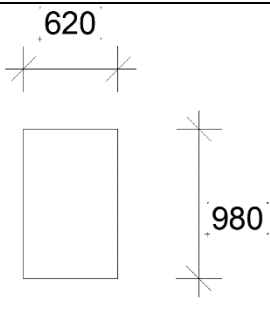
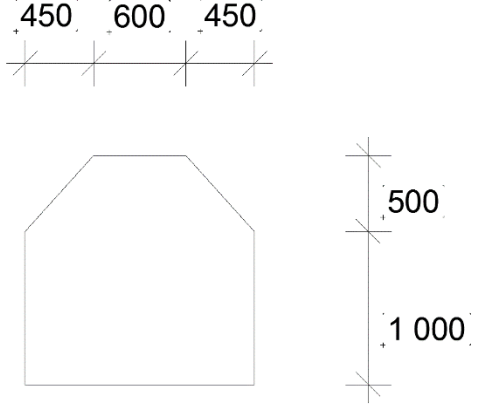
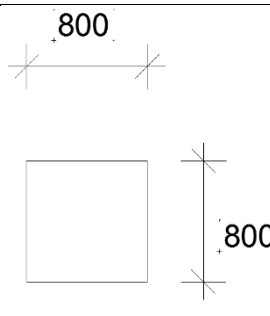
Demontering:

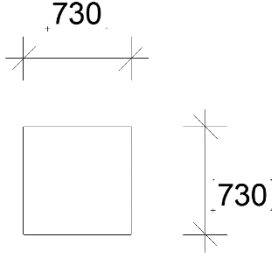
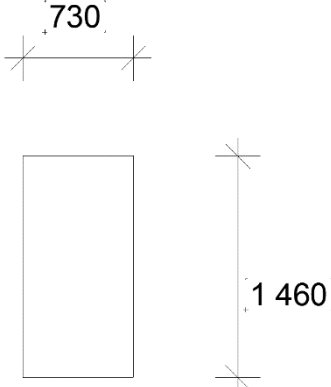
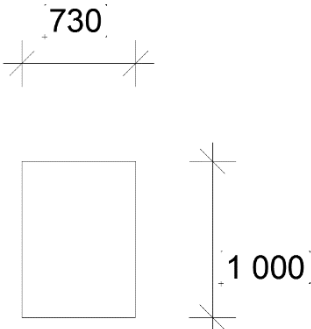
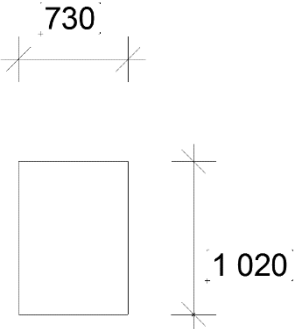
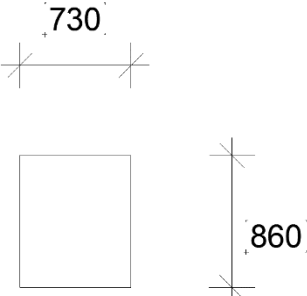
I likhet med vinduene i Universitetsgata må også disse vinduene demonteres hele uten at glasset knuses.

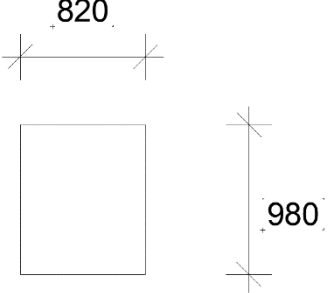
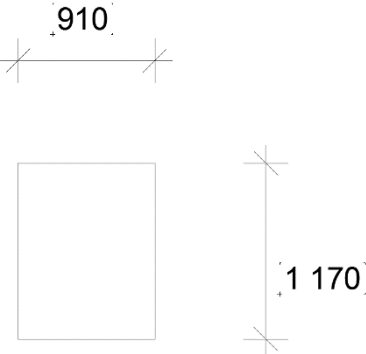
Ombrukspotensial:

Etter å ha vurdert vinduenes ombrukspotensial ved å gjennomgå flytskjema, konkluderes det med at vinduenes glassfelt kan gjenbrukes ved å oppgradere disse i henhold til metoden brukt i Empire State building og sette de inn i nye rammer med god varmeisoleringssevne.

Vinduer med ombrukspotensial fra Universitetsgata og Sinsenveien:

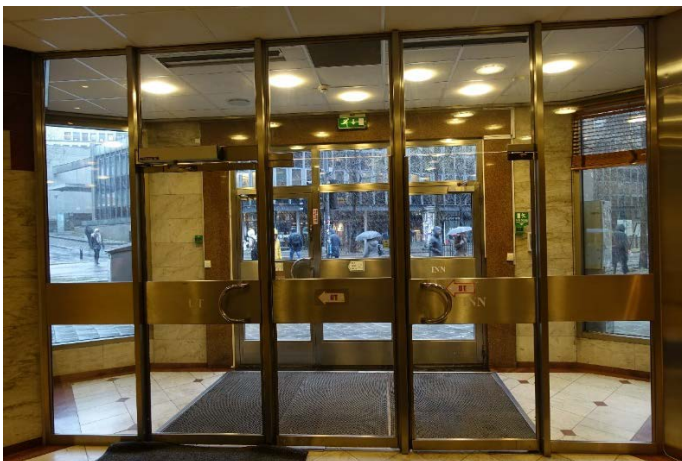
Vindustyper (glassareal)			
Nr.	Dimensjoner på vindusglasset	Antall	Kilde (rivningsbygg)
1	 <p>520 1 100</p>	288	Universitetsgata 7-9
2	 <p>620 980</p>	300	Universitetsgata 7-9
3	 <p>450 600 450 500 1 000</p>	8	Universitetsgata 7-9
4	 <p>800 800</p>	195	Universitetsgata 7-9

5		37	Universitetsgata 7-9
6		2	Universitetsgata 7-9
7		6	Universitetsgata 7-9
8		5	Universitetsgata 7-9
9		10	Universitetsgata 7-9

10	 <p>820</p> <p>980</p>	608	Sinsenveien 47B og C
11	 <p>910</p> <p>1 170</p>	1000	Sinsenveien 47B og C

5.4.8 Dører

De fleste dører er gjenstand for gjenbruk, såfremt karm medfølger ved demontering. Ved gjenbruk av dører er det viktig å påse at eventuelle krav tilfredsstilles som for eksempel brann- og lydkrav. Det har ikke vært mulig å innhente informasjon om dørenes egenskaper i dokumentasjonen for rivningsobjektene. I Universitetsgata finnes det imidlertid inngangsdører med store glassfelt som, i likhet med glassfeltene i vinduene, kan ombrukes i et nytt produkt. Universitetsgatas hovedinngangsdører har følgende dimensjoner på glassfeltene: 1100x2100.



Figur 82: Bilde av inngangsparti i Universitetsgata ⁶⁵

⁶⁵ Bilde tatt på befaring av Sinsenveien 47B, Dato: 14.02.2017, Foto: Rebecca Saxe Moldekleiv

5.4.9 Andre aktuelle ombruksmaterialer og -komponenter:

Ved befaring av byggene, ble det observert mange andre materialer og komponenter som umiddelbart ble ansett som produkter aktuelle for ombruk, men som ikke er blitt kartlagt videre for dette mulighetsstudie, grunnet begrenset tidsomfang. Materialer og komponenter med mulig ombrukspotensial var fasadeplater i granitt, marmorfliser, trestenderverk og kobberkledning fra Universitetsgata og metallfasadekledning fra Sinsenveien. Innvendig i Sinsenveien og Universitetsgata ble det også observert forholdsvis nye skillevegger for kontorinndeling, nylig oppgradert kjøkkeninventar, nye varmtvannsberedere, sanitært utstyr og bilder av de ulike materialene og komponentene.



Figur 83: Marmorfliser fra Universitetsgata



Figur 85: Marmorfliser fra Universitetsgata



Figur 84: Kjøkkeninnredning i Universitetsgata



Figur 86: Systemhimlinger i Universitetsgata



Figur 87: Lydbafler i taket fra Universitetsgata



Figur 88: Kobberkledning fra Universitetsgata



Figur 90: Metallfasadekledning fra Sinsenveien



Figur 79: Kontorskillevegg fra Sinsenveien



Figur 91: Kontorskillevegg fra Universitetsgata

Bilder tatt ved befarung av byggene ⁶⁶

⁶⁶ Bilder tatt ved befarung av Universitetsgata og Sinsenveien, *Dato:* 14.02.2017, 17.04.2017 og 18.04.2017, *Foto:* Maria Mynors og Rebecca Saxe Moldekleiv

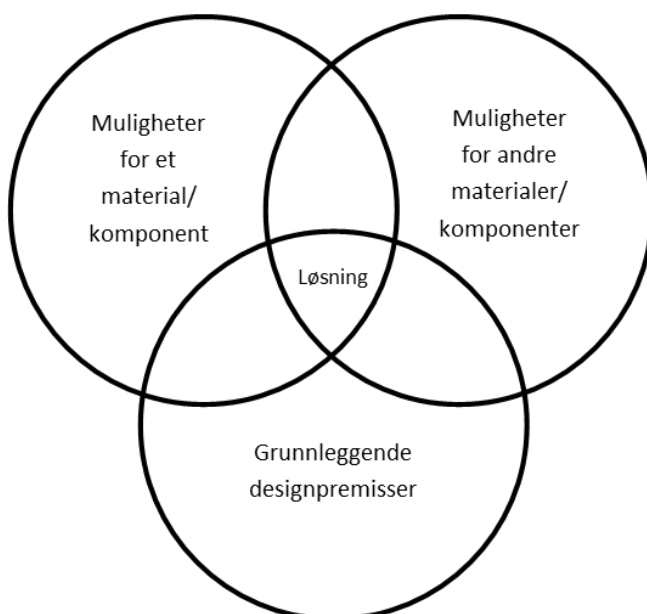
5.5 Prosjektering med gjenbruk i mulighetsstudiets skisseprosjekt

I denne delen skal det gjennom et skisseprosjekt, vises mulighetene og utfordringene som oppstår ved prosjektering med gjenbruksmaterialer og -komponenter. Tomteanalysen resulterte i en volumskisse med ytre mål for nybygget, og det skal i mulighetsstudiet fokuseres på prosjekteringen frem mot tett bygg. Skisseprosjektet skal ta utgangspunkt i gjenbruksmaterialene til rådighet fra rivningsprosjektene, som ble kartlagt i det forrige delkapittelet. Disse materialene danner utgangspunktet for mulighetsstudiets gjenbruksmaterialpalett. Prosjekteringen vil være en iterativ prosess, hvor tilgang på materialer fra de rivningsklare byggene vil være avgjørende for det endelige designet.

Grunnleggende premisser:

Skisseprosjektets utgangspunkt er at designet bestemmes, så langt det er mulig, ut fra de mulighetene som de tilgjengelige materialene og komponentene skaper. Men i noen tilfeller vil grunnleggende premisser for prosjektet være førende. Dette kan være krav til sikkerhet med tanke på brann og konstruktiv styrke. Der gjenbruksmaterialpaletten ikke strekker til med materialer som kan tilfredsstille disse premissene, må det sees etter materialer annetsteds. Noen deler av designet blir dermed ikke fleksible, men vil styres av premissene, kravene eller ønskene.

Valg av løsning for et materiale og komponent bygger på avgjørelser tatt for andre materialer og komponenter eller designpremisses. Det er ikke blitt arbeidet suksessivt med ett og ett materiale eller komponent. Alle materialene og komponentene er vurdert opp mot hverandre, og satt i sammenheng, for å komme frem til den beste løsningen.



Figur 92: Løsninger er gjort på bakgrunn av valg og beslutninger tatt for ett materiale/komponent sett i sammenheng med mulighetene for de andre tilgjengelige materialene/komponentene. Grunnleggende designpremisses vil også påvirke endelig valg av løsning

Designpremisser for mulighetsstudiets skisseprosjekt:

Ved å ha store himlingshøyder vil fleksibiliteten til lokalene i bygget også øke, slik at bygget lettere kan tilpasses ulike funksjoner. Det ble derfor valgt å prosjektere med en himlingshøyde på minimum 3360 mm. Ved å prosjektere for fleksible arealer, vil sjansen for at bygget rives, reduseres, da byggets endringsdyktighet vil være større.

Tomtearealet er på 872 m², og med en utnyttelsesgrad på 2,5 i gjeldende reguleringsplan tilsvarer dette at det kan bygges 2180 m² på tomten. Mulighetsstudiet tar derimot utgangspunkt i at denne utnyttelsesgraden kan økes noe. Ut i fra volumstudiet er foreløpig fotavtrykk anslagsvis 552 m². Med syv etasjer utgjør dette en utnyttelsesgrad på 4,4. Da dette er noe høyt, minkes antall etasjer til seks. Dette gir en utnyttelsesgrad på 3,8.

Transport, bearbeiding og lagring:

Ved gjenbruk av materialer annetsteds kreves det transport fra rivningstomt til byggetomt. Ved transport av materialer og komponenter er det viktig å være varsom slik at materialene og komponentene ikke blir skadet.

Flere materialer og komponenter vil være i en slik stand at de krever en viss bearbeidelse før de kan settes inn i et nytt bygg. Noen materialer og komponenter vil også kreve nødvendige tester for å verifisere nødvendige egenskaper. Dette vil variere med tanke på komponentens og materialets funksjon i det nye bygget. Et eksempel på nødvendig bearbeidelse er senkning av U-verdien til vinduer, mens trykkfasthet til tegl er et eksempel på nødvendig test for å verifisere bæreevnen til teglsteinen. Bearbeidelser/tester tilfører en ytterligere transportlinje fra rivningstomt til bearbeidelseslokalisasjon.

Rivningsprosjektene som benyttes i dette mulighetsstudiet skal rives på ulike tidspunkt. For at alle materialene skal være tilgjengelige når de skal benyttes i nybygget, må noen av materialene mellomlagres. Dersom lager og bearbeidelsessted er på to ulike lokalisasjoner, tilfører mellomlagring enda en transportlinje. Pilene under angir mulige transportlinjer ved gjenbruk.

Rivningssted → Bearbeidelses/testlokalisasjon → Mellomlager → Byggetomt

Veien til godkjent materiale:

Grunnet begrenset tid og midler har det, i mulighetsstudiet, ikke vært mulig å undersøke om de enkelte materialene og komponentene det prosjekteres med, har nødvendige dokumentasjonskrav for videre bruk. Det har med andre ord ikke blitt sett på spesifikke løsninger eller blitt utført grundige analyser av materialeegenskapene til gjenbruksmaterialene.

I denne oppgaven forutsettes det at det er mulig å bearbeide materialene slik at de tilfredsstillende de gjeldende kravene. Mulighetsstudiet er utført på skisse- og idénivå, og de foreslåtte løsningene er diskutert med konstruktører og entreprenører. Skisseprosjektets detaljnivå er ikke tilstrekkelig for gjennomføring, og mangler nødvendige beregninger for å verifiseres som en reell mulig gjennomføring. Hensikten med mulighetsstudiet er å peke på muligheter og utfordringer knyttet til gjenbruksprosjekter.

Det ble konferert med følgende konstruktører og entreprenører:

1. Lars Henrik Moe, avdelingsleder riving hos R3 Entreprenør AS, mailkorrespondanse 28.04.2017 og samtale over telefon 27.04.2017),
2. Finn E. Madsø, daglig leder ved Sivilingeniør Finn Madsø AS, (mailkorrespondanse 21.04.2017)
3. Sigurdur Gunnarsson, prof.Dr.-ing. ved Asplan Viak AS (mailkorrespondanse 6.03.2017 samt personlig samtale 13.03.2017),
4. Tormod Aurlien, professor i husbyggingsteknikk, bygningsfysikk, energi og miljø ved NMBU (mailkorrespondanse 21.04.2017).
5. Jarle Drogseth, Dalig leder ved Drogseth AS, (mailkorrespondanse 2.05.2017)

5.5.1 Bærekonstruksjonens oppbygning:

Skisseprosjektet startet med å lete etter mulig bæresystem i de rivningsklare byggene. Det ble under kartleggingen av ombrukspotensial sett på bæresystemet i Sinsenveien.

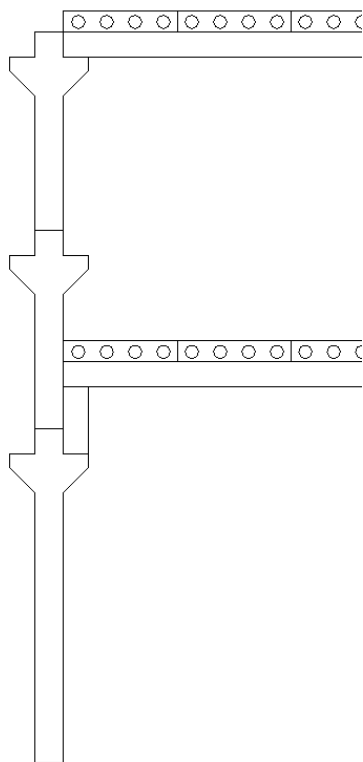
Søylar:

Som nevnt tidligere i teksten, tok mulighetsstudiet utgangspunkt i en himlingshøyde på minimum 3360 mm. En søyle i skisseprosjektet må dermed ha en minimumslengde på 3360 mm + dekketykkelse. Dekkene fra Sinsenbygget har dekketykkelse 290 mm.

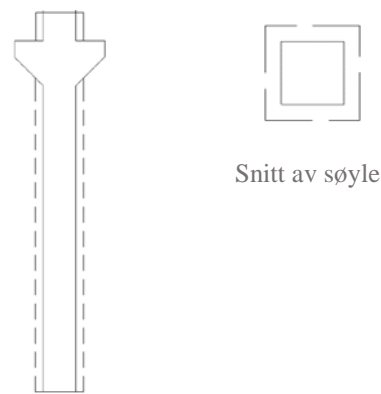
Skisseprosjektets søylar må dermed være minimum 3650 mm.

Fra kartleggingen av ombruksmaterialer kom det frem at de fleste søylene fra Sinsenveien er 3200mm, og noen få er på 3600mm, hvilket betyr at alle søylene er for korte.

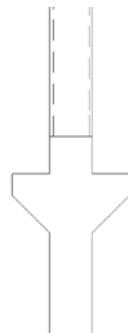
Da lave himlingshøyder er en grunn til at flere bygg i dag rives, vil utfordringen med for korte søylar være en gjenganger. Det var derfor ønskelig å utforske muligheten for å forlenge søylene. Det ble kontaktet en konstruktør for å undersøke ulike løsninger for forlengelse av de prefabrikkerte søylene fra Sinsenveien. Nedenfor vises enkle skisser av forsterkning og forlengelse av søylar og søylekonsoll. Skissene ble diskutert med Gunnarsson (2017) som bekreftet at det finnes gjennomførbare måter å gjøre dette på.



Figur 93: Idéskisse av forlengelse av søylekonsoll



Figur 94: Idéskisse av forsterkning av søyle ved påstøp

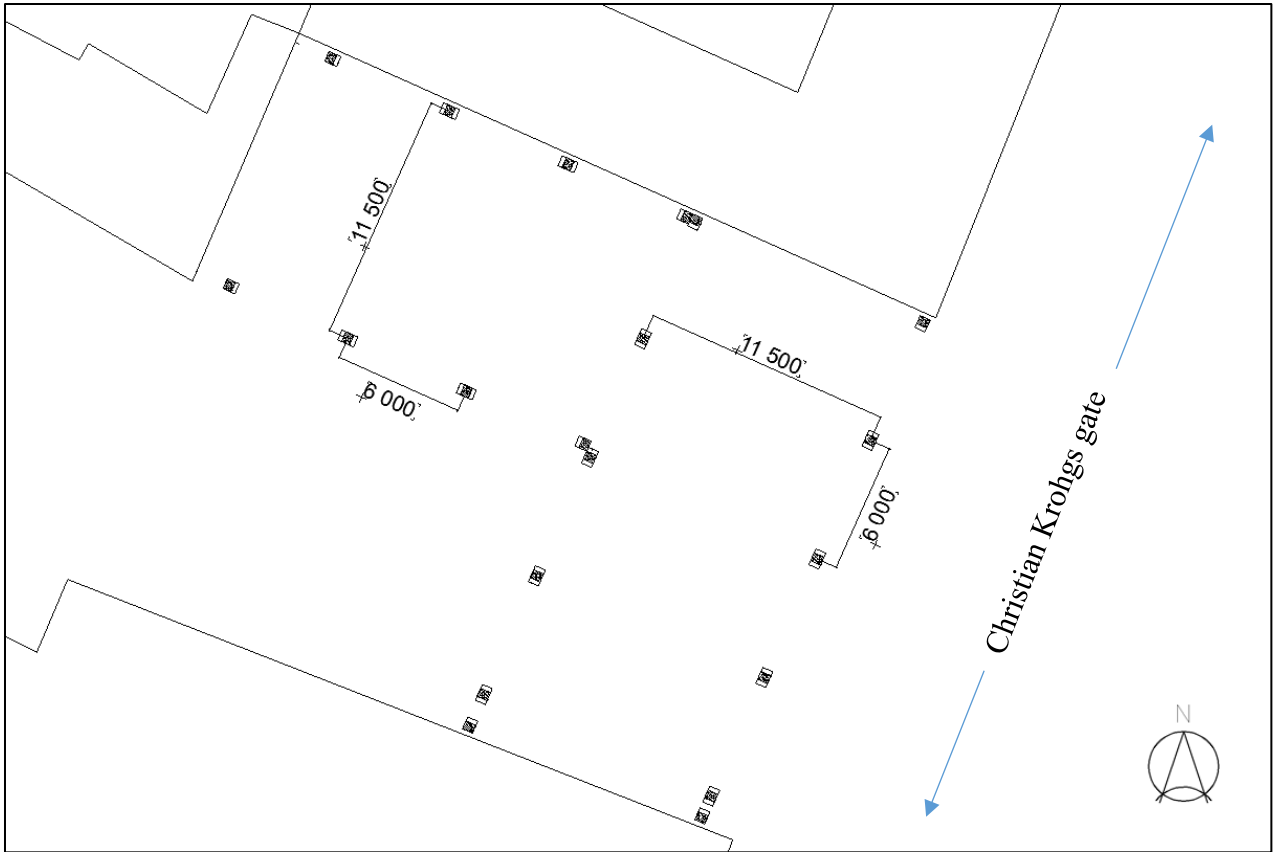


Figur 95: Idéskisse av forlengelse av søyle med stålsøyle

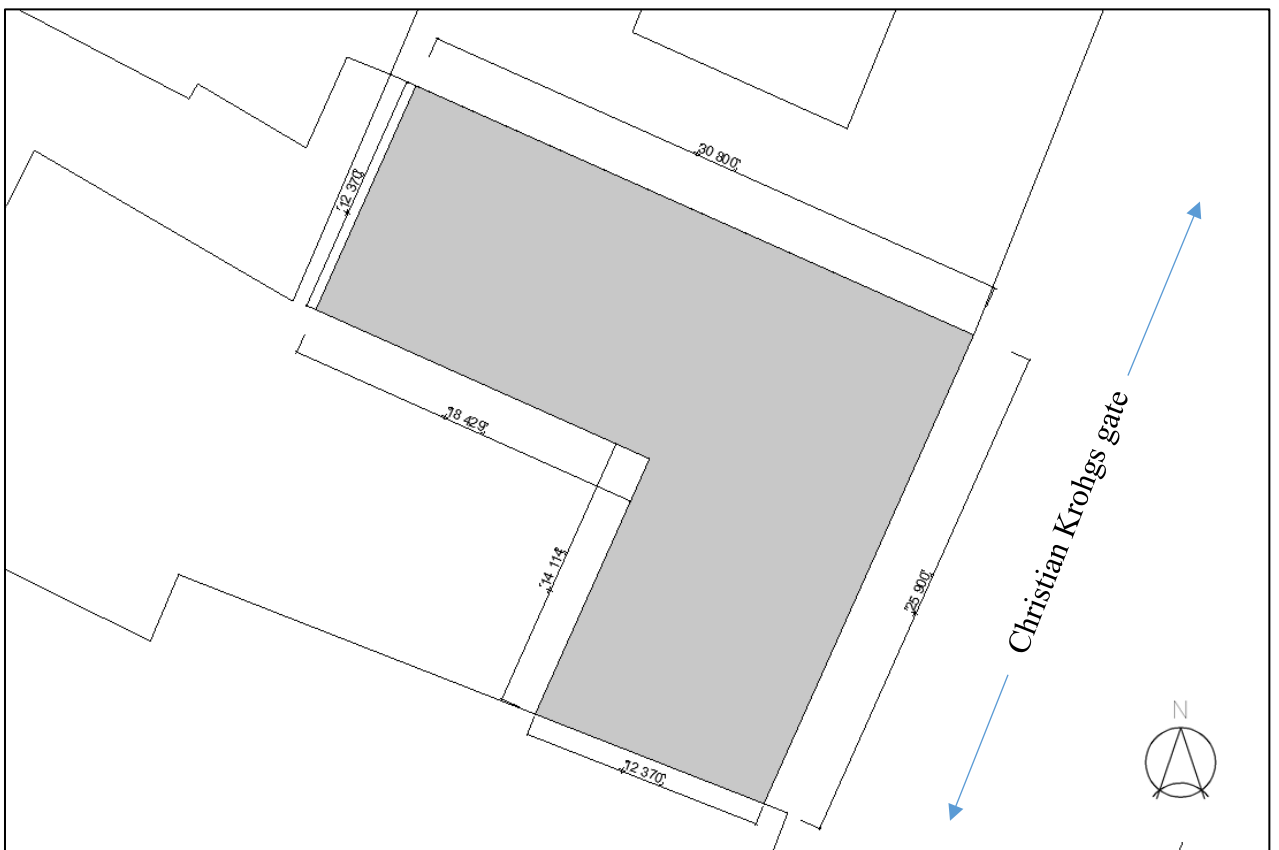
Ettersom dette kun er idéer på skissenivå, trengs det følgelig å gjøre omfattende beregninger av nødvendige justeringer og forsterkninger, for å tilfredsstille gjeldende krav. Fordi mulighetsstudiet kun er et skisseprosjekt tas det utgangspunkt i at en løsning for søyleforlengelse er mulig å gjennomføre i samarbeid med en dyktig konstruktør. Det går dermed videre med søylene i skisseprosjektet, uten videre beregninger.

Ved ombruk av bæresystem vil det være viktig å ta hensyn til at søylene trolig vil ha forskjellig kapasitet etter hvor de er plassert i rivningsbygget. Søylar fra øvre etasjer har ofte lavere kapasitet enn søylene som står lengre ned i bygget. Det er derfor viktig at søylar fra øvre etasjer i rivningsbygget ikke plasseres lavere ned i bygget til skisseprosjektet, da dette kan føre til at søylene vil ha langt lavere kapasitet enn nødvendig. Det vil også være viktig, når det gjelder kapasiteten til søylene, å beholde opprinnelige spennlengder fra rivningsbygget, da lengre spenn på dragere og dekker vil føre til at mer last føres ned i søylene. Ved å ta hensyn til disse aspektene tilrettelegges det for færrest mulig forsterkninger av bæresystemet.

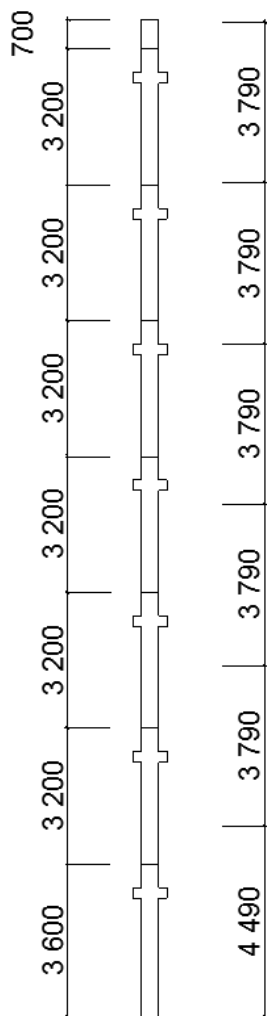
Skisseprosjektets tomt er en infill-tomt, noe som setter begrensinger for byggets utforming. Søylegridet på 11500x6000 mm fra Sinsenveien blir innsatt i volumstudiets fotavtrykk, og fotavtrykket fra volumstudie endres slik at søylegridet angir skisseprosjektets nye fotavtrykk. Med det nye fotavtrykket vil bruksareal for en etasje være 508 m², og med seks etasjer gir dette en utnyttelsesgrad på 3,5.



Figur 96: Søyleplassering på tomten



Figur 97: Fotavtrykket til bygget med mål



Det bestemmes nye himlingshøyder på 3500 mm for kontorlokalene og 4200 mm for næringslokalene. Med en dekketykkelse på 290 mm, betyr dette at søylene må forlenges til henholdsvis 3790 mm og 4490 mm. Det trengs da syv søyler fra Sinsenveien per søylerekke for å få til seks etasjer. I tillegg trengs det 700 mm påstøp eller avkapp på toppen.

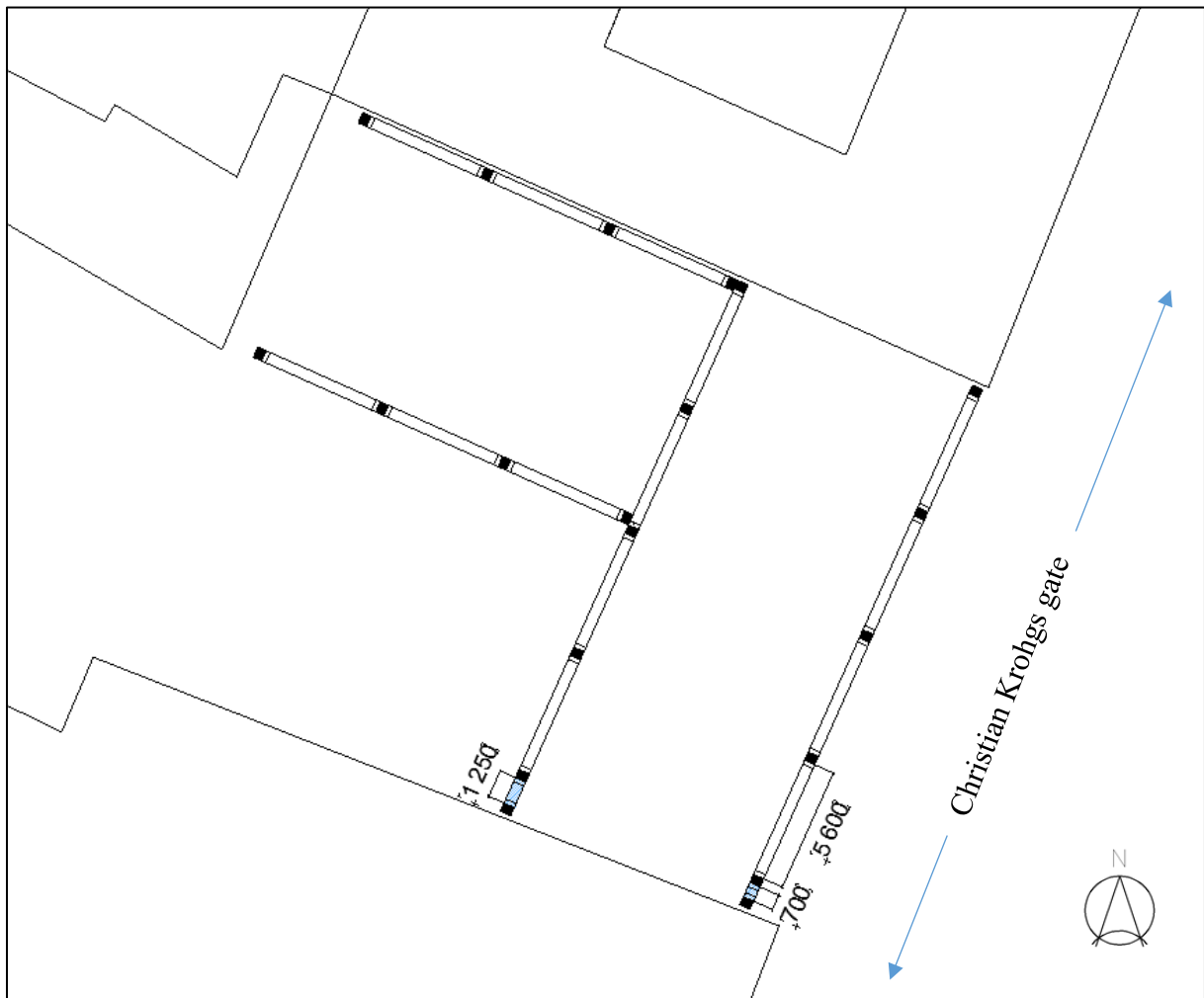
Nedenfor vises et regnskap over behov vs. tilgang:

Løpeter med søyle tilgjengelig i rivningsbygg	668
Løpeter med søyle nødvendig i skisseprosjektet	423
Antall løpeter med søyle til overs	212
Søyler til overs	65 (11 av 3,6 m, og 54 av 3,2 m)

Figur 98: Søylenes egentlige høyder til venstre, og søylenes forlengede høyde til venstre

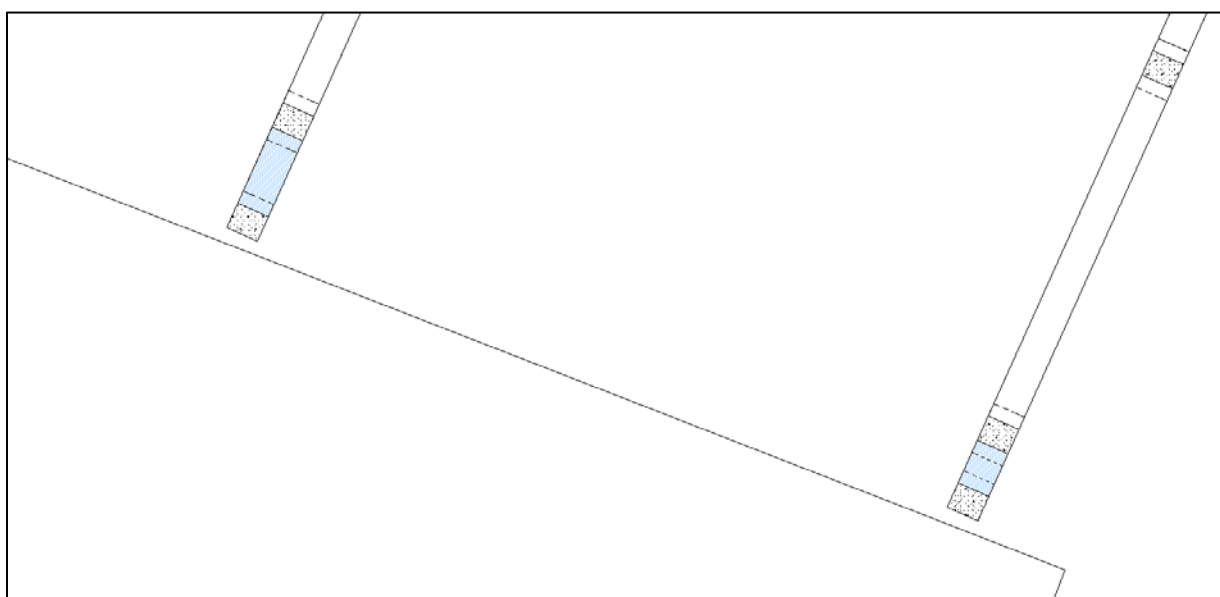
Dragere:

Da søylenes grid fra Sinsenveien beholdes, vil det ikke være behov for å forlenge dragerne i skisseprosjektet. Det vil likevel være nødvendig å se på det nye lastbildet for dragerne og undersøke om det vil være nødvendig med forsterkning av disse. Nedenfor vises plassering av dragerne for en etasje.



Figur 99: Plassering av søyler og dragere i nybygget.

Fordi skisseprosjektet er et infill-prosjekt og gridet fra Sinsenveien ikke passer inn mellom byggene, vil det trengs ekstra dragere med andre dimensjoner for å tilpasse byggets lengde mellom eksisterende bebyggelse.



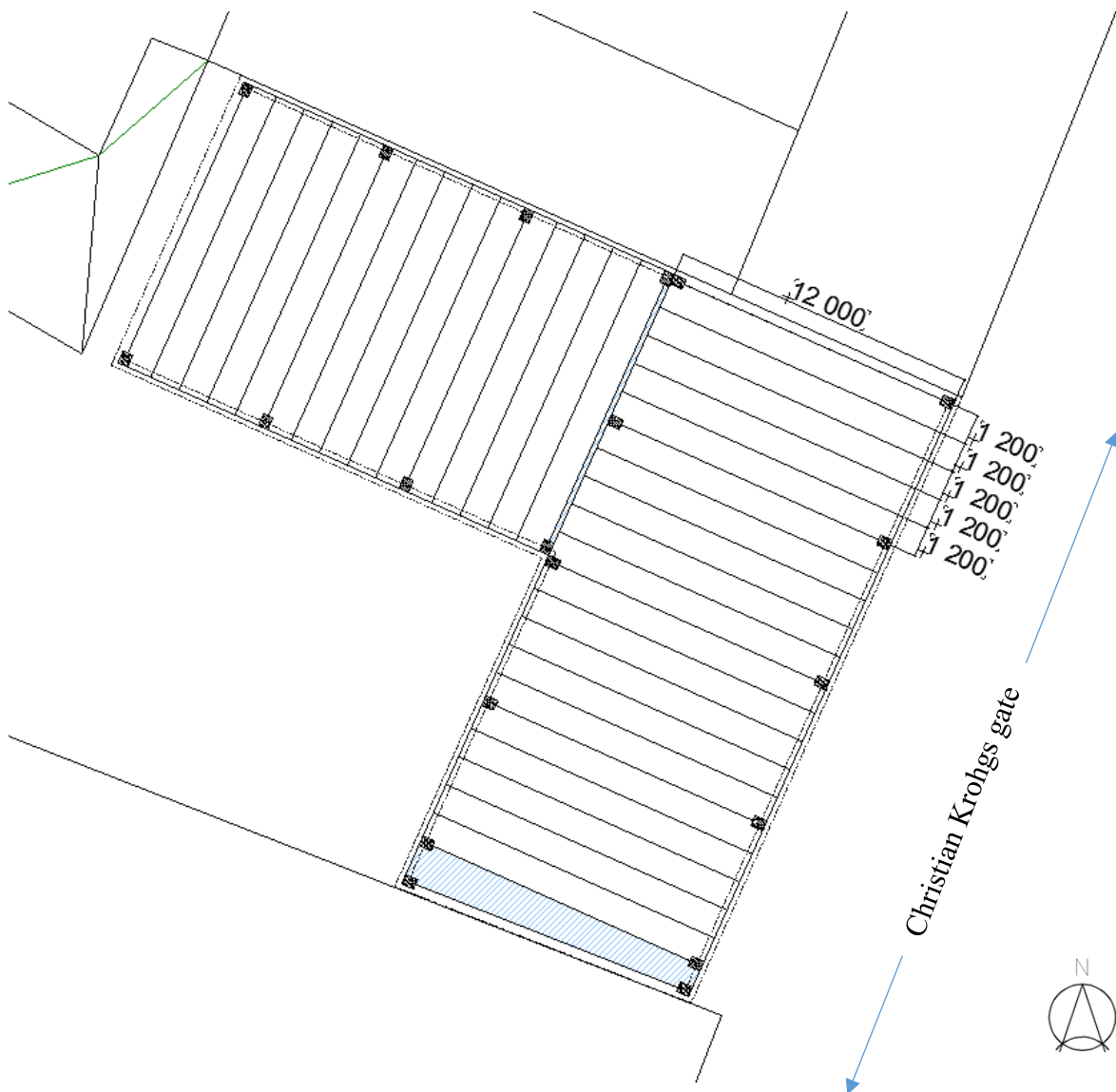
Figur 100: Dragere som må prefabrikeres eller støpes for å tilpasse byggets lengde etter eksisterende bebyggelse er skravert i blått

Nedenfor er en tabell med oversikt over tilgjengelig antall dragere fra rivningsbyggene i Sinsenveien og antall dragere som er nødvendig for skisseprosjektet.

Antall i rivningsbygg	Antall nødvendig i nybygg	Dragere til overs [stk]
146	84	62

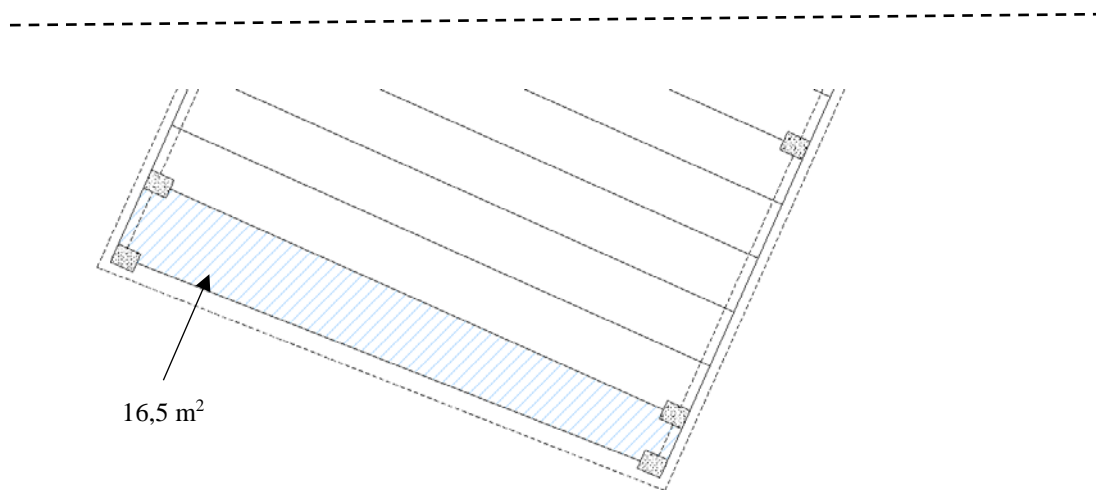
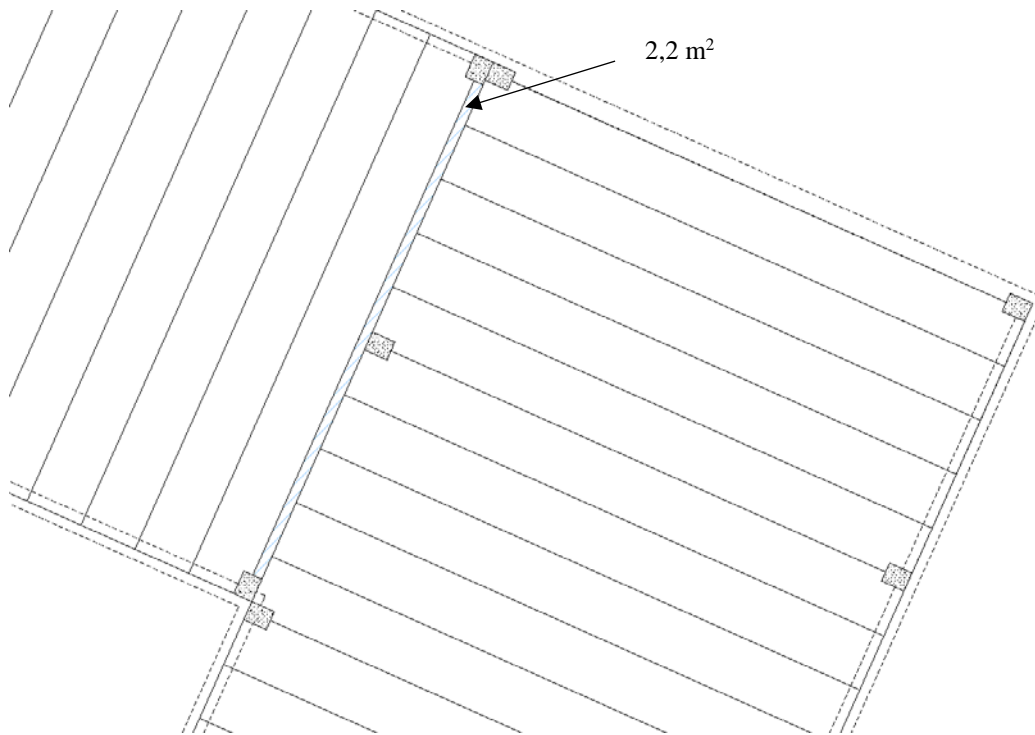
Hulldekker:

Såfremt hulldekkene ikke har noen skader, vil det være mulig med direkte ombruk av disse i det nye bygget. Fordi hulldekker er laget slik at spennarmering vil ha kontinuerlig heft med betongen, vil dekkene kunne kappes uten at spennkraften reduseres (Leland 2008). Det anbefales likevel å unngå å sage eller skjære i hulldekkene og armeringen, så langt det lar seg gjøre (Gunnarsson, 2017).



Figur 101: Dekkeplassing

Grunnet tomtens form og bæresystemets grid, vil det oppstå to områder i hver etasje der det ikke vil være mulig å ombruke hele dekke-elementer. I disse åpningene må det dermed benyttes nye elementer laget på bestilling, eventuelt plass-støpe. For å øke gjenbruksgraden til disse nyproduserte betongelementene kan det benyttes resirkulert tilslag i produksjonen.



Figur 102: Dekker som må prefabrikeres eller plass-støpes for å tilpasse byggets lengde etter eksisterende bebyggelse er skravert i blått

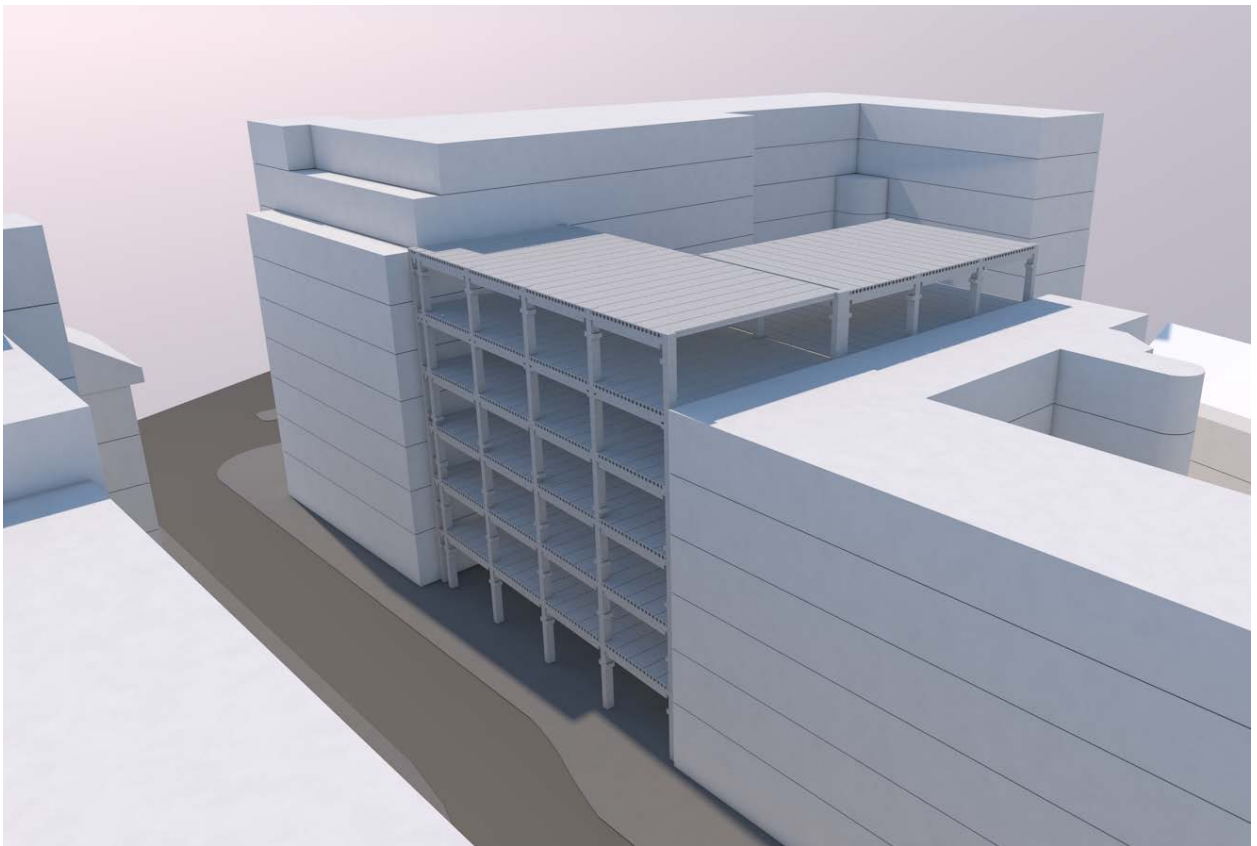
Nedenfor er en tabell med oversikt over tilgjengelig antall dekkelementer fra rivningsbyggene i Sinsenveien og antall dekker som er nødvendig i det nye bygget.

Antall i rivningsbygg	Antall nødvendig i nybygg	Dekke- elementer til overs
395	210	185

De neste sidene viser skisser av det komplette bæresystemet satt sammen.



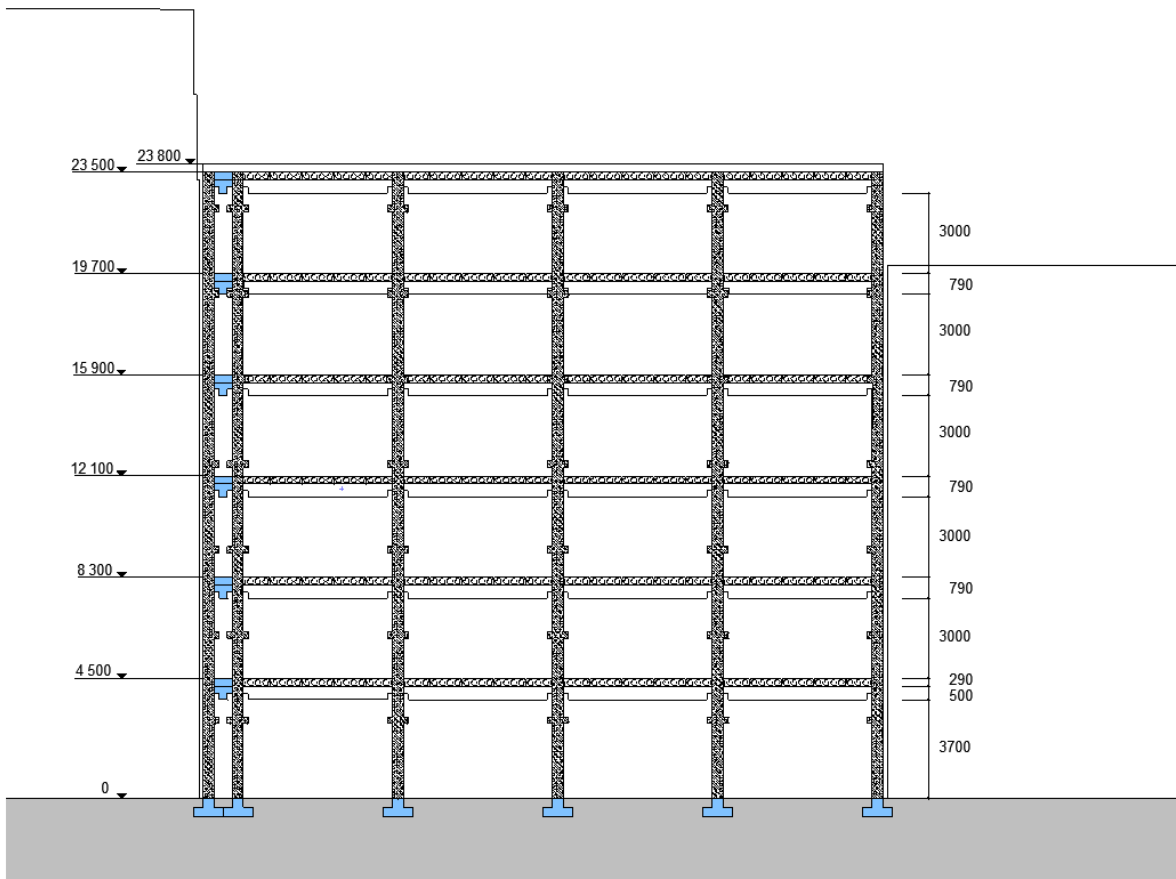
Figur 103: 3-D tegning av skisseprosjektets bæresystem



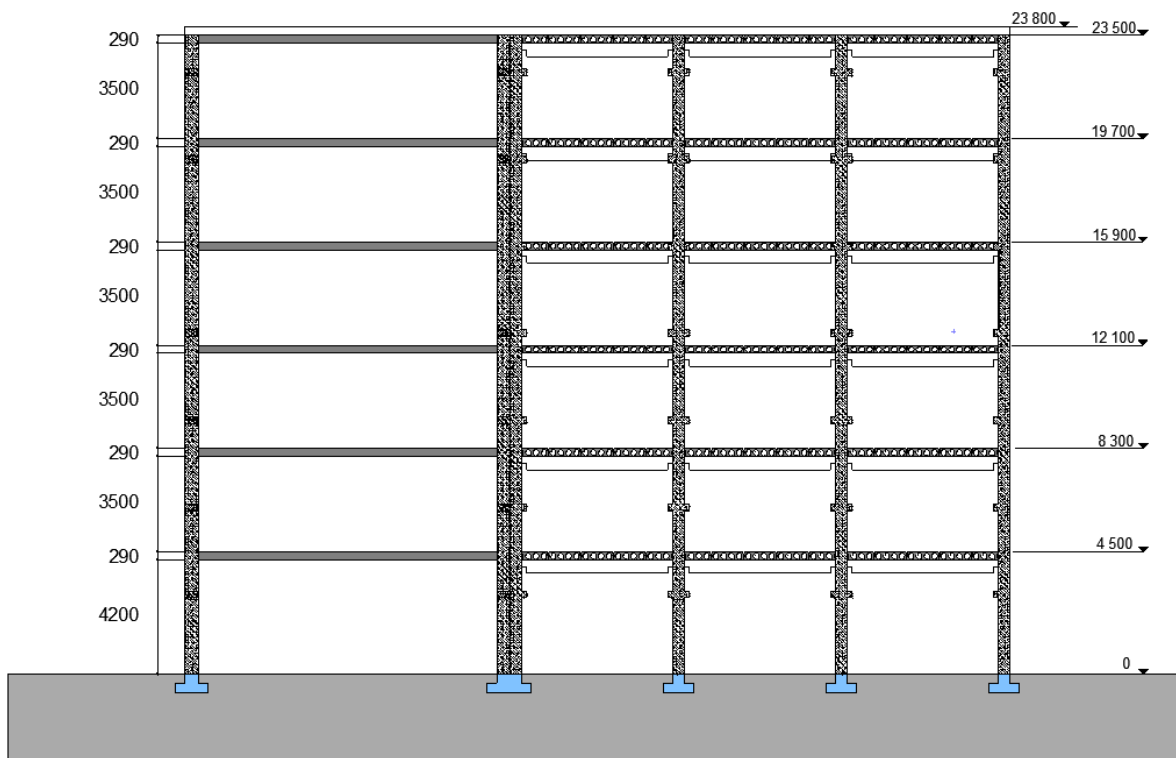
Figur 104: 3D- tegning av bæresystemet med omkringliggende bebyggelse



Figur 105: Byggets omriss med angitte snittpiler



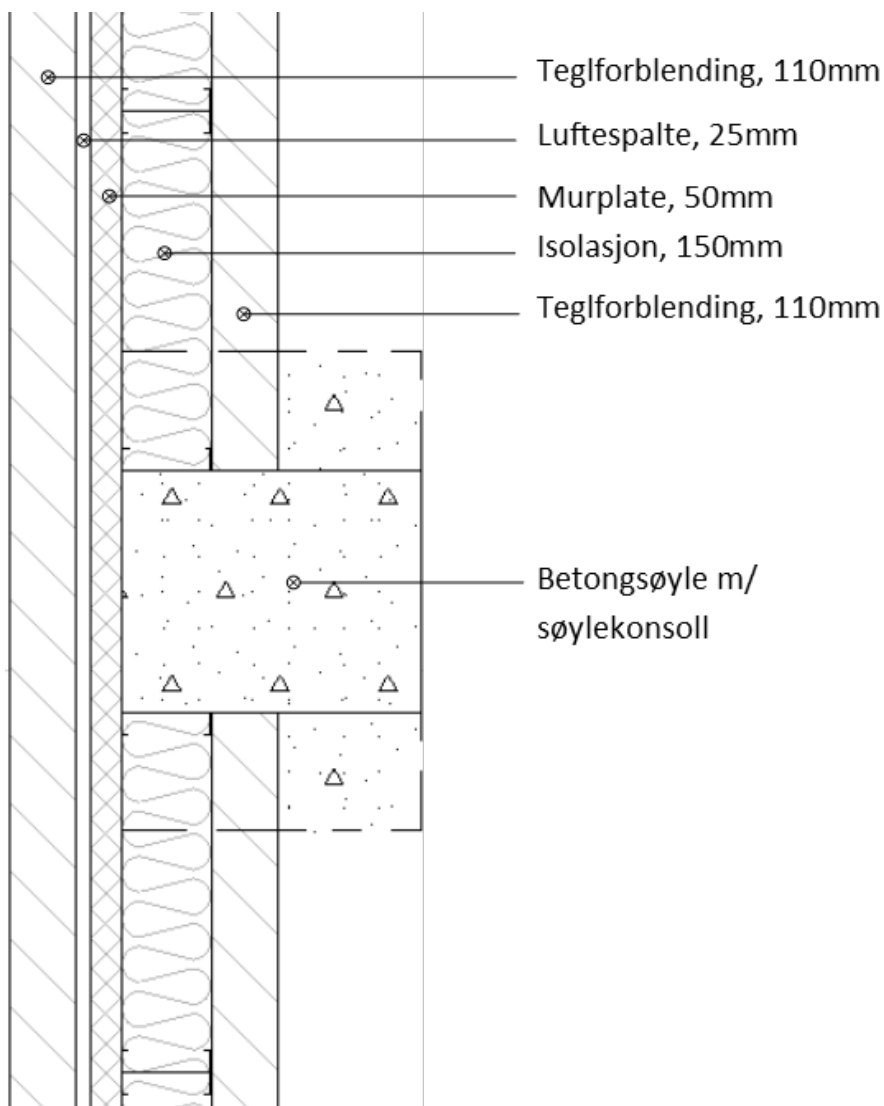
Figur 106: Snitt A-A av bygget med endelige høyder



Figur 107: Snitt B-B av bygget med endelige himlingshøyder

5.5.2 Veggoppbygning:

Det begrensede utvalget av materialer i rivningsbyggene satte tidlig føringer for mulige fasadeuttrykk og veggoppbygning. Etter en undersøkelse av forskjellige detaljer av veggoppbygning, falt valget på en skallmurskonstruksjon med to vanger av tegl med isolasjon i mellomstjktet. I dette mulighetsstudiet vil ikke skallmurskonstruksjonen være en lastbærende bygningskomponent.



Figur 108: Detaljtegning av veggoppbygning

Teglstein:

Da alle rivningsprosjektene inneholdt betydelige mengder teglstein, og fordi teglstein er et robust og bestandig materiale, var det ønskelig å benytte seg av teglsteinen fra fasadene til de fire byggene. Etter å ha konferert med erfarne fagfolk innen ombrukstegl samt studert rapporter (Gether & Gether 2000; Madsø 2001) som omhandlet gjenbruk av teglstein, ble det bestemt at teglsteinen fra rivningsprosjektene skulle ombrukes ved å benytte metoden for selektiv rivning, slik det ble gjort i OMMAT-prosjektet (Gether & Gether 2000). Denne metoden tillater ombruk av teglstein murt med mørtel som er sterkere enn selve teglsteinen.

Det ble dermed sett på muligheten for å mure sammen teglsteinslementer i veggoppbygningen. Muligheten for sammenmuring av teglelementer ble drøftet med Moe (2017) og Madsø (2017), og det ble påpekt av Madsø (2017) at ved muring av teglelementene vil det være behov for bruk av enkeltsteiner i tilpasningen av elementene til fasaden blant annet rundt vinduer. Til dette formålet kan det benyttes teglstein fra riveprosjektene. Denne teglsteinen, murt med sementbasert mørtel, må renses for mørtel ved avfresing eller annen maskinell metode (Madsø, 2017).

Etter samtaler med Moe (2017) og Madsø (2017) som har kunnskap om dette feltet, ble det påpekt at ombruk av teglstein murt med sementbasert mørtel, som KC-mørtel og M-mørtel, vil være krevende og lite økonomisk fordelaktig. Både Madsø (2017) og Moe (2017) påpekte viktigheten av sikring av de utsagde teglelementene, da disse vil ha lett for å knekke dersom de utsettes for strekk.

Nedenfor vises regnskapet over hvor mye tegl som trengs til det nye bygget og den beregnede tilgjengelige teglmengden fra rivningsbyggene i Universitetsgata, Frysjaveien og Sinsenveien. Det er blitt gjort grove undersøkelser av teglmengdene, slik at det i realiteten vil være en større mengde tegl tilgjengelig enn estimert.

Kvadratmeter i rivningsbygg [m²]	
Sinsenveien 47B og 47C	2015
Universitetsgata 7-9	700
Frysjaveien 42	1400
Totalt	4115

Kvadratmeter nødvendig [m²]	
Utvendig tegl	2265
Innvendig tegl	1645
Totalt	3910
Tegl til overs	205

Mineralull:

Isolasjonssjiktet i nybyggets vegg vil være på 150 mm og 5 mm. For skallmursvegger av tegl er en preakseptert løsning å benytte en murplate mot luftespalten med fukt- og vannavvisende samt brannisolerende egenskaper. Da dette produktet ikke er tilgjengelig i rivningsbyggene må dette kjøpes nytt, finnes i andre rivningsprosjekter, eller som avkapp fra nybygg.

Kvm 150 mm i rivningsbygg	Kvm 150 mm nødvendig i nybygg	Differanse [m²]
2255	2197	58

Dersom det viser seg at noe av mineralullen er av dårlig kvalitet, og det derfor likevel ikke vil være nok mineralull tilgjengelig med tykkelse av 150 mm, kan mineralullen med tykkelse på 100 mm, rives opp og benyttes som blåseisolasjon for å fylle det resterende volumet.

Stenderverk:

Stålstenderne rundt vinduene i skisseprosjektet vil trolig trenge større dimensjoner enn de som er tilgjengelig i byggene i Sinsenveien. Dette er grunnet økt behov for kapasitet da de gjenbrukte vinduene i skisseprosjektet er av større dimensjoner enn vinduene stålstenderne bærer i dag. Stålstenderne til rådighet i byggene i Sinsenveien vil derfor kun benyttes i veggene uten vinduer. Tabellen under viser nødvendig antall løpemeter stålstendere fra Sinsenveien til skisseprosjektet.

Løpemeter i rivningsbygg	Løpemeter nødvendig i nybygg	Løpemeter stender til overs
13650	1970	11680

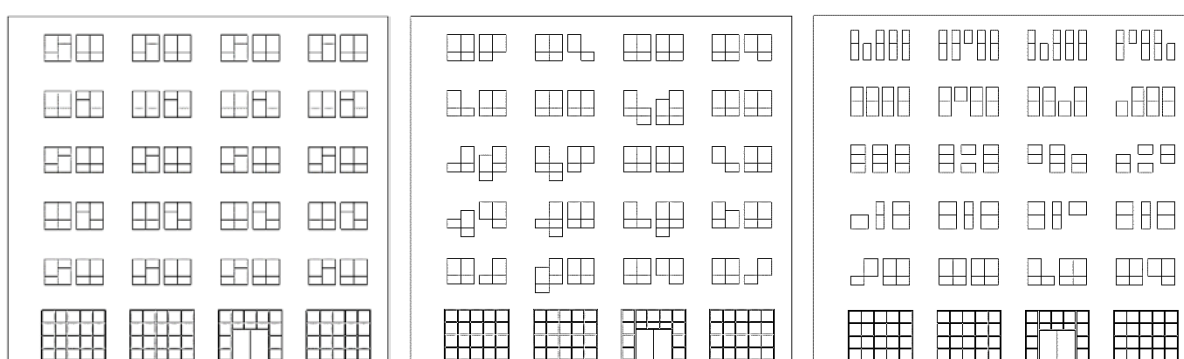
Overflødig stål sendes til omsmelting, og det vil trenge anslagsvis 2670 løpemeter med nyproduisert stål til veggene med vinduer.

5.5.3 Fasadeuttrykk

Vinduer:

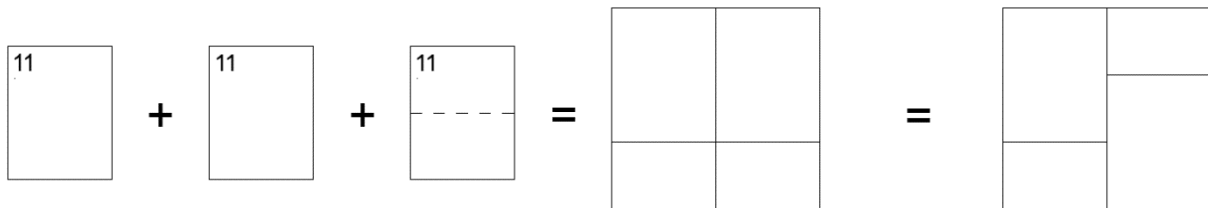
For at vinduene fra byggene skal kunne gjenbrukes må U-verdien forbedres slik at den tilfredsstillers krav i TEK10 (2010). Dette kan gjøres ved å bruke lignende vindusoppgraderingsteknologi benyttet i prosjektet for å oppgradere vinduene i Empire State building. Fordi rammene fra Universitetsgata og Sinsenveien er noe slitt, og bidrar til dårligere U-verdi, er det derfor ønskelig å kun ombruke glasset fra disse vinduene. Glassene i vinduene, demonteres fra den gamle rammen. Deretter oppgraderes glassrutene med et nytt belegg og innsettes, med nye avstandsstykker, i en ny ramme med lav varmeledningsevne. Til slutt fylles hulrommet mellom glassrutene med gass. Det vil da trolig være mulig å senke U-verdien til vinduene tilstrekkelig, slik at de oppfyller kravet i TEK10 (2010) med en U-verdi på 1,2 W/m²K (Aurlien, 2017). Ved å kun benytte glassrutene i vinduene vil det være mulige å lage nye vindusformer og -komposisjoner, og dermed få vinduer av mer ønskelig estetisk uttrykk.

Vinduer har stor betydning for fasadens endelige uttrykk og ulike vindustyper og -sammensetninger ble utprøvd. Skissene under illustrerer flere forskjellige vindussammensetninger i fasadelivet som ble vurdert. De forskjellige designene av vinduene kan oppnås med glassdimensjonene tilgjengelig fra riveprosjektene.

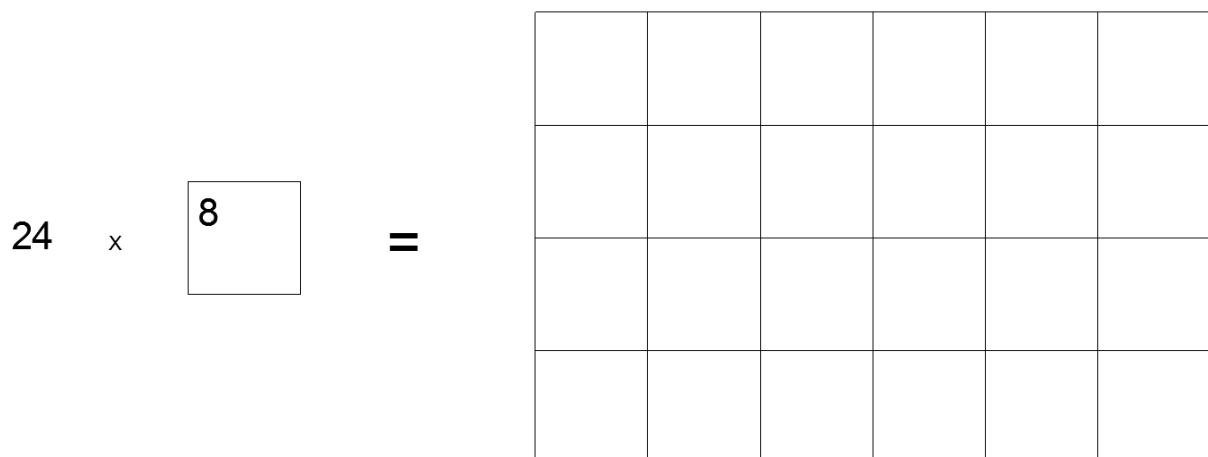


Figur 109: Forskjellige komposisjoner av glassfelt i fasaden

Etter en vurdering av flere typer fasader ble det i denne oppgaven valgt å kun benytte én type vindusrute, da dette trolig vil gi minst kostnader med tanke på bearbeidelse og produsering av nye rammer. Det ble valgt å gå videre med vindustype nr. 11 fra byggene i Sinsenveien, fordi det er størst antall av disse, 1000 stk (se delkapittel 5.4.5). Disse vil bli brukt fra 2. til 6. etasje. I 1. etasje ønskes det større vindusfelt grunnet næringslokaler, og vindustype nummer 8 fra Universitetsgata, settes inn i nye rammer for å få til dette.



Figur 110: Valgte vinduskomposisjoner for 2. til 6. etasje



Figur 111: Valgte vinduskomposisjoner for næringslokalene i 1. etasje

Dører:

Av estetiske årsaker vil det være hensiktsmessig å produsere nye karmen, samt bearbeide dørene på samme måte som det blir gjort for vinduene, slik at byggets fasade får et helhetlig uttrykk. Dette sørger også for at det gjennom bearbeiding vil bli mulig å tilfredsstillende de nødvendige kravene spesifikt for skisseprosjektet. Inngangsdørens dimensjoner i skisseprosjektet vil være på 2400 x 2500 mm. Hvert dørblad vil da trenge et glassfelt som er ca. 1100 x 2000 mm. Dette glassfeltet hentes fra Universitetsgatas inngangsparti.

5.5.4 Takkonstruksjon

Grunnet oppgavens begrensede tidsomfang har det ikke blitt sett på løsninger for oppbygning av takkonstruksjon med gjenbrukte materialer.

Takkonstruksjonen er en svært utsatt del av bygningen, som krever materialer med gode vannavstøtende egenskaper (Drogseth, 2017). For gamle flate tak, som i Sinsen- og Frysjaveien, er det stor fare for fuktinntrenging. Det ble også da, i likhet med nå, ofte benyttet sveising/klebing som skjøtemetode for å oppnå løsninger som tåler vanntrykk. Dette medfører mindre sannsynlighet for gode ombruksmuligheter av materialer, brukt i flate takkonstruksjoner.

I Universitetsgata er taket tekket med båndtekkede kobberplater. Det ble sett på ombrukspotensialet av disse, men ettersom kobber brukt til båndtekking endrer egenskaper og gjerne blir sprøtt over tid, vil disse som regel ikke være egnet til ombruk i en ny takkonstruksjon som båndtekkede elementer. (Drogseth, 2017)

5.5.5 Mulighetsstudiets endelige uttrykk

Det var ønskelig å oppnå et uttrykk på det ferdige designet som ville være estetisk tilfredsstillende uten å måtte skjule de gjenbrukte materialene og komponentene som ble brukt i fasaden. Teglsteinen pusses derfor ikke i dette skisseprosjektet slik at de forskjellige teglsteinstypene vil være synlig i fasaden.

I prosessen med å finne ønsket fasadeuttrykk ble det laget enkle skisser av fasaden ut mot Christian Krohgs gate. For å markere søyleplasseringen og skape et vertikalt uttrykk i fasaden ble tegl fra fasaden i Universitetsgata benyttet til å lage vertikale «bånd» i fasaden. Til det resterende utvendige teglarealet ble teglsteinen fra Sinsenveien benyttet.



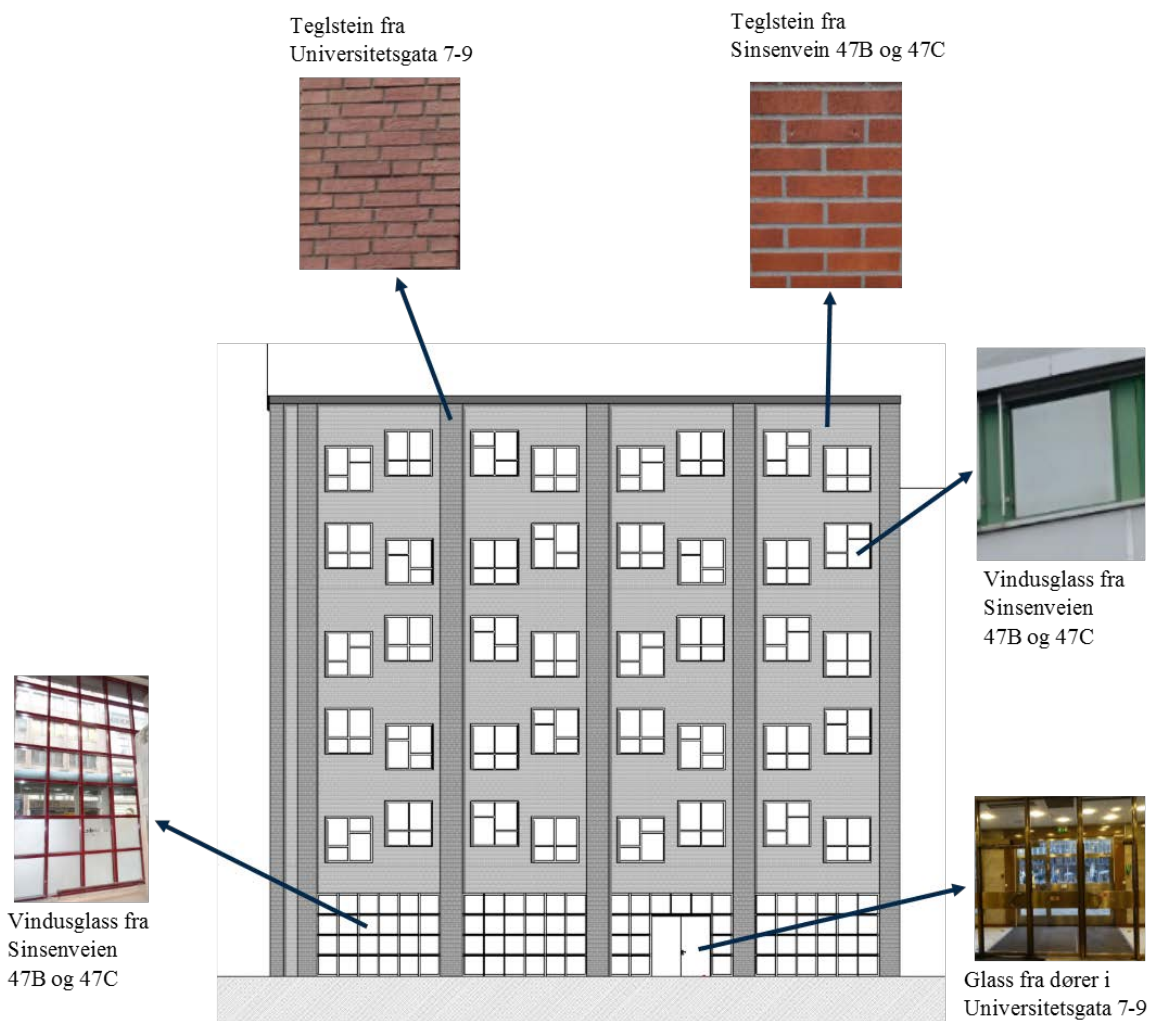
Figur 112: Skissert fasadeuttrykk, i gråtoner, sett fra Christian Krohgs gate



Figur 113: Fasadens endelige uttrykk



Figur 114: Endelig fasadeuttrykk, sett fra Christian Kroghs gate



Figur 115: Materialvalg for fasaden

For å gi et inntrykk av andelen ombruk oppnådd i dette skisseprosjektet er det under presentert en tabell med et grovt anslag. Denne tabellen viser at dette bygget består av omtrent 75% ombruksmaterialer, som tilsier at 25% av bygget vil være nyprodusert. Det er da ikke medregnet at de nyproduserte materialene kan bestå av en viss grad gjenvunnet materiale.

Det presiseres her at det er gjort antakelser, og tallene vil ikke være nøyaktige. Dette er kun utarbeidet for å gi leseren et overblikk over oppnådd ombruksandel i skisseprosjektet.

	Sinsenveien	Universitetsgata	Frysjøveien	Nytt	Nybygg	Ombruksandel
Søylar [kg]	100	-	-	-	100	100 %
Dragere [kg]	71	-	-	0,3	71	100 %
Dekker [kg]	1270080	-	-	7812	1277892	99 %
Teglstein [kg]	477	166	250	-	893	100 %
Vindusglass [kg]	10000	-	-	-	10000	100 %
vindusrammer [kg]	0			9955	9955	0 %
Mineralull [kg]	4620	-	-	2750	7370	63 %
Stålstendere [kg]	1576	-	-	2667	4243	37 %
					TOTAL	75 %

5.5.6 Oppsummering av mulighetsstudiet

Erfaringene fra dette mulighetsstudiet viser at det er stort potensial for gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer, og at bygg som rives i dag inneholder store mengder gjenbrukbare materialer.

Riveprosjektene

Kravet til gjennomføring av miljøsaneringsrapport for større riveprosjekter er positivt i en gjenbrukssammenheng, da denne rapporten er nyttig i kartleggingen av materialers gjenbrukspotensial. Da innhold av helse- og miljøfarlige stoffer vil ha mye å si for gjenbrukspotensialet til et produkt, ble det gjennom dette mulighetsstudiet erfart at miljøsaneringsrapporten var et viktig verktøy for å få god oversikt over innhold av helse- og miljøfarlige stoffer i riveprosjektet.

Ytterligere ble det erfart at det også er viktig med et godt tegnings- og dokumentgrunnlag for byggene som er kilde for gjenbruksproduktene. Dette gjør planleggingsprosessen betydeligere lettere. Dette tegnings- og dokumentgrunnlaget er, for mange bygg, lett tilgjengelig på Plan- og bygningsetaten sine hjemmesider. Dersom bygg begynner å designes *for* gjenbruk er det viktig at det foreligger grundig dokumentasjon om materialenes egenskaper, dimensjoner og utførelsesmetoder for montering.

For å redusere nødvendig transport av materialer og komponenter, bør riveprosjekter og sted for bearbeidelse av materialet ha en beliggenhet i nærheten av tomten for nybygget. Dette vil bidra til en ytterligere reduksjon av CO₂-utslipp for gjenbruksprosjektet med tanke på transport.

Materialene

For å utrede gjenbrukspotensialet til materialer og komponenter ble det benyttet en iterativ prosess. Gjennom mulighetsstudiet ble det erfart at fleksibilitet og løsningsorientert tankegang er viktige egenskaper ved prosjektering med gjenbruk. Ved å gjennomgå flytdiagrammet for å kartlegge gjenbrukspotensialet til komponentene og materialene, ble det erfart at flere spørsmål måtte undersøkes parallelt og i flere runder. Det var også nyttig å undersøke flere materialer parallelt for å se mulig løsninger og sammenhenger mellom de ulike materialene og komponentene.

Det ble i mulighetsstudiet, gjennom prosessen for valg av materialer og komponenter, etterstrebet å benytte seg av materialer med betydelig CO₂-avtrykk ved produksjon samt god holdbarhet. Ved å benytte miljøverstingene vil gjenbruksprosjektet få en større miljømessig

gevinst, da CO₂-utslippet ved produksjon av tilsvarende nye materialer spares.

Riveprosjektene bestod i stor grad av tegl og betong. Det ble derfor prioritert å benytte disse materialene, da disse både er holdbare og energikrevende å produsere som påpekt i teoridelen.

Det pekes også på viktigheten av å håndtere komponentene og materialene, som ønskes å gjenbrukes, så forsiktig som mulig, både ved demontering og transport. Dette er viktig for å unngå at skader påføres komponentene og materialene. Forbindelsesmetoden benyttet i rivningsbygget vil være avgjørende for materialet/komponentens ombrukspotensial. For å ta høyde for at enkelte produkter, enten har en eksisterende skade, eller blir påført skade gjennom demontering eller transport, vil det være viktig å ha et overskudd av komponentene og materialene som ønskes gjenbrukt. Dette vil gjøre seg spesielt gjeldende for komponenter som eksempelvis må skjæres i for å kunne demonteres.

Mulighetsstudiet viser også at behovet for nyproduserte materialer vil reduseres ved å benytte gjenbruksmaterialer. Skisseprosjektet viser at det med gjeldende antagelser vil være mulig å redusere dette behovet med hele 75%.

Kompetanse og samarbeid med fagfolk

Det ble gjennom mulighetsstudiet erfart at samarbeid med erfarne rådgivere, som er villige til å tenke nytt og se muligheter der andre kun ser utfordringer, både er nyttig og nødvendig. Dette gjorde seg spesielt gjeldende med utfordringene knyttet til forlenging og skjøting av søylene som i utgangspunktet var for korte. Samarbeid og kontakt med erfarne rådgivere gjorde seg også gjeldende ved nærmere utredelse av gjenbrukspotensialet til teglsteinen. Erfaring og kunnskap om materialene gjør seg gjeldende i denne prosessen. Særlig kunnskap om materialenes aldringsprosess.

Skisseprosjektet

Gjennom mulighetsstudiet ble det erfart at søket etter gjenbruksmaterialer bør startes så fort en grov skisse av byggets utvendige mål er satt. Disse målene og formen til bygget bør likevel være åpne for noen forandringer. Dette gjorde seg gjeldende i mulighetsstudiet blant annet da dybden til det nye bygget måtte endres for å tilpasses gridet fra rivningsprosjektets bæresystem.

Mulighetsstudiet opererte også med tankegangen om at bygg bør designes med større himlingshøyder enn gjeldende krav. Dette øker mulighetene for bruksendring i senere tid, som igjen vil redusere sjansen for at bygget rives i nærmeste fremtid og at mer avfall produseres.

Infill-tomten som skulle benyttes til nybygget i mulighetsstudiet hadde ikke rette vinkler, noe som resulterte i at det ble nødvendig å benytte seg av materialer som ikke var mulig å ombruke direkte. Det ble eksempelvis behov for spesialbestilte, prefabrikkerte elementer eller plasstøpt betong. Det påpekes at det i dette tilfellet bør tilstrebnes å benytte resirkulert materialer så langt det lar seg gjøre.

Hovedfokuset til mulighetsstudiet har vært å belyse gjenbruksaspektet ved prosjektet. Det var ønskelig i denne oppgaven å vise, gjennom designet av bygget, at forskjellige produkter er blitt brukt i utformingen, eksempelvis ved bruk av forskjellig tegl fra ulike riveprosjekter. Samtidig er det kun valgt å benytte to typer vinduer med nye, like karmen, fremfor å benytte alle de ulike vindustypene som var tilgjengelige. Dette ble gjort for å unngå en følelse av kaos i fasaden. Ved gjenbruksprosjekter kan gjenbruk, på denne måten, benyttes som et effektivt virkemiddel i formidlingen av byggets historie og opphav.

Det ble forsøkt å finne CO₂-utslippet ved produksjon for hver komponent i bygget for å kunne vise spart CO₂ ved å gjenbruke bygningskomponenter. Det ble funnet tall på CO₂-ekvivalenter fra Norsk Prisbok, men da disse tallene inkluderer CO₂ utslippet i 60 år etter produksjonen, vil de ikke egnes til dette formålet. Disse utfordringene gjør seg også gjeldene for andre CO₂- utslippsberegninger, da systemavgrensningene vil variere, og gjøre tallene vanskelige å sammenligne.

Det vil likevel være realistisk å trekke slutninger om at CO₂-utslippet vil være betydelig mindre for et bygg bygget med store deler gjenbrukte materialer og komponenter, sammenlignet med et tilsvarende bygg med kun nyproduserte materialer og komponenter. Dette forutsetter at CO₂-utslippet ved transporten til og fra bearbeidelses plass og selve bearbeidelsen av gjenbrukskomponenten, ikke overstiger utslippet ved nyproduksjon av tilsvarende materiale.

6 Diskusjon

Det er i dette kapitlet tatt utgangspunkt i oppgavens delspørsmål, definert i metodedelen, for å belyse forholdene rundt problemstillingens ulike aspekter. Nedenfor er hvert delspørsmål diskutert med samlede erfaringer og observasjoner gjort ut fra litteraturstudiet, mulighetsstudiet og intervjuene, for å besvare oppgavens problemstilling: *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår ved gjenbruk av bygningskomponenter og materialer?*

6.1 Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på anskaffelse av gjenbruksmaterialer?

Slik dagens markedsmodell er oppbygd, vil anskaffelse av gjenbruksmaterialer innebære andre utfordringer og muligheter enn det et vanlig kjøp av ett nytt materiale vil gjøre.

I teoridelen fremkom det at tilgjengeligheten av komponenter og materialer er et viktig aspekt ved gjenbruksprosjekter (Addis 2012). I et av referanseprosjektene ble det benyttet avfallsnettverk, nettbaserte gjenbruksbutikker og Google Earth for å lokalisere og få tilgang til potensielle bygningsmaterialer (*Ellen MacArthur Foundation: Superuse Studios, Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes*). Slike nettbaserte databaser nevnes også i SINTEFs rapport, «anbefalinger ved ombruk av byggematerialer» (Sørnes et al. 2014). Norges nettbaserte gjenbruksbutikk, finn.no, selger noen gjenbrukte byggevarer, men foreløpig finnes det ikke et marked som kan benyttes for kommersielt bruk i en større sammenheng (Sørnes et al. 2014).

En annen måte å anskaffe materialer er å gjøre seg kjent med og eventuelt kjøpe rivningsklare bygg, slik at materialene fra disse objektene kan gjenbrukes (Gorgolewski 2008).

Mulighetsstudiet tok utgangspunkt i denne metoden, og materialene ble anskaffet ved å definere rivningsobjektene som skisseprosjektets materialbutikk. Denne metoden gir et begrenset utvalg av materialer og prosjekteringen må skje på bakgrunn av hva rivningsobjektene har å tilby av gjenbruksprodukter. I teoridelen påpekes det at denne metoden vil kunne redusere problemene som kan oppstå i forbindelse med timing og garanti for at materialene som trenges er tilgjengelige (Gorgolewski 2008).

Marked for gjenbrukte byggevarer

Noen av intervjuobjektene har erfaring med salg av gjenbruksbyggevarer fra bruktbutikk (Bani Hashem, 2017; Moe, 2017; Sand, 2017; Wærner, 2017). Ingen av de to bruktbutikkene er lenger i drift. Den ene bruktbutikken drev kun med byggevare utsalg, men grunnet kostnader ved å demontere, transportere, lagre og selge varene gikk selskapet i null, til tross for at alle varene var anskaffet gratis gjennom riveprosjekter (Moe, 2017). Dette peker på at tiltak bør iverksettes som kan skape gode forretningsmodeller, som tilrettelegger for salg av gjenbruksprodukter, slik at gjenbruksprodukter kan bli butikkvare.

Intervjuobjektet med erfaring fra den andre bruktbutikken nevnt ovenfor, mener at prisen ved å drive med salg av gjenbruksvarer er for lav i forhold til lønningen (Wærner, 2017). Han nevner MVA-fritak i 10 år etter oppstart som et godt virkemiddel for å motvirke dette.

Samtidig som gode ordninger for kjøp og salg av gjenbruksvarer etterlyses på både Byggavfallskonferansen 2017 og NHP-møtet. Likevel er det flere i intervjudelen som mener at gjenbruk kun vil få gjennomslag dersom det skjer en økning i etterspørsel etter gjenbruksvarer (Brastad, 2017; Bani Hashem, 2017; Sand, 2017). Et annet intervjuobjekt mener at det må skje en holdningsendring når det gjelder gjenbruksprodukter (Gunnarsson, 2017).

Logistikk og markedspotensial

Logistikkutfordringer er noe flere av intervjuobjektene peker på (Amlo, 2017; Drogseth, 2017; Frydenlund, 2017). Ombruksmaterialer må være tilgjengelig og klare til rett tid når de skal brukes i nye prosjekter. Leland og Svendsen (2006) og Rognlien (2002c) påpeker at materialer bør sikres tidlig, gjerne allerede under prosjekteringen. På den annen side peker Gorgolewski (2008) på at det ved tidlig kjøp av gjenbruksprodukter, vil oppstå et behov for mellomlagring. Logistikk er dermed en grunnleggende forutsetning som må utvikles for at ombruk skal kunne fungere optimalt i en byggsammenheng. Valg av markedsmodell vil henge tett sammen med logistikkutfordringene.

Gjennom mulighetsstudiet ble det erfart at det vil være nyttig å ha overskudd av alle materialer og komponenter. Dette er fordi det må påberegnes en viss andel svinn grunnet eventuelle skader som kan oppstå ved demontering, frakt, testing og lagring.

Ombruk og gjenvinning av nye materialer åpner opp muligheter for nye industrier, da særlig med tanke på bearbeiding av gjenbrukskomponenter og materialer. Lagring og/eller butikk for gjenbruksprodukter vil også være muligheter for nye virksomheter (Leland & Svendsen 2006). I både intervjudelen (Frydenlund, 2017; Wærner, 2017) og teoridelen (Coelho & de

Brito 2011; Husbanken et al. 2005) pekes det på at gjenbruk vil kreve økt arbeidskraft. Dette konkluderes, i oppgaven, som noe positivt da det i Norge er fremskrevet en drastisk befolkningsøkning frem mot 2040 (Tønnessen et al. 2016), og det dermed vil oppstå behov for flere arbeidsplasser.

Riveprosess for gjenbruk

Ut fra hva Addis (2012) sier om selektiv rivning, må det skje en endring i måten byggene rives i dag. Det har i senere tid blitt vanlig å ta i bruk maskinelle rivemetoder (Addis 2012; Husbanken et al. 2005). Utviklingen av den mer motoriserte og robotiserte rivemetoden som benyttes i dag er et produkt av effektivisering. Denne måten å rive bygg på fører til at en mindre del av rivemassen egner seg til gjenbruk fordi mange av metodene ødelegger for ombrukspotensialet til de enkelte materialene.

Dagens riveprosess ble også påpekt, i mulighetsstudiet, som en utfordring, da særlig i forbindelse med demontering av betongelementene. Ved videre undersøkelser ble det likevel funnet mulige metoder å demontere elementene på, uten å påføre de store skader.

Demonteringen av betongelementer kan skje ved en omvendt monteringsprosess.

Utfordringen er å vite hvilke typer opplagre som er benyttet for bygget.

Det fremkom både i teoridelen (Coelho & de Brito 2011; Husbanken et al. 2005; Kibert & Chini 2000) og i intervjudelen (Amlo, 2017) at rivning, med tanke på gjenbruk, vil kreve mer tid, noe som vil fordyre riveprosessen. Dette vil derimot være et steg i motsatt retning av hva dagens rivepraksis streber etter å oppnå. Noen av intervjuobjektene mener derfor at det er opp til byggherre å legge opp til gjenbruk, og at gjenbruk bør komme inn som en del av tilbudsgrunnlaget (Bani Hashem, 2017; Moe, 2017).

Fra litteratursøket fremkom det at demontering med tanke på gjenbruk er en mer tidkrevende prosess (Chini & Bruening 2003), men har imidlertid klare miljømessige fordeler sammenlignet med hva tradisjonell rivepraksis har (Coelho & de Brito 2011). Ved et skifte mot selektiv rivning vil maskinkraft måtte erstattes med økt manuell arbeidskraft da demontering krever et lettere håndlag (Coelho & de Brito 2011; Husbanken et al. 2005). Dette skaper igjen en utfordring med tanke på økonomi fordi manuell arbeidskraft ofte er dyrere enn maskinell arbeidskraft (Coelho & de Brito 2011). Et økt behov for manuell arbeidskraft vil imidlertid skape flere arbeidsplasser.

Irreversible løsninger

Selv om dagens rivepraksis endres mot en ren demonteringspraksis, vil ikke alle materialer være mulig å gjenbruke. Erfaringer fra mulighetsstudiet og teoridelen (Berge et al. 2009; Sørnes et al. 2014) viser at komponenter og materialer med gjenbrukspotensial som finnes i dagens bygg, som regel ikke er designet for ombruk, og er dermed sjelden prosjektert med demonterbare løsninger. Økt bruk av våte forbindelser, som lim og betong, er en årsak til at dagens bygningsmaterialer egner seg dårligere til gjenbruk. Ved bruk av slike forbindelser er de ulike materialsjiktene sammenføyd på en slik måte at de ødelegges ved demontering. Komposittmaterialer er klassiske eksempler på dette. For at muligheten for gjenbruk av bygningsmaterialer skal økes, bør det tilstrebes å benytte mest mulig tørre løsninger som lettere lar seg demontere ved behov for utskiftning (Nordby 2009).

Stort materialutvalg

Det har i løpet av de siste hundre årene også vært en stor økning i materialutvalget (Nordby 2009). Erfaring fra mulighetsstudiet peker på at større utvalg av materialtyper og produkter har ført til at det i dag finnes utallige utførelsesmetoder og dimensjoner. Til tross for mange standardiserte og preaksepterte løsninger, finnes det mange variasjoner av disse. Dette resulterer i at det, uten nødvendig dokumentasjon, er tilnærmet umulig å si noe sikkert om utførelsesmetodene i bygget. Dette vanskeliggjør også vurderingen av materialenes og komponentenes ombrukspotensial, da særlig med hensyn på demontering og remontering.

Store miljømessige fordeler

Gjennom oppgaven er det blitt påpekt at riving og rehabilitering er to byggetiltak som produserer mye avfall (SSB 2014). Denne statistikken har attpåtil flere hull, og tallene vil derfor i virkeligheten være enda høyere (Hindklev 2013). Gjenbruk foreslås som mulig tiltak for avfallsreduksjon gjennom NHP-gruppen, noe som også ble påpekt i mulighetsstudiet og gjennom intervjuene (Riise, 2017). Innføring av krav om bruk av materialer som i dag anses som avfall, vil kunne bidra positivt når det gjelder reduksjon av avfallsmengdene som produseres ved riving, rehabilitering og nybygging.

I teoridelen fremkom det at verden i dag står overfor et veiskille med tanke på dagens ressursforbruk. Verden overforbruker av jordas ressurser, og dette må det gjøres noe med (Global Footprint Network). Det finnes også flere lagre som er i ferd med å gå tomme for jomfruelige materialer (Marques & Loureiro 2013). Ved å innføre krav om gjenbruk av produkter fra eksisterende bygg, vil dette kunne bidra til å redusere mengdene jomfruelige materialer som brukes i produksjonen av nye produkter (Gether, 2017; Wiik, 2017; Wærner,

2017; (*Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi 2016*)). Wiik (2017) tilføyer også at gjenbruk kan føre til lengre levetid på eksisterende konstruksjoner/bygninger. Gjenbruk blir også et middel for å oppnå L. P. Hedebergs fire forhold for å oppnå et bærekraftig samfunn (Berge et al. 2009).

Økende temperatur skyldes i stor grad store klimagassutslipp over lengre tid. Denne utviklingen er det ønskelig å stoppe gjennom å oppnå et klimanøytralt samfunn før 2100 (*Dette er Parisavtalen 2017*). Norge har satt som mål å redusere drivhusgassutslippet med 40% innen 2030 (Norwegian Ministry of Climate and Environment 2015). Gjenbruk vil bidra til at både energimengdene og CO₂-utslippet som må til for å produsere nye tilsvarende varer reduseres (Amlo, 2017; Bani Hashem, 2017; Moe, 2017; Riise, 2017; Sand, 2017; Wiik, 2017; Wærner, 2017). Ett annet intervjuobjekt mente at myndighetene burde stille krav til klimagassutslipp, og at ett tiltak for å øke gjenbruksgraden i bransjen kan være å høyne avgiften på produksjon av nye varer (Riise, 2017).

Gjenbruk er også nevnt som et middel for å oppnå sirkulærøkonomi (*Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi 2016*).

I tabellen under er det forsøkt å oppsummere de ulike mulighetene og utfordringene som ble belyst under dette delspørsmålet: *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på anskaffelse av gjenbruksmaterialer?*

Muligheter	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none"> • Mulighet for nye industrivirksomheter • Flere arbeidsplasser • Mindre CO₂-utslipp på riveplass grunnet overgang til mer manuell arbeidskraft ved demontering • Design for gjenbruk vil gjøre det lettere å skifte ut og vedlikeholde enkeltkomponenter, grunnet enkle demonterbare løsninger • Økt fokus på gjenbruk i byggebransjen vil trolig føre til nye vedlikeholdsfrie materialer med lengre levetid • Kvalitet fremfor kvantitet kan gi lavere livssyklus-kostander • Reduksjon av bygningsavfall • Reduksjon av råvareuttak • Reduksjon av CO₂-utslipp • Reduksjon av energiforbruk • Et middel for utviklingen av sirkulær økonomi 	<ul style="list-style-type: none"> • Det må utvikles gode forretningsmodeller som tilrettelegger for salg av gjenbruksprodukter • Etterspørselen etter gjenbruksprodukter er lav, en holdningsendring må til • Logistikk • Demontering krever mer tid • Arbeidskraft i Norge er dyrt • Ikke alle materialer/komponenter egner seg til ombruk • Dårlig dokumentasjon av gjenbruksmaterialene/komponentene

6.2 Hvilke materialer er tilgjengelige og har gjenbrukspotensial?

Gjennom litteratur- og mulighetsstudiet ble det avdekket gjenbrukspotensial for flere typer bygningsmaterialer. I mulighetsstudiet var det tre komponenttyper som skilte seg ut som utfordrende å gjenbruke, da det knyttes mange forskrifts- og dokumentasjonskrav til disse. Det er her snakk om prefabrikkerte betongelementer til bruk som nytt bæresystem, ombruk av teglstein murt med sementbasert mørtel, samt ombruk av vinduer. Det er derfor disse materialene som her vil diskuteres nærmere.

Ombruk av prefabrikkerte betongelementer

Betong er et svært vanlig byggemateriale i bygg i dag (Nielsen et al. 2014; Sørnes et al. 2014). Dette vises igjen i rivningsbyggene fra mulighetsstudiet, hvor alle byggene består i store deler av betong som enten er plasstøpt eller elementbasert. Betong kan enten gjenbrukes ved at det knuses og brukes som fyllmasse eller som tilslag i nyprodusert betong, eller som hele betongelementer som ombrukes direkte (Bramslev et al. 2016; Kunstakademiets Arkitektskole Institutt for Bygningskunst og Teknologi 2015). Prefabrikkerte betongelementer er ønskelig å gjenbruke da disse har lang levetid (Bramslev et al. 2016). Det er også ønskelig å gjenbruke betong, da dette er et materiale som er energikrevende å produsere (Nielsen et al. 2014). Prefabrikkerte betongelementer vil kreve svært lite bearbeiding dersom det tas riktige forhåndsregler (Bramslev et al. 2016), og dersom komponentene benyttes med likt bruksområde med tilnærmet like forutsetninger som før. Det vil likevel oppstå flere utfordringer som må prosjekteres nøye.

Gjennom mulighetsstudiet ble det erfart at demontering, frakt, tilpasning og remontering vil kreve mer når det gjelder planlegging, logistikk og detaljprosjektering. Demontering av elementene vil være en krevende prosess som må utføres med forsiktighet for at elementene ikke påføres skader, som gjør at de mister ombrukspotensial. Dette påpekes også i intervjudelen (Bani Hashem, 2017; Sand, 2017), og i referanseprosjektet på Borgerskogen Industriområde (Leland 2008). I tillegg må elementene monteres, og detaljene og logistikken rundt dette må planlegges nøye for å sikre så høy måloppnåelse som mulig. Når det gjelder kostnader knyttet til demontering og ombruk av prefabrikkerte betongelementer finnes det ikke nok erfaring rundt dette for å kunne gjøre et kostnadsoverslag.

Referanseprosjektet på Borgerskogen Industriområde i Stokke, viser likevel at det er fullt mulig å demontere slike systemer (Leland 2008). Der ble rivningsbygget demontert på seks uker og bæresystemet av prefabrikkerte betongelementer ble lagt på lager.

Dersom bæresystemet fra et rivningsbygg med lav himlingshøyde skal gjenbrukes, innebærer dette i mange tilfeller et behov for søyleforlengelse. Gjennom mulighetsstudiet ble det avdekket at dette vil kunne la seg gjøre, men at det vil kreve omfattende detaljprosjektering og beskrivelse, da dette ikke er vanlig praksis i dag (Gunnarsson, 2017). Det vil kreve et tett samarbeid med dyktige og nytenkende konstruktører, som er villige til å gi det lille ekstra for å realisere gjenbruksprosjektet.

Ved ombruk av prefabrikkerte dragere og dekker, vil det være kritisk å klare å demontere samt remontere disse uten at de får noen skader, samt å frakte elementene varsomt (Bani Hashem, 2017; Sand, 2017). Det vil også være viktig å påse at dimensjoneringen av elementene er tilstrekkelig for bruken i det nye prosjektet. Dette kom også frem som potensielle utfordringer i mulighetsstudiet.

Ombruk av teglstein murt med sementbasert mørtel

Ombruk av teglstein murt med sementbasert mørtel blir i dag, i mange tilfeller, sett på som en vanskelig, og tilnærmet umulig komponent, å ombruke direkte som eksempelvis fasademateriale (Leland & Svendsen 2006). Denne teglsteinen blir derfor umiddelbart forkastet som potensiell ombrukskomponent, og vurderes bare som gjenvinnbar ved at den knuses. Da teglstein både er et holdbart og relativt vedlikeholdsritt materiale, i tillegg til et energikrevende materiale å produsere, er det ønskelig å finne en måte å sikre mer utbredt ombruk av denne teglsteinen (Bramslev et al. 2016; Leland & Svendsen 2006; Sørnes et al. 2014).

Gjennom mulighetsstudiet viste det seg at problematikken rundt ombruk av teglstein murt med sementbasert mørtel er omfattende. For å ombruke denne teglsteinen må det enten sages ned elementvis, bestående av flere teglsteiner intakt med mørtel, eller separere teglsteinene og renses dem for mørtel (Madsø, 2017). Begge alternativ vil være tidkrevende og lite kostnadseffektive da dette ikke er noe som er blitt gjort i særlig stor grad i dag. Usikkerheten knyttet til ombruken av denne typen teglsteinsforblending vil automatisk resultere i økte kostnader for riving/demontering. For at dette skal bli økonomisk lønnsomt, må det både skapes et marked, samt finnes en industri som er villig til å spesialisere seg innen ombruk av denne typen teglfasader.

Ombruk av vinduer

Et annet produkt som viste seg å være utfordrende å ombruke direkte i mulighetsstudiet, var vinduer. Dette er i stor grad grunnet kravene til U-verdien til vinduer som stadig blir strengere for at energiforbruket i bruksfasen til bygninger skal kunne reduseres. Dette fører dermed til at vinduer av så ny alder som fra før 2007, i de fleste tilfeller vil ha for dårlig U-verdi i forhold til dagens krav. Disse vinduene vil dermed ikke kunne ombrukes direkte uten at det gjøres bearbeidelser og oppgraderinger. Det er i tillegg flere eldre vinduer fra 60-tallet som vil inneholde miljøfarlige stoffer, som eksempelvis den forbudte miljøgiften PCB.

I mulighetsstudiet ble direkte ombruk av vinduene fra riveprosjektene forkastet, både grunnet høy U-verdi, dårlige rammer, og uønsket estetisk uttrykk. Fordi glass, i likhet med betong, er et energikrevende materiale å produsere, ønsket oppgaven å belyse mulighetene ved å kun gjenbruke glasset i vinduene. Gjennom drøfting og samtaler med fagfolk med kunnskap om vinduer, ble denne muligheten undersøkt nærmere. Det ble fastslått som et resultat av disse undersøkelsene at det vil være mulig å tilfredsstille gjeldene krav, dersom glassene bearbeides på samme måte som i Empire State building prosjektet, og deretter gjeninnsatt i nye rammer (*Empire State Building sustainability exhibit 2012*).

Ved drøfting av dette med fagfolk, ble det likevel påpekt at dette vil være en fordyrende og omfattende prosess, da spesielt om vinduene i tillegg må miljøsaneres for å fjerne miljøfarlige stoffer. Fra et miljøperspektiv vil det likevel være gunstig å ombruke glasset, såfremt miljøfarlige stoffer behandles forsvarlig.

I tabellen under er det forsøkt å oppsummere de ulike mulighetene og utfordringene som ble belyst under dette delspørsmålet: *Hvilke materialer er tilgjengelige og har gjenbrukspotensial?*

Muligheter	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none"> • Mulig å gjenbruke prefabrikkert bæresystem av betong • Gjenbruk av betong gir store miljømessige fordeler • Mulig å tilpasse søyler til ønsket himlingshøyde • Mulig å gjenbruke tegl murt med sementbasert mørtel • Gjenbruk av tegl med sementbasert mørtel gir store miljømessige fordeler • Mulighet for nye virksomheter innen blant annet bearbeidelse av tegl • Mulighet for å benytte deler av materialet i en komponent, eks. vindusglass -> reduserer behov for råvarer • Ombruk av glass fører til besparelse av energi 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever omfattende detaljprosjektering og beskrivelse • Krever avsatt tid til kartlegging av gjenbrukspotensial • Demontering og frakt krever forsiktighet • Frakt og oppmuring av teglelementer vil kreve nye fremgangsmetoder • Tid og kostnadskrevende metoder • Nye krav til U-verdi gjør det utfordrende å gjenbruke vinduer • Helse- og miljøfarlige stoffer • Nye løsninger er ofte synonymt med forhøyede kostnader • Krever utvikling av bearbeidelsesindustrier

6.3 Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på prosjektering *med* gjenbruk og design *for* gjenbruk?

Ved gjenbruksprosjekter vil det være viktig å skille mellom å prosjektere *med* gjenbruk og det å prosjektere *for* gjenbruk (=design for gjenbruk). Sistnevnte handler om å tilrettelegge for førstnevnte. Gjennom mulighetsstudiet fremkom det at å prosjektere *med* gjenbruksmaterialer vil ha flere innvirkninger på prosjekteringsprosessen. Dersom bygg er designet *for* gjenbruk vil prosjektering med gjenbruk lettere kunne gjennomføres (Nordby 2009).

Et typisk klimagassregnskapet tar utgangspunkt i et 60-års perspektiv i sine beregninger for et byggs karbonavtrykk/klimaspor (*Klimagassregnskap*). Det kan likevel settes spørsmålsteget ved om byggene i virkeligheten får stå uberørt så lenge. Nordby (2009) peker på at byggene som rives stadig blir yngre, og avfallsmengdene vokser. Dette samsvarer godt med det som observeres ut fra alderen til byggene i riveprosjektene i mulighetsstudiet. Tre av de fire byggene som rives, er kun rundt 30 år gamle. Det siste er 50 år. Sistnevnte bygg er i Frysjaveien, har i løpet av sine 50 år blitt utsatt for flere påbygg, tilbygg og ombygninger. Dette illustrerer godt dagens bygningsmasse sin manglende endringsdyktighet og fleksibilitet, i møte med bruksendringer.

For å gjøre nybygg mer endringsdyktige og fleksible vil design *for* ombruk være et svært aktuelt tema (Brand 1994; Nordby 2009). I litteraturstudiet ble en del forutsetninger fremlagt som mulige løsninger på denne utfordringen: begrenset materialvalg, lang holdbarhet, høy generalitet, reversible forbindelser, fornuftig lagdeling og tilgjengelig informasjon (Nordby 2009). Flere av disse temaene er allerede blitt berørt i diskusjonen overfor. Dessverre viser det seg blant annet gjennom mulighetsstudiets rivningsbygg at disse forutsetningen ikke har vært førende for fortidens prosjektering. Dette betyr at dagens aktuelle gjenbruksprodukter ikke er designet *for* ombruk, og prosjektering *med* gjenbruk vil dermed være en mer krevende oppgave å gjennomføre per dags dato. Dersom design *for* gjenbruk får mer gjennomslag i dagens praksis, vil dette gjøre det mulig å prosjektere *med* gjenbruk i større grad i fremtiden. Dette ble også diskutert på NHP-møtet.

Tilgjengelig dokumentasjon

I mulighetsstudiet fremkom det at å oppdrive grundig nok dokumentasjon om gjenbruksproduktene, er en stor utfordring ved prosjektering *med* gjenbruk. Dagens gjenbruksmaterialer mangler ofte dokumentasjon, og uten riktige dimensjoner, kvalitet og kunnskap om materialenes egenskaper er det vanskelig å prosjektere med disse materialene i

et nytt prosjekt. Ved ufullstendig dokumentasjon av materialene, vil det være en avveining hvorvidt det er lønnsomt å gå videre med produktet eller ei.

Det ble både i teorien (Nordby 2009) og i mulighetsstudiet påpekt at dersom bygg skal designes *for* gjenbruk vil en viktig brikke være medfølgende dokumentasjon om produktet. Dette vil si at dokumentasjon på bearbeidelser, beregnet kapasitet, demonterings- og remonteringsløsninger bør være på plass for at utskiftning og gjenbruk av disse materialene og komponentene skal være mulig på et senere tidspunkt.

Holdbarhet

At gjenbruk vil føre til økt fokus på lengre levetid ved det som produseres, var noe som ble påpekt av Wiik (2017). Lang holdbarhet er en av forutsetningene for design *for* gjenbruk (Nordby 2009). I litteraturstudiet ble holdbarhet først og fremst nevnt som en forutsetning med tanke på materialet og komponentens levetid. En viktig observasjon fra mulighetsstudiet er til gjengjeld at dette også er svært aktuelt for hele designet av bygget. Det bør prosjekteres for lang holdbarhet gjennom design og planløsninger. Åpne planløsninger med raue himlingshøyder er stikkord for fleksible og endringsdyktige prosjekter. På denne måten kan det unngås at bygg rives, og heller rehabiliteres med små modifikasjoner, fordi bygget er prosjektert for å takle disse bruksendringene.

Tverrfaglig kunnskap

Både mulighetsstudiet og litteraturstudiet (Rognlien 2002c) peker på at gjenbruksprosjekter krever grundig planlegging. I mulighetsstudiet ble det erfart at en sentral oppgave ved prosjekteringen vil være å identifisere ulike alternativer, få frem riktige løsninger og dokumentere disse godt. Mulighetsstudiet peker i denne forbindelse også på behovet for tverrfaglig kunnskap som et viktig tema når det kommer til gjenbruk. Økt materialbevissthet (Brastad, 2017) og standardiseringer (Brastad, 2017; Gether, 2017; Gunnarsson, 2017) for gjenbruk fremkommer også i intervjudelen som viktige faktorer. Det må skaffes mer erfaring med gjenbruk og flere må tørre å påta seg gjenbruksprosjekter. Både i litteraturstudiet (Sørnes et al. 2014) og fra intervjudelen (Wiik, 2017; Frydenlund, 2017) fremkom det at insentiver kan være en mulig løsning for å fremskynde dette. Noen mener det er opp til byggherre å etterspørre gjenbruk (Moe, 2017), mens andre peker på myndighetenes ansvar for å øke graden av gjenbruk (Riise, 2017; Wærner, 2017).

I tabellen under er det forsøkt å oppsummere de ulike mulighetene og utfordringene som ble belyst under dette delspørsmålet: *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på prosjektering med gjenbruk og design for gjenbruk?*

Muligheter	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none"> • Design <i>for</i> gjenbruk vil tilrettelegge for gjenbruk • Åpne og fleksible løsninger kan føre til at færre bygg rives = reduksjon av avfall • Gjenbruk vil føre til økt materialbevissthet 	<ul style="list-style-type: none"> • Fordi dagens bygg ikke er designet for gjenbruk er det mer utfordrende å gjenbruke materialer fra dagens bygningsmasse • Nødvendig dokumentasjon av gjenbruksmaterialene er ofte vanskelig å oppdrive • Stor variasjon i størrelser, typer materialer og utførelser • Krever grundig planlegging • Krever standardisering • Trenger mer erfaring

6.4 Hvilke erfaringer har byggebransjen med gjenbruk i dag?

For å kunne si noe om dagens erfaring med gjenbruk av bygningselementer og materialer i byggbransjen, er det forsøkt å kartlegge dagens gjenbrukskunnskap gjennom både litteraturstudiet og bransjeobservasjoner gjennom konferanser, møter og intervju.

Teoridelen avslørte at gjenbruk i byggbransjen på ingen måte er ett nytt fenomen (Leland & Svendsen 2006; Leland 2008). Gjenbruk av bygningselementer har vært vanlig praksis i mange hundre år. Laftebygg og flere gamle kirker i Roma er prakteksemplar på gjenbrukstankegodset.

Det ble i litteraturstudiet undersøkt dagens erfaring med gjenbruk gjennom ulike referanseprosjekt utført i både Norge og utenlands. Litteratursøket gav flere eksempler på prosjekter hvor gjenbruk var blitt gjennomført i større eller mindre grad. Ut fra de gjenbruksprosjektene det var mulig å finne i løpet av litteraturstudiet, virker det til at gjenbruksprosjekter i de fleste tilfeller utføres av spesielt interesserte. Referanseprosjektene er få, og felles for de fleste er at de på mange måter kan omtales som idealistiske pilotprosjekter.

Metodene og materialene brukt i flere av referanseprosjektene var ukonvensjonelle og lite utbredt. Det er vanskelig å se den direkte overføringsverdien i referanseprosjektene, til prosjekter med bygg av større skala der hovedtyngden av materialene er gjenbrukte. Dette er fordi mange av referanseprosjektene enten er småhusbebyggelse, eller har lav gjenbruksgrad. Gjenbruk i større bygg krever større mengder materialer, og stiller strengere krav til utførelse. Dette kan gjøre at mange av referanseprosjektene forslag til gjenbruk vil være vanskelig å gjennomføre i slike gjenbruksprosjekter. Til gjengjeld viser alle referanseprosjektene at gjenbruk kommer i mange ulike former. Prosjektene viser stor kreativitet og at mulighetene er mange. Prosjektet på Borgerskogen Industriområde i Stokke viste at demontering av prefabrikkerte elementer med tanke på gjenbruk er mulig å gjennomføre (Leland 2008).

Det ble utført intervjuer med representanter fra en rekke fagdisipliner innen byggbransjen. Det var varierende hvor mye erfaring den enkelte hadde med gjenbruksprosjekter. De fleste intervjuobjektene hadde vært med på gjenbruk av enkeltkomponenter/materialer i rehabiliteringsprosjekter, men kun et fåtall hadde vært med på større prosjekter med overordnet fokus på gjenbruk.

Gjennom mulighetsstudiet ble ulike materialers potensial for gjenbruk undersøkt. Grunnet manglede innsikt i gjenbruksmulighetene for flere av materialene, ble det kontaktet rådgivere (Aurlen, 2017; Drogseth, 2017; Gunnarsson, 2017; Madsø, 2017; Moe, 2017) for eksterne

vurdering av mulige gjennomføring og løsninger. Gjennom denne kartleggingen var det utfordrende å finne rådgivere med riktig bakgrunnen for å kunne gi svar med validitet.

Mulighetsstudiet viser gjenbrukspotensialet for bygg av større skala.

Byggavfallskonferansen 2017 gav inntrykk av at hovedfokus og erfaringene med gjenbruk ligger på gjenvinning av ulike materialer. Det fremkom lite erfaringsutveksling angående ombruk. Ombruk ble først og fremst nevnt som et fremtidig satsningsområde, et tema som vil få økt fokus etter hva som ble sagt på møtet med NHP-gruppen angående NHP4.

I tabellen under er det forsøkt å oppsummere de ulike mulighetene og utfordringene som ble belyst under dette delspørsmålet: *Hva slags erfaring har byggebransjen med gjenbruk i dag?*

Muligheter	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none">• Referanseprosjektene viser både muligheter og potensialet ved gjenbruk• Demontering av prefabrikkerte betongelementer med tanke på gjenbruk er mulig• Mulighetsstudie viser potensial for gjenbruk i større bygg	<ul style="list-style-type: none">• Referanseprosjekter er små, overføringsverdien til større prosjekter blir mindre• Større prosjekter krever større mengder og strengere krav til utførelse• Liten erfaring med gjenbruksprosjekter i bransjen• Utfordrende å finne gode rådgivere

6.5 Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på lovverk og kvalitetssikring knyttet til gjenbruk?

Teknisk forskrift

Det er kun en paragraf i TEK10 (2010) som setter krav til gjenbruk: §9-5 «*det skal velges produkter til byggverk som er egnet for ombruk og materialgjenvinning*». Ut fra veiledningen å tolke omhandler denne paragrafen i hovedsak design *for* ombruk. Det er pålagt å benytte produkter som egner seg til materialgjenvinning og ombruk ved at bygningene er demonterbare. Materialene skal velges ut fra lite eller intet innhold av miljøfarlige stoffer, og skal ikke bestå av materialtyper som gjør det umulig å skille dem fra hverandre, ved at de eksempelvis er limt sammen.

Det er vel og bra at lovverket stiller krav til design *for* gjenbruk. Design *for* gjenbruk vil nemlig kunne føre til en avfallsreduksjon en gang i fremtiden, dersom de riktige designprinsipene tas i bruk. Men per dags dato er det ikke funnet noen lovpålagte krav om å benytte gjenbrukbare materialer og komponenter i nye prosjekter. En viktig refleksjon blir dermed hva hensikten vil være med kravet om design *for* gjenbruk, dersom det ikke er krav om at disse produktene en dag skal benyttes om igjen. Dersom det ikke foreligger krav som presiserer at slike gjenbrukbare materialer skal gjenbrukes når byggene skal rives/rehabiliteres en gang i fremtiden, kan det vel ikke forventes at dette vil skje automatisk når den tid kommer?

TEK17, som i dag er ute på høring, viser heller ingen tegn til utvidelse eller spesifisering av produkter «*egnet for ombruk og materialgjenvinning*» med tanke på prosjektering *med* gjenbruk. Det hadde vært ønskelig om det ble tillagt krav om å benytte gjenbrukbare varer også, slik at lovverket i større grad kunne tilrettelegge og bidra mot større grad av gjenbruk i byggbransjen allerede i dag.

Lave himlingshøyder ble erfart gjennom mulighetsstudiet som et gjennomgående problem for flere eldre bygg, og ofte som en av hovedgrunnene til at byggene rives. Dette er fordi eldre bygg ofte er bygget for andre ventilasjonsprinsipper enn hva som er vanlig praksis i dag. Stadige endringer i lovverket fører til at bygget må endres og tilpasses for å tilfredsstille de, til enhver tid, gjeldende kravene. Dette fører til at bygg rives og rehabiliteres, og avfall skapes. Erfaringer fra mulighetsstudiet tilsier at dersom et bygg skal rehabiliteres etter TEK10-krav, vil bygget ofte rives fordi himlingshøydene ikke strekker til, med tanke på nødvendige plass

til ventilasjonsføringer. Lovverket blir dermed en indirekte årsak til at bygg rives/rehabiliteres og mer avfall skapes.

Dersom kravene til himlingshøydene økes i nybygg vil bygget kunne bli mer fleksibelt når det gjelder å endre bruksområde, og nødvendigheten av å rive bygget grunnet tilrettelegging av nye funksjoner vil minke. På denne måten heves terskelen for å rive bygg, og dette vil fungere forebyggende mot at avfall oppstår.

Garantier og produktdokumentasjon

Et annet problem som dukket opp i flere sammenhenger (NHP-møtet; intervjuene; mulighetsstudiet) er produktdokumentasjon og kvalitetssikring av gjenbruksprodukter.

For at et byggeprodukt skal kunne omsettes, markedsføres eller distribueres kreves det, i henhold til forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk, CE-merking eller annen dokumentasjon på produktets vesentlige egenskaper (DOK 2010; Sørnes et al. 2014). Forskriften tar derimot ikke for seg hvordan dette kan håndteres ved omsetning, markedsføring eller distribuering av *gjenbruksprodukter*. Dette ble også påpekt som en stor utfordring på møtet med NHP-gruppen om avfallsreduksjon, særlig da Norge i liten grad har påvirkningskraft i EU som bestemmer kravene til CE-merking. Det ble også sagt på NHP-møtet at det er både tid- og ressurskrevende å få et gjenbruksprodukt, som ikke er CE-merket, tilstrekkelig dokumentert. For å muliggjøre gjenbruk av bygningskomponenter bør kravene for denne dokumentasjonen vurderes å endres.

Produktdokumentasjon og kvalitetssikring er også noe som bringes opp som et viktig tema av intervjuobjektene, da særlig i forbindelse med garantier som må stilles for produktene (Amlo, 2017; Bani Hashem, 2017; Moe, 2017; Sand, 2017). Når gjenbruksprodukter skal tas i bruk vil garantier være et vesentlig spørsmål (Sørnes et al. 2014). I mange tilfeller vil det være byggherre som ønsker å benytte gjenbruksprodukter i prosjektet og mange vil nok derfor mene at byggherren alene bør stå til ansvar for sine materialvalg (Moe, 2017). Men når et gjenbruksprodukt blir kjøpt må det trolig undergå en del bearbeidelser, og eventuelle tester vil måtte utføres, for å verifisere at produktets egenskaper er holdbare. Dette betyr at gjenbruksproduktet vil gå gjennom flere ledd som alle kan sies å ha et visst ansvar for at produktet holder stand i årene fremover. Hvordan denne garantien skal fordeles på de ulike leddene i prosessen, vil være en viktig brikke å få på plass, dersom gjenbruk skal bli mer utbredt.

Helse- og miljøfarlige stoffer

Et problem som gjorde seg gjeldende gjennom mulighetsstudiet, intervjuene og Byggavfallskonferansen 2017, var problematikken rundt helse- og miljøfarlige stoffer. Bygg som rives i dag inneholder i de aller fleste tilfeller, ett eller flere helse- og miljøfarlige stoffer. Alle rivningsprosjektene fra mulighetsstudiet er gode eksempler på dette, og da særlig Frysjaveien, hvor store deler av bygningsmassen inneholder helse- og miljøfarlige stoffer langt over normverdiene. Dette bygget er et godt eksempel på hvordan nye stoffer stadig oppdages og kategoriseres som helse- og miljøfarlige stoffer, etter innsamling av data om stoffets virkning over tid.

Gjennom mulighetsstudiet ble det påpekt at det på 60-tallet ble brukt asbest- og PCB-holdige produkter i bygg. På denne tiden var det enda ikke oppdaget at disse ville ha store helse- og miljømessige ulemper. Det samme gjelder for blant annet klorparafiner og ftalater som ble vanlige mykgjørere i senere tid. I dag er disse stoffene blitt ulovlige, noe som tvinger produsentene til å utvikle nye løsninger og stoffsammensetninger. I dag erfarer det at det stadig dukker opp nye stoffer på kandidatlisten etter hvert som kunnskapen øker om disse (Hambra & Hjellnes Consult 2013). Dette reiser et svært relevant spørsmål; Hvor mange av stoffene, som benyttes i dag, vil om 20 år kategoriseres som helse- og miljøfarlige? Det vil her gjelde å være varsom i bruken av nye stoffer, for å unngå at nye helse- og miljøfarlige stoffer introduseres til kretsløpet.

De fleste av intervjuobjektene påpekte helse- og miljøfarlige stoffer som en stor ulempe ved å gjenbruke eldre bygningsmaterialer. Dersom materialer gjenbrukes ukritisk, risikeres det at helse- og/eller miljøfarlige stoffer blir værende i kretsløpet. Gjennom mulighetsstudiet ble det avdekket at det er mulig å gjenbruke noen materialer med innhold av helse- og miljøfarlige stoff, men dette må vurderes særskilt for hvert enkelt tilfelle. Såfremt materialet ikke utgjør en direkte fare for helse og miljø ved videre bruk, ved eksempelvis avgassing eller utlekking, setter oppgaven spørsmåltegn ved hvorfor det er et problem at stoffene blir værende i kretsløpet. Gjenbruk vil da, etter oppgavens skjønn, kun forsinke avhendingsprosessen. Med det sagt, er det svært viktig at komponenter som oppdages å inneholde helse- og miljøfarlige stoffer blir merket godt, slik at disse blir forsvarlig tatt hånd om ved endt levetid.

Preaksepterte løsninger

Byggbransjen opererer i stor grad med preaksepterte løsninger, gitt av blant annet Norsk Standard og Byggforskserien. Ett av intervjuobjektene mener at de preaksepterte løsningene, som finnes i dag, motvirker gjenbruk (Gunnarsson, 2017), og flere etterlyser profesjonelt håndtert standardisering for gjenbruk (Brastad, 2017; Gether, 2017; Gunnarsson, 2017) og flere gode forbildeprosjekter (Riise, 2017).

I dag finnes det få, om ingen, byggforskblader som berører temaet gjenbruk av spesifikke materialer, eller hvordan gjenbruk av materialer og komponenter kan utføres. Det er heller ikke funnet noen anvisninger for hvordan riveprosesser kan gjennomføres for å tilrettelegge for gjenbruk av materialer. Dersom slike byggforskblader utarbeides vil sjansene for at gjenbruk benyttes øke betraktelig. Byggforskbladene er noe som både henvises til og benyttes i stor grad for å forsikre gode løsninger og utførelser av byggearbeider, og vil dermed være en drivkraft for å fremme gjenbruk og gjøre dette mer utbredt.

I tabellen under er det forsøkt å oppsummere de ulike mulighetene og utfordringene som ble belyst under dette delspørsmålet: *Hvilke muligheter og utfordringer oppstår med tanke på lovverk og kvalitetssikring knyttet til gjenbruk?*

Muligheter	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none">• §9-5 i TEK10 vil gjøre at det i fremtiden finnes flere gjenbrukbare materialer og komponenter• Krav om økte minimums himlingshøyder kan føre til at færre bygg rives	<ul style="list-style-type: none">• TEK10 tilrettelegger ikke for bruk av gjenbruksmaterialer• Stadig endringer i lovverket fører til ombygging, rehabilitering og riving som fører til mer avfall• Garanti og ansvarsfordeling• CE-merking• Produktdokumentasjon og kvalitetssikring• Helse- og miljøfarlige stoffer• Mangler preaksepterte løsninger for gjenbruk

6.6 Hvilke muligheter og utfordringer oppstår ved gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer?

Delspørsmålene ender opp med en del muligheter og utfordringer som oppstår ved gjenbruk, og i tabellen nedenfor er disse funnene sammenfattet. Tabellen nedenfor viser hvilke muligheter og utfordringer som oppstår ved gjenbruk av bygningskomponenter og materialer.

Muligheter	Utfordringer
Dokumentasjon og lovverk	
<ul style="list-style-type: none"> • §9-5 i TEK10 vil gjøre at det i fremtiden finnes flere gjenbrukbare materialer og komponenter • Krav om økte minimums himlingshøyder kan føre til at færre bygg rives 	<ul style="list-style-type: none"> • Liten gjenbrukserfaring • Garanti og ansvarsfordeling • CE-merking • Krever nye løsninger, standardiseringer • Dårlig dokumentasjon av gjenbruksmaterialene/komponentene • TEK10 tilrettelegger ikke for bruk av gjenbruksmaterialer • Stadig endringer i lovverket fører til ombygging, rehabilitering og riving som fører til mer avfall
Marked	
<ul style="list-style-type: none"> • Mulighet for nye industrivirksomheter innen bearbeidelse, transport, demontering, gjenbrukskartlegging, salg og lager virksomhet • Gjenbruk kan føre til økt materialbevissthet • Kvalitet fremfor kvantitet kan gi lavere livssyklus-kostander • Flere arbeidsplasser • Et middel for utviklingen av sirkulær økonomi 	<ul style="list-style-type: none"> • Det må utvikles gode forretningsmodeller som tilrettelegger for salg av gjenbruksprodukter • Logistikk • Omlegging av riveprosess • Arbeidskraft i Norge er dyrt • Etterspørselen etter gjenbruksprodukter er lav, en holdningsendring må til • Lineær økonomi er ikke bygd for gjenbruk

Muligheter	Utfordringer
Teknisk	
<ul style="list-style-type: none"> • Design for gjenbruk vil gjøre det lettere å skifte ut og vedlikeholde enkeltkomponenter, grunnet enkle demonterbare løsninger • Mulig å gjenbruke og demontere prefabrikkert bæresystem av betong • Mulig å tilpasse søyler til ønsket himlingshøyde • Mulig å gjenbruke tegl murt med sementbasert mørtel • Demonterbare løsninger • Økt fokus på gjenbruk i byggebransjen vil trolig føre til nye vedlikeholdsfrie materialer med lengre levetid • Åpne og fleksible løsninger kan føre til at færre bygg rives 	<ul style="list-style-type: none"> • Gjenbruksprosjekter er mer tidkrevende; kartlegging av gjenbruksmaterialer, demontering og prosjektering krever mer tid • Irreversible forbindelsesmetoder forringer gjenbrukspotensial • Stor variasjon i størrelse og typer materialer
Miljø	
<ul style="list-style-type: none"> • Mindre CO₂-utslipp på riveplass grunnet overgang til mer manuell arbeidskraft ved demontering • Reduksjon av bygningsavfall • Reduksjon av råvareuttak • Reduksjon av CO₂-utslipp • Reduksjon av energiforbruk 	<ul style="list-style-type: none"> • Helse- og miljøfarlige stoffer
Erfaring	
<ul style="list-style-type: none"> • Referanseprosjekter viser muligheter og potensialet ved gjenbruk • Mulighetsstudie viser potensial for gjenbruk i større bygg 	<ul style="list-style-type: none"> • Referanseprosjekter er små, overføringsverdien til større prosjekter blir mindre • Større prosjekter krever større mengder og strengere krav til utførelse

7 Konklusjon

Det er gjennom oppgaven blitt belyst flere muligheter og utfordringer ved gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer. Det sterkeste argumentet, etter oppgavens skjønn, er de miljømessige mulighetene gjenbruk vil medføre. De største utfordringene er å få på plass den riktige økonomisk markedsmodellen som kan underbygge gjenbruk, samt løse utfordringene ved omsetning, markedsføring og distribuering av gjenbruksprodukter. Det er også viktig å understreke at utfordringer i denne sammenheng, ikke må forveksles med ulemper.

Utfordringene som fremkommer er snarere tiltak og krav, som bør utbedres og utvikles, for å tilrettelegge for gjenbruk, slik at gjenbruk kan få et større fotfeste i byggebransjen.

Anskaffelser

Dagens samfunn opererer med lineær økonomi, men ifølge *Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi 2016*) ønskes det å gå mot en mer sirkulær økonomi. Anskaffelse av gjenbruksvarer er en mer tidkrevende prosess fordi det, per dags dato, ikke finnes en god markedsmodell for salg av gjenbrukte byggevarer. Det finnes verken gode fysiske eller nettbaserte utsalgssteder for brukte byggevarer (Leland & Svendsen 2006; Sørnes et al. 2014). For at gjenbruk skal bli mer utbredt er det derfor viktig at det utvikles gode forretningsmodeller som tilrettelegger for salg av gjenbruksprodukter. Ved en overgang mot sirkulær økonomi vil gjenbruk være en viktig brikke i denne prosessen (*Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi 2016*).

Logistikk er en viktig del av anskaffelsesprosessen som må utvikles (Sørnes et al. 2014). Viktige deler av logistikken rundt gjenbruk er frakt av materialer og komponenter, bearbeidelser, mellomlagring og remontering av materialer, slik at dette blir en effektiv prosess (Amlo, 2017; Drogseth, 2017; Frydenlund, 2017).

Utvikling av gode forretningsmodeller for gjenbruksvarer vil føre til muligheter for nye industrivirksomheter innen bearbeidelse, transport, demontering, gjenbrukskartlegging, salgs- og lagervirksomhet (Coelho & de Brito 2011; Husbanken et al. 2005; Leland & Svendsen 2006); Wærner, 2017). Nye industrivirksomheter vil kreve mer arbeidskraft (Coelho & de Brito 2011; Husbanken et al. 2005), og dermed gi flere arbeidsplasser (Frydenlund, 2017; Wærner, 2017). I en stadig økende befolkningsmasse (Tønnessen et al. 2016), anses dette som noe positivt i et større samfunnsbilde.

To store utfordringer ved gjenbruk av bygningsmaterialer er stort materialutvalg, og at flere aktuelle gjenbrukskomponenter kan være sammenføyd med irreversible løsninger. Dette gjør

det vanskelig å demontere materialene uten at de mister sitt gjenbrukspotensial (Berge et al. 2009; Sørnes et al. 2014). Det bør derfor tilstrebes å benytte demonterbare løsninger i nye prosjekter (Nordby 2009). Dette vil åpne for enklere utskiftning og vedlikehold. Økt fokus på gjenbruk i byggebransjen vil trolig føre til nye materialer med lengre levetid (Wiik, 2017), av høyere kvalitet (Riise, 2017).

Dersom bygningskomponenter skal kunne gjenbrukes, må dagens rivepraksis endres. Riveobjekter som skal rives, med tanke på gjenbruk, krever forsiktig og planlagt demontering for at gjenbruksproduktet skal ivareta sin funksjon og ikke ødelegges (Bani Hashem, 2017; Sand, 2017). Demontering/selektiv rivning vil ha klare miljømessige fordeler, til tross for at det er en mer tidkrevende prosess (Coelho & de Brito 2011).

Dagens samfunn står ovenfor flere utfordringer med tanke på miljø (*Dette er Parisavtalen* 2017; Global Footprint Network ; Marques & Loureiro 2013; SSB 2014), og gjenbruk er et middel i kampen mot disse utfordringene. Gjenbruk vil føre til mindre CO₂-utslipp og redusere energiforbruket (Amlo, 2017; Bani Hashem, 2017; Moe, 2017; Riise, 2017; Sand, 2017; Wiik, 2017; Wærner, 2017), reduksjon av bygningsavfall (Riise, 2017, NHP4) og reduksjon av råvareuttak (Gether, 2017; Wiik, 2017; Wærner, 2017; (*Klima- og miljødepartementet: Sirkulær økonomi* 2016)). Gjenbruk har med andre ord klare miljømessige fordeler som vil bidra positivt som en motpol i dagens miljøutfordringer.

Materialer

Gjenbruk av både materialer og komponenter krever tverrfaglig kompetanse og dyktige fagfolk. Her gjelder det å tenke innovativt og se muligheter, der det ved første øyekast kun er utfordringer. Dette krever et drastisk taktskifte i bransjen der alle ledd må tenke nytt og utvikle nye arbeidsmetoder. Alle ledd i byggebransjen står til ansvar for at gjenbruk blir mer allment utbredt.

Dokumentasjon vil også være et viktig tema ved gjenbruk av materialer. Dette gjelder dokumentasjon av eksisterende materialer og komponenter i bygg (Leland 2008), dokumentasjon av ferdig bearbeidet gjenbruksprodukt i et nytt prosjekt, samt dokumentasjon av helt nye produkter designet for gjenbruk (Nordby 2009). Viktige forhold å dokumentere er dimensjoner, kapasiteter, demonteringsmetode der dette gjelder, monteringsmetode og eventuelt innhold av helse- og miljøfarlige stoffer der dette er vesentlig.

Prosjektering

For at gjenbruksgraden skal øke, er følgende to tiltak viktig å implementere i prosjekteringen:

- design *for* gjenbruk
- prosjektering *med* gjenbruk

Design *for* gjenbruk handler om å velge prinsipper som varer, slik at det unngås at bygg rives, og heller rehabiliteres med høy gjenbruksgrad, fordi bygget er prosjektert for å takle bruksendringer. Det bør settes mer fokus på byggematerialers utskiftningsyklus slik at det blir mulighet for å bytte ut enkeltkomponenter lettere (Nordby 2009).

Ved prosjektering *med* gjenbruk vil det være viktig å være fremoverlent og løsningsorientert. Som designer må villigheten til å endre byggets uttrykk og karakter, så vel som planløsninger, være tilstede dersom tilgang på visse ombruksmaterialer krever det (Gorgolewski 2008). Tilgangen på ulike materialer blir ofte førende for hvilke tekniske og estetiske løsninger det er mulig å få til.

Bransjens erfaringer

Det fremkom få gode referanseprosjekter for kommersielle bygg i litteraturstudiet, og den mest relevante erfaringen innen gjenbruk blant intervjuobjektene var gjenbruk av enkeltkomponenter i rehabiliteringsprosjekter. Gjenbruksmiljøet i Norge er ikke stort enda, noe som gjorde det vanskelig i mulighetsstudiet å finne rådgivere med den riktige bakgrunnen for å kunne gi svar av validitet. Gjennom oppgavens utredning ser det dermed ut til at gjenbruk er ukjent farvann for fagfolk flest i byggebransjen, og at det er stort behov for gode pilotprosjekt til etterfølgelse.

Lovverk

Ved å utvide, spesifisere og sette strengere krav for design *for* gjenbruk, og tillegge krav om å benytte gjenbrukbare varer, vil lovverket i større grad kunne tilrettelegge og bidra til et skifte mot større grad av gjenbruk i byggbransjen. Det vil i denne sammenheng også være hensiktsmessig å kunne gi eksempler, eller mulighet for å henvise til nyttige standarder og preaksepterte løsninger, for å øke sjansen for at dette utføres i større grad.

Substitusjonsplikten vil skape en utfordring med tanke på gjenbrukspotensialet til materialer og komponenter, da mange eldre bygninger vil inneholde helse- og miljøfarlige stoffer av varierende mengde. For å unngå at nye materialer produseres med nye stoffer som potensielt kategoriseres som helse- og miljøfarlige i fremtiden, bør det etterstrebtes å utvikle renere

produkter som først og fremst inneholder stoffer det allerede finnes mye kunnskap og erfaring om.

Det må stilles garantier for materialene og komponentene som leveres (Amlo, 2017; Bani Hashem, 2017; Moe, 2017; Sand, 2017). Dette byr på utfordringer da det i dag trolig er få som vil stille med garantier fordi det knyttes stor usikkerhet til gjenbruk, ettersom dette ikke er et velutprøvd område innen bygg.

Omsetning, markedsføring og distribuering av gjenbruksprodukter er i dag vanskelig, fordi lovverket i stor grad ikke tilrettelegger for det. Oppgaven mener det derfor bør tilrettelegges for gjenbruk gjennom endring av krav til blant annet CE-merking, annen produktdokumentasjon og tekniske krav til de enkelte gjenbruksprodukter.

Gjenbruk representerer et gammelt tankegods som må innføres på nytt. Dette vil føre til en helomvending av dagens byggepraksis og kreve endringer i flere ledd av byggeprosessen. Verden overforbruker av jordens ressurser (Global Footprint Network), og byggebransjen utgjør i dag en av verdens største forbrukere (Berge et al. 2009; Dixit et al. 2010; Zabalza Bribián et al. 2011). For å ta ansvar for sitt miljøfotavtrykk fremstår gjenbruk av bygningskomponenter og materialer som et godt tiltak for byggebransjen, som vil føre med seg store miljømessige fordeler.

8 Videre arbeid

Gjenbruk er et altomfattende tema som er lite utprøvd i dagens byggebransje. Det vil derfor finnes opptil flere master- og doktoroppgaver som kan utarbeides for å bygge opp under dette temaet.

Et håp er at krav og regler spesifiseres, og at kunnskapen om deres eksistens spres. Særlig har §9-5 tredje ledd i TEK10: «*Det skal velges produkter til byggverk som er egnet for ombruk og materialgjenvinning*, vært en tankevekker, da denne paragrafen trolig ikke praktiseres av flertallet som prosjekterer byggeprosjekter. Det ville derfor være interessant å gjennomføre en studie av bransjens kunnskap og oppmerksomhet rundt denne paragrafen.

Det vil også være spennende å gå i dybden på lovverket rundt gjenbruk og undersøke grundigere hvordan dette kan utbedres for å øke sjansen for at gjenbruk blir gjennomført i større grad.

Det ville være interessant å gjøre en grundigere studie av hvert enkelt fagfelt i byggebransjen for å kartlegge omfanget av gjenbruk. Funn fra disse studiene kan være nyttige for å utvikle gode markedsmodeller for gjenbruk.

Grundigere mulighetsstudier av enkelte materialer og større prosjekter med gjenbruk for bransjen å etterfølge ville være nyttig å utføre. Dette vil kunne bidra til at gjenbruk blir mer utbredt. Denne oppgaven anser prefabrikkerte betongelementer og teglstein murt med sementbasert mørtel som særlig interessante komponenter å undersøke nærmere.

Omfattende studier av de økonomiske konsekvensene rundt gjenbruk vil også være veldig interessant da dette er en faktor som er svært førende for byggebransjen.

BREEAM-NOR er et nyttig verktøy som øker fokuset på miljøaspektet ved bygg. I BREEAM-NOR er det mulig å innhente poeng for å ha fokus på både prosjektering *med* gjenbruk og design *for* gjenbruk. Her kan det være interessant å undersøke om dette setter sterke nok insentiver for gjennomføring av gjenbruk, samt hvordan BREEAM-NOR kan utvikles ytterligere slik at den blir gjenstand for at gjenbruk blir gjennomført i langt større grad. En annen undersøkelse som er interessant i denne sammenhengen, er hvor mange BREEAM-prosjekter det finnes i Norge, hvor det er satt fokus på kapittelet om avfall i BREEAM-NOR manualen. Da særlig med tanke på kapittel Wst 01 og Wst 02 som omhandler henholdsvis avfallshåndtering på byggeplass og resirkulerte tilslag.

9 Litteratur

- Addis, B. (2012). *Building with reclaimed components and materials: a design handbook for reuse and recycling*. London: Earthscan.
- Avfallsforskriften. (2004). *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften)*: Lovdata. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930> (lest 03.05.2017).
- Berge, B., Butters, C. & Henley, F. (2009). *The ecology of building materials*. 2 utg. Italy: Architectural Press an imprint of Elsevier, Oversettelse av *Bygnings materialenes økologi*, Oslo: Universitetsforlaget, 1992.
- Betongelementforeningen. (2010). *Betongelementboken*. 4 utg. Asker: SB Grafisk.
- Bjerkli, C. L. (2015). Økt materialgjenvinning av byggavfall. Trondheim: COWI.
- Bramslev, K., Hagen, R. & Haupt, H. M. (2016). *Grønn Materialguide - veileder i miljøriktig materialvalg*: Direktoratet for Byggkvalitet, Context AS, Grønn Byggallianse.
- Brand, S. (1994). *How buildings learn: What happens after they're built*. New York: Penguin Books.
- Byggavfallskonferansen 2017 - Oslo kongressenter*. (2017). Norsas. Tilgjengelig fra: <http://www.norsas.no/Kurs-konferanse/Byggavfallskonferansen-2017-Oslo-Kongressenter> (lest 03.05.2017).
- Byggeindustrien: Byggenæringen avgjørende for miljøproblemer*. (2002). Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1748> (lest 07.04.2017).
- Byggemiljø: Arbeidet med NHP4 er i gang!* (2016). Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/arbeidet-med-nhp4-er-i-gang/> (lest 04.04.2017).
- Chini, A. & Bruening, S. (2003). *Deconstruction and Materials Reuse in the United States*. The Future of Sustainable Construction—2003. Tilgjengelig fra: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.115.6066&rep=rep1&type=pdf> (lest 10.05.2017).
- Coelho, A. & de Brito, J. (2011). Economic analysis of conventional versus selective demolition—A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 55 (3): 382-392.
- Det grønne skiftet, Klima- og energistrategi for Oslo*. (2015). I: Klima- og energiprogrammet (red.): Oslo kommune,. Tilgjengelig fra: https://www.zaragozaciudadana.es/wp-content/uploads/2016/01/energistrategi_oslo.pdf.

- Dette er Parisavtalen.* (2017). FN- Sambandet, United nations association of Norway.
Tilgjengelig fra: <http://www.fn.no/Tema/Klima/Klimaforhandlinger/Dette-er-Paris-avtalen> (lest 04.04.2017).
- Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S. & Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. *Energy and Buildings*, 42 (8): 1238-1247.
- DOK. (2010). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/dok/> (lest 03.05.2017).
- Ellen MacArthus Foundation: Superuse Studios, Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes.* Tilgjengelig fra: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/finding-and-utilising-waste-materials-for-construction-purposes> (lest 04.04.2017).
- Empire State Building sustainability exhibit.* (2012). Tilgjengelig fra: <http://www.esbtour.com/d/> (lest 28.02.2017).
- Er det farlig? Vinduer - ytterdører.* (2017). Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <http://www.erdetfarlig.no/produkter/oppussing/vinduer/?tab=2#> (lest 01.05.2017).
- EU Commission. (2008). Directive 2008/98/EC of the european parliament and of the council of 19 november 2008 on waste and repealing certain directives (waste framework directive). *LexUriServ. do.*
- Forurensingsloven. (1981). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)*: Lovdata. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6?q=forurensningsloven> (lest 03.05.2017).
- Gamle mursten: om gamle mursten.* Tilgjengelig fra: <http://gamlemursten.dk/om-gamle-mursten/> (lest 04.05.2017).
- Gether, H. & Gether, J. J. (2000). Industriell tilnærming til ombruk av materialer - Bærekraftig utvikling og redusert avfall med fokus på tegl og murverk: Statsbygg, Økobygg, Oslo Kommune ,Selmer ASA, Optiroc AS ,Gether AS.
- Global Footprint Network. *About us.* Tilgjengelig fra: <http://www.footprintnetwork.org/about-us/> (lest 28.03.2017).
- Global Footprint Network. *Ecological wealth of nations.* Tilgjengelig fra: http://www.footprintnetwork.org/content/documents/ecological_footprint_nations/ (lest 28.03.2017).

Global Footprint Network. *Glossary*. Tilgjengelig fra:

<http://www.footprintnetwork.org/resources/glossary/#globalhectare> (lest 28.03.2017).

Gorgolewski, M. (2008). Designing with reused building components: some challenges.

Building Research & Information, 36 (2): 175-188.

Hambra & Hjellnes Consult. (2013). *Unngå helse- og miljøskadelige stoffer i bygg, en veiledning for byggherrer, prosjekterende og utførende*. Direktoratet for byggkvalitet, K.-o. f.

<https://dibk.no/sok/?q=unng%C3%A5+helse+og+milj%C3%B8skadelige+stoffer+i+bygg>: Direktoratet for byggkvalitet.

Hambra & Hjellnes Consult. (2013). *Unngå helse- og miljøskadelige stoffer i bygg, en veiledning for byggherrer, prosjekterende og utførende*: Direktoratet for byggkvalitet og Klima- og forurensingsdirektoratet. Tilgjengelig fra:

<https://dibk.no/sok/?q=unng%C3%A5+helse+og+milj%C3%B8skadelige+stoffer+i+bygg> (lest 10.05.2017).

Hansen, M. F. (2007). Fri oss fra fredning: Om genbrugsarkitektur i middelalderen. I: Braae, E. & Hansen, M. F. (red.) *Fortiden for tiden: Genbrugskultur og kulturgenbrug i dag*, s. 42-47. Århus: Arkitektskolens Forlag.

Harvestmap. Superuse Studios, The upstyle wood guide. Tilgjengelig fra:

<http://www.harvestmap.org/> (lest 04.04.2017).

Hindklev, J. (2013). Avfallsplaner for flere tiltak kan øke gjenvinningen. *Byggeindustrien* (3): 76.

Hiroshi Nakamura & NAP: Kamikatz Public House. (2015). Tilgjengelig fra:

<http://www.nakam.info/en/> (lest 04.04.2017).

Hong, J., Shen, G. Q., Feng, Y., Lau, W. S.-t. & Mao, C. (2015). Greenhouse gas emissions during the construction phase of a building: a case study in China. *Cleaner Production*, 103: 249-259.

Husbanken, Holthe, K. & Rolstad, A. N. (2005). Miljøriktig riving av boliger.

ISO. (2006a). *14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO).

ISO. (2006b). *14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*: International Organization for Standardization (ISO).

- Jelle, B. P., Hynd, A., Gustavsen, A., Arasteh, D., Goudey, H. & Hart, R. (2012). Fenestration of today and tomorrow: A state-of-the-art review and future research opportunities. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 96: 1-28.
- Jensen Architects: *Scrap House*. (2006). Tilgjengelig fra: http://jensen-architects.com/our_work/scrap_house (lest 04.04.2017).
- Kibert, C. J. & Chini, A. R. (2000). Overview of Deconstruction in Selected Countries. I: b. 252 *CIB Publication*.
- Klima- og miljødepartementet: *Sirkulær økonomi*. (2016). Regjeringen. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2015/des/sirkular-okonomi/id2470468/> (lest 17.02.2017).
- Klimagassregnskap. Statsbygg, Civitas. Tilgjengelig fra: <http://www.klimagassregnskap.no/> (lest 04.04.2017).
- Komposittmaterialer. (2009). I Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/komposittmaterialer> (lest 29.03.2017).
- Kunstakademiets Arkitektskole Institutt for Bygningskunst og Teknologi. (2015). *Genbyggstudier*. København: Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag.
- Leland, B. N. (2004). Gjenbruk og ombruk i byggebransjen. *Plan*, 36 (01): 12-15.
- Leland, B. N. & Svendsen, S. E. (2006). *Boligdesign - omforming og gjenbruk*. Oslo: Kommuneforlaget AS.
- Leland, B. N. (2008). Prosjektering for ombruk og gjenvinning. Oslo: RIF.
- LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning. (2015). *Avfallshierarki*. I Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki> (lest 04.04.2017).
- Madsø, F. E. (2001). LilleBorg - Gjenbruk av tegl. Oslo: NCC Bolig AS, Statsbygg og Oslo kommune, Byfornyelsesavd
- Marques, B. & Loureiro, C. R. (2013). Sustainable Architecture: Practices and Methods to Achieve Sustainability in Construction. *International Journal of Engineering and Technology*, 5 (2): 223-226.
- Merrild, H., Jensen, K. G. & Sommer, J. (2016). *Building a Circular Future*.
- Mikalsen, R. J. A. (2008). *Byggeskikken i middelalderens Nord-Norge : fra bruk av torv, jord, og stein som byggematerialer til trehuset*. Tromsø: Universitetet i Tromsø.

- Miljødirektoratet. (2017). *Prioritetslisten*: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Kjemikalielister/Prioritetslisten/> (lest 28.03.2017).
- NHP- nettverket. (2001). *Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall* NHP1: Byggemiljø. Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/12/NHP-2001-2005.pdf> (lest 04.04.2017).
- NHPs sekretariat. (2013). *Handlingsplan 2013 – 2016: Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall*. NHP3: Byggemiljø. Tilgjengelig fra: http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/78_OriginalHandlingsplan-NHP3-2013-20163.pdf (lest 04.04.2017).
- Nielsen, S., Holmberg, J., Nordby, A. S., Thormark, C. & Wærner, E. (2014). *Nordic Built Component Reuse*. København: Vandkunsten.
- Nordby, A. S. (2009). *Salvageability of building materials : reasons, criteria and consequences regarding architectural design that facilitate reuse and recycling*. Avhandling (ph.d.) Trondheim: NTNU.
- Nordby, A. S., Solli, C. & Dahlstrøm, O. (2015). *Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer* Trondheim: Husbanken, Asplan Viak.
- Norges Miljøvernforbund: *Miljøhuset - Ludeboden, Historie*. Tilgjengelig fra: <http://www.nmf.no/nyhetsmal.aspx?pageId=308> (lest 23.04.2017).
- Norsas AS. (1999). *Miljøriktig riving : et ledd i byggets kretsløp*. Oslo: Kommuneforlaget AS.
- Norwegian Ministry of Climate and Environment. (2015). *New emission commitment for Norway for 2030 – towards joint fulfilment with the EU*. Meld. St. 13 (2014–2015) Report to the Storting (white paper). Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/07eab77cc38f4085abb594a87aa19f10/engb/pdfs/stm201420150013000engpdfs.pdf> (lest 10.05.2017).
- Nässén, J., Holmberg, J., Wadeskog, A. & Nyman, M. (2007). Direct and indirect energy use and carbon emissions in the production phase of buildings: An input–output analysis. *Energy*, 32 (9): 1593-1602.
- Olerud, K. (2016a). *Fornybare ressurser*. I Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: https://snl.no/fornybare_ressurser (lest 28.03.2017).
- Olerud, K. (2016b). *grønt skifte*. I Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: https://snl.no/grønt_skifte (lest 03.05.2017).

- Olerud, K. (2016c). *Lagerressurser*. I Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lagerressurser> (lest 28.03.2017).
- Pettersen, N. (2005). Pilotprosjektet: Gjenbrukshus i Trondheim, en bro fra destruksjon til konstruksjon. Trondheim: Trondheim kommune.
- Plan- og bygningsetaten: Saksinnsyn - plan- og byggesaker i Oslo*. Tilgjengelig fra: <http://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/main.asp>.
- Rambøll: Mulighetsstudier Arealbruk og Infrastruktur*. (2017). Tilgjengelig fra: <http://www.ramboll.no/tjenester/transport/arealplanlegging/mulighetsstudier-arealbruk-og-infrastruktur> (lest 30.04.2017).
- REACH*. European Chemicals Agency. Tilgjengelig fra: <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach> (lest 28.03.2017).
- Rognlien, S. (2002a). Designstrategi for bruk av gjenbruksmaterialer: Statsbygg.
- Rognlien, S. (2002b). Rapport 1: Gjenbruk i byggebransjen - State of Art. Oslo: Statsbygg.
- Rognlien, S. (2002c). Rapport 2: Designstrategi for bruk av gjenbruksmaterialer. Oslo: Statsbygg.
- Rosvold, K. A. (2012). *gjenbruk*. I Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/gjenbruk> (lest 04.04.2017).
- Ruch, M., Sindt, V., Schultmann, F., Rentz, O. & Vimond, E. (1997). Selective deconstruction, experiment at Mulhouse. *CSTB Magazine* (101).
- Rural studios: Purpose & History*. (2017). Tilgjengelig fra: <http://www.ruralstudio.org/about/purpose-history> (lest 03.05.2017).
- Rønning, A., Engelsen, C. J. & Andreas, B. (2016). Materialstrømsanalyse - byggavfall: Betong, gips og vindusglass: Østfoldsforskning.
- Rådet for teknisk terminologi. (1986). *Rtt 50, Ordbok for restprodukter og avfallshåndtering : norsk-tysk-engelsk-fransk-svensk*. 1 utg. Bergen: Universitetsforlaget.
- Samuel Mockbee: History and Philosophy* (2017). Tilgjengelig fra: <http://samuelmockbee.net/rural-studio/about-the-rural-studio/> (lest 03.05.2017).
- SINTEF byggforsk. (2011a). *700.804 Planlegging av rivearbeider*: Byggforskserien.
- SINTEF byggforsk. (2011b). *700.806 Gjennomføring av rivearbeider*: Byggforskserien.
- Spence, R. & Mulligan, H. (1995). Sustainable development and the construction industry. *Habitat International*, 19 (3): 279-292.
- SSB. (2001). *Avfall fra byggeaktivitet, 2001* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbyggan/aar/2002-11-27> (lest 29.02.2017).

- SSB. (2004). *Avfall fra byggeaktivitet, 2004* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl/aar/2006-04-27> (lest 04.04.2017).
- SSB. (2008). *Norske utslipp av klimagasser - lite i verden, mye på hver av oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/norske-utslipp-av-klimagasser-lite-i-verden-mye-paa-hver-av-oss> (lest 09.05.2017).
- SSB. (2014). *Avfall fra byggeaktivitet, 2014* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl/aar> (lest 28.02.2017).
- Strand, S. S. (2014). *Powerhouse Kjørbo: Byggeindustrien*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1186020> (lest 06.04.2017).
- Superuse Studios: About*. Tilgjengelig fra: <http://superuse-studios.com/index.php/about/> (lest 04.04.2017).
- Sørnes, K., Nordby, A. S., Fjeldheim, H., Hashem, S. M. B., Mysen, M. & Schlanbusch, R. D. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- TEK10. (2010). *Byggeteknisk forskrift (TEK 10)*: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/tek/> (lest 03.04.2017).
- TEK17. (2017). *Forslag til ny byggeteknisk forskrift (TEK17)*: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://svar.dibk.no/nb/docs/37731/Paragraph/38091> (lest 08.05.2017).
- Thormark, C. (2000). *Environmental analysis of a building with reused building materials*. Sweden: Lund Institute of Technology, Department of Building Science.
- Trebilcock, M. (2009). *Integrated Design Process: From analysis/synthesis to conjecture/analysis*.
- Tønnessen, M., Leknes, S. & Syse, A. (2016). *Befolkningsframskrivinger 2016-2100: Hovedresultater. Økonomiske analyser 3/2016 - Statistisk Sentralbyrå*, 35: 4-14.
- Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A. & Aranda Usón, A. (2011). *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential*. *Building and Environment*, 46 (5): 1133-1140.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway