



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2022 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

# **Ombruk av glasselementer i bygninger**

Reuse of glass elements in buildings

**Norunn Eiane**  
Byggeteknikk og arkitektur





# Forord

Denne masteroppgaven er skrevet våren 2022 ved fakultetet for realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven markerer avslutningen på det femårige studieprogrammet Byggeteknikk og arkitektur, med studieretningen Bygningsplanlegging.

Formålet med oppgaven er å vurdere miljøeffektene ved ombruk av glasselementer. Denne tematikken ble valgt på grunnlag av interesse for ombruk og engasjement for bærekraftige løsninger. Det har vært svært lærerikt og engasjerende å arbeide med ombruk ettersom dette er et tema under stadig utvikling. Prosessen har åpnet for mange spennende samtaler med kunnskapsrike og engasjerte bransjeaktører.

Mange fortjener en stor takk for bidrag til oppgaven, både med faglige innspill og som støttespillere. Først må informantene takkes for spennende samtaler med både inspirerende og engasjerende innhold. Det rettes en stor takk til Multiconsult og Galleri Oslo Utvikling for gode idéer og muligheten til å arbeide med caseprosjektet Galleri Oslo.

Takk til veileder Leif Daniel Houck for gode faglige innspill og diskusjoner rundt oppgaven. Det må også sendes takk til min storesøster for korrekturlesing og til gjengen på Ås for støtte og lange pauser.

Oslo, 29. april 2022

Norunn Eiane

## Sammendrag

Norge har gjennom Parisavtalen forpliktet seg til å redusere klimagassutslipp med 50-55 % innen 2050 for å holde den globale oppvarmingen under 2 grader. Det antas at ombruk av bygningsmaterialer kan bidra til å redusere klimagassutslipp knyttet til utvinning av råvarer, produksjon, transport og avfallshåndtering. I utviklingen mot en mer sirkulær byggebransje, må ombruk gå fra å være forbeholdt pilotprosjekter til å bli et attraktivt alternativ.

Målet med denne oppgaven er å vurdere hensikten med, og muligheter for, ombruk av glasselementer i bygninger. Metodene som er brukt for å gjøre dette er et litteraturstudie, klimagassberegninger, en casestudie og informasjonsinnhenting gjennom ustrukturerte samtaler med aktører i bransjen. Casen som er valgt er Galleri Oslo, som sto ferdig i 1989. Bygget er valgt på bakgrunn av at det inneholder betydelige mengder glasselementer, og at bygget planlegges å rives før endt levetid.

Funnene fra klimagassberegningene tilsier at ombruk av glasselementer gir mellom 66 % og 94 % besparelse i elementenes første prosesser (A1-A4) i forhold til å bruke nye elementer. Ombruk av 85 % av glasselementene som eksisterer i Galleri Oslo vil gi en potensiell besparelse på 282 tonn  $CO_2$ -ekvivalenter. Det er mange utfordringer knyttet til ombruk av glasselementer, spesielt med tanke på elementenes tekniske egenskaper.

Litteraturstudiet viser liten utbredelse av ombruk av glasselementer i stor skala. Dagens krav til dokumentasjon og kvalitet er lik for ombrukte og nye elementer. Dette er en utfordring ved både handel og anvendelse av ombrukte materialer. For å oppnå en økning i ombruk av bygningsmaterialer, må det finnes tilstrekkelig med tilgjengelige materialer, være økonomisk gunstig å ombruke og tilrettelegges for handel. Dersom andelen bygg som selektivt rives øker i tråd med bærekraftstanken fremover, antas en naturlig økning i mengden tilgjengelige materialer.

Ombruk av glasselementer har et stort potensiale for klimagassbesparelser, ettersom glass er energikrevende å produsere. Ved tidlig planlegging, og prosjektering ut i fra tilgjengelige elementer, blir gjennomføring enklere.

## Abstract

By The Paris Agreement, Norway is committed to reduce greenhouse gas emissions with 50-55 % by 2050 in order to keep global warming below 2 degrees. It is assumed that reuse of building materials may contribute to reducing the greenhouse gas emissions related to extraction of raw material, production, transport and waste management. Reuse must progress from being reserved for pilot projects to becoming an attractive alternative.

The purpose with this thesis is to assess the value and possibilities for reuse of glass elements in buildings. The methods employed as a part of this thesis include a literature study, calculations of carbon emissions, a case study and unstructured gathering of information. The case analyzed in this thesis is Galleri Oslo, an office building which was finalized in 1989. This building was chosen on the basis that it consists of significant amounts of glass and that the building is planned to be demolished before the end of its estimated lifetime.

The results from the calculations of carbon emissions indicate that reuse of glass elements can provide a reduction of emissions between 66 % and 94 % in the elements' first process (A1-A4) compared to using new elements. Reusing 85 % of the glass elements that exist in Galleri Oslo will result in a potential saving of 282 tonnes of  $CO_2$ -equivalents. There are many challenges associated with the reuse of glass elements, especially regarding the technical properties of the elements.

The literature study shows a small prevalence of reuse of glass elements on a large scale. Today's requirements for documentation and quality are similar for reused and new materials. This is a challenge in both trading and using reused materials. In order to achieve an increase in the reuse of building materials, there must be sufficient materials available. It must also be economically favorable to reuse materials and trading must be encouraged. One can assume a natural increase in the amount of available materials if selective demolishing is favored.

Reuse of glass elements has a great potential for reducing carbon emissions, as production of glass is energy-intensive. With early planning and design based on elements available, implementation may be achievable.

# Innholdsfortegnelse

1 Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn.....	2
1.2 Formål og problemstilling.....	3
1.3 Begreper og definisjoner .....	4
2 Metode .....	6
2.1 Litteraturstudie.....	7
2.2 Casestudie .....	9
2.3 Informasjonsinnhenting .....	9
2.4 Klimagassberegninger.....	11
2.5 Problemstilling og forskningsspørsmål .....	12
2.6 Avgrensninger .....	14
3 Teori .....	15
3.1 Ombruk i byggenæringen .....	15
3.1.1 Ombruksprosjekter.....	15
3.1.2 Rivepraksis.....	18
3.1.3 Ombrukskartlegging .....	20
3.1.4 Materialers ombrukbarhet.....	22
3.1.5 Barrierer og fremtidsutsikter.....	23
3.2 Ombruk av glass .....	23
3.2.1 Glass som materiale .....	24
3.2.2 Hvorfor ombruke glass.....	25
3.2.3 Egnethet for ombruk .....	26
3.3 Lovverk og forskrifter .....	27
3.3.1 Eurokoder og Byggteknisk forskrift .....	27
3.3.2 Forskrifters krav til glass.....	28
3.3.3 Forskrifters krav til ombruk .....	29
3.3.4 Sertifisering og produktmerking .....	29
3.3.5 Helse- og miljøfarlige stoffer.....	32
3.4 Levetid .....	32

3.4.1	Ulike levetider.....	33
3.4.2	Ombruk av vindu og glassfasader.....	34
3.5	Gjennomføring av ombruk.....	34
3.5.1	Prosjektering.....	34
3.5.2	Rivearbeid og demontering.....	35
3.5.3	Prosessering og lagring.....	36
3.5.4	Remontering.....	36
4	Case - Galleri Oslo.....	38
4.1	Tomt og bygningsmasse.....	38
4.2	Støy og klima.....	41
4.3	Områderegulering.....	42
4.4	Planforslag.....	43
4.5	Bakgrunn for prosjektet.....	46
4.6	Muligheter for ombruk av glasselementer.....	49
5	Resultater.....	50
5.1	CO <sub>2</sub> -besparelser ved ombruk av glassmaterialer.....	50
5.2	Glasselementer vurdert for ombruk.....	52
5.2.1	Vinduer.....	53
5.3	Egnetthet for ombruk.....	61
5.4	Resultater ved informasjonsinnhenting.....	63
5.4.1	Tilrettelegging for ombruk.....	63
5.4.2	Utvikling og trender i dagens marked.....	65
5.4.3	Fremtidsutsikter.....	67
5.4.4	Oppsummering av informasjonsinnhenting.....	68
5.5	Kostnad ved ombruk av glasselementer.....	69
6	Diskusjon.....	70
6.1	Hvilke miljøeffekter har ombruk av glasselementer sammenlignet med nye elementer?.....	70
6.2	Hvordan kan det tilrettelegges for økt ombruk i bygge- og anleggsbransjen?.....	73
6.3	Hvordan kan vinduer som ikke når dagens tekniske krav ombrukes?.....	76
6.4	Resultatenes validitet.....	79

7 Konklusjon.....	82
8 Forslag til videre arbeid .....	84

## Figurer

1	(Avfall Norge, 2017), <i>Avfallspyramiden</i> .....	3
2	<i>Forskningsspørsmål med tilhørende metode</i> , (Egenprodusert) .....	14
3	(Mad Arkitekter, 2021), <i>Kristian Augusts gate 13</i> .....	16
4	(Undervisningsbygg, 2021), <i>Ruseløkka skole</i> .....	17
5	(Bygg.no, 2020), <i>Brukte hulldekkere</i> .....	18
6	(Statsbygg og Grønn Byggallianse, 2021), <i>Ombrukskartlegging satt i system</i> .....	21
7	<i>Flytdiagram for vurdering av ombrukbarhet</i> , (Egenutviklet versjon av flytskjema utarbeidet av Mynord og Moldekleiv (2017)).....	22
8	(Venta Windows, 2020), <i>Trelags isolervindu i aluminium</i> .....	24
9	(Glass info, 2022), <i>Herdet glass til venstre og laminert glass til høyre</i> .....	25
10	(Greenbiz, 2010), <i>SeriousGlass Technology brukt på Empire State Building</i> .....	26
11	(Grønn Byggallianse, 2022), <i>Vurderingskategorier i BREEAM</i> .....	31
12	(Norgeskart, 2022), <i>Galleri Oslos plassering</i> .....	38
13	(Galleri Oslo Utvikling, A-Lab, 2021), <i>Tomteomriss og nabolag, Galleri Oslo</i> .....	39
14	(Asplan Viak, 2021), <i>Fasade langs Schweigaards gate 4-14</i> .....	40
15	(Asplan Viak, 2021), <i>Eksisterende bygningsmasse rundt Schweigaards gate 4-14</i> .....	40
16	(Miljødirektoratet, 2022), <i>Støy fra veitrafikk i Schweigaards gate 4-14</i> .....	41
17	(Norgeskart, 2022), <i>Skygge fra Schweigaards gate 4-14, mars 2020 kl. 10:00</i> .....	42
18	(Plan- og bygningsetaten, 2015), <i>Dagens reguleringsbestemmelser Schweigaardsgate 4-14</i> .....	42
19	(Asplan Viak, 2021), <i>Illustrasjon av prosjektet «Soulside»</i> .....	43
20	(Asplan Viak, 2021), <i>Planinitiativ 1</i> .....	44
21	(Asplan Viak, 2021), <i>Planinitiativ 2</i> .....	45
22	(Asplan Viak, 2021), <i>Planinitiativ 3</i> .....	46
23	(Galleri Oslo Utvikling og A-LAB, 2021), <i>Under Nylandsveien, sett fra Olafiangangen</i> .....	47
24	<i>Setningsskader i østlig del av Galleri Oslo</i> , (Tatt på befaring 28. februar 2022) ....	48
25	<i>Miljøbesparelse ved ombruk, inkludert mellomlagring og transport</i> .....	51
26	<i>Miljøbesparelse ved ombruk, uten mellomlagring og transport</i> .....	51

27	<i>Potensiell utslippsbesparelse for bygget</i> .....	52
28	<i>Produktkategorier og tilgjengelig informasjon</i> .....	53
29	<i>Hengslet vindu mot bussterminalen, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	54
30	<i>Vindu mot bussterminalen m. merking, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	55
31	<i>Glassfelt med sprekk, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	56
32	<i>Innvendige vinduer, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	56
33	<i>Fast vindu mot Schewigaardsgate, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	57
34	<i>Detaljer, glasskuppel, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	58
35	<i>Glasskuppel på tak i østlige del av bygget, fra utsiden, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	58
36	<i>Glasstak over handlegata, innvendig og utvendig, (Tatt på befaring 28. februar 2022 og på befaring 1. april 2022)</i> .....	59
37	<i>Glasskillevegger i kontorlokale, (Tatt på befaring 28. februar 2022)</i> .....	60
38	<i>Eksempel på innvendige glassdører i Galleri Oslo, (Tatt på befaring 28. februar 2022 og på befaring 1. april 2022)</i> .....	61

## Tabeller

1	Eksempler på søkeord i litteraturstudien.....	8
2	Materialer og besparelse i Kristian Augusts gate 13.....	16
3	Miljøfarlige stoffer i vinduer og produksjonsår .....	32



# 1 Innledning

I denne oppgaven utføres klimagassberegninger som sammenligner ombrukte glasselementer med nye. Videre belyses muligheter for anvendelse, og lovverk og forskrifter diskuteres.

Casestudien i oppgaven er Galleri Oslo, som skal erstattes med et større byutviklingsprosjekt: Nye Galleri Oslo (Galleri Oslo Utvikling, 2021). Oppgaven skrives i samarbeid med Multiconsult og Galleri Oslo Utvikling.

Definisjonen av ombruk er *materialer som brukes på nytt til samme formål som før* (Miljødirektoratet, 2021). Begrepet må skilles fra begrepet gjenbruk som er et mindre presist begrep ettersom begrepet også omfatter materialgjenvinning og energiutnyttelse.

I 2020 ble 46 % av avfall i Norge materialgjenvunnet (Klima - og miljødepartementet, 2021). For bygge- og anleggsbransjen var det 14 % under målet på 70 % ombruk og materialgjenvinning av ikke-farlig bygg- og anleggsavfall (Klima - og miljødepartementet, 2021). Regjeringen oppfordrer til reguleringer som legger til rette for ombruk av materialer og reduksjon av avfallsmengder. Ombruk av ressurser har tidligere vært knyttet til mangel på ressurser og verning av kulturminner. De siste årene har ombruk hatt en betydelig rolle i diskusjonen om klimagassutslipp og sirkulærøkonomi. TEK17 krever at det velges materialer som er egnet for ombruk og materialgjenvinning (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017a). Likevel finnes det få prosjekter i Norge som underbygger at dette er den nye standarden. For å benytte brukte byggematerialer, kreves en rekke dokumentasjoner av tekniske egenskaper. Det er få insentiver knyttet til ombruk og det stiller store krav til rivingsarbeidet.

Studier viser at ombruk kan redusere avfall- og utslippsmengder ved oppføring av nye bygg (Sandberg og Kvellheim, 2021). Dagens standard for bygging er å prosjektere nye bygg uten å medregne eksisterende byggematerialer. De eksisterende byggematerialene blir resirkulert og vil ikke lenger tjene sin opprinnelige hensikt. Europakommisjonen presenterte i 2015 en handlingsplan med 54 tiltak for å oppnå sirkulærøkonomi (EØS-notat, 2016). Bakgrunnen for handlingsplanen var at den globale etterspørselen etter ressurser er presset, og at ressursbruken kan forbedres. Ved å endre til en mer sirkulær økonomi, hvor et materiale repareres, ombrukes og gjenvinnes, legges det også til rette for utvikling av nye markeder og forretningsmodeller. Et av punktene i handlingsplanen omhandler sanksjoner ved produksjon av avfall.

Glass er et materiale som er energikrevende å produsere (Sørnes et al., 2014). Bygninger inneholder ofte store mengder glass i standardiserte dimensjoner, i form av vinduer, fasadematerialer eller innervegger. Videre kan glass eksempelvis også brukes i rekkverk, dører og på gulv. Glass behandles ofte skånsomt i byggeprosessen, og elementene er i hovedsak demonterbare. Dette medfører at elementene har gode forutsetninger for ombruk, dersom de er i god stand.

I denne oppgaven gjennomføres en casestudie for å kartlegge mulighetene for ombruk av glass i Nye Galleri Oslo. Først presenteres en teoridel bestående av eksisterende informasjon om temaet, deretter et metodekapittel med beskrivelser av hva som ble gjort og hvordan det ble gjort. Selve casestudien presenteres i en egen del, etterfulgt av klimagassberegninger og resultater basert på informasjonen som ble funnet. Siste del av oppgaven består av en diskusjonsdel, som sammenligner resultatene med eksisterende informasjon om temaet, og konklusjon.

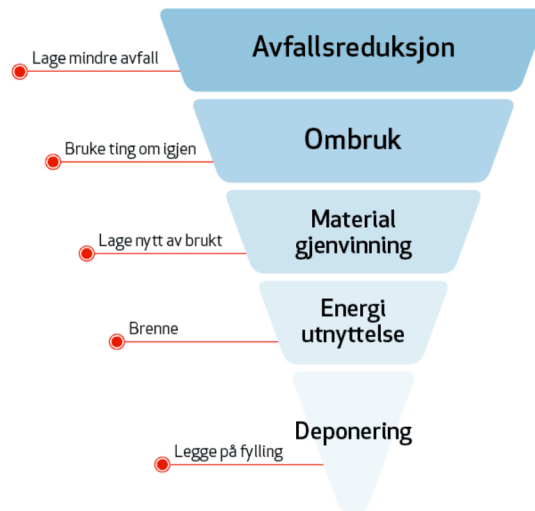
## 1.1 Bakgrunn

Byggesektoren er ansvarlig for 40 % av det globale energiforbruket og 30 % av det globale klimagassutslippet (Klima- og miljødepartementet, 2021). Gjennom Parisavtalen har Norge forpliktet seg til å redusere klimagassutslipp med 50-55 % innen 2050, for å holde den globale oppvarmingen under to grader (Klima- og miljødepartementet, 2021b). For å nå dette, i tillegg til EUs avfallsdirektiv sine krav om at 60 % av kommunalt avfall skal ombrukes eller gjenvinnes innen 2030, må sektoren gjøre kollektive endringer (Klima- og miljødepartementet, 2021a).

Ved å ombruke eksisterende byggematerialer, er det mulig å redusere utslipp knyttet til materialproduksjon, som er hovedårsaken for klimagassutslipp i sektoren (Klima- og miljødepartementet, 2021). Tall fra Statistisk Sentralbyrå viser at Norge produserte totalt 11,6 millioner tonn avfall i 2020, hvorav 29 % av dette var fra bygg- og anleggsvirksomhet (SSB, 2021b). Hoveddelen av avfallet antas å være knyttet til riving.

Det finnes få tall på ombruk av materialer i bygg- og anleggsvirksomhet. Dette kan begrunnes med mangel på krav om dokumentasjon. Det ser likevel ut til å være en tendens til at interessen

for ombruk har steget de siste årene. I klimaplanen for 2021-2030 uttrykkes det at staten skal legge til rette for ombruk av byggematerialer, både som byggherre, eiendomsforvalter og leietaker (Klima - og miljødepartementet, 2021). Det skal også innføres reguleringer for å redusere avfall fra sektoren, som er den viktigste prioriteringen i avfallspyramiden (se figur 1).



Figur 1: (Avfall Norge, 2017), *Avfallspyramiden*

## 1.2 Formål og problemstilling

Formålet med denne oppgaven er å belyse muligheter og utfordringer ved ombruk av glass. I oppgaven vurderes klimagevinsten av ombruk sammenlignet med å oppføre nye bygg. Gevinsten vurderes også mot juridiske utfordringer, i tillegg til muligheter for praktisk gjennomføring. Oppgaven utføres som en casestudie av et potensielt ombruksprosjekt, som kan bidra til normalisering av ombruk.

### **Problemstilling**

*Hvor stor er klimagevinsten ved ombruk av glasselementer i bygg og hvordan kan ombruk av glasselementer gjennomføres?*

### **Forskningsspørsmål**

1. *Hvilke miljøeffekter har ombruk av glasselementer sammenlignet med nye elementer?*

2. *Hvordan kan det tilrettelegges for økt ombruk i bygge- og anleggsbransjen?*

3. *Hvordan kan vinduer som ikke når dagens tekniske krav ombrukes?*

### 1.3 Begreper og definisjoner

#### **CO<sub>2</sub>-ekvivalenter**

CO<sub>2</sub>-ekvivalent er en enhet som brukes i klimagassregnskap. Enheten tilsvarer effekten en gitt mengde (som regel et tonn) CO<sub>2</sub> har på den globale oppvarmingen over en gitt tidsperiode (som regel 100 år).

#### **1 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter tilsvarer**

Tre kvadratmeter mindre sjøis i Arktis på sommeren.

5050 km med bensinbil.

Matsvinnet til en norsk gjennomsnittshusholdning i et år.

#### **Donorbygg**

Bygg med overskuddsmaterialer som ble regnet som avfall etter riving eller oppussing.

Overskuddsmaterialene doneres til andre prosjekter.

#### **Ombrukskartlegging**

En omfattende befarings for å identifisere ombrukbare bygningsselementer i et eksisterende bygg, enten for ombruk i bygget eller i et annet bygg.

#### **FDV-dokumentasjon**

Dokumentasjon innen Forvaltning, Drift og Vedlikehold tilknyttet aktiviteter og kostnader gjennom en bygnings eller et anleggs totale levetid.

#### **Karbonavtrykk**

Den totale mengden klimagasser som direkte og indirekte slippes ut som følge av menneskelig aktivitet, for eksempel gjennom livsløpet til et bygningsselement.

#### **Miljøregnskap**

En bokført oversikt over forbruk av energi- og materialressurser med tilhørende utslipp.

**EDP**

En miljødeklarasjon, et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til et element.

**U-verdi**

En bygningsdels varmegjennomgangskoeffisient. Et mål som angir bygningsdelens varmeisolerende evne. Måles i  $W/(m^2K)$ .

**Pilotprosjekt**

Et forsøksprosjekt som gjennomføres for et større prosjekt.

## 2 Metode

I dette kapitlet presenteres valg av forskningsmetode for å besvare oppgavens problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål. Metodene som er benyttet beskrives herunder hvorfor metodene ble valgt, og hvilke svakheter disse har. I kapitlet drøftes også kvaliteten og påliteligheten til informasjonen som er innhentet.

Sosiologen Vilhelm Auberts definerer metode på følgende måte:

«En fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører til i arsenalet av metoder.»

(Everett og Furseth, 2012, s.128)

Spørsmål og problemer kan gripes an med forskjellige metoder. Valg av metode avhenger ofte av tidsramme, økonomisk ramme og hva forskeren behersker (Dalland, 2014, s. 114). Metoden som velges skal virke som et redskap for å besvare oppgavens problemstilling.

Forskningsmetode deles vanligvis inn i kvalitative og kvantitative studier, i tillegg til en kombinasjon av disse. Kvalitative studier involverer verbale forklaringer av virkelige situasjoner, mens kvantitative studier involverer numeriske analyser av forholdet mellom variabler (Silverman, 1993). I denne studien er det valgt kvalitative metoder for å innhente kunnskap. Metoden er valgt fordi målet er å presentere meninger om ombruk i bygge- og anleggsbransjen, vurdere en konkret case og sette søkelys på temaet.

Ombruk av glass er lite omtalt i akademisk forskning. Ved innhenting av data ble det kontaktet et strategisk utvalg informanter for å nå personer med erfaring innenfor temaet. Informantene tilhører forskjellige roller i verdikjeden, for å få et helhetlig inntrykk av bransjens syn på ombruk. Det legges til grunn at data er innsamlet ved hjelp av en kommunikasjonsprosess og at dataene dermed har tilhørende feilkilder. Dataene er avhengig av at spørsmålene er riktig oppfattet og svarene riktig forstått.

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Multiconsult og Galleri Oslo Utvikling. Multiconsult ble kontaktet for samarbeid etter endt sommerjobb i 2020. Sommerjobben

omhandlet å utarbeide en rapport om ombruks- og smarthusløsninger ved Galleri Oslo i ett tverrfaglig team hvor jeg fungerte som prosjektstyrer. Dette styrket mitt engasjement for ombruk som tema for masteroppgaven. Galleri Oslo Utvikling ga inntrykk av å være en aktør med høye ambisjoner for ombruk og bærekraft, noe som gjorde ombruk av glass ved Galleri Oslo til en aktuell case.

## 2.1 Litteraturstudie

En masteroppgave tar utgangspunkt i eksisterende forskning, for så å videreutvikle den (Everett og Furseth, 2012, s. 66). For å etablere et teorigrunnlag for gitt tema, er det derfor gjennomført en litteraturstudie. Målet med studien var å kartlegge informasjon om ombrukstematikken og å finne potensielle referanseprosjekter. Gjennom litteraturstudien ble det opparbeidet en oversikt over tilgjengelig forskning, og hvor det var behov for videreutvikling. Teorikapittelet danner grunnlaget for informasjonsinnhenting og analysen av resultatene.

Litteratursøkene ble hovedsakelig foretatt tidlig i oppgaveprosessen for sette rammer for analysedelen. Supplerende søk ble gjort for å opparbeide kunnskap om temaer som viste seg å være relevante ved et senere tidspunkt. Det ble gjort litteratursøk både på dansk, engelsk og norsk i forskjellige søkemotorer for å innhente informasjon. Funnene ble brukt for å besvare problemstilling og forskningsspørsmål. Søkene ble utført i akademiske databaser i perioden januar-april 2022. Databasene som ble brukt var

- Web of Science
- Oria
- Google Scholar

Søkeordene var hovedsakelig knyttet til problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det ble brukt «OG/ELLER»-funksjoner i søkemotorene for å konkretisere søket. Litteraturen som var maksimalt syv år ble vurdert mest relevant. Dette var for å få oppdatert informasjon, ettersom tematikken er relativt ny. Eksempler på søkeord gis i Tabell 1.

Søkeord	Search word
Ombruk OG glass	Reuse AND glass
Ombruk OG byggematerialer	Reuse AND construction materials
Rehabilitering OG bygg	Refurbishment AND buildings
Vindu OG ombruk OG byggeprosjekt	Window AND reuse AND construction
Resirkulering OG byggematerialer	Recycling AND building materials

Tabell 1: Eksempler på søkeord i litteraturstudien

Det er søkt innenfor kategorier som materialteknologi, bærekraft og bygge- og anleggsteknikk for å finne relevant litteratur knyttet til tematikken. Antall resultatene varierte mellom ti og 400, hvor hoveddelen var knyttet opp mot gjenbruk heller enn ombruk. Etter gjennomgang og sortering ble det inntil fem relevante treff per søk.

Oppgaven er knyttet til en norsk case, norske og danske treff er derfor prioritert i større grad enn engelske. Ettersom ombruk av byggematerialer er et tema med nylig voksende interesse, er mengden relevant litteratur begrenset. Det er grunn til å tro at ombruk er tatt mer i bruk i praksis, enn litteraturen viser.

Utover de akademisk godkjente søkemotorene, ble det foretatt søk for å skape et helhetlig inntrykk av næringen. Målet med dette var å kartlegge føringer, publikasjoner fra relevante aktører og politiske uttalelser som omhandlet ombruk av byggematerialer. Denne informasjonen ble innhentet for å evaluere dagens situasjon, og er ikke etterprøvd på samme måte som informasjonen fra de akademiske søkemotorene. Disse kildene ble sammenliknet med hverandre for å sikre et helhetlig inntrykk av bransjen. Eksempler på informasjonskilder av denne typen er Direktoratet for Byggkvalitet, SINTEF byggforsk, Grønn byggallianse og stortingsmeldinger.

Metoden avhenger av hvilke søkeord og søkekombinasjoner som benyttes. Søkeordene ble bestemt utfra egen kunnskap om tematikken og ordbruk anvendt i lignende oppgaver. Det antas at bruk av andre søkeord vil gi andre resultater. Spesielt ved engelske søk antas det at relevant litteratur er utelatt fra resultatene.



## 2.2 Casestudie

Casestudie er godt egnet for å besvare spørsmål som starter med «hvordan» og «hvorfor» (Yin, 2014). For å legge grunnlag for besvarelse av oppgavens problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål, er det gjennomført en casestudie av et bygg hvor ombruk er aktuelt. Et av argumentene for å velge casestudie er å oppnå konkrete verdier som grunnlag for klimagassberegning. På denne måten avdekkes konkrete muligheter og utfordringer innen ombruk, i motsetning til generelle referanseverdier. Casestudien bidro også til utvikling av kunnskap og forståelse.

Casen som ble valgt i denne oppgaven representerer den dagsaktuelle problemstillingen rundt riving og ombygging før endt levetid. Riving av bygg før endt levetid har større klimabelastning enn riving av eldre bygg. Ombruk bør derfor vurderes. Casestudien avdekker muligheter og utfordringer ved ombruk av glass, som gir grunnlag for besvarelse av forskningsspørsmål 1. Casen som er valgt er Galleri Oslo i Oslo sentrum og beskrives nærmere i kapittel 4. Dette er et nylig påbegynt prosjekt, noe som er gunstig om ombruk skal fungere optimalt.

I løpet av oppgaveperioden ble det utført analyse av plantegninger, gjennomført samtaler med prosjektdeltakere og befaring i eksisterende bygg. Befaringer gir muligheten til å gjøre direkte observasjoner av objekter (Yin, 2014). Befaringene ble utført i regi av Galleri Oslo Drift som har tilgang til hele bygget og kjennskap til eventuelle endringer gjort i bygget de siste årene.

Svakheter med casestudie er at resultatene ikke kan generaliseres (Øystein Widding, 2005). Temaet som denne oppgaven omhandler kan knyttes direkte opp til liknende byggeprosjekter. Dermed er ikke generalisering like viktig i dette tilfellet. Mulighetene for ombruk av glass i Galleri Oslo antas å være like for tilsvarende bygg ferdigstilt i samme periode. Casestudien begrenser likevel mulighetene for standardisering.

## 2.3 Informasjonsinnhenting

Hensikten med informasjonsinnhenting var å få frem personlige meninger og erfaringer tilknyttet ombruk fra forskjellige aktører i bransjen. Informantene ble valgt på bakgrunn av erfaring fra ombruksprosjekter eller uttalelser om tematikken i media. Kontakten ble opprettet

på mail og telefon, samtalen videre foregikk i videomøter og i fysiske møter.

Ved å gjennomføre ustrukturerte samtaler i stedet for strukturerte intervjuer legges det opp til at informanten kan snakke fritt, ha flere åpne svar og mulighet for digresjoner (Silverman, 1993). På grunn av lite tidligere forskning på emnet, var målet med samtalen å få spontane og ufiltrerte svar. Informantene hadde fått en liste med stikkord og temaer som ble tatt opp i samtalen. Baksiden med dette er at de forskjellige samtalenes kan gi varierte svar og er derfor lite egnet for direkte sammenlikning i motsetning til strukturerte intervjuer. Det er i tillegg krevende for føreren av samtalen.

For å få et inntrykk av flere sider i bransjen ble det opprettet kontakt med glass- og vindusprodusenter, rådgivere, entreprenører og eiendomsutviklere. Det ble knyttet kontakt med totalt elleve informanter.

- **3 Dør- og vindusprodusenter**

P1 har levert vinduer til Galleri Oslo.

P2 har uttalt seg om ombruk i en av Sintefs veiledere

P3 har montert nye karmen på eldre vindusglass i et ombruksprosjekt.

- **4 Rådgivere**

R1 er miljørådgiver og har gjennomført en mindre ombrukskartlegging av Galleri Oslo.

R2 har jobbet med grunnforholdene ved Galleri Oslo.

R3 jobber som miljørådgiver og har gjennomført flere ombrukskartlegginger og har god erfaring med ombruk.

R4 har jobbet med prosjekteringen av et pilotprosjekt hvor ombruk av bygningselementer var sentralt.

- **2 Entreprenører**

ENT1 jobber som riveentreprenør og har deltatt i pilotprosjekter hvor selektiv riving ble gjennomført.

ENT2 har jobbet med et pilotprosjekt hvor ombruk av bygningselementer var sentralt.

- **2 Eiendomsutviklere**

EIE1 er en byggherre som har gjennomført et pilotprosjekt hvor ombruk av

bygningselementer var sentralt.

EIE2 er en byggherre med erfaring med ombruk av bygningselementer internt i selskapet.

Spørsmålene som ble stilt omhandlet muligheter og utfordringer med ombruk, hvordan ombruk kan gjennomføres og hvordan ombruk i byggebransjen vil bli fremover. Svarene ble notert i løpet av samtalene. Kvaliteten på data fra informantene ble sikret ved å sammenlikne informantenes svar med eksisterende litteratur.

En svakhet ved informasjonsinnhenting er at spørsmålene og svarene må forstås riktig av begge parter. Svarene fra informantene ble notert underveis og renskrevet på et senere tidspunkt, noe som også er en potensiell feilkilde. Kvaliteten på samtalene antas også å ha økt i takt med antall samtaler som ble gjennomført, ettersom erfaring ble opparbeidet. Godt forarbeid og oppmerksomhet i kommunikasjonsprosessen ble utført etter beste evne for å redusere feilkildene.

## 2.4 Klimagassberegninger

Det ble utført klimagassberegninger tilknyttet ombruk av glass for å besvare oppgavens problemstilling. Klimagassberegningene ble utført for å vurdere miljøpåvirkningen til ombrukte glasselementer sammenlignet med tilsvarende nye elementer. Beregningene presenteres per element og potensiell total besparelse for bygget.

Beregningene er basert på informasjon fra leverandører og entreprenører, dokumentasjon av eksisterende materialer og EPD-er for tilsvarende nye materialer. En svakhet med denne metoden er at ombrukte glasselementer blir sammenlignet med tilsvarende produkter, ikke samme produkt. Det skjer mange antakelser i beregningene, som også en potensiell feilkilde.

### **Ombrukte elementer**

I klimagassberegningene ble alle prosesser som kunne påvirke utslippet vurdert. Hovedkildene for utslipp er tilknyttet demontering, transport, remontering og produksjon av eventuelle tilleggsmaterialer. Andre kilder for utslipp kan for eksempel være oppvarming av lagerlokaler.

Ved beregning av total potensiell besparelse for bygget ble antall glasselementer i det

eksisterende bygget kartlagt. Antallet ble funnet fra plantegninger av Galleri Oslo. Det ble kun innhentet utvendige tegninger av bygget, dermed var det ikke mulig å kartlegge mengder av innvendige glasselementer som glassdører og glasskillevegger. Mengden innvendige glasselementer er derfor estimert. Estimatenes presiseres i resultatkapittelet.

Informantene oppga hvordan elementene kan demonteres og transporteres ut av bygget. Ved demontering brukes håndverktøy og/eller maskiner. Dette oppgis for hvert element i vedleggene.

### **Nye elementer**

For å få en nøyaktig sammenligning av klimagassutslipp til et ombrukt element, ble det søkt etter et eksakt likt produkt. Dersom ikke en eksakt likt element var tilgjengelig, ble det undersøkt et tilsvarende element, ulikheter blir oppgitt. Klimagassutslipp er hentet fra EPD-er funnet på EPD-Norge.no. Ved mangel på gyldig EPD er utgåtte EPD-er brukt i noen tilfeller. Dette er også oppgitt.

### **Transport**

Ved beregning av avstander ble det tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig transportavstanden i Norge på 300 km. Ifølge informanten P2 fraktes produkter i store partier til varelager med kortere avstand til byggeplassen. Det antas at store lastebiler frakter produktene 250 km og mellomstore lastebiler frakter produktene de siste 50 km. P2 hevder at transportavstander ofte er kortere i Oslo og omegn.

## **2.5 Problemstilling og forskningsspørsmål**

Den amerikanske sosiologen Robert Morten mente at vitenskapelige spørsmål er formulert slik at svarene på dem vil bekrefte, utdype eller revidere noe av det som regnes som kunnskap på feltet (Everett og Furseth, 2012). Han hevder videre at vitenskapelige spørsmål består av tre komponenter:

- Ett eller flere overordnede spørsmål som angir hva en ønsker å vite
- Begrunnelse for spørsmålene, som angir hvorfor en ønsker noe å vite om akkurat dette

- De presiserte spørsmålene som peker mot mulige svar på de overordnede spørsmålene

Oppgavens problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål besvares ved bruk av de nevnte metodene. Svarene på forskningsspørsmålene skal gi et grunnlag for besvarelse av oppgavens problemstilling ved å belyse ulike deler av den.

Tema og problemstilling i oppgaven ble valgt på grunn av bygge- og anleggsbransjens store klimagassutslipp. Ved å begrense bruk av nye ressurser og benytte bygningsmaterialene som allerede er produsert vil klimagassutslippet reduseres. Bakgrunnen for å velge materialet glass var at produksjon av glass er energikrevende. Ombruk av glasselementer er et grep som bidra til reduksjonen dersom klimagevinsten er betydelig. Oppgavens problemstilling ble derfor følgende:

*Hvor stor er klimagevinsten ved ombruk av glasselementer i bygg og hvordan kan ombruk av glasselementer gjennomføres?*

For å belyse ulike deler av problemstillingen, ble det formulert tre forskningsspørsmål. Det første spørsmålet sammenligner miljøeffektene til ombrukte glasselementer med nye for å synliggjøre forskjellene. Det neste spørsmålet gjelder eksisterende praksiser i bygge- og anleggsbransjen og hvordan disse kan justeres for å tilrettelegge for ombruk. Det siste spørsmålet omhandler anvendelse av ombrukte glasselementer som ikke har tilfredsstillende tekniske egenskaper, hvor vinduer er mest aktuelt. Forskningsspørsmålene er:

1. *Hvilke miljøeffekter har ombruk av glasselementer sammenlignet med nye elementer?*
2. *Hvordan kan det tilrettelegges for økt ombruk i bygge- og anleggsbransjen?*
3. *Hvordan kan vinduer som ikke når dagens tekniske krav ombrukes?*

Forskingsspørsmålene besvares med hovedsakelig to metoder per spørsmål. Svaret på problemstillingen baseres på svarene på forskningsspørsmålene, dermed benyttes alle nevnte metoder for å besvare problemstillingen.

Forskningsspørsmål	Metode
1	Casestudie og klimagassberegninger
2	Informasjonsinnhenting og litteraturstudie
3	Informasjonsinnhenting og litteraturstudie

Figur 2: *Forskningsspørsmål med tilhørende metode, (Egenprodusert)*

## 2.6 Avgrensninger

Denne masteroppgaven skrives i perioden vår 2022, og omfatter 30 studiepoeng. På grunn av tidsrommet og gitte rammer har oppgaven følgende avgrensninger:

**Klimagassutslipp tilknyttet produksjon og transport:** Klimagassberegningene tar utgangspunkt i utvinning av ressurser, produksjon og transport. Utslipp tilknyttet elementenes livsløp inkluderes ikke i disse beregningene.

**Saksbehandlingen av Galleri Oslo er pågående:** Klimagassberegninger og casestudien er basert på tilgjengelig informasjon i perioden frem til mai 2022. Casestudien presenterer foreløpige planforslag og avvik vil derfor kunne forekomme ettersom planene kan endre seg med tiden.

**Anvendelse av ombrukte glasselementer i Nye Galleri Oslo:** Ettersom planforslagene for Nye Galleri Oslo ikke er vedtatt blir ikke illustrasjoner av hvordan glasselementer kan benyttes i det nye bygget presentert. Det forekommer forslag til teoretiske løsninger.

**Levetid:** Det er ikke tatt hensyn til hvordan glasselementers levetid vil påvirke klimagassberegningene.

## 3 Teori

I dette kapitlet presenteres det teoretiske grunnlaget for ombruk av byggematerialer, med hovedfokus på glass. Det redegjøres for referanseprosjekter, krav for ombrukbarhet og dagens rivepraksis. Deretter presenteres tekniske egenskaper til glass og egnetheten for ombruk av materialet. Til slutt gis en oversikt over lovverk og forskrifter knyttet til ombruk.

Flere av kildene som benyttes i teorikapitlet er tilknyttet den norske bygge- og anleggsnæringen. Disse benyttes fordi ombruk av byggematerialer er et nytt tema og det finnes derfor lite akademisk forskning knyttet til dette.

### 3.1 Ombruk i byggenæringen

Ombruk omtales av Miljødirektoratet som produkter og materialer som brukes på nytt til samme formål som det ble laget til, uten særlig bearbeiding (Miljødirektoratet, 2021). I bygg- og anleggsnæringen de siste årene, har dette blitt et mer sentralt tema. Selv om det er interesse, vilje og oppmerksomhet rundt dette, er det i praksis lite utbredt. I dag knyttes ombruk hovedsakelig til materialene og elementene som krever lite tilpasning, eksempelvis inventar, innerdører og sanitærutstyr (Nag, 2018).

#### 3.1.1 Ombruksprosjekter

De siste årene har det blitt gjennomført flere pilotprosjekter hvor sirkulære løsninger var sentrale i byggeprosessen. Flere prosjekter har blitt utført med høy ombruksgrad innen konstruksjon, VVS, elektro og interiør.

#### **Kristian Augusts gate 13**

Kristian Augusts gate (KA13) er det største ombruksprosjektet som er gjennomført i Norge. Erfaringsrapporten fra rehabiliteringen anslår inntil 80 % ombrukte materialer og en reduksjon av klimagassutslipp med 70 % (Nordby et al., 2021). Bæresystemet ble bevart og materialer ble innhentet fra donorbygg. I følge nevnte erfaringsrapport kartla prosjektets rådgiver flere bygg i området for å anskaffe aktuelle materialer til rehabiliteringen.

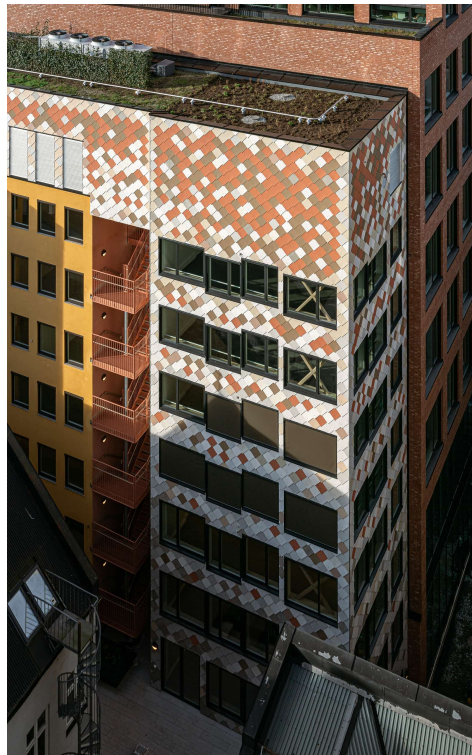
Tabell 2 angir eksempler på ombrukte materialer i Kristian Augusts gate 13 og besparelse av

klimagassutslipp i forhold til nye materialer. Tallene er hentet fra en masteroppgave skrevet på NTNU om prosjektet (Høydahl og Walter, 2020).

Material	Besparelse i %
30 vinduer	90
5000 fasadeplater	97
1500 m <sup>2</sup> himlingsplater	98
45 tonn stål	97
138 kjølebafler	95
96 tonn hulldekker	89

Tabell 2: Materialer og besparelse i Kristian Augusts gate 13

Total  $CO_2$  besparelse på disse seks materialene ble 186 tonn  $CO_2$ -ekvivalenter, som tilsvarer utslippene av å kjøre en bensinbil 939 300 km.

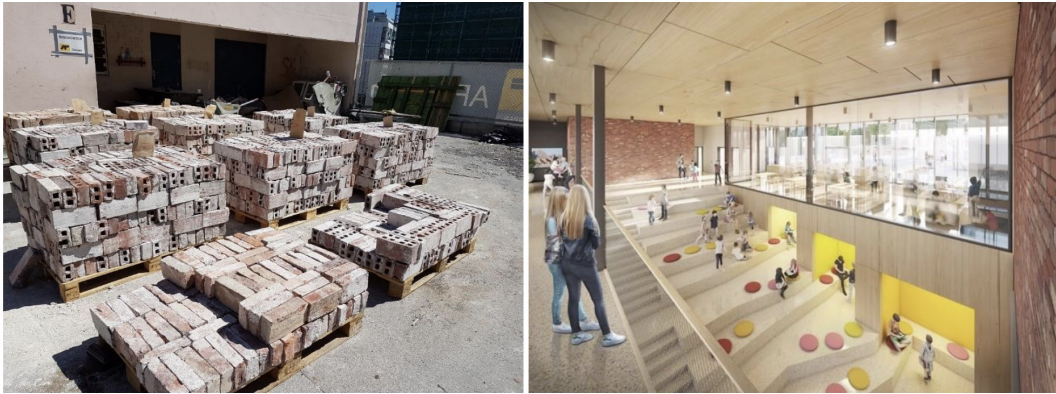


Figur 3: (Mad Arkitekter, 2021), *Kristian Augusts gate 13*



## Ruseløkka skole

Ruseløkka skole sto ferdig i 2021 og har ombrukt tegl på innvendige vegger i bygget. 4500 teglstein ble plukket ut fra det eksisterende bygget, rengjort og brukt om igjen. Granittstein fra en trapp i det eksisterende bygget ble ombrukt som sittebenker ute og flere innvendige dører ble donert til andre prosjekter (Futurebuilt, 2021).



Figur 4: (Undervisningsbygg, 2021), *Ruseløkka skole*

## Oslo Storbylegevakt

Oslo Storbylegevakt bygges på området til Aker Sykehus og skal ferdigstilles i 2023. Prosjektet benytter seg av hulldekker fra det gamle Regjeringskvartalet. Hulldekkene sages ut, renses og lagres før de kan monteres i det nye bygget. Det antas at ombruke hulldekkere gir 90 % lavere klimagassutslipp enn nye (Skanska, 2020).



Figur 5: (Bygg.no, 2020), *Brukte hulldekkere*

### 3.1.2 Rivepraksis

Dersom materialer fra eksisterende bygg skal kunne ombrukes, må riving av bygget gjennomføres slik det legges til rette for ombruk. Databladet *Gjennomføring av rivearbeider* fra Byggforskserien deler riving inn i to hovedkategorier (Sintef Byggforsk, 2011):

- Riving av deler av bygningen (rehabiliteringsriving)
- Riving av hele bygninger (helriving)

Databladet inneholder en liste over optimal rekkefølge for arbeidsoperasjoner i et riveprosjekt som er gjeldende for de fleste prosjekter.

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

Ved å utføre en miljøkartlegging innhentes informasjon om helse- og miljøskadelige stoffer i bygget som skal rives. Avfallsplanen skal beskrive hvordan ulike typer avfall håndteres, i tillegg til et estimat av hvor mye avfall som genereres. Planen bidrar både til

prosjektlogistikken og for å forberede avfallsmottaket på mengden generert avfall.

## 2. *Klargjøring av bygning*

For å klargjøre en bygning for riving må man beskytte konstruksjoner og elementer som skal være uskadet. Bygningen må ryddes, tømmes og tekniske installasjoner som frakobles må merkes.

## 3. *Miljøsanering*

Helse- og miljøskadelige stoffer og elementer som finnes i bygningsmassen må fjernes før riving settes i gang. Alle elementer som inngår i miljøsaneringen skal beskrives. I rivingen må aktørene likevel være oppmerksom på eventuelle forekomster av oversette helse- og miljøskadelige stoffer.

## 4. *Demontering av bygningsdeler*

Bygningsdeler som skal ombrukes må demonteres med forsiktighet, slik at det ikke oppstår unødvendige skader. Det bør etableres et system for merking av ombrukbare elementer før rivingen settes i gang. Arealer for mellomlagring må være tilgjengelige.

## 5. *Riving av ikke-bærende konstruksjoner og bygningsdeler*

Riving av ikke-bærende konstruksjoner og bygningsdeler bør skje før byggets bærende konstruksjon rives. Ved rehabiliteringsprosjekter er ofte den primære bærekonstruksjonen utgangspunktet for gjenoppbygningen.

## 6. *Etablering av åpninger og hulltaking*

Ved riving av bærende konstruksjoner fjernes bygningsdeler og åpninger etableres i etasjeskillere, vegger og andre konstruksjoner av tyngre materialer. Nye bærende konstruksjoner må etableres for å ivareta statiske forhold.

## 7. *Riving av konstruktive bygningsdeler*

Konstruktive bygningsdeler fjernes vanligvis ved hjelp av store maskiner.

Betongkonstruksjoner kan også sages i mindre deler for enklere fjerning.

#### 8. Avfallshåndtering, -sortering og -levering

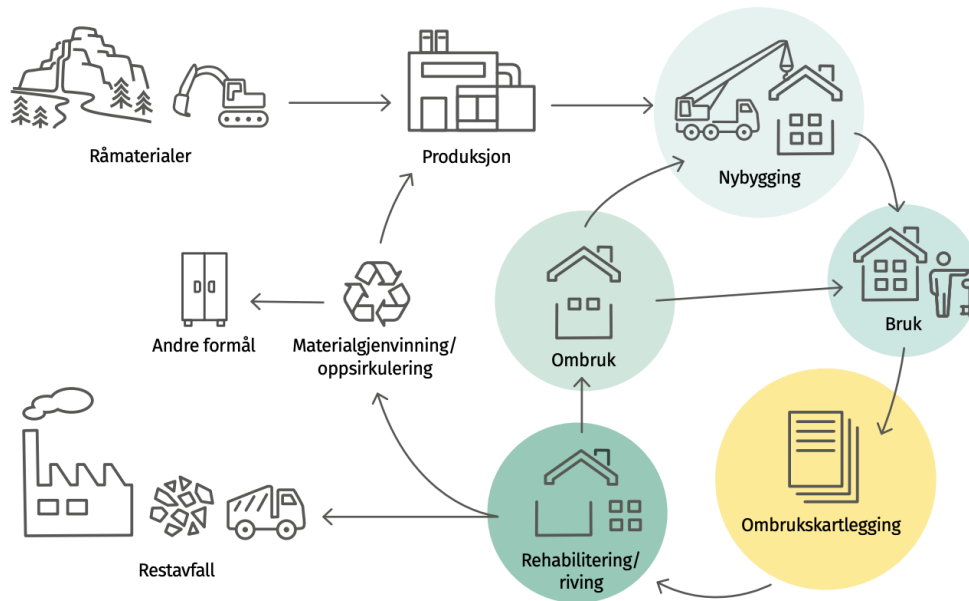
Avfall som genereres skal fjernes i henhold til avfallsplanen som ble utarbeidet. Dersom det blir store avvik skal planen oppdateres underveis. Ved ferdigstilling skal en sluttrapport for avfall sendes til kommunen i sammenheng med søknad om ferdigattest. Sluttrapporten skal inneholde informasjon om hvor avfallet er levert, når det ble levert og mengden avfall som ble levert.

Slik rivepraksisen praktiseres i dag, får de fleste som søker om rivetillatelse tillatelsen innvilget. Det er lettvinnt og billig å rive, derfor blir dette gjort i de fleste tilfellene. Et alternativ for total riving er selektiv riving. Dette betyr å rive deler av et bygg, men også å vurdere bygningsdeler for ombruk før og underveis i prosessen. I dag er selektiv riving kostnadsfylt og tar lang tid.

Begrepet «riveskam» ble nevnt av flere informanter i informasjonsinnhenting. Riveskam kommer fra behovet for å ivareta eksisterende bygg og tekniske anlegg. Det kan i enkelte situasjoner bli sett ned på å rive bygg uten å vurdere rehabilitering. Informantene uttrykte en tydelig forventning om at det kommer til å bli vanskeligere å få rivetillatelse, og ved riving vil det være restriksjoner og krav knyttet til avfallsbehandling og ombruk.

#### 3.1.3 Ombrukskartlegging

Ved å gjennomføre en ombrukskartlegging av et bygg skaper man en ressursbank for eksisterende bygningsmaterialer. Denne banken kan benyttes som et utgangspunkt i prosjektering for å optimalisere ressursbruk, i form av en digital plattform. Målet med disse plattformene er å skape et marked for kjøp og salg av byggematerialer. Figur 6 viser livssyklusen til et bygg og hvordan ombrukskartlegging implementeres.



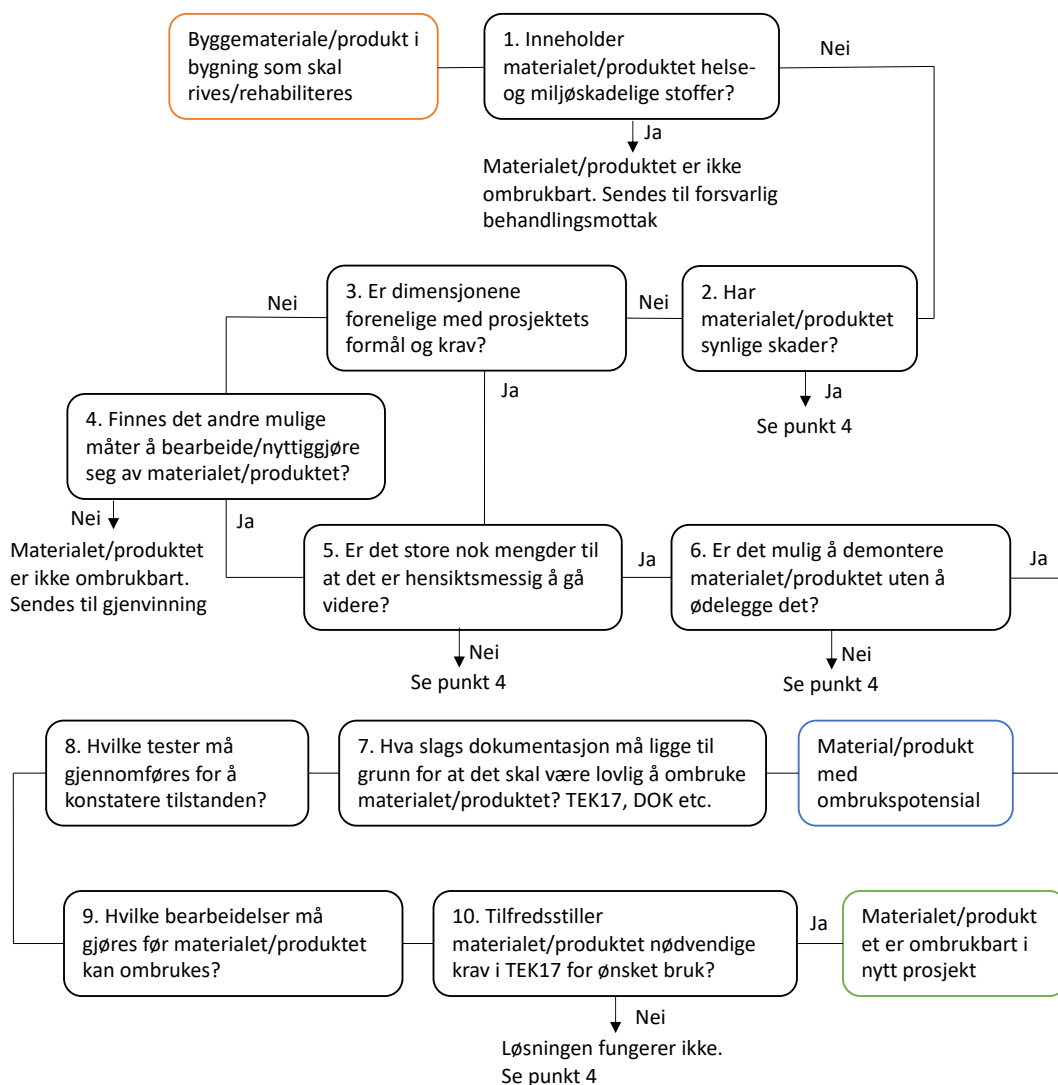
Figur 6: (Statsbygg og Grønn Byggallianse, 2021), *Ombrukskartlegging satt i system*

I 2021 gjennomførte Multiconsult og Loopfront, med støtte fra ENOVA, et prosjekt for å teste etablering og drift av regionale ombruksnettverk (Multiconsult et al., 2021). I dette prosjektet ble Loopfront benyttet som digital plattform. Loopfront er en lukket plattform som betyr at eiendomsaktører må gå inn i en abonnementsavtale for å få tilgang til markedsplassen. Prosjektet gikk ut på å registrere materialer fra 15 bygninger i Oslo og Trondheim, for deretter å planlegge hvordan materialene kunne ombrukes og hvor de kunne brukes. Resultatene fra prosjektet var en ressursbank av materialene fra byggene, samarbeid på tvers av organisasjoner og kunnskapsheving om temaet. Det fremgår ikke om de kartlagte materialene ble ombrukt i andre prosjekter.

I ombyggingen av Kristian Augusts gate 13 brukte Resirquel den digitale plattformen Rehub (Nordby et al., 2021). Rehub er en offentlig plattform hvor brukerne kan søke på og laste opp bygningsmaterialer gratis. Ved kjøp av bygningsmaterialer må brukeren forbi en betalingsmur. Rehub har som mål å forenkle logistikk, risikofordeling, teknisk testing og  $CO_2$ -regnskap for brukeren (Ivarson, 2021). Fasadeplatene i KA13 ble hentet fra Lambertseter sykehus via Rehub.

### 3.1.4 Materialers ombrukbarhet

Kvaliteten eller forfatningen til et materiale spiller en stor rolle i vurderingen av om det kan brukes om igjen. I teorien kan materialet være ombrukbart, men hvorvidt det er praktisk gjennomførbart er ikke gitt. Moldekleiv og Mynors (2017) utviklet i sin masteroppgave et flytdiagram for å evaluere ombrukbarheten til et materiale, se figur 7, (Moldekleiv og Mynors, 2017). I diagrammet stilles en rekke spørsmål for å kartlegge kvalitetene til et byggemateriale/produkt for å avgjøre hvor egnet det er for ombruk. Spørsmålene som stilles tar hensyn til farlige stoffer, mengder materiale og estetisk uttrykk.



Figur 7: Flytdiagram for vurdering av ombrukbarhet, (Egenutviklet versjon av flytskjema utarbeidet av Mynord og Moldekleiv (2017))

### 3.1.5 Barrierer og fremtidsutsikter

En av de største barrierene for ombruk i bygge- og anleggsnæringen i dag, er de økonomiske (van den Berg et al., 2020). Det er billigere å rive og kjøpe nytt, enn å demontere og ombruke. Årsaken er at bygningsmaterialer i Norge er billig sammenlignet med arbeidskraft.

Demontering som en del av riveprosessen er mer tidkrevende enn standard rivning, og selektiv rivning stiller derfor større krav til rivingsarbeidet.

Logistikk regnes også som en stor utfordring knyttet til ombruk (van den Berg et al., 2020). Etter demonteringen må materialene som egner seg til ombruk lagres frem til bruk, noe som fører til kostnader knyttet til frakt og lagring. På grunn av lite åpenhet i bygge- og anleggsnæringen i dag forblir ofte ombrukte materialer hos utbyggeren for bruk i interne prosjekter. Denne innstillingen kan øke kostnader knyttet til lagring ettersom materialene kunne vært egnet for ombruk i eksterne prosjekter innenfor et kortere tidsrom.

Det forventes en økning i insitamenter for ombruk fra politisk og juridisk hold, i tillegg til samfunnet generelt (Sandberg og Kvellheim, 2021). I stortingsmelding nummer 13 (2020-2021) oppfordres det til reguleringer som legger til rette for ombruk av materialer. Disse reguleringene kan bidra til standardisering av ombruk og utbredelse av kunnskap om temaet. Punkt 2 i TEK17 § 9-5 Byggeavfall sier: «Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning.» Herunder presiseres det at vurderinger som er gjort angående ombruk og materialgjenvinning må fremgå av prosjekteringen. Forskriften kan utvikles til å stille krav om begrunnelse av materialvalg og kan potensielt øke ombruksgraden i et prosjekt.

En rapport utarbeidet av Asplan Viak i bestilling fra Klimaetaten i Oslo kommune mener det viktigste virkemiddelet for å fremme ombruk av bygningsmaterialer, er å skape et marked for det (Bugge og Sunde, 2019). Med dette menes å øke etterspørselen etter ombrukte materialer og bygningsdeler. Ved gradvis å øke krav til ombruksgrad i prosjekter, vil næringen gradvis måtte tilpasse seg med nye praksiser.

## 3.2 Ombruk av glass

Glass er energikrevende å fremstille (Sørnes et al., 2014). Ombruk av glassfasader, vinduer og lignende kan derfor redusere karbonavtrykket til et byggeprosjekt. Det gir størst miljøgevinst å



ombruke glass til sin opprinnelige funksjon. Dette betyr eksempelvis å bruke et vindu som et vindu.

### 3.2.1 Glass som materiale

Glass fremstilles av sand, kvarts, soda og kalk med tilsetninger av metaller og et herdemiddel. Råmaterialene smeltes sammen ved temperaturer på 1500 °C, helles på en plan overflate og avkjøles sakte (Haldimann et al., 2008). Denne prosessen er utgangspunktet for produksjon av de fleste glassmaterialer. Glasset kan belegges, herdes, forsølves eller bøyes avhengig av hva det skal brukes til.

Det vanligste byggematerialet av glass er vinduer (Kilvær et al., 2019). Funksjonen til vinduer var tradisjonelt å gi tilgang til dagslys og mulighet for utsyn, samtidig som det ga beskyttelse mot utvendig klima. Vinduer påvirker inneklimate i bygninger i stor grad. Glassflater i vinduer kan nå behandles for å unngå kaldras eller høy varmegjennomgang og dermed kan store vindusflater benyttes uten ubehag hos brukerne av bygget. For nordisk klima er vinduer med tre- eller firelagsruter mest stabile (Li, 2021). U-verdien til vinduene endres svært lite selv om vinduene blir utsatt for vind og kalde temperaturer. Tre- eller firelagsruter betyr at vinduet består av tre eller fire glass som har en spalte mellom seg. Spalten er ofte fylt med gass for å hindre varmeledning mellom glassene.

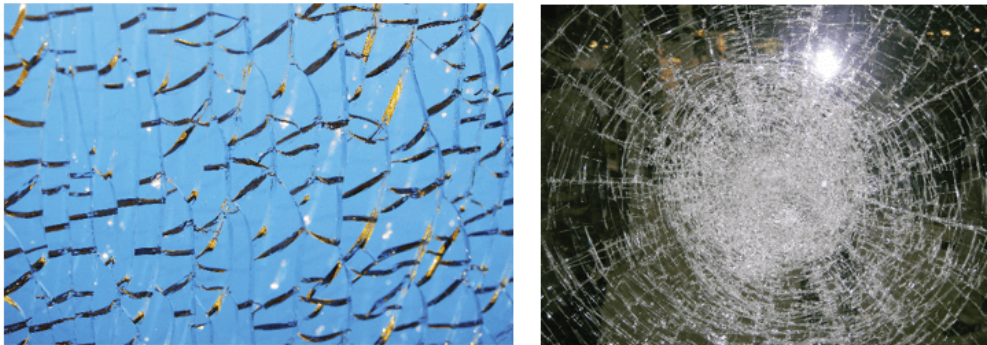


Figur 8: (Venta Windows, 2020), *Trelags isolervindu i aluminium*



Glass kan behandles for å beskytte mot varme fra sola. Denne behandlingen kan påvirke mengden sollys som slipper gjennom, men reduserer behovet for ventilasjon og kjøling. Ved bruk av solbeskyttelse må glass herdes for å unngå termisk brudd (Li, 2021). Termisk brudd forekommer om høye temperaturforskjeller skaper sprekker i glasset.

Hardt glass deles inn i to hovedkategorier: laminert og herdet (Li, 2021). For å forsterke glass, kan man utsette det for en herdeprosess. Dette gjøres ved å varme opp glassplater til rundt 650°C, for så å avkjøle det raskt (Haldimann et al., 2008). Etter at glasset er herdet kan det ikke beskjæres, da dette vil knuse glassplaten. Herdet glass er godt egnet som sidevindu i biler, drikkeglass og butikkfasader. Ved skade vil hele glasset knuse i små biter, som reduserer risikoen for store personskader. Laminert glass består av to herdede glassplater som limes sammen av et mellomlag (Haldimann et al., 2008). Ved knusing vil glassplatene sprekke, men bli hengende fast i mellomlaget og vil dermed ikke miste strukturen. Laminert glass blir vanskelig å trenge gjennom og brukes ofte der knusing kan føre til risiko for kuttskader. Laminert glass er påbudt i frontruter på kjøretøy, brukes i glassrekkverk eller som dusjdører.



Figur 9: (Glass info, 2022), *Herdet glass til venstre og laminert glass til høyre*

### 3.2.2 Hvorfor ombruke glass

Glassindustrien anses som en energiintensiv industri. Det betyr at produksjon av produktet krever mye energi per masse, målt i gigajoule per tonn (Schmitz et al., 2011). Bakgrunnen for at industrien er energikrevende, er energien som kreves for smelting av råmaterialer ved høye temperaturer. Det finnes lite data på hvor mye av energien som er fornybar og hvor mye som er

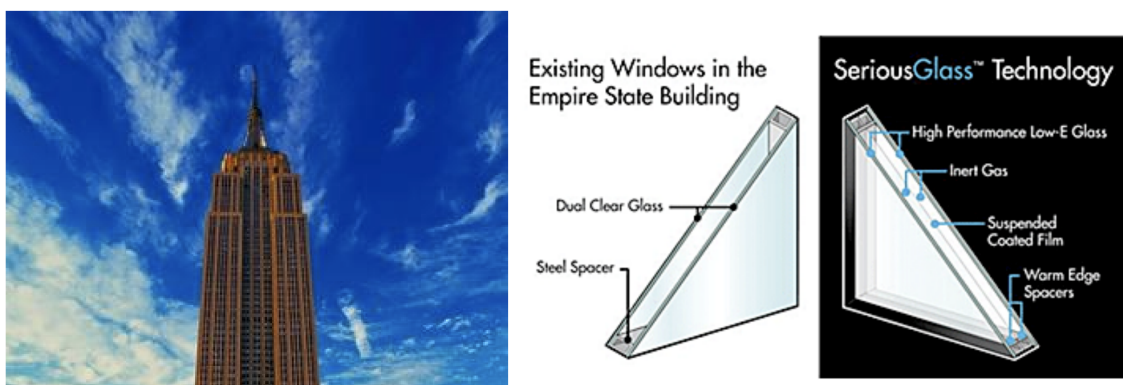
fossil på et globalt nivå.

I 2020 ble det produsert 11 130 tonn glassavfall i sammenheng med byggeaktivitet i Norge (SSB, 2021a). Dagens praksis er å levere glass til materialgjenvinning hvor det blir knust og smeltet om igjen (van den Berg et al., 2020). Smeltemassen blir til nytt glass eller råstoff til isolasjon og glassbetong. Smelteprosessen er energikrevende på grunn av høye temperaturer og har et tilhørende klimagassutslipp. Prosessen reduserer bruken av råmaterialer, men er ikke gunstig med tanke på utslipp.

Ombruk av glass krever ekstra planlegging, men har ingen klimautslipp knyttet til produksjon. Det reduserer utvinning av nye ressurser og avfallsproduksjon. Ombruk i et prosjekt kan også gi bygget kulturell verdi.

### 3.2.3 Egnethet for ombruk

Glass og vinduer kan ofte demonteres som moduler og har derfor gode forutsetninger for ombruk (Sørnes et al., 2014). Vinduer som oppfyller tekniske krav, kan teknisk sett demonteres og monteres uten problemer. Eldre vinduer som ikke oppfyller dagens standard har i noen prosjekter blitt brukt som innvendige fasader eller interiørelementer. Ved rehabiliteringen av Empire State Building i New York 6500 vindusglass demontert og rensset, for å så bli montert i originale vindusrammer med nye avstandsstykker, en plastfilm og gassfylling (Greenbiz, 2010). Eldre vinduer kan også øke isoleringsevnen ved supplering av en ekstra rute.



Figur 10: (Greenbiz, 2010), *SeriousGlass Technology* brukt på *Empire State Building*

Ombruk av glass har noen åpenbare svakheter, ettersom materialet er skjørt. Vinduer bestående av trerammer kan ha råteskader fra fukteksponering eller lekkasje mellom vindusrutene. Selve glasset kan ha riper eller sprekker. Slike skader er ofte kosmetiske og tolereres mer i eldre bygninger og rehabiliteringsprosjekter enn nyoppførte bygninger. Riper og sprekker kan i verste fall føre til knusing ved demontering eller øke sannsynligheten for termisk brudd.

### 3.3 Lovverk og forskrifter

Lovverket i bygge- og anleggsnæringen sikrer at bygg oppføres i tilfredsstillende kvalitet uten bruk av helse- og miljøskadelige stoffer og med forsvarlig håndtering av avfall. Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK), herunder Byggteknisk forskrift (TEK17), formidler regelverket i byggenæringen, i tillegg til veiledninger for privatpersoner og profesjonelle. Plan- og bygningsloven inneholder enkelte materielle krav og gir hjemmel til Byggteknisk forskrift (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2008).

Ifølge litteraturen er ombruk av glass gjennomførbart, men lite lønnsomt. Et regelverk som oppfordrer og legger til rette for ombruk vil øke sannsynligheten for at dette blir en normalisert praksis. Ombruk medfører spørsmål om materialkvalitet. Krav til materialkvalitet må også inkluderes i et regelverk for å sikre forsvarlig bruk av materialene.

#### 3.3.1 Eurokoder og Byggteknisk forskrift

Eurokoder er et felleseuropeisk sett med stadarder for prosjektering av byggverk og dokumentasjon av sikkerhet og bæreevne til produkter (European Commission, 1990). Det er stadfestet i TEK17 §10-2 punkt (3) at grunnleggende krav skal følge disse standardene (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017b). Eurokodene legger grunnlaget for et internt marked for byggematerialer og ingeniørtjenester for Europa. De skal også sørge for felles sikkerhetsnivåer for konstruksjon. Det finnes ti stadarder for konstruksjonsteknikk. Flere har nasjonale tillegg inkludert.

DiBK står ansvarlig for utviklingen av Byggteknisk forskrift. Forskriften knyttes opp til Norske stadarder og SINTEF-byggforskserien. Den nyeste utgaven av Byggteknisk forskrift er fra 2017 og kalles TEK17. Forskriften innebærer minimumskrav for lovlig oppføring av

byggverk i Norge.

### 3.3.2 Forskrifters krav til glass

#### **Dokumentasjon**

Glassmaterialer som er tatt i bruk senere enn 2014 har krav om CE-merking (se 3.3.4). I 2021 ble kravet om CE-merking for materialer produsert i 2013 og tidligere fjernet (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021). Ved import av ombrukte byggevarer fra utenfor EU/EØS, må aktører få en europeisk teknisk bedømmelse av produktet (EAD). Egenskapene til ikke-CE-merkede produkter skal dokumenteres i henhold til en tilfredsstillende teknisk spesifisering. Dette kan være en nasjonal standard, en teknisk godkjenning fra et tredjepartsorgan eller produsentens egne tekniske spesifikasjoner. For ombrukte materialer kan en slik teknisk spesifisering utarbeides i konkrete prosjekt (Direktoratet for Byggkvalitet, 2021). Kravet om dokumentasjon av byggevarer er gitt i TEK17 §3-1 punkt (1) (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017c).

#### **Inneklima og helse**

I henhold til TEK17 §13-7 skal rom for varig opphold ha tilfredsstillende tilgang til dagslys (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017d). Kravet til dagslys er at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet må være minimum 2,0 %. Dagslysfaktor angir forholdet mellom belysningsstyrke mot en horisontal flate inne og en tilsvarende horisontal flate ute med fri horisont og jevnt overskyet himmel.

Dagslyskravet i boenhet kan dokumenteres med formelen

$$A_g > \frac{0,07 * A_{BRA}}{LT}$$

$A_g$  = glassarealet mot det fri som er plassert minimum 0,8 m over rommets gulv og som ikke er i lysgrav.

$A_{BRA}$  = rommets bruksareal, inkludert areal under overliggende balkong eller andre lignende utkragede bygningsdeler i rommets bredde utenfor vindusfasaden.

$LT$  = glassets lystransmisjon

TEK17 §13-8 punkt (1) sier at rom for varig opphold skal ha vindu som gir tilfredsstillende utsyn. Det innebærer at alle rom for varig opphold må ha minst ett vindu som gir tilfredsstillende utsyn, det vil si utsyn som gir kontakt med det fri.

### **Energieffektivitet**

Tabell for energiltak i TEK17 §14-2 punkt (2) viser at U-verdi for vinduer og dører kan være opp til 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) for småhus og boligblokker (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017e). I tillegg skal vindus- og dørarealet ikke overstige mer enn 25 % av oppvarmet bruksareal.

Kontorbygninger skal ha et totalt netto energibehov på 115 kWh/m<sup>2</sup> oppvarmet BRA per år.

#### 3.3.3 Forskrifters krav til ombruk

I henhold til TEK17 §9-6 punkt (1) skal det utarbeides en avfallsplan for bygging eller riving som generer mer enn 10 tonn avfall (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017a). Regelen skal bidra til å øke graden av ombruk og materialgjenvinning. I denne avfallsplanen skal materialer som leveres direkte til ombruk eller gjenvinning føres opp.

TEK17 §9-9 sier at det skal utarbeides en sluttrapport som viser faktisk disponering av avfall. I denne sluttrapporten kreves det ikke dokumentasjon på direkte ombruk fordi det ikke lages kvitteringer på dette. Derfor er omfanget av direkte ombruk vanskelig å kartlegge i dag.

#### 3.3.4 Sertifisering og produktmerking

### **CE-merking**

CE-merkede byggematerialer har fri tilgang til det europeiske markedet. Byggevarerne må oppfylle krav fra en harmonisert standard. For å oppnå merkingen, må leverandører dokumentere tekniske egenskaper og systematisk utføre produkt- og produksjonskontroller. Merket blir synlig, leselig og permanent på produktet. Et produkt med CE-merking har ikke nødvendigvis høy kvalitet, men oppfyller minstekravet for helse, miljø og sikkerhet etter Europeisk Standard. SINTEF, utpekt av Direktoratet for byggkvalitet, er et teknisk kontrollorgan for CE-merking av byggevarer i Norge (Standard Norge, 2022).

I veiledningen til TEK17 §3-1 punkt (1) oppgis det at EUs byggevarerforordning stiller krav om

at byggevarer som selges og markedsføres skal være CE-merket (Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2021). Tiltakshaver eller ansvarlig foretak er ikke pålagt å kjøpe og bruke CE-merkede byggevarer, men står ansvarlig for å velge materialer som tilfredsstillende sikkerhetsnivået i byggteknisk forskrift. Ved å benytte CE-merkede materialer trenger ikke tiltakshaver eller ansvarlig foretak å gjennomføre testing av materialene de benytter i byggverk. Merkingen er regnet som godkjent dokumentasjon av egenskaper, som er lovpålagt etter TEK17 §3-1 punkt (1) (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017c).

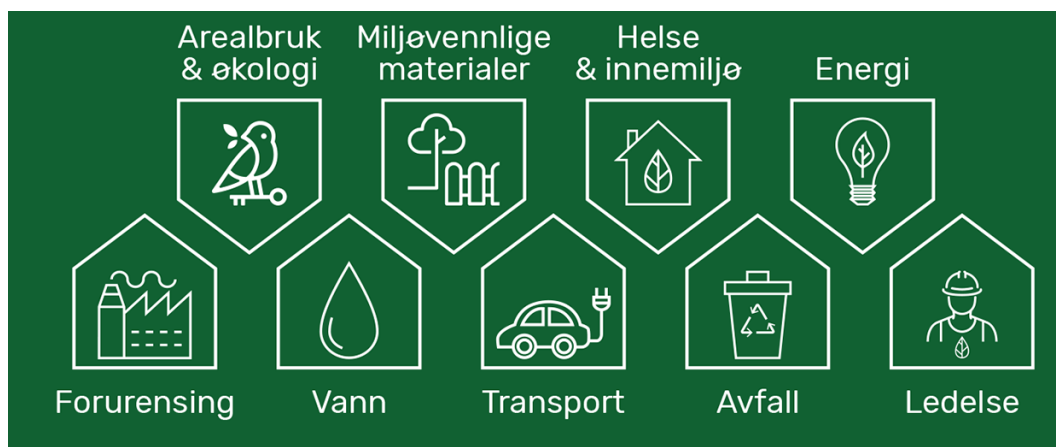
I en pressemelding fra Stortinget i 2021 fjernes kravet om CE-merking for ombruk av produkter som er produsert før 2013. I samme melding hevdes det også at DiBK skal utarbeide en veileder for ombruk av byggevarer for å fremme dette (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021).

### **Svanemerket**

Miljømerkeordningen Svanemerket av Stiftelsen Miljømerking har en høy troverdighet og er godt kjent i Norden. Miljømerkingen stiller krav til energibruk, kjemiske produkter, byggevarer/byggeprodukter og en rekke innemiljøfaktorer (Miljømerking Norge, 2021). Svanemerket gjelder for byggematerialer samt nye bygninger og renoveringer. I Miljømerking Norges dokument for Svanemerking av småhus, leilighetsbygg, barnehager og skoler gis poeng for bruk av gjenbruk av materialer. Ombruk er ikke nevnt spesifikt i nevnte dokument. Det forventes strengere krav som reduserer utslipp fra materialproduksjon, byggeprosess og bruksfase i løpet av 2022 (Sandberg og Kvellheim, 2021). Dersom det anvendes gjenbrukte bygningsdeler eller resirkulerte materialer forventes det ikke skjerpede krav.

### **BREEAM**

Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Breeam) er en miljøsertifisering for bygg med opphav i Storbritannia. Norge har en tilpasset versjon av denne som heter BREEAM NOR. I sertifiseringsordningen får bygg poeng innenfor 9 kategorier, og kan nå klassifisering fra «PASS» til «OUTSTANDING».



Figur 11: (Grønn Byggallianse, 2022), *Vurderingskategorier i BREEAM*

Kategoriene vektlegges forskjellig, og poengene som oppnås summeres til en prosent av totalt mulige poeng. Denne prosentandelen bestemmer hvilken klassifisering bygget skal få. Minstekravet for gyldig sertifisering er 30 % av totalt mulige poeng og beste klassifisering nås ved 85 % av totalt mulige poeng. Manualen inneholder et eget kapittel om ombruk og materialeffektivitet hvor det gis poeng for ombrukskartlegging og ombruk av bygningselementer (Grønn Byggallianse, 2016).

28. februar 2022 ble en ny versjon av BREEAM NOR manualen lansert. I denne versjonen vektlegges materialer mer enn i tidligere versjoner. For å få gyldig sertifisering må et klimagassregnskap fra materialvalg i bygget fremvises. Deretter vil prosentvis reduksjon av klimagassutslipp og en livsløpsvurdering av bygget gi poeng. For å oppnå bærekraftige materialvalg kan prosjekter få poeng for fremvisning av EPDer for bygningsprodukter og for at produktene er anskaffet på en ansvarlig måte.

Et annet punkt i den nye versjonen er krav om gjennomføring av en ombrukskartlegging i riving- og utbyggingsprosjekter. Det oppfordres til bruk av materialer og elementer etter endt levetid, i tillegg til prosjektering for demontering og ombruk. For å oppnå poeng innenfor ombruk må minst 20 % av en produktgruppe bestå av ombrukte elementer.

Eksempel: For at ombruk av innvendige glassfasader skal kunne inkluderes som en ombrukt produktgruppe må det dokumenteres at minst 20 % av det totale arealet «Innvendige glassfasader» er ombrukt.

### 3.3.5 Helse- og miljøfarlige stoffer

Lovverket rundt innhold av helse- og miljøfarlige stoffer i byggevarer påvirker utbredelsen av ombruk. Materialer kan inneholde lite nedbrytbare stoffer som kan ha alvorlige virkninger på helse og natur (Hambra og Hjellnes Consult, 2013). I henhold til TEK17 §9-2 kreves det at det skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer.

Kandidatlisten til REACH og den norske prioriteringslisten henviser til stoffer man burde unngå. Listene nevner til sammen over hundre stoffer som kan være farlige for helse og/eller miljø.

Ifølge NHPs Farlig Avfall – Vinduer (2015) («Veilederen») inneholder nesten alle vinduer helse- og miljøfarlige stoffer. Anbefalingen fra 2015 er at vinduer må sorteres og leveres til godkjent mottak (NHP, 2015).

Miljøfarlige stoffer	Norsk produsent	Utenlands produsent
PCB	1965-75	1950-80
Klorparafiner	1976-90	1980-90
Ftalater	1991- ca. 2005	

Tabell 3: Miljøfarlige stoffer i vinduer og produksjonsår

Andre skadelige stoffer

- Asbest i «kitt» i gamle vinduer
- HKFK-gass i isolasjonsmaterialet polyuretan i fastfeltet i terrassedører og veggfelt
- PCB/klorparafiner i fugemasse mellom vindu og vegg.

På vinduer oppgis ofte produksjonsår på metallisten mellom glassene.

## 3.4 Levetid

Levetiden til et bygg eller en bygningsdel defineres som tiden det tar før bygget eller bygningsdelene ikke lenger tilfredsstillter gitte minimumskrav (Multiconsult, 2009). Brukstil og levetid skilles som to forskjellige begreper, ettersom brukstil er total levetid for bygget



inntil riving eller ombygging skjer. Levetiden til et element er avgjørende for ombrukbarheten til elementet. Dette kan også knyttes opp til estetiske krav. Ved bruk av bygningsdeler blir de eksponert for ytre omgivelser som klima, bruksslitasje eller vibrasjoner fra grunnen. Det er naturlig at bygningsdeler slites over tid. Ombruk må derfor vurderes basert på dette.

### 3.4.1 Ulike levetider

Ifølge Multiconsults hefte *Levetider i praksis* (2009) skilles det mellom ulike levetider. Flere artikler om leverid inneholder referanser til dette heftet, og heftet vurderes som en standard i bransjen. Heftet deler levetid for bygningsdeler inn i:

- Teknisk levetid
- Funksjonell levetid
- Økonomisk levetid
- Estetisk levetid

**Teknisk levetid** defineres som tiden det tar å slite ut en bygningsdel eller teknisk installasjon. Faktorer som kan påvirke den tekniske levetiden er materialkvalitet, design, utførelse, eksponeringsmiljø, bruksbelastning og vedlikehold. Riktig bruk forutsettes for optimal teknisk levetid.

**Funksjonell levetid** avhenger av bygningsdelens tilfredsstillelse av krav eller funksjon. Opprinnelige krav kan endres av myndigheter eller brukere. En bygningsdel som fungerer i henhold til tekniske krav, kan derfor byttes før endt teknisk levetid på grunn av endring i bygningsdelens funksjonkrav.

**Økonomisk levetid** tilsvarer optimal tid før utskiftning er nødvendig. Når utgiftene ved å beholde og vedlikeholde en bygningsdel overstiger totaløkonomien ved utskiftning av bygningsdelen er den økonomiske levetiden nådd.

**Estetisk levetid** er tiden før en bygningsdel ikke lenger møter estetiske minimumskrav. Denne avhenger ofte av vedlikehold og design ettersom trender endres. Den estetiske levetiden kan

utvides med utskiftning av tapet, gulvbelegg og lignende.

### 3.4.2 Ombruk av vindu og glassfasader

I Sintefs anbefaling ved ombruk av byggematerialer (Sørnes et al., 2014) nevnes ikke levetid som en utfordring ved ombruk av vinduer. Dersom glass og eventuelle rammer er uskadd, skal vinduet vurderes som egnet for ombruk etter teknisk og estetisk levetid. Utfordringen ved bruk av eldre vinduer er gjeldene krav til energiltak. Disse kravene har blitt strengere de siste årene. Dette kategoriseres som funksjonell levetid. Ved ombruk av vinduer med høy U-verdi vil oppvarming av rommet bli dyrere. Dette påvirker vinduets økonomiske levetid.

For innvendige glassfasader, eller i uoppvarmede bygninger, vil funksjonskravene være lavere. Dersom glass og eventuell ramme er uskadd, skal elementet vurderes som egnet for ombruk etter teknisk og estetisk levetid. For innvendige glassfasader vil lydkrav være avgjørende for funksjonell levetid.

## 3.5 Gjennomføring av ombruk

Å benytte ombruk i et prosjekt krever andre prosesser enn i et ordinært byggeprosjekt. I de neste avsnittene presenteres ulike faser i et prosjekt og hvordan det kan tilrettelegges for ombruk i disse fasene.

### 3.5.1 Prosjektering

Ved å bruke enkle elementer, og begrense variasjon i materialbruk, blir ombruk lettere å gjennomføre (Sørnes et al., 2014). For å fremme fremtidig ombruk må bygget prosjekteres for å gjøre dette lettest mulig. I doktoravhandlingen *Salvageability of building materials* (2009) presenteres seks punkter som omhandler tilrettelegging i prosjekteringsfasen.

- **Begrenset materialvalg**

Ved å bruke færre ulike materialer, elementer og forbindelsesmidler forenkles demonteringen og sortering av materialer. Brukes samme element flere steder minimeres behovet for kvalitetstesting av hvert enkelt element.

- **Lang levetid**

For å øke mengden ombrukbare elementer er det gunstig å velge materialer med lang levetid som tåler demontering og remontering. Er elementene av høy estetisk kvalitet, er det større sjanse for at de blir godt vedlikeholdt og er attraktive for ombruk.

- **Høy generalitet**

Ved å benytte standard dimensjoner får elementene høy fleksibilitet og egnes bedre for ombruk. Det er gunstig at elementene har lav vekt for å gjøre transport og håndtering enkelt. Er elementene enkle å demontere og transportere, er det være lettere å skifte dem ved skade.

- **Fleksible forbindelser**

Reversible forbindelser forenkler demonteringen og forhindrer skader på elementene.

- **Fornuftig lagdeling**

For enkel utskiftning av elementer, bør elementene utformes som uavhengige systemer. Dette forenkler demontering av hvert element og gjør ombruk av enkeltelementer mulig.

- **Tilgjengelig informasjon**

Synlig merking på elementer og festepunkter letter planlegging av riveprosessen. Tilgjengelig informasjon på hver bygningsdel forenkler demontering, sortering og remontering.

Ved ombruk av herdet glass må nye elementer planlegges ut fra eksisterende elementer ettersom herdet glass ikke kan justeres. Dette medfører at arkitekturen avhenger av hvilke eksisterende glasselementer som finnes. Dette gjelder oftest fasadeglass.

### 3.5.2 Rivearbeid og demontering

Demontering av bygningselementer reduserer mengden avfall som havner på deponi (Moldekleiv og Mynors, 2017). Demonteringen synliggjør elementer som kan ombrukes, i tillegg til å forenkle sortering av avfall. Dagens rivepraksis styres av effektivitet og har ofte gitte tidsrammer. Ombruk er en tidkrevende prosess og velges ofte bort på grunn av dette.

Fasadeglass og vinduer må behandles med forsiktighet for å unngå knusing av glasset. Ved

demontering av vinduer hvor miljøfarlige stoffer kan eksponeres ved knusing av glasset, er dette spesielt viktig. Glassmaterialene må demonteres og settes på paller med avstand mellom seg, for å unngå riper og skrammer under transport.

For å minimere svinn som oppstår etter rengjøring og transport, bør kyndig personell inspisere glass ved demontering (Kilvær et al., 2019). Ved Powerhouse-prosjektet på Kjørbo, i regi av Entra, ble det benyttet utvendig fasadeglass til innvegger og innerdører. I dette prosjektet var det 25 % svinn av glassmaterialer på grunn riper og matthet.

### 3.5.3 Prosessering og lagring

God logistikk er en grunnleggende forutsetning for at ombruk skal kunne gjennomføres på en effektiv måte (Sørnes et al., 2014). Etter demontering må elementene som skal ombrukes mellomlagres og eventuelt vaskes før remontering. Denne mellomlagringen kan skje på byggeplassen hvor elementene skal monteres eller i et eksternt lager. Skal elementer brukes på et annet sted enn de ble demontert, må de fraktes dit.

Etter demontering må elementet lagres og transporteres på en trygg måte for å unngå skader. I noen tilfeller må elementene vaskes og/eller kontrolleres før remontering. Finnes det mange tilsvarende elementer regnes det som tilstrekkelig å kvalitetsteste noen få elementer for å så anta at de tilsvarende elementene har samme kvalitet (Nordby, 2009).

For å teste om glass er laminert eller herdet, knuses glasset for å se om det granulerer eller ikke. Det er utfordrende å teste dette før glasset blir demontert ettersom det er få tydelige forskjeller. Det eneste som kan skille er at klangen i ikke-laminert glass er høyere enn laminert glass.

Glasselementer kan lagres med eller uten ramme i lengre tid under tørre forhold. Elementene krever ofte stor plass ettersom det er plass til få elementer per pall. Synlig merking forenkler logistikken rundt transport til nytt bygg og remontering.

### 3.5.4 Remontering

Synlig markering på ombrukselementene er en forutsetning for at de blir remontert på rett sted (Kilvær et al., 2019). God oversikt over mengder og dimensjoner er avgjørende for effektiv

transport på byggeplass og remontering. Elementene kan monteres på standard måte av kyndig personell.

## 4 Case - Galleri Oslo

I dette kapittelet introduseres Galleri Oslo og bakgrunnen for valget av dette som case. Først presenteres byggets historie, bygningsmassen og utgangspunkt for ombruk. Deretter presenteres planinitiativet for bygget som kan erstatte Galleri Oslo ved riving.

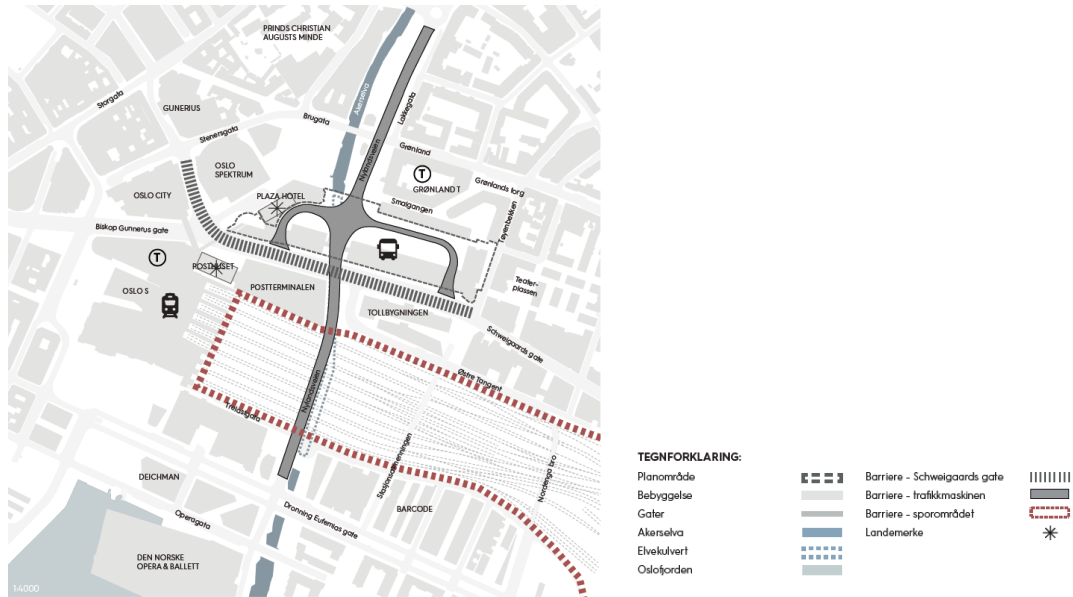
### 4.1 Tomt og bygningsmasse

Galleri Oslo stod ferdig i 1989 og består av kontor- og næringslokaler, en innvendig handlegate og rommer Oslo Bussterminal i grunnetasjen. Tomten ligger langs Schweigaards gate, som er en svært sentral plassering i Oslo sentrum. Figur 12 viser tomtens plassering i Oslo og figur 13 viser tomteomrisset. Hovedinngangen ligger vest på tomten og har direkte tilgang til Oslo sentralstasjon via en gangbro.

Bygget inneholdt Europas lengste innendørs handlegate over flere år, men dette ble aldri en stor suksess (Oslo Areal, 2019). Galleri Oslo ble derimot kåret til Oslos styggeste bygg i regi av Aftenposten i 2008 (Lundgaard, 2008). I 2017 besluttet eierne, etter en sosiokulturell stedsanalyse av Grønland (Brattbakk et al., 2017), å utforske hvilke muligheter riving av bygget ville gi for byutvikling i området.



Figur 12: (Norgeskart, 2022), *Galleri Oslos plassering*



Figur 13: (Galleri Oslo Utvikling, A-Lab, 2021), *Tomteomriss og nabolag, Galleri Oslo*

Bygningsmassen består av en vestre del og en østre del, på grunn av Nylandsveien som deler bygget i to. Veien har også to ramper, som vises på figur 13. Rampene går under bygget. Bussterminalen ligger i første etasje og fyller bakkeplan.

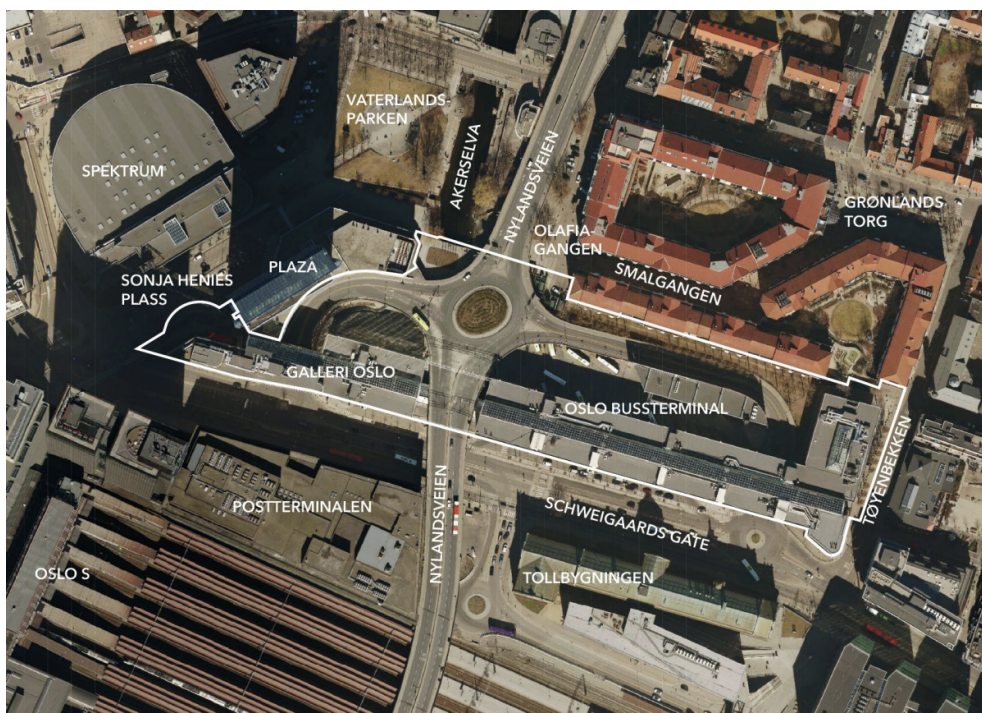
Området rundt Schweigaards gate ble bygget opp mellom 1975 og 1999. Bygninger som Postgirobygget, Oslo sentralstasjon, Oslo City og Byporten senter er i umiddelbar nærhet. Området preges av høye bygninger og markante trafikkstrukturer. Nylandsveien er en trafikkbelastet vei, som går gjennom og under bygningsmassen. Sporområdet ved Oslo S skaper et tydelig skille mellom Grønland og Bjørvika, som vist på figur 13.





Figur 14: (Asplan Viak, 2021), *Fasade langs Schweigaards gate 4-14*

Galleri Oslo har en 400 meter lang fasade langs Schweigaards gate, som vist på figur 14 med Oslo Plaza i bakgrunnen. Med bussterminalen i grunnetasjen, i tillegg til fire etasjer med kontorlokaler, har bygningen en betydelig rolle i Oslo sentrum. På figur 15 er glasstaket over den innvendige handlegaten synlig i midten av bygget, i tillegg til en glasskuppel på østlige del. Figuren illustrerer også hvordan Nylandsveien splitter opp bygningsmassen og skaper en barriere til Grønland torg, som er plassert nær T-banestasjonen markert på figur 13.



Figur 15: (Asplan Viak, 2021), *Eksisterende bygningsmasse rundt Schweigaards gate 4-14*



## 4.2 Støy og klima

Figur 16 viser støy fra trafikknettverket rundt tomten. Tomtens sentrale plassering medfører høyt støynivå nær tomten. Dette kommer hovedsakelig fra trafikk i området. Nylandsveien og Schweigaards gate er begge svært trafikkerte veier.



Figur 16: (Miljødirektoratet, 2022), *Støy fra veitrafikk i Schweigaards gate 4-14*

Bebyggelse sør for tomten har få etasjer og tomten har gode solforhold på dagtid. På kveldstid dekker skyggen av Postgirobygget den vestre delen av Galleri Oslo. Figur 17 viser Postgirobygget til venstre i bildet og skyggen fra Oslo Plaza i øvre venstre hjørne.

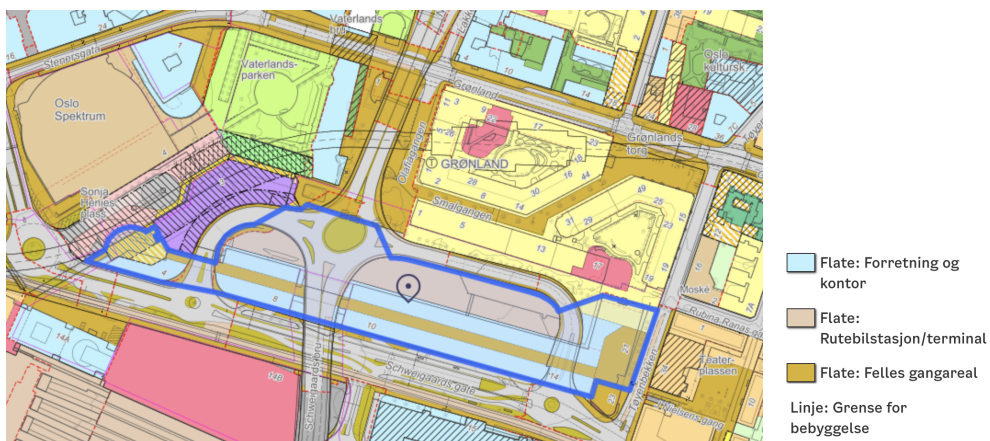
Bebyggelsen nord for Galleri Oslo er ikke preget av skygge fra bygningsmassen, men kan oppleve skygge fra Nylandsveien.



Figur 17: (Norgeskart, 2022), *Skygge fra Schweigaards gate 4-14, mars 2020 kl. 10:00*

### 4.3 Områderegulering

Galleri Oslo er underlagt reguleringsplan for Grønlandstorg og Vaterland (Galleri Oslo Utvikling, 2020). Området som tomten ligger innenfor er regulert for forretning, kontor og felles gangareal.



Figur 18: (Plan- og bygningsetaten, 2015), *Dagens reguleringsbestemmelser Schweigaardsgate 4-14*

I 2021 ble det søkt om omregulering av tomten på grunnlag av byutviklingsstrategien for Oslo i kommuneplan 2018. I planen presiseres det at Oslo skal vokse gjennom fortetting i knytnepunkt og stasjonsnære områder. Med formålet om å gjøre Oslo til en grønnere by, ble det foreslått å åpne opp for Akerselva og bygge ned dagens veisystem.

Planinitiativet «Planinitiativ for Galleri Oslo» (2021) bryter med føringene for maksimal byggehøyde i kommuneplan 2015. I dag er dagens byggehøyde øst for Akerselva satt til 30 meter, mens på vestsiden er byggehøyden 42 meter. I planinitiativet forutsettes bebyggelse opp til 138 meter.

I søknad om ny detaljregulering blir det spesifisert at gjenbruk av bygningsmasse under bakkenivå vil bli forsøkt i størst mulig grad. I prosjektet vil det gjennomføres en kartlegging av bygningsmasse over bakkenivå for å utforske mulighetene for gjenbruk av eksisterende bygningsmateriell. Det skal også produseres en offentlig gjenbruksrapport.

#### 4.4 Planforslag

I 2017 besluttet eierne av Galleri Oslo å utforske hvilke muligheter riving av Galleri Oslo kunne skape for byutvikling i grenseområdet mellom bydel Sentrum og bydel Gamle Oslo (Galleri Oslo Utvikling, 2021). Det ble gjennomført et parallelloppdrag hvor A-labs prosjekt *Soulside* ble valgt som grunnlag for videre planarbeid.



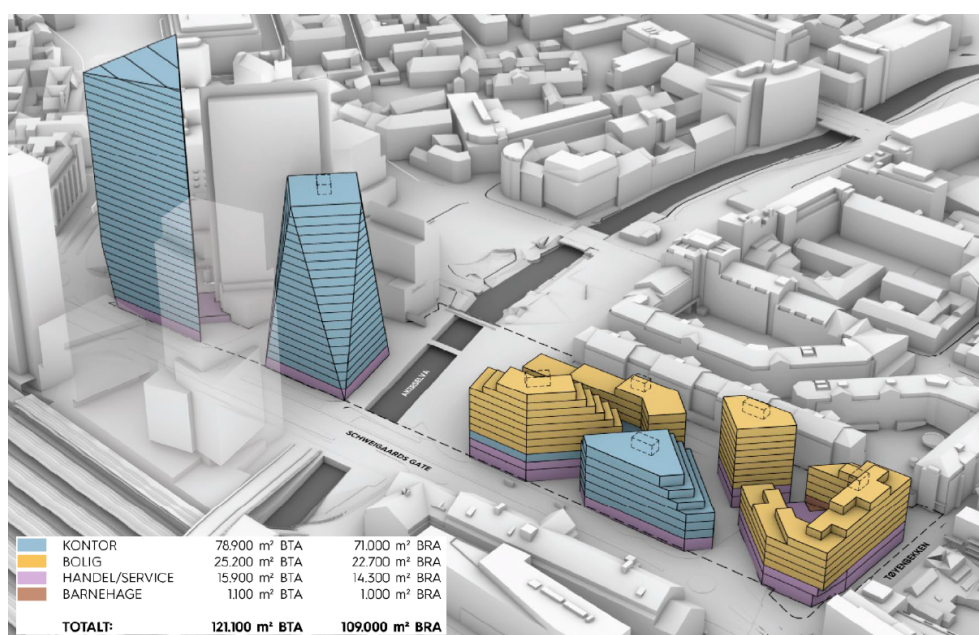
Figur 19: (Asplan Viak, 2021), *Illustrasjon av prosjektet «Soulside»*

I planprogrammet utarbeidet av Asplan Viak AS, som er vedlagt i søknad om reguleringsendring (Galleri Oslo Utvikling, 2020), understrekes det at «Nye» Galleri Oslo



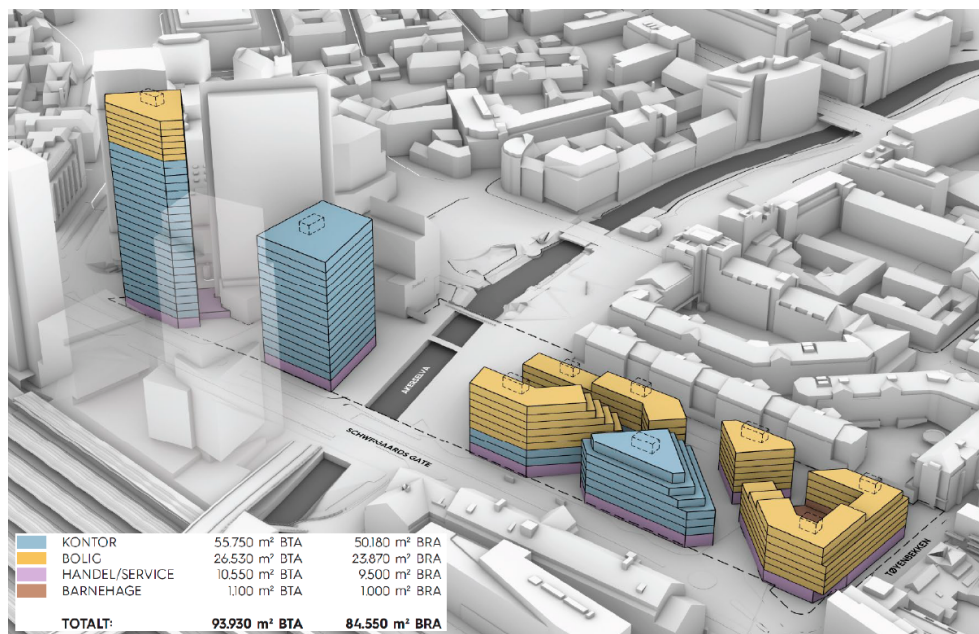
skal være et bærekraftig prosjekt som vil benytte BREEAM Communities. Det ønskes å åpne for Akerselva slik at elvebredden forlenges ned til jernbanesporene ved Oslo S. Målet med å rive Galleri Oslo er å åpne gatestrukturen fra Grønland og ned til Schweigaards gate for å skape mer åpne byrom (Galleri Oslo Utvikling, 2021). Søknad om reguleringsendring er under behandling. Det er ikke gitt at søknaden blir godkjent.

I planprogrammet presenteres tre planinitiativer i prioritert rekkefølge, hvor *Planinitiativ 1* har høyest prioritet. Planinitiativene viser illustrasjoner av volumene til den planlagte bebyggelsen.



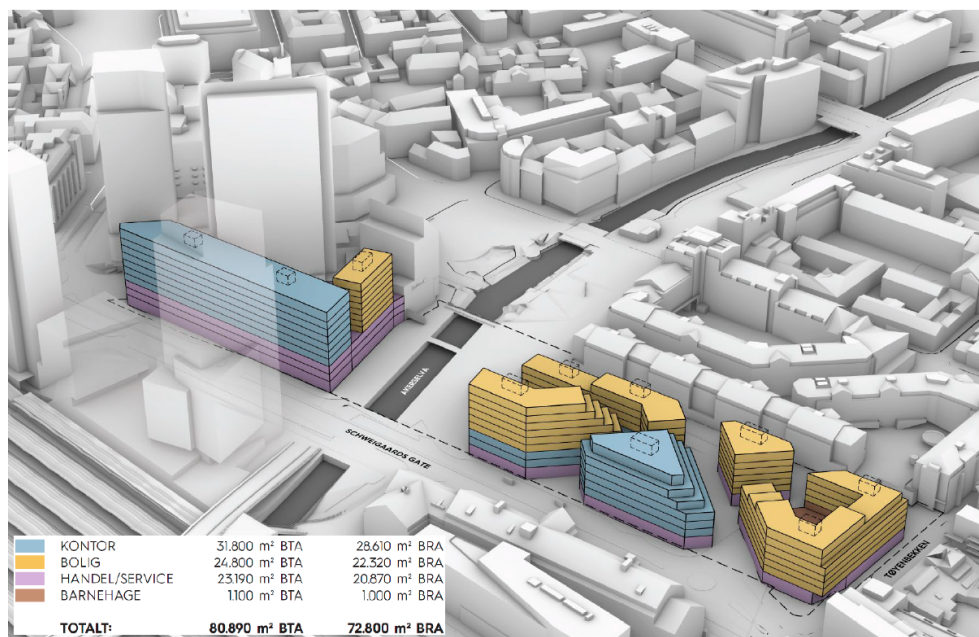
Figur 20: (Asplan Viak, 2021), *Planinitiativ 1*

Planinitiativ 1 består av to høyhus på vestlige side av Akerselva og flere lave bygg på østlig side. Høyhusene planlegges å være 141 og 93 meter høye og bestå av kontorlokaler og handel-/servicelokaler. Langs Akerselva åpnes det for et tilgjengelig bygulv åpent for gjennomgang. Bebyggelsen på den østlige delen er tilpasset bebyggelsen rundt med nedtrappinger for å slippe inn naturlig lys i byrommene. Maksimal høyde på boligbebyggelsen er planlagt å være 46 meter.



Figur 21: (Asplan Viak, 2021), *Planinitiativ 2*

Til forskjell fra planinitiativ 1 har planinitiativ 2 redusert høyden på høyhusene til 112 og 70 meter. Høyhusene har smalere bygningsvolum og består av boliger i tillegg til kontor og handel. Formen på høyhusene er gjort symmetrisk. Passasjen mellom Akerselva og det laveste høyhuset er gjort bredere. Den maksimale høyden på byggene øst for elven er 30 meter, tilpasset eksisterende bygningsmasse i området.



Figur 22: (Asplan Viak, 2021), *Planinitiativ 3*

Planinitiativ 3 har ingen høyhus, da høyden på byggene på vestlig del ikke overgår 42 meter. Bygningsformen på vestlig del er lik dagens situasjon. Byggegrensen er endret til 20 meter avstand fra bredden til Akserselva. Bebyggelsen på østlig del har samme utforming som i planinitiativ 2.

#### 4.5 Bakgrunn for prosjektet

Bakgrunnen for rivingen og gjenoppbyggingen av Galleri Oslo består av flere faktorer. De største argumentene for prosjektet er utvikling av bydelen samt byggets funksjon og tilstand

##### **Barriere i bydelen**

I søknad om ny detaljregulering omtales dagens bygningsmasse og veisystem som barrierer. Den lange fasaden og opphevingen av Nylandsveien begrenser passasjen fra Grønland torg til Oslo sentralstasjon for gående og syklende. Planinitiativet har som mål å binde byområdene sammen, i tillegg til å åpne opp for nye parkområder og byrom.

##### **Byutvikling**

I den sosiokulturelle stedsanalysen av Grønland *På sporet av det nye Grønland* (2017) kommer det frem at det sentrale området er preget av et synlig rusmiljø, relativt omfattende



barnefattigdom og «gatekriminalitet». I stedsanalysen blir området nord for Galleri Oslo, Olafiagangen og Smalgangen, betegnet som særdeles utfordrende byrom på grunn av lite trafikkerte arealer og lite kunstig belysning. Flere informanter i analysen uttaler at de føler seg utrygge i området under Nylandsveien, spesielt om kvelden.



Figur 23: (Galleri Oslo Utvikling og A-LAB, 2021), *Under Nylandsveien, sett fra Olafiagangen*

Et tiltak for byutvikling som nevnes flere ganger i stedsanalysen er tilgangen på naturlig lys. Ved å fjerne overbygget av Nylandsveien og åpne opp for naturlig lys, oppleves området potensielt tryggere. En gjennomgang fra Oslo sentralstasjon til Grønland torg vil begrense områdene med lite trafikk, som kan oppleves som samlingspunkt for uønsket aktivitet.

I planinitiativet «Planinitiativ for Galleri Oslo» (2021) anses en riving av Galleri Oslo å være nødvendig for byutviklingen i området. Målet med prosjektet er tilrettelegging for fotgjengere og syklister, invitere til aktivitet og sosialt liv, i tillegg til å gjøre Grønland til en trygg og bærekraftig del av byen.

### **Utnyttelse av tomt**

Dagens bygningsmasse består av forretnings- og kontorlokaler, hvor flere lokaler står tomme. Bygningsmassen er preget av mye gjennomgang og servicetilbudene i bygget benyttes

hovedsakelig av gjennomreisende. Planinitiativet viser muligheter for barnehage og boligbebyggelse på området. Ved å bygge høyere bygg vil det være mulig å sentrere kontor og næring mest mulig på venstre side av Akerselva, mens høyre side hovedsakelig består av bolig. Ved å begrense publikumsrettede funksjoner til den vestlige delen av tomten, vil den østlige delen tilhøre det sosiale miljøet på Grønland.

### **Setningskader**

Ved byggingen av Galleri Oslo ble kun deler av bygningsmassen fundamentert på peler grunnfestet i fjell. Det har ført til at store deler av den resterende bygningsmassen har opplevd store setningskader. På figur 24 vises en rampe mellom delen på peler og delen som har sunket. Figuren viser sprekker i sammenføyningen mellom vegg og tak, som i følge representanten fra driftsavdelingen har blitt tettet i starten av 2000-tallet. Setningskadene har gjort at flere bygningsdeler har måtte skiftes og de har medført flere problemer ved byggets tetthet.



Figur 24: *Setningskader i østlig del av Galleri Oslo, (Tatt på befaring 28. februar 2022)*



## 4.6 Muligheter for ombruk av glasselementer

I planforslagene presentert av Galleri Oslo Utvikling er det planlagt store områder for boligbygg. Ved ombruk av glasselementer antas det at glasskillevegger er best egnet for kontorlokaler og vinduer er best egnet i boligdelene. Dører med glassfelt kan benyttes i både kontorlokaler og boligbygg. I kontorlokalene er det planlagt store vindusflater som ikke samsvarer med de tilgjengelige vinduene i eksisterende Galleri Oslo. Vinduene i boligbyggene kan derimot tilpasses dimensjonene til eksisterende vinduer.

I både kontorbygg og boligbygg vil det være soner hvor brukerne av bygget har samme klær, sko etc. som utendørs. Dette betegnes som halvklimate soner. Disse områdene kan ha mindre krav til temperatur og dermed kan man redusere de tekniske kravene. Ombrukte glasselementer er godt egnet for disse sonene.

## 5 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene fra analysene gjort i forbindelse med denne masteroppgaven. Først vises de potensielle klimagassbesparelsene ved ombruk av glasselementer. Deretter fremstilles funnene fra befaring og elementenes egnethet for ombruk. Til slutt presenteres resultatene fra informasjonsinnhenting.

### 5.1 $CO_2$ -besparelser ved ombruk av glassmaterialer

Det er gjennomført en sammenligning av klimagassutslipp knyttet til ombruk av glasselementer og klimagassutslipp ved bruk av tilsvarende elementer.

Totalt i prosjektet er det mulig å spare 282 330 kg  $CO_2$ -ekvivalenter på å ombruke glasselementer. Beregningene er basert på tilgjengelige elementer og utslippene forbundet med erstatningen av dem. Figur 27 viser total besparelse per element. Resultatene er basert på fasene A1-A4, som inneholder produksjonsfasen og transport til byggeplass. Det er tatt utgangspunkt i ombruk av 50 dører med glassfelt og 50 glasskillevegg-elementer med mål 2,7 x 2,4 m, på grunn av mangel på grunnlagsdokumenter.

Tabell 25 og tabell 26 presenterer resultatene av klimagassberegningene medregnet 15 % svinn. Vedleggene vedlagt i oppgaven inneholder detaljerte beregninger, forutsetninger og antakelser som ble gjort i databehandlingen. I vedleggene finnes også spesifiserte beregninger og antakelser knyttet til transport og bruk av maskiner ved demontering av ombrukselementer.

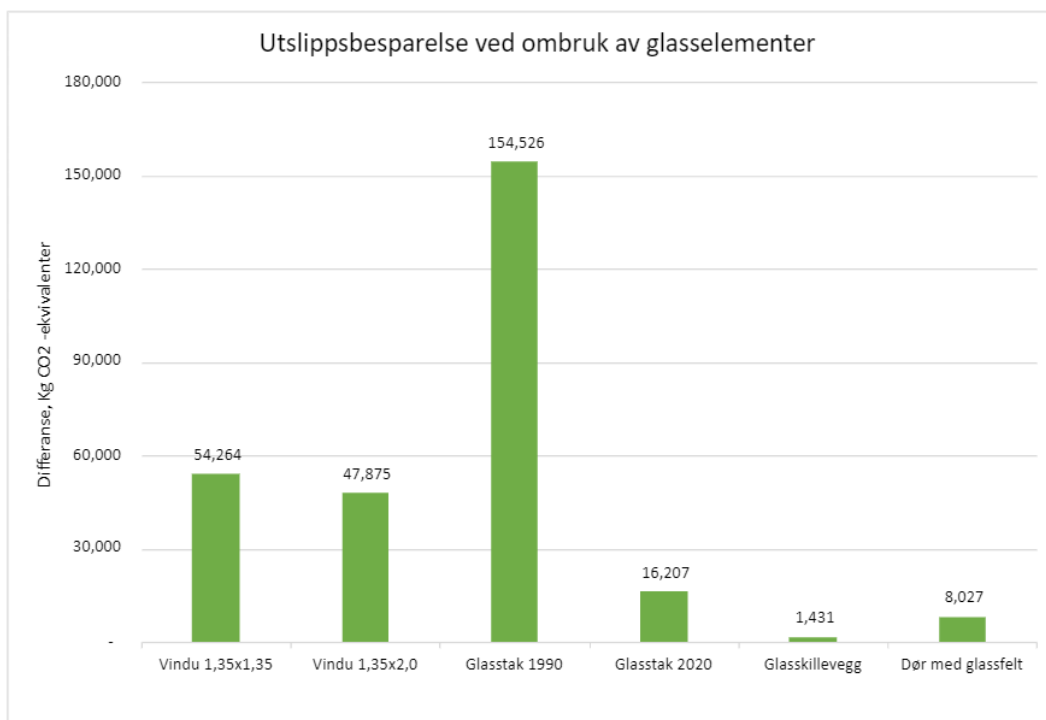
Inkludert transport og mellomlagring					
	Ombruksmateriale	Mengde medregnet 15% svinn	Miljøbelastning nytt element (A1-A4) kg CO <sub>2</sub> -e/stk	Miljøbelastning brukt element (A1-A4) kg CO <sub>2</sub> -e/stk	Miljøbesparelse ved ombruk
Vinduer	Hengslet 1,35x1,35	541	112	11	90 %
	Hengslet 1,35x2,0	486	112	13	88 %
	Nye vinduer med eksisterende glass	685	112	34	69 %
Glasstak	Ruter fra 1990	1183	143	12	91 %
	Ruter fra 2020	124	143	12	91 %
Glasskillevegg		50	43	15	66 %
Dør med glassfelt	Utvendig	50	171	11	94 %

Figur 25: Miljøbesparelse ved ombruk, inkludert mellomlagring og transport

Store deler av miljøbelastningen fra brukte elementer er tilknyttet transport. Dersom elementene lagres og bearbeides på byggeplass eller doneres til andre prosjekter, er miljøbesparelsen høyere.

Uten transport og mellomlagring					
	Ombruksmateriale	Mengde medregnet 15% svinn	Miljøbelastning nytt element (A1-A4) kg CO <sub>2</sub> -e/stk	Miljøbelastning brukt element (A1-A4) kg CO <sub>2</sub> -e/stk	Miljøbesparelse ved ombruk
Vinduer	Hengslet 1,35x1,35	541	112	5	95 %
	Hengslet 1,35x2,0	486	112	6	94 %
	Nye vinduer med eksisterende glass	685	112	28	75 %
Glasstak	Ruter fra 1990	1183	143	6	96 %
	Ruter fra 2020	124	143	6	96 %
Glasskillevegg		50	43	-	100 %
Dør med glassfelt	Utvendig	50	171	-	100 %

Figur 26: Miljøbesparelse ved ombruk, uten mellomlagring og transport



Figur 27: Potensiell utslippsbesparelse for bygget

### «Upcycling» av vinduer

Ved å bruke ombruke glassrutene fra vinduene med dimensjonene 1,35x1,35 m og 1,35x2,0 m er det mulig å spare i underkant av 53 983 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette kalles «Upcycling», som også er kjent som kreativ ombruk. I disse beregningene er transport til bearbeiding, utstyr til bearbeiding og returtransport medregnet.

Det er medregnet at tre to-lagsvinduer blir til to tre-lagsvinduer og 15 % svinn. Demonteringen av vindusrutene fra eksisterende karm gjøres med håndverktøy og har lite utslipp. Utslipp ved produksjon av ny karm og remontering er inkludert i beregningene.

## 5.2 Glasselementer vurdert for ombruk

Det ble utført en befaring av Galleri Oslo for å kartlegge standarden til glasselementer i bygget. Befaringen ble utført i samarbeid med Galleri Oslo Drift, som hadde mye kunnskap om vedlikehold i bygget. Målet med befaringen var å finne glasselementer som kunne være egnet for ombruk, merking på materialene og synlig slitasje.

Glasselementene ble delt inn i fire produktkategorier og tilgjengelig teknisk informasjon ble kartlagt. Antakelser angående teknisk informasjon ble gjort basert på type produkt og produktår. Byggeforskriften fra 1987 sier at U-verdi til vindu må være maksimalt  $2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ , derfor antas dette til å være verdien for vinduene med ukjent U-verdi. Verdier for lystransmisjon er ikke oppgitt i denne forskriften.

Produkt	Tekniske egenskaper	
Vindu	Produksjonsår: 1989 U-verdi: Ukjent Lystransmisjon: Ukjent	
Glasstak	Ikke skiftet	Produksjonsår: 1989 U-verdi: Ukjent Lystransmisjon: Ukjent
	Skiftet i 2020	Produksjonsår: 2020 U-verdi: $1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Lystransmisjon: 70%
Glasskillevegg	Ingen kjente tekniske egenskaper	
Dør med glassfelt	Ingen kjente tekniske egenskaper	

Figur 28: Produktkategorier og tilgjengelig informasjon

### 5.2.1 Vinduer

#### Hengslet vindu

Galleri Oslo har to lange utvendige fasader som eksponeres for klima mot sør og nord. Vinduene i disse fasadene består hovedsakelig av standarddimensjonerte vinduer som kan åpnes og lukkes. Representanten fra Galleri Oslo Drift forklarte at flere av kontorlokalene har stått tomme. Dermed er det lite bruksslitasje på vinduene.

Den største andelen av vinduene i Galleri Oslo er vinduer tilsvarende figur 29 og figur 30.



Figur 29: Hengslet vindu mot bussterminalen, (Tatt på befaring 28. februar 2022)

Brukerne var anbefalt å begrense åpning og lukking av vinduene mest mulig for å optimalisere bruken av ventilasjonsanlegget. Merking på avstandslisten mellom glassene i vinduet viste at de ble levert i 1988 av Riis Glass og Fasade.

Vinduer og glassdører avbildet i oppgaven som er produsert før 1989 har tilsvarende vindusmerking som på figur 30. Informasjonsmerkingen oppgir produksjonsår og leverandør. Vinduene er hovedsakelig 1,35 x 1,35 m og 1,35 x 2,0 m. Tekniske egenskaper er ikke oppgitt på merkingen på avstandslisten og estimeres basert på produksjonsår.



Figur 30: *Vindu mot bussterminalen m. merking*, (Tatt på befaring 28. februar 2022)

I kontorlokalene var det vindusfelt som kunne åpnes og lukkes. Flere håndtak var fjernet for å unngå åpning og lukking, av hensyn til ventilasjonsanlegget. Vinduene med håndtak kunne åpnes uten problem. Merking på vinduet viste at den ble levert av Riis Glass og Fasade i 1988. Det avbildede vindusfeltet i figur 31 hadde en sprekke i glasset som reduserer ombrukbarheten til den aktuelle døren. Sprekken var på det innvendige glasset av de to glasslagene i døra. Det tyder på at skaden er fra bruksslitasje, og ikke fra klima.

Den innvendige handlegata i bygget var på et tidspunkt planlagt uten glasstak. Dermed er vinduene fra kontorlokalene mot den innvendige handlegata to-lags vinduer beregnet for utendørs klima. Vinduene er levert av Danapane i 1988.



Figur 31: *Glassfelt med sprekk*, (Tatt på befaring 28. februar 2022)



Figur 32: *Innvendige vinduer*, (Tatt på befaring 28. februar 2022)



### **Fast vindu**

I bygget finnes det også faste vinduer som ikke kan åpnes og lukkes. Vinduene ble levert av Scandi glass i 1988. Befaringen viste at vinduene var i god stand uten synlig slitasje med unntak av malingsflekker på vindusrammen. De faste vinduene har dimensjonene 1,35 x 1,35 m.



Figur 33: *Fast vindu mot Schewigaardsgate, (Tatt på befaring 28. februar 2022)*

### **Glasstak**

I 2020 byttet Galleri Oslo Drift alle glassrutene i en glasskuppel på taket av østlige del av Galleriet. Representanten fra Drift meddelte at hovedargumentet for å skifte rutene var at det var en enkel jobb. Det ble brukt en stor kran for å løfte rutene til taket, og en liten krane plassert på forsterkninger på taket som løftet rutene på plass i kuppelen. Representanten mente rutene var enkle å montere og demontere ettersom de er festet i rammer med skruer.

Rutene er merket med CE-merking som viser at de er, etter NS-EN 12150-2, termisk herdet kalksodasilikat-sikkerhetsglass. Merkingen mellom glassene oppgir at det er fylt med argon mellom glassene.

Glasstaket over handlegata i Galleriet er festet på samme måte som glasskuppelen, med skruer. Rutene er levert av Scandi Glass i 1987. Det var tegn på slitasje på gummilisten mellom glass og ramme, i tillegg til behov for rengjøring.

Representanten fra driftsavdelingen fortalte at flere av rutene hadde punktert og utskiftet som følge av store setninger i bygget, spesielt på østlige del.



Figur 34: *Detaljer, glasskuppel*, (Tatt på befaring 28. februar 2022)



Figur 35: *Glasskuppel på tak i østlige del av bygget, fra utsiden*, (Tatt på befaring 28. februar 2022)



Figur 36: *Glasstak over handlegata, innvendig og utvendig, (Tatt på befaring 28. februar 2022 og på befaring 1. april 2022)*

### **Glasskillevegg**

Kontorlokalene i Galleriet er inndelt av glasskillevegger. Disse består av et glasslag som både går fra gulv til tak og som er inndelt i ruter av trerammer. Glasskilleveggene hadde ikke synlige bruksmerker og var enkle å demontere ifølge representanten fra Drift.





Figur 37: *Glasskillevegger i kontorlokale, (Tatt på befaring 28. februar 2022)*

### **Dører med glassfelt**

Kontorlokalene skilles fra den innvendige handlegata med glassfasader og vegger med vinduer. Et eksempel på dører som leder inn til kontorlokalene vises til høyre i figur 38. Disse dørene var byttet i senere tid, ifølge representanten fra driftsavdelingen, men hadde ingen synlig merking og er derfor vanskelig å tidfeste med et konkret årstall.

I kontorlokalene var det flere innerdører i glass som så tilnærmet nye ut. Disse dørene hadde standard dimensjoner og både lås og hengsler virket som de skulle.



Figur 38: *Eksempel på innvendige glassdører i Galleri Oslo, (Tatt på befaring 28. februar 2022 og på befaring 1. april 2022)*

### 5.3 Egnethet for ombruk

#### **Vinduer**

I Galleri Oslo er det store mengder av vinduer i like dimensjoner, hovedsakelig dimensjonene 1,35x1,35 m og 1,35x2,0 m. Dette gjør at demontering og nødvendig testing vil være lik for disse vinduene. Det kan også antas at like vinduer på samme vegg har lik slitasje fra klimapåkjenninger.

Figur 7 viser et flytskjema for å vurdere materialers ombrukbarhet. Det første spørsmålet i skjemaet er om materialet inneholder helse- eller miljøskadelige stoffer. Vinduer ble produsert med miljøfarlige stoffer i Norge frem til 2005 (NHP, 2015). Tabell 3 viser hvilke miljøfarlige stoffer vinduer kan inneholder, og hvilket produksjonsår stoffene ble brukt. Vinduene i Galleri Oslo er hovedsakelig norskprodusert, med unntak av vinduene fra Danapane, som er danskprodusert.

Ettersom vinduene funnet på befaring er fra 1987-1989, må man anta at de inneholder klorparafiner i limet som ligger langs glasskanten i vinduet. Dette kan bekreftes eller avkreftes ved å ta en prøve av limet som forsegler glassene og sende inn for analyse. Det er ikke tillatt å ombruke produkter som inneholder klorparafiner ifølge *Forsvarlig ombruk av byggevarer* (Kilvær et al., 2019).

### **Glasskillevegger**

Glassene i glasskilleveggene er tilsynelatende i god stand, med få sjenerende riper og skrammer. Flere av kontorlokalene har stått ubrukte i perioder. Det kan derfor antas at det er mindre bruksslitasje på disse enn på tilsvarende materialer med samme levealder.

Glasskilleveggene er tilsynelatende enkle å demontere, men på grunn av store dimensjoner kan transporten ut av bygget være en utfordring.

### **Glasstak**

Glassrutene i glasskuppelen ble byttet i 2020 og samsvarer derfor med dagens krav. U-verdien til glassrutene antas å være i henhold til kravene fra teknisk forskrift. Det antas også at glassene ikke inneholder helse- og miljøskadelige stoffer på grunn av tidspunkt for produksjon.

Representanten fra driftsavdelingen påpekte at vindusrutene lett kunne demonteres og monteres. Ved demontering av vindusrutene vil de løftes ned fra taket og lagres direkte på paller. En enkel vei mellom demontering og lagring reduserer risikoen for skader på materialet under denne transportetappen. Alt i alt er glasskuppelen godt egnet for ombruk.

Glasstaket består av ruter produsert før 1990. Derfor antas det at rutene inneholder klorparafiner. Glassrutene er av store dimensjoner og er derfor godt egnet for oppsirkulering.

Under befaringen nevnte representanten fra Galleri Oslo Drift at flere vindusruter nær Oslo Plaza var byttet i senere tid. Rutene ble byttet på grunn av skader forårsaket av gjenstander kastet fra nabobygningen. Det ble ikke funnet en oversikt over hvilke ruter som var byttet eller når de ble byttet.

### **Glassdører**

Byggets innvendige glassdører er i god stand med lite bruksslitasje. Ombruk av dører er gjort i flere prosjekter tidligere og er tilsynelatende ukomplisert. De innvendige glassdørene anses å

være godt egnet for ombruk.

I grunnetasjen er det automatiske glassdører mellom bussterminal og påstigning på bussene. Glassdørene viser lite slitasje og kan demonteres med håndverktøy. Disse er godt egnet for ombruk.

## 5.4 Resultater ved informasjonsinnhenting

I løpet av oppgaveprosessen ble det gjennomført ustrukturerte samtaler med elleve representanter fra byggebransjen. Samtalene baserte seg på spørsmål knyttet til ombruk av glass som ble tilpasset informantens erfaring og bakgrunn. Relevante svar fra informantene presenteres i dette kapitlet. Svarene er kategorisert basert på informantenes rolle i bransjens verdikjede.

### 5.4.1 Tilrettelegging for ombruk

Informantene viser til flere grunner for at ombruk av byggematerialer ikke er mer gjennomført i dagens prosjekter. Det forklares hva som skal til for at de selv vurderer ombruk i sin rolle.

#### **Dør- og vindusprodusent**

Produsentene påpeker at tekniske krav for vinduer er vanskelige å nå ved ombruk av eldre vinduer. Tekniske egenskaper kan forbedres ved påfyll av gass mellom glassene og påføring av energibelegg på glassene. Det skal likevel mye til for at vinduene når dagens krav.

P3 trekker frem at forbedring av eldre vinduer kan bli like dyrt som kjøp av nye, og så lenge det er mer økonomisk å selge nye vinduer heller enn å forbedre gamle, vil dette være praksis.

I følge P1 og P3 er ombruk av dører og glasskillevegger mer vanlig. Disse elementene er ikke bundet av like strenge tekniske krav og de er ofte økonomisk gunstige å ombruke.

Informantene forteller at de har blitt kontaktet angående informasjon om produktene tilknyttet prosjekter hvor dører og glasskillevegger blir ombrukt.

#### **Rådgiver**

Også rådgiverne trekker frem det økonomiske aspektet ved ombruk. Mangel på økonomisk støtte eller insentiver for å ombruke materialer fjerner alternativet fra markedet. R1 forteller at

som rådgiver blir man enige om et budsjett for oppdraget. Dersom ombruk blir for kostbart vil det ikke bli brukt i annet enn pilotprosjekter.

Det påpekes av R2 at arbeidskraft er en større økonomisk belastning enn prisen på byggematerialer i Norge. Ettersom ombruk krever flere budsjetterte timer til planlegging og prosjektering velger byggherre det bort.

### **Entreprenør**

Svarene til de kontaktede entreprenørene var varierende. ENT2 uttrykket interesse for ombruksprosjekter så lenge det var økonomisk gunstig. ENT1 mente at ombruk av materialer krever en oppmerksomhet til materialets kvalitet. Det ble trukket frem at montørene ikke kan ta ombrukte materialer for «god fisk». Og dermed kan kurs i for eksempel demontering, gjenkjenning av skader eller innpakking før transport være aktuelt.

Begge entreprenørene mente at erfaring med ombruksprosjekter ville være gunstig for deres selskap. Det fremheves at byggeplasser er i perioder svært hektiske med et stramt tidsskjema. Ombruk av materialer, spesielt skjøre materialer som glass, kan føre til forsinkelser og tilhørende sanksjoner mot ansvarlig entreprenør i følge ENT1.

### **Eiendomsutvikler**

Eiendomsutviklerne trekker frem at det er et større fokus på rehabilitering og ombruke enn før. Det er fordelaktig å bevare ettersom riving er mer «uglesett» i større prosjekter. Videre påpekes det at markedet for ombruksmaterialer er under utvikling og dokumentasjon av materialene er en utfordring. EIE2 forteller at ombruk av dører og interiør som et økonomisk og bærekraftig grep som benyttes i flere av deres prosjekter. Det nevnes at ombruk av andre elementer krever mer planlegging, som er kostnadsfylt, og blir derfor nedprioritert.

Informantene tok opp at bærekraft er et voksende begrep i byggebransjen og at flere aktører ønsker å ta miljøansvar. I store prosjekter finnes egne bærekraftsansvarlige som vurderer prosjektets potensiale innenfor ulike miljøaspekter. EIE 1 nevner at flere nøkkelpersoner med lang erfaring i bransjen mangler kunnskap og engasjement rundt bærekraft. Dermed foretrekkes det å gjøre det på samme måte som tidligere.

Det trekkes frem at ombrukstematikken krever en holdningsendring for å bli mer normalisert. I



de fleste tilfeller er det økonomien som ikke strekker til, ikke kunnskapen. Eiendomsutviklerne tydeliggjør at de er åpne for ombruk, men at det for øyeblikket er en for stor økonomisk risiko.

#### 5.4.2 Utvikling og trender i dagens marked

I samtalene ble det stilt spørsmål om dagens rivepraksis, dagens lovverk og hvilke holdninger som er knyttet til ombruk av byggevarer. Informantene pekte på flere ting som har endret seg de siste årene og hvordan endringene har preget deres rolle i verdikjeden.

##### **Dør- og vindusprodusent**

Informantene trakk på nytt frem at de tekniske kravene til vinduer har økt de siste årene, noe som gjør eldre vinduer utdatert. P1 forklarte at i verneverdige bygg, hvor bevaring er lovpålagt, ombrukes eksisterende vinduer med forutsetningen at de unntas fra tekniske krav.

P3 påpeker at ved omsetning av byggevarer må det medfølge dokumentasjon om kvaliteten til produktet. Informanten antar at dette gjelder ombrukte byggevarer på samme måte som nye. Det nevnes også at nyere produkter med tilhørende dokumentasjon vil være bedre egnet for ombruk. Disse produktene vil også ha bedre tekniske egenskaper enn eldre. Dermed kreves det mindre behandling før de når dagens krav. Informanten fremstår positiv til å produsere nye vinduer av eksisterende vindusglass, så lenge det er økonomisk gunstig.

P1 og P3 påpeker at eldre vinduer ofte inneholder helse- og miljøfarlige stoffer som må tas hensyn til ved riving. Vinduer må sorteres etter hvilket år de er produsert og hvilke helse- og miljøfarlige stoffer det må antas at de inneholder. Knusing og skjæring av glass må i følge P1 godkjennes av Statsforvalteren eller Miljødirektoratet.

##### **Rådgiver**

Alle informantene poengterer at ombruk og bærekraft er et mye omtalt tema i virksomheten. R4 forteller om en stor økning i forespørsler om miljøkartlegging og ønsker om miljøsertifiseringer. Informanten har inntrykk av at dagens aktører er forberedt på å gjøre tiltak for å minske avfallsmengden fra prosjekter. Det nevnes at rehabiliteringer, til tross for rivetillatelse, har også økt de siste årene. R1 og R2 er enige om at bransjen må utfordres til å rive mindre, samt benytte selektiv riving om riving er eneste løsning.

Et gjennomgående problem som trekkes frem er at forespørslene om ombrukskartlegging kommer sent i planleggingsprosessen. Potensialet for ombruk reduseres etterhvert som forutsetninger avgjøres. R1 og R4 trekker, på samme måte som produsentene, frem dokumentasjon av byggevarer som en utfordring tilknyttet ombruk. Eldre materialer uten dokumentasjon må kvalitetstestes og testing er kostnadsfylt. R4 understreker at ombruk av materialer ikke kun er knyttet til klimagassutslipp, men også til utnyttelse av ressurser.

### **Entreprenør**

ENT1 trekker frem at kulturen på byggeplass kan være en utfordring i ombrukstematikken. Det utdypes med at engasjementet for ombruk og bærekraft er ikke like stort hos alle, og i dagens rivepraksis er det ikke naturlig å behandle elementer med omhu. ENT1 fremstår å ha større tro på rehabilitering og ombruk av bærende konstruksjon enn ombruk av glasselementer. Ifølge ENT2 er ombruk av glasselementer vanskelig på grunn av transport ut av bygget etter demontering.

ENT2 påpeker at det sjelden er vanskelig å få rivetillatelse og at prosjekters tidsramme gjør dette til den enkleste løsningen. Informanten er positiv til selektiv riving så lenge det er et tydelig krav i kontrakten. Felles for begge informantene er ønsket om satte rammer for et prosjekt. Ønskes ombruk av glass og andre byggevarer, må dette formidles tydelig, slik elementene kan merkes og demonteres for ombruk.

### **Eiendomsutvikler**

Begge informantene innleder med at dagens rivepraksis er effektiv og økonomisk gunstig. Ettersom lovverket regulerer avfallssortering blir riveavfallet sortert og levert til gjenvinning og deponi. EIE1 forteller at de miljømessige aspektene ofte blir vurdert etter riveprosessen er satt i gang, dermed faller ombruk av byggematerialer utenfor. Demontering og ombrukskartlegging har blitt mer vanlig de siste årene, men brukes hovedsakelig i mindre prosjekter eller pilotprosjekter hevder EIE2.

Eiendomsutviklerne er bevisste på sitt ansvar i verdikjeden og de ønsker å ta miljøbevisste valg for sine prosjekter. De nevner at ombruk er et relativt nytt tema og det vil ta tid å etablere en ny praksis både for riving og prosjektering. EIE2 nevner at ombruk i dag krever mye planlegging og er derfor mindre attraktivt.

### 5.4.3 Fremtidsutsikter

Informantene trekker frem elementer som kan gjøre ombruk av glass mer anvendbart i fremtiden. De antar også hvordan utviklingen av ombruk i bygge- og anleggsbransjen vil bli.

#### **Dør- og vindusprodusent**

P3 påpeker at etterspørselen for ombrukte glasselementer har økt de siste årene og at det antas at økningen vil fortsette fremover. Glass er et energikrevende materiale å fremstille, derfor lurt å vurdere for ombruk. P2 og P3 tror det vil bli vanlig å gjenbruke glassruter i nye karmen, men at ombruk av eldre vinduer vil være vanskelig med tanke på dagens tekniske krav.

P2 antar at ombruk av glasselementer som ikke er vinduer vil bli standard i løpet av de neste årene. Informanten nevner også at tilrettelegging for ombruk må gjøres i dagens prosjekter om dette skal bli en standard.

Valg av glasselementer med høy kvalitet er avgjørende for at ombruk er mulig ifølge P3.

Materialene må tåle å bli demontert og remontert.

#### **Rådgiver**

For å tilrettelegge for ombruk må lovverket som omhandler kjøp og salg av byggevarer endres ifølge R3. Informanten påpeker at eldre byggematerialer mangler merkingen som kreves for å nå dagens krav for dokumentasjon, noe som er en stor hindring i omsetningen av ombruksmaterialer.

R1 og R4 nevner at materialer må kunne demonteres for å være aktuelle for ombruk, og at dette må integreres i dagens prosjekter. R4 forteller også at statlige aktører i bransjen har et ansvar for å gjennomføre pilotprosjekter før ombruk blir aktuelt for de private aktørene. På denne måten vil det opparbeides erfaring og kompetanse som gjør ombruksprosessen mer rimelig i fremtiden.

R3 poengterer at Norge har lovet å halvere klimagassutslippet sitt innen 2030, derfor må bransjen utforske nye metoder for ombruk. Informanten trekker frem at Danmark har en egen standard for ombrukt tegl og ønsker å redusere kg  $CO_2$  per kvadratmeter i et bygg fra tolv kg til fem kg i løpet av de neste fem årene.

## **Entreprenør**

ENT1 peke,r på samme måte som R4, at statlige aktører må gå foran som forbilder om ombruk skal bli standard. Informanten forteller også at det utarbeides flere plattformer for kjøp og salg av byggevarer, noe som skal gjøre det enklere å benytte brukte materialer i prosjekter. Det nevnes også at en felles plattform på tvers av selskaper vil være mer effektiv enn flere interne eller plattformer bak betalingsmurer som er situasjonen i dag.

ENT2 trekker frem at prisen tilknyttet ombruk bør være vesentlig lavere enn nye materialer for at dette skal være relevant. Informanten nevner insentivordninger som en aktuell løsning og at Regjeringen må legge til rette for endringen.

## **Eiendomsutvikler**

Informantene er enige om at ombruk av byggevarer er en god måte å begrense  $CO_2$ -utslippet fra byggeprosjekter. EIE1 mener at en holdningsendring er i ferd med å skje, og at den nye generasjonen som trer inn i bygge- og anleggsbransjen har et annen innstilling til bærekraft enn de eldre i bransjen. Informanten trekker frem at mulighetene for ombruk må være lettere tilgjengelig for å gjennomføre det i stor skala. Ved mindre kostnader tilknyttet planlegging og lagring vil dette være et naturlig alternativ i fremtidens prosjekter.

EIE2 nevner behovet for insentivordninger for at dette skal bli den nye standarden.

### 5.4.4 Oppsummering av informasjonsinnhenting

Samtlige informanter nevner lovverk og kostnad som de største barrierene for ombruk. På grunn av kostnadene knyttet til arbeidskraft er det ofte rimeligere å kjøpe nye materialer enn å ombruke eksisterende. Informantene påpeker at ansvaret for å tilrettelegge for ombruk ligger hos politikerne. Ved at statlige aktører gjennomfører pilotprosjekter og opparbeider kompetanse innen ombruk av byggevarer, vil veien baner for de private aktørene. Det må også utarbeides egne tekniske krav knyttet til ombruk av byggevarer for å senke terskelen for dette. Flere av informantene hevder at ombruk av andre bygningselementer vil være aktuelt før ombruk av glasselementer siden det er et skjørt materiale.

Informantene er positive til utviklingen mot mer ombruk i bransjen. Flere påpeker at dette er et punkt for det er stort potensiale for besparelse av klimagasser. En holdningsendring hos

aktørene forventes når det forstås at bærekraft-tematikken er kommet for å bli. Kompetanse innenfor miljøkartlegging, selektiv riving og ombruksvurdering er ønskelig i flere av informantenes bedrifter.

## 5.5 Kostnad ved ombruk av glasselementer

Flere av informantene påpeker at ombruk av bygningsmaterialer vil bli mer vanlig i fremtiden. Ombyggingen av Galleri Oslo er i en planprosess og byggestart vil ikke skje før tidligst 2030. Beregning av kostnader tilknyttet ombruk av glassmaterialer i prosjektet er derfor utfordrende ettersom det antas at kostnadene ved ombruk vil reduseres i fremtiden.

I erfaringsrapporten *Ombruk i Kristian Augusts gate 13 (2021)* ble kostnadsbesparelse ved ombruk av vinduer vurdert som 60 %. I dette prosjektet ble pris for brukte vinduer sammenlignet med Norsk Prishåndbok, og kostnader tilknyttet ekstra prosjektering og administrasjon er ikke inkludert. De brukte vinduene som ble benyttet i dette prosjektet hadde lavere isolasjonsevne enn nye vinduer, kostnader tilknyttet energibruk og ekstra isolasjon i vegger vil forekomme.

Ved ombruk av glasselementer må kostnader tilknyttet demontering, lagring, eventuell behandling og remontering inkluderes. I denne masteroppgaven ble det forsøkt innhentet priser tilknyttet disse postene. På grunn av store usikkerheter med tanke på omfanget av ombruk, uavklart planinitiativ og fremtidens kostnader for ombruk er ikke dette en del av oppgaven.

## 6 Diskusjon

I dette kapitlet blir oppgavens forskningsspørsmål diskutert basert på anvendt metode. Diskusjonen av forskningsspørsmålene vil lede opp mot en konklusjon med besvarelse av problemstillingen.

### 6.1 Hvilke miljøeffekter har ombruk av glasselementer sammenlignet med nye elementer?

Hovedgrunnen for å gjennomføre ombruk i bygge- og anleggsbransjen er miljøeffektene dette kan gi. Ved å utnytte eksisterende materialer i stedet for å produsere nye, reduseres behovet for utvinning av ressurser. I teoridelen fremkommer det at produksjon av glass er energikrevende (Schmitz et al., 2011). Klimagassberegningene for Galleri Oslo gir en oversikt over potensielle miljøeffekter ombruk av glasselementer kan ha. Praktisk anvendelse av ombruk kan gi andre resultater.

#### **Diskusjon av resultater fra klimagassberegningene**

Klimagassberegningene presenterer en betydelig besparelse av  $CO_2$  ved ombruk av glasselementer sammenliknet med å benytte nye elementer. I Galleri Oslo er det høy generalitet i glasselementene som er en viktig forutsetning for ombruk (Nordby, 2009). Beregningene er basert på fasene A1-A4 som er knyttet til råmaterialer, produksjon og transport. I disse fasene er besparelsen mellom 66 % og 94 % som er en betydelig andel. Den høye prosentandelen tyder på at ombrukelementene kan fraktes og bearbeides mer, men likevel ha positiv miljøeffekt.

Elementene med størst potensiale for besparelser er vinduer og glasstak. Den største andelen av vinduer og glasstak i Galleri Oslo har ukjente tekniske egenskaper. Det vil være behov for testing av et utvalg elementer for å fastslå egenskapene og bearbeiding for å forbedre dem. Utslipp knyttet til bearbeiding er derfor usikkert. Den tekniske levetiden til vinduer og glasstak er estimert til å være 60 år. Ombrukes disse elementene i 2030, vil det være behov for utskiftning om 20 år. Miljøeffektene knyttet til en fremtidig utskiftning må tas hensyn til i vurderingen av ombruk. Informant R3 påpekte at levetiden til vinduer ofte er avhengig av den nedre karmen på vinduet, kan denne skiftes vil den funksjonelle levetiden til produktet øke

betraktelig og utskiftning vil kunne utsettes.

En del av glasstaket ble byttet i 2020, disse rutene er godt egnet for ombruk og krever lite bearbeiding. Klimagassberegningene viser at ombruk av disse glassrutene vil gi en besparelse på 16 000 kg  $CO_2$ -ekvivalenter. Dette gir en miljøbesparelse på 91 % i forhold til nye glassruter. Produktinformasjonen oppgir nødvendige tekniske egenskaper og demontering av rutene anses som enkelt. Det nye glasstaket består av mange ruter med forskjellig form. Resultatene fra klimagassberegningene baseres kun på like glassruter av en betydelig mengde. De resterende rutene med forskjellig form vil være godt egnet for ombruk og kan gi estetisk særpreg.

Glasskillevegger og dører med glassfelt anses som enkelt å ombruke. Miljøbesparelsen fra de to kategoriene er 66 % og 94 %, hvor utslippene hovedsakelig er tilknyttet transport og lagring. Hvis elementene kan lagres på byggeplass eller doneres til andre prosjekter vil miljøbesparelsen bli opp mot 100 % for begge kategoriene. I dette tilfellet blir elementene lagret et sted på byggeplass som bruker energi på oppvarming uavhengig av ombrukelementene. Dører kan i mange tilfelles løftes av hengslene og fraktes ut av bygget uten behov for verktøy. Glasskillevegger består ofte av moduler på 2,0x2,7 m. Dette kan skape en utfordring ved transport ut av bygget. Disse elementene er mulig å ombruke i fremtidige kontorlokaler.

Beregningene inkluderte 15 % svinn i elementer. Befaringen i Galleri Oslo viste at store deler av elementene som ble undersøkt var i god stand, men noen hadde sprekker og estetiske defekter. Det antas at tilstanden til materialene avhenger av hvor de har vært brukt og brukergruppen.

### **Diskusjon av resultater fra casestudien**

Alle planforslagene som presenteres i kapittelet om casen innebærer å rive eksisterende bygningsmasse på aktuell tomt. Galleri Oslo sto ferdig i 1989. Ved beregning av livsløp er det vanlig å bruke 60 år som forventet levetid for et vanlig bygg, og de fleste bygg lever lenger (Multiconsult, 2009). Ved å rive Galleri Oslo 20 år før endt levetid økes klimafotavtrykket til bygget og alle dets bygningsdeler med en tredjedel.

Grunnlaget for å rive Galleri Oslo er å tilrettelegge for byutvikling i området. Ved å åpne opp mellom Grønland og bussterminalen skapes naturlige bevegelsesmønstre der det tidligere har vært en barriere. Det ønskes å bygge høyere bygg, noe som kjelleren i Galleri Oslo ikke tåler. Er det nødvendig å rive hele bygget for å utvikle bydelen og legge til rette for fortetting? Eller kan bygget rehabiliteres på en slik måte at barrieren fjernes uten det medfølgende klimagassutslippet? Dette er spørsmål som er verdt å diskutere, men som ikke behandles i denne oppgaven.

Grønland gjennomgår en utvikling fra å være bebodd av mennesker med arbeiderklassebakgrunn, til mennesker med middelklassebakgrunn (Brattbakk et al., 2017). Flere eiendomsutviklere har fått øynene opp for bydelen og ønsker å «løfte» området i form av boligutbyggelse og høyhus. Dette kan føre til økte leiepriser for nåværende leieboere og næringsdrivende. Å åpne opp mellom Grønland og Oslo Sentralstasjon vil skape et offentlig byrom langs Akerselva som kan være positivt for beboerne på Grønland. Det er likevel grunn for å tro at de foreslåtte planinitiativene vil bli oppfattet som en ekspansjon av Fjordbyen, mer enn en del av Grønland.

Hvis det avgjøres at Galleri Oslo skal rives, vil en miljøkartlegging før videre prosjektering legge til rette for utnyttelse av ressurser. En utfordring i utviklingen av denne oppgaven var mangelen på innvendige tegninger av bygget. Det var derfor vanskelig å estimere mengder av innvendige glasselementer. En miljøkartlegging med merking av elementer som er egnet for ombruk vil gi en oversikt over tilgjengelige materialer. Ved å utvikle en «materialbank» av eksisterende materialer i bygget kan prosjekteringen ta utgangspunkt i disse for å øke andelen ombrukte elementer. Det vil også gi mulighet til å avdekke synlige skader og slitasje på materialer og elementer.

I resultatene trekkes det frem glasselementers egnethet for ombruk. Disse viser at elementene er i god stand og fungerer godt i sin funksjon i det eksisterende bygget, selv om flere av de tekniske egenskapene ikke når dagens krav. I stortingsmelding 13 (Klima - og miljødepartementet, 2021) uttrykkes det at den norske bygge- og anleggsbransjen skal bidra til å redusere råvareforbruket og avfallsmengden. For å bygge opp under dette må det være økonomisk lønnsomt å rehabilitere og ombruke i stedet for å rive og kaste. Dette forslaget må



utvikles fra et lite attraktivt alternativ til en mulighet med stort potensiale.

### **Resultatenes overføringsverdi**

Det vil være utfordrende å overføre resultatene knyttet til Galleri Oslo direkte til andre prosjekter. Bygget inneholder store mengder glasselementer og ble derfor vurdert i denne sammenhengen. For andre prosjekter, med færre glasselementer, vil arbeidet knyttet til ombruk potensielt redusere de positive miljøeffektene. Målet med denne oppgaven er å belyse mulighetene for ombruk av glasselementer slik dette kan utvikles videre i fremtidig forskning.

I Norge er ombruk av glasselementer lite anvendt i stor skala. Selskapet Galleri Oslo Utvikling har uttrykket at de ønsker å anvende ombruk i utformingen av Nye Galleri Oslo. Det er flere usikkerhetsmomenter i de fremtidige planene ettersom ingen planinitiativ er godkjent per dags dato. Andre eiendomsutviklere vil ikke nødvendigvis ha en positiv innstilling til ombruk selv om de ønsker et miljøvennlig prosjekt. Resultatene fra klimagassberegningene tyder på at ombruk av glasselementer vil gi positive miljøeffekter, som kan gjøre det aktuelt å vurdere det i andre prosjekter.

Besparelsene fra fase A1-A4 retter seg kun mot utvinning av ressurser og produksjon. Prosjektets beliggenhet vil være avgjørende for tilgjengeligheten av brukte glasselementer. For at ombruk av glasselementer skal ha positive miljøeffekter må besparelsen i fase A1-A4 være større enn det potensielle energitapet i elementenes levetid. Elementenes fraktavstander og behov for bearbeiding vil også variere, derfor er kostnader og klimagassutslipp knyttet til ombruk utfordrende å forutse.

## **6.2 Hvordan kan det tilrettelegges for økt ombruk i bygge- og anleggsbransjen?**

Bygge- og anleggsbransjen forbruker i dag en betydelig andel av jordas ressurser (Kilvær et al., 2019). Dagens bransje preges av en bruk-og-kast tankegang som gjør det utfordrende å ta vare på ressursene som allerede er utnyttet. I Norge er arbeidskraft kostnadskrevende, dermed vil det i mange tilfeller være mer økonomisk lønnsomt å kjøpe nye produkter enn å benytte arbeidskraft til å demontere og bearbeide de eksisterende.

## **Eksisterende forskning**

Ombruk er et sentralt tema i utviklingen mot en sirkulær bygge- og anleggsbransje. EUs handlingsplan for sirkulær økonomi viser at halvparten av klimagassutslippene kommer fra uttak og prosessering av råvarer (Klima - og miljødepartementet, 2021). Teorikapittelet presenterte flere byggeprosjekter hvor ombruk har blitt gjennomført i stor og mindre skala. Dette er prosjekter hvor det er tilrettelagt for ombruk tidlig i prosessen og hvor høy ombruksgrad har vært et mål.

I dag rives de fleste byggene som får rivetillatelse (Sørnes et al., 2014). Eksisterende materialer har allerede et klimagassutslipp knyttet til produksjon og uttak av råvarer. Ved å ombruke brukbare materialer spares råvarene og klimagassutslippet blir mindre. For å endre den lineære økonomien i Norge til en mer sirkulær er ombruk, materialgjenvinning og oppsirkulering viktige steg. Hva som er brukbart kartlegges, demonteres og behandles for å vite hva som kan ombrukes, gjenvinnes og oppsirkuleres.

Masteroppgaven *Gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer* (2017) av Mynors og Moldekleiv diskuterer behovet for en digital plattform for kjøp og salg av eksisterende bygningsmaterialer. En digital plattform vil gjøre brukte materialer mer tilgjengelig og logistikken rundt ombruk enklere. Ved omsetning av bygningsmaterialer står selger ansvarlig for kvaliteten til materialene. I dag er det en risiko ved omsetning av ombrukbare materialer fordi dagens krav til dokumentasjon og kvalitet er like for nye og brukte materialer. Synlig CE-merking på produkter viser at materialene oppfyller krav fra en harmonisert standard og at materialene er godkjent for omsetning i Europa. Ved mangel på CE-merking vil ikke kvaliteten på materialene dokumenteres, og selger står da ansvarlig for tilstrekkelig kvalitet. Dette gjør salg av bygningsmaterialer mindre attraktivt.

Tilgjengelighet er et grunnleggende premiss for normalisering av ombruk av byggevarer (Sandberg og Kvellheim, 2021). For at markedet for ombrukte materialer skal fungere, må det finnes tilstrekkelig med materialer som møter forskjellige behov. Store mengder materialer øker forutsigbarheten til markedet og reduserer risikoen for å ikke få tak i det som trengs. Finnes det større mengder prosjekter i området som omsetter ombruksmaterialer, er sannsynligheten større for anskaffelse av aktuelle materialer. Det må antas at markedet for

ombrukbare materialer blir størst i byene hvor det er flest prosjekter. Mindre logistikk reduserer klimagassutslippene knyttet til frakting samt lagringstiden. Et ombruksmarked vil fungere optimalt dersom materialer kan demonteres i et prosjekt og flyttes direkte til behandling og montering i et annet prosjekt.

I teoridelen fremkommer det at det forventes en økning i incitamentene for ombruk fra politisk og juridisk hold (Sandberg og Kvellheim, 2021). Økonomiske barrierer er en stor hindring for ombruk i bygge- og anleggsnæringen i dag (van den Berg et al., 2020). Kilvær et al. (2019) trekker frem seks elementer i sin rapport *Forsvarlig ombruk* som regnes å være godt egnet for ombruk. Dette innebærer lastbærende stål, hulldekker i betong, tegl, vinduer/glass, trevirke og materialer uten dokumentasjonskrav. En incitament-ordning vil kunne baseres på ombruk av som er energikrevende å produsere i tillegg til at de har lang levetid. FutureBuilt måler ombruksandelen ved prosent av vekten på materialene, det er da gunstig å ombruke tunge materialer som stål og betong. En incitament-ordning kunne baseres på vekt av materialene på samme måte. Danske myndigheter har utarbeidet en egen standard til ombruk av teglstein og er langt forbi Norge i satsingen på sirkulærøkonomi. I Danmark har incentiver og oppfordringer blitt brukt for å fremme ombruk i flere år.

### **Diskusjon av resultater fra informasjonsinnhenting**

Fra informasjonsinnhenting fremkom en tydelig forventning til at fremtidige politiske avgjørelser skal fremme ombruk (R3 og EIE2). Siden kravene for brukte materialer er de samme som for nye blir bearbeiding av brukte elementer en stor kostnad. Kravene for varmegjennomgang i vinduer er halvparten av så stor som verdiene til de fleste vinduer aktuelle for ombruk. Dette skaper et behov for omfattende bearbeidelse av brukte elementer dersom de skal brukes i sin opprinnelige funksjon. Vinduene har fungert i denne funksjonen frem til bygget rives med noe større varmetap. Det kan stilles spørsmål om å ombruke vinduer med høyere varmegjennomgang vil skape et like stort klimagassutslipp som å produsere nye. Hvis kravene til brukte elementer senkes, vil det brukes mer energi til oppvarming av bygget.

Ombruk av glasselementer lite gjennomført i dagens bygge- og anleggsbransje (P3). I Kristian Augusts gate 13 ble det ombrukt vinduer som var feilprosjektert i et boligprosjekt og som sto lagret (Nordby et al., 2021). Vinduene var fra nyere tid og hadde tilhørende relevant

dokumentasjon. For å tilrettelegge for ombruk av glasselementer må dette innføres tidlig i prosjektet. På denne måten kan bruk av vinduer med høyere varmegjennomgang kompenseres for og det kan prosjekteres for dimensjonene til de eksisterende vinduene. Ved å integrere ombruk i kontraktsbetingelsene vil det være mulig å bruke tid i forprosjektet og riveperioden til dette. Det vil også gi mulighet for å innhente andre brukte elementer i prosjektet fra prosjekter som rives i samme tidsperiode.

Tilgjengelighet og åpenhet i bransjen vil bidra til økt ombruk (EIE1). Å dele erfaringer og kunnskap kan bidra til å utvikle kompetansen i alle ledd. Flere aktører har etablert egne plattformer for omsetning av ombrukte byggevarer, det kan antas at det er lite samarbeid mellom disse. En offentlig plattform vil øke tilgjengeligheten av materialer som reduserer behovet for lagring og logistikk. Informantene trekker også frem behovet for kompetanse innen ombruk av bygningsmaterialer. God kompetanse i alle ledd vil effektivisere prosessene som gjør ombruk mer økonomisk gunstig.

### 6.3 Hvordan kan vinduer som ikke når dagens tekniske krav ombrukes?

I teoridelen fremkommer det at forskrifters krav til glass som byggemateriale innebærer krav til dokumentasjon, inneklima, helse og energieffektivitet. Nye byggverk må i dag forholde seg til forskriftene som ble oppdatert i 2017. Vinduer som er produsert før 2017 må derfor bearbeides for å nå dagens krav om de skal kunne brukes om igjen i sin opprinnelige funksjon.

#### **Muligheter og utfordringer**

Vinduer kan ofte demonteres som moduler og har derfor gode forutsetninger for ombruk (Sørnes et al., 2014). Den tekniske levetiden til et vindu avhenger karmen rundt glasset så lenge glasset er like helt. Vanlige problemer er at vinduer «punkterer», som kommer av en lekkasje mellom glass og tetningskarm. Konsekvensene av dette er dugg mellom glassene og redusert isolasjonsevne. Et punktert vindu kan tettes og etterfylles med gass, men blir ofte kastet på grunn av kostnadene knyttet til reparasjonen. For et vindu som er utsatt for klima er det den nedre karmen som er det svakeste leddet. Fukt vil trenge seg inn og samles opp, som etter hvert vil forårsake råte i treverk eller rust i metaller. Levetiden til et vindu kan utvides ved å bytte den nederste karmen (R3). Vinduet må da demonteres og sendes til bearbeiding.

U-verdi for vinduer skal etter TEK17 være opp til 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) for boligblokker (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017e). Vinduer med høyere U-verdi enn dette kan ikke ombrukes etter dagens forskrifter. Det kan stilles spørsmål til om forskriftene burde gjelde ombruk dersom de miljømessige fordelene er store. Konsekvensene av å bruke vinduer med høy U-verdi er mer energi til oppvarming og kaldras fra vinduene. Dersom vinduene er av små dimensjoner vil ikke kaldras være et stort problem. I Norge er det mulig å benytte flere «grønne» energikilder til oppvarming. Om klimagassutslippene tilknyttet ekstra oppvarming er tilsvarende utslippene knyttet til produksjon av nye vinduer må undersøkes.

Lagene i en konstruksjon er grunnlaget for beregning av U-verdi. En mulighet for å ombruke eldre vinduer er å montere to vinduer med høy U-verdi i samme åpning for å redusere U-verdien i konstruksjonen. Denne metoden krever lite bearbeidelse av vinduene og kan monteres med håndverktøy. Ved å montere to vinduer i samme åpning kan innslipp av lys bli redusert og rommet bli mørkere. På sørsiden av en bygning benyttes solskjerming store deler av dagen. Metoden med to vinduer i samme åpning kan være gunstig å benytte for å redusere behovet for solskjerming og gi utsyn større deler av dagen.

En metode for å forbedre isoleringsevnen av vindusglass er å montere nye avstandsstykker, en plastfilm og etterfylle med gass (Greenbiz, 2010). I den nevnte metoden monteres de behandlede vindusglassene inn i den originale vindusrammen. Monteres originale vindusglass inn i ny ramme vil produktet regnes som oppsirkulert i stedet for ombrukt. På denne måten kan tre to-lags vinduer bli to tre-lags vinduer. Siden glasset er det mest energikrevende å produsere, vil denne prosessen ha mindre klimagassutslipp enn produksjon av nye vinduer i følge resultatene i klimagassberegningene. Oppsirkulering av eldre vinduer vil gjøre det mulig å nå dagens tekniske krav, men ekstra kostnad må medregnes. Ses det bort fra tekniske krav vil forbedring av vindus isoleringsevne være et godt alternativ ved ombruk.

Siden vinduene i Galleri Oslo er produsert i 1987-1989, må det antas at de inneholder klorparafiner. På grunn av innholdet av dette miljøfarlige stoffet er det ikke anbefalt å ombruke vinduer fra denne perioden. Det kan gjennomføres tester av gummien i tetningslisten på vinduene for å avklare om stoffet er til stede. Ettersom vinduene i Galleri Oslo er i bruk for øyeblikket, kan det stilles spørsmål til konsekvensene av ombruk til tross for innhold av

klorparafiner. Miljøeffektene av klorparafiner er at de er giftige og lite nedbrytbare. De største utslippene av klorparafiner er knyttet til sortering av avfall. Det kan antas at bygningselementer som er over 40 år har lite avgassing sammenlignet med nye, utslipp av klorparafiner ved ombruk kan derfor antas å være minimale.

Glasselementer fra eksisterende Galleri Oslo kan ombrukes i andre prosjekter med nær beliggenhet. Ettersom byggeprosjekter er tidkrevende, vil elementer egnet for ombruk måtte lagres i en periode for å bli benyttet i nytt bygg på samme tomt. For å redusere behovet for lagring og logistikk kan ombrukbare elementer omsettes og benyttes i andre prosjekter. Det kan trekkes paralleller til diskusjonen om regler for omsetting av ombruksmaterialer.

### **Diskusjon av resultater fra informasjonsinnhenting**

Ifølge informantene vil ombruk av glasselementer bli vanligere i årene fremover dersom det finnes måter å nå de tekniske kravene. Ombruk av dører med glassfelt og glasskillevegger blir gjennomført i dagens prosjekter fordi elementene er mindre bundet av tekniske krav (P1 og P3). Vinduer krever bearbeidelse om de skal kunne brukes om igjen. Er bearbeidelse omfattende blir det regnet som gjenbruk fremfor ombruk, som er miljømessig mindre gunstig. Muligheten for gjenbruke vinduer trekkes frem som et mer anvendbart alternativ til ombruk (R3). Tenker en i et større perspektiv, vil ombruk av vinduer fremover styres av hvilke industrialiserte løsninger som finnes for bearbeidelse og forbedring.

Industrielle løsninger for testing, re-dokumentering og bearbeidning av brukte elementer kan gjøre ombruk til et attraktivt alternativ. Det kan diskuteres hvilke bygningselementer det er hensiktsmessig å ombruke. Ettersom ombruk av stål, betong og andre tunge bygningselementer gir en større klimagassbesparelse enn ombruk av glasselementer, er det naturlig å starte der. Tyngre elementer er lett å skjule i bygningskroppen, som reduserer det estetiske preget som kan oppstå ved ombruk. Prosessen ved å demontere tyngre elementer er på til gjengjeld mer omfattende og kostnadsfylt enn å demontere vinduer. Estetikken knyttet til ombrukte glasselementer kan også brukes som et prinsipp i prosjekter, både innvendig og utvendig.

Ved å montere vinduer i halvklimate soner kan kravet til U-verdi ses bort fra (R3 og R4). Vinduene vil ikke bli brukt i sin opprinnelige funksjon, men miljøeffektene vil likevel være gunstige. Dette gjelder også for vinduer som blir brukt i innvendige fasader. I halvklimate

soner beholdes ofte ytterklær på, noe som fører til aksept for lavere temperaturer. Vinduene kan også benyttes som ruter i vinterhager på eventuelle takterasser eller innebygde balkonger.

## 6.4 Resultatenes validitet

Resultatene fra de ulike metodene anvendt i oppgaven ga forventede resultater sammenlignet med tidligere forskning og teori. Metodiske valg kan virke inn på resultatene av analysene. Dette delkapittelet vil belyse usikkerhetsmomenter ved de ulike metodene.

### Litteraturstudie

Ettersom funnene av relevant litteratur var begrenset ved søk i de akademiske søkemotorene, ble det benyttet søkemotorer med lavere validitet. Kilder fra søkemotoren Google Scholar som artikler og offentlige nettsider vil derfor være mindre pålitelighet. Litteratur fra bransjeledende aktører, som Sintef Byggforsk, vil regnes som mer pålitelige ettersom de er veiledende for bransjen.

Flere kilder benyttet i denne oppgaven ble funnet fra litteraturlister i relevante artikler, avhandlinger og rapporter. Teori presentert i denne oppgaven er sammenlignet med annen litteratur om gitt tema for å bekrefte samsvar, dette styrker innholdets validitet.

### Casestudie

Bygget i casestudien er valgt hovedsakelig fordi det rives før endt levetid. Det kan antas at resultatene knyttet til casestudien kan benyttes som eksempel i prosjekter hvor ombruk av glasselementer er aktuelt. Positive klimagassberegninger viser at ombruk av glasselementer kan gi stor besparelse og burde derfor utvikles videre.

Beregningene knyttet til casestudien tok utgangspunkt i mengder fra originale fasadetegninger. Det antas at det har vært utskiftninger av elementer i fasaden, men informasjon om dette var ikke å oppdrive. Det var heller ikke mulig å få tak i plantegninger for bygget. Tilstanden til flere bygningselementer og beregningene for innvendige glasselementer er derfor usikker.

Et endelig planforslag for Nye Galleri Oslo er ikke vedtatt per dags dato. I planforslagene ønskes det område til boliger på over 22 000  $m^2$  BRA. Ved ombruk av glasselementer er det mest realistisk at elementene plasseres i boligdelen av prosjektet. Derfor legges det til grunn at

graden av ombrukte elementer er avhengig av andelen boliger i godkjent prosjekt.

### **Klimagassberegninger**

Klimagassberegningene baseres på sammenligning av eksisterende elementer og EPD til tilsvarende elementer. En viktig forutsetning er at de eksisterende elementene vil kunne erstatte de tilsvarende elementene i et prosjekt. I klimagassberegningene er de eksisterende elementene, inkludert bearbeiding, ansett til å tjene samme funksjon som de tilsvarende elementene. En utfordring ved sammenligning av vinduer er at U-verdien vil være usikker etter bearbeiding av eksisterende vindu. Det vil si at evnen til å motstå varmegjennomgang vil være ulik. De andre funksjonene til et vindu, som innslipp av dagslys og naturlig ventilasjon er oppfylt.

Resultatene er basert på utslipp knyttet til fasene A1-A4 som omhandler produksjonsfase og transportfase. Utslipp i produksjonsfasen varierte fra produsent til produsent. EPD-ene ble valgt ut i fra hvilket produkt som var mest tilsvarende eksisterende produkt. Benyttes miljøvennlige materialer og energikilder vil utslippene i produksjonsfasen reduseres.

Usikkerhet tilknyttet transportfasen er knyttet til transportmiddel og transportavstand. Velges elektriske transportmidler vil utslipp knyttet til transport reduseres. Avstanden til lagring og bearbeiding er varierende og utfordrende å estimere. En gjennomsnittsavstand ble brukt for å beregne utslipp knyttet til transport. Siden Galleri Oslo ligger midt i Oslo sentrum kan det antas at avstander til lagring og bearbeiding er under landsgjennomsnittet.

Ettersom eksisterende vinduer har høyere U-verdi enn nye vinduer vil ombruk medføre bruk av mer isolasjon. Dette er ikke inkludert i klimagassberegningene og må undersøkes på samme linje som behovet for mer energi til oppvarming.

### **Informasjonsinnhenting**

Informasjonsinnhenting ble gjennomført etter litteraturstudiet for å styrke forståelsen for faglige begreper og innhold i samtalen. Spørsmål ble utarbeidet basert på tilegnet kunnskap fra litteraturen og svar ble sammenlignet med teoretisk grunnlag for å bekrefte samsvar. Informanter ble valgt utfra i fra tilgjengelig informasjon om deres tidligere prosjekter og utsagn om ombruk i media. To av informantene ble valgt etter henvisning fra andre



informanter. Hvilke personer som ble kontaktet har en direkte innvirkning på resultatene fra informasjonsinnhenting. Det antas at andre personer ville gitt andre resultater.

Selve informasjonsinnhenting ble gjennomført som ustrukturerte samtaler på videomøter og personlige møter. Informantene var kjent med temaene og formålet med samtaler. Lengden og tilstedeværelsen i samtaler var varierende. I noen tilfeller varte samtaler lengre enn forventet og informantene viste stor interesse for problemstillingen i oppgaven. I andre tilfeller var svarene korte og konsise. Svarene fra informantene ble notert i stikkordform underveis i samtalen og er gjengitt etter beste evne. En svakhet med samtaler er at de ikke ble dokumentert på båndopptaker. Validiteten på svarene svekkes ettersom de ikke kan analyseres utover den aktuelle samtalen. Det må antas at noen svar ble misforstått og kan være feiltolket. Det legges til grunn av kvaliteten på samtaler forbedret seg i takt med antall samtaler som ble gjennomført.

## 7 Konklusjon

I 2020 ble 46 % av avfall i Norge materialgjenvunnet (Klima - og miljødepartementet, 2021). For bygge- og anleggsbransjen var det 14 % under målet på 70 % ombruk og materialgjenvinning. Regjeringen har uttalt at det oppfordres til reguleringer som legger til rette for ombruk av materialer og reduksjon av avfallsmengder. Likevel innvilges søknader om å rive bygg før byggets endte levetid.

Med bakgrunn i en casestudie, ble det gjennomført klimagassberegninger for å vurdere miljøeffektene av ombruk av glasselementer i et stort kontorbygg fra 1989. I beregningene ble klimagassutslipp ved ombruk sammenlignet med utslippene tilknyttet fremstilling av nye, tilsvarende elementer. Det ble gjennomført et litteraturstudie og en informasjonsinnhenting for å etablere et teorigrunnlag, i tillegg til å kontrollere samsvar mellom resultater i oppgaven og resultater i tidligere forskning.

Oppgavens problemstilling har vært å finne klimagevinsten ved ombruk av glasselementer og hvordan ombruk av glasselementer kan gjennomføres. Samlet sett vurderes ombruk av glasselementer som et tiltak med positive miljøeffekter med bakgrunn i teorigrunnlaget og klimagassberegninger. Utfra resultatene og diskusjonskapittelet trekkes følgende konklusjoner:

- Ombruk av glasselementer kan redusere klimagassutslippet knyttet til materialbruk.

Ombruk av glasselementer reduserer klimagassutslipp knyttet til utvinning av råvarer, produksjon og transport. Ombrukes 85 % av glasselementer i eksisterende bygg blir besparelsen på 282 tonn  $CO_2$ -ekvivalenter. Miljøbesparelsene tilsvarer mellom 66 % og 94 % mindre utslipp av  $CO_2$  enn benytting av nye materialer. Dette indikerer at ombruk av glasselementer har et stort potensiale for reduksjon av klimagassutslipp.

- Ombruk effektiviserer ressursbruken ved å bruke glasselementer i sin opprinnelige funksjon.

Glasselementer består av kvartssand eller malt kvarts som er en ikke-fornybar ressurs. Ved gjenbruk får ressursene nytt liv gjennom knusing, smelting eller omforming. Dette er energikrevende prosesser som fører med seg betydelige klimagassutslipp. Ombruk

benytter de eksisterende ressursene uten gjennomføring av energikrevende prosesser. Det er likevel store utfordringer knyttet til ombruk om materialene må følge dagens tekniske krav. Mye tyder på at gjenbruk er mer aktuelt frem til ombruk blir mer normalisert.

- Glasselementer kan ombrukes på flere måter i nye bygg.

Innvendige glasselementer som dører med glassfelt og glasskillevegger kan ombrukes uten betydelig bearbeidelse eller krav til teknisk dokumentasjon. Vinduer med høy U-verdi kan benyttes i halvklimatiske soner hvor krav til innetemperatur neglisjeres. Det er også mulig å benytte to vinduer med høy U-verdi i samme åpning for å skape fire-lags vinduer eller å kompensere med ekstra isolasjon for redusere den helhetlige U-verdien i en konstruksjon.

Fra resultatene fremkommer det også at bearbeidelse og oppsirkulering av vinduer gir bedre miljøeffekter enn å benytte nye. Disse metodene vil grense mot gjenbruk heller enn ombruk på grunn av mengden bearbeidelse elementene må gjennomgå. Lite maskinbruk og få energikrevende prosesser medfører likevel gode miljøeffekter.

Det understrekes at resultatene kan ha variasjoner som følger av mangel på dokumenter og informasjon om eksisterende glasselementer. Resultatene kan ikke direkte generaliseres til andre prosjekter.

## 8 Forslag til videre arbeid

Denne masteroppgaven berører flere aspekter ved et relativt nytt tema. Avgrensninger i oppgaven har etterlatt flere spørsmål som kan være interessant å undersøke. Flere spørsmål ble belyst av informanter, som tyder på at videre arbeid kan være nyttig for bransjen.

**Kostnader ved ombruk av glasselementer:** Kostnader knyttet opp mot ombruk og oppsirkulering er svært aktuelt for normalisering av ombruksprosessen. For glasselementer vil ombruk av elementer med dårligere tekniske egenskaper medføre større utgifter til drift og vedlikehold. Grensesnittet mellom miljøbesparelse ved ombruk og miljøkostnad tilknyttet drift og vedlikehold er en aktuell problemstilling i denne sammenheng.

**Hvor hensiktsmessig det er å ombruke glass i forhold til andre materialer:** Glass er et energikrevende materiale å fremstille, men er også et skjørt materiale med ambisiøse tekniske krav. Det antas at andre bygningsmaterialer vil være hensiktsmessig å prioritere i ombruksspørsmålet før glass. En undersøkelse av dette vil bidra til en raskere miljøgevinst dersom ombruk av tilgjengelige materialer med store klimagassutslipp prioriteres.

**Løsninger for omsetning av ombruksmaterialer:** Per dags dato finnes det flere digitale plattformer for kjøp og salg av ombruksmaterialer i en startfase. En oppskalering av ombruksmarkedet avhenger av tilgjengelighet og mengder materialer. Dette gjøres best med en felles plattform og tydelige rammer for dokumentasjon ved omsetning.

**Et storskala ombrukssamarbeid:** Samarbeid på tvers av prosjekter for å optimalisere ombruksgraden og minimalisere logistikk ville vært et svært interessant forsøk. Ved å kartlegge tilgjengelige materialer tidlig i prosjektet og gjennomføre prosjektene parallelt kunne prosjektene baseres på eksisterende materialer.

**Industrialiserte metoder for bearbeiding av brukte vinduer:** Oppsirkulering og bearbeiding av brukte vinduer er kostnadsfylt når det gjennomføres i liten skala. En industrialisert metode for å effektivt forbedre brukte vinduer ville gjort ombruk av glass til et mer attraktivt alternativ.

## Referanser

Asplan Viak (2021), *Fasade langs Schweigaards gate 4-14*. (Hentet: 3. mars 2022).

Tilgjengelig fra: <http://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/showfile.asp?jno=2022000141fileid=10004030>

Avfall Norge (2017), *Avfallspyramiden*. (Hentet: 18. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://avfallnorge.no/om-bransjen>

Brattbakk, I., Andersen, B., Hagen, A. L., Ruud, M. E., Ander, H. E., , H. B., Skajaa, J. og Dalseide, A. M. (2017), *På sporet av det nye Grønland*. (Hentet: 14. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://oda.oslomet.no/oda-xmlui/bitstream/handle/20.500.12199/6503/r2017-04stedsanalyse20GrC3B8nlandRS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bugge, L. og Sunde, O. (2019), *Virkemidler for økt ombruk i Oslo kommune*. (Hentet: 25. januar 2022).

Tilgjengelig fra: [https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/09/Virkemidler-for-okt-ombruk\\_AsplanViak.pdf](https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/09/Virkemidler-for-okt-ombruk_AsplanViak.pdf)

Bygg.no (2020), *Brukte huldekkere*. (Hentet: 20. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/hulldekker-fra-regjeringskvartalet-ombrukes-pa-storbylegevakta/1428053/>

Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017a), *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. (Hentet: 17. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840KAPITTEL9>

Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017b), *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. (Hentet: 16. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840KAPITTEL10>

Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017c), *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. (Hentet: 16. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840KAPITTEL3>

Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017d), *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. (Hentet: 16.

februar 2022).

Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840KAPITTEL<sub>13</sub>](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840KAPITTEL_13)

Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017e), *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. (Hentet: 16. februar 2022).

Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840KAPITTEL<sub>14</sub>](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840KAPITTEL_14)

Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (2021), *Kapittel 3 Dokumentasjon av byggevarer*. (Hentet: 16. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/3/3-1/>

Dalland, O. (2014), *Metode og oppgaveskriving*, Vol. 5. utgave, Gyldendal Norsk forlag.

Direktoratet for Byggkvalitet (2021), *Høringsbrev - ombruk av byggevarer*. (Hentet: 16. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/ombruk-av-byggevarer>

European Commission (1990), *About the EN Eurocodes*. (Hentet: 31. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/showpage.php?id=1>

Everett, E. L. og Furseth, I. (2012), *Masteroppgaven*, Vol. 2. utgave, Universitetsforlaget.

EØS-notat (2016), *Sirkulær økonomi*. (Hentet: 17. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2015/des/sirkular-okonomi/id2470468/>

Futurebuilt (2021), *Ruseløkka skole*. (Hentet: 20. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter!/Forbildeprosjekter/Ruseloeikka-skole>

Galleri Oslo Utvikling (2020), *Schweigaards gate 10 med flere (Galleri Oslo) - planforslag*. (Hentet: 9. mars 2022).

Tilgjengelig fra: [htt-](https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/showfile.asp?jno=2021028759fileid=9491343)

[ps://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/showfile.asp?jno=2021028759fileid=9491343](https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/showfile.asp?jno=2021028759fileid=9491343)

Galleri Oslo Utvikling (2021), *Planinitiativ for Galleri Oslo*. (Hentet: 14. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

[https://nyegallerioslo.no/assets/20210222vedlegg\\_1\\_-\\_Prosjektbeskrivelse\\_min.pdf](https://nyegallerioslo.no/assets/20210222vedlegg_1_-_Prosjektbeskrivelse_min.pdf)

Galleri Oslo Utvikling, A-Lab (2021), *Tomteomriss og nabolag, Galleri Oslo*. (Hentet: 21. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://nyegallerieslo.no/fakta/planititativ>

Galleri Oslo Utvikling og A-LAB (2021), *Planinitiativ for Galleri Oslo, Stedsanalyse*. (Hentet: 21. februar 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://nyegallerieslo.no/assets/20210222vedlegg-2-Stedsanalyse-min.pdf>

Glass info (2022), *Herdet og laminert glass*. (Hentet: 26. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://info.glass.com/laminated-vs-tempered-glass/>

Greenbiz (2010), *A Tall Order: Serious Materials to Retrofit Empire State Building's Windows*. (Hentet: 27. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.greenbiz.com/article/tall-order-serious-materials-retrofit-empire-state-buildings-windows>

Grønn Byggallianse (2016), *BREEAM-NOR 2016 for nybygg*. (Hentet: 1. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/12/KOPI-SD-5075NOR-BREEAM-NOR-2016-Nybygg-Versjon-1.2.pdf>

Grønn Byggallianse (2022), *Kategorier innenfor BREEAM*. (Hentet: 10. mars 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://byggalliansen.no/tidligere-arrangementer/introduksjon-til-breeam-nor-v6-0/>

Haldimann, M., Luible, A. og Overend, M. (2008), *Structural Use of Glass*, IABSE.

Hambra og Hjellnes Consult (2013), *Unngå helse- og miljøskadelige stoffer i bygg*. (Hentet: 2. februar 2022).

Tilgjengelig fra:

[https://dibk.no/globalassets/miljo/publikasjoner/substitusjonsveileder\\_print.pdf](https://dibk.no/globalassets/miljo/publikasjoner/substitusjonsveileder_print.pdf)

Høydahl, V. V. og Walter, H. K. (2020), *Ombbruk av byggematerialer og -produkter i et bærekraftperspektiv*. (Hentet: 20. januar 2022).

Tilgjengelig fra: [https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2738114/Walter%20og%20H%C3%B8ydahl.pdf?sequence=1)

[xmlui/bitstream/handle/11250/2738114/Walter%20og%20H%C3%B8ydahl.pdf?sequence=1](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2738114/Walter%20og%20H%C3%B8ydahl.pdf?sequence=1)

Ivarson, H. (2021), *Rehub.no: Snur byggebransjen på hodet!* (Hentet: 25. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

[https://www.buildingsupply.no/article/view/789562/rehubno\\_snur\\_byggebransjen\\_pa\\_hodet](https://www.buildingsupply.no/article/view/789562/rehubno_snur_byggebransjen_pa_hodet)

Kilvær, L., Sunde, O. W., Eid, M. S., Fjeldheim, H. og Rydningen, O. (2019), *Forsvarlig ombruk av byggevarer.* (Hentet: 25. januar 2022).

Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer\\_esirquel\\_2019.pdf](https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer_esirquel_2019.pdf)

Klima- og miljødepartementet (2021), *St. meld. 13 (2020-2021).* (Hentet: 17. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/contentassets/a78ecf5ad2344fa5ae4a394412ef8975/nn-no/pdfs/stm202020210013000dddpdfs.pdf>

Klima- og miljødepartementet (2021a), *Endring av rammedirektivet om avfall (del av pakke sirkulær økonomi).* (Hentet: 18. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2014/des/endring-av-rammedirektivet-for-avfall-del-av-pakke-sirkular-okonomi/id2502169/>

Klima- og miljødepartementet (2021b), *Klimaendringer og norsk klimapolitikk.* (Hentet: 17. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>

Kommunal- og distriktsdepartementet (2008), *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven).* (Hentet: 31. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2021), *Nå blir det enklere å bruke brukte byggematerialer om igjen.* (Hentet: 2. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/aktuelt-regjeringen-solberg/kmd/pressemeldinger/2021/na-blir-det-enklere-a-bruke-brukte-byggematerialer-om-igjen/id2828497/>



- Li, H. (2021), *Fiberglass Science and Technology: Chemistry, Characterization, Processing, Modeling, Application, and Sustainability*, Springer International Publishing AG, Cham.
- Lundgaard, H. (2008), *AFTEN-LESERNES DOM: Galleri Oslo er verst i byen*, Aftenposten. (Hentet: 17. januar 2022).  
Tilgjengelig fra: <https://app.retriever-info.com/go-article/020002200801117581/null/archive/search?type=jwt>
- Mad Arkitekter (2021), *Kristian Augusts gate 13*. (Hentet: 20. januar 2022).  
Tilgjengelig fra: <https://mad.no/prosjekter/kristian-august-gate-13>,
- Miljødirektoratet (2021), *Hva er sirkulærøkonomi?* (Hentet: 20. januar 2022).  
Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>
- Miljødirektoratet (2022), *Støy fra veitrafikk i Schweigaards gate 4-14*. (Hentet: 23. mars 2022).  
Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/stoy/>
- Miljømerking Norge (2021), *Svanemerkets miljøkrav til bolig og andre bygg*. (Hentet: 1. februar 2022).  
Tilgjengelig fra: <https://svanemerket.no/miljokrav/bolig-og-andre-bygg/>
- Moldekleiv, R. S. og Mynors, M. E. T. (2017), *Gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer*. (Hentet: 28. januar 2022).  
Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2465488>
- Multiconsult (2009), *Levetider i praksis*. (Hentet: 22. februar 2022).  
Tilgjengelig fra:  
[https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider\\_i\\_praksis.pdf](https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider_i_praksis.pdf)
- Multiconsult, ENOVA og Loopfront (2021), *Regionale ombruksnettverk for byggematerialer og inventar*. (Hentet: 25. januar 2022).  
Tilgjengelig fra: <https://www.multiconsult.no/assets/Regionale-ombruksnettverk-Sluttrapport-Nettversjon.pdf>
- Nag, P. K. (2018), *Green Building and Assessment Systems*, Design Science and Innovation, Springer Singapore, Singapore.
- NHP (2015), *Farlig avfall – Vinduer*. (Hentet: 2. februar 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2015/03/FARLIG-AVFALL-Vinduer.pdf>

Nordby, A. S. (2009), *Salvageability of building materials*. (Hentet: 17. mars 2022).

Tilgjengelig fra: [https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/231092/225736_FULLTEXT02.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[xmlui/bitstream/handle/11250/231092/225736\\_FULLTEXT02.pdf?sequence =  
1&isAllowed = y](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/231092/225736_FULLTEXT02.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Nordby, A. S., Lunke, R. og Andersen, R. (2021), *Ombruk i Kristian Augusts gate 13*. (Hentet: 20. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://entra.no/storage/uploads/article-documents/ka13-erfaringsrapport-ombruk-rev1-250120-kl-1211.pdf>

Norgeskart (2022), *Plassering av Galleri Oslo*. (Hentet: 4. april 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.norgeskart.no/>

Oslo Areal (2019), *Schweigaardsgate 6-14*. (Hentet: 14. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://osloareal.no/eiendom/schweigaardsgate-6-14>

Plan- og bygningsetaten (2015), *Dagens reguleringsbestemmelser for Schweigaards gate 4-14*. (Hentet: 9. mars 2022).

Tilgjengelig fra: <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/598215,6642832,7>

Sandberg, E. og Kvellheim, A. K. (2021), *Ombruk av byggematerialer*, SINTEF akademisk forlag. (Hentet: 18. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

[https://www.sintefbok.no/book/index/1302/ombruk<sub>a</sub>v<sub>b</sub>byggematerialer<sub>m</sub>arked<sub>d</sub>rivere<sub>o</sub>g<sub>b</sub>barrierer](https://www.sintefbok.no/book/index/1302/ombruk_av_byggematerialer_marked_rivere_og_barrierer)

Schmitz, A., Kaminski, J., Scalet, B. M. og Soria, A. (2011), *Energy consumption and CO2 emissions of the European glass industry*, Vol. 39. (Hentet: 26. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000285492000013>

Silverman, D. (1993), *Interpreting qualitative data*, Vol. fifth edition, Sage publications Ltd.

Sintef Byggforsk (2011), *700.806 Gjennomføring av rivearbeid*. (Hentet: 21. februar 2022).

Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering<sub>a</sub>v<sub>r</sub>ivearbeider](https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering_a_v_rivearbeider)

Skanska (2020), *Oslo Storbylegevakt*. (Hentet: 20. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.skanska.no/hvem-vi-er/media/for-presse/pressemeldinger2/242504/Klart-for-neste-fase-for-Storbylegevakten/>

SSB (2021a), *Avfall fra byggeaktivitet*. (Hentet: 27. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet>

SSB (2021b), *Avfallsregnskapet*. (Hentet: 18. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfallsregnskapet>

Standard Norge (2022), *CE-merking*. (Hentet: 2. februar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/standardisering/ce-merking/>

Statsbygg og Grønn Byggallianse (2021), *Ombrukskartlegging satt i system*. (Hentet: 25. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://dok.statsbygg.no/wp-content/uploads/2021/08/veilderOmbrukskartleggingMedVedlegg.pdf>

Sørnes, K., Nordby, A. S., Fjeldheim, H., Hashem, S. M. B., Mysen, M. og Schlanbusch, R. D. (2014), *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*, SINTEF akademisk forlag. (Hentet: 18. januar 2022).

Tilgjengelig fra:

[https://www.sintefbok.no/book/index/985/anbefalinger\\_ved\\_ombruk\\_av\\_byggematerialer](https://www.sintefbok.no/book/index/985/anbefalinger_ved_ombruk_av_byggematerialer)

Undervisningsbygg (2021), *Ruseløkka skole*. (Hentet: 20. januar 2022).

Tilgjengelig fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/06/04\\_BodilMotzke\\_Erfaringer-med-ombruk-p%C3%A5-Rusel%C3%B8kka-06062019.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/06/04_BodilMotzke_Erfaringer-med-ombruk-p%C3%A5-Rusel%C3%B8kka-06062019.pdf)

van den Berg, M., Voordijk, H. og Adriaanse, A. (2020), *Recovering building elements for reuse (or not) ,Ethnographic insights into selective demolition practices*, Elsevier Ltd.

Venta Windows (2020), *Trelagsvindu i aluminium*. (Hentet: 26. januar 2022).

Tilgjengelig fra: <https://ventawindows.com/nb/product-info-blocks/lydisolasjon/>

Yin, R. K. (2014), *Case study research: design and methods*, Vol. 5. utgave, Sage.

Øystein Widding (2005), *Case som metode. Hovedutfordringer knyttet til ulike forskningsdesign når hensikten er å generalisere*.

## Vedlegg 1 - Ombrukte elementer, vinduer

Eksisterende  
glasselementer  
brukes til samme  
funksjon i nytt bygg

Glassruter fra tak  
brukes til samme  
funksjon i nytt bygg

To-lags vinduer blir  
upcyclet til tre-  
lagsvinduer og  
benyttet i nytt bygg

### Vinduer

Fase	Prosess	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per vindu	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per vindu	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per vindu	Forutsetninger	Kilde
A1-A3	Demontering uten kran	0,009	0,0	0,009	Håndverktøy og elektrisk bajonett. Vinduene fraktes ut av bygget uten ekstra maskiner, mens takrutene løftes ned med krane. Antar 2 timers håndtering per vindu. 15 min med bajonettsag per vindu. 20 min med krane per 5 vinduer (4 min per vindu)	Samtale med CraneNorway Oslo 28.03
	Demontering m. kran	0,0	1,3	1,3		
	Transport til bearbeiding hos produsent	1,7	1,6	1,7	Antar samme verdi som å transportere et tilsvarende vindu 300km	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume</a>
	Bearbeiding	2,0	1,7	23,6	Eksisterende vinduer kan behandles med gassfylling og lavemisjonsbelegg for å forbedre U-verdien til vinduene ned mot 1,2 W/(m <sup>2</sup> K). Belegg og gassfylling består av 1,23% av produksjonsmaterialene. I følge monteringsanvisningen: Glass i NorDan produkter trengs det kun håndverktøy for å demontere glassruter fra eksisterende ramme. Tar utgangspunkt i at et vindu består av 75% glass. Bruker tall fra EPD til tilsvarende vindu for å hente verdier knyttet til produksjon * 0,25 (karm). Mengden vinduer blir redusert til 2/3 fordi det kreves 3 to-lagsvinduer for å lage 2 tre-lagsvinduer	Samtale med P1 27.02. Samtale med P3, 02.03.
	Mellomlagring	6,0	6,0	6,0	Totalt nettoenergibehov for et lagerbygg [kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA per år] er 115. Lagres vinduene på paller kan man anta at det er plass til 60 vinduer per 100 m <sup>2</sup> . kg CO <sub>2</sub> = (115 kWh/m <sup>2</sup> * 100 m <sup>2</sup> * 0,017 kg CO <sub>2</sub> / kWh) / 60 vinduer	Teknisk forskrift
A4	Transport til byggeplass	1,7	1,6	1,7	Antar samme verdi som å transportere et tilsvarende vindu tilbake til opprinnelig sted.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20EPDer/B">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20EPDer/B</a>
A5	Montering	4,55	4,55	4,55	Antar samme verdi som å montere et tilsvarende vindu.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume</a>
C1	Demontering	2,3	1,8	2,3	Antar samme verdi som å demontere et tilsvarende vindu.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume</a>
C2	Transport fra byggeplass	0,5	0,5	0,5	Antar samme verdi som å transportere et tilsvarende vindu 50 km.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume</a>
C3	Avfallshåndtering	31,7	23,6	31,7	Energi knyttet til behandling av avfall fra elementene	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokume</a>

Sum kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per vindu	50,4	42,7	73,3
--	------	------	------

Sum kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per vindu A1-A4	11,4	12,3	34,3
--	------	------	------

Sum kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per vindu A1-A4 uten mellomlagring	5,418	6,313	28,287
---	-------	-------	--------

## Vedlegg 2 - Ombrukte elementer, dør og glasskillevegg

Glasskillevegger og dører		Glasskillevegg		Glassdør	
Fase	Prosess	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per element	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per element	Forutsetninger	Kilde
A1-A3	Demontering	0,0	0,0	Elementene kan demonteres ved hjelp av håndverktøy, det er ikke behov for maskiner.	Samtale med P3, 02.03.
	Transport til mellomlagring	4,4	2,5	Antar samme verdi som å transportere et tilsvarende vindu 50 km.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-</a>
	Bearbeiding	0,0	0,0	Ikke behov for bearbeiding	
	Mellomlagring	6,0	6,0	Totalt nettoenergibehov for et lagerbygg [kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA per år] er 150. Lagres elementene på paller kan man anta at det er plass til 60 element per 100 m <sup>2</sup> . Kg CO <sub>2</sub> = (115 kWh/m <sup>2</sup> * 100 m <sup>2</sup> * 0,017 kg CO <sub>2</sub> /kWh)/60 elementer	Teknisk forskrift
A4	Transport til byggeplass	4,4	2,5	Antar samme verdi som å transportere et tilsvarende vindu tilbake til opprinnelig sted.	Samtale med P1 27.02. Samtale med P3, 02.03.
A5	Montering	0,06	6,29	Antar samme verdi som å montere et tilsvarende element	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bru">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bru</a>
C1	Demontering	0,7	2,3	Antar samme verdi som å demontere et tilsvarende element	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-</a>
C2	Transport fra byggeplass	4,4	2,5	Antar samme verdi som å transportere et tilsvarende element 50 km.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-">pd-norge.no/getfile.php/136585-</a>
C3	Avfallshåndtering	0,061	52,4	Energi knyttet til behandling av avfall fra elementene	<a href="https://www.epd-">https://www.epd-</a>
<b>Sum kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per element</b>		<b>20,1</b>	<b>74,4</b>		
<b>Sum kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per element A1-A4</b>		<b>14,9</b>	<b>10,9</b>		
<b>Sum kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per element A1-A4 uten mellomlagring</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>		

### Vedlegg 3 - Informasjon fra EPD

Nordvest fastkarm	Magnor H-vindu	Glassfront systemvegg	NorDan glassdør	NorDan glassrute til systemvegg
1,23x1,48 Fast karm, aluminium, justert for frakt og levetid	1,23x1,48 2-lags sidehengslet vindu, justert for frakt og levetid	2,4x2,7 m, 10,4 mm tykk, justert for frakt	1,23x2,18, trelagsglass med aluminium karm, justert for frakt	1,23x1,48 trelags glassrute i smal aluminium karm, justert for frakt

Fase	Prosess	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per element	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per element	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per element	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per element	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per element	Forutsetninger	Kilde
A1-A3	Råmaterialer, transport og tilvirkning	165,0	110,2	39,0	169	141,3	Tilsvarende nye elementer med samme areal som eksisterende elementer. Tatt hensyn til fastkarm, sidehengslet og smal karm.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20</a>
A4	Transport til byggeplass	1,7	1,4	4,4	2,5	1,6	Justert etter gjennomsnittlig transportdistanse i Norge	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20</a>
A5	Montering	4,6	4,6	0,1	6,29	4,55	Tatt utgangspunkt i verktøy som brukes for å montere elementene og utslipp knyttet til de.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20</a>
C1	Demontering	2,3	2,3	0,7	2,3	1,8	Tatt utgangspunkt i verktøy som brukes for å demontere elementene og utslipp knyttet til de.	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20</a>
C2	Transport fra byggeplass	0,5	0,4	1,2	0,7	0,5	Justert etter gjennomsnittlig distanse til avfallslevering i Norge	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20</a>
C3	Avfallshåndtering	31,7	24,6	0,1	52,4	23,6	Energi knyttet til behandling av avfall fra elementene	<a href="https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20">https://www.epd-norge.no/getfile.php/136585-1470750962/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20</a>
<b>Sum utslipp</b>		<b>205,7</b>	<b>143,5</b>	<b>45,5</b>	<b>233,1</b>	<b>173,3</b>		
<b>Sum utslipp A1-A4</b>		<b>166,7</b>	<b>111,6</b>	<b>43,5</b>	<b>171,5</b>	<b>142,9</b>		

Vekt [tonn]	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Prosentandel glass (vekt)	76 %	50 %	98 %	59 %	81 %

#### Vedlegg 4 - Utslipp knyttet til transport

Transportmiddel	Type	Distanse [km]	Drivstoff for å frakte 1 tonn 1 km [ l/tkm]	Drivstoff per km [l/km]
Stor lastebil	EURO5,> 32 tonn	250	0,023	0,31
Medium lastebil	EURO5, 16-32 tonn	50	0,045	0,25

Energikilde	Utslipp	Enhet	Kilde
Elektrisitet	0,017	kg CO2-	NVE, Klimadeklarasjo ,
Diesel	3,2	kg CO2-ekvivalenter/l	Framtiden i våre hend ,

Transportmiddel	Energikilde	Utslipp [l/km]	kg CO2-ekvivalenter per km	Kilde
Lastebil	Diesel	0,41	1,312	Samtale med CraneNorway Oslo 28.04, Tall fra SSB (2019)

### Vedlegg 5 - Utslipp fra maskiner

Maskin	Leverandør	Modell	Energikilde	Effekt [kW]	Drivstofforbruk [l/h]	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per time	Bruksområde	Kilde
Bajonettsag	Makita	1510w jr3070ct	Elektrisk	1,51		0,036	Kapping for demontering av vindu fra vegg	<a href="https://www.megaflis.no/verktoy/kutte--og-kappemaskiner/maskiner/makita-bajonettsag-1510w-jr3070ct">https://www.megaflis.no/verktoy/kutte--og-kappemaskiner/maskiner/makita-bajonettsag-1510w-jr3070ct</a>
Mobilkran/Lastebilkran	Crane Norway Oslo AS		Diesel		6,25	20,0	Løfte takvindu fra tak til bakkenivå, 50 liter per 8 timer.	Samtale med CraneNorway Oslo 28.03

Energikilde	Utslipp	Enhet	Kilde
Elektrisitet	0,024	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter/kWh	energifaktanorge.no/norsk-energibruk/energibruk-og-klimagassutslipp/
Diesel	3,2	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter/l	Framtiden i våre hender (2013), Europe Natural Resources (2019)





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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway