

NOTAT

OPPDRAAG	Sandsliåsen 46 - Klimagassberegninger	DOKUMENTKODE	10216140-RIM-NOT-001
EMNE	Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Sandsliåsen 46 Utbygging AS	OPPDRAAGSLEDER	Heidi Havelin
KONTAKTPERSON	Christian Geithus	SAKSBEHANDLER	Katrine Taksdal/Elsa M. Buvik
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10233026 Bygningsforvaltning og Bygningsfysikk

SAMMENDRAG

Multiconsult Norge AS er engasjert av Sandsliåsen 46 Utbygging AS for å utføre klimagassberegninger for oppføring av boligbygg på Sandsli i Bergen, samt klimagassberegninger for både riving og rehabilitering av eksisterende bygg på tomten. For rehabilitering er det utført beregninger for to alternativ, hvorav det ene er rehabilitering til kontorbygg og det andre er rehabilitering til boligbygg med påbygg og nybygg. Det er utført klimagassberegninger ved hjelp av programvaren One Click LCA iht. NS 3720:2018. Beregningene er gjennomført iht. veileder til klimagassberegninger i KPA 2018 for Bergen kommune.

Totalt klimagassutslipp for de ulike alternativene, samt endring i % i forhold til referansebygget, er som følger:

- Referansebygg: 57 328 tonn CO₂-ekv.
- Riving og oppføring av nye boligbygg: 42 016 tonn CO₂-ekv. (- 27 %)
- Rehabilitering til kontorbygg: 90 717 tonn CO₂-ekv. (+ 58%)
- Rehabilitering til boligbygg med påbygg og nybygg: 44 374 tonn CO₂-ekv. (-23 %)

Transport i drift står for en relativt stor del av de totale klimagassutslippene. Totalt klimagassutslipp for de ulike alternativene, samt endring i % i forhold til referansebygget, uten transport i drift er som følger:

- Referansebygg: 7 004 tonn CO₂-ekv.
- Riving og oppføring av nye boligbygg: 6 365 tonn CO₂-ekv. (- 9 %)
- Rehabilitering til kontorbygg: 2 095 tonn CO₂-ekv. (-70 %)
- Rehabilitering til boligbygg med påbygg og nybygg: 5 994 tonn CO₂-ekv. (-14 %)

Ser en kun på klimagassutslipp knyttet til materialer og sammenligner rehabiliteringsalternativene mot riving og oppføring av nye boligbygg, blir reduksjonen 76 % for rehabilitering til kontorbygg og 20 % for rehabilitering til boligbygg inkl. påbygg og nybygg.

Det oppfordres til å aktivt arbeide med å redusere klimagassutslipp i videre prosjektering og byggefase.

03	14.04.2023	Endringer i utforming av de prosjekterte byggene	Elsa M. Buvik	Katrine Taksdal	Heidi Havelin
02	06.01.2023	Inkludere ombrukte materialer i nybygg, oppdatert transport i drift	Elsa M. Buvik	Katrine Taksdal	Heidi Havelin
01	10.06.2022	Rehabiliteringsalternativ 2	Katrine Taksdal	Elsa M. Buvik	Heidi Havelin
00	10.10.2021	Utsendt	Katrine Taksdal	Elsa M. Buvik	Heidi Havelin
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	1
2	Formål	1
3	Omfang	1
4	Om prosjektet	1
5	Metode	3
5.1	Systemgrenser	3
5.2	Omfang av bygningsdeler	4
5.3	Funksjonell enhet	4
5.4	Referansebyggmodul	4
5.5	Eksisterende bygninger	4
5.6	Referansebygg og prosjekterte nybygg	5
6	Data	6
6.1	Eksisterende bygninger	6
6.2	Referansebygg	8
6.3	Prosjekterte bygg	9
	Scenarioer	10
7	Resultater	11
7.1	Eksisterende bygninger	11
7.2	Referansebygg	12
7.3	Prosjekterte bygg	12
7.4	Sammenligning	12
7.5	Følsomhetsanalyse	15
8	Vurdering	15
8.1	Sammenligning mot referansebygg	15
8.2	Usikkerhet	16
8.3	Eiendommens egnethet	16
8.4	Energiproduksjon	16
8.5	Valg mellom riving og rehabilitering	16
8.6	Ombruk av materialer	17
8.7	Utslippsreducerende tiltak	18
9	Konklusjon	19

1 Innledning

I henhold til statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning er det et overordnet mål å prioritere arbeidet med å redusere klimagassutslipp. Klima- og energihandlingsplan for Bergen «Grønn strategi» sier at hensynet til reduksjon av klimagassutslipp skal ligge til grunn for videre utvikling av Bergen.

I forbindelse med ønske om å rive eksisterende bygninger på tomten er det utarbeidet klimagassberegninger for oppføring av nye boligblokker. Klimagassberegningene benyttes for å kartlegge prosjektets totale klimagassutslipp og tiltak som er gjort for å redusere byggenes klimagassutslipp. Klimagassberegningene omfatter materialbruk i byggene, energibruk og transport i driftsfase iht. veileder til klimagassberegninger i KPA 2018.

Multiconsult har også utarbeidet klimagassberegninger for både rehabilitering og riving av eksisterende bygninger på tomten.

2 Formål

Formålet med klimagassberegningene er å kartlegge klimagassutslipp for nye boligbygg, samt rehabilitering og riving av eksisterende bygg på tomten iht. veileder for klimagassberegninger i KPA 2018.

3 Omfang

Klimagassberegningene er en vurdering av klimagassutslipp på nivå «Basis med lokalisering» som definert i NS 3720:2018. Se kapittel 5 for nærmere spesifikasjon.

4 Om prosjektet

Multiconsult er engasjert av Sandsliåsen 46 Utbygging AS for å utføre klimagassberegninger for prosjektet Sandsliåsen 46 i Bergen. Prosjektet omhandler planarbeid for å oppføre nye boligbygg bestående av småhus, lamellbygg og punkthus, samt riving av eksisterende kontorbygg. Totalt planlagt BTA for boligbyggene er omtrent 19 200 m² fordelt på 15 bygg, se Figur 1. Eksisterende bygg på tomten er et kontorbygg fra 1997, se Figur 2. LINK har også utarbeidet en mulighetsstudie for eksisterende bygg, hvor alternativer for rehabilitering av kontorbygg til boligbygg er vurdert. Det er i dette notatet utarbeidet klimagassberegninger for alternativ 2 presentert i mulighetsstudiet til LINK. Se Figur 3 for illustrasjon over rehabiliteringsalternativ 2. Multiconsult har også utført en innledende ombrukskartlegging og tilstandsanalyse av eksisterende kontorbygg, se notat 1021640-RIM-NOT-002 og rapport 10216140-01-RIB-RAP-001.

Kommuneplanens arealdel for Bergen kommune (KPA 2018, §18.4) stiller krav om at det skal utføres klimagassregnskap for tiltak som innebærer:

1. Vesentlige naturinngrep eller
2. Nybygg større enn 1 000 m² BRA eller
3. Valg mellom riving og bevaring av eksisterende bygg.

Prosjektet berører punkt 2 og 3 i KPA 2018. Klimagassberegningene utføres totalt for prosjektet iht. NS 3720:2018 inklusive utarbeidelse av referansebygg. Omfanget av beregningene omhandler byggets materialbruk, energibruk i drift og transport i driftsfase. I tillegg utarbeides klimagassberegninger for riving og rehabilitering av eksisterende bygningsmasse iht. KPA 2018, samt beregning for rehabilitering til boligbygg inklusive påbygg/tilbygg.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

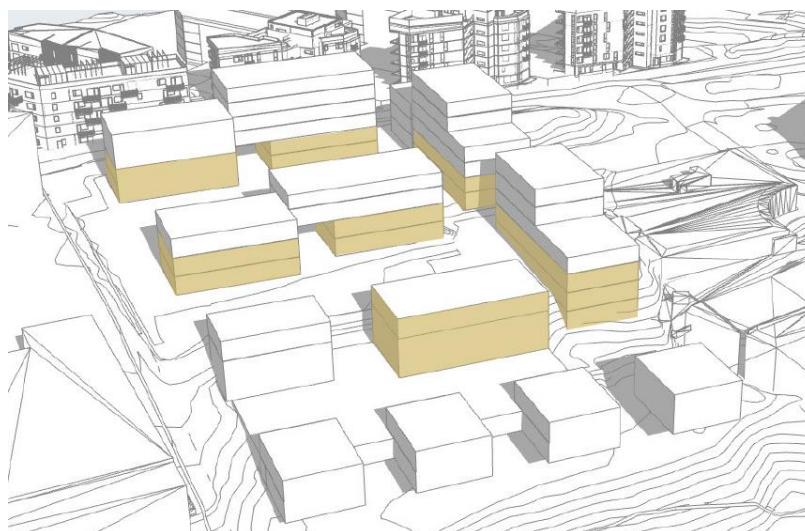


Figur 1 – Utklipp av illustrasjonsplan på Sandsliåsen 46 [Link arkitektur]



Figur 2 - Eksisterende kontorbygg på tomten [Hentet fra WSP.no]

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg



Figur 3 – Illustrasjon over alternativ for å rehabilitere eksisterende kontorbygg til boligbygg med påbygg og nybygg. Eksisterende bygg for rehabilitering er illustrert med gult.

5 Metode

Standarden NS 3720:2018 *Metode for klimagassberegninger for bygninger* er lagt til grunn for beregningene og skal omfatte «basis», «med lokalisering» som beskrevet i NS 3720:2018. Programvaren One Click LCA er benyttet.

5.1 Systemgrenser

Grønne celler i Tabell 1 markerer hvilke informasjonsmoduler eller livsløpsfaser klimagassberegningene omfatter.

Tabell 1 - Grønne celler markerer hvilke informasjonsmoduler klimagassberegningene omfatter

INFORMASJON OM VURDERING AV BYGNINGEN																	
INFORMASJON OM BYGNINGENS LIVSLØP																TILLEGGSINFORMASJON UTOVER BYGNINGENS LIVSLØP	
Produktstadiet A1 – A3			Gjennomføringsstadiet A4 – A5		Bruksstadiet B1 – B8								Livsløpets sluttstadiet C1 – C4				Konsekvenser utover systemgrensen D
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7*	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvarer	Transport	Produksjon	Transport	Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftning	Ombygging	Energi i drift	Vannforbruk i drift	Transport i drift	Riving	Transport	Avfallsbehandling	Avhending	Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi

*B7 inngår ikke i NS 3720:2018.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

B1-B3 er ikke inkludert i klimagassberegningene på nåværende tidspunkt. B1 omhandler bruken av bygget og er spesielt relatert til lekkasje av kuldemedium og karbonisering av betongen. Det er store usikkerheter og uenigheter rettet mot beregningsmetode og utslippsfaktor knyttet til disse verdiene, følgelig er denne livsløpsfasen utelatt. Ettersom kuldemedier med høy GWP er under utfasing som følge av EUs f-gass forordning, er det forventet at klimagassutslipp knyttet til lekkasje av kuldemedier reduseres fremover. Det antas at disse utslippene er neglisjerbare i dette prosjektet. Vedlikehold og reparasjoner (B2-B3) er ikke inkludert i beregningene da det forutsettes utskiftning etter endt teknisk levetid og ikke forlenget levetid for materialene som følge av reparasjoner. Til tross for at tre livsløpsfaser er utelatt i beregningene, vurderes beregningene til å være helhetlige da de omfatter hele prosjektets livsløp.

5.2 Omfang av bygningsdeler

Følgende bygningsdeler er inkludert i beregningen:

- 20 Bygning generelt
- 21 Grunn og fundamenter
- 22 Bæresystemer
- 23 Yttervegger
- 24 Innervegger
- 25 Dekker
- 26 Yttertak
- 28 Trapper, balkonger, m.m.

Følgende er ikke inkludert:

- 27 Fast inventar
- 29 Andre bygningsmessige deler

5.3 Funksjonell enhet

Levetid er satt til 60 år for bygget som helhet. For komponentene generelt og bygningsdeler brukes estimert levetid basert på EPD og Byggforsk datablad 700.320. Klimagassberegningenes funksjonelle enhet er 1 m² BTA.

5.4 Referansebyggmodul

Modulen «Carbon designer» i One Click LCA er benyttet i utarbeidelsen av klimagassberegningen. Mengder og materialvalg beregnes av programvaren etter oppgitt areal, antall etasjer og type bygning. Programvaren antar at alle etasjer er like store og at det benyttes relativt ideelle forutsetninger på beregning av areal på ytter- og innervegger (skoeform på bygget). Data som er benyttet i beregningene er på datakvalitetsnivå 2. For levetid på bygningsprodukter og antall utskiftninger er standardverdier fra One Click LCA benyttet.

5.5 Eksisterende bygninger

Beregningen for eksisterende bygg omfatter de samme bygningsdelene og systemgrensene som prosjektert bygg. Beregningen er tilpasset ved å dele opp kontorbygget i 3 typebygg basert på m² BTA, og ganget opp slik at totalt BTA blir riktig. Tabell 2 oppsummerer arealer, funksjoner og input benyttet i klimagassberegningene for eksisterende bygninger. Byggeår for kontorbygget er 1997.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Tabell 2 - Arealer og benyttede input til klimagassberegningene for eksisterende bygg

Bygning	Type 1	Type 2	Type 3	SUM
Antall bygg	3	1	1	5
Bruttoareal (gjennomsnitt per type) [m ² BTA]	1 767	2 650	2 650	10 600
Bygningstype	Kontorbygg			
Tekniske og funksjonelle krav etter rehabilitering	TEK 17			
Antall etasjer	2	2+kjeller	3+kjeller	-
Antall personer for kontorbygg*	827			
Antall personer for boligblokk**	470			

*Antatt basert på NS 3701 Tillegg A

** Antatt 235 leiligheter med 2 personer, antall besøkende er antatt 235

5.6 Referansebygg og prosjekterte nybygg

Modulen «Carbon designer» i One Click LCA er benyttet i beregningen for referansebyggene og prosjekterte nybygg. Referansebygget i dette notatet tar utgangspunkt i m² BTA for prosjekterte nybygg. Data som er benyttet i beregningene er på datakvalitetsnivå 2. Se kapittel 6 for mer informasjon. Beregningen er forenklet ved å dele opp de ulike byggene i 3 ulike typer basert på BTA og materialvalg, og ganget opp slik at totalt BTA blir riktig. Tabell 3 oppsummerer BTA, funksjoner og input benyttet i klimagassberegningene for referansebyggene og prosjekterte bygg.

Tabell 3 - Arealer og benyttede input til klimagassberegningene for referansebygg og prosjekterte nybygg

Bygning	Totalt
Bruttoareal totalt (m ² BTA)	20 000
Bygningstype	Boligblokk og rekkehus
Tekniske og funksjonelle krav	TEK 17
Antall etasjer	2-6
Antall personer totalt	470

For alternativ 2 som omhandler rehabilitering av eksisterende bygg er det tatt utgangspunkt i IFC for arealer, se Tabell 4 for input benyttet i beregningen. Ca 89 % av eksisterende kontorbygg på 10 600 m² BTA beholdes, og 11 % rives. Påbyggene består av totalt 1-4 nye etasjer på eksisterende bygg. Nybyggene består av 4 hus på 3 etasjer.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Tabell 4 - Arealer og benyttede input til klimagassberegningene for eksisterende bygg, påbygg og nybygg

Bygning	Rehabilitering	Påbygg	Nybygg	SUM
Bruttoareal [m ² BTA]	9 439	7 375	3 320	20 134
Bygningstype	Boligblokk			
Tekniske og funksjonelle krav	TEK 17			
Antall etasjer	3	Sammenlagt 16 nye etg.	3	-
Antall personer	470*			

*Antatt likt som for prosjektert bygg

6 Data

Datakvalitet på nivå 1 og 2 er benyttet iht. NS 3720:2018. I hovedsak er det valgt generiske materialvalg for prosjektet.

6.1 Eksisterende bygninger

Det er utført klimagassberegninger for riving av eksisterende bygg, rehabilitering til kontorbygg samt rehabilitering av kontorbygg til boligblokk.

Den innledende ombrukskartleggingen viser at følgende bygningsdeler har et ombrukspotensiale som bør kartlegges ytterligere:

- Betong hulldekker og betongkonstruksjoner under grunn, samt bæresystem
- Steni fasadeplater
- Vinduer og glass
- Ventilasjonkanaler (Tekniske systemer ikke inkl. i omfang «Basis» iht. NS 3720:2018)
- Sanitærutstyr i porselen (Inventar ikke inkl. i omfang «Basis» iht. NS 3720:2018)
- Utvendige steinheller (Utenomhus ikke inkl. i omfang «Basis» iht. NS 3720:2018)

I beregningene er det forutsatt at bærende konstruksjoner og konstruksjoner mot grunnen bevares og resten skiftes ut. Det er ikke tatt høyde for ombruk av fasadeplater i resultatene, da ombrukskartleggingen kun er innledende, og en mer detaljert kartlegging bør utføres av de aktuelle komponentene for ombruk. Det henvises også til tilstandsanalyse 10216140-01-RIB-RAP-001 for tilstand bygningsdeler i eksisterende bygg, hvorav det bl.a. er nevnt av flere fasadeplater bør skiftes innen 5 år pga. skader. Potensiale for ombruk av eksisterende vinduer er rapportert ved siden av resultatene. Det oppfordres til å gjøre en ny klimagassberegning av alternativ 2 når komponenter for ombruk er vurdert nærmere.

6.1.1 Riving av eksisterende bygninger

Materialer

Materialmengder for byggene er utarbeidet ved hjelp av tilleggsfunksjonen «Carbon designer» i One Click LCA for bygningskategorien kontorbygg. Eksisterende bygg består av et bæresystem bestående av betong, stål og hulldekker, samt plateledning.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Riving og avhending

Livsløpsfasene for byggets sluttstadium C1 til C4 er inkludert i beregningene. Utslipp fra riving og avhending er hentet fra generiske EPD'er i One Click LCA.

6.1.2 Rehabilitering av eksisterende bygninger til kontorbygg

Foruten materialer er input til livsløpsfasene lik som for referansebygget i neste kapittel. Beregningene for rehabilitering av eksisterende bygninger er utført på overordnet nivå. I beregningene er det forutsatt at bærende konstruksjoner og konstruksjoner mot grunnen bevares og resten skiftes ut.

Energibruk i drift

Det antas det at energibehovet tilfredsstiller energikrav i TEK 17 etter rehabilitering.

Transport i drift

Det er benyttet predefinert scenario for transport i drift i Bergen kommune, men antall beboere og besøkende er tilpasset prosjektet. Kort avstand til kollektivtransport tilpasses transportmiddelfordelingen ved at 4 % flyttes fra bil til skinnegående. Se Tabell 5 for inputverdier benyttet i beregningen. Utslippsfaktorer er iht. «norsk gjennomsnittsbil» i Vedlegg C i NS 3720:2018 iht. veileder for klimagassberegninger jf. Krav i KPA 2018. Dette tilsvarer «dagens gjennomsnitt» i OneClickLCA, og er en konservativ antagelse for en tidsperiode på 60 år.

Tabell 5 - Parkeringstilgjengelighet og transportmiddelfordeling for rehabilitering av eksisterende bygg til kontorbygg

Kontorbygg Sandsliåsen 46					
Parkeringstilgjengelighet	1,0				
Transportmiddelfordeling	Turer/ pers*dag	Bil	Buss	Skinne- gående	Gang/sykkel
Arbeid	1,6	44 %	20 %	9 %	27 %
Tjeneste	0,2	75 %	10 %	6 %	9 %
Private turer	0,2	49 %	8 %	6 %	37 %
Besøkende og brukere	2,0	49 %	8 %	6 %	37 %

6.1.3 Rehabilitering av eksisterende bygninger til boligblokk (alt.2)

Foruten materialer er input til livsløpsfasene lik som for referansebygget i neste kapittel. Beregningene for rehabilitering av eksisterende bygninger til boligblokker er utført på overordnet nivå. I beregningene er det forutsatt at kontorbygget bygges om til boligblokk, og at kun bærende konstruksjoner og konstruksjoner mot grunnen bevares, resten skiftes ut. Det er antatt fasade bestående av 40 % trekledning, 40 % teglstein og 20 % platekledning basert på input fra ARK. Det er i tillegg supplert med påbygg og nybygg iht. IFC mottatt fra ARK 19.05.2022.

For påbygg og nybygg er det justert noe på materialtyper, dette gjelder følgende:

- Strukturelle hule stålprofiler, resirkuleringsgrad er endret fra 10 % til 20 %
- Armering, resirkuleringsgrad er endret fra 90 % til 100 %
- Prefabrikkert betong, endret fra lavkarbonklasse C til lavkarbonklasse B

Energibruk i drift

Det antas det at energibehovet tilfredsstiller energikrav i TEK 17 etter rehabilitering.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Transport i drift

Det er benyttet predefinert scenario for transport i drift i Bergen kommune, men antall beboere og besøkende er tilpasset prosjektet. Kort avstand til kollektivtransport tilpasses transportmiddelfordelingen ved at 4 % flyttes fra bil til skinnegående. Det er antatt 235 leiligheter basert på input fra ARK, og i gjennomsnitt 2 personer per leilighet. Dette gir 470 personer totalt. Se Tabell 6 for inputverdier benyttet i beregningen.

Tabell 6 - Parkeringstilgjengelighet og transportmiddelfordeling for rehabilitering av eksisterende bygg til boligbygg

Rehabilitering til boliger Sandsliåsen 46					
Parkeringstilgjengelighet	0,5				
Transportmiddelfordeling	Turer/ pers*dag	Bil	Buss	Skinne- gående	Gang/syssel
Arbeid	0,8	20 %	29 %	11 %	39 %
Tjeneste	0,1	65 %	14 %	8 %	13 %
Private turer	1,0	42 %	10 %	6 %	42 %
Besøkende og brukere	2,0	42 %	10 %	6 %	42 %

6.2 Referansebygg

Referansebygget er utarbeidet med hensyn til opprinnelig planlagt prosjektert nybygg levert i klimagassberegning i revisjon 00. Det er ikke utarbeidet et eget referansebygg for rehabiliteringsalternativene som har et BTA på 19 161 m² (973 m² differanse).

6.2.1 Materialer

Materialmengder

Funksjonen «Carbon designer» i One Click LCA er benyttet for å utarbeide referansebyggene. Materialtyper er valgt av programvaren og er «typiske» materialtyper for bygningskategorien. Typiske materialvalg for boligblokker er dekker av hulldekker, bæresystem av betong og stål, bærende vegger av betong og kledning av tegl og behandlet trevirke.

Utslippsfaktor

Det er benyttet generiske EPD'er og generiske verdier beregnet av programvaren. Dersom dette ikke var tilgjengelig, eller dersom disse representerer en annen region enn der produktet er antatt å være produsert, ble det benyttet representative produktspesifikke EPD'er for andre produkter. Dette ble vurdert som representativt. Datakvalitet på nivå 2 er benyttet (samme for både produksjon og transport av varer).

«Carbon designers» utslippsfaktor for vinduer er betydelig lavere enn tilgjengelige vinduer på markedet (34 kg CO₂-ekv./m²). Det er ingen norske vindusleverandører som kan levere 3-lags vinduer med en slik utslippsfaktor. Følgelig er utslippsfaktor for vinduer satt til like under gjennomsnittlig utslippsfaktor for Norge for.

6.2.2 Byggeplass

Utslipp fra byggeplass er inkludert i klimagassberegningene med generiske tall for Norden. Anlegg- og monteringsarbeid er basert på generiske EPD'er og byggeplass-scenarier for energibruk og drivstofforbruk i One Click LCA.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

6.2.3 Utskiftning

Intervaller for utskiftning er basert på produktets levetid. Produktet erstattes med tilsvarende produkt.

6.2.4 Energibruk i drift

For energibruk i drift er energikrav i TEK 17 hensyntatt byggets geometri, oppvarmet areal (BRA) og bygningskategori. Her er det benyttet standardverdier og gjeldende byggt teknisk forskrift for netto energibehov. Energibruk i parkeringsgarasjen er ikke inkludert, men det antas at denne vil være neglisjerbar, eksempelvis med belysning styrt etter tilstedeværelse.

6.2.5 Transport i drift

Det er benyttet predefinert scenario for transportmiddelfordeling i Bergen kommune, men antall beboere og besøkende er tilpasset prosjektet. Se Tabell 7 for input benyttet for beregning av utslipp tilknyttet transport i drift.

Tabell 7 - Parkeringstilgjengelighet og transportmiddelfordeling for referansebyggene, boligblokk

Referansebygg - boligblokk					
Parkeringstilgjengelighet	1,0				
Transportmiddelfordeling	Turer/ pers*dag	Bil	Buss	Skinne- gående	Gang/sykel
Arbeid	0,8	48 %	20 %	5 %	27 %
Tjeneste	0,1	79 %	10 %	2 %	9 %
Private turer	1,0	53 %	8 %	2 %	37 %
Besøkende og brukere	2,0	53 %	8 %	2 %	37 %

6.2.6 Riving og avhending

Livsløpsfasene C1 til C4 er inkludert i beregningene. Utslipp fra riving og avhending er hentet fra EPD'er.

6.3 Prosjekterte bygg

Det er gjort noen endringer for prosjektert bygg fra referansebygget, endringene er beskrevet i dette delkapitlet.

6.3.1 Materialer

Prosjekteringen av leilighetsbyggene er i tidligfase og det er derfor manglende prosjekteringsunderlag på enkelte områder. Funksjonen «Carbon designer» i One Click LCA er derfor benyttet for å utarbeide materialmengder og materialtyper for de ulike bygningsdelene. Det er justert noe på materialtyper, dette gjelder følgende:

- Strukturelle hule stålfiler, resirkuleringsgrad er endret fra 10 % til 20 %
- Armering, resirkuleringsgrad er endret fra 90 % til 100 %
- Oppdatert lavkarbonklasse på betong
- Ombruke hulldekker fra eksisterende bebyggelse til gulv på grunn i parkeringskjeller
- Benytte ombrukstegl
- Ombruke steniplatene til eksisterende bygg
- Benytte eksisterende betong til fyllmasse og eventuelt tilslag i ny betong.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

6.3.2 Energibruk i drift

Energiberegninger er ikke utført for prosjektert bygg på nåværende tidspunkt, så energibruk er følgelig antatt lik som for referansebyggene.

6.3.3 Transport i drift

Det er benyttet predefinert scenario for transportmiddelfordeling i Bergen kommune, men antall beboere, besøkende og parkeringsdekning er tilpasset prosjektet. Kort avstand til kollektivtransport tilpasses transportmiddelfordelingen ved at 4 % flyttes fra bil til skinnegående. Se Tabell 8 for input benyttet for beregning av utslipp tilknyttet transport i drift. Begrenset varetransport for bolig.

Tabell 8 - Parkeringstilgjengelighet og transportmiddelfordeling for prosjekterte bygg, boligblokk

Prosjekterte bygg - boligblokk					
Parkeringstilgjengelighet	0,5				
Transportmiddelfordeling	Turer/ pers*dag	Bil	Buss	Skinne- gående	Gang/syssel
Arbeid	0,8	20 %	29 %	11 %	39 %
Tjeneste	0,1	65 %	14 %	8 %	13 %
Private turer	1,0	42 %	10 %	6 %	42 %
Besøkende og brukere	2,0	42 %	10 %	6 %	42 %

Scenarioer

Iht. NS 3720:2018 er det obligatorisk å beregne klimagassutslippet ved bruk av to ulike scenarioer for elektrisitet.

- Scenario 1 – NO: Norsk forbruksmiks. Gjennomsnittet av den norske forbruksmiksen de siste 3 årene med en lineær funksjon til nær nullutslipp i 2050
- Scenario 2 – EU28 + NO: Europeisk forbruksmiks. Gjennomsnittet av den europeiske forbruksmiksen de siste 3 årene med en lineær funksjon til nær nullutslipp i 2050.

Iht. veileder til klimagassberegninger i KPA 2018 er Scenario 1 er benyttet i klimagassberegningene. I praksis er Norge en del av et utvidet nettverk med el-kabler til flere andre land i Europa.

7 Resultater

7.1 Eksisterende bygninger

7.1.1 Riving av eksisterende bygninger

Riving av eksisterende bygninger har et totalt klimagassutslipp på 175 tonn, som tilsvarer 16 kg CO₂ ekv./m² BTA .

7.1.2 Rehabilitering av eksisterende bygninger til kontorbygg

Klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene er vist i Tabell 9.

Tabell 9 - Klimagassutslipp for rehabilitering av eksisterende enebolig fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Totalt (tonn CO ₂ -ekv.)	Per BTA (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)
A1-A3 Materialer	603	57
A4 Transport	6	1
A5 Konstruksjon	229	22
B4-B5 Utskiftning	467	44
B6 Energi	615	58
B8 Transport i drift	88 622	8 361
C1-C4 Slutten på livet	175	16
Totalt	90 717	8 558

De totale klimagassutslippene tilsvarer 1 828 kg CO₂-ekv./person/år.

Biogent karbon er ikke inkludert i resultatene i tabellen over. Det er omtrent 155 tonn CO₂-ekv. lagret i materialene, som følge av at trær opptar karbon når de vokser. Alt eller deler av dette vil slippes ut igjen som karbondioksid ved avfallshåndtering, avhengig av type behandling det får.

7.1.3 Rehabilitering av eksisterende bygninger til boligblokk

Klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene er vist i Tabell 10. Merk at BTA er 20 134 m².

Tabell 10 - Klimagassutslipp for rehabilitering av eksisterende enebolig fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Totalt (tonn CO ₂ -ekv.)	Per BTA (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)
A1-A3 Materialer	2 861	142
A4 Transport	131	7
A5 Konstruksjon	892	44
B4-B5 Utskiftning	730	36
B6 Energi	1 058	53
B8 Transport i drift	38 500	1 912
C1-C4 Slutten på livet	322	16
Totalt	44 374	2 204

De totale klimagassutslippene tilsvarer 1 574 kg CO₂-ekv./person/år.

Biogent karbon er ikke inkludert i resultatene i tabellen over. Det er omtrent 840 tonn CO₂-ekv. lagret i materialene.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

7.2 Referansebygg

Klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene for referansebygget er vist samlet i Tabell 11.

Tabell 11 - Totalt klimagassutslipp for referansebygningene fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Totalt (tonn CO ₂ -ekv.)	Per BTA (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)
A1-A3 Materialer	4 767	238
A4 Transport	130	6
A5 Konstruksjon	567	28
B4-B5 Utskiftning	712	36
B6 Energi	490	25
B8 Transport i drift	50 324	2 516
C1-C4 Slutten på livet	337	17
Totalt	57 328	2 866

De totale klimagassutslippene tilsvarer 2 033 kg CO₂-ekv./person/år.

Biogent karbon er ikke inkludert i resultatene i tabellen over. Det er omtrent 1 150 tonn CO₂-ekv. lagret i materialene.

7.3 Prosjekterte bygg

Klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene for prosjekterte bygg er vist samlet i Tabell 12. Riving av eksisterende bygninger er medregnet i A5.

Tabell 12 - Klimagassutslipp for prosjekterte bygg fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Totalt (tonn CO ₂ -ekv.)	Per BTA (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)
A1-A3 Materialer	4 010	201
A4 Transport	129	6
A5 Konstruksjon	709	35
B4-B5 Utskiftning	693	35
B6 Energi	490	25
B8 Transport i drift	35 651	1 783
C1-C4 Slutten på livet	333	17
Totalt	42 016	2 101

De totale klimagassutslippene tilsvarer 1 490 kg CO₂-ekv./person/år.

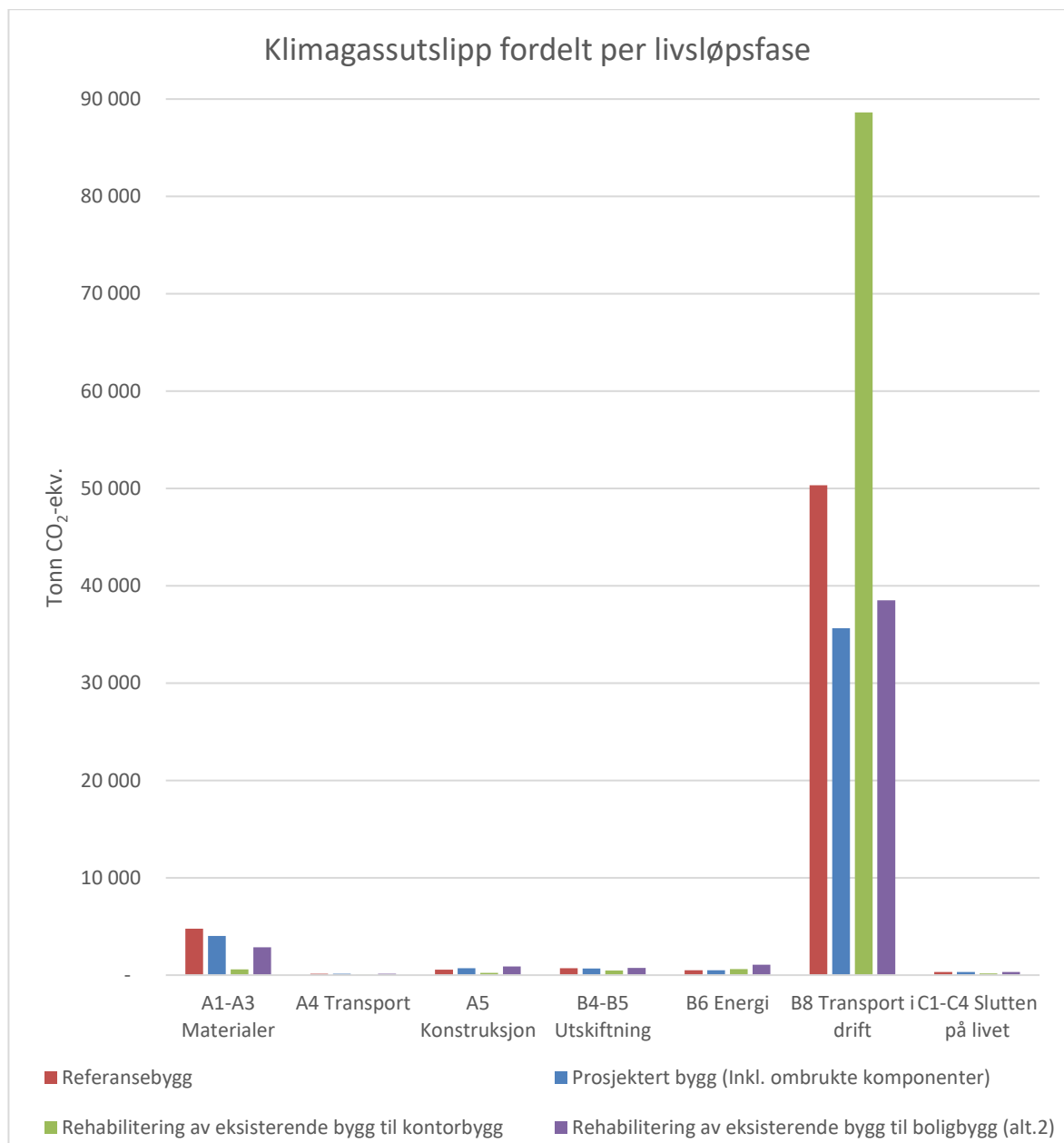
Biogent karbon er ikke inkludert i resultatene i tabellen over. Det er omtrent 1 210 tonn CO₂-ekv. lagret i materialene.

7.4 Sammenligning

Klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene er vist i Figur 4. Det er tydelig at livsløpsfasen B8 Transport i drift står for høyest klimagassutslipp av de inkluderte fasene. Det er som sagt tidligere valgt en konservativ utslippsfaktor iht. veileder for klimagassberegninger jf. Krav i KPA 2018. En mer realistisk forutsetning hadde vært å anta en utslippsfaktor som representerer et forventet gjennomsnitt de neste 60 år. Resultatene er også illustrert uten fasen B8 Transport i drift for å synliggjøre forskjellene mellom de andre fasene, se Figur 5.

Totalt sett oppnår riving og oppføring av prosjekterte nybygg en reduksjon på 27 % sammenlignet med referansebyggene. Rehabilitering av kontorbygg til boligbygg, samt påbygg og nybygg oppnår en reduksjon på 23 %.

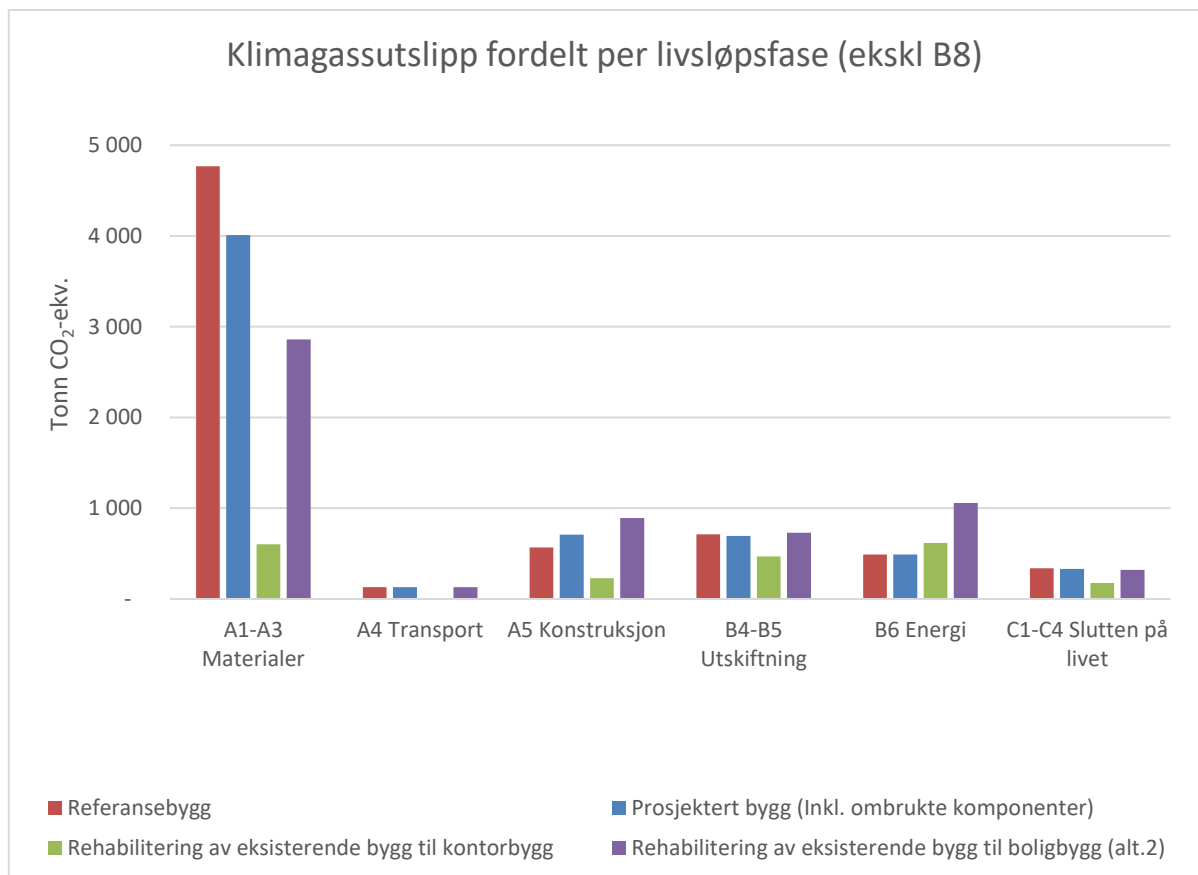
Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg



Figur 4 - Klimagassutslipp fordelt over livsløpsfase

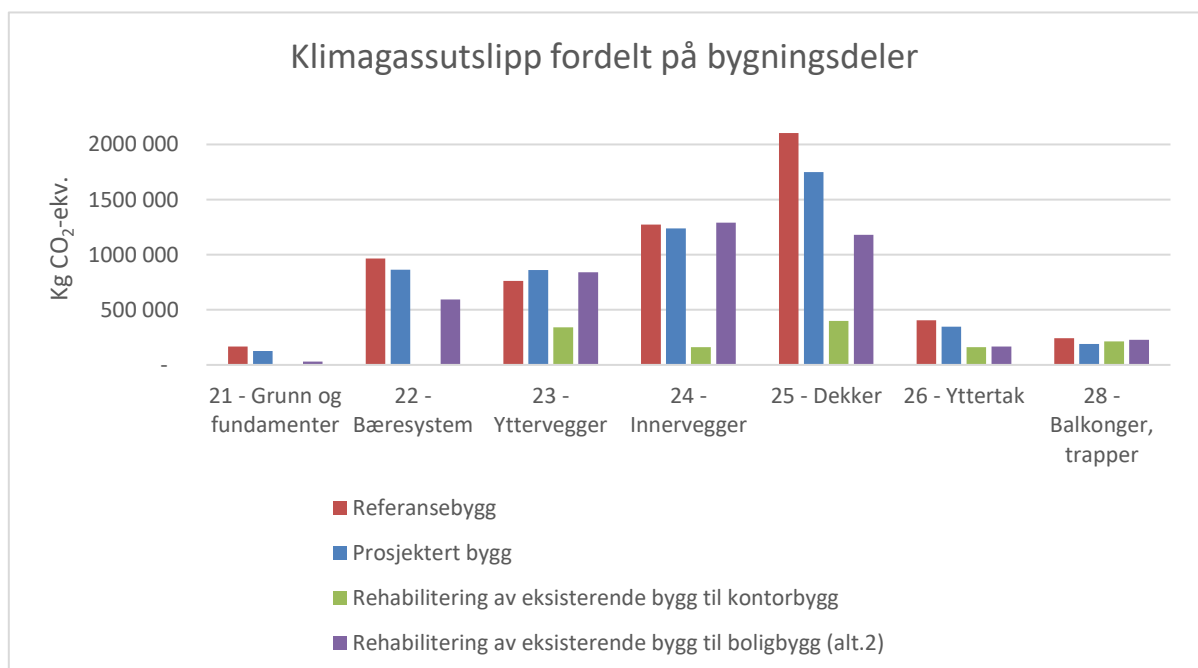
Vurderes resultatene opp mot hverandre uten livsløpsfasen B8 Transport i drift som vist i Figur 5, blir reduksjonen i forhold til referansebygget 9 % for riving og oppføring av nye prosjektert boligbygg, 70 % for rehabilitering til kontorbygg og 14 % for rehabilitering til boligbygg inkl. påbygg og nybygg.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg



Figur 5 - Klimagassutslipp fordelt over livsløpsfase, ekskl. B8 Transport i drift

Klimagassutslipp fordelt over bygningsdeler er vist i Figur 6 og Tabell 13. For materialer har prosjekterte bygg og referansebygg relativt likt klimagassutslipp, men prosjekterte bygg har 16 % lavere utslipp som tilsvarer omtrent 756 tonn CO₂-ekv. over byggets livsløp.



Figur 6 - Klimagassutslipp fordelt over bygningsdeler

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Tabell 13 - Klimagassutslipp fordelt per bygningsdel i kg CO₂-ekv.

Bygningsdel	Referanse bygg	Prosjektert bygg	Rehabilitering av eksisterende bygg til kontorbygg	Rehabilitering av eksisterende bygg til boligbygg (alt.2)
21 - Grunn og fundamenter	166 784	127 352	5 949	28 834
22 - Bæresystem	964 177	863 441	2 766	592 265
23 - Yttervegger	761 276	861 668	340 466	840 054
24 - Innervegger	1 271 927	1 237 524	160 946	1 289 783
25 - Dekker	2 103 422	1 750 343	400 205	1 179 634
26 - Yttertak	405 265	347 886	160 696	165 582
28 - Balkonger, trapper	242 914	189 042	212 666	226 978

7.5 Følsomhetsanalyse

Det er utført en følsomhetsanalyse for energibruk i drift ved å vurdere scenario 2 iht. NS 3720:2018 for energibruk i drift (B6). Resultatet fra følsomhetsanalysen er vist i Tabell 14. Sammenligner en utslipp fra energibruk i drift med norsk forbruksmiks (Tabell 9 og Tabell 10 for rehabilitering av eksisterende bygg og Tabell 12 for prosjektert bygg), ser en at europeisk forbruksmiks medfører at utslippene blir ca. 10 ganger høyere.

Tabell 14 - Følsomhetsanalyse for energibruk i drift ved å benytte scenario 2 i NS 3720:2018

Bygg	Tonn CO ₂ -ekv.	Kg CO ₂ -ekv./m ² BTA
Referansebygninger/prosjektert bygninger	7 348	367
Rehabilitererte bygninger til kontorbygg	6 159	581
Rehabilitererte bygninger til boligbygg	10 584	526

8 Vurdering

8.1 Sammenligning mot referansebygg

Ser man på prosjektet som helhet, inklusiv alle livsløpsfaser, oppnår riving og oppføring av nye boligbygg en samlet reduksjon på 27 % sammenlignet med referansebygget. Dette er i hovedsak grunnet tiltak for å begrense transport i drift. Tiltakene utført er begrenning av parkeringsdekning og plassering nær kollektivtransport. Det tas forbehold om at det også her kan forekomme endringer som følge av manglende detaljering for prosjektert bygg.

Klimagassutslipp tilknyttet materialer er mindre for prosjektert bygg sammenlignet med referansebygget, beregningen viser at prosjekterte bygg har et klimagassutslipp som er 9 % lavere enn referansebyggene. Dette skyldes blant annet bruk av ombrukte materialer, samt benytte høyere resirkuleringsgrad på stål og lavkarbonbetong.

Et viktig aspekt er å hensynta tidspunktet utslippene skjer. Størstedelen av klimagassutslipp fra materialer er noe som skjer ved «år 0»/byggstart, mens utslipp fra energibruk i drift skjer fra år 0 til år 60. Ettersom reduksjon av klimagassutslipp haster for å nå klimamålene, vil det være en fordel å utsette utslipp så lenge som mulig. Dette for å hensynta teknologiutvikling som mer effektiv materialproduksjon, fornybar energiproduksjon, karbonfangst o.l., men også for å redusere tiden klimagassen varmer opp atmosfæren. I et uendelig tidsperspektiv har ikke utsettelse av klimagassutslipp noe å si, men i den begrensede perioden frem mot klimamålene vil tidspunkt være av betydning. Dette kan hensyntas ved å bruke tidsvekting slik som i regnereglene til *FutureBuilt Zero*, men denne metodikken er ikke brukt her.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Transport i drift utgjør en relativt stor andel av utslippene, fra 85 % - 98 % av de undersøkte alternativene da det er brukt en konservativ utslippsfaktor for transport iht. veileder for klimagassberegninger til KPA 2018. Vurderes resultatene uten livsløpsfasen transport i drift mot referansebygget blir reduksjonen for riving og oppføring av nye prosjektert boligbygg 9 %, for rehabilitering til kontorbygg blir reduksjonen 70 % og for rehabilitering til boligbygg samt påbygg og nybygg blir reduksjonen 14 %.

8.2 Usikkerhet

Det er noe usikkerheter ved resultatet fra beregningene. Blant annet er beregningene utført i tidligfase med modulen «Carbon designer» i One Click LCA. Det vil derfor kunne være avvik fra faktiske mengder sammenlignet med benyttede mengder i prosjektet. Multiconsult vurderer fortsatt resultatet som representativt for prosjektet i denne fasen. Valg av generiske produkter vil også føre til en større usikkerhet, da disse vurderes som konservative. Generiske CO₂-verdier benyttet i beregningene skal gjenspeile et gjennomsnitt i Norge og i Europa. På dette tidspunktet er det riktig å bruke i hovedsak generiske utslippsfaktorer siden valg av materialprodusent for alle materialene ikke er vedtatt. Generiske utslippsfaktorer ligger i hovedsak høyere enn tilsvarende produktspesifikke EPD'er.

8.3 Eiendommens egnethet

I forbindelse med arealbruk og tomtebearbeiding er det positivt å gjenbruke en allerede opparbeidet tomt i stedet for å beslaglegge arealer som medfører nedbygging av karbonlagre og reduksjon av biologisk mangfold.

8.4 Energiproduksjon

Mulighet for egenproduksjon av energi er ikke vurdert på nåværende tidspunkt i prosjektet.

8.5 Valg mellom riving og rehabilitering

Alternativene vurderes opp mot hverandre, med følgende scenario iht. veileder i KPA 2018:

- Alternativ 1a: Bevare og rehabiliter eksisterende bygninger til kontorbygg
- Alternativ 1b: Bevare og rehabiliter eksisterende bygninger til boligbygg
- Alternativ 2: Rive eksisterende bygninger og oppføre nybygg

8.5.1 Alternativ 1a:

Rehabilitering av eksisterende bygg til kontorbygg får høyere klimagassutslipp totalt sett for livsløpet enn for riving og oppføring av nybygg. Dette er hovedsakelig knyttet til fasen B8 transport i drift, hvor det er antatt en høyere persontetthet per m² i kontorbygget enn i boligbygget, samt at det er antatt full parkeringsdekning i kontorbygget. Klimagassutslipp knyttet til rehabilitering av kontorbygg er ca. 48 702 tonn CO₂-ekv. høyere enn for riving og oppføring av nybygg. Dette tilsvarer 116 % økning i forhold til riving og oppføring av nybygg.

8.5.2 Alternativ 1b:

Rehabilitering av eksisterende bygg til boligbygg med påbygg og nybygg, får et høyere klimagassutslipp totalt sett for livsløpet enn for riving og oppføring av nybygg. Klimagassutslipp knyttet til rehabilitering av kontorbygg er ca. 2 358 tonn CO₂-ekv. høyere enn for riving og oppføring av nybygg. Dette tilsvarer en 6 % økning i forhold til riving og oppføring av nybygg.

Ser en kun på utslipp knyttet til materialer så får rehabilitering til boligbygg samt påbygg og nybygg en reduksjon på 20 % sammenlignet med riving og oppføring av nybygg.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

For bevaring og rehabilitering er det forutsatt i beregningene at eksisterende klimaskall etterisoleres iht. krav i TEK 17, overflater utskiftes for å modernisere byggene, men at bærende konstruksjoner bevares.

8.6 Ombruk av materialer

Multiconsult har utført en innledende ombrukskartlegging. I klimagassberegningene er det forutsatt ombruk av hulldekker, teglstein og fasadeplater. I tillegg er det forutsatt at eksisterende betong kan benyttes som fyllmasse og eventuelt tilslag i ny betong i prosjektet. En mer detaljert kartlegging av ombruksmuligheter bør utføres senere i prosjektet, spesielt for de aktuelle komponentene for ombruk.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

8.7 Utslippsreducerende tiltak

Tabell 15 gir en oversikt over mulige utslippsreducerende tiltak på en mer generell basis.

Tabell 15 - Generelle utslippsreducerende tiltak

Prioritering	Materiale	Tiltak	Forklaring
	Ombruk/ gjenbruk	Hele bærekonstruksjon, betongelementer (dekke, trapper o.l.), tegl, stålelementer osv.	Ombruk/gjenbruk i eget prosjekt fra eksisterende bygningsmasse på stedet eller fra naboprosjekter. Ombruk og rehabilitering er av de mest klimaeffektive tiltakene som finnes.
	Massivtre	Hele bæresystemet, dekker, kledning, interiør	Å benytte tre er et svært effektivt utslippsreducerende tiltak. Å bytte ut betong og stål med tre, gir store reduksjoner i klimagassutslipp.
	Betong	Redusere betongvolum	Valg av konstruksjonsutforming, spennvidder og tverrsnittsdimensjoner har stor betydning for det totale betongforbruket. Benytte hulldekker o.l.
		Benytte lavkarbonbetong, både prefabrikkert og plasstøpt	Lavkarbonbetong B er i store deler av landet standard. Lavkarbonbetong A er litt mer ambisiøst, men nokså vanlig og ikke nødvendigvis fordyrende. Lavkarbon Pluss og Ekstrem er mer ambisiøst, men vil også gi langt større utslippsreducerende effekt.
		Benytte lavvarmebetong	Lavvarmebetong blir ofte «automatisk» lavkarbonbetong.
		Valg av riktig fasthetsklasse og eksponeringsklasse	Velg så lav fasthetsklasse og eksponeringsklasse som mulig. I mange tilfeller er B20 eller B25 tilstrekkelig for å ivareta bæreevne.
	Stål (og andre metaller)	Redusere volum/mengde	Metaller er energikrevende og dermed kilder til klimagassutslipp. Redusere mengder og velg slanke løsninger.
		Benytte stål med så høy resirkuleringsgrad som mulig	Høy resirkuleringsgrad har stor effekt ettersom produksjon av jomfruelig stål er svært energikrevende. Velg alltid produkter med høyest mulig andel resirkulert materiale.

9 Konklusjon

Det er utført klimagassberegninger for riving og oppføring av nye boligbygg, samt to alternativ for rehabilitering av eksisterende kontorbygg. Totalt klimagassutslipp for de ulike alternativene, samt endring i % i forhold til referansebygget, er som følger:

- Referansebygg: 57 328 tonn CO₂-ekv.
- Riving og oppføring av nye boligbygg: 42 016 tonn CO₂-ekv. (- 27 %)
- Rehabilitering til kontorbygg: 90 717 tonn CO₂-ekv. (+ 58%)
- Rehabilitering til boligbygg med påbygg og nybygg: 44 374 tonn CO₂-ekv. (-23 %)

Transport i drift står for en relativt stor del av de totale klimagassutslippene. Totalt klimagassutslipp for de ulike alternativene, samt endring i % i forhold til referansebygget, uten transport i drift er som følger:

- Referansebygg: 7 004 tonn CO₂-ekv.
- Riving og oppføring av nye boligbygg: 6 365 tonn CO₂-ekv. (- 9 %)
- Rehabilitering til kontorbygg: 2 095 tonn CO₂-ekv. (-70 %)
- Rehabilitering til boligbygg med påbygg og nybygg: 5 994 tonn CO₂-ekv. (-14 %)

Ser en kun på klimagassutslipp knyttet til materialer og sammenligner rehabiliteringsalternativene mot riving og oppføring av nye boligbygg, blir reduksjonen 76 % for rehabilitering til kontorbygg og 20 % for rehabilitering til boligbygg inkl. påbygg og nybygg.

I forbindelse med arealbruk er det positivt å gjenbruke en allerede opparbeidet tomt, i stedet for å beslaglegge arealer som medfører nedbygging av karbonlagre og reduksjon av biologisk mangfold.

Det oppfordres til å aktivt arbeide med å redusere klimagassutslipp i videre prosjektering og byggefase. Utslippene kan reduseres ved å blant annet ved å gjøre en mer detaljert ombrukskartlegging, vurdere materialmengder, benytte lavutslippsmaterialer, energiambisjon og energiproduksjon.

Klimagassutslippene er beregnet ved hjelp av programmet One Click LCA. Beregningene er utført i en tidligfase i prosjektet og er utført iht. NS 3720:2018 og iht. veileder for klimagassberegninger i KPA 2018 for Bergen kommune.