

BOLIGER PÅ KORPÅSEN

KLIMAGASSBEREGNING



Fase	Utarbeidet	Rev1	Rev2	Rev3
Forprosjekt «Prosjektert bygg»	WSP Norge AS	12.04.18, OK	12.10.19	
Ferdigstillelse «Som bygget»	WSP Norge AS	16.04.21, ALT		
Etter 2 års drift «I drift»				



Asker
kommune

Rapport utarbeidet av:

WSP

Innholdsfortegnelse

INNLEDNING	3
1. PROSJEKTBEKRIVELSE.....	4
1.1. BEREGNINGSPROGRAM FOR KLIMAGASSBEREGNINGER.....	5
2. HOVEDRESULTATER OG SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVER.....	6
2.1. ENDRINGER OPPRINNELIG OG OPPDATERT REGNSKAP.....	8
3. STASJONÆR ENERGIBRUK	9
3.1. PROSJEKTFASER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	9
3.1.1. Referansebygg	9
3.1.2. Prosjektert bygg.....	10
3.1.3. «Som bygget»	12
3.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA STASJONÆR ENERGIBRUK	15
4. MATERIALER.....	17
4.1. BEREGNINGSALTERNATIVER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	17
4.1.1. Referansebygg	17
4.1.2. Prosjektert bygg.....	19
4.1.3. «Som bygget»	21
4.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK.....	24
4.3. TRANSPORT AV MATERIALER, A4	26
5. TRANSPORT	27
5.1. BEREGNINGSALTERNATIVER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	27
5.1.1. Referansebygg	27
5.1.2. Prosjektert bygg.....	28
5.1.3. «Som bygget»	28
5.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA TRANSPORT.....	29
6. ANLEGGSDRIFT OG BYGGEPLASS.....	30
6.1. AVFALL PÅ BYGGEPLASS	30
6.2. ENERGIBRUK PÅ BYGGEPLASS	30
7. TOTALT UTSLIPP.....	31
VEDLEGG	32
VEDLEGG 1: UNDERLAG BEREGNINGER FOR ENERGI	32
VEDLEGG 2: UNDERLAG BEREGNINGER FOR MATERIALER, BOGRUPPE 1 OG 2	32
VEDLEGG 3: UNDERLAG BEREGNINGER FOR MATERIALER, BOGRUPPE 3	32

INNLEDNING

FutureBuilts prosjekter dokumenteres på FutureBuilts nettside. Her får man en samlerapport som redegjør for prosjektets miljøtiltak og resultater. Denne klimagassrapporten er et vedlegg til øvrig dokumentasjon på nettsiden og går i mer detalj om forutsetninger, datagrunnlag, tiltaksvurderinger, valg av tiltak, mv. som ligger til grunn for klimagassberegningene og oppnådde klimagassreduksjoner.

Klimagassrapporten har to formål:

1. Dokumentasjon av beregninger og beregningsresultater - klimagassreduksjonene
2. Formidle kunnskap til andre prosjekter om hvilke analyser/vurderinger som er utført og hvilke tiltak som er gjennomført for å få ned klimagassutslippene til prosjektet, hvilke tiltak som ikke lot seg gjennomføre eller er valgt å ikke gjennomføre.

Boligene på Korpåsen er et FutureBuilt-prosjekt og foreliggende rapport er dokumentasjon av klimagassberegninger, oppnådde klimagassreduksjoner og foreslåtte og gjennomførte tiltak. Rapporten utarbeides og revideres tre ganger gjennom planlegging/prosjektering, etter bygging og etter 2 års drift.

I versjon 1 av rapporten presenteres:

- et **referansebygg** av samme byggkategori og størrelse, bygget etter minimumskrav i Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 17), materialvalg uten spesiell tanke på miljø og med gjennomsnittlig lokalisering uten transporttiltak.
- den **prosjekterte bygningen**, med beregnet energibruk (netto iht. NS 3031), planlagt energiforsyning, planlagt materialbruk og faktisk beliggenhet med gjennomsnittlige reisevaner for denne beliggenheten.

Versjon 2 av rapporten suppleres med beregningen for:

- **bygningen «Som bygget»**, fortsatt med beregnet energibruk (netto iht. NS 3031), men med faktiske utslippsdata for valgte bygningsprodukter (fra EPD'er) og med transportutslipp iht. mobilitetsplan for prosjektet.

Versjon 3 av rapporten suppleres ytterligere med beregningen for:

- **bygningen etter 2 års drift «I drift»**, med målt energi fordelt på ulike energiposter og med transportutslipp iht. gjennomført reisevaneundersøkelse for brukerne i bygget.

Beregningene for Boligene på Korpåsen er utarbeidet av Oda Kyllingstad og Anne-Lise Torp, WSP Norge AS.

Versjon 1.1, datert 12.10.19, inneholder reviderte resultatene av klimagassberegninger for «prosjektert bygg».

1. PROSJEKTBEKRIVELSE

Prosjektnavn: Boliger på Korpåsen
Utbygger: Asker Kommune

På Korpåsen i Asker skal det bygges 12 leiligheter for unge i alderen 20 til 30 år med nedsatt funksjonsevne. Prosjektet består av tre bygninger med fire leiligheter i hvert bygg, alle prosjektert i én etasje. Boenhetene er fullverdige leiligheter med egen inngang, vindfang, kjøkken, stue, separat soverom, bad og bod. Til hver bogruppe er det et felles oppholdsrom med kjøkken hvor det er mulighet for felles måltider. Det er også kontorplasser, personalrom og rom for nattevakter tilknyttet boligene.

Beliggenhet og karakteristika

Adresse: Gullhella, 1386 Asker
Høyde over havet: 122 moh.
Årsgjennomsnittstemperatur: 6,3

Arealer og bygningsinformasjon

På grunn av noe ulik bruk er bygningene oppdelt i bogruppe 1, 2 og 3. Bogruppe 1 og 2 er karakterisert som bygningstype *Boligblokk/Småhus*, bogruppe 3 er karakterisert som bygningstype *Sykehjem*.

BTA totalt:	1 143
Oppvarmet BRA totalt:	1 024
BTA bogruppe 1 og 2:	645 (322,5+322,5)
Oppvarmet BRA bogruppe 1 og 2:	569 (284,5+284,5)
BTA bogruppe 3:	498
Oppvarmet BRA bogruppe 3:	455
Personer:	
Antall brukere:	12
Antall ansatte:	12
Antall besøkende:	3

Lokalisering

Boligene på Korpåsen ligger på Gullhella i Asker kommune. Gullhella er et område lokalisert langs Røykenveien ca. 4 kilometer sør for Asker sentrum. I umiddelbar nærhet til Boligene på Korpåsen ligger Gullhella Bo- og aktivitetssenter og Nordre Gullhella aktivitetssenter.

Det er en god beliggenhet for bruk av kollektivtrafikk, enten buss (under 300 m) eller tog (900 m). Det tilrettelegges også for bruk av sykkel.

1.1.Beregningsprogram for klimagassberegninger

Første versjon av klimagassregnskapet, versjon 1.0, ble utarbeidet i Simapro versjon 8.4.0.0, i kombinasjon klimagassregnskap.no versjon 5. Referansebygget ble modellert i Simapro med utgangspunkt i referansebyggene i klimagassregnskap.no.

I versjon 1.1 av klimagassregnskapet er beregningen utført i One Click LCA, databaseversjon 7.6. I denne forbindelse er nytt referansebygg modellert, også dette i One Click LCA. Resultatene fra versjon 1.0, både fra referansebygg og prosjektert, er vist i tabell 2.1 under hovedresultatene kap. 2. For resten av kapitlene er det resultatene fra versjon 1.1 som er brukt.

Versjon 2 er i likhet med versjon 1.1 i sin helhet utarbeidet i programmet One Click LCA, med database og oppdateringer som er tilstede i siste kvartal i 2020. Flere moduler i verktøyet er tatt i bruk etter ønske fra tiltakshaver, som presenteres i et eget kapittel (kap. 6).

Det anbefales å bruke samme verktøy for beregningen av klimagassutslipp for versjon 3, slik at regnskapene er direkte sammenlignbare.

I det nettbaserte verktøyet One Click er alle de forskjellige utregningene samlet i et og samme prosjekt, som oppdragsgiver har fått lesertilgang til. Tabellen under viser hvilke beregninger som tilhører denne prosjektrapporten, hvilken fase og hva de inkluderer.

Tabell 1.0: Oversikt over innhold i beregninger i One Click

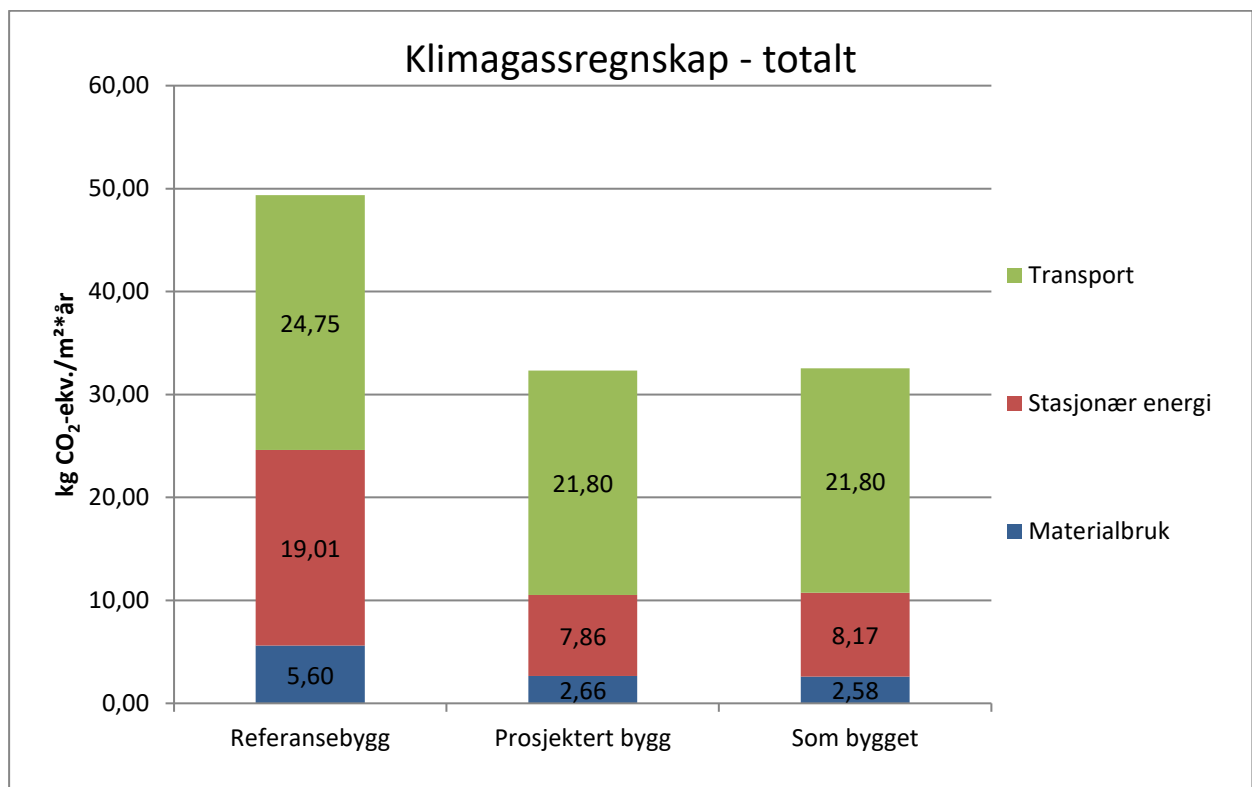
Navn på beregning i One Click	Inkluderer følgende moduler
0 – Referanse B gruppe 1 og 2 skoeske	Skoeskeformet bygg, materialer
0 – Referanse B gruppe 3 skoeske	Skoeskeformet bygg, materialer og transport
1 – Referanse tilpasset	Tilpasset referansebygg, materialer, energi (TEK17)
1 – Referanse tilpasset	Tilpasset referansebygg, materialer, energi (TEK17)
4 – Prosjektert B gruppe 1 og 2	Prosjekterte mengder materialer, solceller, energiforbruk
4 – Prosjektert B gruppe 3	Prosjekterte mengder materialer, solceller, energiforbruk og transport
6 - Som bygget B gruppe 1 og 2	Som bygget mengder materialer, solceller, energiforbruk og byggeplass
6 – Som bygget B gruppe 3	Som bygget mengder materialer, solceller, energiforbruk og transport

2. HOVEDRESULTATER OG SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVER

Prosjektets totale klimagassutslipp er sammenlignet med referanseberegningen redusert med **34,5%** for prosjektert bygg. Fra materialbruk er klimagassutslippet redusert med 53,9 %, fra energibruk er det redusert med 57,08 %, men fra transport er klimagassutslippet redusert med kun 11,9 %.

Klimagassutslippet for prosjektet «som bygget» er beregnet til **34,05 kg CO₂-ekv./m²/år**, og **1234,52 kg CO₂-ekv./person/år**. Utslipet fra materialer er bare **2,58 kg CO₂-ekv./m²/år**, og stasjonær energi **8,17 kg CO₂-ekv./m²/år**. Totalt for byggene utgjør dette **33 332 kg CO₂-ekv./år**

I tabell 2.1 er reduksjonene for alternativene vist for henholdsvis materialbruk, stasjonær energibruk til drift av bygget og person- og varetransport i driftsfasen.



Figur 2.1: Fordeling av beregnede klimagassutslipp [kg CO₂-ekv. m²/år] for oppdatert referansebygg og prosjektert bygg for Boliger på Korpåsen.

Tabell 2.1: Fordeling av beregnede klimagassutslipp pr. år for opprinnelig og oppdatert referansebygg og opprinnelig og oppdatert prosjektert bygg.

	Referansebygg [kg CO ₂ /år]		Prosjektert bygg [kg CO ₂ /år]		Som bygget [kg CO ₂ /år]	«i drift» [kg CO ₂ /år]
	Opprinnelig	Oppdatert	Opprinnelig	Oppdatert		
Materialbruk	8958	5736	3356	2724	2644	
Stasjonær energi	13741	19462	4444	8044	8367	
Transport	10733	25346	10050	22321	22321	
Total	33432	50543	17850	33088	33332	
Reduksjon ift. opprinnelig referansebygg [%]			46,61	1,03*	0,003	
Reduksjon ift. oppdatert referansebygg [%]			64,68	34,53	34,05	

* Se kapittel 2.1 for forklaring om forskjell mellom opprinnelig og oppdatert referansebygg

Tabell 2.2: Fordeling av beregnede klimagassutslipp pr. person¹ pr. år for oppdatert referansebygg, prosjektert bygg og som bygget for Boliger på Korpåsen.

	Referansebygg	Prosjektert bygg	«Som bygget»	«i drift»
	[kg CO ₂ - ekv./person/år]	[kg CO ₂ - ekv./person/år]	[kg CO ₂ - ekv./person/år]	[kg CO ₂ - ekv./person/år]
Materialbruk	212,44	100,89	97,93	
Stasjonær energi	720,81	297,92	309,89	
Transport	938,73	826,69	826,70	
Total	1871,98	1225,50	1234,52	
Reduksjon ift. referansebygg [%]		34,53	34,05	

I som-bygget-fase er totalt klimagassutslipp redusert med 34 % sammenlignet med referansebygget. Fra materialbruk er klimagassutslippet redusert med 53,9 %, fra energibruk er det redusert med 57,08 %, men fra transport er klimagassutslippet redusert med kun 11,9 %. Resultatene viser kun mindre endringer fra prosjektert bygg.

Altså er målet om halvering av utslipp nådd for materialbruk og energi i drift, men totalt sett havner reduksjonen under målet. Transportdelen av utslippet er forbundet med usikkerhet og vil kunne oppdateres med reelle tall for transportbruk ved siste oppdatering av regnskapet, etter to år.

For å redusere utslippet fra materialbruk er det benyttet mest mulig tre og biomassebaserte løsninger, som for eksempel massivtre, trefiberisolasjon, trestendervegger og trekledning på fasaden. Det er brukt lite betong i prosjektert bygg, blant annet ved å ha en relativt tynn bunnplate. Der det er nødvendig med betong og stål er det benyttet lavkarbonbetong klasse A og armering med tilnærmet 100% resirkulert stål.

Boligene er prosjektert for å oppnå nær-nullenergi, nZEB, iht. ZEBs definisjon om at levert energi til bygget skal være mindre eller lik 40 kWh/m² for bogrupper 1 og 2, og lik 85 kWh/m² for bogrupper 3. For å oppnå dette skal det installeres solceller på taket, varmebrønner for å dekke varmebehovet og naturlig ventilasjon for å redusere energibruk.

I transportdelen for det prosjekterte bygget er det tatt utgangspunkt i en RVU for bolig og handel i Asker og Bærum, dette fordi det ikke er utarbeidet en mer lokal RVU for Gullhella. Det er gjort noen justeringer ifm. redusert antall parkeringsplasser og tilrettelegging for sykkel. Sammenlignet med referansebygget, der det også er benyttet RVU for bolig og handel i Asker og Bærum, gir dette en lav reduksjon av klimagassutslipp. Da utslippene fra transport er store, sammenlignet med utslipp fra materialbruk og energi, bidrar dette til å holde det samlede utslippet fra prosjektert bygg oppe.

Når bygget er i drift, bør det utføres en lokal RVU for å undersøke de faktiske reisevanene for brukerne, besøkende og ansatte. Transportmodulen er den modulen som er mest utslagsgivende i det totale klimagassregnskapet, samtidig som det er den modulen med minst prosjektspesifikk data. Usikkerheten er derfor stor, og dette bør være et viktig insentiv for å innhente mer prosjektspesifikk data til neste fase.

Etter ønske fra byggherren, er det lagt til byggeplassdrift i klimagassberegningene. Dette inkluderer energibruk, frakt av masser og avfallsproduksjon og tilhører livsløpsfase A5 (se kapittel 6). I tillegg er det for viktige materialer slik som massivtre og limtre langt inn transportlengde under livsløpsfase A4 (se kapittel 4.3). Disse livsløpsfasene er ikke inkludert i referansebygget og heller ikke for beregningen av måloppnåelse av klimagassreduksjon.

¹ Antall personer er alle som er oppgitt som brukere av bygget, dvs. ansatte/bosatte, elever/studenter og andre brukere samt besøkende.

2.1. Endringer opprinnelig og oppdatert regnskap

Tabell 2.1 viser at den *totale* reduksjonen i klimagassutslipp sammenlignet med referansebygg i det opprinnelige regnskapet var **46,6 %**. Årsaken til at reduksjonen nå ikke er like stor, er først og fremst bytte av beregningsverktøy, fra en kombinasjon av Simapro og Klimagassregnskap.no til One Click LCA. Blant annet er det utarbeidet et nytt referansebygg for *materialer* i det oppdaterte regnskapet. Dette referansebygget er vesentlig bedre med lavere generiske utslippsverdier enn det i det opprinnelige da dette referansebygget er tilpasset byggepraksis i 2019, mens det forrige var tilpasset 2015.

Videre utgjør *transport* en større andel av det totale utslippet i det oppdaterte regnskapet, dette fordi klimagassregnskap.no og One Click LCA beregner transport ulikt. I Klimagassregnskap.no ble utslipp fra transport-i-drift beregningen delt på to for å unngå dobbeltregning. One Click LCA følger standarden for klimagassregnskap NS3720 og iht. denne skal ikke utslippet fra transport deles på to. Siden utslippstallene fra transport utgjør den største andelen av utslippet samtidig som det er den modulen der det er oppnådd minst reduksjon, påvirker dette den totale utslippsreduksjonen negativt.

Når det gjelder *energi* er utslippet fra det oppdaterte referansebygget større enn fra det opprinnelige, dette fordi referansebygget for energi i det opprinnelige regnskapet var beregnet etter bygningskategori boligblokk mens det nå er delt opp i en sykehjem- og en boligblokkdel slik som for materialer. Det oppdaterte utslippet fra prosjektert energi er også høyere enn for det opprinnelige, dette skyldes at prosjektert energi nå er delt opp i bygningskategoriene sykehjem og boligblokk slik som referansebygget. Sykehjem har et større energibehov enn boligblokk, så selv om de samme energireducerende tiltakene som for det opprinnelige regnskapet er tatt med videre vil levert energi til bygget nå være større enn for det opprinnelige regnskapet.

3. STASJONÆR ENERGIBRUK

I dette kapitlet er det først redegjort for forutsetninger, grunnlag og resultater av de ulike beregningsalternativene, deretter sammenlignes alternativene og det gis en kort forklaring av årsakene til forskjellen mellom alternativene.

3.1. Prosjektfaser – forutsetninger og delresultater

3.1.1. Referansebygg

Det er lagt til grunn to referansebygg. For bogrupper 1 og 2 er det brukt bygningskategori boligblokk, og for bogrupper 3 er det brukt bygningskategori sykehjem, begge med netto energibehov iht. minimumskrav i Forskrift om tekniske krav til byggverk.

Forutsetninger energibruk i drift – referanseberegninger for boligblokk/sykehjem:

- Spesifikt netto energibehov 95/195 kWh/(m²*år) tilsvarende rammekravet i teknisk forskrift (TEK 17, kap. 14-2)
- 60 % av varmebehovet dekkes av elkjel (systemvirkningsgrad 0,86) og 40 % av varmebehovet dekkes av panelovner (systemvirkningsgrad 0,92).
- Kjølebehovet dekkes av lokale kjølemaskiner med en systemvirkningsgrad på 2,45.

Tabellene under viser en oversikt over energibehov og levert energi for de to referansebyggene. Det er presentert utslipp både med europeisk og norsk strømmiks.

Tabell 3.1: Oversikt over energibehov (ulike formål), energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for referansebygget boligblokk.

Referansebygg Boligblokk	Netto energibehov [kWh/m ² *år]	Netto levert energi [kWh/m ² *år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp, europeisk strømmiks [kg CO ₂ -ekv/m ² *år]	Klimagassutslipp, norsk strømmiks [kg CO ₂ -ekv/m ² *år]
El-spesifikk energi	35	35	100 % el	4,69	0,42
Varme	36	42	60 % elkjel	5,6	0,5
	24	26	40 % panelovn	3,49	0,31
Kjøling	Ingen kjøling				
Sum	95	103	-	13,78	1,23

Tabell 3.2: Oversikt over energibehov (ulike formål), energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for referansebygget sykehjem.

Referansebygg Sykehjem	Netto energibehov [kWh/m ² *år]	Netto levert energi [kWh/m ² *år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp, europeisk strømmiks [kg CO ₂ -ekv/m ² *år]	Klimagassutslipp, norsk strømmiks [kg CO ₂ -ekv/m ² *år]
El-spesifikk energi	90	90	100 % el	12,05	1,07
Varme	48	56	60 % elkjel	7,47	0,67
	32	35	40 % panelovn	4,66	0,41
Kjøling	25	10	100 % lokal kjøling	1,37	0,12
Sum	195	191	-	25,54	2,27

3.1.2. Prosjektert bygg

De prosjekterte byggene er planlagt oppført som nesten nullenergi, nZEB, iht. ZEBs definisjon. Dette innebærer at levert energi til byggene skal være mindre eller lik 40 kWh/m² for bogruppe 1 + 2 og lik 85 kWh/m² for bogruppe 3. For å oppnå dette skal det installeres solceller på takene som vil produsere samlet ca. 35.000 kWh pr. år, samt at det skal etableres energibrønner for termisk energiproduksjon til oppvarming av bogruppe 3. Bogruppe 1 og 2 oppvarmes med avtrekksvarmepumpe.

Byggenes netto energibehov er beregnet ved hjelp av beregningsprogrammet Simien, se energibudsjett i tabell 3.3 og tabell 3.4. Beregningene viser at byggenes samlede netto energibehov er redusert med 59% i forhold til rammekravet i teknisk forskrift.

Tabell 3.3: Energibudsjett for bogruppe 1 og 2. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	32563 kWh	57,3 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	709 kWh	1,2 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	16922 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	1636 kWh	2,9 kWh/m ²
3b Pumper	758 kWh	1,3 kWh/m ²
4 Belysning	6470 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	9951 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	69009 kWh	121,5 kWh/m ²
Lvert avtrekksvarmepumpe ihht. tillegg N	22266 kWh	39,2 kWh/m ²
Energibruk til drift av avtrekksvarmepumpe	8415 kWh	14,8 kWh/m ²
Totalt netto energibehov inkl. avtrekksvarmepumpe	55157 kWh	97,1 kWh/m ²

Tabell 3.4: Energibudsjett for bogruppe 3. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	7116 kWh	15,6 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	7125 kWh	15,6 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	13585 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	6982 kWh	15,3 kWh/m ²
3b Pumper	978 kWh	2,1 kWh/m ²
4 Belysning	10652 kWh	23,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	10652 kWh	23,4 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4706 kWh	10,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	61797 kWh	135,5 kWh/m ²

For mer detaljert informasjon se vedlegg 1: Underlag beregninger for energi.

De viktigste tiltakene for å redusere byggenes energibehov er at 75% av termisk energibruk i bogruppe 3 dekkes av en sentral varmepumpe med COP > 3, med supplerende elkjel. I bogruppe 1 og 2 dekkes min 45 % av termisk energibruk av avtrekksvarmepumpe med gjenvinning av energi i avtrekksluft. Også her har varmepumpen en COP på > 3. Alle byggene har vannbåren varme. Det er termisk energiproduksjon fra 3 stk. brønner til oppvarming samt til ventilasjon i bogruppe 3. Et solcelleareal på ca. 250 m² gir en energiproduksjon på ca. 34 kWh/m² BRA. Det er planlagt for naturlig ventilasjon med luftevindu i bogruppe 1 og 2. I bogruppe 3 er det planlagt for avtrekksventilasjon, naturlig sommerventilasjon og balansert mekanisk ventilasjon. Det er ikke behov for energi til kjøling i bogruppe 1 og 2, kun bogruppe 3.

Scenario 1 Norsk forbruksmiks

I scenario 1 er det benyttet norsk energimiks i klimagassregnskapet. Det samlede klimagassutslippet fra energibruk i drift for de tre bygningene er **1,46 kg CO₂-ekv/m²/år**. Tabell 3.5 og 3.6 viser fordelingen av bygningenes energibehov og klimagassutslipp ved bruk av norsk energimiks. **Dette utgjør en reduksjon på 58% i forhold til referansebygget**

Tabell 3.5: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for scenario 1 for prosjektert bygg, bogruppe 1,2.

Prosjektert bygg Bogruppe 1,2	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	33,1	33,1	100% el	0,40
Varme	63,9	21,5 29,7	66% varmepumpe 34% el	0,26 0,35
Kjøling	Ingen kjøling			
Solstrøm	-45,3	-45,3	100% solceller	-0,54
Sum	51,7	39	-	0,47

Tabell 3.6: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for scenario 1 for prosjektert bygg, bogruppe 3.

Prosjektert bygg Bogruppe 3	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	64,2	64,2	100% el	0,77
Varme	61	15,4 15,1	60% varmepumpe 40% el	0,18 0,18
Kjøling	10,3	4,1	100% lokal kjøling (varmepumpe)	0,05
Solstrøm	-15,6	-15,6	100% solceller	-0,19
Sum	119,9	83,2	-	0,99

Scenario 2 Europeisk (EU28+NO), 60 years forecasted average

I scenario 2 er det benyttet en kombinert europeisk og norsk energimiks i klimagassberegningen. Det er dette scenarioet som er brukt videre i beregningene.

Byggenes samlede beregnede klimagassutslipp som prosjektert er **16,35 kg CO₂-ekv/m²/år**, se tabell 3.7 og 3.8. **Dette utgjør en reduksjon på 59% i forhold til referansebygget.**

Tabell 3.7: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for scenario 2 for prosjektert bygg, bogruppe 1,2.

Prosjektert bygg Bogruppe 1,2	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	33,1	33,1	100% el	4,43
Varme	63,9	21,5 29,7	66% varmepumpe 34% el	2,88 3,98
Kjøling	Ingen kjøling			
Solstrøm	-45,3	-45,3	100% solceller	-6,06
Sum	51,7	39	-	5,23

Tabell 3.8: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for scenario 2 for prosjektert bygg, bogruppe 3.

Prosjektert bygg Bogruppe 3	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	64,2	64,2	100% el	8,59
Varme	61	15,4 15,1	60% varmepumpe 40% el	2,06 2,02
Kjøling	10,3	4,1	100% lokal kjøling (varmepumpe)	0,55
Solstrøm	-15,6	-15,6	100% solceller	-2,09
Sum	119,9	83,2	-	11,14

3.1.3. «Som bygget»

Byggets beregnede energibehov er korrigert i henhold til byggeprosjektets utførelse. På grunn av endringer i energimodellen har energibehovet og egenprodusert energi økt noe i forhold den prosjekterte mengden. Tabellene under viser resultatene av energiberegningen for både bogruppe 1 og 2 og 3.

Tabell 3.9: Energibudsjett. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031 for Bogruppe 1 og 2.

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	75,6 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0,0 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	2,0 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	1,4 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0 kWh/m ²
Lvert avtrekksvarmepumpe ihht. tillegg N	-53,6 kWh/m ²
Energibruk til drift av avtrekksvarmepumpe	17,1 kWh/m ²
Totalt netto energibehov inkl. avtrekksvarmepumpe	101,3 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	102,8 kWh/m ²

Tabell 3.10: Energibudsjett. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031 for Bogruppe 3.

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	70,3 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	13,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	22,6 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	4,0 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	29,2 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	23,4 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	10,9 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	203,4 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	205,0 kWh/m ²

Det er utført en trykktest av bygget iht. gjeldende energirapport fra Link Arkitektur. lekkasjetallet er endret fra 0,40 til 0,41 for boliggruppe 1 og 2, til 0,42 for boliggruppe 3. SFP og temperaturgjenvinningsgrad er også endret fra prosjektert versjon; den har økt noe etter info fra leverandør og beregninger i IDA ICE for den naturlige ventilasjonen. Det er også mindre endringer i areal av vinduer og yttervegger, som gjør at andelen vinduer delt på bruksareal her økt fra 14,8% til 15,7%. U-verdier i klimaskallet er stort sett likt som for prosjektert bygg, bortsett fra gjennomsnittlig U-verdi for vinduer og dører som for boliggruppe 3 har økt fra 0,83 til 1,91 W/m²K grunnet bl.a. UU-krav som større døråpninger. Den samme U-verdien har kun økt til 0,88 W/m²K for boliggruppe 1 og 2. se vedlegg 2 for mer utfyllende informasjon.

Scenario 1 Norsk forbruksmiks

I scenario 1 er det benyttet norsk energimiks i klimagassregnskapets energidel. Det samlede klimagassutslippet fra energibruk i drift for de tre bygningene er **1,49 kg CO₂-ekv/m²/år**. Tabell 3.11 og 3.12 viser fordelingen av bygningenes energibehov og klimagassutslipp ved bruk av norsk energimiks. **Dette utgjør en reduksjon på 57 % i forhold til referansebygget.**

Tabell 3.11: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for prosjektet «som bygget», for bogrupper 1 og 2.

Prosjektert bygg Bogruppe 1,2	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	49,5	49,4	100% el	0,59
Varme	51,8	26,9 9,3	75% varmepumpe 25% el	0,32 0,11
Kjøling	Ingen kjøling			
Solstrøm	-45,7	-45,7	100% solceller	-0,55
Sum	55,5	40,0	-	0,48

Tabell 3.12: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for scenario 1 for «som bygget», bogrupper 3.

Prosjektert bygg Bogruppe 3	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	79,2	79,2	100% el	0,94
Varme	113,3	9,7 15,4	80% varmepumpe 20% el	0,12 0,18
Kjøling	10,9	4,4	100% lokal kjøling (varmepumpe)	0,05
Solstrøm	-23,7	-23,7	100% solceller	-0,28
Sum	179,7	85	-	1,01

Scenario 2 Europeisk (EU28+NO), 60 years forecasted average

I scenario 2 er det benyttet en kombinert europeisk og norsk energimiks i klimagassberegningen. Det er dette scenarioet som er brukt videre i beregningene. Byggenes samlede beregnede klimagassutslipp for som-bygget-fasen er **17,06 kg CO₂-ekv/m²/år**, se tabell 3.13 og 3.14. **Dette utgjør en reduksjon på 57 % i forhold til referansebygget.**

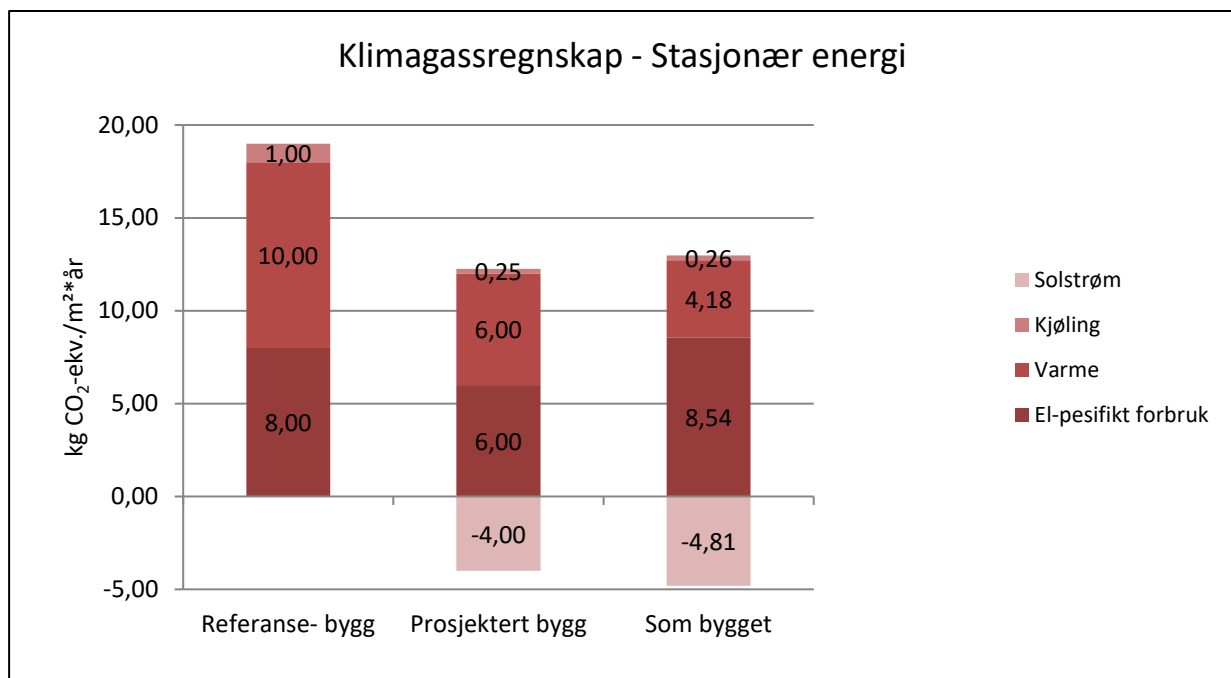
Tabell 3.13: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for scenario 2 for prosjektert bygg, bogruppe 1, 2. (Bygningskategori bolig).

Prosjektert bygg Bogruppe 1,2	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	49,4	49,4	100% el	6,62
Varme	51,8	26,9	75% varmepumpe	3,60
		9,3	25% el	1,24
Kjøling	Ingen kjøling			
Solstrøm	-45,7	-45,7	100% solceller	-6,12
Sum	55,5	40,0	-	5,35

Tabell 3.14: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for scenario 2 for prosjektert bygg, bogruppe 3. (Bygningskategori sykehjem).

Prosjektert bygg Bogruppe 3	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Netto levert energi [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
El-spesifikk energi	79,2	79,2	100% el	10,93
Varme	113,3	9,7	80% varmepumpe	1,30
		15,4	20% el	2,06
Kjøling	10,9	4,4	100% lokal kjøling (varmepumpe)	0,59
Solstrøm	-23,7	-23,7	100% solceller	-3,17
Sum	179,7	85,0	-	11,71

3.2.Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra stasjonær energibruk



Figur 3.1: Beregnede klimagassutslipp for energi, fordelt på formål; varme, kjøling og el-spesifikt samt solstrøm. Resultatene er basert på EU-strømmiks.

Tabell 3.15: Fordeling av klimagassutslipp pr. energikategori for referansebygg og prosjekttert bygg.

	Referanse- bygg	Prosjekttert bygg		Som bygget		I drift	
	kg CO ₂ -ekv. /år	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref
El-spesifikk energi	8147	6435	21	8736	-7		
Varme	10693	5755	46	4281	60		
Kjøling	622	250	60	268	57		
El-prod. solceller		-4396		-4918			
Total	19462	8044	59	8367	57		

Tabell 3.16: Fordeling av klimagassutslipp pr. person pr. energikategori for ulike prosjektfaser:

	Referanse- bygg	Prosjekttert bygg		Som bygget		I drift	
	kg CO ₂ -ekv./person/år	kg CO ₂ -ekv./person/år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./person/år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./person/år	% red saml. med ref
El-spesifikk energi	339	268	21	364	-7		
Varme	446	240	46	178	60		
Kjøling	26	10	60	11	57		
El-prod. solceller		-183		-205			
Total	811	335	59	349	57		

Klimagassreduksjonen er 59% fra referansebygget til prosjekteringsfasen og 57% til som bygget, hvorav hovedårsaken til reduksjonen i klimagassutslipp er:

- El-produksjon fra solcellepaneler på tak.
- Sentral varmepumpe med høyere virkningsgrad enn referansebyggets varmepumpe.
- Termisk energiproduksjon fra 3 brønner til oppvarming.
- Naturlig ventilasjon i bogruppe 1 og 2.

Den sentrale varmepumpen har en buffertank for optimering av varmepumpedriften, og for lagring av overskudds-el-produksjon fra solcellene. Når elektrisiteten fra solcellene ikke kan nyttiggjøres til direkte el-bruk lagres strømmen i buffertanken. Strømmen transformeres via en elkjel i energisentralen. Det brukes følgende prioritering for solstrømsproduksjon:

1. Direkte el-bruk i bygget
2. Spissing av temperatur varmt tappevann i beredere i blokk 1, 2 og 3
3. Spissing av temperatur i bufferlagertank i energisentral
4. Salg av el tilbake på strømnettet.

Bogruppe 1 og 2 har egen avtrekksvarmepumpe som gjenvinner energi i avtrekksluft fra leiligheter. Energiproduksjon nyttiggjøres til oppvarming av tappevann og oppvarming.

Det er ikke planlagt kjøling i bogruppe 1 og 2. Bogruppe 3 har mulighet for frikjøling fra brønner på sommeren.

Energiberegningene som representerer «som bygget», viser noen endringer i energiløsningen siden prosjektert bygg. Varmepumpen tar en større andel av oppvarmingsbehovet som har økt. Egenproduksjonen av strøm fra solcellene har økt, i likhet med behovet for el-spesifikk energi. Totalen er tilnærmet lik som for prosjektert beregning, med et avvik på -2%.

Prosjektets valg av naturlig ventilasjon har som konsekvens at de teoretiske beregningene for energi i drift øker betydelig. Denne innovative energiløsningen bør derfor evalueres etter et par års drift for å se virkningen. Da bør det gjøres en oppdatering av klimagassberegningen.

4. MATERIALER

I dette kapitlet er det først redegjort for forutsetninger, grunnlag og resultater av de ulike beregningsalternativene, deretter sammenlignes alternativene og det gis en kort forklaring av årsakene til forskjellen mellom alternativene. Utslipet knyttet til materialer inkluderer livsløpsfasene A1-A3 og B4-B5. Kapittel 4.2 utslipp knyttet til transport til byggeplass, livsløpsfase A4.

4.1. Beregningsalternativer – forutsetninger og delresultater

4.1.1. Referansebygg

Referansebyggene er generert fra Carbon designer i One Click LCA. Bogruppe 1 og 2 er definert som småhus da denne bygningskategorien passer best med tanke på bygningenes geometri og oppbygning. Bogruppe 3 er definert som sykehjem. For hver bygningskategori er det utarbeidet to referansebygg, et skoeskeformet og et tilpasset, dette i henhold til FutureBuilt sine krav til referansebygg.

Følgende opplysninger er lagt til grunn:

- Byggtype: Småhus/Sykehjem
- Antall etasjer totalt: 1
- Antall oppvarmede etasjer under bakken: 0
- Antall etasjer over bakken: 1
- Oppvarmet bruksareal (BRA): 569/455
- Totalt bruttoareal (BTA): 645/498
- Totalt bruttoareal kjeller (BTK): 0
- Totalt bebygd areal (BYA): 645/498
- TEK 17
- Stripefundament på sand, grus og silt

Tabell 4.1: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for referansebygg for bogruppe 1 og 2.

Bogruppe 1 og 2		Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]		Klimagassutslipp [% av tot.]	
Bygningsdel	Oppbygging (hovedelementer)	Skoeske	Tilpasset	Skoeske	Tilpasset
Grunn og fundamenter	Stripefundamenter i lavkarbon B på sand eller blanding av sand, grus, silt og leire. EPS-isolasjon.	0,19	0,19	4,36	4,33
Vertikale: Utvendig vegger og fasade	Bindingsverksveggsystem i tre, inkl. glassullisolasjon og gipsplater. Murte lettklinkerblokker, inkl. utvendig glassullisolasjon, stenderverk i tre. Malt eller farget trekledning Murstein, inkl. mørtel	0,40	0,62	9,37	14,05
Vertikale: Søyler og bærende vertikale strukturer	Glue laminated timber- limtre	0,00	0,00	0,05	0,06
Vertikale: Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	Bindingsverksvegg, 100mm trestender, inkl. glassullisolasjon Leca blokk vegg, inkl. mørtel Climate door- innerdør i tre Gipsplater, fylt, slipt og malt	0,55	0,54	12,72	12,09

<i>Horisontale:</i> Gulv	Betong grunndeck, lavkarbon B - gulv på grunn Parkett, inkl. dampfast membran Vinyl flooring Keramiske fliser, inkl. membran	2,56	2,34	59,41	52,65
<i>Horisontale:</i> Bjelker	Strukturelle stålprofiler- I bjelker	0,07	0,08	1,67	1,77
<i>Horisontale:</i> Tak	Tretak system, inkl. glassullisolasjon og tekking Concrete roof tiles	0,30	0,27	7,03	6,00
Vinduer og dører	3-lags vindu med tre-aluminiumskledning Multifunctional steel door- ytterdør	0,23	0,40	5,39	9,05

Tabell 4.2: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for referansebygg for bgruppe 3.

Bogruppe 3		Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]		Klimagassutslipp [% av tot.]	
Bygningsdel	Oppbygging (hovedelementer)	Skoeske	Tilpasset	Skoeske	Tilpasset
Grunn og fundamenter	Stripfundamenter i lavkarbon B på sand eller blanding av sand, grus, silt og leire. EPS-isolasjon.	0,17	0,17	2,30	2,39
<i>Vertikale:</i> Utvendig vegger og fasade	Bindingsverksveggsystem i tre, inkl. glassullisolasjon og gipsplater. Murte lettklinkerblokker, inkl. utvendig glassullisolasjon, stenderverk i tre. Betongvegg i lavkarbon B med utvendig påføring inkl. stenderverk Murstein, inkl. mørtel Fibersement platebekledning	0,46	0,60	6,29	8,56
<i>Vertikale:</i> Søyler og bærende vertikale strukturer	Structural hollow steel sections 10 % recycled content. Betongsøyle i lavkarbon B og 90% resirkulert armering	0,34	0,34	4,66	4,85
<i>Vertikale:</i> Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	Bindingsverksvegg, 100mm stålstender, inkl. mineralullisolasjon Innvendig betongvegg, inkl. forsterkning og fyllstoff Glassveggsystem Climate door- innerdør i tre Gipsplater, fylt, slipt og malt Mineralull suspendert takplater i stål	0,72	0,53	9,83	7,45
<i>Horisontale:</i> Gulv	Betong grunndeck, lavkarbon B - gulv på grunn Vinyl flooring Keramiske fliser, inkl. membran	2,71	2,57	36,97	36,50

<i>Horisontale:</i> Bjelker	Strukturelle stålprofiler- I bjelker Betongbjelke	0,65	0,65	8,87	9,24
<i>Horisontale:</i> Tak	Tretak system, inkl. glassullisolasjon. Bitumen sheets for waterproofing of roofs	2,02	1,97	27,60	27,93
Vinduer og dører	3-lags vindu med tre- aluminiumskledning Multifunctional steel door- ytterdør	0,26	0,22	3,49	3,08

I begge referansebyggene er det gulv som utgjør den største andelen av klimagassutslippet, dette fordi gulvet består av store mengder betong, armering og EPS-isolasjon. I referansebygget for bogrupspe 3 består også taket av betong, derfor utgjør taket en større andel av det totale utslippet for dette referansebygget enn for bogrupspe 1 og 2 som har tretak. Merk at referansebyggene inneholder kun betong i lavkarbon klasse B, som er å regne som standard betongkvalitet på Østlandet.

I referansebygget for bogrupspe 1 og 2 utgjør også utvendig vegger og fasade en stor andel av det totale utslippet for bygget, dette skyldes blant annet bruk av murstein og vegg av lettklinkerblokker. For innvendige vegger og ikke-bærende strukturer er det Leca-blokkveggen som gir det største utslippet, samt innvendige dører. Dører får et ekstra høyt utslipp fordi det forventes at disse må skiftes ut i løpet av byggets levetid.

I referansebygget for bogrupspe 3 er det mange av de samme bygningsdelene utgjør det største utslippet. Dette referansebygget har i tillegg søyler og bjelker i betong og stål, noe som påvirker det totale utslippet mye. Videre viser en mer detaljert oversikt at gips utgjør en større andel i referansebygget for bogrupspe 3 enn for bogrupspe 1 og 2, årsaken til dette er antageligvis at sykehjem har strengere brannkrav enn småhus. Generelt for referansebyggene brukes det glassull som isolasjon.

For en detaljert oversikt over alle mengder, materialer og klimagassutslipp, se *vedlegg 2: Underlag beregninger for materialer, referansebygg*

4.1.2. Prosjektet bygg

I de prosjekterte byggene er det gjort følgende tiltak for å redusere utslipp fra materialbruken:

- Benytte tre- og biomassebaserte produkter i størst mulig grad:
 - Bygget er prosjektert i massivtre og trestendervegger med trefiberisolasjon. Pga. strengere brannkrav i bogrupspe 3 er det benyttet mineralullisolasjon i dette bygget.
 - Innvendige overflater er eksponert massivtre, trefibergips eller annen trekledning.
 - Utvendig kledning er ubehandlet trepanel.
- Benytte EPS-isolasjon i grunnen istedenfor XPS-isolasjon.
- Redusere materialmengder; Tynn bunnplate, I-stendervegger i tre.

Mengdene i den prosjekterte beregningen er hentet ut fra IFC-modellen fra arkitekt. Beregningene er gjort i One Click LCA, databaseversjon 6.7. Det er benyttet generiske verdier der det var mulig, dersom ikke generiske verdier fantes er spesifikke produkter brukt som substitutt, i disse tilfellene er det forsøkt å velge den vanligste leverandøren. I tillegg ble det benyttet glasopor i traseer for VA- og teknisk infrastruktur, men det er utenfor systemgrensen for bygget og ikke med i beregningene.

Tabell 4.3 og tabell 4.4 viser oppbygningen av prosjektert bygg for bogrupspe 1 og 2 og bogrupspe 3.

Tabell 4.3: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg, bogruppe 1 og 2.

Bogruppe 1 og 2			
Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Såleblokk; lavkarbon B betong, 80% resirkulert armering Stripefundament; lavkarbon B betong, 80% resirkulert armering Terrasse; lavkarbon B betong	0,44	15,71
Vertikale: Utvendig vegger og fasade	Ringmur; lavkarbon B betong, EPS-isolasjon Trekledning Trespiler Bærende massivtrevegger I-stendervegg m. trefiberisolasjon Fibergips	0,35	12,60
Vertikale: Søyler og bærende vertikale strukturer	Limtresøyler Bærende massivtrevegger	0,02	0,54
Vertikale: Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	Trestendervegg m trefiberisolasjon Fibergips Trespiler Badersompanel, x-finer Innerdør i tre	0,37	13,38
Horisontale: Gulv	Gulv på grunn, betong lavkarbon B og EPS isolasjon Linoleum gulvbelegg	0,88	31,69
Horisontale: Bjelker	Limtrebjelker	0,02	0,85
Horisontale: Tak	Trespiler Gips Massivtredekke m. glassullisolasjon- yttertak Bitumen takteking	0,40	14,42
Vinduer og dører	Tre-lags vindu m. treramme Balkongdør i glass Ytterdør i tre	0,30	10,81

Tabell 4.3: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg, bogruppe 3.

Bogruppe 3			
Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Såleblokk; lavkarbon B betong, 80% resirkulert armering Stripefundament; lavkarbon B betong, 80% resirkulert armering	0,42	16,60
Vertikale: Utvendig vegger og fasade	Ringmur; lavkarbon B betong, EPS-isolasjon Trekledning Trespiller Bærende massivtrevegger I-stendervegg m. trefiberisolasjon Fibergips	0,26	10,25
Vertikale: Søyler og bærende vertikale strukturer	Limtresøyler Bærende massivtrevegger	0,02	0,64
Vertikale: Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	Trestendervegg m mineralull Fibergips Trespiller Badersompanel, x-finer Innerdør i tre	0,33	13,11
Horisontale: Gulv	Gulv på grunn, betong lavkarbon B og EPS isolasjon Linoleum gulvbelegg	0,87	34,77
Horisontale: Bjelker	Limtrebjelker	0,01	0,31
Horisontale: Tak	Gips Trespiller Treullsement Massivtredekke m. glassullisolasjon- yttertak Bitumen takteking	0,44	17,76
Vinduer og dører	Tre-lags vindu m. treramme Balkongdør i glass Ytterdør i tre	0,16	6,55

4.1.3. «Som bygget»

Bygget ble ferdigstilt i 2020 og er lite endret fra prosjektert bygg. Storparten av endringer i resultatet av klimagassregnskapet tilegnes endringer i materialvalg og mer utstrakt bruk av produktspesifikke prosesser i regnskapet. For materialtypene brukt i et stort omfang er det lagt inn mengdeinformasjon direkte fra leverandøren av de største leveransene av materialer. For de resterende materialene er det tatt ut mengder fra IFCmodell.

Tabell 4.4: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for bygget slik det ble oppført. Bgruppe 1 og 2.

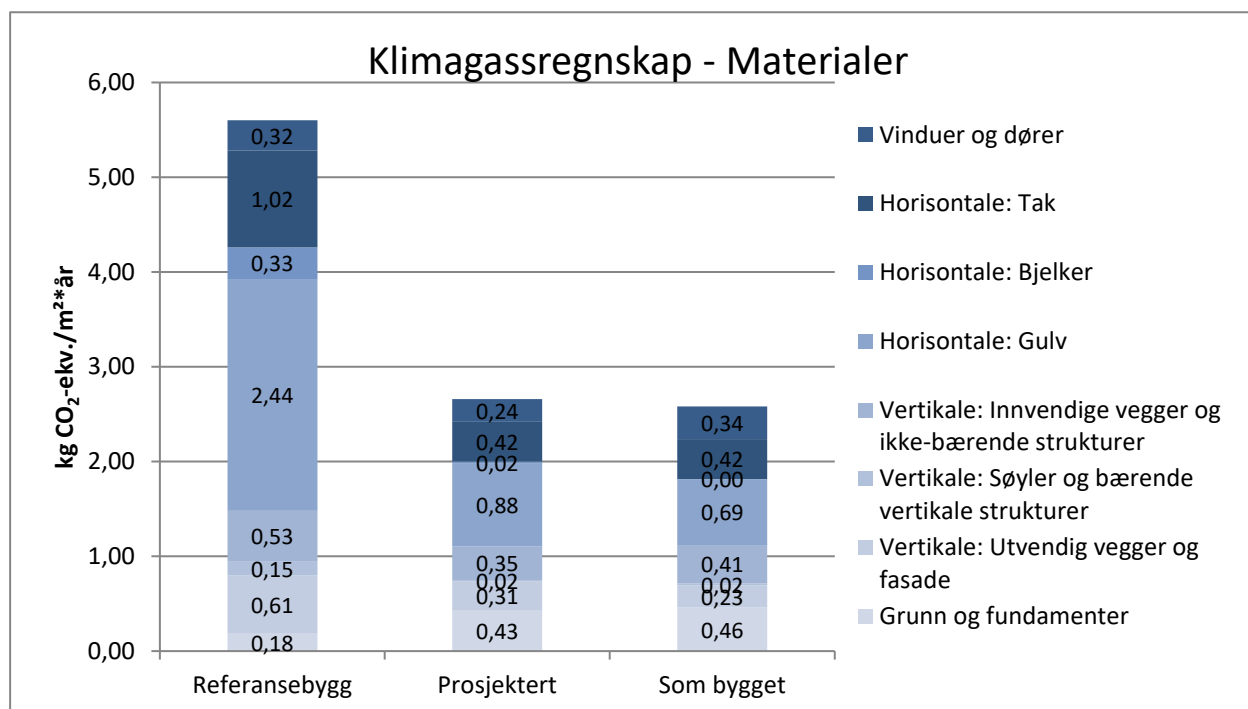
Bogruppe 1 og 2			
Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Såleblokk; lavkarbon B betong, 99% resirkulert armering Stripefundament; lavkarbon B betong, 99% resirkulert armering Terrasse; lavkarbon B betong	0,47	17,09
Vertikale: Utvendig vegger og fasade	Ringmur; lavkarbon B betong, EPS-isolasjon Trekledning Trespiler Bærende massivtrevegger I-stendervegg m. trefiberisolasjon Fibergips	0,27	9,68
Vertikale: Søyler og bærende vertikale strukturer	Limtresøyler Bærende massivtrevegger	0,01	0,55
Vertikale: Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	Trestendervegg m trefiberisolasjon Fibergips Trespiler Badersompanel, fibo-trespo Innerdør i tre	0,43	15,56
Horisontale: Gulv	Gulv på grunn, betong lavkarbon B og EPS isolasjon Linoleum gulvbelegg Vinyl gulvbelegg	0,69	25,34
Horisontale: Bjelker	Limtrebjelker	0,00	0,16
Horisontale: Tak	Trespiler himling Gipshimling Massivtredekke m. glassullisolasjon- yttertak Bitumen takteking	0,40	14,79
Vinduer og dører	Tre-lags vindu m. treramme Balkongdør i glass Ytterdør i tre	0,46	16,82

Tabell 4.5: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for bygget slik det ble oppført, Bogruppe 3.

Bogruppe 3			
Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Såleblokk; lavkarbon B betong, 99% resirkulert armering Stripefundament; lavkarbon B betong, 99% resirkulert armering Terrasse; lavkarbon B betong	0,45	18,75
Vertikale: Utvendig vegger og fasade	Ringmur; lavkarbon B betong, EPS-isolasjon Trekledning Trespiller Bærende massivtrevegger I-stendervegg m. trefiberisolasjon Fibergips	0,20	8,19
Vertikale: Søyler og bærende vertikale strukturer	Limtresøyler Bærende massivtrevegger	0,02	1,01
Vertikale: Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	Trestendervegg m trefiberisolasjon Fibergips Trespiller Badersompanel – fibo-trespo Innerdør i tre	0,39	16,15
Horisontale: Gulv	Gulv på grunn, betong lavkarbon B og EPS isolasjon Linoleum gulvbelegg	0,69	28,86
Horisontale: Bjelker	Limtrebjelker	0,00	0,15
Horisontale: Tak	Gips Trespiller himling Treullsement Massivtredekke m. glassullisolasjon- yttertak Bitumen taktekking	0,44	18,62
Vinduer og dører	Tre-lags vindu m. treramme Balkongdør i glass Ytterdør i tre	0,20	8,27

4.2.Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra materialbruk

Beregningene viser at for prosjektet sammenlignet med tilpasset referanseberegningen oppnår en utslippsreduksjon på **53,9 %**. Det viser en liten, ytterligere reduksjon i klimagassutslipp i forhold til utslippet beregnet for prosjektert bygg.



Figur 4.1: Fordeling av klimagassutslipp pr konstruksjon for de enkelte prosjektfasene

Tabell 4.6: Fordeling av klimagassutslipp pr. bygningsdel for referansebygg og prosjektert bygg.

	Referansebygg Tilpasset	Prosjektert bygg Samlet		"Som bygget"	
	kg CO ₂ -ekv./år	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref
Grunn og fundamenter	186,20	438,07	-135,27	470,02	-152,43
Vertikale: Utvendig vegger og fasade	629,72	316,43	49,75	239,83	61,91
Vertikale: Søyler og bærende vertikale strukturer	156,85	15,87	89,88	19,50	87,57
Vertikale: Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	544,93	361,45	33,67	417,88	23,31
Horisontale: Gulv	2502,25	898,42	64,10	708,30	71,69
Horisontale: Bjelker	340,97	16,95	95,03	4,12	98,79
Horisontale: Tak	1047,02	430,87	58,85	432,80	58,66
Vinduer og dører	327,88	245,97	24,98	351,83	-7,30
Total	5735,8	2724	52,51	2644,3	53,90
Total inkl. biogent karbon	4507,3	1894,7	57,97	-1578,0	135%

Tabell 4.7: Fordeling av klimagassutslipp pr. bygningsdel pr. person for referansebygg og prosjektert bygg.

	Referansebygg	Prosjektert bygg		"Som bygget"	
	kg CO ₂ -ekv./person/år	kg CO ₂ -ekv./person/år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./person*år	% red saml. med ref
Grunn og fundamenter	6,90	16,22	-135,27	17,41	-152,43
Vertikale: Utvendig vegger og fasade	23,32	11,72	49,75	8,88	61,91
Vertikale: Søyler og bærende vertikale strukturer	5,81	0,59	89,88	0,72	87,57
Vertikale: Innvendige vegger og ikke-bærende strukturer	20,18	13,39	33,67	15,48	23,31
Horisontale: Gulv	92,68	33,27	64,10	26,23	71,69
Horisontale: Bjelker	12,63	0,63	95,03	0,15	98,79
Horisontale: Tak	38,78	15,96	58,85	16,03	58,66
Vinduer og dører	12,14	9,11	24,98	13,03	-7,30
Total	212,44	100,89	52,51	97,94	53,90
Total inkl. biogent karbon	166,9	70,17	57,97	-58,45	135

Byggene i prosjektet har lavere utslipp for alle bygningsdeler bortsett fra grunn og fundament, og vinduer. Det store utslippet forbundet med grunn og fundamenter skyldes et større omfang av fundamentering enn for referansebyggene. Det presiseres at utslippet fra bunnplata ligger under Gulv, og for denne bygningsdelen er utslippet fra referansebygget vesentlig høyere enn fra prosjektert bygg.

Der det er benyttet betong i byggene er materialmengdene redusert sammenlignet med referansebygget da bunnplaten er vesentlig tynnere enn i referansebygget. Byggene inneholder ikke betong og stål over gulv på grunn. Dette gir spesielt utslag på utslipp fra Søyler, Bjelker og Tak (der referansebygget for bogruppe 3 bruker betong og stål). EPD'en for betongen som er levert fra prosjektet viser et betydelig lavere utslipp enn betongkvaliteten som er brukt i referansebygget. Den er derimot litt høyere enn det som er forutsatt i prosjektert bygg. Se oppsettet i tabell 4,7 for en oversikt over betongutslippene som er brukt i de forskjellige beregningene.

Tabell 4,8: Utslipp forbundet med betong og armering i de forskjellige beregningene

	Referansebygg	Prosjektert bygg	Som bygget
Betong	Concrete (Norwegian low-carbon), B35 M45/MF45, lavkarbonklass B (2015 NB37) 270 kg CO ₂ e/m ³	Ferdigbetong, normal styrke, generisk, B30 (var: lavkarbonklasse A) 200,83 kg CO ₂ e/m ³	Ferdigbetong B30M60 - UN53A-B000 - Sjursøya 212,27 kg CO ₂ e/m ³
Armering	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615 5249,91 kg CO ₂ e/m ³	Reinforcement steel (rebar), generic, 80% recycled content, A615 7191,5 kg CO ₂ e/m ³	Steel, rebar products (concrete reinforcement) (Smith Stal) 99% recycled 4074,15 kg CO ₂ e/m ³

Utslippet forbundet med armering og stål levert fra Smith Stål som er brukt i som-bygget-beregningen viser en betydelig reduksjon i forhold til den generiske prosessen som er brukt i prosjektert bygg og referansebygget. Årsaken til variasjonen i utslippet er graden av resirkulering som er brukt. Se tabell 4.7 for konkrete verdier.

Årsaken til endringen i utslipp knyttet til vinduer og dører fra prosjektert til som bygget er overgangen fra en generisk utslippsverdi til en produktspesifikk EPD, som gav betydelig økning i utslipp.

Prosjektet har ved å benytte eksponert massivtre redusert bruken av innvendig kledning som gips, sammenlignet med referansebygget. Der gips må brukes, er det benyttet fibergips istedenfor vanlig gips.

Alle ikke-bærende innervegger i de oppførte byggene er I-stendervegger, noe som igjen reduserer materialmengden da I-stendervegger krever mindre bruk av tre enn en vanlig bindingsverksvegg. I bogruppe 1 og 2 er det benyttet trefiberisolasjon som har vesentlig lavere utslipp enn mineralullisolasjon. I bogruppe 3 er det benyttet steinullisolasjon på grunn av brannkrav. I som-bygget-beregningen er det byttet baderomspanel fra laminert kryssfiner til fibo-trespo veggpanel, basert på EPD levert fra prosjektet. Denne endringen resulterer i at reduksjonen i klimagassutslipp ikke er like stor, som i prosjektert bygg.

4.3.Transport av materialer, A4

I alle klimagassberegningene utført før «som bygget» ligger det inne en standard transportlengde for er basert på erfaringstall. Dette utslippet knyttes til livsløpsfasen A4. For de viktigste materialene i som-bygget-beregningen er det lagt inn en spesifikk transportlengde basert på hvor produktene er produsert. Tabell 4.8 presenterer utslippet grunnet transport til byggeplass for de forskjellige fasene. Storparten av limtreet bruk i prosjektet kommer fra Sverige og massivtreet er produsert i Tyskland. Splitkon som prosjektet hadde avtale med, hadde ikke kapasitet. Derfor måtte massivtreelementene fraktes fra Tyskland.

Disse transportlengdene er mye større enn det som er forutsatt i de foregående beregningene, derfor ser vi en økning i klimagassutslippet for A4 under «som bygget». Det påpekes at i forhold til det totale klimagassregnskapet for prosjektet inkludert, energibruk og transport utgjør dette en liten del av utslippet og påvirker ikke det overordnede regnskapet. Dette utslippet er ikke inkludert i resultatene presentert i kapittel 4.2 eller det totale resultatet i kapittel 2, hovedresultater, men lagt til i som bygget-fasen av regnskapet etter ønske fra byggherre.

Tabell 4.9: utslipp forbundet med transport til byggeplass, alle faser.

	Referansebygg kg CO ₂ -ekv	Prosjektert bygg kg CO ₂ -ekv	Som bygget kg CO ₂ -ekv
Transport til byggeplassen	7075	6055	9700
Reduksjon ift. referanse	-	14,4%	-37%

A4 livsløpsfasen utgjør kun 6% prosent av det totale utslippet knyttet til A1-A3.

TRANSPORT

4.4. Beregningsalternativer – forutsetninger og delresultater

Forutsetninger for hvert av beregningsalternativene er gitt i de påfølgende avsnittene.

4.4.1. Referansebygg

I transportmodulen er det valgt å samle de tre bygningene under samme bygningskategori, sykehjem. Dette fordi det antas at brukernes reisevaner vil passe best inn i denne i denne kategorien.

Det er benyttet transportmiddelfordeling for Asker og Bærum- bolig og handel. Ingen endringer er gjort i den benyttede transportmiddelfordelingen, og det antas fri parkering.

Tabell 5.1 viser inndataen i beregningen og tabell 5.1 viser resultatene fordelt på ansatte, brukere, varetransport og totalt for referansebygg.

Forutsetninger:

- Antall ansatte: 12
- Antall brukere: 12
- Antall besøkende: 3
- Antall brukere som krever varetransport: 24

Tabell 5.1: Transportmiddelfordeling for referansebygg.

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Mengde	Antall brukere	Gang/sykel	Buss	Skinne-gående	Bil	Gods-biler
Arbeid	1,6	12	11	16	16	57	
Tjeneste	0,6	12	7	9	9	75	
Private turer	0,3	12	23,5	7,25	7,25	62	
Besøkende og brukere	2,0	3	23,5	7,25	7,25	62	
Varetransport	0,2	24					100

Tabell 5.2: Klimagassutslipp fra transport, fordelt på transportmidler, for referansebygg.

Klimagassutslipp	Ansatte kg CO2-ekv/m ² /år	Besøkende og brukere kg CO2-ekv/m ² /år	Varetransport kg CO2-ekv/m ² /år	Totalt kg CO2-ekv/m ² /år
Bil	11,38	2,28		13,66
Kollektiv – buss	0,24	0,03		0,27
Kollektiv – skinnegående	0,07	0,01		0,08
Varetransport			10,57	10,75
Sum	11,69	2,31		24,75

4.4.2. Prosjektert bygg

Forutsetninger:

- Antall ansatte: 12
- Antall brukere: 12
- Antall besøkende: 3

Det er ikke utarbeidet lokal RVU for Gullhella, det er derfor brukt samme transportmiddelfordeling som for referansebygget, Asker og Bærum- bolig og handel.

Tilpasningsfaktor for parkering er satt til 0,65 fordi:

- det vil ikke etableres egne parkeringsplasser for ansatte og besøkende, men parkeringsplasser tilhørende Gullhella Bo- og aktivitetssenter vil kunne benyttes.
- det vil legges til rette for økt bruk av sykkel ved å etablere innendørs sykkelparkering i boder med mulighet for å vaske sykkelen både sommer og vinter.

Tabell 5.3 viser inndataen i beregningen og tabell 5.4 viser resultatene fordelt på ansatte, brukere, varetransport og totalt for prosjektert bygg.

Tabell 5.3: Transportmiddelfordeling når begrensninger i parkeringsmuligheter er hensyntatt.

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Mengde	Antall brukere	Gang/sykel	Buss	Skinne-gående	Bil	Gods-biler
Arbeid	1,6	12	11,1	16,06	16,04	37,05	
Tjeneste	0,6	12	7,03	9,02	9,01	68,44	
Private turer	0,3	12	23,53	7,27	7,26	56,58	
Besøkende og brukere	2,0	3	23,53	7,27	7,26	56,58	
Varetransport	0,2	24					100

Tabell 5.4: Klimagassutslipp for prosjektert når begrensninger i parkeringsmuligheter er hensyntatt.

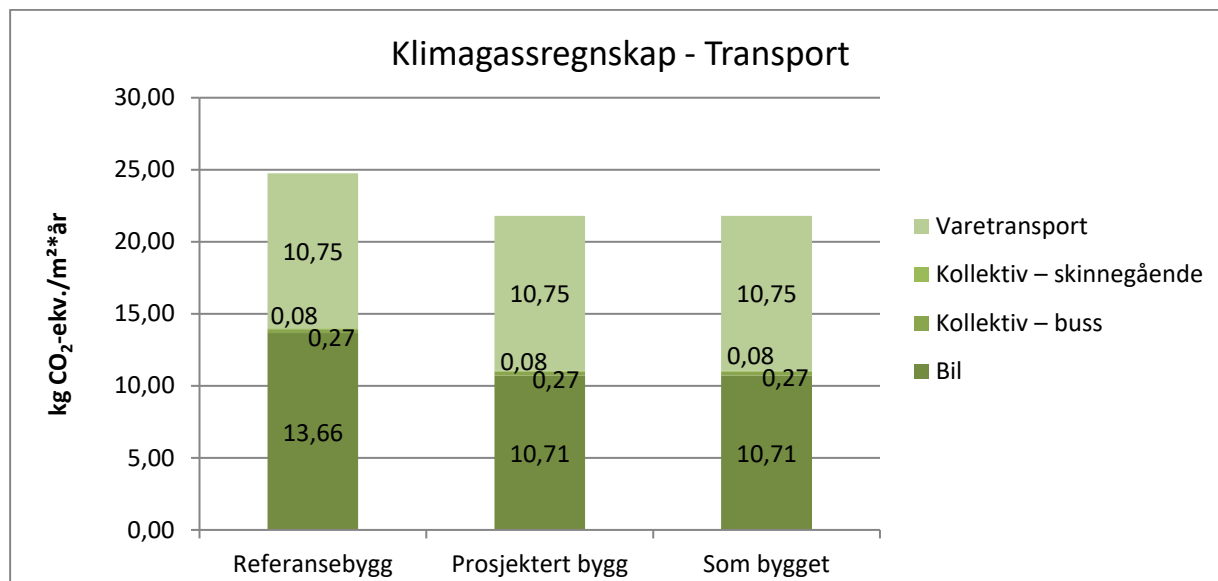
Klimagassutslipp	Ansatte kg CO2-ekv/m ² /år	Besøkende og brukere kg CO2-ekv/m ² /år	Varetransport kg CO2-ekv/m ² /år	Totalt kg CO2-ekv/m ² /år
Bil	8,63	2,08		10,71
Kollektiv – buss	0,24	0,03		0,27
Kollektiv – skinnegående	0,07	0,01		0,08
Varetransport			10,57	10,75
Sum	8,94	2,11		21,80

4.4.3. «Som bygget»

Det er ingen endringer i forhold til prosjektert løsning.

4.5.Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra transport

Beregningen viser at man oppnår en reduksjon av klimagassutslipp på **11,9 %** ved de tiltak som er gjennomført for transport.



Figur 11: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport.

Tabell 5.7: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport for referansebygg og prosjektet

	Referansebygg	Prosjektet bygg		"Som bygget"		"i drift"	
	kg CO ₂ -ekv./år	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./år	% red saml. med ref
Bil	13989,9	10963,7	21,6	10963,7	21,6		
Kollektiv – buss	273,4	274,4	-0,3	274,4	-0,3		
Kollektiv – skinnegående	79,2	79,3	-0,2	79,3	-0,2		
Varetransport	11003,3	11003,3	0,0	11003,3	0,0		
Sum	25345,8	22320,6	11,9	22320,6	11,9		

Tabell 5.8: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport for referansebygg og prosjektet.

	Referansebygg	Prosjektet bygg		"Som bygget"		"i drift"	
	kg CO ₂ -ekv./person/år	kg CO ₂ -ekv./person/år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./person*år	% red saml. med ref	kg CO ₂ -ekv./person*år	% red saml. med ref
Bil	518	406	21,6	10963,7	21,6		
Kollektiv – buss	10	10	-0,3	274,4	-0,3		
Kollektiv – skinnegående	3	3	-0,2	79,3	-0,2		
Varetransport	408	408	0,0	11003,3	0,0		
Sum	939	827	11,9	22320,6	11,9		

I neste fase bør det utarbeides en mer lokal RVU som kan benyttes i prosjektet. Denne bør også inkludere bruk av EL-bil da dette ikke inngår i RVUen for Asker og Bærum på nåværende tidspunkt.

5. ANLEGGSDRIFT OG BYGGEPLASS

Regnskapet i fasen «som bygget» er utvidet til å kvantifisere aktivitetene som foregår på byggeplassen, som tilsvarer livsløpsfasen A5. Data for brenselforbruk og avfall er lagt inn i One Click sin modul for anleggsdrift. Det er ikke etablert en referanse for disse aspektene av regnskapet da de ikke inngår i beregningen av måloppnåelse for reduksjon av klimagassutslipp for prosjektet. Likevel presenteres resultatene for denne delen av regnskapet i rapporten med hensikt for å jobbe for å utvide horisonten og systemgrensene til praksisen for klimagassregnskap for byggeprosjekter og til innsamling av informasjon til videre bruk for oppdragsgiver Asker kommune.

5.1. Avfall på byggeplass

Det er lagt til avfallsmengder i klimagassberegningsverktøyet basert på innrapporterte avfallsmengder fordelt pr materiale. En mulig feilkilde er at containerne sto utildekket og at avfallet, særlig trevirket, var gjennomvått når det ble bortkjørt. Utslipet som presentert i tabell 6.1 tilegnes livsløpsfase A5a – Byggeplass drift og byggeplass avfallshåndtering. Dette utslippet kommer i tillegg til estimerte kapp og svinn prosenter som oppgitt under materialmodulen og transport av dette (A5b-A5e). Her er det muligheter for dobbelttelling av utslipp og verktøyet er ikke tydelig på hvordan beregningene gjennomføres.

Tabell 6.1: Rapporterte avfallsmengder og tilhørende utslipp, A5e

Avfallstype	Mengde kg	Klimagassutslipp kg CO ₂ - ekv
Pappavfall	740	6
Gips	8 500	66
Brennbart avfall	2 000	726
Usortert avfall	6 400	2 332
Papiravfall	260	2
Plastavfall	5 600	13 427
Trevirke	31 000	299
SUM		16 858

5.2. Energibruk på byggeplass

Det er krav til fossilfri byggeplass for prosjektet og derfor er det brukt biodiesel i stedet for tradisjonell diesel på byggeplassen. Entreprenør melder om et forbruk på 22 500 liter HVO100, som er verdien som er lagt inn i regnskapet. Det er ikke mange EPDer å velge mellom i One Click, kun en biodiesel – som antas å være representativ for HVO-dieselen som er brukt på byggeplassen.

Denne drivstoffbruken resulterer i et utslipp på **21 377 kg CO₂e** og er den største bidragsyteren i denne livsløpsfasen som også inkluderer kapp og svinn, avfall og videre transport av dette.

6. TOTALT UTSLIPP

Oppdateringen av regnskapet for å reflektere «som bygget» situasjon, har medført et økt omfang av livsløpsfaser og aspekter som er inkludert. Det er bl.a. lagt til avfallsproduksjon, energibruk og drift av byggeplass. Dette er ikke den del av referansebygget eller FutureBuilt sin mal for beregninger og rapport, men tatt med etter ønske fra byggherre.

Tabellen under viser utslippet til prosjektet fordelt på alle livsløpsfaser og gir et oversiktsbilde over hvordan utslippet fordeler seg ila hele livsløpet.

Livsløpsfase		Bogruppe 1 og 2 «Som bygget» kg CO ₂ e	Bogruppe 3 «Som bygget» kg CO ₂ e
A1-A3*	Utvinning og produksjon av materialer	98 951	63 183
A4*	Transport	5 846	3 854
A5	Byggeplass/konstruksjon	45 919	5 212
B4-B5*	Utskiftning og renovering	67 883	35 212
B6*	Energibruk i drift	652 824	526 968
C1-C4	Avhending	22 479	14 822
SUM		893 902	634 429
B8*	Transport i drift	1 339 235	
SUM		2 867 566	
D	Ut over livsløp	-105 321	- 62 462

*faser som er inkludert i FutureBuilt sin måloppnåelse.

VEDLEGG

Vedlegg 1: Underlag beregninger for energi

Vedlegg 2: Underlag beregninger for materialer, referansebygg og prosjektert bygg

Vedlegg 3: Underlag beregninger for materialer, Bogrupper 1 og 2 «som bygget»

Vedlegg 4: Underlag beregninger for materialer, Bogrupper 3 «som bygget»

Vedlegg 5: Underlag beregninger for transport