

Beregnet til  
**Ruta Entreprenør AS**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**05.07.2024**

# KLIMAGASSBEREGNING PROSJEKTERT BYGG ØSTMARKVEIEN 28



# ØSTMARKVEIEN 28

## KLIMAGASSBEREGNING

|                |                                                                       |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Oppdragsnavn   | <b>Østmarkveien 28 - Klimagass</b>                                    |
| Prosjekt nr.   | <b>1350058021-001</b>                                                 |
| Mottaker       | <b>Ruta Entreprenør AS</b>                                            |
| Dokument type  | <b>Rapport</b>                                                        |
| Versjon        | <b>01</b>                                                             |
| Dato           | <b>05.07.2024</b>                                                     |
| Utført av      | <b>Birte Tunge Sterr</b>                                              |
| Kontrollert av | <b>Peerapas Thongsawas</b>                                            |
| Godkjent av    | <b>Geir-André Thorstensen</b>                                         |
| Beskrivelse    | <b>Klimagassregnskap prosjektert bygg utarbeidet iht.<br/>NS 3720</b> |

## INNHold

|           |                                           |           |
|-----------|-------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>KLIMAGASSBEREGNING</b>                 | <b>2</b>  |
| <b>1.</b> | <b>BAKGRUNN</b>                           | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>PROSJEKSPESIFIKKSE KRAV OG MÅL</b>     | <b>2</b>  |
| <b>3.</b> | <b>METODER</b>                            | <b>3</b>  |
| 3.1       | Systemgrense                              | 3         |
| 3.2       | Metode og datagrunnlag – Prosjektert bygg | 3         |
| 3.3       | Referansebygg                             | 5         |
| <b>4.</b> | <b>RESULTAT</b>                           | <b>6</b>  |
| 4.1       | Prosjektert bygg                          | 6         |
| <b>5.</b> | <b>DISKUSJON</b>                          | <b>8</b>  |
| <b>6.</b> | <b>REFERANSER</b>                         | <b>10</b> |
| <b>7.</b> | <b>VEDLEGG</b>                            | <b>11</b> |

# 1. BAKGRUNN

Rambøll Norge AS er engasjert av Ruta Entreprenør AS til å utføre klimagassberegninger for prosjektert bygg for Østmarkveien 28, nytt bofellesskap for Trondheim kommune. Trondheim kommune skal etablere et nytt krisesenter med botilbud for personer i en krisesituasjon som ikke kan bo hjemme. Senteret skal utarbeides for personer med og uten barn og inkludere et dagtilbud med samtalerom, møterom og kontorer. Bygget er planlagt utført med bæresystem av stål og betong, og dekker i etasjene består av hulldekker. Taket er oppført som kompakt flatt tak og kledning på yttervegger består hovedsakelig av en kombinasjon av tegl og tre.

Bygget skal være både miljømessig og økonomisk bærekraftig. Miljømålene for prosjektet er basert på Trondheim eiendoms *Miljøkrav for byggeprosjekter v2.0*, som blant annet stiller krav til at bygningsarbeidene og massetransporten foregår fossilfritt, bygget oppnår minimum energikarakter B, miljøsertifiserte materialer benyttes, og produsert avfall i høy grad kildesorteres. Miljømål og krav er endelig fastsatt i prosjektets miljøoppfølgingsplan (MOP), og relevante krav for klimagassregnskapet er gitt i *Kapittel 2 Prosjektspesifikke krav og mål*.



**Figur 1** Illustrasjon av prosjektert bygg i Østmarkveien 28, hentet fra ARK modell.

Klimagassregnskapet er utarbeidet i henhold til *NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger* (1), basis uten lokalisering, og omfatter direkte og indirekte utslipp for innsatsfaktorer og aktiviteter knyttet til et byggs livsløpsstadier med fokus på materialer i bygget. Iht. MOP skal klimagassberegningen implementeres i prosjektstyringen, og brukes aktivt som en del av beslutningsunderlaget for valg av energikonsept, løsninger og materialer i prosjektet.

## 2. PROSJEKSPESIFIKKE KRAV OG MÅL

Miljømål og krav relevant for klimagass iht. prosjektets miljøoppfølgingsplan (MOP) er vist under. MOP er sist revidert 23 mai 2024, og alle krav og mål er omforent med byggherre Trondheim kommune

Det er satt mål om at nytt bofellesskap Østmarkveien 28 (*som bygget*) oppnår minst **30 % reduksjon av klimagassutslipp fra materialer og energiforbruk** (A1-A3, A4, B4 og B6) sammenlignet med referansebygg fra byggherre med løsning uten brønnvarme og revisjon fra Multi-consult (scenario 2). Utslipp fra energiproduserende utstyr skal inkluderes.

Følgende krav til materialer er satt mht. resirkuleringsgrad og klimagassutslipp (A1-A3):

- Betongkonstruksjoner, hulldekker og påstøp: **Lavkarbonbetong klasse A** (gjennomsnitt)
- Armeringsstål: **100% resirkulert**
- Konstruksjonsstål: Minst **20 % resirkulert**
- Massivtre: **100 kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup>**
- Limtre: **95 kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup>**
- Konstruksjonsvirke: **60 kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup>**
- Isolasjon, mineralull: **1,5 kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>**
- Isolasjon, EPS: **2,2 kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>**
- Isolasjon, XPS: **3,5 kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>**
- Teglstein: maks **65 kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>**

*Alternativt må det kompenseres med lavere utslipp for andre produkter*

Videre skal prosjektet gjennomføres med **fossilfri byggeplass** (minimum alle anleggsmaskiner, oppvarming og byggtørk, og maskiner og utstyr skal være elektrisk drevet så langt det er mulig) og **fossilfri massetransport** (masser skal transporteres fossilfritt til og fra byggeplassen). Avslutningsvis tillates **ikke tomgangskjøring** på eller i nærheten av byggeplassen. Bestemmelsen gjelder biler, anleggsmaskiner og utstyr, og gjelder også i forbindelse med pauser og hviletid.

### 3. METODER

En livsløpsvurdering (LCA) er en metode for å helhetlig vurdere miljøpåvirkningen av et produkt eller en prosess over levetiden (2). Det er for Østmarkveien 28 gjennomført en forenklet LCA for å avdekke hvor de største bidragsyterne til klimagassutslipp er i bygningen, og det er kun klimapåvirkning i form av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter som vurderes. CO<sub>2</sub>-ekvivalenter uttrykker den samlede effekten de ulike klimagassene har på global oppvarming (GWP). En forenklet vurdering vil si at den følger prinsippene i ISO14040/14044, men er ikke helt i samsvar, eksempelvis på grunn av manglende datagrunnlag.

#### 3.1 Systemgrense

Klimagassberegningen er gjennomført i henhold til *NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger*, basis uten lokalisering, og inkluderer ikke tekniske installasjoner, men inkluderer energiproduiserende utstyr. Resultatene deles opp i livsløpsfaser, eller moduler, over levetiden til bygget. Disse er som følge:

- **Bygningsmaterialer (A1-A3)** – Utslipp fra produksjon av bygningsmaterialene
- **Transport til byggeplass (A4)** - Utslipp fra transporten fra leverandør til byggeplass
- **Byggeplass (A5)** - Utslipp fra byggeplassen under anleggsfasen.
- **Utskiftning og renovering (B4 og B5)** - Utslipp fra produksjon av nye materialer og prosessen med å skifte ut materialene, samt transport og avhending av disse
- **Energibruk i drift (B6)** - Utslipp fra energiforbruk til elektrisk anlegg, oppvarming og kjøling.
- **Avhending (C1-C4)** - Utslipp fra rivning, transport av avfall og forbrenning eller deponering av materialene fra bygget.

For denne analysen er utslipp fra bruk (B1), vedlikehold (B2), transport i drift (B8) ikke inkludert. Avhending (C1-C4) er inkludert i systemgrensen selv om det ikke er inkludert i prosjektets minimumskrav til systemgrense iht. MOP.

**Tabell 1. Livsløpsstadier inkludert i klimagassberegning for prosjektert bygg i Østmarkveien 28.**

| Produktstadiet |                   |            | Gjennomføringsstadiet    |                                     | Bruksstadiet |             |            |            |           |                    |                     |                   | Livsløpets slutt |           |                   |           | Konsekvenser utover systemgrensen                                                         |
|----------------|-------------------|------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|-----------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1             | A2                | A3         | A4                       | A5                                  | B1           | B2          | B3         | B4         | B5        | B6                 | B7                  | B8                | C1               | C2        | C3                | C4        | D                                                                                         |
| Råvarer        | Transport råvarer | Produksjon | Transport til byggeplass | Anleggs- bygge- og monteringsarbeid | Bruk         | Vedlikehold | Reparasjon | Utskifting | Ombygging | Energibruk i drift | Vannforbruk i drift | Transport i drift | Riving           | Transport | Avfallsbehandling | Avhending | Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi |
| x              | x                 | x          | x                        | x                                   |              |             |            | x          | x         | x                  |                     |                   | x                | x         | x                 | x         | x                                                                                         |

#### 3.2 Metode og datagrunnlag – Prosjektert bygg

Beregningene er gjort i programvaren One Click LCA (3) med en beregningsperiode på 60 år. Materialvalg og mengder er hentet fra prosjekthotell (Dalux), og bearbeidet fra bygningsmodellen ved bruk av programmet Solibri Office (4).

Materialenes transportdistanser er basert på «nordic default», fastsatt av One Click LCA, og utføres med gjennomsnittlig europeisk lastebil med 40 tonn kapasitet (100% utnyttet kapasitet) eller betongbil (omtrent 8 m<sup>3</sup>). Utslipp fra byggefasen er beregnet per bruttoareal med standardverdien for Norden med 100 % biodiesel i Oneclick LCA. Datasettet inkluderer antatt gjennomsnittlig produksjon av byggeavfall, antatt strømforbruk, og antatt totalforbruk av biodiesel. Andre nøkkeldata angående Østmarkveien 28 er presentert i Tabell 2.

**Tabell 2. Nøkkeldata for prosjektert bygg i Østmarkveien 28.**

| Bygningskategori               | Sykehjem |
|--------------------------------|----------|
| <b>BTA</b>                     | 1910     |
| <b>BRA (kun innvendig BRA)</b> | 1545     |
| <b>Etasjer</b>                 | 3        |
| <b>Levetid/Analyseperiode</b>  | 60 år    |

For å beregne utslipp fra prosjektert bygg er følgende data, tilpasninger gjennomført og antagelser tatt:

- Modeller er lastet ned fra prosjekthotell 10.06.2024.
  - ØMV28 – ARK.ifc (lastet opp 03.06.2024)
  - ØMV28 – RIB.ifc (lastet opp 30.05.2024)
  - ØMV28 – RIBp.ifc (lastet opp 16.05.2024)
- RIB og RIBp er gjeldende for betong og stål. Overlappende betong materialer i ARK-ifc er fjernet.
- Østmarkveien 28 solcellesystem – Energirapport (PVSYST) Design v0.2.pdf
  - Module area på 199 m<sup>2</sup> er benyttet i klimagassberegningene
- Gulvoverflater, himling og enkelte veggoverflater er basert på areal oversendt fra ARK:
  - Areal – Gulvoverflater.pdf
  - Areal – Himlinger.pdf
  - Areal – Veggoverflater.pdf
- Generiske materialer er benyttet i de tilfeller hvor leverandør og materialer ikke er valgt.
- Vegger der oppbygning ikke er gjort tilgjengelig i modell er basert på generisk oppbygning i OneClick LCA. Det gjelder 363 m<sup>2</sup> innervegg og 208 m<sup>2</sup> yttervegg.
- For stål uten EPD er følgende resirkuleringsgrad benyttet - 60 % for strukturelle stålprofiler og 20 % for hule stålprofiler.
- Lavkarbon klasse A er benyttet for betong
- Informasjon fra RIB: Det vil bli benyttet WPS på ringmur (både det som står vertikalt på sidene av betongveggen og det som ligger horisontalt ut fra ringmur. Under gulv ligger EPS, over betonggulv skal det være 25 mm trinnlydsplate.
- Avretningsmasse:
  - Det skal avrettes med 40 mm i første etasje.
  - Det skal avrettes med 40 mm i hele andre og tredje etasje for å legge gulvvarme. Gulvvarme antas å oppta 20% av de 40 mm med avretningsmasse.
- Armering er lagt til ved å anta 100 kg armering per m<sup>3</sup> betong. Generisk armeringsstål med resirkuleringsgrad 100 % er benyttet iht. MOP krav.
- Mengden ombruk-/gjenbruks-tegl er om lag 20 % av tegl i bygget.
- Energiberegning for referansebygg iht. TEK17 (mottatt 26.06.2024 og 01.07.2024) og for prosjektert bygg (26.06.2024) med og uten solcelle. Levert energi til prosjektert bygg med solceller kan sees i Tabell 3.
- Materialmengder som utgjør under 0,01 m<sup>3</sup> er ekskludert.

De fleste av utslippsfaktorer til materialene er basert på generisk data i One Click LCA sine databaser (datakvalitet nivå 2, iht. NS 3720). Når informasjon om materialer er oppgitt av entreprenøren (miljødeklarasjoner, datakvalitet 1 iht. NS 3720) er EPD benyttet. Prosjektspesifikke EPD-er er levert for RIBp og solcelle og kan sees i Vedlegg 1.

I rapporten presenteres to scenario for elektrisitet:

- Scenario 1 – Norsk energimiks (NO)
  - Utslippsfaktor for norsk produksjonsmiks iht. NS 3720:2018 (0,018 g CO<sub>2</sub>e/kWh)
  - Utslippsfaktor for fjernvarme gitt av byggherre (0,015 g CO<sub>2</sub>e/kWh)
- Scenario 2 – Europeisk energimiks (EU28+NO)
  - Utslippsfaktor for europeisk energimiks iht. NS 3720:2018 (0,136 g CO<sub>2</sub>e/kWh)
  - Utslippsfaktor for fjernvarme gitt av byggherre (0,045 g CO<sub>2</sub>e/kWh)

Scenario 2 benyttes for å vurdere prosjektets mål om 30% reduksjon av klimagassutslipp fra materialer og energiforbruk (A1-A3, A4, B4 og B6) sammenlignet med referansebygg.

**Tabell 3 Levert energi til prosjektet bygg i Østmarkveien 28 med solceller (kWh/år).**

| Energivare                  | Prosjektet bygg med solceller (kWh/år) |
|-----------------------------|----------------------------------------|
| Direkte elektrisitet        | 96 481                                 |
| Fjernvarme                  | 100 298                                |
| Solstrøm til egenbruk       | -24 771                                |
| <b>Totalt levert energi</b> | <b>172 008</b>                         |
| Solstrøm til eksport        | -1 930                                 |
| <b>Netto levert energi</b>  | <b>170 078</b>                         |

### 3.3 Referansebygg

Referansebygg tar utgangspunkt i tidligere utarbeidet referansebygg, men enkelte justeringer er gjennomført i denne rapporten. Tidligere utarbeidet referanse inkluderer bygningsdel 3 – bygningssystemer og installasjoner. Regnskapet inkludert utslipp forbundet med distribusjonssentral for fjernvarme. Utslipet fra bygningsdel 3 er tatt bort. Videre er levert energi til bygningen oppdatert. Energibehov i orginalt referansebygg, og nytt energibehov kan sees i Tabell 4. Referansebygg er uten bruk av solceller. Utslipp fra gammelt referansebygg og oppdatert referansebygg kan sees i Tabell 5.

**Tabell 4 Levert energi til bygningen i Østmarkveien 28 (kWh/år) for gammelt referansebygg og oppdatert referansebygg.**

| Energivare                  | Energibehov fra gammelt referansebygg (kWh/år) | Energibehov fra oppdatert referansebygg (kWh/år) |
|-----------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Direkte elektrisitet        | 120 282                                        | 138 826                                          |
| Fjernvarme                  | 91 931                                         | 178 889                                          |
| <b>Totalt levert energi</b> | <b>212 213</b>                                 | <b>317 715</b>                                   |

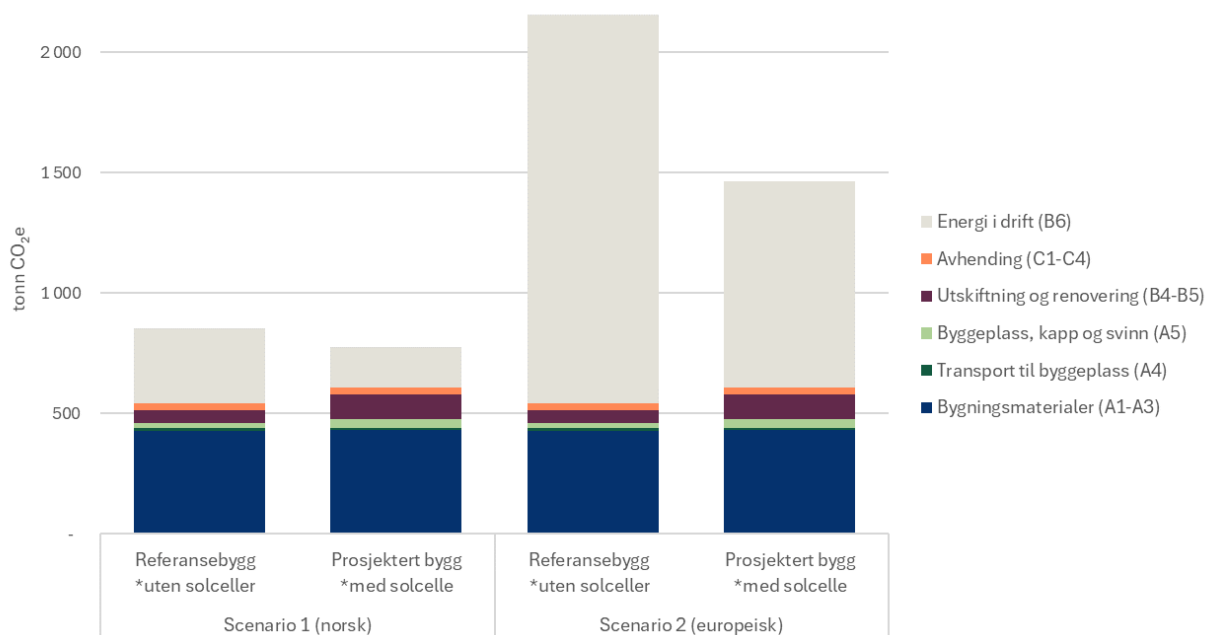
**Tabell 5 Samlet klimagassutslipp i Østmarkveien 28 fra tidligere utarbeidet referansebygg og oppdatert referansebygg. Oppdatert referansebygg inkluderer ikke utslipp fra bygningsdel 3 og energiforbruk er oppdatert. Utslipp er gitt i tonn CO<sub>2</sub>e.**

| Livsløpsfaser                                               | Scenario 1 (norsk)        |                             | Scenario 2 (europeisk)    |                             |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                                                             | Referansebygg<br>*gammelt | Referansebygg<br>*oppdatert | Referansebygg<br>*gammelt | Referansebygg<br>*oppdatert |
| Bygningsmaterialer (A1-A3)                                  | 430                       | 428                         | 430                       | 428                         |
| Transport til byggeplass (A4)                               | 11                        | 11                          | 11                        | 11                          |
| Byggeplass, kapp og svinn (A5)                              | 53                        | 22                          | 53                        | 22                          |
| Utskiftning og renovering (B4-B5)                           | 57                        | 52                          | 57                        | 52                          |
| Avhending (C1-C4)                                           | 27                        | 27                          | 27                        | 27                          |
| Energi i drift (B6)                                         | 304                       | 311                         | 1 605                     | 1 616                       |
| Elektrisitet (uspesifisert bruk)                            | 152                       | 150                         | 1 148                     | 1 133                       |
| Fjernvarme                                                  | 152                       | 161                         | 457                       | 483                         |
| Energiproduksjon fra solcelleanlegg                         | -                         | -                           | -                         | -                           |
| <b>SUM</b>                                                  | <b>882</b>                | <b>851</b>                  | <b>2 183</b>              | <b>2 156</b>                |
| <b>Materialer og energiforbruk (A1-A3, A4, B4-B5 og B6)</b> | <b>802</b>                | <b>802</b>                  | <b>2 103</b>              | <b>2 107</b>                |

## 4. RESULTAT

### 4.1 Prosjektert bygg

Klimagassutslipp fra prosjektert bygg er for scenario 1 beregnet til **773 tonn CO<sub>2</sub>e** over en levetid på 60 år, og for scenario 2 beregnet til **1 462 tonn CO<sub>2</sub>e**, presentert i Figur 2 og Tabell 6. Materialkrav i MOP er inkludert i prosjektert bygg. Utslipet for scenario 1 tilsvarer 0,40 tonn CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> BTA eller ca. 0,008 tonn CO<sub>2</sub>e m<sup>2</sup> BTA per år. Utslipet for scenario 2 tilsvarer 0,77 tonn CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> BTA eller ca. 0,013 tonn CO<sub>2</sub>e m<sup>2</sup> BTA per år.



**Figur 2 Samlet klimagassutslipp i Østmarkveien 28 for referansebygg (uten solceller) og prosjektert bygg (med solcelle) fordelt på livssyklusfaser. Utslipp er presentert i tonn CO<sub>2</sub>e.**

Figur 2 og Tabell 6 viser at det for prosjektert bygg med scenario 2 er det energi i drift (B6) som bidrar til den største delen av utslippene med 59 %. Sammenlignet med utslipp fra referansebygget er utslipp fra energi i drift (B6) redusert med 47 %. Utslipp fra produksjon av bygningsmaterialer (A1-A3) er den nest største bidragsyteren med 29 % av utslippene. Hulldekke, betongvegelement og betong er de største bidragsyterne, til tross for bruk av lavkarbonklasse A. Videre bidrar solceller til en betydelig andel av byggets utslipp. Bruk av solceller i referansebygget er også en årsak til at utslipp fra utskiftning og renovering har økt.

Biogent karbonlagring er beregnet til **76,8 tonn CO<sub>2</sub>e bio** over levetiden, men er ikke inkludert i klimagassregnskapet for prosjektert bygg. Lagret biogent karbon skyldes materialer benyttet i bygningsmassen.

**Tabell 6. Totale klimagassutslipp fra referansebygg og prosjektert bygg i Østmarkveien 28, fordelt på livsløpsfaser. Utslipp er gitt i tonn CO<sub>2</sub>e.**

| Livsløpsfaser                                                    | Scenario 1 (norsk)               |                                   | Scenario 2 (uropeisk)            |                                   |             |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
|                                                                  | Referansebygg<br>*uten solceller | Prosjektert bygg<br>*med solcelle | Referansebygg<br>*uten solceller | Prosjektert bygg<br>*med solcelle | Reduskjon   |
| Bygningsmaterialer (A1-A3)                                       | 428                              | 430                               | 428                              | 430                               | 0 %         |
| Transport til byggeplass (A4)                                    | 11                               | 9                                 | 11                               | 9                                 | 18 %        |
| Byggeplass, kapp og svinn (A5)                                   | 22                               | 39                                | 22                               | 39                                | -74 %       |
| Utskiftning og renovering (B4-B5)                                | 52                               | 102                               | 52                               | 102                               | -95 %       |
| Avhending (C1-C4)                                                | 27                               | 27                                | 27                               | 27                                | 2 %         |
| Energi i drift (B6)                                              | 311                              | 168                               | 1 616                            | 856                               | 47 %        |
| Elektrisitet (uspesifisert bruk)                                 | 150                              | 104                               | 1 133                            | 787                               |             |
| Fjernvarme                                                       | 161                              | 90                                | 483                              | 271                               |             |
| Energiproduksjon fra solcelleanlegg                              | -                                | -27                               | -                                | - 202                             |             |
| <b>SUM</b>                                                       | <b>851</b>                       | <b>773</b>                        | <b>2 156</b>                     | <b>1 462</b>                      | <b>32 %</b> |
| <b>Materialer og energiforbruk (A1-A3, A4, B4 (og B5) og B6)</b> | <b>802</b>                       | <b>708</b>                        | <b>2 107</b>                     | <b>1 396</b>                      | <b>34 %</b> |

Totalt over 60 år har prosjektert bygg (med solcelle) for scenario 2 redusert utslippet med 32 % sammenlignet med referansebygget dersom alle livsløpsfasene inkluderes, og **34 %** dersom kun livsløpsfasene det er satt mål for utslippsreduksjon inkluderes (A1-A3, A4, B4 og B6). Prosjektet oppnår med dette målet om 30 % reduksjon.

Resultater for klimagassberegninger for bygninger skal iht. NS 3720 presenteres per kvadratmeter over forventet levetid [kg CO<sub>2</sub>e/(m<sup>2</sup>\*år)]. Dette gjør at bygninger kan sammenlignes på tvers av prosjekter, eller til å bestemme måloppnåelse. Med årlige utslipp menes ikke de faktiske utslippene per år, men de totale utslippene fordelt på forventet levetid. I virkeligheten vil de største utslippene fra materialer skje under byggefasen, mens utslipp fra energi og transport vil fordele seg jevnere over livsløpet. Tallene i Tabell 7 kan brukes til å måle hvordan Østmarkveien 28 ligger an ved prosjektert bygg opp mot eksempelvis kravene i BREEAM v6.0, FutureBuilt sin kriteriekurve eller DFØ sine referansetall. De ulike sertifiseringsordningene har litt ulike systemgrenser og omfang, så vær klar over at de ikke er direkte sammenlignbare.

**Tabell 7 Samlet totale klimagassutslipp per m<sup>2</sup> per år for referansebygg og prosjektert bygg i Østmarkveien 28. BTA for referansebygg er 1 645 m<sup>2</sup> og 1 910 m<sup>2</sup> for prosjektert bygg**

| Livsløpsfaser                                                    | Scenario 1 (norsk)               |                                   | Scenario 2 (uropeisk)            |                                   |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                  | Referansebygg<br>*uten solceller | Prosjektert bygg<br>*med solcelle | Referansebygg<br>*uten solceller | Prosjektert bygg<br>*med solcelle |
| Bygningsmaterialer (A1-A3)                                       | 4,34                             | 3,75                              | 4,34                             | 3,75                              |
| Transport til byggeplass (A4)                                    | 0,11                             | 0,08                              | 0,11                             | 0,08                              |
| Byggeplass, kapp og svinn (A5)                                   | 0,23                             | 0,34                              | 0,23                             | 0,34                              |
| Utskiftning og renovering (B4-B5)                                | 0,53                             | 0,89                              | 0,53                             | 0,89                              |
| Avhending (C1-C4)                                                | 0,28                             | 0,23                              | 0,28                             | 0,23                              |
| Energi i drift (B6)                                              | 3,15                             | 1,46                              | 16,37                            | 7,47                              |
| Elektrisitet (uspesifisert bruk)                                 | 1,52                             | 0,91                              | 11,48                            | 6,87                              |
| Fjernvarme                                                       | 1,63                             | 0,79                              | 4,89                             | 2,36                              |
| Energiproduksjon fra solcelleanlegg                              | -                                | -0,23                             | -                                | -1,76                             |
| <b>SUM</b>                                                       | <b>8,63</b>                      | <b>6,75</b>                       | <b>21,85</b>                     | <b>12,75</b>                      |
| <b>Materialer og energiforbruk (A1-A3, A4, B4 (og B5) og B6)</b> | <b>8,12</b>                      | <b>6,18</b>                       | <b>21,35</b>                     | <b>12,18</b>                      |

## 5. DISKUSJON

Totalt over 60 år har prosjektert bygg med scenario 1 ett utslipp på **773 tonn CO<sub>2</sub>e** og med scenario 2 ett utslipp på **1 459 tonn CO<sub>2</sub>e**. For scenario 2 kommer det største utslippet fra energi i drift (B6), som bidrar med 59 % av totale utslipp. Sammenlignet med utslipp fra referansebygget er utslipp fra energi i drift (B6) redusert med 47 %. Utslipp fra produksjon av bygningsmaterialer (A1-A3) er den nest største bidragsyteren med 29 % av utslippene. Hulldekker, betongveggelementer og betong er de elementene med størst bidrag, til tross for bruk av lavkarbonklasse A. Videre bidrar solceller til en betydelig andel av byggets utslipp. Bruk av solceller i referansebygget er også en årsak til at utslipp fra utskiftning og renovering har økt. Dette er produkter hvor det kan være utslippsmessig lønnsomt å undersøke muligheten for materialer med lavere utslipp i innkjøps- og byggefasen.

Totalt over 60 år har prosjektert bygg med scenario 2 redusert utslippet med 32 % sammenlignet med referansebygget dersom alle livsløpsfasene inkluderes, og 34 % dersom kun livsløpsfasene det er satt mål for utslippsreduksjon inkluderes (A1-A3, A4, B4 og B6). Prosjektet oppnår med dette målet om 30 % reduksjon. Utslippsreduksjonen forklares basert på:

- Levert energi til prosjektert bygg, direkte elektrisitet og elektrisitet til fjernvarme, er redusert med henholdsvis 31 % og 44 % sammenlignet med referansebygg. På toppen av dette reduseres elektrisitetsbehovet for prosjektert bygg med om lag 24 800 kWh/år fra elektrisitet produsert med solceller.
- Referansebygg har benyttet lavkarbonklasse B. Prosjektert bygg har benyttet lavkarbonklasse A, samt andre krav til materialer gitt i prosjektets MOP.
- Prosjektert bygg har benyttet 100 % resirkulert armering.
- Utslipp knyttet til bygningsmaterialer (A1-A3) er omtrent lik for referansebygg og prosjektert bygg. Dette forklares av at bruk av materialer iht. MOP krav for prosjekt har reduserte utslipp, samtidig som solcelleanlegg er lagt til og øker bygget utslipp fra bygningsmaterialer.

Bruk av solceller demonstrerer hvorfor det er nødvendig å analysere klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv. Dersom det kun hadde blitt beregnet utslipp fra energibruk i drift (B6) ville det virket som bruk av solceller kun har en positiv klimapåvirkning. Når utslipp fra materialer også inkluderes vises det at den netto positive påvirkningen er noe lavere, fordi de har relativt store indirekte utslipp fra produksjon. For øvrig må det nevnes at iht. NS 3720 får bygningen kun en gevinst fra energien som brukes internt (ca. 93 % av total energiproduksjon), men ulempen for produksjonen og utskiftning av hele solcellepanelet (Standard Norge, 2018). Det kan dermed argumenteres for at bruk av solceller er bedre i et klimaperspektiv enn det kommer frem i disse beregningene.

Klimagassregnskapet utført i prosjektet inneholder flere usikkerheter. De viktigste er bruken av generiske utslippsfaktorer fordi leverandører og spesifikke produkter ikke enda er valgt. Bruk av datakvalitet på nivå 2 (iht. NS 3720), som f.eks OneClick LCA sine generiske ressurser og EPD-er som ikke er prosjektspesifikke, bidrar med en usikkerhet, da de faktiske materialene i bygningen kan ha en noe annerledes utslippsfaktor og andre tekniske egenskaper. Videre er materialers transportavstand, samt kapp og svinn, basert på generisk data i OneClick. Andre usikkerheter ligger i prosjektets bygningsmodell (BIM), og i beregningsmetodikk. Klimagassberegninger arver usikkerhetene til en modell. Dersom det ligger inne feil eller mangler i modellene til fagene vil ikke det nødvendigvis bli oppdaget i klimagassregnskapet. Videre er en rekke tilpasninger, nevnt i kapittel 3, er gjort for å gjøre resultatet så realistisk som mulig. Likevel vil klimagassutslipp fra materialer for «som bygget» trolig variere noe fra det som er beregnet for prosjektert bygg. Det settes derfor forbehold om at feil og mangler kan forekomme.

Prosjektert bygg inkluderer tiltak som er forankret i prosjektets miljøoppfølgingsplan, og oppnår med dette en reduksjon på 34 % sammenlignet med referansebygget. Klimagassutslipp for bygg

øker typisk med økt detaljeringsgrad, og det er derfor mulig at utslippsreduksjonen for «som bygget» vil kunne bli under 30 % dersom det ikke iverksettes ytterligere tiltak i prosjektet. Under er tiltak foreslått for å redusere prosjektets klimagassutslipp videre:

- **Øke ombruksandelen for materialer:** Ombruk av eksisterende materialer og konstruksjoner sparer både utslipp fra produksjon og transport av nye materialer. Det bør undersøkes mulighet for ombruk av materialer fra lokale prosjekter, men det vil være nødvendig å se på løsningene i et livsløpsperspektiv. Eksempelvis bør det unngås at utslippsbesparelsen fra ombrukte materialer gir økte utslipp fra energiforbruk.
- **Optimalisere materialmengder og velge materialer og kvaliteter med lavest klimafotavtrykk:** Prosjektet bør se på løsninger som gir lavest mulig utslipp, gjennom å prosjektere slanke, effektive konstruksjoner. Materialer med lave klimagassutslipp bør inkluderes i detaljprosjektet. Noen eksempler er å redusere mengder glass, tradisjonell betong og stål, og heller erstatte det med lavutslippsmaterialer som lavkarbonbetong ekstrem eller biokullbetong i kombinasjon med tre. Videre bør materialer med så høy resirkuleringsgrad som mulig velges.
- **Velge robuste materialer og lokale leverandører:** Mer langlevende produkter reduserer behovet for utskiftning og dermed gi redusert utslipp gjennom livsløpet. Benyttes lokale leverandører vil det redusere utslipp fra transport av materialer til bygningene. Innkjøpskriterier kan også inneholde krav om transportformer med lave klimagassutslipp per tonnkm, f.eks. båt, tog og elektrisk vogntog/lastebil.
- **Redusere kapp og svinn:** Gjennom fokus på redusert kapp og svinn under bygging kan utslipp fra materialer, transport og avfallsgjenvinning reduseres. Kapp og svinn kan også reduseres ved økt bruk av prefabrikkerte løsninger.
- **Redusert energibruk:** Det bør planlegges og bygges for redusert energibehov og levert energi. Det kan gi store utslippsgevinster over livsløpet til bygningen.
- **Fjerne midlertidige konstruksjoner:** Prosjektet bør etterstrebe å ombruke alt fra byggeperioden som ikke blir en permanent del av bygningene eller utomhus konstruksjoner.

## 6. REFERANSER

1. **Standard Norge.** *NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger.* 2018.
2. **CEN.** *ISO 14040:2006: Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk.* s.l. : Norsk standard, 2006.
3. **OneClick LCA og 360optimi.** *OneClick LCA v.10.10.2021, database v.7.6.* s.l. : Bionova, 2021.
4. **Solibri, Inc.** . Solibri Office, v.9.12.3.16. 2021.
5. **BRE, Sweett Group &.** *Delivering Sustainable Buildings: Savings and Payback.* s.l. : Sweett Group & BRE, 2014.
6. **Norsk Prisbok.** *Norsk Prisbok.* s.l. : Norsk Prisbok, 2020.
7. **Direktoratet for byggkvalitet.** [Internett] [Sisert: 02 08 2023.] <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/17/17-1/>.
8. —. *Veileder for utarbeidelse av klimagassregnskap.* 2023.

## 7. VEDLEGG

### Vedlegg 1 Oversikt over EPDer for Østmarkveien 28

| EPD                                                                                | Status   |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| HMPN - NEPD-4405-3624_Kaldformede-hulprofiler--KF-HUP-                             | Lagt til |
| HMPN - NEPD-4406-3625_St-lplater                                                   | Lagt til |
| NEPD-1861-799_CONTIGA--Vegg-Lavkarbon-A                                            | Lagt til |
| NEPD-2624-1333_CONTIGA--HSQ-bjelker                                                | Lagt til |
| NEPD-2625-1333_ CONTIGA--Varmvalsende I-H-U-L-T profiler                           | Lagt til |
| NEPD-3268-1909_CONTIGA--Huldekker-Lavkarbonklasse-A                                | Lagt til |
| NEPD-3335-1974_CONTIGA--Trapper-og-Repos--Lavkarbonklasse-B                        | Lagt til |
| NEPD-3421-2033_TwinPeak-4                                                          | Lagt til |
| NEPD-3666-2605_Mounting-system-for-photovoltaic-systems-----flat-roof--Lobas-Solar | Lagt til |

### Vedlegg 2 Utklipp av OneClick LCA resultatrappport for Østmarkveien 28 prosjektert bygg med scenario 2 (Europeisk). Resultatrappport er tilgjengelig i excel format.

| Klimagassutslipp, NS 3720 |                                                                                             |               |                |                                                               |                                                |                                              |                                                             |                  |                                                   |             |                             |                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Avsnitt                   | Ressurs                                                                                     | Brukerinngang | Enhet          | Globalt oppvarmingspotensial (incl. +A2) kg CO <sub>2</sub> e | Biogent karbonlagring kg CO <sub>2</sub> e bio | Klimagassutslipp, LULUC kg CO <sub>2</sub> e | Global warming potential, konservative kg CO <sub>2</sub> e | Masse råvarer kg | Spørsmål                                          | Tykkelse mm | Kommentar                   | Bygningsdel               | Ressurstype                           |
| A1-A3                     | Self-levelling mortar (SLM), 2022.6 kg/m <sup>3</sup> , 3.11 Mpa, additiv... ?              | 28.65         | m <sup>3</sup> | 18 574                                                        | 0                                              | 7                                            | 23 217                                                      | 57 947           | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) |             | 40 mm avrettningsmasse      | 21 - Grunn og fundamenter | Nivellering mørtel (for gulv)         |
| A1-A3                     | EPS insulation panels, L= 0.036 W/mK, R=1.055 m <sup>2</sup> K/W, 38 mm, ... ?              | 153.8         | m <sup>3</sup> | 8 159                                                         | 0                                              | 0                                            | 8 159                                                       | 2 768            | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) | 38          | RIB - OBS ikke generisk     | 21 - Grunn og fundamenter | EPS (ekspandert polystyren) isolasjon |
| A1-A3                     | Fiberboard, sound absorbing, 36 mm, 9 kg/m <sup>2</sup> , 250kg/m <sup>3</sup> , Silen... ? | 716.14        | m <sup>2</sup> | 6 565                                                         | 7 609                                          | 0                                            | 6 565                                                       | 4 476            | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) | 25          | Trinnlydplate på betonggulv | 21 - Grunn og fundamenter | Fiberplater (MDF)                     |
| A1-A3                     |                                                                                             |               |                | 33 298                                                        | 7 609                                          | 7                                            | 37 942                                                      | 65 192           |                                                   |             |                             | 21 - Grunn og fundamenter |                                       |
| A4                        | Self-levelling mortar (SLM), 2022.6 kg/m <sup>3</sup> , 3.11 Mpa, additiv... ?              | 28.65         | m <sup>3</sup> | 155                                                           |                                                | 0                                            | 155                                                         |                  | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) |             | 40 mm avrettningsmasse      | 21 - Grunn og fundamenter | Nivellering mørtel (for gulv)         |
| A4                        | EPS insulation panels, L= 0.036 W/mK, R=1.055 m <sup>2</sup> K/W, 38 mm, ... ?              | 153.8         | m <sup>3</sup> | 19                                                            |                                                | 0                                            | 19                                                          |                  | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) | 38          | RIB - OBS ikke generisk     | 21 - Grunn og fundamenter | EPS (ekspandert polystyren) isolasjon |
| A4                        | Fiberboard, sound absorbing, 36 mm, 9 kg/m <sup>2</sup> , 250kg/m <sup>3</sup> , Silen... ? | 716.14        | m <sup>2</sup> | 22                                                            |                                                | 0                                            | 22                                                          |                  | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) | 25          | Trinnlydplate på betonggulv | 21 - Grunn og fundamenter | Fiberplater (MDF)                     |
| A4                        |                                                                                             |               |                | 197                                                           |                                                | 0                                            | 197                                                         |                  |                                                   |             |                             | 21 - Grunn og fundamenter |                                       |
| A5                        | Self-levelling mortar (SLM), 2022.6 kg/m <sup>3</sup> , 3.11 Mpa, additiv... ?              | 28.65         | m <sup>3</sup> | 2 459                                                         |                                                | 1                                            | 3 063                                                       | 7 533            | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) |             | 40 mm avrettningsmasse      | 21 - Grunn og fundamenter | Nivellering mørtel (for gulv)         |
| A5                        | EPS insulation panels, L= 0.036 W/mK, R=1.055 m <sup>2</sup> K/W, 38 mm, ... ?              | 153.8         | m <sup>3</sup> | 556                                                           |                                                | 0                                            | 556                                                         | 111              | Fundament, grunn, kjeller og støttemurer (20, 21) | 38          | RIB - OBS ikke generisk     | 21 - Grunn og fundamenter | EPS (ekspandert polystyren) isolasjon |