

STASJONSFJELLET SKOLE

KLIMAGASSBEREGNING



Fase	Utarbeidet	Rev1	Rev2	Rev3
Forprosjekt				
Ferdigstillelse «Som bygget»	x	xx.08.2015		26.09.2016
Etter 2 års drift «I drift»		30.05.2017	11.12.2018	

Innholdsfortegnelse

INNLEDNING	3
1. PROSJEKTBEKRIVELSE	4
1.1. BEREKNINGSPROGRAM FOR KLIMAGASSBEREGNINGER.....	4
2. HOVEDRESULTATER OG SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVER.....	5
3. STASJONÆR ENERGIBRUK	7
3.1. PROSJEKTFASER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	7
3.1.1. Referansebygg	7
3.1.2. Prosjektert bygg.....	8
3.1.3. «Som bygget».....	9
3.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA STASJONÆR ENERGIBRUK.....	11
4. MATERIALER	13
4.1. BEREKNINGSALTERNATIVER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	13
4.1.1. Referansebygg	13
4.1.2. Prosjektert bygg.....	14
4.1.3. «Som bygget».....	15
4.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK.....	17
TRANSPORT	19
4.3. BEREKNINGSALTERNATIVER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	19
4.3.1. Referansebygg	19
4.3.2. Prosjektert bygg.....	20
4.3.3. «Som bygget».....	21
4.4. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA TRANSPORT	22
VEDLEGG	25
VEDLEGG 1: UNDERLAG BEREGNINGER FOR ENERGI	25
VEDLEGG 2: UNDERLAG BEREGNINGER FOR MATERIALER	25
VEDLEGG 3: UNDERLAG BEREGNINGER FOR TRANSPORT	

INNLEDNING

FutureBuilts prosjekter dokumenteres på FutureBuilts nettside. Herfra kan man skrive ut en samlerapport som redegjør for prosjektets miljøtiltak og resultater. Denne klimagassrapporten er et vedlegg til samlerapporten 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.

Stasjonsfjellet skole 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, 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 Stasjonsfjellet er utarbeidet av Undervisningsbygg med innspill fra CIVITAS (for transport for «Referanse», «Prosjektet», «Som bygget» og «i drift») og Context AS for «Som bygget» og «I drift».

Versjon 1, datert 26.09.2016, inneholder resultatene av klimagassberegninger for «Som bygget».

Versjon 3, datert 23.05 2017, inneholder i tillegg resultatene av klimagassberegninger for transport «I drift».

Versjon 4, datert 28.11.2018, inneholder i tillegg resultatene for energi «I drift».

1. PROSJEKTBESKRIVELSE

Stasjonsfjellet er en ungdomsskole på Høybråten i Oslo og ligger i et lite skogholt nær Høybråten togstasjon. Skolen ble opprinnelig tegnet av Fosse og Aasen og oppført i 1982 for 250 elever og 30 ansatte. Den er nå rehabilitert til passivhusnivå og fått et tilbygg på rundt 700 m². Prosjektet ble ferdigstilt til skolestart i 2014.

Hovedmålsetningen med rehabiliteringen har vært å redusere energiforbruket. Klimaskjermen er oppgradert i sin helhet, med godt isolerte vegger og tak, ny kledning og nye vinduer og dører. Den elektriske oppvarmingen er erstattet med vannbåren oppvarming, og ventilasjonsanlegget og kanaler er nytt. Det er ikke foretatt noe større oppussing innvendig og skolen har vært i drift under hele rehabiliteringen. Det er også lagt vekt på å bedre tilbudet for syklister, samt bedre tilkomsten fra togstasjonen til skolen.

Heggelund & Koxvold har vært arkitekten for rehabiliteringen og det nye tilbygget på skolen. Byggherre er Undervisningsbygg og Oslo Byggentreprenør har vært totalentreprenør.

1.1. Beregningsprogram for klimagassberegninger

Klimagassregnskapet er utarbeidet delvis i www.klimagassregnskap.no, og delvis i eget regneark.

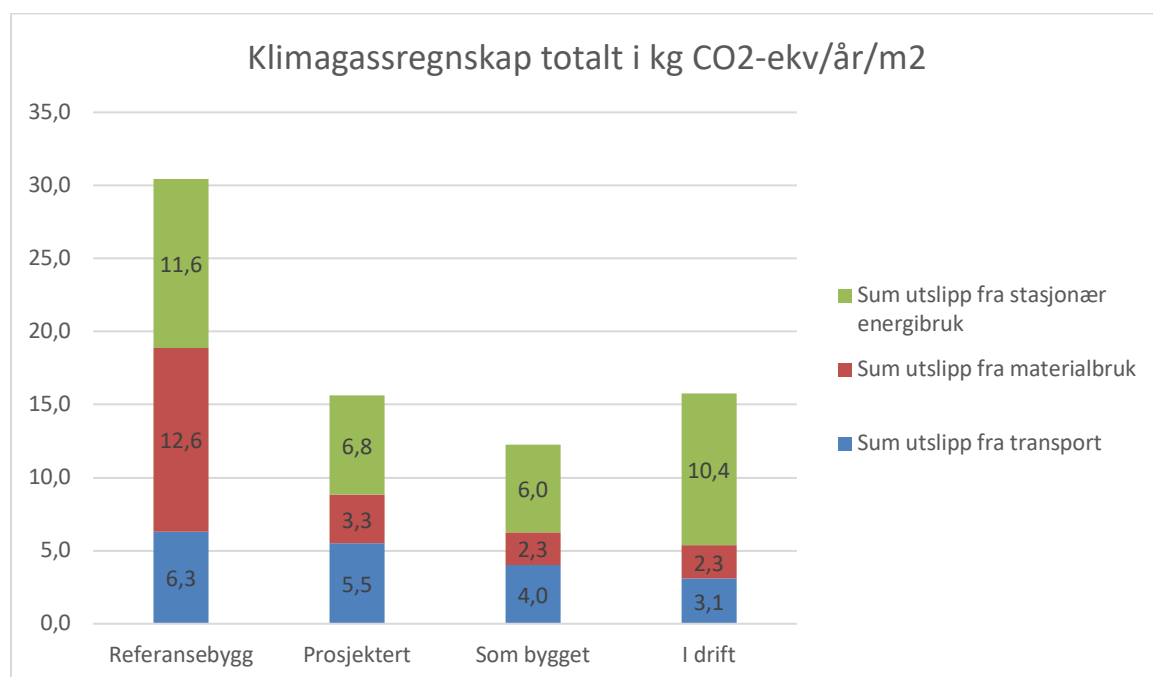
De siste beregningene i klimagassregnskap.no er utarbeidet i versjon 4.

2. HOVEDRESULTATER OG SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVER

Prosjektets totale klimagassutslipp er sammenlignet med referanseberegningen redusert med 49 % for prosjektert bygg, 60 % for «Som bygget» og 49% for «I drift».

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./år/m²] for Stasjonsfjellet skole



Tabell 2.1: Fordeling av beregnede klimagassutslipp pr. år for Stasjonsfjellet skole

	Referansebygg	Prosjektert bygg	«Som bygget»	«i drift»
	[tonn CO ₂ / år]	[tonn CO ₂ / år]	[tonn CO ₂ / år]	[tonn CO ₂ / år]
Materialbruk	53,7	14,3	9,7	9,7
Stasjonær energi	50,1	29,1	25,9	44,6
Transport	27,0	23,7	17,0	13,3
Total	132,0	67,1	52,6	67,6
Reduksjon ifht. referansebygg [%]		49%	60%	49%

Tabell 2.2: Fordeling av beregnede klimagassutslipp pr. person¹ for Stasjonsfjellet skole

	Referansebygg	Prosjektet bygg	«Som bygget»	«i drift»
	[kg CO ₂ - ekv./år/person]	[kg CO ₂ - ekv./år/person]	[kg CO ₂ - ekv./år/person]	[kg CO ₂ - ekv./år/person]
Materialbruk	135,9	36,2	24,6	24,6
Stasjonær energi	126,8	74,1	65,5	112,9
Transport	68,5	59,9	43,1	33,8
Total	331,2	170,2	133,2	171,3
Reduksjon ifht. referansebygg [%]		49%	60%	48%

Prosjektet har redusert det totale utslippet i ««I drift»-fasen med 48 % sammenlignet med referansebygget. Fra materialbruk er prosjektets klimagassutslipp redusert med 82 %, og for energibruk er klimagassutslippet redusert med 11 %. Utslipp fra transport er redusert med 51 %.

Utslippsreduksjonen for materialbruk er svært høy ettersom størsteparten av prosjektet består av rehabilitering av bygningskroppen, og da også kun klimaskjermen. Innvendig har det kun vært enklere justeringer samt tilpasninger ifm nye ventilasjonskanaler.

Data for energi i «i drift» modulen er basert på reelt (målt) energiforbruk.

¹ Antall personer er alle som er oppgitt som brukere av bygget, dvs. ansatte/bosatte, elever/studenter og andre brukere samt besøkende. Totalt medregnet 395 brukere.

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

Som referansebygg er det lagt til grunn et skolebygg som har et netto energibehov iht. minimumskrav i Forskrift om tekniske krav til byggverk.

Referansebygget er et samlet bygg som inneholder både eksisterende og nybygget del. Oppvarmet BRA til referansebygget er 4278m².

Forutsetninger energibruk i drift - referanseberegning:

- Spesifikt netto energibehov [kWh/m² *år] tilsvarende rammekravet i teknisk forskrift
- 60 % av varmebehovet dekkes av varmepumpe (systemvirkningsgrad 2,25) og 40 % av elkjel (systemvirkningsgrad 0,86).
- Dersom kjølebehov: Kjølebehovet dekkes av lokale kjølemaskiner med en systemvirkningsgrad på 2,45.

Tabell 3.1: Oversikt over energibehov (ulike formål), energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for referansebygg – skolebygget på Stasjonsfjellet

Referansebygg	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	58	100 % el	6,5
Varme	62	60 % varmepumpe 40 % elkjel	5,1
Kjøling	0	100 % lokal kjøling	0,0
Sum	120	-	11,6

3.1.2. Prosjektert bygg

Stasjonsfjellet er planlagt som en rehabilitering av eksisterende bygningsmasse opp mot passivhusnivå, samt oppføring av et mindre nybygg som passivhus iht prosjektrapport 42.

Byggets netto energibehov er beregnet ved hjelp av beregningsprogrammet SIMIEN, se energibudsjett i tabell 3.3 Beregningene viser at byggets netto energibehov er redusert med 32 % i forhold til rammekravet i teknisk forskrift.

De viktigste tiltakene i rehabiliteringsprosjektet for å redusere byggets energibehov er:

- Passivhusnivå (klarer ikke U-verdi på gulv på grunn)
- Effektive varmepumper som dekker 80 % av oppvarmingsbehovet og varmtvann
- Behovsstyrt ventilasjon som møter krav til passivhus

De viktigste tiltakene i nybygget for å redusere byggets energibehov er:

- Passivhus
- Effektive varmepumper som dekker 80 % av oppvarmingsbehovet og varmtvann
- Behovsstyrt ventilasjon som møter krav til passivhus
- Eksponert betong for termisk lagring

Flere av tiltakene er et resultat av detaljprosjekteringen, og vil bli synliggjort i energibehovet for «Som bygget».

Tabell 3.3: Energibudsjett – rehabilitert bygg Stasjonsfjellet. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031

Energibudsjett			
Energipost		Energibehov	Spesifikt energibehov
1a	Romoppvarming	35 137 kWh	9,6 kWh/m ²
1b	Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	34 006 kWh	9,3 kWh/m ²
2	Varmtvann (tappevann)	36 916 kWh	10,1 kWh/m ²
3a	Vifter	36 110 kWh	9,9 kWh/m ²
3b	Pumper	1 382 kWh	0,4 kWh/m ²
4	Belysning	129 544 kWh	35,4 kWh/m ²
5	Teknisk utstyr	64 772 kWh	17,7 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		337 867 kWh	92,2 kWh/m²

Tabell 3.4: Energibudsjett – nybygg Stasjonsfjellet. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031

Energibudsjett			
Energipost		Energibehov	Spesifikt energibehov
1a	Romoppvarming	6 631 kWh	10,8 kWh/m ²
1b	Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2 441 kWh	4,0 kWh/m ²
2	Varmtvann (tappevann)	6 196 kWh	10,1 kWh/m ²
3a	Vifter	4 378 kWh	7,1 kWh/m ²
3b	Pumper	177 kWh	0,3 kWh/m ²
4	Belysning	10 873 kWh	17,7 kWh/m ²
5	Teknisk utstyr	10 873 kWh	17,7 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		41 570 kWh	67,6 kWh/m²

Primær energikilde på Stasjonsfjellet skole er grunnvarme fra en egen brønnpark bestående av 7 brønner. En el-kjel vil fungere som spisslast og «back-up» for varmepumpeanlegget.

Det er antatt en systemvirkningsgrad på varmepumpen på 2,7, og distribusjon og reguleringstap på 10 % er inkludert. El-kjelen har antatt en systemvirkningsgrad på 0,88. Energidekningsgraden er beregnet til 80 % for varmepumpen

Tabell 3.5: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for prosjektert rehabilitert skolebygg, 3663m².

Prosjektert bygg	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	63,2	100 % el	5,8
Varme	29,0	60 % varmepumpe 40 % elkjel	1,4
Kjøling	0,0	100 % lokal kjøling	0,0
Sum	92,2	-	7,1

Tabell 3.6: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for prosjektert nybygg, 615m².

Prosjektert bygg	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	42,7	100 % el	3,9
Varme	24,9	60 % varmepumpe 40 % elkjel	1,2
Kjøling	0,0	100 % lokal kjøling	0,0
Sum	67,6	-	5,1

Beregnete klimagassutslipp fra energidelen for rehabilitert skolebygg er 7,1 kg CO₂-ekv/m²/år, se tabell 3.5. Dette utgjør en reduksjon på 39 % i forhold til referansebygget.

Beregnete klimagassutslipp fra energidelen for nybygget er 5,1 kg CO₂-ekv/m²/år, se tabell 3.6. Dette utgjør en reduksjon på 56 % i forhold til referansebygget.

3.1.3. «Som bygget»

Byggets beregnede energibehov er korrigert i henhold til byggeprosjektets utførelse.

Tabell 3.7: Energibudsjett – rehabilitert skolebygg Stasjonsfjellet. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3701

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	88 550 kWh	25,8 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	42 635 kWh	12,4 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	34 571 kWh	10,1 kWh/m ²	
3a Vifter	56 478 kWh	16,5 kWh/m ²	
3b Pumper	3 322 kWh	1,0 kWh/m ²	
4 Belysning	37 905 kWh	11,1 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	30 321 kWh	8,8 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	293 783 kWh	85,7 kWh/m²	

Tabell 3.8: Energibudsjett– nybygg Stasjonsfjellet. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3701

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	8 916 kWh	14,2 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2 766 kWh	4,4 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	6 340 kWh	10,1 kWh/m ²	
3a Vifter	6 027 kWh	9,6 kWh/m ²	
3b Pumper	726 kWh	1,2 kWh/m ²	
4 Belysning	6 255 kWh	9,9 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	5 560 kWh	8,8 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1 589 kWh	2,5 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	38 179 kWh	60,7 kWh/m²	

Det rehabiliterte bygget ble lekkasjetestet etter ferdigstillelse etter NS-EN 13829, og lekkasjetallet ble målt til 1,2 ved 50 Pa. Disse verdiene er benyttet i de reviderte «som bygget» energisimuleringene for det rehabiliterte bygget. Leckasjetesten på nybygget viser en målt verdi på 0,3 ved 50 Pa.

Det legges opp til «frikjøling» av bygningene i sommerperioden. Energiforbruket for drift av pumper og vifter til kjøling er ikke tatt med i energisimuleringene.

Tabell 3.9: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for det rehabilitert skolebygget, 3663m², «som bygget»

Som bygget	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [Kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	37,4	100 % el	3,6
Varme	48,3	80 % varmepumpe 20 % elkjel	2,7
Kjøling	0,0	100 % lokal kjøling	0,0
Sum	85,7	-	6,3

Tabell 3.10: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for nybygget, 615m², «som bygget»

Som bygget	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [Kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	29,5	100 % el	2,8
Varme	28,7	80 % varmepumpe 20 % elkjel	1,4
Kjøling	2,5	100 % lokal kjøling	0,1
Sum	60,7	-	4,4

3.1.4. «I drift»

Energibruk i drift er beregnet fra forbrukstall for hele bygget, som ble oppgitt av Undervisningsbygg v/Kjersti Grande og Bodil Motzke per epost 12.09.2018.

Det tekniske systemet i bygget har ikke mulighet til å rapportere energibruk fordelt på "eksisterende bygg" og "nybygg". Fra oppgitte tall er det mulig å se at nybygget brukte rundt 11% av den totale oppvarmingsenergien i skolen, men tallene kan ikke brytes ned per skoledel utover dette.

Rapportert energiforbruk for prosjektet som helhet er:

	2016	2017
Oppvarming	120966 kWh	165030 kWh
El.spesifikt forbruk	349237 kWh	333027 kWh

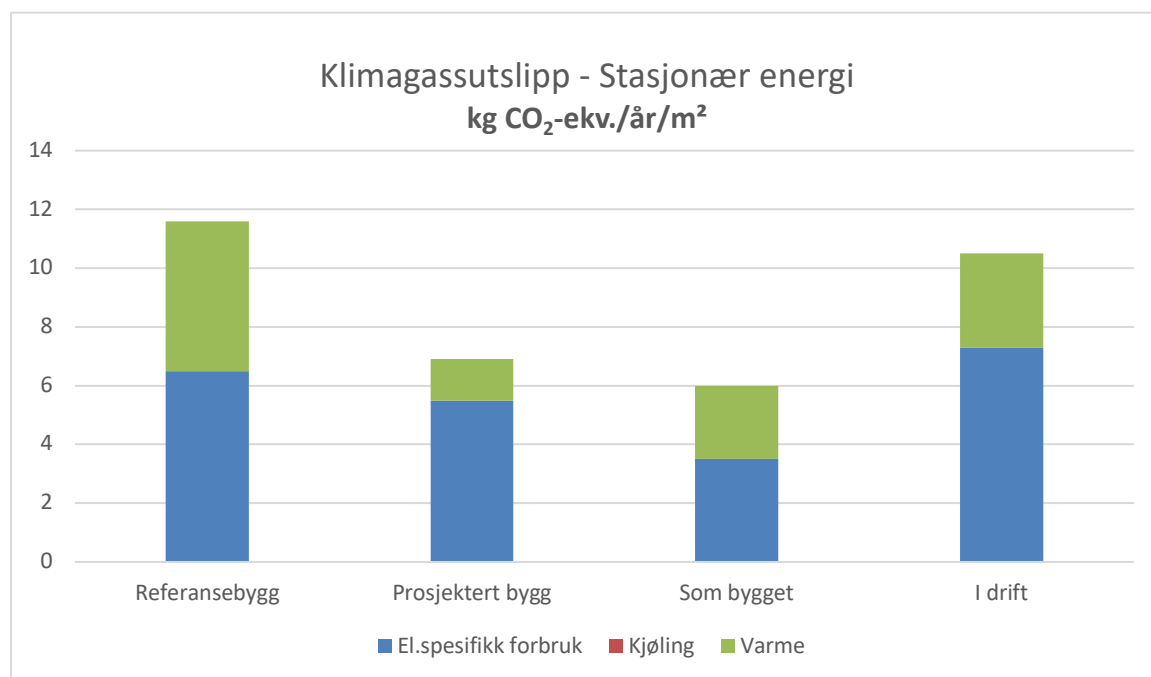
Det er benyttet et gjennomsnitt av forbruket i 2016 og 2017 i klimagassberegninger for energi i drift. Inndata til klimagassberegningene er som følger:

	Gjennomsnitt kWh forbruk 2016 og 2017	kWh/m ² /år
Oppvarming	142998	33,4
El.spesifikt forbruk	341132	79,7

Tabell 3.9: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for skolebygget «samlet bygg», 4278m²

Som bygget	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [Kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	79,7	100 % el	7,3
Varme	33,4	100 % el fra nett	3,2
Kjøling	0,0	100 % lokal kjøling	0,0
Sum	113,1	-	10,4

3.2. Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra stasjonær energibruk



Figur 3.1: Beregnede klimagassutslipp for energi, fordelt på formål; varme, kjøling og elspesifikt.

Tabell 3.8: Fordeling av klimagassutslipp pr. energikategori for ulike prosjektfase for hele bygget (4278m²):

	Referanse- bygg	Prosjektet bygg		Som bygget		I drift	
	kg CO ₂ -ekv. /m ² /år	kg CO ₂ - ekv./m ² /år	% red saml. med ref	kg CO ₂ - ekv./m ² /år	% red saml. med ref	kg CO ₂ - ekv./m ² /år	% red saml. med ref
Elspesifikk energi	6,5	5,5	15%	3,5	46 %	7,3	+12 %
Varme	5,1	1,4	73 %	2,5	51 %	3,2	-37%
Kjøling	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Total	11,6	6,8	42 %	6,0	48 %	10,4	11 %

Tabell 3.9: Fordeling av klimagassutslipp pr. person pr. energikategori for ulike prosjektfaser for hele bygget (4278m²):

	Referanse- bygg	Prosjektet bygg		Som bygget		I drift	
	kg CO ₂ - ekv./ person /år	kg CO ₂ - ekv./m ² /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
Elspesifikk energi	65,6	59,9	15%	37,7	42 %	78,6	+20 %
Varme	61,2	14,9	73 %	27,2	55 %	33,9	44 %
Kjøling	0,0	0,0	-	0,0	-	0	-
Total	126,8	74,1	42 %	64,5	48%	112,5	11 %

Klimagassreduksjonen er 11 % fra referansebygget til «i drift».

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.

4.1. Beregningsalternativer – forutsetninger og delresultater

4.1.1. Referansebygg

Referansebygget er generert fra tidligfasemodulen til klimagassregnskap.no.

Følgende størrelser er lagt til grunn for nybygget:

- BYA: 890 m²
- BTA: 782 m²
- BTK: 0 m²
- Oppvarmet BRA: 615m²

For eksisterende bygg:

- BYA: 2.750 m²
- BTA: 4.287 m²
- BTK: 1.477 m²
- Oppvarmet BRA: 3663 m²

Referansebygget er et nybygg for både det rehabiliterte skolebygget, samt nybygget.

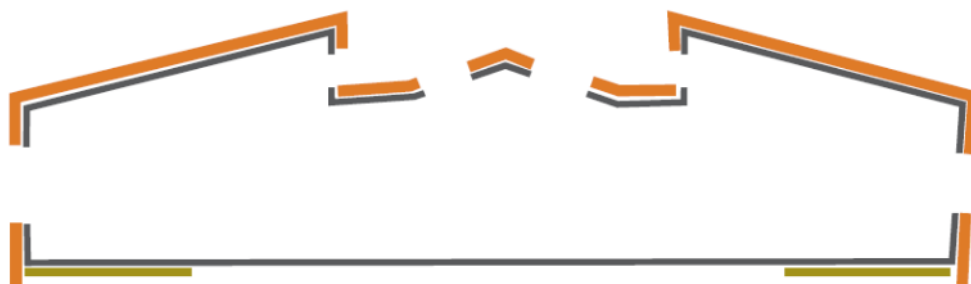
Tabell 4.1: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for referansebygg for både rehabilitert bygg og nybygg.

Bygningsdel	Oppbygging (hovedelementer)	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Iht referansebygg i klimagassregnskap	0,38	3 %
Bæresystemer		0,51	4 %
Yttervegger		0,78	6 %
Innervegger		5,46	44 %
Dekker		3,89	31 %
Yttertak		1,53	12 %
Trapper og balkonger		0,01	0,05 %
Sum Utslipp fra materialer		12,56	

4.1.2. Prosjektert bygg

I det prosjekterte regnskapet er det lagt inn materialbruken ved rehabiliteringen av det eksisterende skolebygget, som isolering av yttervegger, ny kledning og vinduer/dører. Det er også lagt inn alle materialene som inngår i nybygget. Til sammen gir dette et betraktelig mindre utslipp enn referansebygget som er et nybygg, da rehabiliteringen utgjør de største arealene.

Ytterveggene utgjør også den største andelen av utslippet med hele 52% av utslippet fra materialer.



ISOLERT KUN 6 METER INN FRA YTTERVEGGER UNDER GULV MOT GRUNN
---> KOMPENSERE MED LAVERE U-VERDIER
OG GOD KULDEBROVERDI I YTTERVEGG

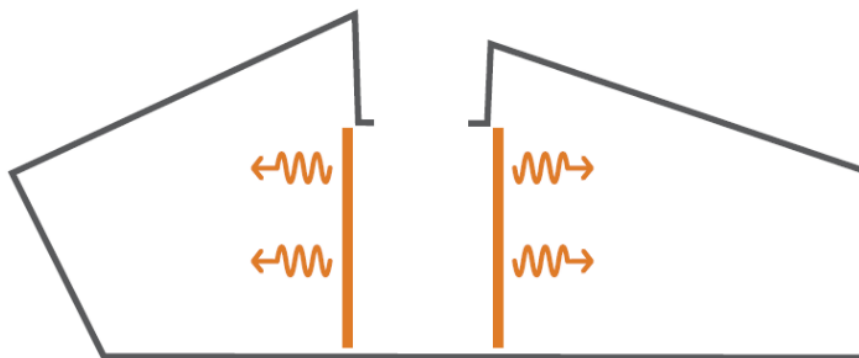
Tabell 4.2: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg – både rehabilitering og nybygg.

Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Betong	0,26	8 %
Bæresystemer	Betong Tre-stendere (nybygg)	0,10	3 %
Yttervegger	Isolasjon, kledning og vinduer/dører	1,75	52 %
Innervegger	2 lags gips (nybygg)	0,38	11 %
Dekker	Betong (nybygg) Linoleum (nybygg) Vinyl (toalett nybygg)	0,69	21 %
Yttertak	Takpapp og glava isolasjon	0,16	5 %
Trapper og balkonger		0,0	0 %
Sum Utslipp fra materialer		3,33	

4.1.3. «Som bygget»

Stasjonsfjellet skole ble ferdigstilt til skolestart i august 2014, hvor nybygget ble tatt umiddelbart i bruk mens på den eksisterende skolen foregikk rehabiliteringen mens skolen var i drift.

Nybygget er oppført i plass-støpt betong, med klimagassutslipp på nivå med lavkarbonbetong klasse B, i gulv på grunn og i bærende konstruksjon, som vegger i gang/korridor og gavlsvegger. Betongen er eksponert for å fungere som termisk lagring. Ellers så er det reisverk i tre med glava isolasjon, gips på innvendige vegger og malmfuru som utvendig kledning samt noe steniplate på gavlveggen.



TERMISK MASSE SØRGER FOR VARMELAGRING
OG JEVNERE TEMPERATUR

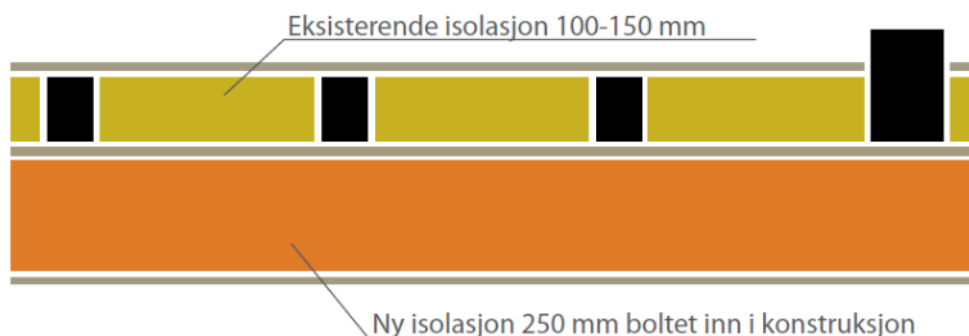
Det rehabiliterte skolebygget har blitt isolert iht krav til passivhus i yttervegger, tak, vinduer og dører, men det er ikke isolert under dekket på grunn. Bygget er derimot isolert i randsonen rundt bygget og 6 meter inn under gulv. Innvendig har skolebygget fått nytt ventilasjonsanlegg og varmeanlegg, slik at dette har kun vært tilpasninger rundt dette. Det er ellers ikke gjort noen utskiftninger innvendig.

Det er gjort følgende materialvalg:

Betong med lave klimagassutslipp: Det er benyttet lavvarmebetong fra UNICON, som har et utslipp på 250 kg CO₂/m³. Dette utslippet er på størrelsen med lavkarbonbetong kl.B.

Trekledning i malmfuru: Malmfuru har et lavt klimagassutslipp og skal ikke trenge vedlikehold. Trekledningen er behandlet med jernvitrol for å få et jevnt grålig uttrykk. Fasaden er ikke behandlet med antitagging, da dette ikke har vært et problem på tidligere trefasade.

Isolasjon: I det rehabiliterte skolebygget ble det i prosjekteringsfasen vurdert trefiberisolasjon, men ble utelukket da det var mest hensiktsmessig å «bolte på» isolasjonen for å bryte kuldebroer. Valget landet dermed på en kompakt rockwool-isolasjonsplate. Rockwool-platen hadde en bedre U-verdi og kan komprimeres ved frakt, men har noe dårligere klimagassutslipp enn trefiberisolasjon.



Linoleum: Det er benyttet linoleum på alle gulv, unntatt på toaletter hvor det er benyttet vinyl.

Mineralullplater i himling: Det er benyttet mineralullplater i himlingen

Robust gips: Det er benyttet robust gips fra Gyproc og Norgips. Innvendig i nybygget er det to lag gips.

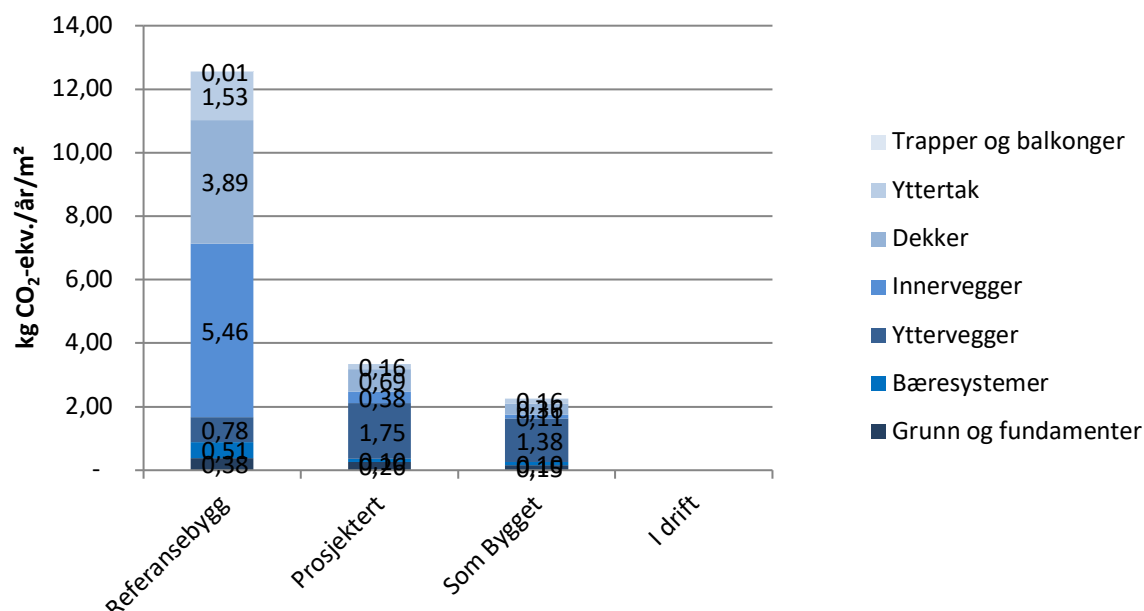
Tabell 4.3: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for bygget slik det ble oppført.

Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Lavvarmebetong	0,15	7 %
Bæresystemer	Lavvarmebetong og trestendere	0,10	4 %
Yttervegger	Rockwool-plater og glava Ubehandlet trekledning	1,38	61 %
Innervegger	2 lags gips (nybygg)	0,11	5 %
Dekker	Lavvarmebetong (nybygg) Linoleum (nybygg) Vinyl (toalett nybygg)	0,36	16 %
Yttertak	Takpapp og glava isolasjon	0,16	7 %
Trapper og balkonger		0,0	0 %
Sum Utslipp fra materialer		2,26	

4.2. Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra materialbruk

Beregningene viser at for prosjektet sammenlignet med referanseberegningen oppnås utslippsreduksjoner på 73 % for prosjektet og 82 % for som bygget. Det er ingen endringer i materialbruk fra "som bygget" til "i drift".

Klimagassregnskap - Materialer



Figur 5.1: Fordeling av klimagassutslipp pr konstruksjon for de enkelte prosjektfasene

Tabell 4.4: Fordeling av klimagassutslipp pr. bygningsdel for ulike prosjektfaser:

	Referansebygg	Prosjektet bygg		"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	1.637,0	1.099,5	33 %	655,2	60 %
Bæresystemer	2.186,4	428,6	80 %	428,6	80 %
Yttervegger	3.318,5	7.486,0	-126 %	5.908,4	-78 %
Innervegger	23.374,4	1.620,5	93 %	478,7	98 %
Dekker	16.638,4	2.941,6	82 %	1.522,3	91 %
Yttertak	6.535,7	689,4	89 %	666,2	90 %
Trapper og balkonger	25,6	0,0	100 %	0,0	100 %
Total	53.716,0	14.265,5	73%	9.659,3	82 %

Det å rehabilitere bygget istedetfor å bygge nytt skolebygg er svært gunstig med tanke på klimagassutslippet. Rehabilitering av det ytre skallet av eksisterende skolebygg ga ikke så mange materialvalg. Det som var oppe til vurdering var den utvendige kledningen, samt type isolasjon. Ellers ble det valgt materialer som sikret en god klimaskjerm som kunne møte minimumskravene til passivhus (prosjektrapport 42).

Nybygget fikk et likt uttrykk og form som det eksisterende bygget og kledningen ble videreført. Ellers ble det valgt betong med lave klimagassutslipp, og mer tradisjonelle materialer med lave utslipp som gips, linoleum og himlingsplater i gips.

Det er ikke laget et material klimagassregnskap for bygget i drift.

TRANSPORT

4.3. Beregningsalternativer – forutsetninger og delresultater

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

Det er gjort separate klimagassberegninger for elevene og de ansatte på skolen, da reisemønsteret er svært ulikt for disse gruppene. Beregningene er gjort for skolebygget og brukerne av bygget.

KGR versjon 5 er benyttet med Kontor som bygningstype.

Reisevaneundersøkelsen 2016 ble brukt til <<i>drift</i>> modulen i kgr.no.

4.3.1. Referansebygg

Referanse er som en gjennomsnittlig ungdomsskole i Oslo. Beregningene av transporten fra de **ansatte** på skolen har følgende forutsetninger for referanseberegningene:

Forutsetninger:

- Antall ansatte: 35 ansatte
- Se vedlagte regneark for reisevaner for ansatte. 28 % av ansatte antas bosatt i Akershus og 72 % i Oslo i hht. TØI-rapport 1154/2011.
- Reisevaner for ansatte i Referanse er veiet mellom reisevaner for Oslo og reisevaner for Akershus (Bolig, kontor, handel). Ingen P-restriksjoner.
- Ingen påvirkning av reisemiddelfordeling ved parkeringstilgang

Tabell 5.1a: Transportmiddelfordeling for referansebygg - ansatte

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	16 %	42 %	41 %
Tjeneste	15 %	26 %	60 %
Private ærend	35 %	18 %	47 %
Annet	38 %	22 %	38 %

Beregningene av transporten av **elevene** på skolen har følgende forutsetninger for referanseberegningene:

Forutsetninger:

- Antall elever: 360 elever
- Standard turproduksjon, hastigheter og andel skinnegående kollektivtransport for valgte kommune(type). Tallene er hentet fra klimagassregnskap.no.
- Se vedlagte regneark for reisevaner for ungdomsskoleelever.
- Ingen påvirkning av reisemiddelfordeling ved parkeringstilgang

Tabell 5.1b: Transportmiddelfordeling for referansebygg - elever

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	47 %	47 %	6 %

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

Klimagassutslipp	kg CO ₂ -ekv/m ² /år
Bil	2,6
Kollektiv – buss	2,2
Kollektiv – skinnegående	0,3
Varetransport	1,2
Sum	6,3

4.3.2. Prosjektert bygg

Beregningene av transporten fra de **ansatte** på skolen har følgende forutsetninger for de prosjekterte beregningene:

Forutsetninger:

- Antall ansatte: 35
- Standard turproduksjon, Reisevaner for ansatte i Prosjektert er veiet mellom reisevaner for Groruddalen og reisevaner for Nedre Romerike (Kontor,) da prosjektert er lokalisert til Høybråten i Groruddalen og ansatte fra Akershus antas å komme fra Nedre Romerike.
- P-restriksjoner satt til 0,4 som oppgitt fra Undervisningsbygg.

Tabell 5.3a: Transportmiddelfordeling når begrensninger i parkeringsmuligheter er hensyntatt - ansatt

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	11 %	25 %	25 %
Tjeneste	5 %	21 %	72 %
Innkjøp og service	30 %	18 %	52 %
Annet	36 %	24 %	40 %

Beregningene av transporten av **elevene** på skolen har følgende forutsetninger for prosjektert bygg:

Forutsetninger:

- Antall elever: 360
- Reisevaner for elever er antatt å være som gjennomsnitt for ungdomsskoleelever i Oslo.

Tabell 5.3b: Transportmiddelfordeling - elever

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	47 %	47 %	6 %

Tabell 5.4: Klimagassutslipp «som prosjektert» når begrensninger i parkeringsmuligheter er hensyntatt.

Klimagassutslipp	Areal spesifikt utslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Bil	2,0
Kollektiv – buss	2,1
Kollektiv – skinnegående	0,2
Varetransport	1,2
Sum	5,5

4.3.3. «Som bygget»

Som bygget modulen er beregnet med 360 elever og 35 ansatte.

Forutsetninger:

- Antall ansatte: 35; antall elever: 360
- Reiseformål som i referansebygg
- Ingen P-restriksjoner lagt inn.
- Anslag reiselengde: Mellom 13,7 og 18 km. Anslår 15 km.
- Øvrige parametere som referansebygg

Tabell 5.5a: Transportmiddelfordeling for prosjektet i «som bygget» - ansatt

Transportmiddelfordeling (% av alle reiser per dag)	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	18%	41%	41%
Tjeneste	5%	21%	72%
Privat ærent	30%	18%	52%
Annet	36%	24%	40%

Tabell 5.5b: Transportmiddelfordeling - elever

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	76 %	18 %	6 %

Reiselenge for elever er 1,9km; anslag med bil og kollektiv er 1,9km.

Tabell 5.6: Klimagassutslipp «som bygget» når begrensninger i parkeringsmuligheter er hensyntatt.

Klimagassutslipp	Areal spesifikt utslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Bil	2,1
Kollektiv – buss	0,5
Kollektiv – skinnegående	0,0
Varetransport	1,3
Sum	4,0

4.3.4. «I drift»

I juni 2016 fikk Undervisningsbygg en reisevaneundersøkelse fra skolen. 34% av elever og 73% av ansatte besvarte undersøkelsen.

Transportmiddelfordeling for prosjektert bygg er benyttet i beregninger nedenfor, justert for resultater fra reisevaneundersøkelsen. I drift modulen er beregnet med 360 elever og 35 ansatte.

Reisevaneundersøkelse i 2016 viste en lite betydelig forskjell mellom sommer og vinter reisevaner blant elever. Skinnegående kollektiv transport andel er ikke synlig i RVU.

Resultatene i "i drift" modul er basert på reisevaneundersøkelsen fra 2016, og reflekterer den reelle bruk av transportmidler i drift. To "i drift" moduler ble laget av Context AS i klimagassregnskap.no, også i september 2016 i dialog med CIVITAS. Det ble laget en modul for sommer reisevaner og en til vinter reisevaner, ut i fra RVU analyse (hhv. modul nummere 19375 og 19376). Begge modulene har et resultat (på 3,1 kg CO₂-ekv/m²/år), slik at sesongene ikke viser store forskjeller i utslipp.

Forutsetninger:

- Antall ansatte: 35; antall elever: 360
- RVU for ansatte benyttes bare i arbeidsreiser. Øvrige reisemål som i referansebygg
- Ingen P-restriksjoner lagt inn fordi reisevaner fra RVU reflekterer P-tilgangen.
- Anslag reiselengde: Mellom 13,7 og 18 km. Anslår 15 km.
- Øvrige parametere som referansebygg

Tabell 5.7a: Transportmiddelfordeling for prosjektet i drift - ansatt

Transportmiddelfordeling (% av alle reiser per dag)	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	18%	41%	32%
Tjeneste	28%	17%	55%
Privat ærent	40%	9%	51%
Annet	37%	6%	57%

Tabell 5.7b: Transportmiddelfordeling - elever

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	70 %	21 %	8 %

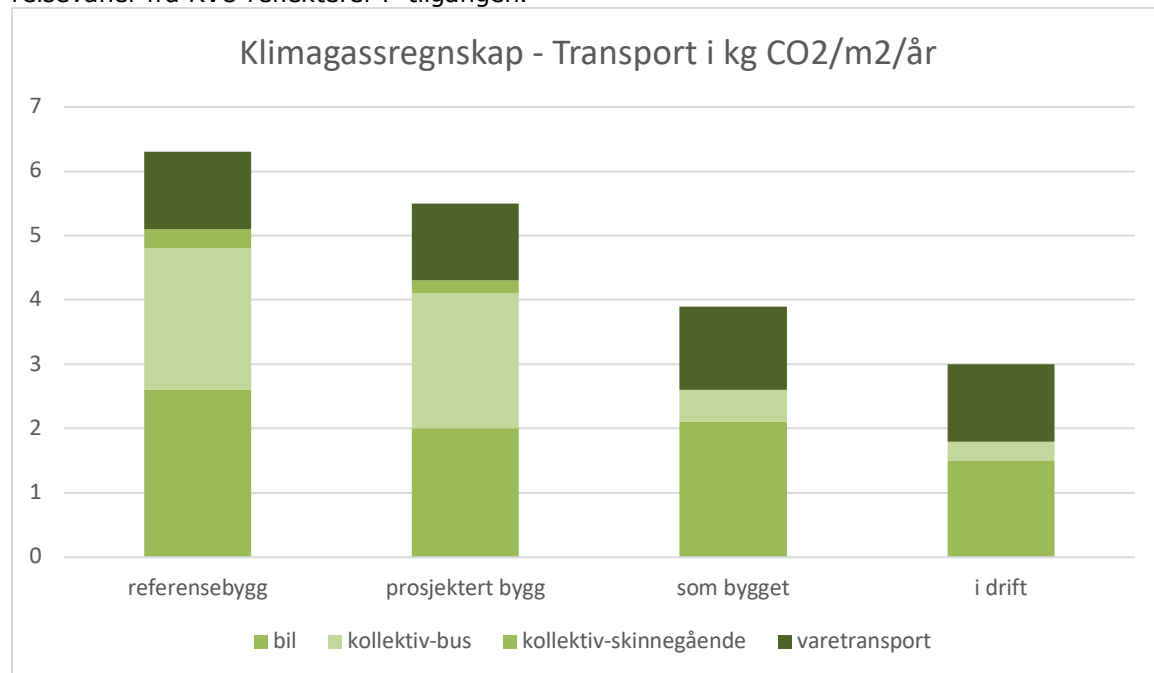
Tabell 5.8: Klimagassutslipp «i drift»

Klimagassutslipp	Arealspesifikt utslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Bil	1,5
Kollektiv – buss	0,3
Kollektiv – skinnegående	0,0
Varetransport	1,2
Sum	3,1

4.4. Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra transport

Beregningen viser at Stasjonsfjellet Skole i drift oppnår en reduksjon av klimagassutslipp fra transport på 51% sammenlignet med referansebygget.

Modulene for transport er laget på nytt for å ta i bruk kgr.no versjon 5 i alle moduler slik at resultatene blir sammenlignbare. Referansebygget, prosjektert bygg og som bygget modul (hhv. modulnummer 14493, 19426 og 14492 i klimagassregnskap.no) er lagt av CIVITAS i september 2016. Lese-koden til CIVITAS modulene er 6003. Ingen P-restriksjoner er lagt inn i i drift modulen fordi reisevaner fra RVU reflekterer P-tilgangen.



Figur 11: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport på Stasjonsfjellet skole

Tabell 5.9: Fordeling av beregnede klimagassutslipp per areal for transport for Stasjonsfjellet

	Referansebygg	Prosjektert bygg		"som bygget"		"I drift"	
	kg CO ₂ - ekv./år/m ²	kg CO ₂ - ekv./år /m ²	% red saml. med ref	kg CO ₂ - ekv./år /m ²	% red saml. med ref	kg CO ₂ - ekv./år /m ²	% red saml. med ref
Bil	2,6	2,0	23%	2,1	19 %	1,5	42%
Kollektiv – buss	2,2	2,1	5%	0,5	77 %	0,3	86%
Kollektiv – skinnegående	0,3	0,2	33%	0,0	100 %	0,0	100%
Varetransport	1,2	1,2	-	1,3	+8%	1,2	0%
Sum	6,3	5,5	13%	4,0	37 %	3,1	51%

Tabell 5.10: Fordeling av beregnede klimagassutslipp per person for transport for Stasjonsfjellet

	Referansebygg	Prosjektert 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./år /m ²	% red saml. med ref	kg CO ₂ - ekv./ person/år	% red saml. med ref
Bil	28,4	21,3	25%	23,0	19 %	16,0	44%
Kollektiv – buss	23,8	23,1	3%	5,8	76 %	3,7	84%
Kollektiv – skinnegående	2,9	2,4	17%	0,5	83%	0,4	86%
Varetransport	13,4	13,2	-	13,7	2 %	13,1	+2%
Sum	68,5	59,9	13%	43,1	32%	33,8	51%

VEDLEGG

Vedlegg 1: Underlag beregninger for energi

- Referansebygg:
 - ingen vedlegg
- Prosjektert bygg:
 - Årssimulering Nybygg
 - Årssimulering Rehabilitering
- «Som bygget»:
 - PH beregninger rehabilitering med målt lekkasjetall
 - PH beregninger nybygg
 - Tetthetskontroll – eksisterende skolebygg
 - Tetthetskontroll - nybygg
- I drift:
 - Ingen vedlegg

Vedlegg 2: Underlag beregninger for materialer

- Referansebygg:
 - Se regnearket under prosjektert – eget regneark benyttet
- Prosjektert bygg:
 - Klimagassberegninger – Stasjonsfjellet skole
- «Som bygget»:
 - EPDer benyttet i klimagassregnskapet